

*Université de Lausanne - Faculté des Lettres  
Institut de Géographie*

Emmanuel REYNARD

# **Gestion patrimoniale et intégrée des ressources en eau dans les stations touristiques de montagne**

Les cas de Crans-Montana-Aminona et Nendaz (Valais)

Vol. 1

*Thèse présentée à la Faculté des Lettres de l'Université de Lausanne  
pour l'obtention du grade de docteur ès lettres*

*Lausanne  
Institut de Géographie - Travaux et Recherches n° 17  
Avril 2000*



Lausanne, le 11 mars 1999

## *I M P R I M A T U R*

Le Conseil de la Faculté des lettres, sur le rapport d'une commission composée de :

*Directeur de thèse :*

Monsieur Jörg WINISTÖRFER

Professeur, IGUL, Faculté des lettres, UNIL

*Membres du jury :*

Monsieur Peter KNOEPFEL

Professeur, IDHEAP, Chavanne-Renens

Monsieur André MUSY

Professeur, Institut d'aménagement des terres et des  
eaux, EPFL, Lausanne

Monsieur Jean-Bernard RACINE

Professeur, IGUL, Faculté des lettres, UNIL

autorise l'impression de la thèse de

**MONSIEUR EMMANUEL REYNARD**

intitulée :

**GESTION PATRIMONIALE ET INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU DANS LES  
STATIONS TOURISTIQUES DE MONTAGNE.  
LES CAS DE CRANS-MONTANA-AMINONA ET NENDAZ (VALAIS, SUISSE)**

sans se prononcer sur les opinions du candidat.

La Faculté des lettres, conformément à ses usages, ne décerne aucune mention.

  
**Remy Jolivet**  
Doyen de la Faculté des lettres

**Edition**

Institut de Géographie de l'Université de Lausanne (IGUL), avril 2000

**Impression**

Easy Document, 1442 Montagny-près-Yverdon

**Mise en page**

Gaston Clivaz, Cartographe à l'IGUL, Emmanuel Reynard

**Tirage**

250 exemplaires

La publication de cet ouvrage a bénéficié d'un appréciable soutien financier de :

- l'Université de Lausanne (Fonds des publications),
- l'Institut de Géographie de l'Université de Lausanne (IGUL)

que je remercie sincèrement.

**Photos de couverture**

Le lac d'Ycoor au centre de Crans-Montana et le barrage de Cleuson (vallée de la Printse, Nendaz)  
(Photos : E. Reynard, 1994-1995)

*A mes parents*

## **Avertissement**

Cette thèse traduit l'état de la question au début de l'année 1999. Certains faits ont pu évoluer depuis.

# Table des matières

---

<b>LISTE DES FIGURES</b>	<b>I</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	<b>V</b>
<b>ABREVIATIONS</b>	<b>VII</b>
<b>RESUME</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>XII</b>
<b>REMERCIEMENTS</b>	<b>XV</b>
<hr/>	
<b>1. INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>1</b>
<hr/>	
1.1 TOURISME ET GESTION DES EAUX DANS LES REGIONS DE MONTAGNE	1
1.2 QUESTION GENERALE	4
1.3 ETAT DES CONNAISSANCES ET DES BESOINS	5
1.3.1 Introduction	5
1.3.2 Le développement des Alpes	5
1.3.3 La gestion des ressources en eau	7
1.4 PLAN DE LA RECHERCHE	9
<b>2. PROBLEMATIQUE</b>	<b>11</b>
<hr/>	
2.1 PROBLEMATIQUE GENERALE	11
2.2 HYPOTHESES DE TRAVAIL	12
<b>3. GESTION DES RESSOURCES EN EAU : CADRE THEORIQUE</b>	<b>17</b>
<hr/>	
3.1 CHOIX DE L'APPROCHE SYSTEMIQUE COMME METHODE D'ANALYSE	17
3.1.1 Présentation générale	17
3.1.2 Définitions	18
3.1.3 Approche analytique et approche systémique	21
3.1.4 Approche systémique et gestion des ressources en eau	23
3.2 GESTION PATRIMONIALE ET INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU : DEFINITION DU CONCEPT	27
3.2.1 Le concept de " ressources en eau "	27
3.2.2 Les questions de la rareté et de la pénurie	28
3.2.3 Le concept de " gestion des ressources en eau "	28
3.2.4 Le concept de " gestion intégrée "	29
3.2.5 Le concept de " gestion patrimoniale "	31
3.2.6 Gestion institutionnelle des ressources en eau	32
3.2.7 Les concepts de " gestion effective " et de " gestion intentionnelle "	33

3.2.8	Les acteurs et leurs logiques	34
3.2.9	La question de la négociation	36
3.3	LA RESSOURCE	38
3.3.1	Introduction	38
3.3.2	Le facteur quantitatif	39
3.3.3	Le facteur qualitatif	41
3.4	LA DEMANDE	42
3.4.1	La diversité des utilisations	42
3.4.2	Interactions entre ressources et utilisations	43
3.4.3	Demande et besoins	46
3.5	LA GESTION	47
3.5.1	L'intégration des organes de gestion	47
3.5.2	L'intégration des échelles de gestion	53
3.6	APPLICATION AUX STATIONS TOURISTIQUES DE MONTAGNE	54
3.6.1	Schéma général	54
3.6.2	Les ressources	56
3.6.3	L'eau potable	57
3.6.4	L'irrigation	59
3.6.5	L'hydroélectricité	60
3.6.6	L'eau comme élément de l'offre touristique	61
<b>4.</b>	<b>LES STATIONS ETUDIEES</b>	<b>63</b>
<hr/>		
4.1	DEUX STATIONS AU COEUR DES ALPES	63
4.1.1	Les Alpes : une perception marquée par ses " découvertes successives "	63
4.1.2	La politique de la montagne en Suisse	68
4.1.3	Les critères de choix des deux stations	69
4.2	LE CADRE NATUREL	71
4.2.1	Crans-Montana-Aminona	71
	Cadre géographique	71
	Hydrographie et hydrologie	74
	Géologie	77
	Géomorphologie	81
	Hydrogéologie	82
	Glaciologie	83
4.2.2	Nendaz	84
	Cadre géographique	84
	Hydrographie et hydrologie	86
	Géologie	87
	Géomorphologie	89
	Hydrogéologie	90
	Glaciologie	90
4.3	HISTORIQUE DES DEUX STATIONS ETUDIEES	91
4.3.1	Crans-Montana-Aminona	91
4.3.2	Nendaz	101
4.4	DEVELOPPEMENT DEMOGRAPHIQUE DES DEUX STATIONS	105
4.4.1	La population permanente	105
4.4.2	La population touristique temporaire	107



<b>5. EVALUATION DE LA RESSOURCE</b>	<b>119</b>
<hr/>	
5.1 LE CYCLE DE L'EAU	119
5.2. LES PARAMETRES CLIMATIQUES	122
5.2.1 Introduction	122
5.2.2 Zonation " hydrologique "	123
5.2.3 Situation des bassins versants étudiés sur la carte climatique de la Suisse	126
5.2.4 Distribution spatiale des précipitations	127
5.2.5 Distribution spatiale de l'évapotranspiration	141
5.2.6 Ressource annuelle moyenne	148
5.3 LES EAUX STOCKEES	151
5.3.1 Le stockage liquide à l'air libre et souterrain	151
5.3.2 Le stockage glaciaire	151
5.3.3 Le stockage périglaciaire (permafrost sursaturé en glace)	152
5.3.4 Le stockage anthropique	160
5.4 LES VARIATIONS TEMPORELLES DE LA RESSOURCE	161
5.4.1 Distribution temporelle des paramètres climatiques	161
5.4.2 Variations à long terme des paramètres climatiques	170
5.4.3 Conclusions sur les variations à long terme de la ressource	177
5.5 CONCLUSIONS SUR LE SYSTEME " RESSOURCES " DANS LES DEUX STATIONS	178
<b>6. UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU</b>	<b>181</b>
<hr/>	
6.1 INTRODUCTION	181
6.1.1 Démarche	181
6.1.2 Cadre législatif général	182
6.1.3 Propriété des eaux	183
6.2 L'IRRIGATION	184
6.2.1 Introduction	184
6.2.2 Les bisses du Valais	184
6.2.3 Cadre législatif	187
6.2.4 Les structures	190
6.2.5 Les quantités d'eau utilisées	199
6.2.6 Les acteurs	201
6.2.7 Conclusions partielles sur les usages d'eau d'irrigation	211
6.3 L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE	213
6.3.1 Cadre législatif	213
6.3.2 Structure de la distribution d'eau potable à Crans-Montana-Aminona	217
6.3.3 Structure de la distribution d'eau potable à Nendaz	231
6.3.4 La tarification	238
6.3.5 La consommation	242
6.3.6 Les acteurs	254
6.3.7 Conclusions partielles sur les usages d'eau potable	268
6.4 L'HYDROELECTRICITE	269
6.4.1 Cadre législatif	269
6.4.2 Les structures	270
6.4.3 Les acteurs	275
6.4.4 Conclusions partielles sur les usages énergétiques de la ressource en eau	287

6.5	LA PRODUCTION D'EAU MINERALE	289
6.5.1	Cadre législatif	289
6.5.2	L'entreprise SEBA Aproz SA et les quantités produites	289
6.5.3	Les acteurs	290
6.5.4	Conclusions partielles sur la production d'eaux minérales	293
6.6	L'EAU COMME ELEMENT DE L'OFFRE TOURISTIQUE	293
6.6.1	Introduction	293
6.6.2	L'offre originelle	294
	Le paysage : définition et atteintes à son intégrité	294
	Les paysages naturels : les cours d'eau et plans d'eau de montagne	295
	Les acteurs	298
	Les paysages culturels : le patrimoine hydraulique et sa mise en valeur touristique	298
	Les acteurs	300
	Synthèse sur l'offre originelle	303
6.6.3	L'offre dérivée	305
	Introduction	305
	L'enneigement artificiel en Suisse	305
	Cadre législatif	308
	Les structures	309
	Les quantités d'eau utilisées	313
	Les acteurs	313
	Synthèse sur l'enneigement artificiel	315
6.6.4	Intégration de l'offre originelle et dérivée : le thermalisme	316
	Introduction	316
	Les structures : le projet Aquamust	317
	Les acteurs : le projet Aquamust et la collaboration intercommunale sur le Haut-Plateau	318
	Synthèse sur le thermalisme	319
6.7	Conclusions sur le système " utilisations " dans les deux stations	319
<b>7.</b>	<b>SYNTHESE</b>	<b>323</b>
7.1	INTRODUCTION	323
7.2	VERIFICATION DES HYPOTHESES	323
<b>8.</b>	<b>PERSPECTIVES</b>	<b>343</b>
8.1	INTRODUCTION	343
8.2	UNE GESTION PAR BASSINS VERSANTS	343
8.3	LA MODIFICATION DES ORGANES DE GESTION	351
8.4	UNE DEMARCHE DE PLANIFICATION	354
8.5	UNE MEILLEURE INFORMATION	355
8.6	CONCLUSION	356
	<b>BIBLIOGRAPHIE ET CARTES</b>	<b>357</b>

---

## Liste des figures

Fig. 3.1	Structure d'un système	19
Fig. 3.2	Fonctionnalités d'un système	19
Fig. 3.3	Fonctionnement théorique d'un système ouvert	20
Fig. 3.4	Structure et fonctionnement du système Eau	25
Fig. 3.5	Structure simplifiée d'un système de gestion des ressources en eau	29
Fig. 3.6	Double processus d'intégration « verticale » et « horizontale » de la gestion des ressources en eau	30
Fig. 3.7	Les groupes d'acteurs d'un système de gestion des ressources en eau dans les stations touristiques de montagne	36
Fig. 3.8	Evaluation quantitative de la ressource en eau d'un système hydrique naturel (ex. bassin versant)	39
Fig. 3.9	Utilisation de ressources en eau : fonctions du système Eau et typologie des utilisations	42
Fig. 3.10	Interactions entre les ressources en eau et leurs utilisations. Impacts directs et indirects sur les aspects quantitatifs et qualitatifs	44
Fig. 3.11	Interactions entre les différents types d'utilisation de l'eau	45
Fig. 3.12	Compatibilités et incompatibilités des divers types d'aménagements hydrauliques et de leurs utilisations	46
Fig. 3.13	Contraintes sur l'intégration des organes de gestion	51
Fig. 3.14	Intégration des organes de gestion : les instruments	53
Fig. 3.15	Structure du système « Eau » d'une station touristique de montagne	55
Fig. 3.16	Structure du sous-système « Ressources » d'une station touristique de montagne	57
Fig. 3.17	Structure du sous-système « Eau potable » d'une station touristique de montagne	58
Fig. 3.18	Structure du sous-système « Irrigation » d'une station touristique de montagne	59
Fig. 3.19	Structure du sous-système « Hydroélectricité » d'une station touristique de montagne	60
Fig. 3.20	Structure du sous-système « Eau comme offre touristique » d'une station touristique de montagne	62
Fig. 4.1	Situation des deux secteurs d'étude par rapport au découpage politique du Valais	71
Fig. 4.2	Coupes topographiques à travers la région de Crans-Montana-Aminona	73
Fig. 4.3	Carte géographique simplifiée du Haut-Plateau	75
Fig. 4.4	Hydrographie et délimitation des bassins versants de la station de Crans-Montana-Aminona	76
Fig. 4.5	Coupe géologique à travers le bassin versant de la Liène	78
Fig. 4.6	Coupe géologique à travers le Haut-Plateau	81
Fig. 4.7	Carte géographique simplifiée de la région de Nendaz et délimitation du bassin versant de la Printse	85
Fig. 4.8	Evolution de la population résidente dans les six communes du Haut-Plateau (1850-1990)	106
Fig. 4.9	Evolution de la population résidente à Nendaz et sur le Haut-Plateau (1850-1990)	107
Fig. 4.10	Typologie de la population journalière à Zermatt en 1992	110
Fig. 4.11	Evolution des nuitées annuelles dans les trois stations étudiées	113
Fig. 4.12	Evaluation de la répartition mensuelles des nuitées dans les trois stations	114

Fig. 5.1	Cycle naturel de l'eau	120
Fig. 5.2	Cycle anthropisé de l'eau	121
Fig. 5.3	« Zonation hydrologique » sur le Haut-Plateau	124
Fig. 5.4	« Zonation hydrologique » dans le bassin versant de la Printse	125
Fig. 5.5	Evaluation des précipitations annuelles moyennes sur le Haut-Plateau	139
Fig. 5.6	Evaluation des précipitations annuelles moyennes dans le bassin versant de la Printse	140
Fig. 5.7	Insolation absolue et relative de quelques stations du Valais Central	143
Fig. 5.8	Evaluation de l'évapotranspiration annuelle moyenne sur le Haut-Plateau	145
Fig. 5.9	Evaluation de l'évapotranspiration annuelle moyenne dans le bassin versant de la Printse	146
Fig. 5.10	Evaluation de la lame d'eau écoulée moyenne sur le Haut-Plateau	149
Fig. 5.11	Evaluation de la lame d'eau écoulée moyenne dans le bassin versant de la Printse.	150
Fig. 5.12	Glaciers rocheux, mesures BTS et mesures de températures de source dans le vallon de Tortin.	156
Fig. 5.13	Règle de répartition de la limite inférieure du permafrost discontinu selon les orientations dans la vallée de la Printse et dans les Hautes Alpes Calcaires et comparaison avec la règle de répartition établie dans les Grisons par HAEBERLI (1975)	156
Fig. 5.14	Distribution potentielle du permafrost discontinu sur le Haut-Plateau	158
Fig. 5.15	Distribution potentielle du permafrost discontinu dans le bassin versant de la Printse	159
Fig. 5.16	Valeurs médianes des hauteurs de neige en décembre (A) et en mars (B) de 32 stations des Alpes suisses (1960/61-1979/80)	164
Fig. 5.17	Seuils de 30, 50 et 70 cm atteints à Crans-Montana (1500 m) de 1932 à 1994	165
Fig. 5.18	Hauteurs de neige médianes dans cinq stations valaisannes (1960/61-1979/80)	166
Fig. 5.19	Valeurs médianes des hauteurs de neige dans les deux stations (période 1960/61-1979/80)	167
Fig. 5.20	(a) Evolution des températures globales au siècle prochain selon le scénario IS92a de l'IPCC (1992). (b) Evolution des températures globales au siècle prochain selon les différents scénarios de l'IPCC (1992)	171
Fig. 5.21	Impacts potentiels d'un réchauffement du climat sur la ressource en eau des deux stations étudiées	177
Fig. 6.1	Mois écologiquement secs pendant la période de végétation à Sion et Montana	185
Fig. 6.2	Cadre législatif de l'utilisation de l'eau pour l'irrigation dans les deux stations étudiées	189
Fig. 6.3	Structure de l'irrigation sur le Haut-Plateau	192
Fig. 6.4	Répartition entre les quatre communes de la Louable Contrée des eaux d'irrigation issues du bassin versant de l'Ertentse	193
Fig. 6.5	Structure de l'irrigation dans le bassin versant de la Printse	198
Fig. 6.6	Besoins en eau d'irrigation dans les deux stations	200
Fig. 6.7	Relations entre les divers acteurs engagés dans l'irrigation dans les deux stations étudiées et transformations récentes liées aux mutations socio-économiques de la seconde partie du XXe siècle	210
Fig. 6.8	Cadre législatif de la fourniture d'eau de boisson dans les deux stations étudiées	216
Fig. 6.9	Structure du réseau public de distribution de l'eau potable de la commune de Mollens	218
Fig. 6.10	Structure du réseau public de distribution de l'eau potable de la commune de Randogne	220

Fig. 6.11	Structure du réseau public de distribution de l'eau potable de la commune de Montana	223
Fig. 6.12	Structure du réseau public de distribution de l'eau potable de la commune de Chermignon	225
Fig. 6.13	Structure du réseau public de distribution de l'eau potable de la commune de Lens	227
Fig. 6.14	Structure du réseau public de distribution de l'eau potable de la commune d'Icogne	229
Fig. 6.15	Structure du réseau public de distribution de l'eau potable de la commune de Nendaz	232
Fig. 6.16	Synthèse des modes de tarification dans les deux stations étudiées et essai de typologie	241
Fig. 6.17	Evolution de la consommation annuelle globale d'eau potable sur le Haut-Plateau	244
Fig. 6.18	Evolution de la consommation journalière (moyenne mensuelle) sur le Haut-Plateau	245
Fig. 6.19	Variations hebdomadaires de la consommation globale d'eau potable à Randogne en 1986 et 1992	246
Fig. 6.20	Livraisons quotidiennes d'eau potable dans la commune de Montana en 1992, 1996 et 1997	247
Fig. 6.21	Variations mensuelles de la consommation globale et spécifique dans les communes de Nendaz, Randogne et Montana	253
Fig. 6.22	Ventes et achats d'eau sur le Haut-Plateau	256
Fig. 6.23	Situation des bassins de retenue projetés en 1989, de la réinfiltration artificielle des eaux de la Raspille en vigueur depuis 1993 et des forages effectués par la commune de Randogne en 1991 et 1992	258
Fig. 6.24	Aménagements hydroélectriques dans le bassin versant de la Liène et relations avec les autres utilisations de la ressource en eau	271
Fig. 6.25	Aménagements hydroélectriques dans le bassin versant de la Printse et relations avec les autres utilisateurs de la ressource en eau	272
Fig. 6.26	Les modalités de la vente des droits sur les eaux des Bouillets et de l'Avalanche	291
Fig. 6.27	Les acteurs de la valorisation touristique des bisses	301
Fig. 6.28	Conditions de praticabilité du ski (couche de neige supérieure à 30 cm) à Crans-Montana (alt. 1500 m) entre 1980 et 1994	306
Fig. 6.29	L'enneigement artificiel dans la station de Crans-Montana-Aminona	311
Fig. 6.30	L'enneigement artificiel dans la station de Nendaz	312
Fig. 6.31	Les acteurs de l'enneigement artificiel dans les deux stations	315
Fig. 8.1	Modèle tri-scalaire de gestion des eaux dans le canton du Valais	345
Fig. 8.2	Modèles de régionalisation de la gestion des eaux sur le Haut-Plateau et dans le bassin versant de la Printse	347
Fig. 8.3	Organes de gestion du modèle tri-scalaire proposé	353



## Liste des tableaux

---

Tabl. 4.1	Caractéristiques du Glacier de la Plaine Morte et des principaux glaciers du bassin versant de la Printse (état en 1973)	91
Tabl. 4.2	Evaluation du nombre de lits touristiques par habitant permanent dans les deux stations étudiées	111
Tabl. 4.3	Evaluation de la population résidente temporaire et totale journalière moyenne sur le Haut-Plateau en 1992	115
Tabl. 4.4	Evaluation de la population résidente temporaire et totale journalière moyenne à Nendaz en 1992 et 1996	116
Tabl. 4.5	Evaluation de la population journalière moyenne à Crans-Montana durant la première semaine de janvier 1992 (sur la base de la statistique des ordures ménagères)	116
Tabl. 4.6	Estimation de la population résidente journalière moyenne en haute et basse saison touristique dans les deux stations (année 1992)	117
Tabl. 5.1	Gradients hypsométriques annuels moyens des précipitations	133
Tabl. 5.2	Comparaison des gradients de précipitations de haute altitude entre la Vallée de la Dala et le Haut-Plateau	134
Tabl. 5.3	Gradients hypsométriques des précipitations de haute altitude sur le Haut Plateau	135
Tabl. 5.4	Gradients hypsométriques annuels moyens des précipitations sur le Haut-Plateau	136
Tabl. 5.5	Gradients moyens des précipitations de haute altitude dans le Val d'Hérens	136
Tabl. 5.6	Précipitations annuelles moyennes enregistrées dans plusieurs totalisateurs d'altitude de la vallée d'Hérens	137
Tabl. 5.7	Gradients hypsométriques annuels moyens dans le bassin versant de la Printse	137
Tabl. 5.8	Valeurs moyennes de l'évapotranspiration annuelle (E) en fonction des températures annuelles moyennes (T) et de l'altitude (H), valables pour l'ensemble de la chaîne alpine	141
Tabl. 5.9	Valeurs moyennes de l'évapotranspiration annuelle (E) en fonction de l'altitude (H), valables pour le Valais	142
Tabl. 5.10	Valeurs moyennes de l'évapotranspiration annuelle (E) de différentes stations du Valais	142
Tabl. 5.11	Evaluation de l'évapotranspiration annuelle moyenne dans la région du Haut-Plateau	147
Tabl. 5.12	Evaluation de l'évapotranspiration annuelle moyenne dans le bassin versant de la Printse	147
Tabl. 5.13	Part (en %) des précipitations sous forme de neige dans les Alpes suisses en fonction de la température mensuelle moyenne	162
Tabl. 5.14	Gradients hypsométriques des hauteurs de neige médianes et moyennes selon WITMER (1986), en cm/100 m, valables dès 900 m d'altitude	166
Tabl. 6.1	Subventionnement d'aménagements sur les bisses des deux stations étudiées dans le cadre de la législation sur les améliorations foncières	208
Tabl. 6.2	Prix de revient de l'eau potable en 1990 dans les quatre communes de la Louable Contrée	239
Tabl. 6.3	Rapport entre les livraisons journalières maximales et minimales d'eau potable en haute et basse saison dans la commune de Montana	248
Tabl. 6.4	Evaluation de la consommation spécifique moyenne d'eau potable à Randogne et Montana (pour Randogne uniquement la station)	249

Tabl. 6.5	Evaluation de la consommation spécifique moyenne à Nendaz en 1996 et 1997	250
Tabl. 6.6	Consommation spécifique d'eau potable dans certains villages non touristiques des communes de Randogne et Nendaz	251
Tabl. 6.7	Consommation spécifique dans diverses communes valaisannes	252
Tabl. 6.8	Débits garantis par les sociétés hydroélectriques aux différents bisses des bassins versants de la Liène et de la Printse	284
Tabl. 6.9	Caractéristiques des trois types d'eau minérale captés et commercialisés par SEBA Aproz SA	290



## Abréviations

---

Les abréviations des lois et autres textes législatifs ne sont en général pas reportées ici (sauf les abréviations les plus courantes apparaissant à de nombreuses reprises dans le texte).

AE	Arrêté sur l'énergie
ASAE	Association suisse pour l'aménagement des eaux
ATSM	Aménagements touristiques et sportifs de Montana
AVRP	Association valaisanne de randonnée pédestre (également AVTP)
BCS	Banque de données climatologiques suisse, Institut suisse de météorologie
BDG	Base de données géographiques
BP	Before present (avant le présent, fixé à 1950)
BTS	Températures sous la couverture de neige (Basis Temperatur der Schneedecke)
BVZ	Brig-Visp-Zermatt Bahn
CIPRA	Commission internationale pour la protection des Alpes
Cn	Coefficient nivométrique
E	Evapotranspiration
EE	Equivalent en eau
EIE	Etude d'impact sur l'environnement
ENA	Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches (également SLF)
EOS	Energie Ouest Suisse SA
EPFL	Ecole polytechnique fédérale de Lausanne
ETP	Evapotranspiration potentielle
ETR	Evapotranspiration réelle
FF	Feuille fédérale
FMM	Forces Motrices de Mauvoisin
FSP	Fonds suisse pour le paysage
GD	Grande Dixence SA
H	Altitude
IGUL	Institut de géographie de l'Université de Lausanne
IAH	International Association of Hydrogeologists
IPCC	International Panel on Climate Change
ISM	Institut suisse de météorologie (également SMA ou SMZ)
LAgr	Loi fédérale sur l'agriculture
LAT	Loi fédérale sur l'aménagement du territoire
LDAI	Loi fédérale sur les denrées alimentaires
LEaux	Loi fédérale sur la protection des eaux
LF	Loi fédérale sur la forêt
LFH	Loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques
LIM	Loi fédérale sur l'aide en matière d'investissements dans les régions de montagne
LPE	Loi fédérale sur la protection de l'environnement
LPEP	Loi fédérale sur la protection des eaux contre la pollution
LPN	Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage
LVPN	Ligue valaisanne pour la protection de la nature (également ProNatura)
MAB	Man and the Biosphere Program
MNA	Modèle numérique d'altitude (ou de terrain)
NAT	Association « Nature Agriculture Tourisme »

OEIE	Ordonnance relative à l'étude d'impact sur l'environnement
OFEFP	Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (également BUWAL)
OFS	Office fédéral de statistique
ONU	Organisation des Nations Unies
OPEL	Ordonnance sur la protection des eaux contre les liquides pouvant les altérer
P	Précipitations
PAGREau	Plan d'affectation et de gestion des ressources en eau
PAL	Plan d'affectation des zones
PDE	Plan directeur des égouts
PGEE	Plan général d'évacuation des eaux
PNR 31	Programme national de recherches « Changements climatiques et catastrophes naturelles »
R	Ecoulement
RIE	Rapport d'impact sur l'environnement
RL	Recueil des lois de la République et Canton du Valais
RS	Recueil systématique du droit fédéral
RS	Ressource totale
S	Stocks
SAT	Service de l'aménagement du territoire du canton du Valais
SCE	Surface de compensations écologiques
SEBA	Société d'extension des boissons alimentaires
SFH	Service des forces hydrauliques du canton du Valais
SI	Services industriels
SIG	Système d'information géographique
SPE	Service de la protection de l'environnement du canton du Valais
SSIGE	Société suisse de l'industrie du gaz et des eaux
STCM	Société des Téléphériques de Crans-Montana SA
STEP	Station d'épuration des eaux usées
T	Températures
TVPM	Téléphériques Montana-Violettes-Plaine Morte SA
UNESCO	United Nations Educational Scientific and Cultural Organization
UTGE	Unités territoriales de gestion des eaux
UTO	Usine de traitement des ordures ménagères du Valais central, Uvrier
UVT	Union valaisanne du tourisme
VJP	Valeurs journalières des précipitations, Institut suisse de météorologie
WWF	World Wildlife Fund

## Résumé

---

Emmanuel REYNARD

### Gestion patrimoniale et intégrée des ressources en eau dans les stations touristiques de montagne. Les cas de Crans-Montana-Aminona et Nendaz (Valais)

Historiquement, l'accès à l'eau et sa maîtrise ont joué un rôle essentiel dans le peuplement des régions de montagne et dans leur développement. Au cours du XIXe siècle, la correction des grands cours d'eau alpins a sans conteste favorisé le développement industriel des principales vallées alpines. Plus récemment, la mise en valeur énergétique des ressources en eau peut être considérée, avec le développement d'activités touristiques, comme un des facteurs essentiels de frein au dépeuplement des vallées les plus isolées des Alpes. Mais qu'en est-il actuellement de la gestion de cette ressource dans les Alpes ? Est-elle orientée vers un développement durable, comme le demande l'Agenda 21 adopté par l'ONU en 1992 ? Les modes de gestion actuels favorisent-ils les solutions les plus économiques, les plus rationnelles et les moins dommageables pour l'environnement ou sont-ils plutôt caractérisés par une tendance au gaspillage et à l'altération de la ressource ? Telles sont quelques-unes des questions que l'on peut se poser, dans le contexte de transformations socio-économiques et environnementales caractérisant la seconde moitié du XXe siècle.

Cette thèse se propose d'étudier la situation actuelle de la gestion des ressources en eau dans deux stations touristiques des Alpes valaisannes. Elle part d'un **constat paradoxal** : les Alpes sont d'une part considérées comme le château d'eau de l'Europe et d'autre part, les dernières décennies n'ont pas été exemptes de situations de pénurie, de dégradation de la qualité et de conflits autour de la ressource en eau. La question est de savoir si ces situations conflictuelles sont dues à une pénurie absolue de la ressource, en qualité et/ou en quantité, ou si elles sont plutôt le fruit d'une mauvaise gestion de la ressource.

Dans un premier temps, un **cadre théorique** a été construit sur la base de la littérature existante. En raison du caractère systémique de la ressource en eau et de sa situation à l'interface entre le système naturel (l'hydrosphère) et les différents systèmes de mise en valeur par l'Homme (les divers usages de l'eau par les sociétés humaines), il apparaît que le meilleur mode de gestion ne peut être qu'**intégré et patrimonial**. Par **gestion intégrée**, nous entendons autant une intégration horizontale de la ressource, des usages et des acteurs, qu'une intégration verticale des différentes échelles de gestion. Il s'agit d'une part de préserver un équilibre entre l'offre (la ressource) et la demande (les usages par les différents acteurs), et d'autre part, s'agissant d'une ressource-flux, de préserver un équilibre entre l'amont et l'aval ainsi qu'entre les différentes échelles du système. Le concept de **gestion**

**patrimoniale** considère l'eau non seulement comme une ressource à mettre en valeur, mais également comme un bien commun essentiel à la survie d'une société. Ce caractère de bien commun implique l'adoption de modes de gestion équilibrés, orientés vers une préservation durable de la ressource, en qualité et en quantité.

Ce modèle de gestion intégrée et patrimoniale est ensuite adapté au **cas particulier des stations touristiques de montagne**, caractérisées d'une part par de très fortes fluctuations démographiques saisonnières (entre la haute et la basse saison) et d'autre part par une sélection des usages, principalement de quatre types dans les Alpes (approvisionnement en eau potable, irrigation (dans les montagnes sèches, comme le Valais central), production hydroélectrique, usages touristiques). Par usages touristiques, nous entendons l'eau autant comme élément de l'offre originelle (l'eau comme paysage) que dérivée (l'eau en tant qu'infrastructure ou service touristique).

La deuxième partie de la thèse, de caractère empirique, confronte ce modèle à la réalité de deux stations touristiques valaisannes, **Crans-Montana-Aminona et Nendaz**. Ces deux stations ont été choisies en raison de multiples différences, à la fois structurelles, politico-administratives, naturelles, etc. Elles permettent donc une approche comparative.

Les principaux résultats sont les suivants :

- Dans les deux stations, la **ressource est actuellement suffisante** pour satisfaire tous les besoins. Les situations de pénurie et les conflits sont par conséquent dus à des problèmes de gestion et non à des situations de rareté absolue de la ressource.
- Globalement, dans les deux stations, le mode de gestion actuel de la ressource en eau ne peut être considéré ni comme parfaitement intégré, ni comme patrimonial. Trois familles de problèmes empêchent une gestion véritablement intégrée et patrimoniale.
- Les **problèmes sectoriels** touchent un sous-système de gestion en particulier. Ils peuvent être dus soit à une mauvaise structure soit à des dysfonctionnements du sous-système. Un cas de mauvaise structure est celui du système de distribution de l'eau potable à Crans-Montana-Aminona, organisé autour de six services de distribution indépendants, calqués sur le découpage politico-administratif de la région, malgré un caractère évident d'unité de la station du Haut-Plateau, formant actuellement une seule structure urbaine s'étendant sur quatre communes. Un cas de dysfonctionnement sectoriel est celui des consortages d'irrigation, unités de gestion héritées de la société agro-pastorale traditionnelle, se retrouvant actuellement en inadéquation avec le nouveau contexte économique.
- Les **problèmes intersectoriels** affectent la coordination entre deux ou plusieurs sous-systèmes de gestion. Ils sont généralement dus à un manque d'information mutuelle ou à des déséquilibres entre les secteurs d'utilisation, eux-mêmes liés à des raisons historiques, économiques ou juridiques. Ces

conflits sont réglés soit par la négociation, soit par les canaux judiciaires. Les divers cas étudiés mettent en évidence un manque d'anticipation des problèmes. Chaque type d'utilisation de la ressource étant géré de manière indépendante, des conflits vont naître lorsque les projets de l'un ou l'autre de ces secteurs interfèrent spatialement avec l'empreinte spatiale d'un autre secteur. Les conflits majeurs ont un caractère soit économique, soit environnemental.

- Les **problèmes territoriaux** ne touchent plus les systèmes de gestion uniquement dans leur structure ou dans leur fonctionnement mais dans leur empreinte spatiale. Ils naissent généralement lorsque les limites territoriales de différents sous-systèmes ne coïncident pas. Cela est particulièrement le cas dans la distribution de l'eau potable sur le Haut-Plateau. La disponibilité de la ressource est fortement conditionnée par les limites naturelles (bassins versants, augmentation de la ressource avec l'altitude, etc.), la demande dépend principalement de la stratification économique altitudinale (villages agricoles sur le coteau et station touristique à 1500 m), alors que la structure des systèmes de distribution est calquée sur le découpage administratif en six communes politiques, qui coupe perpendiculairement le découpage économique.
- Ces trois familles de problèmes sont actuellement difficiles à résoudre en raison de l'absence d'un bon système d'information. Les décisions prises par les acteurs sont ainsi souvent marquées par une **absence de vision globale** de la structure et du fonctionnement du système de gestion des ressources en eau.

Quatre propositions sont avancées dans le but d'augmenter le degré d'intégration et de durabilité des systèmes étudiés :

- Une meilleure adéquation entre les frontières du système naturel et des systèmes d'utilisation de la ressource s'impose. Il est proposé de créer des structures de gestion intercommunales se calquant plus ou moins sur le découpage en **bassins versants**.
- Parallèlement à ces nouvelles structures, des **organes de coordination intersectorielle** devraient être créés, tant au niveau intercommunal que cantonal. Nous rejoignons ici l'idée de plate-forme de coordination proposée par le Service de l'aménagement du territoire du canton du Valais.
- Ces deux propositions sont à même d'améliorer le degré d'intégration du système. Elles ne garantissent toutefois pas sa durabilité. Pour cela, il est proposé d'adopter tant au niveau sectoriel que global des démarches de **planification**.
- Ces dernières ne peuvent déployer leurs effets que si elles s'appuient sur des informations de qualité sur l'état actuel et futur du système. Force est de constater qu'actuellement de telles informations sont très partielles. Nous proposons donc la mise en oeuvre de **systèmes performants de collecte, de gestion et de mise en valeur des informations** sur la structure et le fonctionnement du système Eau.

## Abstract

---

Emmanuel REYNARD

### Patrimonial and integrated water management in alpine tourist resorts. The situation in Crans-Montana-Aminona and Nendaz (Valais, Switzerland)

Historically, the question of access to water supplies and their subsequent control has played an essential role in the settlement and development of alpine regions. During the 19<sup>th</sup> century, the industrial development in the main alpine valleys was, without doubt, made possible by the straightening of the major alpine rivers. More recently, the development of hydro-electricity and tourism activities can be considered as the most important factors in stopping the population move away from the isolated alpine valleys. But just how is this resource currently managed in the Alps? Is it oriented towards sustainable development as the UN stipulated in 1992 with its Agenda 21? Do the current management methods encourage the most economic, the most rational and the least environmentally damaging solutions or are they characterised more by wastefulness and a debasing of the resource? These are just a few of many similar questions that can be asked in the context of the socio-economical and environmental transformation that characterises the second half of the 20<sup>th</sup> century.

This thesis will address the current situation of water resource management in two tourist resorts in the Valais region of the Swiss Alps, starting from a **paradoxical observation**: that the Alps on one hand, are considered to be Europe's water tower and yet on the hand, as the last decades have shown, are not excluded from water shortages, quality deterioration and conflicts over this precious resource. The question is to know whether these conflicting situations are due to a definite shortage of this resource, in quality and/or quantity, or whether they are due more to ill management of the resource.

For the first part, a **theoretical frame** was constructed on the basis of existing literature. Because of the system characteristics of the resource and its position at the interface between the natural system (the hydrosphere) and the different exploitation systems used by man, it seems that the best management method can only be an integrated and patrimonial approach. **Integrated management** means a horizontal integration of the resource, the uses and the actors, as well as a vertical integration of the different methods of management. It's a question of on one hand, keeping the balance between the offer (the resource) and the demand (the use by different actors), and on another, to keep a balance between the upstream and the downstream in the resource flow, as well as between the different levels of the system. The concept of **patrimonial management** considers water not only as a resource to be developed but also as a common good essential to the survival of a society. This implies the adoption of balanced management methods, oriented towards a sustainable protection of the resource, in quality as well as quantity.

This integrated and patrimonial management model is then adapted to the **specific case of alpine tourist resorts**. These are characterised on one hand, by very important seasonal population fluctuations (between high and low seasons), and on the other hand, by a selection of uses, mainly four types in the Alps - drinking water, irrigation (in the dry mountains like the central Valais), hydro-electrical production and tourist use. Water in the tourist industry being used as an element of the original offer (water as landscape) as well as a derived element (water as an infrastructure or tourist service).

The second part of this thesis, of an empirical nature, confronts the model to the reality of two tourist resorts in the Valais Alps, **Crans-Montana-Aminona and Nendaz**. These two resorts were chosen because of various differences - structural, politico-administrative, natural, etc., which allow a comparative approach.

The main results are as following:

- In both resorts, the **resource is currently sufficient** to satisfy all the needs. The shortage situations and conflicts are thus due to management problems and not because of a definite shortage of the resource.
- Overall, in both resorts the current management methods can not be considered either as perfectly integrated or as patrimonial. Three groups of problems prevent a properly integrated and patrimonial management.
- The **sectorial problems** affect management sub-systems in particular. They could be due either to a bad structuring or a disfunctioning of the sub-system. An example of bad structuring is that of the drinking water distribution system in Crans-Montana-Aminona. Organised around six independent distribution services, traced over the politico-administrative borders which in spite of the obvious unity of the resort on the High-Plateau, actually forms one urban structure spread over four communes. An example of sectorial disfunctioning is the irrigation *consortages* - management units inherited from the traditional agro-pastoral society but which are actually inadequately grafted onto a new economical context.
- The **intersectorial problems** affect the coordination between two or more management sub-systems. They are generally due to a mutual lack of information or a unbalance between the sectors of the different water uses, themselves linked together for historical, economical or legal reasons. These conflicts are sorted out either by negotiation or by various legal channels. The different cases studied show a lack of problem anticipation. As every type of resource use is managed differently, conflicts are created when the separate projects of one or another sectors interfere with the geographical position of the others. The major conflicts have either an economical or an environmental aspect.
- The **territorial problems** do not only affect the management systems structure or their functioning but also on their landmark. They are created generally when the territorial limits

of one or another sub-system do not coincide with the limits of the others. This is particularly the case of the drinking water distribution on the Haut-Plateau. The availability of the resource is determined by the natural limits (catchment basins, increase of availability with the elevation in altitude, etc.) and the demand for the resource depends largely on the economical layering in respect to the altitude (agricultural villages on the valley slopes and tourist resort at 1500m altitude). Whereas the structure of the distribution systems is grafted onto the administrative structure (six political communes) which cuts perpendicularly across the economical structure.

- Currently, these three groups of problems are difficult to solve because of the absence of an effective information system. The decisions taken by the actors are, therefore, often marked by the **lack of a global view** of the structure and the functioning of the water resource management system.

Four propositions are suggested with the intention of increasing the degree of integration and sustainability of the systems studied :

- An improved suitability between the borders of the natural system and the resource use systems is needed. A suggestion is to create a series of intercommunal management structures to coincide more or less with the **catchment basin limits**.
- Parallel to these new structures, some **intersectorial coordination organisations** should be created, on the intercommunal level as well as the cantonal level. There is also the Valais canton's Service of Urban Planning's idea of a coordination platform.
- These two suggestions are in the interest of improving the degree of integration in the system but they do not guarantee necessarily its sustainability. For this, it is suggested to adopt at the sectorial as well as global levels, an **efficient planification process**.
- The fore-mentioned can only multiply their effects if they are based on dependable information about the actual and future state of the system. From experience, the information to be found is actually very partial. To remedy this situation, the introduction of **high-performance information collection, management and development systems** on the structure and the functioning of the water system is recommended.



---

## Remerciements

---

J'ai rédigé cette thèse au cours de six années passées au sein de l'Institut de Géographie de l'Université de Lausanne (IGUL), six années pendant lesquelles j'ai eu l'occasion de confronter mes opinions avec une foule de personnes qui m'ont ainsi aidé à mener à bien ce projet. Je tiens donc à remercier sincèrement toutes les personnes, collègues et amis, qui, de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de cette thèse.

Je remercie tout d'abord mon directeur de thèse, le Prof. Jörg Winistörfer, qui, malgré ses lourdes tâches administratives relatives à sa fonction de doyen de la Faculté des Lettres, a toujours trouvé le temps de m'aiguiller dans mes recherches. Ses impulsions ont été bénéfiques pour relancer ce projet lorsqu'il tendait à s'enliser. Son sens de l'observation, sa passion pour la géographie et la totale confiance qu'il accorde à ses assistants dans leurs fonctions de recherche et d'encadrement des étudiants ont été des plus utiles pour mon travail de thèse. J'ai notamment pu orienter certaines recherches de l'Institut dans un sens utile à ma recherche.

Mes remerciements vont également aux trois membres du jury, les Professeurs André Musy (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne), Peter Knoepfel (Institut des Hautes Etudes en Administration Publique, IDHEAP) et Jean-Bernard Racine (Institut de Géographie de l'Université de Lausanne). Leurs remarques judicieuses et constructives lors du colloque de thèse ainsi que la conjonction de leurs avis respectifs d'hydrologue, de juriste et de géographe sur la question de la gestion des eaux ont permis d'améliorer sensiblement la qualité de mon texte.

Cette thèse touchant à de nombreux thèmes à la fois en sciences naturelles et en sciences humaines n'aurait certainement pas pu être menée à bien sans les avis éclairés et les discussions avec plusieurs spécialistes et chercheurs dans les divers domaines traités. J'adresse donc mes plus vifs remerciements aux personnes suivantes pour leurs remarques et leur appui dans la rédaction de certains chapitres de cette thèse :

- Mme Martine Rebetez, de l'antenne romande du WSL à l'EPFL, et M. Boris Sevruck, de l'Institut de Géographie de l'EPFZ, pour leurs judicieuses remarques sur la partie touchant au climat,
- M. Michel Marthaler, Professeur de géologie à l'IGUL, pour ses remarques pertinentes concernant le cadre géologique des deux régions d'étude,
- Mme Monique Crettol, étudiante à l'IDHEAP, pour les nombreuses discussions concernant le développement durable du réseau des bisses du Valais,
- Mme Cécile Rollé, du bureau Drosera SA, à Sion, avec qui j'ai eu l'occasion de discuter longuement sur les besoins en eau concernant l'enneigement artificiel,
- Mme Romaine Perraudin-Kalbermatter, du bureau ETEC, à Bramois, qui a rédigé le rapport sur la gestion globale de l'eau dans le canton du Valais et qui a accepté de relire et de commenter toute ma thèse. Un grand merci pour ses remarques très pertinentes.

Je ne peux manquer de remercier chaleureusement mes collègues de l'IGUL qui m'ont accompagné dans mes travaux d'assistantat et de recherche. Un merci particulier va à mes collègues assistants et enseignants de géographie physique Ariane Baechler, Marinette Baud, Alain Broccard, Claire Dorthe, Nathalie Durussel, Caterina Gentizon, Michel Marthaler, Marcia Phillips, Gilles Pierrehumbert, Philippe Schoeneich, Corinne Thévoz. L'excellente ambiance régnant dans la préparation des travaux pratiques et excursions a eu des répercussions positives sur la volonté de mener à terme ce lourd travail qu'est la rédaction d'une thèse. J'adresse également mes plus vifs remerciements à Gaston Clivaz, cartographe de l'IGUL. Ses « filons » en matière graphique et informatique ont été du plus grand secours lors de la phase de mise en page de ce travail. Sa totale disponibilité, son enthousiasme et sa bonne humeur sont des éléments qui ont beaucoup compté. Merci également à notre secrétaire Marcia Curchod, qui s'est toujours chargée avec le sourire de certaines tâches administratives liées à ma recherche.

Mon amical salut va également à mon ami et compagnon thésard Waziri Mato Maman, doctorant du Prof. Winistörfer sur un thème également relatif à l'eau, la gestion des cultures de contre-saison dans l'est du Niger, ... qui a soutenu sa thèse un jour avant moi !

Bien que ces recherches n'aient pas fait partie intégrante de ma thèse, j'aimerais également remercier mes collègues jeunes « périglacialistes », notamment mes amis Marcia Phillips de l'Institut Fédéral pour l'Etude de la Neige et des Avalanches à Davos, Markus Imhof, de l'Institut de Géographie de l'Université de Berne, et Ralph Lugon, Jean-Michel Gardaz et Reynald Delaloye, de l'Institut de Géographie de l'Université de Fribourg. Les nombreuses journées de terrain passées à essayer de comprendre la localisation et les caractéristiques du pergélisol ont souvent permis de me ressourcer à un autre thème d'étude que l'eau.

Au cours de cette recherche, j'ai eu de nombreuses reprises dû solliciter des informations auprès de différentes entreprises et administrations publiques de mes deux régions d'étude. A chaque fois, j'ai été reçu avec beaucoup de disponibilité par des personnes qui ont toujours manifesté de l'intérêt pour ma recherche. Je tiens donc à remercier vivement les administrations communales de :

- Nendaz, notamment MM. Albert Fournier, Président, Simon Germanier, secrétaire communal, et René Michelet, collaborateur au service des eaux,
- Icogne, par son président M. Jacques Bagnoud,
- Lens, notamment M. Jean-Luc Emery, du service technique,
- Chermignon, notamment M. Sylvain Bonvin, directeur des travaux publics,
- Montana, par MM. Jérémie Robyr, ancien président, et Jean-Marie et Olivier Bonvin, du service technique,
- Randoigne, par MM. Charly Cottini et Christian Masserey, conseillers communaux, et Laurent Bonvin et Jacques Vocat, employés au service technique,
- Mollens, par son président M. Armand Berclaz, ainsi que M. Jean-Michel Gasser, conseiller communal.

J'ai également été amené à solliciter des informations et des entretiens auprès de divers services de l'Etat du Valais. J'aimerais remercier en particulier :

- le Service de l'aménagement du territoire, notamment M. Willy Cretton,
- le Service des améliorations foncières, par MM. P. Michelet et P. Broccard,
- le Service de la protection de l'environnement, notamment M. Veuthey et Mme Salamin
- le Bureau cantonal du Tourisme, par M. Antoine Fardel.

J'adresse mes sincères remerciements aux professionnels du tourisme :

- aux offices du tourisme des deux stations, notamment à M. Jean-Yves Rey, de l'Office du tourisme de Montana, pour son aide précieuse dans le dépouillement des statistiques d'occupation de la station du Haut-Plateau,
- aux sociétés de remontées mécaniques des deux stations pour m'avoir donné l'occasion de consulter certains de leurs documents internes. Un merci particulier à M. Daniel Mariéthoz, responsable technique à Télénendaz, pour sa grande disponibilité et la transparence de ses informations en matière d'enneigement artificiel.

Je remercie également les informateurs suivants :

- M. Paul Bourban, du bureau d'ingénieur Bonvin à Sion, pour les très riches informations sur le système de distribution d'eau potable de Nendaz,
- le Prof. Pierre Ducrey, ancien recteur de l'Université de Lausanne, qui m'a ouvert sa riche collection de photos et cartes postales anciennes du Haut-Plateau, dont certaines sont reproduites dans cet ouvrage,
- l'entreprise de production d'eaux minérales SEBA Aproz SA, par M. Jean-Paul Schroeter,
- les sociétés hydroélectriques Lienne SA, par M. Perruchoud, et Grande-Dixence SA, par M. Jean-Michel Bonvin,
- l'entreprise de traitement des ordures ménagères UTO à Uvrier, par M. René Terrettaz,
- la société de chemins de fer Brig-Visp-Zermatt Bahn,
- l'administration communale et l'office du tourisme de Zermatt,
- le WWF Valais, par sa secrétaire Mme Marie-Thérèse Sangra,
- les nombreux étudiants de l'IGUL qui, par leurs travaux de levé de terrain et de mémoire de licence dans les deux régions, ont contribué à augmenter mon choix d'informations.

Un texte de cette longueur peut difficilement capter l'attention de celui qui le rédige au point qu'il n'oublie aucune faute de frappe et d'orthographe. Valérie Bonvin, Denis Reynard, Carole Holzmann et Caterina Gentizon ont accepté avec beaucoup de courage le travail fastidieux de relecture du manuscrit. Je les remercie de tout coeur, d'autant plus qu'ils ont également apporté de nombreuses remarques sur son contenu. Un grand merci également à Meredith Blake qui a traduit le résumé en anglais.

Une pensée va finalement à mes parents, à mon frère et mes soeurs, ainsi qu'à mes amis qui, pendant six ans, m'ont apporté leurs encouragements et leur oeil critique d'usagers de l'eau extérieurs au monde académique.



# 1. Introduction générale

*De longues vallées perpendiculaires à la haute chaîne, et qui sont séparées entre elles par d'imposantes montagnes dont les cimes s'alignent en arêtes parallèles, occupent l'intérieur de ce cintré. Mais, fermées qu'elles sont du côté de l'Italie, et presque sans communication entre elles, nul ne s'y engage, excepté les gens du pays, en sorte que, pour le touriste, elles présentent à cette heure encore tout l'attrait de la nouveauté, et aussi, à considérer les peuplades qui y vivent paisibles et ignorées, ce charme plus rare et attachant des vieilles mœurs, des usages traditionnels, d'une loyauté antique et d'une simplicité primitive.*

Rodolphe Töpffer, *Voyage autour du Mont-Blanc*, 1886.

## 1.1 Tourisme et gestion des eaux dans les régions de montagne

L'eau touche à la fois aux systèmes naturel et anthropisé des régions de montagne. Mais pendant longtemps elle a été considérée comme une ressource inépuisable, n'ayant donc pas un impact très déterminant dans les choix d'aménagement, si ce n'est dans les régions karstiques. Les Alpes ne sont-elles pas appelées « le château d'eau de l'Europe » ? Or, on se rend compte depuis quelques années que l'eau vient parfois à manquer lors de sécheresses ou pendant la haute saison touristique, qu'elle est parfois à l'origine de catastrophes naturelles ou que sa qualité laisse à désirer. Il s'avère que les options de développement prises dans les dernières décennies ont peut-être une influence sur la situation parfois tendue d'aujourd'hui.

En **Valais** également, pour anticiper sur le cas qui sera développé dans la partie empirique de cette recherche, l'eau a ce caractère paradoxal d'une ressource à la fois abondante et rare. Elle est d'une part considérée, à juste titre, comme la seule richesse naturelle du canton et d'autre part, en raison du climat à caractère continental marqué par de faibles précipitations en plaine, des moyennes de températures élevées et de fortes amplitudes des paramètres climatiques, le Valais doit également faire face à des situations de manques d'eau. Ainsi, bien qu'elle soit abondante en altitude, où elle est stockée sous forme de glace et dans le fond des grandes vallées latérales, où certains cours d'eau débitent des millions de mètres cubes par année, l'eau est souvent insuffisante pour assurer les besoins de l'agriculture sur les versants ensoleillés, sur le coteau de l'adret de la vallée principale et dans la

<sup>1</sup> Proposée par MICHELET (1868), cette conception a été reprise pour la Suisse et plus particulièrement pour le Valais par ONDE (1953 a, b).

plaine du Rhône elle-même, asséchée et bonifiée au prix de grands travaux dès le milieu du siècle dernier. Depuis le XI<sup>e</sup> siècle au moins, les communautés montagnardes ont développé un système complexe de canaux d'irrigation : les bisses. Ce système a pu compter plus de 2000 km d'aqueducs principaux et 25'000 km de canalisations secondaires à son époque d'expansion majeure au tournant du siècle. Pour les besoins de l'agriculture, l'Homme a donc dû intervenir une première fois pour redistribuer la ressource en eau, inégalement répartie.

Quant à l'eau potable, sa gestion ne posait pas trop de problèmes jusque dans les années 50. Le canton était en effet encore essentiellement rural. Nombre d'habitations n'avaient pas l'eau courante et les ménages s'approvisionnaient directement à la fontaine publique. Ces dernières étaient généralement alimentées par des sources locales, souvent à faible débit. Les besoins de cette société agricole n'étaient de plus pas très importants. Seules les villes principales avaient développé des réseaux de distribution plus étendus. Ainsi, Sion avait effectué dès 1900 de grands travaux de captage pour faire face aux nouveaux besoins. Dans les villages ruraux, ce n'est qu'après le second conflit mondial que les besoins vont augmenter, notamment grâce aux progrès de l'hygiène et au développement des installations d'eau courante dans les habitations.

C'est également à cette époque que le tourisme prend un nouvel essor dans le canton, grâce au développement d'installations de remontées mécaniques. Dans la première partie du siècle, et encore plus durant le XIX<sup>e</sup> siècle, le tourisme se concentrait presque essentiellement sur la saison estivale. Seules quelques petites installations de remontées mécaniques avaient fait leur apparition durant l'entre-deux guerres. Dès 1950 et surtout dans les années 60, presque dans toutes les vallées latérales du Rhône naissent de grands projets de développement de domaines skiables et de son corollaire, la construction immobilière. Ainsi, les stations existantes transforment petit à petit leur offre, comme Montana par exemple qui abandonne peu à peu un tourisme de cure pour se tourner vers le développement du ski. De nouvelles stations sont créées ex-nihilo dans des zones de mayens ou d'alpage. C'est par exemple à cette époque que sont construites les stations intégrées, de style urbain, de Thyon 2000 ou d'Anzère. D'autres stations meurent à petit feu, n'ayant pas pu prendre ce virage du ski. C'est le cas de Finhaut, dans le massif du Mont-Blanc.

Ce développement extrêmement rapide ne va pas sans poser de problèmes aux communes touristiques, dont certaines voient tripler ou quadrupler leur population durant les périodes de forte affluence. En fait, nombre d'administrations communales ne sont pas armées pour faire face aux nouveaux défis posés par le développement touristique. Non seulement elles maîtrisent mal les problèmes liés à la construction. La spéculation foncière se généralise, les règlements de construction peinent à être établis et s'ils existent, c'est souvent pour être contournés. Mais encore, dépassées par les événements, elles tardent à planifier le développement des équipements collectifs (transports, évacuation des déchets et des eaux usées, approvisionnement en eau, etc.). Il s'ensuit une situation passablement anarchique qui ne sera en partie résolue qu'avec la mise en application à partir du début des années 70 de la législation sur la protection des eaux et une décennie plus tard de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire.

Le développement des stations de tourisme de montagne conduit à l'abandon progressif d'une bonne part des sources locales, notamment parce que celles-ci sont souvent situées à l'aval de la zone de construction des stations et que ces dernières, dans les années 60, n'étaient pas pourvues d'installations d'évacuation des eaux usées. Plusieurs communes connaissent ainsi une dégradation de la qualité de leurs sources et les premiers problèmes de **pénurie** surviennent à la fin des années 60. Ces problèmes sont exacerbés durant la haute saison touristique, surtout en hiver durant la période d'étiage des sources. Ils sont de plus influencés par l'augmentation des besoins spécifiques liés aux modifications du mode de vie et à l'augmentation du confort des ménages des résidents permanents. Ainsi, on note à la fin des années 60, plusieurs cas de stations qui doivent être temporairement approvisionnées en eau potable par des camions-citernes provenant de communes riches en eau.

Grâce aux progrès techniques, la situation se normalise dans les années 70 et 80. Elle reste toutefois tendue dans certaines communes et semble même se dégrader actuellement en raison des modifications environnementales liées au réchauffement du climat. **Ainsi, bien qu'on ne puisse parler d'une situation de pénurie, il faut remarquer que l'approvisionnement actuel en eau potable est le résultat d'un fragile équilibre entre les données environnementales, techniques, socio-économiques et politiques. Cet équilibre peut à tout moment être rompu et provoquer des réactions en chaîne.**

Il apparaît finalement que la ressource en eau est gérée au moyen de toute une série de structures et d'instruments administratifs issus de différentes politiques publiques sectorielles. Ainsi, l'approvisionnement en eau potable est une tâche communale, les pratiques d'irrigation dépendent de la législation agricole, la production hydroélectrique de la législation sur l'énergie, tout comme les questions relatives aux droits sur les eaux de surface, alors que les problèmes de qualité des eaux ou de débits résiduels minimaux dans les cours d'eau sont régis par la législation environnementale. Il s'ensuit que personne ou presque n'a une **vue d'ensemble des caractéristiques de cette ressource flux qu'est l'eau et surtout des relations, parfois conflictuelles, qu'entretiennent les différents secteurs d'utilisation de la ressource.**

Il s'agit donc maintenant d'intégrer les problèmes de gestion des ressources en eau dans une politique globale de développement des stations touristiques et de **gérer des ressources, des écosystèmes et des utilisations** et non plus seulement les usages de l'eau sur la base d'une approche sectorielle. **La gestion doit donc intégrer l'offre et la demande, la ressource et les usages.** Elle doit également être organisée autour d'une conception patrimoniale de la ressource : l'eau n'est pas une ressource inépuisable, elle est finie, sujette à une altération au cours du temps et dans l'espace; elle est de plus vitale et doit donc être considérée comme **un bien commun, un patrimoine collectif qui doit être géré avec la ferme volonté d'en préserver son intégrité à long terme.** Pour cela, il est tout d'abord nécessaire d'établir un **état des lieux des ressources** disponibles et des différents **types d'utilisation**, ainsi que des **organes de gestion**. A partir de cet état des lieux, et sur la base d'un schéma théorique qui sera présenté ci-après, un **modèle de**

**gestion intégrée et patrimoniale des ressources et des utilisations** pourra être proposé. Tels sont les deux objectifs principaux de cette thèse.

## 1.2 Question générale

---

Ainsi, on est devant un double constat : d'une part, la ressource en eau n'est pas inépuisable et d'autre part certaines options de développement des régions de montagne de cette seconde partie de XXe siècle ont provoqué une surexploitation de la ressource et par conséquent ont donné lieu à des situations de pénurie, certes passagères, puisqu'elles ont pu être résolues grâce à des solutions techniques ou politiques, mais bien réelles. Il s'ensuit donc un certain paradoxe : les Alpes sont, à l'image d'autres massifs montagneux du monde, un immense réservoir d'eau douce pour les régions de plaine environnantes, et d'autre part, elles ne sont pas à l'abri de multiples conflits d'utilisation des ressources en eau, notamment dans les stations touristiques.

La question générale qui motive ma recherche est donc la suivante :

*Sachant que les Alpes sont considérées comme le « château d'eau de l'Europe », les pénuries d'eau et les conflits qui affectent temporairement certaines régions touristiques de montagne sont-ils dus à une **indisponibilité de la ressource** (pôle naturel) ou plutôt à une **gestion déficiente** de cette dernière (pôle anthropique) ?*

En effet, toute la question est de savoir si on est en présence d'une pénurie (réelle ou potentielle) absolue ou relative. Est-ce que ces épiphénomènes qu'ont été les situations de pénurie évoquées ci-dessus sont les symptômes d'une crise généralisée de la ressource au siècle prochain, cette dernière n'étant plus suffisante pour satisfaire tous les besoins, auquel cas, des choix entre les usages doivent être effectués (ou du moins anticipés). Ou bien, ces situations de crise ou de conflits sont-elles plutôt le reflet d'un manque de coordination entre les usages autour d'une ressource en eau amplement suffisante, mais gaspillée, auquel cas la gestion future devrait mettre l'accent sur une redistribution des rôles plus que sur un choix ou un abandon de certains usages ? Ainsi, l'évaluation du poids respectif de ces deux pôles (naturel et anthropique) devrait permettre de préciser si l'optimisation de la gestion devrait s'appuyer sur une amélioration de la gestion de la ressource, sur une meilleure coordination des utilisations de l'eau ou sur la synthèse des deux approches.



## 1.3 Etat des connaissances et des besoins

---

### 1.3.1 Introduction

Cette étude touche à deux domaines de la recherche alpine : le développement socio-économique des espaces montagnards, et plus précisément du tourisme dans les régions de montagne, et la gestion des ressources en eau. Ces deux domaines sont eux-mêmes concernés par une thématique transverse, devenue particulièrement importante ces dernières années : la problématique du développement durable<sup>2</sup>. Ces trois thèmes de recherche ne sont pas nouveaux et ont fait l'objet de nombreuses études qu'il serait fastidieux d'énumérer de manière exhaustive ici. Ils ont également fait l'objet de décisions importantes prises par les gouvernements à l'échelle de la chaîne alpine, voire de la planète entière. Ces axes de développement ont souvent été accompagnés de programmes de recherche ayant débouché sur une importante production scientifique. Je trace ici les grandes lignes de ces développements à la fois politiques et scientifiques<sup>3</sup>. Je traite d'abord la thématique du développement socio-économique alpin, puis celle de la gestion des eaux. La thématique transverse de la durabilité est intégrée à ces deux parties.

### 1.3.2 Le développement des Alpes

En raison de leur ancienneté de peuplement et de leur très forte anthropisation, les Alpes, au contraire d'autres chaînes de montagne, ont donné lieu à une production scientifique extrêmement abondante, touchant autant au domaine des sciences naturelles que des sciences humaines (voir ci-dessous, chap. 4).

Je passe sur les grandes monographies du début du siècle et me concentre sur les cinquante dernières années, période qui est prise en compte dans le cadre de cette étude. Quatre programmes politiques et/ou scientifiques doivent être rappelés : le programme MAB, la Convention alpine, le PNR 31 et l'Agenda 21.

Le premier est un programme d'étude mis sur pied au début des années 70 par l'UNESCO dans le but de comprendre le fonctionnement des processus naturels et sociaux liés à l'environnement : le programme *Man and the Biosphere* (MAB). Le module 6 (MAB-6, « Impacts of human activities on mountain and tundra ecosystems »), lancé en 1973, est spécialement orienté sur l'étude des impacts anthropiques sur les environnements naturels de haute altitude et de haute latitude. Dans les montagnes européennes, l'attention s'est portée sur les impacts du tourisme sur les écosystèmes montagnards (PRICE 1995). En Suisse, les résultats de ce programme organisé autour de quatre régions d'étude

---

<sup>2</sup> La notion de **durabilité**, tout d'abord limitée à la préservation à long terme des équilibres écologiques, a par la suite pris un sens plus large, sous l'impulsion de l'ONU (Commission Brundtland, 1987). Le développement durable est ainsi défini comme « un développement qui satisfait aux besoins du présent sans compromettre la possibilité pour les générations futures de satisfaire les leurs » (in TÖDTER 1998). C'est cette définition que j'adopte dans le cadre de cette étude.

<sup>3</sup> Cet état des lieux ne se veut pas exhaustif. Il a pour but de préciser le cadre scientifique dans lequel s'insère cette recherche.

(Pays d'En-Haut, région d'Aletsch, Grindelwald, Davos) ont trouvé de multiples applications pratiques dans la planification locale du développement touristique.

La Convention internationale pour la protection des Alpes (ou Convention alpine) a été signée en 1991 par les ministres de l'environnement de tous les pays de l'arc alpin et de la Communauté européenne (cf. GANTAR 1998)<sup>4</sup>. Elle a pour but d'assurer un développement harmonieux du massif alpin, en tenant compte des objectifs de protection de l'environnement naturel. Son application repose sur huit protocoles, signés (agriculture de montagne, protection de la nature et entretien des paysages, aménagement du territoire et développement durable, forêts de montagne, tourisme) ou inachevés (transports, énergie, protection des sols). Aucun de ces protocoles ne concerne spécifiquement la question de la gestion des eaux.

Quant au Programme National de Recherche « Changements climatiques et catastrophes naturelles » (PNR 31, cf. BADER & KUNZ 1998), il a été décidé par le Conseil Fédéral au début des années 90 afin d'accroître les connaissances sur les impacts des modifications climatiques sur les catastrophes naturelles en Suisse. En raison de leur forte sensibilité environnementale, les Alpes sont au centre de cette problématique. Les recherches du PNR 31 s'inscrivent dans la mouvance des études menées au niveau international par l'International Panel on Climate Change (IPCC) sur les effets de l'Homme sur les changements climatiques et sur les impacts de ces derniers sur l'Homme.

A l'échelle de la planète, il apparaît de plus en plus que les régions de montagne jouent un rôle essentiel pour le maintien d'un développement durable de la Terre. Ainsi, l'Agenda 21, adopté lors de la Conférence de Rio sur le développement et l'environnement (Sommet de la Terre, 1992)<sup>5</sup> reconnaît cette importance en consacrant un chapitre aux environnements de montagne (Chapter 13, « Managing fragile ecosystems : sustainable mountain development ») (United Nations 1993). Le rapport reconnaît le rôle des chaînes de montagne comme sources d'eau, d'énergie et de biodiversité, ainsi que la rapide dégradation environnementale que connaissent actuellement nombre de massifs montagneux. Il propose un accroissement des connaissances sur l'écologie et le développement durable des écosystèmes de montagne et la promotion des **modes de gestion intégrée** des bassins versants de montagne :

*« an integrated approach is needed for conserving, upgrading and using the natural resources base of land, water, plant, animal and human resources » (United Nations 1993).*

Les Alpes jouissent ainsi actuellement d'un intérêt marqué dans le cadre de la recherche sur la préservation de l'environnement dans un contexte de globalisation (cf. United Nations 1993, Mountain Agenda 1992, 1998, MESSERLI & IVES 1997) et de modifications climatiques.

<sup>4</sup> Les protocoles d'application n'ont toutefois pas encore été ratifiés par la Suisse.

<sup>5</sup> L'Agenda 21 fait un état des lieux des problèmes actuels dans les domaines de l'environnement et du développement dans le but de préparer la Terre aux challenges qui l'attendent au XXI<sup>e</sup> siècle. Il s'agit donc d'un programme d'action visant au développement durable de la planète.

### 1.3.3 La gestion des ressources en eau

La littérature sur la gestion des ressources en eau est tout aussi foisonnante que celle sur la montagne. Elle est tout d'abord extrêmement riche dans les domaines hydrologique et hydrogéologique. Une synthèse des développements récents dans les régions de montagne peut être trouvée dans les Actes du Congrès international de l'IAH tenu à Lausanne en 1990 (PARRIAUX 1990). La littérature géographique contient également de nombreux textes à ce sujet, souvent concernant un domaine d'utilisation de l'eau : la protection de l'eau, les systèmes d'approvisionnement en eau potable, la protection contre les crues, etc.

Peu d'études concernent l'intégration des divers secteurs d'utilisation (ex. Mountain Agenda 1998). La demande est cependant importante de la part des politiques. Ainsi, en préparation au Sommet de la Terre de Rio (1992), une Conférence internationale sur l'eau et l'environnement s'est déroulée à Dublin en janvier 1992. Les travaux ont débouché sur l'adoption d'une déclaration (*Déclaration de Dublin sur l'eau dans la perspective d'un développement durable*), s'inspirant de quatre grands principes (OMM 1992) :

- l'eau douce - ressource fragile et non renouvelable - est indispensable à la vie, au développement et à l'environnement;
- la gestion et la mise en valeur des ressources en eau doivent associer usagers, planificateurs et décideurs à tous les échelons;
- les femmes jouent un rôle essentiel dans l'approvisionnement, la gestion et la préservation de l'eau;
- l'eau utilisée à de multiples fins, a une valeur économique et devrait donc être reconnue comme bien économique.

L'Agenda 21 lui-même contient un chapitre dévolu à la gestion des ressources en eau (chapter 18 : « Protection of the quality and supply of freshwater resources : application of integrated approaches to the development, management and use of water resources »). Ce texte relève entre autres que la rareté de l'eau, la dégradation graduelle de sa qualité et la progression des conflits liés à l'eau nécessitent une planification et une gestion **intégrées** des ressources en eau :

*« Such integration must cover all types of interrelated freshwater bodies, including both surface water and groundwater, and duly consider water quantity and quality aspects. The multisectorial nature of water resources development in the context of socio-economic development must be recognized, as well as the multi-interest utilization of water resources for water supply and sanitation, agriculture, industry, urban development, hydropower generation inland fisheries, transportation, recreation, low and flat lands management and other activities » (United Nations 1993) ».*

L'Agenda 21 propose de mettre l'accent sur l'intégration de la gestion des ressources en eau, sur l'estimation de ces ressources, sur leur protection qualitative, quantitative et comme écosystèmes, sur l'approvisionnement en eau potable, sur le développement urbain et

rural durable en ce qui concerne les ressources en eau et sur l'étude des impacts des modifications du climat sur les ressources.

Le dernier point a fait l'objet de développements importants, tant au niveau international (cf. travaux de l'IPCC, voir ci-dessus chap. 1.3.2) que national (cf. conclusions du PNR 31, BADER & KUNZ 1998, voir ci-dessus chap. 1.3.2).

A l'échelle des Alpes, cette question n'apparaît pas clairement dans les protocoles d'application de la Convention alpine (cf. CIPRA 1998, GANTAR 1998). En effet, aucun des huit protocoles signés ou inachevés ne concerne spécifiquement une approche globale et intégrée de la gestion de l'eau.

Au niveau valaisan, par contre, cette préoccupation est bien présente. Elle est attestée par la récente étude sur la gestion de l'eau dans le bassin versant du Rhône, mandatée par le Service de l'aménagement du territoire du Canton du Valais (SAT 1998), faisant suite à une étude pilote à l'échelle du bassin versant de la Dranse de Bagnes menée en 1992 (SPE/SFH 1992). En introduction du rapport du SAT (1998) il est rappelé que :

*« Le canton du Valais est au cœur d'un château d'eau. Toutefois, de nombreux conflits d'utilisation doivent trouver des solutions dans le cadre d'une politique globale de gestion de l'eau » (SAT 1998).*

Ainsi, l'objectif du mandat est :

*« d'évaluer les principes généraux pour une conception cantonale de la gestion de l'eau et pour l'adaptation des fiches de coordination du plan directeur cantonal. Le but ultime d'une telle démarche étant la garantie à terme de la **satisfaction de tous les besoins liés à l'eau** » (SAT 1998).*

Ce rapide survol des connaissances et des besoins dans les domaines du développement des régions de montagne et de la gestion des ressources en eau met en évidence **la nécessité actuelle d'adopter des modes de gestion globale et intégrée, orientés vers la préservation des équilibres naturels et humains sur le long terme, en d'autres termes vers la garantie d'un développement durable**. Malgré les progrès techniques effectués, les connaissances sur les ressources en eau des régions de montagne sont encore très sommaires (BANDYOPADHYAY et al. 1997). « There is thus a great need to improve the current monitoring and management of mountain water resources » (Mountain Agenda 1998). Cette thèse se veut une modeste contribution à l'élargissement des connaissances dans ce domaine.

## 1.4 Plan de la recherche

---

La recherche s'appuiera autant sur le **questionnement théorique** concernant la gestion des ressources en eau dans un environnement de montagne anthropisé que sur une **étude de cas** dans deux stations valaisannes, Crans-Montana-Aminona et Nendaz, qui permettra d'illustrer les conclusions théoriques. Ainsi, après cette introduction générale (**chap. 1**), je formulerai une série d'hypothèses de travail relevant de la question générale : les pénuries d'eau et les conflits d'utilisation en découlant sont-ils la résultante d'un déficit hydrique naturel ou de dysfonctionnements dans la gestion de la ressource (**chap. 2**) ? Puis je dresserai le cadre théorique concernant la gestion des ressources environnementales, et notamment de l'eau, par les communautés de montagne (**chap. 3**) et je présenterai les deux stations étudiées (**chap. 4**). Je tenterai ensuite d'évaluer la ressource disponible dans les deux stations (**chap. 5**), avant d'analyser les usages de cette ressource par les différents acteurs (**chap. 6**). Cela me permettra d'établir un état des lieux de la situation actuelle (**chap. 7**), en mettant l'accent sur les problèmes de gestion et sur les potentialités de résolution de ces derniers. Il sera ensuite possible de proposer un **modèle de gestion qui intègre tous les acteurs** dans une perspective de développement assurant autant la pérennité environnementale que le développement socio-économique des régions étudiées (**chap. 8**).



## 2. Problématique

*Aucun discours n'est innocent; tout observateur modifie ce qu'il observe; le moindre de nos regards sur ce qui nous entoure peut, comme le célèbre battement d'ailes de papillon, transformer le monde.*

Jean-Luc Piveteau, *Temps du territoire*, 1995.

### 2.1 Problématique générale

Ainsi, bien qu'elles ne soient pas généralisées, les situations de pénurie ne sont pas inexistantes. Elles ne se limitent d'ailleurs pas qu'au Valais. En effet, différentes régions des Alpes souffrent de pénuries d'eau temporaires, hivernales et/ou estivales, débouchant souvent sur des conflits d'utilisation. On peut citer à titre d'exemple le cas des vallées de l'Isère (DUCOS 1992). Ces situations peuvent résulter de quatre types de **facteurs**, le premier touchant au pôle naturel, le second et le troisième au pôle anthropique et le dernier aux deux pôles.

#### *Un déficit de la ressource ?*

L'abondance et la disponibilité de la ressource dépendent principalement du climat et du relief. L'un ou l'autre de ces deux facteurs peut-il être tenu responsable des pénuries d'eau et dans quelles proportions ? Plus particulièrement, le climat passablement sec du centre du Valais provoque-t-il des pénuries temporaires d'eau ? Et qu'en est-il des modifications climatiques de cette fin de siècle ? De même, il s'agit de savoir dans quelle mesure le morcellement morphologique des bassins versants affecte la disponibilité de la ressource.

#### *Une inégalité des utilisateurs devant la ressource ?*

Les différents utilisateurs de l'eau sont-ils tous « égaux » devant la ressource ou bien certains acteurs accaparent-ils une part trop importante, créant ainsi des situations de pénurie pour les autres acteurs ? Si oui, quels sont ces acteurs privilégiés et d'où tiennent-ils ces privilèges ? Sont-ils dus à des raisons historiques, économiques, politiques, etc. ? Quelles sont les stratégies et les relations de pouvoir qui commandent leurs actions ?

#### *Un déficit de gestion ?*

Il s'agit de mettre en évidence les acteurs directs et indirects de la gestion et d'analyser si les premiers (en général les autorités politiques), qui normalement activent les leviers de la gestion, ne sont pas en fait tributaires de pressions exercées par les seconds. Une gestion rationnelle

et économe en eau n'est-elle pas empêchée par des facteurs politiques, historiques, économiques, culturels, etc. ?

*Un déficit politique ?*

Liée aux variations de la fréquentation touristique, l'augmentation de la population en haute saison constitue-t-elle une trop forte charge pour la ressource disponible ? Bien que ce facteur et le premier soient indépendants, ils sont dans un certain sens liés, dans la mesure où le seuil de surexploitation du système naturel liée à la fréquentation touristique dépend de la capacité du système naturel à supporter les variations. En d'autres termes, il s'agit d'analyser si les options de développement n'ont pas provoqué un dépassement du seuil de charge admissible par l'environnement.

## 2.2 Hypothèses de travail

---

A partir de ces constatations, il convient de formuler une série d'hypothèses de travail sous forme d'affirmations. Celles-ci seront testées dans la suite de l'étude. Pour chacune des hypothèses formulées, je donne un énoncé général et une série de remarques qui précisent cet énoncé, souvent en relation avec la situation particulière des deux stations étudiées (voir chap. 4).

### Hypothèse 1

*Malgré le climat sec du centre du Valais, la ressource en eau est importante. Des variations spatiales et temporelles (saisons) existent et peuvent diminuer localement et temporairement la ressource.*

Il s'agit de quantifier la ressource globale dans les bassins versants des deux stations étudiées sur la base de techniques d'évaluation utilisées en hydrologie. Un accent particulier sera mis sur la composante diachronique : l'état de la ressource potentielle est-il en train de changer en relation avec le *Global Change* ? Cette hypothèse sera testée au chapitre 5.

### Hypothèse 2

*Les situations de pénurie sont expliquées par des composantes extérieures au système naturel qui réduisent fortement la ressource en eau exploitable. Ces contraintes sont avant tout d'ordre politique, liées soit à l'histoire des deux régions étudiées, soit au développement de politiques nouvelles (aménagement du territoire, protection de l'environnement).*

Il s'agira de montrer dans quelle mesure l'histoire socio-politique des deux régions étudiées et la mise en œuvre des nouvelles politiques de gestion environnementale et territoriale conditionnent la disponibilité de



la ressource. Les différentes parties du chapitre 6 permettront de tester cette hypothèse.

### Hypothèse 3

*Avec le recul de l'agriculture de montagne, la part de la ressource affectée à l'irrigation est en baisse depuis le début du siècle, sauf pour l'arboriculture et la viticulture. Avec l'abandon de certains canaux d'irrigation (bisses) et alpages, un flou juridique apparaît en ce qui concerne les droits d'eau, qui peut être mis à profit par les utilisateurs touristiques de l'eau. Dans certains cas, l'utilisation de l'eau pour l'irrigation entre en conflit avec le développement touristique (besoins en eau potable en haute saison estivale coïncidant avec les hautes périodes d'irrigation, idem pour les infrastructures touristiques telles que piscines, golfs, etc.). Les conflits sont dus à un manque de coordination et non à un manque d'eau.*

Pour tester cette hypothèse, j'effectuerai une description détaillée de la structure des systèmes d'irrigation des deux stations (chap. 6.2). Les relations avec les autres types d'utilisation (eau potable, tourisme, production d'électricité) devront également être détaillées, afin de comprendre si la coordination entre les utilisateurs est suffisante ou non.

### Hypothèse 4

*Dans les stations touristiques de montagne, l'approvisionnement en eau potable est sérieusement conditionné par les fluctuations saisonnières de population. A cette contrainte de type démographique s'ajoute une contrainte d'ordre naturel, les périodes de forte fréquentation touristique hivernale coïncidant avec les périodes d'étiage. La combinaison de ces deux contraintes n'est toutefois pas suffisante pour expliquer les pénuries temporaires. Des raisons liées à la structure du système culturel et politique (hypothèse 2) doivent être invoquées.*

Dans les deux sites d'étude, je m'efforcerai d'évaluer le poids respectif des deux types de contraintes. La description de la structure des systèmes d'approvisionnement devrait permettre d'évaluer l'importance des facteurs politiques et culturels. Ces questions seront étudiées au chapitre 6.3.

### Hypothèse 5

*Les utilisateurs de l'eau pour la production d'eau minérale et d'électricité jouissent d'une situation privilégiée liée au type de contrat leur garantissant l'accès à l'eau (système des concessions). Cette situation privilégiée est toutefois contestée autant par des acteurs publics que privés qui forcent les sociétés de production à composer avec les autres utilisateurs et gestionnaires de la ressource hydrique.*

C'est principalement à travers le cas de Cleuson-Dixence (chap. 6.4 et 6.5) que je testerai cette hypothèse. Une description des procédures liées à la mise en œuvre du projet devrait permettre d'étayer cette affirmation.

## Hypothèse 6

*Dans un environnement touristique de montagne, l'eau en tant qu'offre touristique apparaît sous deux formes : l'offre paysagère (sites hydrologiques naturels et ouvrages hydrauliques traditionnels) et l'offre en infrastructures touristiques (piscines, patinoires, etc.) et en activités touristiques (rafting, canyoning). Vu la tendance actuelle à valoriser le tourisme extensif doux, l'offre paysagère gagnerait à être développée.*

A partir d'un inventaire des sites naturels à composante hydrologique et des ouvrages hydrauliques traditionnels, j'analyserai les tentatives de protection et de valorisation qui les touchent (chap. 6.6). J'étudierai ensuite leur intégration dans la promotion touristique des deux stations étudiées, afin de déterminer si une meilleure valorisation devrait être mise en œuvre.

## Hypothèse 7

*L'enneigement artificiel connaît actuellement un essor fulgurant lié aux modifications climatiques. Il entre en conflit avec les autres utilisateurs de l'eau.*

Il s'agit de décrire l'essor de l'enneigement artificiel et les motivations qui le sous-tendent, puis de quantifier les besoins en eau pour ce type d'infrastructures. Cela permettra de tester si cet essor est compatible avec le développement des autres activités consommatrices d'eau en hiver, principalement l'approvisionnement en eau potable. Cette question sera discutée au chapitre 6.6.

## Hypothèse 8

*Dans les deux stations étudiées, on ne peut pas parler à l'heure actuelle d'une véritable politique de gestion patrimoniale et intégrée des ressources en eau.*

Un état des lieux mettant en évidence les forces et les faiblesses du système actuel devrait permettre d'étayer cette affirmation (chap. 7).

## Hypothèse 9

*Une des raisons de cette gestion déficiente est du domaine de l'information. Il manque un système cohérent d'observation du fonctionnement du système Eau (naturel et anthropique) et de*

*quantification des flux : il en résulte qu'aucun acteur, tant au niveau local que régional (canton) n'a une vision d'ensemble du fonctionnement du système.*

C'est là encore l'état des lieux de la situation actuelle (chap. 7) qui permettra d'étayer l'hypothèse.

## Hypothèse 10

*Une gestion patrimoniale et intégrée des ressources en eau passe par la mise sur pied d'un organe de gestion articulé entre le canton et les communautés locales, organisé en bassins versants et non selon les limites administratives, et s'appuyant sur un réseau de collecte et de traitement de l'information performant.*

Il s'agira de montrer (chap. 8) que la poursuite de la politique sectorielle actuelle ne peut que déboucher sur une multiplication et une aggravation des conflits entre utilisateurs, se soldant finalement par une charge financière préteritant le développement touristique, et que les coûts nécessaires à la mise sur pied de l'organe de gestion proposé constituent un investissement intéressant à long terme.



## 3. Gestion des ressources en eau : Cadre théorique

*La variété des conditions naturelles, des abondances, accessibilités et qualités respectives d'eaux de nappes et de cours d'eau dans un espace économique donné se croise alors avec la variété des demandes en eau ou d'activités à impact sur l'eau, ce qui diversifie fortement les situations.*

Jean Margat, 1991.

### 3.1 Choix de l'approche systémique comme méthode d'analyse

#### 3.1.1 Présentation générale

Comme je l'ai esquissé dans le chapitre introductif, la gestion de l'eau, si elle veut être globale et intégrée, doit analyser le comportement et les relations de toute une série d'acteurs et de processus tant physiques qu'humains qui entretiennent entre eux des liens complexes. De ce fait, on comprend qu'une approche sectorielle ne permet pas d'identifier toutes les interactions et ainsi les enjeux de la gestion des ressources en eau. Il apparaît dès lors que seule une approche systémique permet de comprendre la problématique dans sa globalité. Dans ce chapitre, je décris les enjeux théoriques de cette approche.

Le paradigme systémique qui s'est fortement développé dès le milieu du XXe siècle repose principalement sur le développement de deux théories (SCHWARZ 1996) :

- la **théorie générale des systèmes** de Ludwig von Bertalanffy (1954), qui considère l'objet d'analyse comme un tout (comprenant également le sujet), comme un ensemble de relations;
- la **cybernétique**, énoncée par le mathématicien Norbert Wiener en 1948 (sur la base du terme grec *Kubernetes* signifiant « pilote » ou « gouvernail »), science qui étudie le « pilotage », interne ou externe des systèmes ou plus généralement les régulations et la communication chez les êtres vivants et les machines construites par l'homme (de ROSNAY 1975) et qui introduit dans la théorie générale des systèmes la notion de **boucles de rétroaction** (feedback).

Sur ces deux théories viennent se greffer d'autres notions, dont celle de **circularité**, très adéquate pour l'étude des systèmes naturels. De par sa représentation de la réalité de type très global, le paradigme systémique a trouvé des applications dans des domaines aussi divers que les sciences, la biologie, l'économie ou l'écologie, domaines dans lesquels il

est apparu qu'il devenait nécessaire de prendre en compte la **complexité** des phénomènes étudiés ou sur lesquels on voulait intervenir.

L'approche systémique est ainsi utilisable à deux niveaux de la recherche scientifique (SCHWARZ 1996) : elle s'avère être un **outil d'analyse** très pertinent pour **comprendre et modéliser** le fonctionnement de l'objet d'étude, mais elle peut également devenir un **outil d'intervention** sur cet objet, « qui tend à utiliser ces modèles pour **concevoir, gérer ou corriger** des systèmes techniques, économiques, sociaux, humains ou écologiques » (SCHWARZ 1996). L'approche systémique devient ainsi une méthode privilégiée de la recherche fondamentale et appliquée, d'autant plus intéressante pour les études qui nécessitent la compréhension globale du fonctionnement d'un phénomène pour ensuite en corriger les dysfonctionnements, types de recherches auxquels appartient la présente étude.

On retiendra finalement que la démarche systémique ne consiste ni à réduire un système à un autre, considéré comme mieux connu, ni à transposer ce que l'on sait d'un niveau de complexité inférieur à un autre niveau, mais à « dégager des invariants, c'est-à-dire des principes généraux, structuraux et fonctionnels, pouvant s'appliquer aussi bien à un système qu'à un autre » (de ROSNAY 1975). C'est pour cette raison que dans la partie empirique de cette étude je m'attacherai à analyser autant la structure que le fonctionnement (relations entre les acteurs) des différents systèmes mis en évidence.

### 3.1.2 Définitions

En raison des multiples remises en question épistémologiques générées par l'approche systémique, il n'est pas possible d'en donner une définition univoque. J'adopte ici une définition proposée par SCHWARZ (1996)<sup>1</sup> :

*« La systémique regroupe les démarches théoriques, méthodologiques et pratiques relatives à l'étude de ce qui est reconnu comme trop complexe pour pouvoir être abordé de façon réductionniste et qui pose des problèmes de frontière, de relations internes et externes, de structures, de loi, ou de propriétés émergentes caractérisant le problème comme tel ou des problèmes de mode d'observation, de représentation, de modélisation ou de simulation d'une totalité complexe. »*

Cette définition relativement large a l'avantage de mettre l'accent sur la globalité méthodologique de l'approche systémique s'appliquant autant aux parties théorique et méthodologique d'une étude qu'à sa mise en oeuvre pratique.

Un **système** peut être défini comme un ensemble d'éléments et d'interactions entre les éléments, organisés en fonction d'un but (de ROSNAY 1975, BRUNET et al. 1993). Un système doit donc être vu comme un tout **organisé et dynamique** (cf. CHEVALLIER 1983). Il se caractérise ainsi autant par des traits structuraux que fonctionnels. Du

<sup>1</sup> Sur la base d'une définition donnée par la Revue Internationale de Systémique (N° 1, 1987).

point de vue **structural**, un système est composé d'éléments (objets, réservoirs) reliés par un réseau de communication et organisés en niveaux hiérarchiques (cf. figure 3.1). Du point de vue **fonctionnel**, il se caractérise par des flux circulant dans le réseau de communication et des « vannes », correspondant aux centres de décision, qui régulent ces flux, des « délais », qui sont les forces de frottement du système (temps de stockage dans les réservoirs, vitesses différentes de circulation des flux) et des **boucles de rétroaction** (de ROSNAY 1975) (cf. fig. 3.2). Les effets cumulés des interactions sont limités par les rétroactions **négatives** qui maintiennent la stabilité du système, alors que les rétroactions **positives** amènent le gonflement (ou la réduction) du système qui finalement explose (ou implose) à la suite d'une réaction en chaîne.

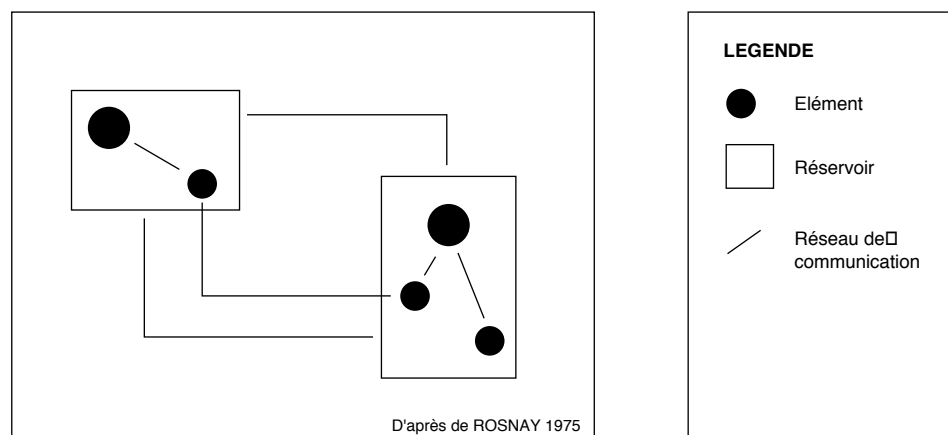


Fig. 3.1 Structure d'un système

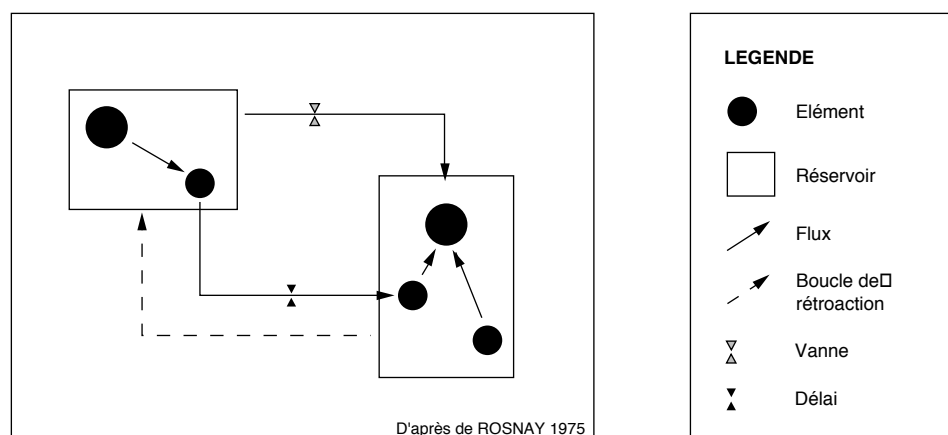


Fig. 3.2 Fonctionnalités d'un système

Le système est dit **ouvert** quand il échange de l'énergie avec son environnement, contrairement au système **fermé** qui, selon le deuxième principe de la thermodynamique évolue vers l'**entropie**. Comme le précise de ROSNAY (1975), dans un système ouvert, l'équilibre résultant des boucles de rétroaction négative, qui peuvent être considérées comme des flux équilibrants, n'est pas statique (au contraire de l'équilibre d'un système fermé), mais **dynamique**, dans la mesure où

le total des flux entrants correspond au total des flux sortants et de ceux circulant dans les boucles de rétroaction négative. Il y a donc un perpétuel renouvellement du contenu du système, qui « apparemment » reste identique à lui-même dans le temps. Un système ouvert qui maintient sa structure et ses fonctions par l'intermédiaire d'une multiplicité d'équilibres dynamiques est dit **homéostatique**. « Un tel système réagit à tout changement provenant de l'environnement, ou à toute perturbation aléatoire, par une série de modifications de grandeur égale et de direction opposée à celles qui lui ont donné naissance : ces modifications ont pour finalité le maintien des équilibres internes » (de ROSNAY 1975). La réaction n'est généralement pas immédiate; le **temps de réaction** dépend du niveau de complexité du système, des phénomènes de stockage, de la résistance au changement des différents éléments du système, ainsi que de l'amplitude et de la direction du changement (CHORLEY & KENNEDY 1971). Ces auteurs montrent que les changements sont de quatre types :

- les changements structurels, qui portent sur des modifications de la structure interne du système et de son degré d'intégration;
- les changements dans l'énergie contenue dans le système et sa distribution (changements sur les flux internes);
- les changements des entrées et/ou des sorties (changements sur les flux de et vers l'extérieur);
- les changements dans le stockage.

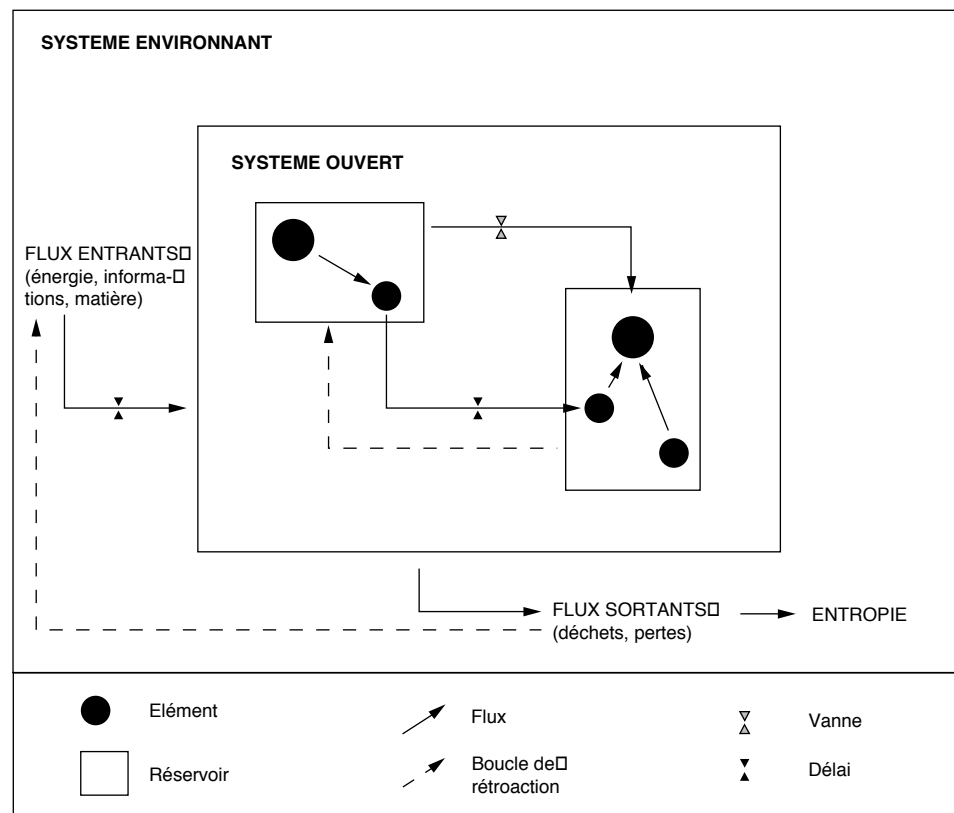


Fig. 3.3 Fonctionnement théorique d'un système ouvert



Chaque système ouvert est lui-même constitué de sous-systèmes interdépendants, reliés par un réseau de causalités, eux-mêmes constitués de sous-sous-systèmes, etc. Inversement, il est intégré dans un ou plusieurs systèmes de plus grande taille. En raison de cette forte intégration, des situations d'**incompatibilités** entre systèmes peuvent survenir. Elles provoquent des **conflits**, sources de changement, qui peuvent conduire à trois types d'issues : le retour à la configuration de départ, à la suite de certains aménagements, la destruction de l'un, de l'autre ou des deux systèmes en conflit ou la métamorphose profonde amenant à un nouveau mode de stabilité dynamique (SCHWARZ 1996).

### 3.1.3 Approche analytique et approche systémique

Des deux chapitres précédents, on retiendra que l'approche systémique ne constitue pas une théorie, mais se veut avant tout une **méthode** d'analyse permettant d'appréhender la réalité de manière globale, d'où l'intérêt de l'adopter dans le cadre de cette étude.

On pourrait être tenté d'opposer systématiquement l'approche analytique et l'approche systémique; en fait, certaines caractéristiques de l'une ou de l'autre approche s'appliquent plus ou moins bien à l'analyse de l'un ou l'autre aspect de la réalité. Dans la perspective d'une gestion globale d'un système, l'approche systémique est toutefois à privilégier, car c'est elle qui permet une **action** raisonnée sur la base de la compréhension du **fonctionnement global** du système. Ce processus d'intervention peut se réaliser en trois phases :

- dans un premier temps, la méthode analytique permet d'identifier les différents éléments du système, ainsi que la structure réticulaire les reliant;
- en second lieu, par une approche systémique, on analyse et caractérise les flux circulant dans les réseaux et donc les relations de causalité ou de hiérarchie entre les différents éléments, c'est-à-dire le fonctionnement du système;
- dans une troisième étape, on peut intervenir sur l'une ou l'autre partie du système (éléments, flux, délais, etc.) dans le but de modifier son fonctionnement.

Dans un système pas trop complexe, les trois étapes peuvent être effectuées de manière qualitative : le chercheur crée un **modèle**<sup>2</sup> conceptuel à partir des deux premières étapes et propose des interventions sur la base de sa connaissance du fonctionnement actuel du système. Si le système étudié est très complexe, la troisième phase doit faire appel à des **simulations** informatiques (approche plus quantitative) qui permettent d'englober toutes les réactions du système à la suite d'une ou de plusieurs modifications de sa structure ou de sa fonctionnalité. Quelle que soit l'approche, qualitative ou quantitative, la création d'un **modèle conceptuel** est impérative. La simulation informatique et/ou mathématique ne constituent que des outils performants à la disposition du chercheur, lui facilitant la tâche en

<sup>2</sup> Par « modèle », j'entends une représentation formalisée et épurée de la réalité à des fins d'explication, de prédiction ou d'action (cf. BRUNET et al. 1993).

permettant des gains de temps importants. Ainsi, la réalité doit être comprise à trois niveaux : le niveau du phénomène lui-même (**la réalité**), celui de l'image mentale que se fait l'observateur (**le modèle**) et finalement sa représentation physique sous forme de **données** (CHEVALLIER 1983).

De nombreuses typologies de modèles ont été proposées. Je retiens ici quatre grandes classes de modèles conceptuels proposées notamment par CHORLEY & KENNEDY (1971), BENNETT & CHORLEY (1978) et WHITE et al. (1992) :

- les **modèles morphologiques** ou structuraux se focalisent sur la représentation de la structure du système étudié; ils visent donc à la compréhension et à l'explication du fonctionnement d'un système. Les relations entre les éléments sont en général mises en évidence au moyen des techniques de corrélation et de régression;
- les **modèles de flux** s'attachent à décrire et quantifier les transferts de matière, d'information, d'énergie à l'intérieur d'un système; lorsque l'on conceptualise les flux reliant plusieurs sous-systèmes, on obtient des modèles en cascade (*cascading systems*);
- les **modèles processuels** (*process-response models*) sont des modèles plus sophistiqués qui intègrent les modèles morphologiques et les modèles en cascade dans le but d'expliquer la dynamique interne d'un système;
- les **modèles contrôlés** (*control systems*) mettent en évidence les mécanismes de contrôle et d'intervention extérieurs au système; on s'attache à montrer quelles sont les actions externes de régulation, où elles agissent (sur quelles « vannes »), qui les actionnent et avec quelle intensité. Tous les systèmes faisant intervenir une action réfléchie de l'Homme devront être conceptualisés au moyen de ce type de modèle.

Il faut noter, à la suite de PRELAZ-DROUZ (1995), que le **processus de modélisation n'est pas neutre**. Il va dépendre de la perception de la réalité que se fait l'observateur. Cette perception va elle-même l'amener à faire des expériences sur les phénomènes réels, à se poser des questions et à élaborer des construits, des représentations de la réalité, en un mot un modèle. Pour une même réalité, plusieurs modèles pourront donc être créés, qui auront un contenu empirique qui variera selon l'observateur.

PRELAZ-DROUZ (1995) propose donc, avant de passer au troisième niveau d'appréhension de la réalité, celui de son élaboration sous forme de données, de synthétiser les différentes images mentales que les acteurs se font de la réalité (qui correspondent en quelque sorte à l'expression de leurs besoins) en un méga-modèle qu'il appelle la représentation systémique du territoire (RST) et qu'il définit de la manière suivante :

*« La représentation systémique du territoire est une reproduction du territoire qui est basée sur l'identification de l'ensemble des phénomènes qui le composent et de leurs relations, qui en donne*

*une définition et une description adaptées aux exigences d'une approche interdisciplinaire, qui prend en compte leur évolution temporelle et les causalités associées et qui évite les redondances et les incohérences propres à la juxtaposition des visions sectorielles de chaque discipline ».*

Cet auteur a travaillé sur l'apport de la systémique aux systèmes d'information et de gestion du territoire. C'est pourquoi, il parle de « représentation systémique du territoire ». Pour les autres domaines, on peut par analogie parler plus globalement de « **représentation systémique de la réalité** ».

Voyons maintenant ce que l'approche systémique peut apporter plus spécifiquement à la gestion des ressources en eau.

### 3.1.4 Approche systémique et gestion des ressources en eau

L'adoption d'une telle approche a été recommandée autant par la **Conférence internationale sur l'eau et l'environnement** qui s'est tenue à Dublin en janvier 1992 et qui insistait sur la mise en oeuvre d'une telle approche aux niveaux **local, national et international**, que par la **Conférence des Nations Unies sur l'environnement** tenue en juin de la même année à Rio de Janeiro et qui déclarait que « la gestion holistique de l'eau douce en tant que ressource limitée et vulnérable et l'intégration des plans et programmes sectoriels relatifs à l'eau dans le cadre de la politique économique et sociale des pays sont d'une importance primordiale pour les actions à engager dans les années 90 et au-delà » (cf. TIEN DUC 1994).

Comme je l'ai esquissé dans le chapitre introductif, cette gestion doit être intégrée dans un projet de développement de l'ensemble des activités touristiques en montagne, elles-mêmes intégrées dans un projet de développement durable, tenant compte à la fois des caractéristiques naturelles propres aux milieux montagnards et des attentes de développement économique et social des populations implantées dans ces milieux. On voit donc très bien se dessiner une **trame de systèmes emboîtés et/ou entrecroisés** interagissant entre eux :

- Le **système naturel** constitue la toile de fond sur laquelle viennent se greffer d'autres systèmes produits par l'homme. Il comprend divers sous-systèmes interconnectés qui sont la biosphère, la lithosphère, l'hydrosphère, la cryosphère et l'atmosphère;
- Le **système social** est représenté par l'ensemble des populations des régions de montagne et de leurs activités. Il s'agit d'un système global, lui-même constitué de trois systèmes étroitement connectés et traduisant une facette d'une même réalité, la réalité sociale du lieu. Ce sont les systèmes économique, culturel et politico-administratif;
- Le **système économique** est caractérisé par un ensemble d'activités de production et de services, dont certaines sont spécifiquement orientées vers la satisfaction des attentes des

touristes (ex. services touristiques) et d'autres beaucoup moins (ex. production hydroélectrique, industrie);

- Le **système culturel** regroupe les attentes, la formation, les intérêts, la symbolique, les valeurs et les idéologies des différents groupes sociaux, mais également des individus pris séparément;
- Le **système politico-administratif** est constitué par les structures administratives et politiques qui canalisent le développement des activités économiques et sociales, tout comme les interventions sur le système naturel;
- Le **système** que j'appelle **technique et infrastructurel** est constitué par l'ensemble des réseaux (communication, transport, télécommunications) et des infrastructures qui permettent le développement des activités sociales et économiques. Ce système recoupe en partie le système spatial, tel que considéré par CUNHA (1993).

Cette énumération de systèmes n'est bien sûr pas exhaustive, car les distinctions entre systèmes sont des productions du cerveau humain et dépendent en partie de l'échelle d'analyse. En effet, à l'intérieur du système politico-administratif on peut par exemple mettre en évidence un système administratif dépendant d'un système politique, qui peut lui-même être divisé en système législatif, exécutif et judiciaire, etc. Et on pourrait multiplier à l'envi les exemples. Ainsi, autant le découpage des frontières des différents systèmes que le choix des niveaux d'organisation et la sélection des relations ne sont pas des données objectives (de MONTGOLFIER & NATALI 1987); ils résultent tous de choix opérés consciemment ou inconsciemment par le chercheur. Cette division de la réalité en différents systèmes ne doit donc pas être considérée comme une démarche de catégorisation, mais comme une démarche cognitive permettant d'en étudier le fonctionnement global pour ensuite pouvoir intervenir en connaissance de cause.

Au vu de la présentation faite ci-dessous de la montagne alpine comme espace naturel fortement anthropisé en différentes phases aux objectifs parfois antagonistes et au vu de la présentation théorique de l'approche systémique considérée comme une méthode d'analyse et d'intervention sur la réalité étudiée, il me semble que le point de vue systémique constitue un outil tout à fait approprié pour étudier la question de la gestion de l'eau dans un environnement montagnard anthropisé. En effet, ce que je vais appeler par la suite le « **système Eau** », touche autant à l'environnement physique (les ressources hydriques) qu'aux systèmes social et économique (usages et utilisations de l'eau par différents acteurs), technique (le transit, le stockage et la distribution de l'eau sont conditionnés par la présence d'un réseau d'infrastructures permettant ces opérations), politico-administratif (dans la mesure où la production législative et la structuration politico-administrative du territoire<sup>3</sup> influent sur la disponibilité de la ressource hydrique pour les

---

<sup>3</sup> RAFFESTIN (1992) considère que le territoire est un espace donné (ou naturel) produit par l'Homme, c'est-à-dire que l'Homme y intervient en projetant du travail, défini comme une combinaison d'énergie et d'information. Pour BRUNET et al. (1993), le territoire correspond ainsi à un espace géographique « approprié, avec sentiment ou conscience de son appropriation ». Il en résulte, pour un même espace géographique, toute une série de territoires différents identifiables selon la projection que se font sur cet espace les structures spécifiques des

différents usagers) et culturel (l'eau ayant une certaine symbolique qui va dicter le comportement des acteurs). La gestion intégrée et patrimoniale des ressources en eau telle que présentée ci-dessous constitue à mes yeux également un système, intégré dans le système Eau et interagissant avec les systèmes technique et politico-administratif. De par cette multiple appartenance, il me semble que l'on peut considérer le système Eau comme un **système transverse** touchant aux différents autres systèmes. La figure 3.4 présente ces différentes interactions.

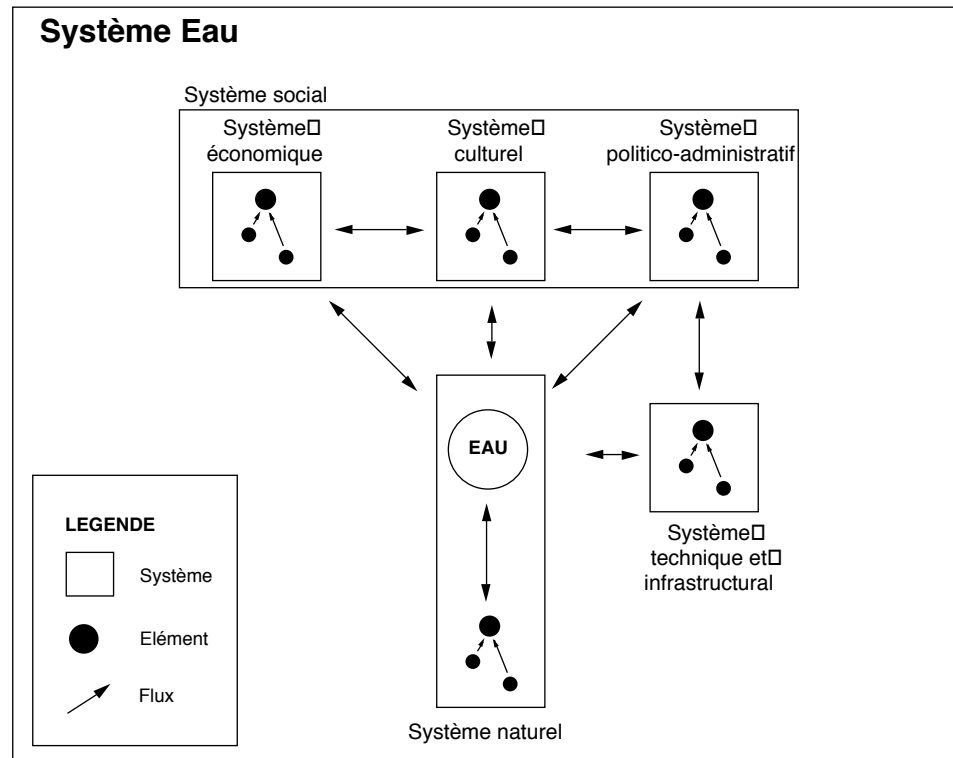


Fig. 3.4 Structure et fonctionnement du système Eau.

Il apparaît clairement que dans l'environnement étudié, le système Eau est un système de type **contrôlé** : situé à l'interface entre le système humain (synthèse des systèmes social et technique) et le système naturel, il va pouvoir être contrôlé par l'action humaine. Celle-ci se manifeste principalement sous deux formes (BENNETT & CHORLEY 1978) : la **gestion environnementale** est à considérer comme une **manipulation raisonnée** des rééquilibres internes du système environnemental, dans le but de maximiser sa productivité tout en minimisant les effets négatifs (cf. BARROW 1995), tels que la pollution ou la réduction de la biodiversité, alors que l'**aménagement du territoire** planifie l'organisation spatiale des activités, des infrastructures et de l'usage des ressources naturelles (cf. BRIDEL 1996).

Ces deux formes d'interventionnisme humain sur le système naturel sont l'expression d'une vision **anthropocentrique** de la relation Homme-Nature (cf. FERRY 1992, BARROW 1995). Comme mentionné plus haut,

divers groupes humaines (PRELAZ-DROUZ 1995). Dans cette étude, je considère le mot « territoire » dans le sens d'« espace approprié par un Etat politique et sa population » (ex. territoire communal).

le système naturel y est vu comme une toile de fond sur laquelle viennent se développer les activités humaines. L'Homme n'est pas partie intégrante de la Nature, mais y participe partiellement pour en tirer ses propres avantages. Inversement, on peut aussi considérer l'Homme et ses activités comme un sous-système d'un macro-système naturel dans lequel il se fondrait totalement en symbiose avec les autres éléments de la nature (hydrosphère, écosystèmes, etc.). Cette vision **écocentrique** ne soutiendra pas mon analyse, dans la mesure où je pense qu'elle ne permet pas de résoudre les problèmes posés par la gestion des ressources hydriques aux échelles spatiale (échelle du bassin versant à la région) et temporelle (de l'ordre de l'année à la dizaine d'années) choisies. Je considère en effet qu'à ces échelles, le développement des activités humaines prime sur une préservation **absolue** des équilibres actuels du système naturel. Il s'agit bien sûr d'un choix idéologique qui mérite toutefois d'être posé clairement, car il influencera fortement le déroulement de l'analyse. Il n'en demeure pas moins que certaines sections de mon étude feront appel à cette vision du monde non anthropocentrique. Il s'agit principalement des questions touchant au système climatique : en effet, dans ce cas, les changements à l'échelle planétaire ont des conséquences très concrètes sur le système climatique régional et donc sur le développement des activités socio-économiques.

Du point de vue méthodologique, sur la base de la démarche présentée au chap. 3.1.3, je vais tout d'abord « décortiquer » de manière analytique la structure des différents systèmes mentionnés ci-dessus, sans trop m'occuper des interactions possibles avec les autres systèmes (chap. 5 et 6), puis j'analyserai les relations qui les fédèrent, ainsi que les complémentarités, les antagonismes, voire les conflits existants entre ces différents systèmes (chap. 7) pour déboucher sur l'aspect opérationnel, à savoir l'action sur les systèmes dans le but d'en améliorer le fonctionnement (chap. 8). Mais il faut tout d'abord définir le concept de « gestion des ressources en eau ». C'est l'objet du chapitre suivant.

## 3.2 Gestion patrimoniale et intégrée des ressources en eau : définition du concept

---

### 3.2.1 Le concept de « ressources en eau »

PILLET (1993) remarque que l'étymologie du terme « ressources » a une connotation économique très forte. A l'origine (XVI<sup>e</sup> siècle), le terme a un sens strictement pécuniaire, puis par glissement sémantique il prend le sens de « richesses possédées ». Ce n'est qu'au XX<sup>e</sup> siècle qu'il va désigner également les richesses du sol et du sous-sol (ressources naturelles).

Les ressources en eau constituent donc la part « eau » du système naturel, **appropriée** par l'homme par le biais d'un acte **politique** ou **économique**. Il s'agit en effet d'un bien économique qui a des caractéristiques propres dans la mesure où, si le concept de rareté est central dans l'évaluation de son prix, il est souvent difficile de monétariser ce prix (PILLET 1993) et la loi de l'offre et de la demande ne joue pas librement, car tous les consommateurs ne peuvent pas exercer un choix totalement libre (VALIRON 1995). Certains usages de l'eau peuvent être traduits assez facilement en termes financiers : la consommation d'eau potable ou la production hydroélectrique en sont des exemples. Il est par contre très difficile d'évaluer en termes de valeur marchande la beauté esthétique d'un lac ou l'impact des apports hydriques sur l'évolution d'un biotope humide. **Il est par conséquent réducteur de limiter la question de la gestion des ressources en eau à une approche purement financière.** C'est là toute la différence entre les concepts de ressource « techniquement et économiquement disponible » et « écologiquement et économiquement disponible » (PILLET & BARANZINI 1993). Dans le premier cas, l'eau est répartie entre les utilisateurs selon des critères purement économiques; les seules restrictions résultent des coûts techniques de prise en charge et de distribution de la ressource. Dans le second cas, une partie de la ressource n'est pas assimilée au circuit économique pour des raisons politiques.

Comme elle est organisée sous forme de cycle (cf. chap. 5.1), la ressource en eau est une **ressource-flux** (s'opposant aux **ressources-stocks**), disponible périodiquement (PILLET 1993). On peut en prélever une partie sans qu'à vue humaine on n'en oublie la source. Les prélèvements peuvent toutefois diminuer les stocks s'ils sont supérieurs au taux de renouvellement. Pour cette raison TIETENBERG (1992) parle de **ressource renouvelable, mais épuisable**. MATHER & CHAPMAN (1995) montrent que ce concept d'« épuisabilité » s'applique principalement à l'aspect qualitatif. En termes quantitatifs, l'eau est une ressource renouvelable; en termes qualitatifs, elle peut par contre prendre l'aspect d'une ressource-stock et s'épuiser, la qualité n'étant plus suffisante pour satisfaire les besoins humains.

### 3.2.2 Les questions de la rareté et de la pénurie

Une question centrale de la gestion des ressources naturelles est celle de la **rareté**. En effet, plus une ressource est rare, plus les options de gestion devront être prises avec précaution afin de la préserver ou de mettre le mieux à profit son utilisation.

On distingue une rareté absolue et relative. La rareté est **absolue** quand les quantités physiques d'une ressource ne suffisent pas à satisfaire la demande. Un exemple de ce type de rareté est donné par les faibles quantités de précipitations tombant sur certaines régions du Sahel ne permettant pas un développement suffisant des cultures. La rareté est par contre **relative** lorsque les quantités physiques de la ressource sont suffisantes pour satisfaire la demande, mais que des problèmes perturbent la qualité de sa mise en valeur (MATHER & CHAPMAN 1995). Ces entraves peuvent être d'ordre politique (ex. une ressource est disponible dans un pays mais pas dans d'autres), financier, technique (ex. le savoir-faire n'est pas suffisant pour mettre en valeur une ressource), culturel, etc. Dans le cas de l'eau dans un environnement montagnard alpin, on se situe clairement dans le domaine de la rareté relative. L'eau n'y est pas un bien rare en absolu; par contre, des situations de rareté relative peuvent se poser. C'est cette question de rareté relative que j'étudierai.

Le concept de **pénurie** est d'une certaine manière lié à celui de rareté. Il y a pénurie lorsque la ressource ne satisfait plus la demande, en qualité ou en quantité. Le concept de pénurie s'applique autant à un contexte de rareté absolue que relative. MOOR (1994) précise qu'« administrer la pénurie, c'est répartir ce qui n'est plus à disposition infiniment, ce qui n'existe plus que de manière limitée : **choisir et par conséquent renoncer** ». Il faut donc faire des choix, coordonner les actions sur la ressource, empêcher certains actes « gaspilleurs » pour favoriser d'autres plus économes, en d'autres termes « gérer la pénurie ». Voyons donc ce qu'on entend par « gestion ».

### 3.2.3 Le concept de « gestion des ressources en eau »

Au sens strict du terme, le mot « gestion » signifie « administration des biens d'un tiers par son représentant ». Sont donc regroupées dans ce concept, les idées d'organisation et de mandat. Dans la problématique qui m'occupe, cela est bien le cas, puisque l'eau est un bien commun dont l'administration est généralement confiée à un ou plusieurs représentants, privés ou publics (administration publique locale ou nationale, agence régionale, sociétés privées...). Les biens sont constitués par les ressources naturelles, superficielles ou souterraines (offre) et la demande est assurée par les différents types d'utilisateurs, le tout formant un système que l'on pourrait représenter dans un premier temps de la manière suivante :



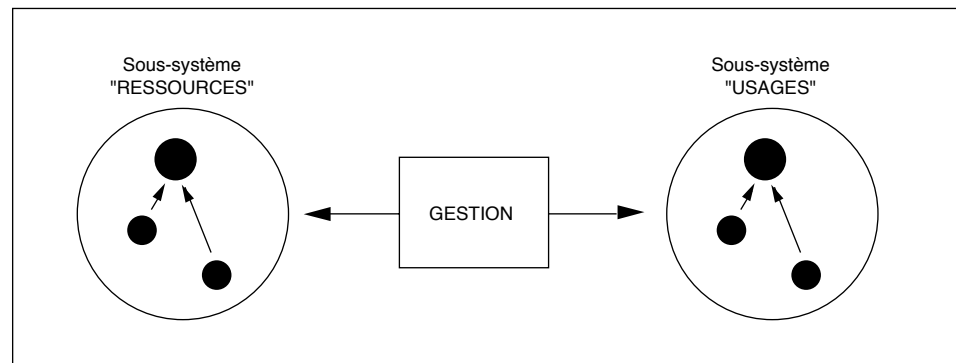


Fig. 3.5 Structure simplifiée d'un système de gestion des ressources en eau

Les acteurs de la gestion se distinguent en trois types : les **propriétaires**, les **utilisateurs** et les **gestionnaires**, certains acteurs se retrouvant dans les trois catégories (ex. les communes). La réalité est souvent très complexe, puisque cette gestion n'est la plupart du temps pas assurée par un seul organisme, mais par plusieurs acteurs, et qu'elle voit donc souvent s'affronter des intérêts divergents de la part des :

- différents organismes de l'administration (aménagement du territoire, protection de l'environnement, forces hydrauliques...);
- différents niveaux politico-administratifs (administration locale, régionale, nationale, internationale);
- acteurs privés, semi-publics (sociétés hydroélectriques, etc.) et publics;
- organismes représentant les différents utilisateurs de l'eau (eau potable, agricole, industrielle, touristique, etc.) et chargés de soutenir leurs intérêts.

La gestion des ressources en eau doit par conséquent tenir compte de ces différents intérêts et résulter d'un consensus ou d'une compensation entre les divers acteurs en présence. Le modèle de gestion que je me propose d'adopter est à la fois **intégré** et **patrimonial**.

### 3.2.4 Le concept de « gestion intégrée »

Le concept de « gestion intégrée » ajoute au concept de « gestion de l'eau » les notions d'organisation, d'interdépendance, de hiérarchisation, de coordination et d'intégration. Il met donc l'accent sur l'aspect **structurel** du système Eau. Ce dernier n'est en effet plus considéré comme un système simple à trois composantes (ressources-usages-gestion). En effet, chacune de ces trois composantes montre une organisation et une hiérarchisation interne complexe. Le sous-système « ressources » est composé de plusieurs éléments (le climat, la géologie, les différentes qualités d'eau, etc.), tout comme les sous-systèmes « usages » et « gestion ». De même, les relations qui lient ces trois sous-systèmes ne sont pas aussi simples que sur la figure 3.5. Une certaine hiérarchisation se profile, qu'il s'agira de mettre en évidence.

Une **gestion intégrée de l'eau** doit tendre à la fois à une intégration que l'on pourrait appeler **horizontale** des ressources (offre), des utilisations

(demande) et des acteurs de la gestion, et à une intégration **verticale** des différentes échelles de gestion (de locale à internationale)<sup>4</sup>. Ce doit être « un processus continu, volontariste, autorégulé, planifié sur le long terme et adaptatif sur le court terme » qui nécessite une coordination à partir d'objectifs et d'orientations clairs, prévoyant « une procédure d'évolution souple et évolutive pour le choix des actions et des moyens » (WASSON 1992). Une gestion de ce type a pour objectif de passer d'une « politique de cueillette où chaque usager tire sur le milieu naturel à sa guise » à une politique volontariste « limitant les concurrences entre les divers usagers en préservant au maximum le milieu naturel et l'environnement à un coût minimum pour la collectivité » (VALIRON 1990). Le schéma de la figure 3.6 représente ce double processus d'intégration.

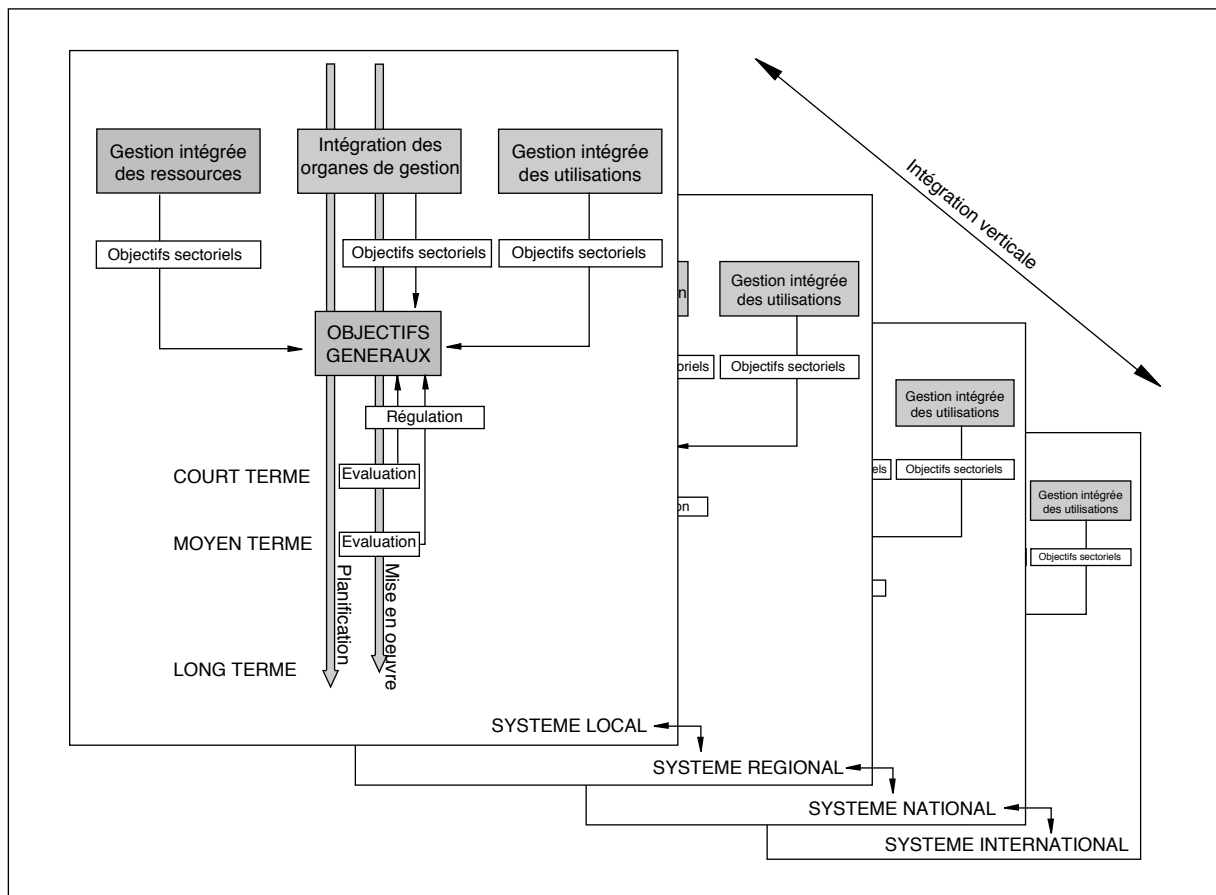


Fig. 3.6 Double processus d'intégration « verticale » et « horizontale » de la gestion des ressources en eau.

<sup>4</sup> Certains auteurs parlent de « gestion intégrale » pour exprimer l'intégration des acteurs et des usages et limitent le terme de « gestion intégrée » à l'intégration du système de gestion dans un plus grand système. Pour ma part, je qualifie les deux concepts de « gestion intégrée », en y ajoutant les qualificatifs « vertical » pour l'intégration dans un plus grand système et « horizontal » pour l'intégration des acteurs et des usages.

### 3.2.5 Le concept de « gestion patrimoniale »

Le concept de « gestion patrimoniale » précise encore le concept initial en y ajoutant la notion de « bien commun ». Je reprends ce concept à de MONTGOLFIER & NATALI (1987) qui proposent ces deux définitions du terme « patrimoine » :

- la première, de nature plutôt économique : « un patrimoine est un bien susceptible (moyennant une gestion adéquate) de conserver dans le futur des potentialités d'adaptation à des usages non prévisibles dans le présent »;
- la seconde, de type socio-politique : « un patrimoine est un ensemble d'éléments matériels et immatériels qui concourent à sauvegarder l'autonomie et l'identité de leur titulaire et son adaptation au cours du temps dans un univers variant ».

Ces deux facettes de la notion de patrimoine ne sont pas antinomiques. La première est plus proche de la signification originelle du terme (« ce qui est transmis par le père ») et, à la suite d'un glissement sémantique de la notion de « bien familial » (ou d'héritage) à celle de « bien collectif » au cours du XVIII<sup>e</sup> siècle (SÖDERSTRÖM 1994), privilégie une approche économique. La seconde considère l'eau comme une valeur culturelle ou morale à protéger et à conserver. En matière d'urbanisme, où le concept de patrimoine est très utilisé, c'est plutôt la seconde acception qui est privilégiée, le patrimoine étant vu comme « un ensemble d'objets matériels - mais aussi, et de plus en plus, d'objets immatériels (le savoir-faire artisanal par exemple - perçus comme appartenant à l'ensemble d'une collectivité » (SÖDERSTRÖM 1994). Bien que dans mon étude, la notion de gestion patrimoniale couvrira plutôt le sens de « bien commun à gérer sur le long terme », la seconde approche ne sera pas pour autant absente, notamment dans les questions relatives à la valeur paysagère de l'eau. Dans tous les cas, les deux définitions renvoient au concept de durabilité : **que l'on considère sa valeur économique ou sa valeur culturelle, l'eau doit être gérée de telle sorte qu'elle reste toujours disponible pour les générations futures.**

Le type de gestion proposé couvre ce que de MONTGOLFIER & NATALI (1987) appellent « l'aménagement rationnel de la ressource » et a pour but principal de préserver la ressource sur le **long terme**. En ce sens, il s'oppose clairement à une exploitation de type minier qui, au contraire, vise à maximiser les profits économiques sans tenir compte des impacts quantitatifs et qualitatifs sur la ressource. Il se différencie également d'une exploitation extensive dans la mesure où il nécessite une intervention d'un organe gestionnaire qui canalise les diverses utilisations dans le but de maintenir l'offre dans certaines limites. Au contraire, une situation de prélèvements extensifs préserve la ressource de manière « naturelle » sans intervention gestionnaire.

De MONTGOLFIER & NATALI (1987) montrent que ce type de gestion patrimoniale est généralement le résultat d'une évolution en trois étapes. Dans un premier temps, les ressources naturelles ont été exploitées sur un mode **autarcique-unitaire**, c'est-à-dire que le milieu est exploité de manière extensive par de petites communautés qui en tirent toutes leurs ressources. Le mode **ouvert-parcellisé** constitue la seconde phase et

caractérise le mode d'exploitation des sociétés entretenant entre elles des rapports commerciaux. Certaines portions du système naturel produisent des ressources qui peuvent être utilisées ailleurs, dans divers systèmes sociétaux. Les flux qui relient ces différents systèmes constituent des flux commerciaux. Le mode d'exploitation correspondant à une gestion de type global constitue la troisième phase, que ces deux auteurs qualifient d'**ouvert-unitaire**. Les flux commerciaux existent, mais les prélèvements dans le système naturel sont gérés de manière intégrée.

Dans la première phase, des phénomènes de surexploitation peuvent survenir, car il n'y a pas de gestion rationnelle. Ce fut notamment le cas des forêts alpines entre le XVIIe et le XIXe siècle. Il peut alors être tentant de confier la gestion du système naturel à un seul acteur (**gestion mono-acteur**), par exemple l'État. Ce type de gestion, adéquat lorsque les objectifs à long terme sont clairs (ex. reforestation), faillit généralement lorsque le système à gérer est complexe et donc les objectifs de gestion difficiles à cerner. Il induit de plus des phénomènes de **démobilisation** de la part des autres acteurs. Il faut alors passer à un mode de gestion qui sensibilise tous les acteurs, ce que ces deux auteurs appellent la « gestion patrimoniale en bien commun ».

C'est pour cette raison qu'ils distinguent les concepts de gestion **collective** et **patrimoniale**. Dans le premier cas, c'est une personne morale qui « a tous les attributs de la décision [...] qui lui ont été délégués dans le cadre des lois régissant l'appropriation privée et publique ». Dans le cas d'une gestion patrimoniale en bien commun, les pouvoirs de décision sont aux mains d'un ensemble de plusieurs unités de décision, qui comprennent autant des acteurs individuels que collectifs et qui « appliquent des règles **négociées** de comportement vis-à-vis d'un même patrimoine global ».

### 3.2.6 Gestion institutionnelle des ressources en eau

J'ai jusqu'ici traité du concept de gestion en termes globaux, indépendamment de toute contrainte institutionnelle. Or, il est clair que tout système de gestion s'inscrit dans un cadre institutionnel plus ou moins centralisé, plus ou moins dirigiste, plus ou moins libéral, etc. Cette question de **l'institutionnalisation de la gestion des ressources naturelles** a très bien été étudiée par OSTRUM (1990), qui distingue trois modèles principaux et analyse leur incidence sur la préservation à long terme de la ressource.

Le premier modèle recommande de confier le contrôle de la gestion des ressources naturelles à l'**État**. Il s'agit d'un modèle de type centralisé, basé presque essentiellement sur une administration de police (voir ci-dessous) et qui confie les leviers de la gestion à un acteur extérieur au système. En effet, l'État n'exploite pas directement la ressource, mais c'est lui qui prend les décisions de gestion, qui oriente donc l'exploitation. Ce système suppose une très bonne gestion de l'information. Sans cela, les décisions centrales ne pourront pas être prises de manière rationnelle.

Le second modèle est celui de la **privatisation**. C'est un système qui tend à diviser la ressource entre plusieurs propriétaires privés, chargés de la faire fructifier. Tout comme le modèle étatique, ce type de gestion suppose que les changements institutionnels viennent de l'extérieur du système (loi de l'offre et de la demande) et soient imposés aux acteurs chargés de la gestion. Selon OSTROM (1990), ce mode de gestion peut fonctionner pour des ressources de type statique (ex. forêt); il est par contre difficile à mettre en oeuvre pour des ressources de type dynamique (ex. eau, pêche), en raison de la difficulté de définir les limites de la propriété.

Le troisième modèle, celui qu'OSTROM (1990) pense être le plus adéquat dans la perspective d'une gestion durable des ressources naturelles à l'échelle locale, est **un modèle endogène dans lequel les usagers de la ressource fixent eux-mêmes les règles de gestion aptes à assurer la durabilité du système** (*self-governing institutions*). Le contrôle n'est plus externe, par l'Etat (modèle 1) ou par le marché (modèle 2), mais interne au système, par les usagers eux-mêmes. Les consortages d'alpage ou d'irrigation, dont OSTROM (1990) analyse différents cas dans diverses parties du monde, sont des exemples de gestion basée sur ce troisième modèle. Les principaux problèmes de mise en oeuvre de ce type de modèle résident dans la difficulté de créer des règles qui soient admises par tous les usagers, celles-ci n'étant pas imposées depuis le dehors, mais devant résulter d'un consensus à l'intérieur même du système.

Dans le système étudié (stations touristiques de montagne), nous verrons que les trois modèles sont présents.

### 3.2.7 Les concepts de « gestion effective » et de « gestion intentionnelle »

Il me faut, à ce stade, distinguer à la suite de MERMET (1992) entre gestion **effective** et gestion **intentionnelle**. Tous les concepts présentés ci-dessus se rapportent à des pratiques de gestion intentionnelle : il s'agit d'un ensemble de pratiques et d'initiatives entreprises par un ou plusieurs acteurs dans le but d'orienter l'évolution du système naturel ou du système Eau dans un certain sens. Mais même sans ces initiatives le système naturel anthropisé est géré : il s'agit là d'une gestion « effective » qui résulte de la somme des comportements individuels et collectifs. Dans ce sens, les rejets polluants constituent un acte de gestion au même titre que la construction d'une station d'épuration. Il y a donc gestion, même s'il n'y a pas maîtrise de l'évolution du système naturel. Dans la suite de l'exposé, le terme « gestion » s'appliquera aux pratiques intentionnelles. Je parlerai de gestion effective ou de **gestion de fait** dans les autres cas.

### 3.2.8 Les acteurs et leurs logiques

Que l'on soit dans une situation de gestion de fait ou de gestion intentionnelle, la gestion est la résultante du comportement d'une série d'acteurs, individuels ou collectifs, qui se différencient les uns des autres par une « histoire », par un rapport à l'objet à gérer, un état ou une structure interne, un degré de connaissance ou de formation, une vision du monde, un système de valeurs, etc. différents. Leur manière de gérer va donc varier fortement en fonction de ces différences. C'est ce qu'on appelle les **logiques d'acteurs** (cf. MERMET 1992). Il faut garder à l'esprit l'idée que l'homme et les organisations qu'il crée ont un **comportement rationnel limité** (CROZIER & FRIEDBERG 1977). Leur stratégie est souvent peu claire. Comme le souligne BETHEMONT (1977), il est indispensable de prendre en compte ces facteurs qualitatifs, certes difficilement quantifiables, mais « susceptibles d'infléchir fortement les principes objectifs d'une gestion de l'eau ». Une prise en compte de ces facteurs permet de mettre en évidence les dysfonctionnements liés à ce que BETHEMONT (1977) appelle « la suprématie des priorités de fait sur une réelle concertation des utilisations ».

Il s'agit donc pour le chercheur d'identifier les acteurs, puis d'analyser leurs logiques d'action. La notion de « logique d'acteur » est ambiguë (MERMET 1992) car elle peut désigner autant le raisonnement par lequel un acteur justifie sa position a posteriori (justification rhétorique) que l'action réfléchie, les valeurs et les jugements implicites qui déterminent les choix de l'acteur, même si celui-ci n'en est pas conscient. Il s'agit donc de cerner les différents niveaux de logique, car très souvent ils guident les jeux de pouvoir entre les acteurs.

Mais qui sont-ils, les acteurs de la gestion ? Ils sont bien entendu multiples et il ne serait pas pertinent de les énumérer tous à ce stade de l'étude. Il s'agit plutôt de cerner quels sont les grands groupes d'acteurs en présence, en m'appuyant sur deux modèles proposés récemment.

Pour l'analyse des relations en matière de politique environnementale, KNOEPFEL (1995) propose le modèle du « **triangle de fer** » des acteurs de la politique environnementale. Il distingue trois groupes : les entreprises économiques polluantes (le groupe-cible des politiques environnementales), l'Etat et les associations de protection de l'environnement. On peut reprendre ce modèle pour la gestion des ressources environnementales en le modifiant quelque peu.

Le premier groupe d'acteurs est celui des **exploitants de la ressource**, autant en qualité qu'en quantité. Ce groupe d'acteurs est guidé principalement par l'exigence de la rentabilité économique. Dans le cas des stations touristiques de montagne, on verra que ce groupe est lui-même composé de sous-groupes aux intérêts divergents (sociétés hydroélectriques, sociétés de remontées mécaniques (production de neige artificielle), producteurs d'eaux minérales, exploitants de centres thermaux, irrigants, services chargés de l'approvisionnement en eau potable, etc.). Il faut noter que ce groupe est composé d'acteurs autant privés que publics, individuels que collectifs.

L'**Etat** constitue également un groupe d'acteurs complexe. D'une part, il apparaît à différentes échelles, locale, cantonale et fédérale. D'autre part, il ne forme pas un acteur monolithique mais, comme le relève MOOR (1994), « se fragmente autant que l'intérêt public lui-même ». Il y a en effet à l'intérieur de l'administration autant de tendances politiques que dans la société civile. MOOR (1994) rappelle de plus que les manières actuelles d'administrer sont le résultat d'un processus d'évolution historique depuis l'émergence des Etats modernes au milieu du XIXe siècle. Actuellement se superposent ainsi une **administration de police**, dont l'objectif est la défense de l'ordre public (ex. police des eaux), une **administration de prestation**, qui est apparue dans un deuxième temps (les activités de canalisation des cours d'eau peuvent entrer dans cette catégorie) et finalement une **administration de gestion**, qui s'est fortement développée depuis les années 60, lorsqu'il est apparu que des ressources comme l'espace, l'air, l'eau, le silence, le paysage se trouvaient en situation de pénurie et nécessitaient donc une gestion collective. L'administration en matière d'aménagement du territoire et de protection de l'environnement appartient à cette dernière catégorie.

Le troisième sommet du triangle est constitué par les **groupes de pression**. Très souvent, ils ont pour objectif la protection de la ressource et sont constitués par les associations de protection de l'environnement. On peut leur adjoindre les touristes qui, par leur demande en paysages préservés par exemple, constituent également un groupe de pression pour une certaine protection des eaux<sup>5</sup>. Les pêcheurs vont en général dans le même sens.

JOERIN (1998), qui reprend les travaux de MAYSTRE et al. (1994), propose une autre typologie, dont les deux acteurs principaux sont **l'Homme d'étude et le décideur**. Le premier est l'analyste, c'est-à-dire la personne, ou le groupe de personnes, qui prend en charge l'aide à la décision. C'est lui qui est chargé d'identifier les acteurs, de proposer des modèles d'aide à la décision et de faire des propositions de gestion sur la base de ces modèles. Le décideur est quant à lui celui à qui s'adresse l'aide à la décision. Il s'agit souvent d'un ensemble complexe d'acteurs qui doivent négocier pour décider.

Sur la base de ces deux approches, j'établis une typologie grossière des acteurs en présence dans un système de gestion de l'eau dans une station touristique de montagne (fig. 3.7). Je distingue quatre grands groupes d'acteurs : les exploitants de la ressource, l'Etat<sup>6</sup>, les groupes de pression et les analystes (« Homme d'étude »). Les deux premiers forment un méga-groupe de décideurs.

---

<sup>5</sup> L'acteur-touriste a toutefois un comportement assez complexe. D'une part, il demande un environnement aussi préservé que possible sur son lieu de vacances et d'autre part, il attend également un niveau d'équipement et de confort élevé de la part des stations qu'il fréquente, d'où deux logiques d'acteurs assez paradoxales.

<sup>6</sup> On remarquera que l'Etat est également un exploitant de la ressource (ex. communes chargées de l'approvisionnement en eau potable).

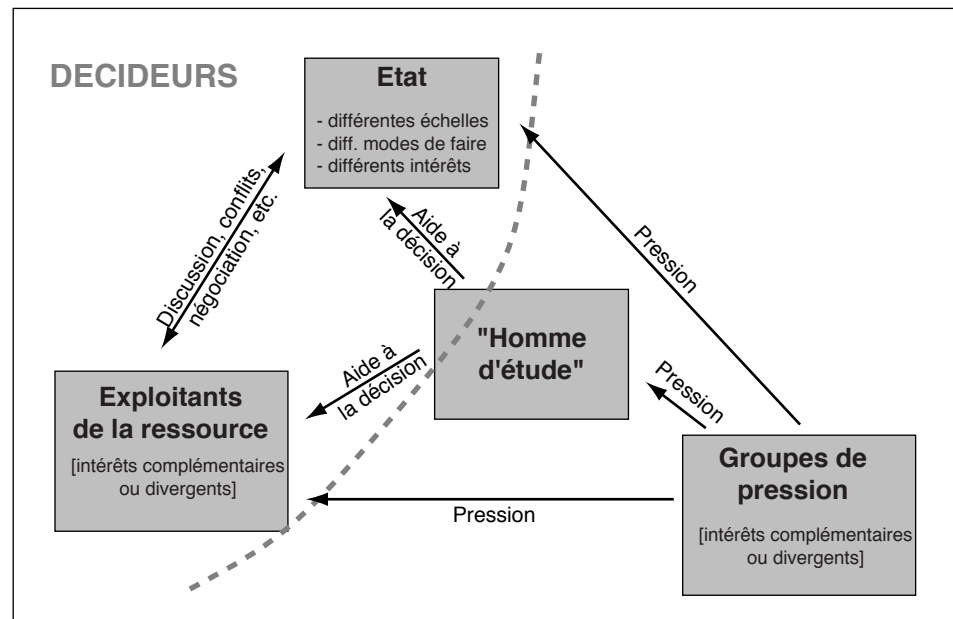


Fig. 3.7 Les groupes d'acteurs d'un système de gestion des ressources en eau dans les stations touristiques de montagne.

Si on étudie les comportements des deux grands groupes de décideurs, les acteurs économiques et l'Etat, on s'aperçoit qu'ils doivent souvent coopérer pour que leurs décisions satisfassent leurs différents intérêts, mais également ceux des divers groupes de pression. Ils doivent négocier. C'est ce que j'étudie ci-dessous.

### 3.2.9 La question de la négociation

La phase opérationnelle d'une gestion de type systémique nécessite la collaboration des différents acteurs impliqués dans la gestion. Autant la notion d'intégration que celle de gestion patrimoniale impliquent la mise en oeuvre de pratiques de **coordination**, car elles sont toutes deux basées sur les **relations** entre les éléments du système Eau. Les démarches de type participatif faisant appel à des procédures consensuelles et/ou contractuelles doivent être privilégiées (MARGAT 1992b). Elles reposent sur un instrument indispensable, la **négociation**, qui « consiste à rechercher pacifiquement un accord avec les intervenants concernés, dont les intérêts sont effectivement ou potentiellement opposés » (METTAN 1992). Selon de MONTGOLFIER & NATALI (1987), elle nécessite trois exigences fondamentales :

- un **langage commun**, qui ne peut résulter que d'une connaissance par les différents acteurs « des interdépendances entre les comportements des acteurs et l'état qui en résulte pour le patrimoine », - ce qui suppose un gros effort de vulgarisation scientifique pour que **tous** les acteurs puissent acquérir ce langage commun -, d'une prise de conscience des offres et des demandes de chacun des acteurs (qui souvent ne sont connues que de manière implicite) et d'une connaissance des logiques des autres acteurs qui peuvent fausser l'équité de la négociation;



- un **lieu de négociation**, car souvent les acteurs de la gestion s'ignorent par méconnaissance réciproque. Il faut donc que l'État ou les acteurs eux-mêmes créent une structure permettant la mise en œuvre des processus de négociation, ce que HORBER-PAPAZIAN (1992) appelle « de nouvelles arènes parallèles aux arènes politiques traditionnelles », dont les activités seraient « limitées dans le temps et focalisées sur la résolution d'un problème particulier ». Ces structures peuvent prendre différentes formes où l'État joue un rôle plus ou moins dirigiste;
- une **procédure** de négociation qui, elle aussi, pourra être plus ou moins rigide (VODOZ 1992), mais qui comportera au moins une description aussi complète que possible de l'état actuel du bien commun à gérer, - ce que de MONTGOLFIER & NATALI (1987) appellent le « **compte-rendu patrimonial** » et MERMET (1992) le « **diagnostic de la gestion effective** » - qui constituera la base de discussion, ainsi que la fixation d'un **objectif** à atteindre, assorti de **délais** de réalisation, et une distribution des rôles et la fixation des moyens. Afin de faciliter la négociation, cette base de discussion devrait privilégier la proposition de variantes ou de scénarios (VODOZ 1992, DECOUTERE 1994, JOERIN 1998).

Il faut y ajouter une quatrième exigence, découlant des trois premières, à savoir l'acceptabilité de ce mode de faire par tous les acteurs concernés (VODOZ 1992) et par là-même une implication des acteurs dans le processus de négociation. Ce **principe d'adhésion volontaire** sous-entend la possibilité pour chaque acteur de quitter la table des négociations à tout moment pour privilégier d'autres formes d'arbitrage. Cette possibilité est un moyen essentiel pour les petits acteurs de gagner en importance.

Comme la négociation oscille toujours entre un **pôle conflictuel** et un **pôle consensuel** (cf. DUPONT 1992, VODOZ 1992)<sup>7</sup>, la négociation concertée n'est pas toujours suffisante. Il est alors nécessaire de faire recours à un **arbitrage** qui est souvent assuré par l'État, que ce soit par les instances administratives ou judiciaires.

Dans la suite de ce chapitre, je distingue les trois éléments (ressource, demande, gestion) du système Eau tel que représenté à la figure 3.5 en mettant en évidence leur structure interne, puis je propose un schéma de gestion adapté à la spécificité du milieu étudié. Ce chapitre s'inspire principalement des travaux des chercheurs français Jean Margat et François Valiron.

---

<sup>7</sup> VODOZ (1992) distingue la négociation coopérative, proche du pôle consensuel, qui vise « à convaincre » et la négociation compétitive, proche du pôle conflictuel, qui tend plutôt « à vaincre ».

## 3.3 La ressource

---

### 3.3.1 Introduction

La ressource en eau est l'eau du milieu naturel considérée en tant qu'offre (ERHARD-CASSEGRAIN & MARGAT 1982). L'eau devient **ressource** « dès que l'homme s'attache à en extraire des éléments ou des usages ayant à ses yeux une valeur » (de MONTGOLFIER & NATALI 1987). Le milieu naturel n'est ainsi pas forcément une ressource; par contre une ressource naturelle, et donc la ressource en eau, est toujours issue d'un milieu naturel. L'homme peut donc créer une ressource naturelle en changeant sa perception du système naturel. Ainsi, la neige devient ressource au moment où l'homme développe un domaine skiable. De même, il peut détruire ou réduire la valeur de ressource naturelle de la même manière. Des minerais qui ne sont plus exploités cessent ainsi d'avoir une valeur de ressource (MATHER & CHAPMAN 1995). Il en sera de même pour l'eau. C'est la perception par l'homme du système naturel qui va donner à l'eau une valeur plus ou moins forte de ressource. Il s'agit donc d'un processus de choix, de sélection, qui pourra générer des conflits, si les objectifs de tous les acteurs ne sont pas concordants.

MATHER & CHAPMAN (1995) remarquent que les ressources naturelles peuvent être classées en trois grands types :

- les ressources **transformables** par le système économique comme source d'énergie ou comme matériaux (production de biens);
- les ressources qui fournissent des **services** plutôt que des biens matériels; la ressource « paysage » est la plus emblématique de ce groupe;
- les ressources qui constituent un **support biologique** pour les humains; un air ou une eau de bonne qualité sont ainsi indispensables au développement humain.

La ressource en eau fait clairement partie de ces trois groupes. Elle est à la fois une condition essentielle de la vie sur terre, une source de plaisir visuel et un bien économique.

La gestion de cette ressource doit tenir compte à la fois de facteurs **quantitatifs** et **qualitatifs**, les deux paramètres étant étroitement interdépendants. Les objectifs de gestion doivent donc tendre à intégrer les deux paramètres, car comme nous le verrons par la suite, les différents types d'utilisateurs nécessitent des qualités et quantités diverses. Pour éviter des conflits, il est nécessaire de gérer les deux facettes de la ressource « Eau » conjointement. Toutefois, dans la partie empirique de cette étude, je me limiterai à l'analyse des aspects **quantitatifs** de la ressource<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Il faut y voir autant des raisons de temps que de capacité, ma formation ne me permettant pas de résoudre les questions relatives aux fonctions biologique et chimique de l'eau.

### 3.3.2 Le facteur quantitatif

La gestion quantitative des ressources vise à satisfaire les besoins des différents utilisateurs. Pour ce faire, elle peut puiser dans deux types de ressources : les eaux **souterraines** et **superficielles**. Leur évaluation quantitative se base sur les notions de flux et de stock (volume). Les bassins versants (eaux superficielles) et les aquifères sont en effet à la fois des réservoirs et des conducteurs. Le calcul des ressources en eau totales d'un bassin hydrographique donné pour une période donnée est obtenu par l'équation suivante appelée **bilan hydrique** :

$$P + S = R_{surf} + R_{sout} + E + (S + \Delta S)$$

- où
- P = Précipitations totales durant une période donnée à la surface du bassin;
  - S = Accumulation de la période précédente (eaux souterraines, neige, glace...);
  - R<sub>surf</sub> = Ecoulement de surface à l'exutoire du bassin;
  - R<sub>sout</sub> = Ecoulement souterrain;
  - E = Evapotranspiration;
  - S + ΔS = Réserves (neige, glace, rivières, sol) accumulées à la fin de la période.

La plupart du temps le cycle de l'eau n'est plus naturel en raison des nombreuses dérivations effectuées par l'homme : on parle alors de **cycle influencé** de l'eau. La gestion quantitative de l'eau devra tenir compte de ces effets anthropiques qui pourront augmenter ou au contraire diminuer la quantité d'eau disponible dans un bassin versant. Cette influence peut se répercuter très loin vers l'aval (VIVIAN 1986). L'évaluation quantitative de la ressource en eau disponible peut alors être représentée par la figure suivante (MARGAT 1992b modifié) :

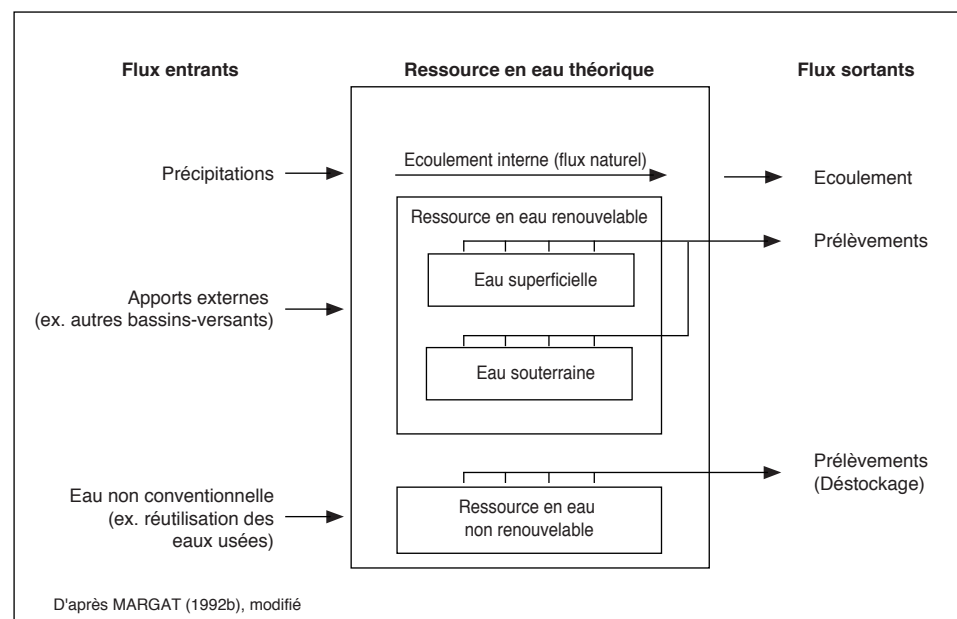


Fig. 3.8 *Évaluation quantitative de la ressource en eau d'un système hydrique naturel (ex. bassin versant)*

A l'intérieur de la ressource, on peut distinguer trois sous-groupes en fonction de la possibilité pour les usagers et les gestionnaires d'en user :

- la ressource **théorique** qui constitue la part du système Eau potentiellement exploitable par l'homme, en dehors de toute contrainte d'ordre juridique, politique, technique, etc.;
- la ressource en eau **potentielle** qui est la part de la ressource théorique exploitable, en tenant compte de contraintes extérieures au système Eau (ERHARD-CASSEGRAIN & MARGAT 1982); ces **contraintes** peuvent être d'ordre écologique (ex. volonté de sauvegarde du milieu ou d'une certaine qualité), socio-économique (ex. servitudes anciennes), politique (ex. limites administratives);
- la ressource en eau **possible** ou **exploitable** par l'homme pour ses différentes utilisations qui va dépendre des choix des acteurs en présence (MARGAT 1992b), en fonction de la possibilité effective de mobiliser et de maîtriser cette ressource, principalement en fonction de la **technicité** et des **coûts** des opérations à mettre en oeuvre (VALIRON 1990).

MARGAT (1992a) différencie les ressources **renouvelables**, qui sont les « possibilités offertes<sup>9</sup> de captage du flux d'un aquifère, sans rupture d'équilibre dynamique moyen (à l'échelle pluriannuelle) » et les **ressources non renouvelables**, qui correspondent aux « possibilités de déstockage de la réserve d'un aquifère, en régime nécessairement de déséquilibre, donc limitées à plus ou moins long terme » (MARGAT 1992a). Ces deux types de ressources ne sont pas complémentaires mais constituent plutôt les termes d'une alternative entre l'ajustement du débit exploité maximal au flux moyen de l'aquifère pour obtenir une production durable ou le déplafonnement du débit exploité par rapport au flux moyen tendant ainsi à un épuisement progressif du stock (MARGAT 1992a). On rejoint là le concept de « ressource renouvelable mais épuisable » de TIETENBERG (1992).

Trois types de stratégies d'exploitation seront ainsi possibles (MARGAT 1992a) :

- l'équilibre dynamique de la nappe à court terme (gestion du flux seulement);
- l'équilibre à moyen ou long terme (gestion du flux utilisant la capacité régulatrice pluriannuelle du stock);
- le déséquilibre à long terme (gestion du stock essentiellement).

Il y a surexploitation de la nappe lorsqu'est réalisée une autre stratégie que celle voulue (MARGAT 1992a). L'exploitation est alors excessive du fait de ses conséquences physiques ou économiques, quels que soient les agents qui les subissent (MARGAT 1992a). Le raisonnement vaut pour les ressources en eau superficielle.

<sup>9</sup> Par « possibilités offertes », l'auteur entend que l'évaluation ne doit pas simplement s'en tenir à des ressources théoriques définies par des flux et des stocks bruts, mais doit prendre en compte des critères d'exploitabilité et des contraintes externes. Ces contraintes peuvent par exemple être dues à la présence de frontières politico-administratives.

### 3.3.3 Le facteur qualitatif

On notera tout d'abord qu'à l'état naturel l'eau peut avoir des caractéristiques qualitatives très diverses (ex. l'eau douce, dure, acide, ferrugineuse, minérale, etc.) étroitement liées au contexte hydrogéologique (VALIRON 1990). Toutes ne sont pas potables (ex. certaines eaux minérales). Une eau est dite « potable » si elle est conforme à certaines normes de potabilité. Ces normes pourront varier d'un pays à l'autre. La notion de potabilité est donc **relative**. De plus, tous les usages ne nécessitent pas la même qualité d'eau.

Le problème de la qualité de l'eau en termes de gestion se pose ainsi à plusieurs niveaux :

- en ce qui concerne l'**eau potable**, il s'agit de fournir aux consommateurs une eau de qualité bactériologique et physico-chimique suffisante; les eaux ne satisfaisant pas aux normes édictées par les administrations régionales ou nationales devront subir un certain nombre de traitements : filtration, chloration, ozonation, floculation, mélanges pour améliorer les caractéristiques physico-chimiques...;
- les **eaux usées** : ce sont les eaux ayant été utilisées pour des activités polluantes (agriculture, industrie, ménages). Elles sont épurées dans des stations centrales, dans des installations individuelles ou collectives de petite taille ou rejetées directement dans des cours d'eau ou des lacs où elles se mélangent avec des eaux de meilleure qualité. Dans ce dernier cas, des pollutions graves peuvent survenir lorsque le débit des cours d'eau ou le volume des lacs ne sont pas suffisants pour amortir la charge polluante ainsi rejetée (cf. par ex. BILLET 1982);
- la **pollution diffuse** (principalement par les nitrates, les phosphates, les composés organiques divers, les métaux lourds et l'ammoniac), qui est surtout le fait des activités agricoles, en raison de la surfumure et de l'usage massif de pesticides, ne peut être traitée par les réseaux d'épuration traditionnels et doit par conséquent être limitée à la source (information, réduction des émissions, amélioration des techniques culturales, incitations, réglementation) afin de réduire le lessivage des composés chimiques;
- en ce qui concerne les **eaux souterraines**, la préservation de leur qualité passe par une gestion adéquate de l'infiltration (COLLIN 1991), notamment par la définition de périmètres de protection des sources, par une utilisation du sol adaptée et par une limitation de la pollution à la source. La définition des zones de protection est particulièrement malaisée dans les régions karstiques (PARRIAUX et al. 1990).

## 3.4 La demande

### 3.4.1 La diversité des utilisations

En termes économiques, la notion d'utilisation de l'eau signifie « la rendre utile pour satisfaire les besoins des acteurs » (ERHARD-CASSEGRAIN & MARGAT 1982). Vue sous l'angle des utilisations, l'eau va donc assurer différentes fonctions :

- une fonction d'alimentation (eau potable, industrielle, agricole);
- une fonction de support (navigation de plaisance et commerciale, pêche);
- une fonction énergétique (hydroélectricité, moulins);
- une fonction de délasserment (sport, eau comme élément structurant du paysage...);
- une fonction de milieu de vie (plantes et animaux aquatiques);
- une fonction d'épuration<sup>10</sup>;
- une fonction géomorphologique,

qui nécessitent des quantités et des qualités d'eau différentes.

La figure 3.9 résume les relations entre ces différentes fonctions et les divers types d'utilisation.

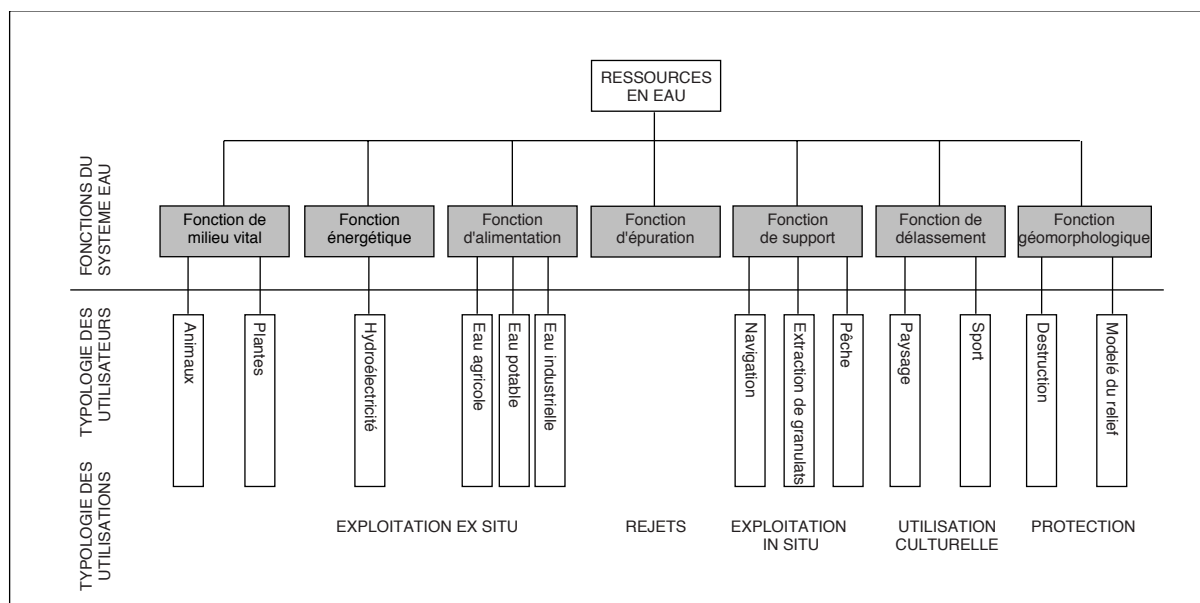


Fig. 3.9 Utilisation de ressources en eau : fonctions du système Eau et typologie des utilisations

<sup>10</sup> L'eau est en effet une ressource naturelle qui offre le paradoxe de pouvoir absorber une partie des rejets d'eau polluée, en d'autres termes, « on puise l'eau et on retourne l'eau usée dans le même milieu naturel; et on demande à l'eau à la fois d'être propre et de laver » (MARGAT 1995).

L'utilisation par l'homme s'effectue à divers niveaux (cf. fig. 3.9) :

- **l'exploitation in situ** : l'eau est le support à l'exploitation économique par l'homme;
- **l'exploitation ex situ** : l'eau est extraite de son milieu naturel pour l'utilisation humaine, puis éventuellement restituée complètement ou en partie; ERHARD-CASSEGRAIN & MARGAT (1982) parlent également d'utilisations **caprices**;
- l'utilisation comme **milieu récepteur** : le milieu aquatique fonctionne comme réceptacle de déchets ou d'eau polluée; ce type d'utilisation peut être **délibéré direct** (rejets industriels ou d'installations d'épuration des eaux par exemple), **accidentel** (pollution catastrophique) ou **délibéré indirect** (pollution diffuse par l'agriculture (MARGAT 1992b));
- **l'utilisation culturelle**, le milieu aquatique devenant un lieu de délasserment ou de pratique du sport, etc.;
- la **protection** : il s'agit d'un type d'utilisation dans lequel l'homme n'agit plus **sur** l'eau pour en tirer un quelconque profit direct, mais **contre** elle pour permettre le développement des activités humaines.

### 3.4.2 Interactions entre ressources et utilisations

Les différents types d'utilisation de l'eau sont fortement dépendants de la quantité et de la qualité de la ressource. La figure 3.10 met en évidence les interactions entre les ressources et utilisations d'une part et entre les caractéristiques qualitatives et quantitatives de la ressource d'autre part. On remarque que les contraintes qualitatives et quantitatives induisent des impacts **directs** sur les utilisateurs, mais également des impacts **indirects** qui se traduisent généralement par des surcoûts. Cette image doit être vue comme un maillon d'une chaîne, autant spatiale (les usages amont ont un impact direct sur la ressource aval et ainsi indirectement sur les usages aval) que temporelle (un usage a des répercussions directes sur l'état de la ressource dans le futur et indirectement sur les usages futurs).

Les utilisations provoquent des **rétroactions** positives ou négatives sur l'état de la ressource (quantitative ou qualitative). Celles-ci sont dues notamment au fait que l'usage de l'eau non seulement « utilise » l'eau, mais l'« use » également, c'est-à-dire qu'il diminue le potentiel de la fonction pour les usages suivants (ERHARD-CASSEGRAIN & MARGAT 1982). Dans l'analyse des interactions de la demande dans le système Eau, il s'agit donc de distinguer la demande sollicitant le milieu en **amont** et en **aval** des usages, l'offre d'eau devenant ainsi également duale : la ressource en eau « **matière première** » en amont et **milieu récepteur** à l'aval (MARGAT 1992b).

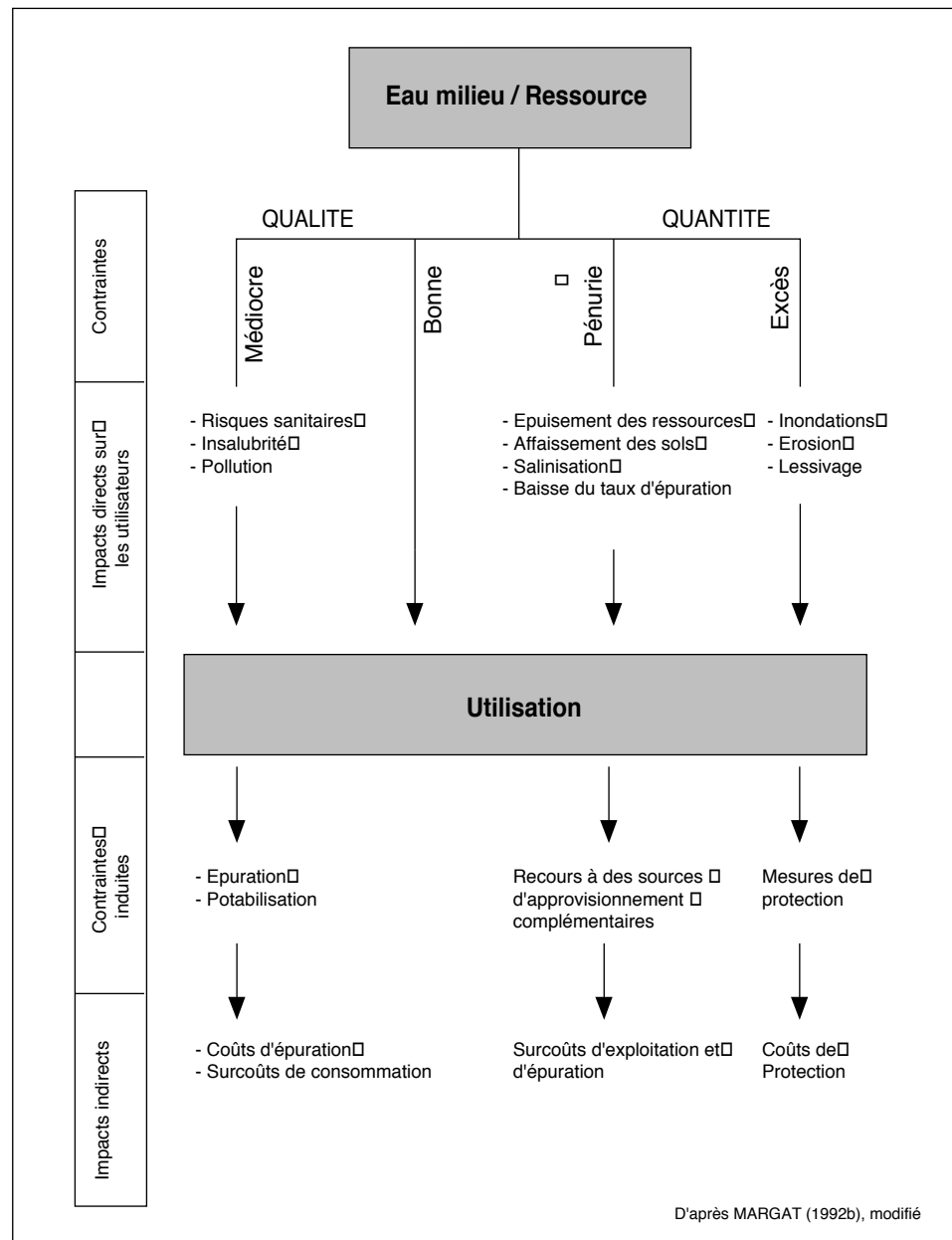


Fig. 3.10 Interactions entre les ressources en eau et leur utilisation. Impacts directs et indirects sur les aspects quantitatifs et qualitatifs.

Certaines fonctions de l'eau satisfont essentiellement la demande aval (ex. fonction d'épuration), d'autres agissant à la fois à l'amont et à l'aval des usages d'exploitation sont fortement affectées par ces derniers (ex. fonction de délasserment, fonction de milieu vital, fonction de support), d'autres encore agissent essentiellement à l'amont (ex. fonction d'alimentation) ou à la fois à l'amont et à l'aval (ex. systèmes en cascade le long d'un bassin versant, le système Eau à l'aval du bassin versant étant fortement affecté par les utilisations à l'amont). VALIRON (1990) parle d'eau de **première** et de **deuxième main**, la part de la seconde ayant tendance à croître lorsque la première diminue. La figure 3.11 résume les différentes interactions entre les demandes amont et aval du système Eau.



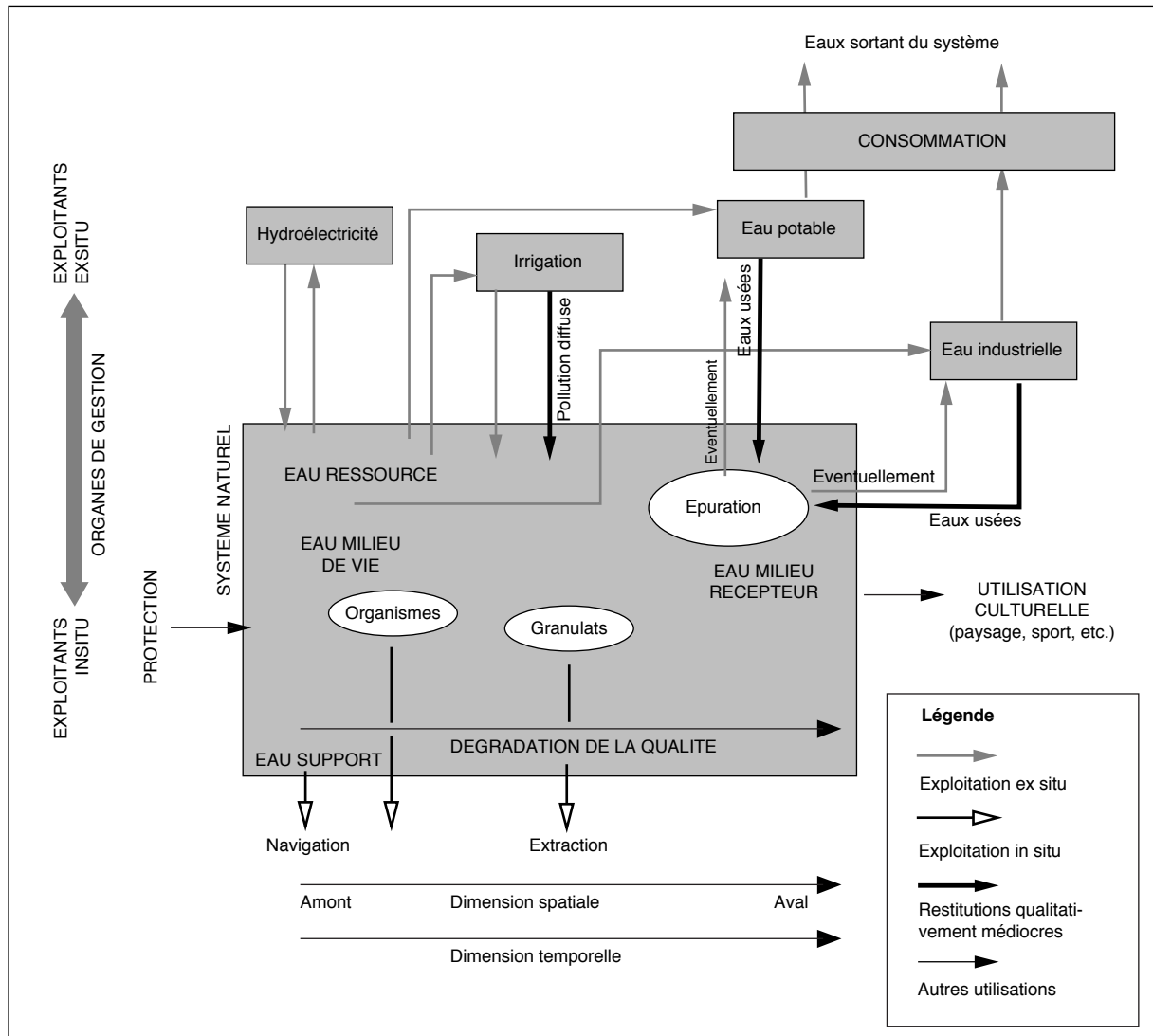


Fig. 3.11 Interactions entre les différents types d'utilisation de l'eau.

Les différents utilisateurs ont des intérêts et des objectifs complémentaires ou antagonistes : la fonction de support et celle de délasserment sont en général complémentaires alors que la fonction d'alimentation en eau potable se heurte souvent à la fonction d'alimentation en eau industrielle soit du point de vue de la quantité que de la qualité. De même la fonction énergétique entre souvent en conflit avec celle de délasserment ou de milieu de vie (question des débits minimaux). Ces antagonismes ou conflits d'usages sont inévitables dans la mesure où la ressource en eau est un **système** dont tous les éléments sont interconnectés. Ceci solidarise de fait les utilisateurs. BETHEMONT (1977) a résumé ces situations de compatibilités et d'incompatibilités entre les usages hydrauliques principaux dans le graphique de la figure 3.12. Un graphe de ce genre permet de jeter les bases de la gestion des utilisations en prenant soin de définir des **ordres de priorité** entre les différents usages (BETHEMONT 1977).

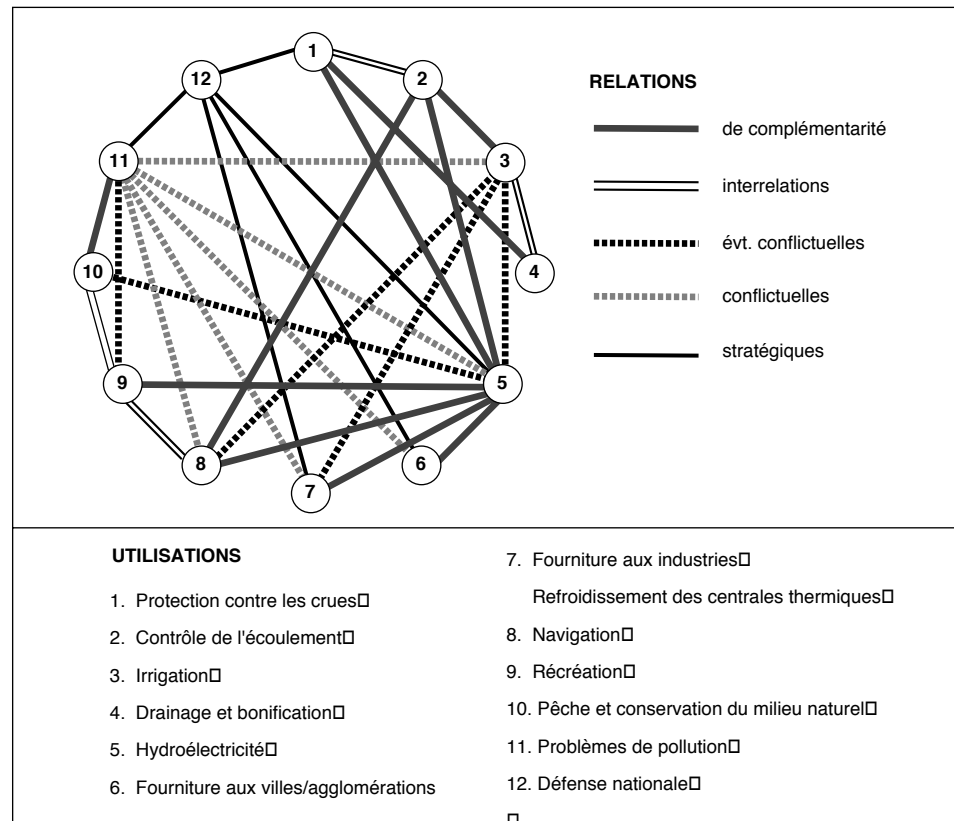


Fig. 3.12 Compatibilités et incompatibilités des divers types d'aménagements hydrauliques et de leurs utilisations (source : BETHÉMONT 1977)

A ce stade, il convient de préciser que cette **multifonctionnalité** du système Eau, qui se traduit par une multiplicité des usages sur un même lieu, ne peut pas être gérée de manière adéquate par le biais d'un outil de base de l'aménagement territorial, le zonage, qui propose une parcellisation de l'espace en zones monofonctionnelles ou à fonction dominante (cf. BETHÉMONT 1977, de MONTGOLFIER & NATALI 1987). Au contraire, le modèle de gestion patrimoniale et intégrée vise à coordonner cette multifonctionnalité sur un même espace.

### 3.4.3 Demande et besoins

Le **besoin** global correspond à la quantité d'eau d'une certaine qualité nécessaire et suffisante à une utilisation particulière pour assurer avec une efficacité minimale la fonction assignée à cet usage (ERHARD-CASSEGRAIN & MARGAT 1982). La notion de besoin est donc **relative** à la notion d'efficacité. Ainsi, le besoin en qualité d'eau potable varie en fonction des usagers : un organisme en bonne santé réagira mieux à une qualité médiocre de l'eau qu'un organisme malade ou qu'un enfant en bas âge. Le besoin s'exprime autant en quantité qu'en qualité.

La **demande** est dans cette optique la quantité d'eau d'une certaine qualité à mettre en distribution à chaque instant pour faire face à la couverture des différents besoins, y-compris les pertes à la production

et à la distribution (VALIRON 1990) ou plus simplement **la quantité d'eau qu'il faut mobiliser pour satisfaire un besoin**. Ce dernier est **circonstanciel**; il va se rapprocher du minimum si l'eau est rare et chère et par contre s'en écarter beaucoup si elle est très disponible et bon marché (VALIRON 1990). Ainsi, entre les besoins et la demande s'intercalent les pertes dues au **gaspillage** (VALIRON 1990), celui-ci étant très dépendant de facteurs socio-économiques.

La demande peut être supérieure aux besoins en quantité (principalement en raison d'une tarification trop faible de l'eau n'incitant pas à l'économie et du comportement laxiste des utilisateurs) ou en qualité (principalement lorsque l'eau de qualité supérieure est utilisée pour des usages peu gourmands en qualité, soit pour des raisons techniques, par exemple lorsque les réseaux de transport ne sont pas séparés, - on connaît ainsi le cas des réseaux d'assainissement non séparatifs qui amènent des eaux parasites non polluées dans les stations d'épuration et qui, ainsi, surchargent le fonctionnement de l'installation d'eau ne nécessitant pas d'épuration -, soit en raison du laxisme des usagers). La demande peut également être inférieure aux besoins. Il s'agit par exemple des pénuries ou de défauts de qualité chroniques ou conjoncturels.

La notion de demande s'applique à toutes les fonctions de l'eau, y-compris celles plus symboliques et difficilement quantifiables. Il existe ainsi des besoins et une demande en eau comme élément visuel du paysage.

Finalement, la demande ne doit pas être confondue avec la consommation, celle-ci étant toujours inférieure ou égale à celle-là. De plus, le concept de « consommation », ou plus précisément de « consommation nette » se limite aux prélèvements qui ne sont pas restitués au milieu (MARGAT 1992b) (cf. fig. 3.11).

En conclusion, vue sous l'angle des utilisations, l'eau apparaît comme un système **multifonctionnel** qui doit satisfaire des besoins variés, d'usagers aux objectifs et aux logiques d'acteurs complémentaires ou antagonistes. Afin d'éviter au maximum des conflits d'usage, une gestion intentionnelle du système s'avère indispensable. Celle-ci sera d'autant plus efficace que les organes et les échelles de gestion seront intégrés.

## 3.5 La gestion

---

### 3.5.1 L'intégration des organes de gestion

La demande en eau de la part des différents secteurs a eu tendance à croître dans les pays industrialisés ces dernières décennies, créant des situations de déficit, temporaires (conjoncturelles) ou chroniques (structurelles), en qualité ou en quantité, résultant d'une inadéquation entre la demande et l'offre. La stratégie de la plupart des pays a été d'adapter l'offre à cette demande en perpétuelle croissance, avec des conséquences parfois néfastes sur le niveau des nappes, sur les débits des cours d'eau ou sur la qualité générale des eaux. Partant du principe

que cette inadéquation entre l'offre et la demande peut être le résultat autant d'une pénurie d'eau (déficit de l'offre) que d'un excès de la demande (gaspillage par les différents utilisateurs) (ERHARD-CASSEGRAIN & MARGAT 1982), une gestion intégrée des ressources en eau cherche à renverser le système : il s'agit également **d'adapter la demande à l'offre**, soit en réduisant les quantités utilisées, soit en substituant à une eau de qualité supérieure une eau dont la qualité est adaptée à l'usage (VALIRON 1990), ce qui implique une série de mesures visant à économiser l'eau ou à l'utiliser de manière rationnelle, telles que :

- la **tarification** : des redevances relativement élevées ou progressives selon la quantité d'eau consommée ou encore une politique tarifaire comportant une augmentation des prix au m<sup>3</sup> au-delà de seuils définis (VALIRON 1990);
- les **mesures incitatives** telles que l'octroi de subventions aux utilisateurs parcimonieux (surtout agricoles et industriels);
- la **réglementation** : normes de fabrication des équipements de distribution d'eau ou consommateurs d'eau, normes d'émission applicables à la concentration ou au volume des effluents liquides (OCDE 1989);
- l'**information** et l'éducation du public;
- la plus grande souplesse en matière de droits de l'eau (OCDE 1989);
- le contrôle des installations afin de diminuer les fuites;
- la promotion de la recherche afin de mieux connaître les caractéristiques de la demande;
- l'analyse des besoins en termes de qualité des eaux nécessaire.

Outre cette gestion quantitative des utilisations, les gestionnaires du système Eau d'une région doivent veiller à éviter l'apparition de conflits entre les divers utilisateurs sectoriels, notamment par une planification spatiale et temporelle des activités et une hiérarchisation des besoins (RIVIERE-HONEGGER 1990). En effets, les conflits naissent souvent en raison d'une méconnaissance réciproque des besoins des autres utilisateurs sectoriels (RIVIERE-HONEGGER 1990).

L'offre en eau apparaît à deux niveaux de nature différente : **l'offre du milieu naturel** sollicité et **l'offre des intermédiaires** aux usagers (MARGAT 1992b). Ainsi, les acteurs de la gestion des ressources en eau peuvent être divisés en deux grands groupes :

- les **gestionnaires de fait** (COLLIN 1991) ou **directs** : ce sont les exploitants et usagers qui par leur action agissent directement sur la ressource;
- les **gestionnaires publics**, qui agissent **indirectement** sur la qualité et la quantité de la ressource par le biais de mesures incitatives ou coercitives. C'est à ce niveau que se prennent les principales décisions de gestion.

On remarquera que les collectivités publiques cumulent souvent les deux fonctions : elles sont à la fois les exploitants de la ressource et les gestionnaires indirects sensés réguler cette exploitation. Ce sont

également elles qui récoltent les données concernant l'utilisation de la ressource en eau. Cette coïncidence de différentes fonctions est un facteur important du manque de concertation entre les différents gestionnaires, les acteurs publics restant souvent « les médiateurs pour la diffusion de l'information » (COLLIN 1991), biaisant ainsi les rapports entre gestionnaires. Souvent la gestion des eaux se fonde sur de multiples gestions effectives de nature parcellaire (MARGAT 1992b), alors qu'une véritable gestion intégrée devrait conjuguer la gestion des ressources et celle des utilisations « en intégrant l'une et l'autre dans des unités de gestion physico-économiques appropriées permettant d'atteindre des objectifs communs et dotées de pouvoirs d'autorité ad hoc » (MARGAT 1992b).

Or, le thème de l'eau étant par essence pluridisciplinaire, il en résulte « l'existence d'un morcellement des compétences, d'un partage des responsabilités, de chevauchements et même de doubles emplois » (OCDE 1989). Pour être efficace, la gestion des eaux doit par conséquent être le résultat d'une structure **administrative** marquée par :

- l'expression d'une volonté politique d'intégration : dans le cas contraire, elle sera vouée à l'échec, victime des luttes d'influences entre les différents départements de l'administration et entre les différentes tendances politiques;
- la mise en place de structures institutionnelles efficaces : il s'agit de déterminer les compétences de chaque service gestionnaire, ainsi que son ressort géographique (OCDE 1989) et les degrés de hiérarchisation; les structures administratives doivent être souples et appliquer une politique de transparence (OCDE 1989);
- la coordination avec les autres projets touchant l'aménagement du territoire;
- l'information et l'approbation du public.

A ces principes d'ordre administratif viennent s'ajouter des contraintes d'ordre **juridique** :

- les lois sont souvent sectorielles et peuvent donc être en contradiction les unes par rapport aux autres : une bonne intégration des différents textes législatifs, tant du point de vue de leur hiérarchisation que des différents secteurs d'activités, est donc essentielle. Ce principe s'applique également à la coordination des lois régissant les eaux superficielles et souterraines, les premières étant généralement un bien public et les secondes plutôt privées (OCDE 1989);
- « les systèmes d'autorisations devraient également être assez souples pour éviter l'immuabilité des droits de prélèvement d'eau » (OCDE 1989) afin d'éviter les litiges entre anciens et nouveaux usagers; on devrait ainsi passer à la primauté du droit d'usage plutôt que d'appropriation (MARGAT 1992b), basée sur le principe que l'eau doit être considérée comme une ressource de type **domanial** (concept de domanialité publique)<sup>11</sup>;

<sup>11</sup> Conférence des ministres chargés de l'eau des pays du bassin méditerranéen, Alger, 30 mai 1990. Déclaration commune. Reproduit en annexe dans MARGAT (1992b).

- la législation devrait fixer aussi clairement que possible les compétences des différents organes de gestion (OCDE 1989).

L'eau est à l'image des autres ressources naturelles un bien **économique**. Elle est de ce fait soumise à des principes d'ordre économique. Ainsi, la gestion de l'eau devrait :

- faire l'objet d'une analyse de l'offre et de la demande, la seconde ne devant pas forcément régler la première;
- appliquer une tarification visant à faire payer au consommateur ou au pollueur l'intégralité du coût pour la collectivité (OCDE 1989), tout en ne privant aucun consommateur d'eau potable, celle-ci étant un bien essentiel (VARONE 1992); de manière générale l'eau est une ressource naturelle dont le prix est sous-estimé (OCDE 1991);
- tenir compte dans la tarification des diverses catégories d'utilisateurs : consommateurs, pollueurs et usagers; la fixation des prix devra nécessairement être différente selon les catégories.

Comme pour toutes les ressources gérées en partie ou totalement par les collectivités publiques, la gestion de l'eau doit veiller à ménager les sensibilités **politiques** du territoire concerné, en particulier, en ce qui concerne la Suisse, la structure fédérale du pays, ainsi que la tradition socio-économique de type libéral, tendant à préserver la liberté et l'autonomie des citoyens. Ainsi, une gestion intégrée des ressources ne nécessite pas forcément une structure politique et administrative centralisée; elle devra toutefois mettre en oeuvre des outils de coordination efficaces tels que la négociation. En liaison avec ces contraintes politiques, il s'agit également de tenir compte des **présupposés** culturels au sens large, qu'il s'agisse de traditions socio-culturelles, de la charge symbolique, voire mythique, de certains lieux, du caractère irrationnel et subjectif de certains comportements, etc.

Les gestionnaires de l'eau sont également soumis à des contraintes d'ordre **scientifique** et **technique**, telles que la fréquence des mesures et leur fiabilité, l'efficacité des dispositifs de collecte des données, ainsi que le degré de technicité des installations. Ce dernier est étroitement lié au niveau de qualification du personnel. L'utilisation de systèmes d'aide à la décision est également importante. Il faut citer finalement les contraintes **naturelles** telles que la disponibilité des ressources en eau, leurs caractéristiques hydrogéologiques, hydrologiques, bactériologiques et physico-chimiques, ainsi que les contraintes écologiques qui peuvent influencer sur la disponibilité ou la qualité de ces ressources.

Ces sept types de contraintes peuvent être résumées dans le schéma de la figure 3.13. De ce schéma, il ressort qu'une véritable gestion intégrée de l'eau ne peut qu'être **patrimoniale**, c'est-à-dire que tous les acteurs doivent prendre conscience des solidarités de fait qui les lient et de la nécessité de coordonner les actions qui en découlent, afin de préserver les fragiles équilibres résultant des nombreuses interactions qui caractérisent le système Eau autant naturel qu'anthropisé ou, au contraire, de rétablir des déséquilibres trop aigus. De ce fait, la gestion intégrée de l'eau n'a pas seulement pour objectif de coordonner les actions des différentes composantes du système Eau tel qu'il se présente

actuellement, mais également de mettre en place des outils d'analyse et de prévision (à court et à long terme) permettant d'anticiper les états futurs de ce système. Ces deux aspects de la gestion, la **coordination** et la **prévision**, peuvent être réalisés au moyen d'un certain nombre d'**instruments**.

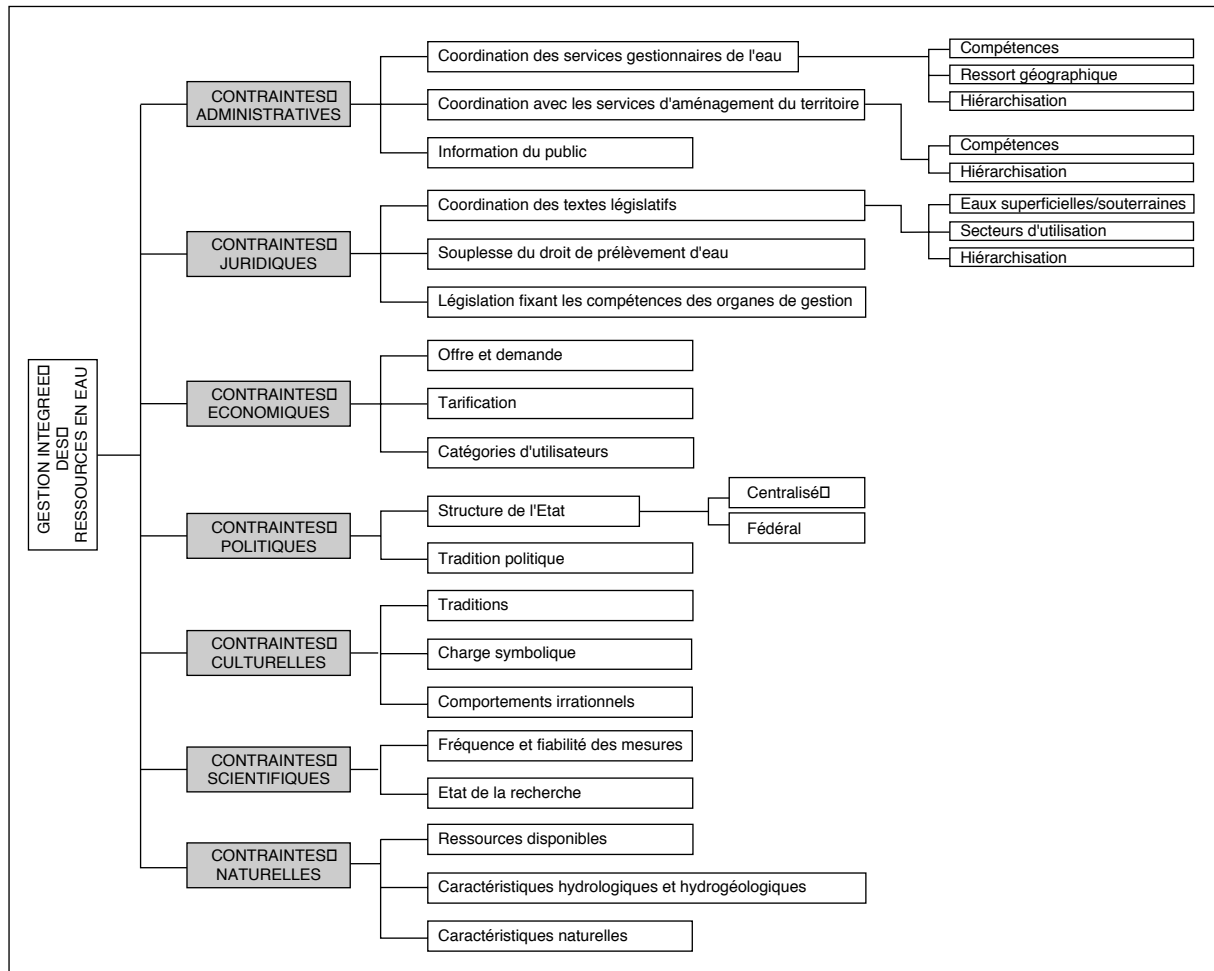


Fig. 3.13 Contraintes sur l'intégration des organes de gestion

Au niveau des **instruments administratifs** d'action, une gestion de type intégré devrait promouvoir la coordination des différents services administratifs afin de décloisonner les différents offices s'occupant de gestion d'eau (police des eaux, office de l'énergie, office de l'environnement, etc.) qui bien souvent dépendent de départements différents et de ce fait ont très peu de contacts. Ce processus de décloisonnement peut par exemple devenir effectif par la création de comités de coordination des services à caractère thématique. Il s'agit d'éviter de sectoriser la gestion administrative. Au contraire, une gestion confiée à un organe unique serait inadéquate dans la mesure où les diverses utilisations de la ressource hydrique doivent être gérées au moyen de différentes approches (sociologique, écologique, aménagiste, etc.). Chacune de ces approches se révèle utile pour résoudre des problèmes de gestion liés aux diverses fonctions du système Eau; par contre elle se révèle en général « limitée quand il s'agit de proposer une

gestion globale du système Eau dans son ensemble » (de MONTGOLFIER & NATALI 1987).

Une bonne gestion passe nécessairement par une bonne information : les données doivent être facilement accessibles et consultables par les différents acteurs de la gestion. Elles doivent également être fiables. De ce fait, il s'agit de mettre en oeuvre toute une série **d'instruments scientifiques et techniques** permettant de récolter, organiser, interpréter et divulguer les données brutes, sous une forme utilisable par les gestionnaires (notion de « données utiles » de VALIRON 1990). Ainsi, la création de banques de données de l'eau est prioritaire. Elle doit s'appuyer sur des réseaux de mesure efficaces, regroupant des données sur la climatologie et la météorologie, l'hydrologie, l'hydrogéologie, la qualité des eaux, les prélèvements et les rejets (VALIRON 1990). La récolte des informations devrait répondre à une méthodologie standardisée permettant des comparaisons. De MONTGOLFIER & NATALI (1987) notent que la récolte scientifique des données utiles à la gestion ne devrait pas négliger les connaissances empiriques des sociétés traditionnelles. L'étape suivante consiste à intégrer ces données dans des modèles des systèmes hydrauliques permettant de simuler leurs comportements (cf. chap. 3.1.3).

La mise en place de ces outils ne peut être réellement efficace que si le personnel tant scientifique qu'administratif est bien formé et que si les moyens qui sont affectés à la collecte et à l'interprétation des données hydrauliques sont suffisants.

Les organes administratifs doivent pouvoir se baser sur un corpus de **lois** et de réglementations permettant d'agir sur la demande et d'infléchir son comportement. Ces instruments juridiques doivent s'appliquer aux aspects autant quantitatifs que qualitatifs de l'eau. La préservation à long terme de la qualité passe par l'établissement de normes de qualité, ainsi que par la création de zones et de mesures de protection des sources et des aquifères. Quant à l'aspect quantitatif, les lois devraient surtout permettre de préserver les intérêts de tous les demandeurs d'eau et s'inscrire ainsi dans un cadre global : des lois trop sectorielles ne réussiront à réguler qu'un des aspects de la demande en eau.

La production juridique doit également s'appuyer sur une série **d'instruments économiques** tant incitatifs (subventions pour faciliter la réalisation de certains travaux) que dissuasifs (tarification élevée ou différenciée en fonction de la qualité) permettant d'influer sur les comportements des utilisateurs. Le but est de « rendre les décisions prises par les usagers qui cherchent à minimiser le coût direct pour eux, conformes à celles qu'il faudrait prendre pour valoriser au maximum la ressource en eau pour la nation » (VALIRON 1990) ou la communauté. Les aides pourront par exemple permettre de couvrir la partie non directement rentable d'un projet (VALIRON 1990). Une tarification traduisant les coûts effectifs de production de l'eau, rarement appliquée à l'heure actuelle, devrait être généralisée (cf. PILLET & BARANZINI 1993). L'application du principe du pollueur-payeur est à privilégier dans l'optique de limiter la demande. Ce principe consiste à faire supporter les coûts induits par la perturbation du système Eau (en l'occurrence l'abaissement de la qualité globale du patrimoine) par celui qui la provoque. Le système des redevances, tel qu'il est appliqué par



les agences de bassin françaises et tel qu'il est promu par l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage pour le financement des ouvrages d'épuration des eaux, qui a pour objectif de donner un prix à l'eau en fonction de sa qualité et de sa quantité, est également à promouvoir, en gardant à l'esprit que les taxes sont avant tout un moyen incitatif à moins dégrader l'environnement et non un moyen de renflouer les caisses publiques (BARDE 1994).

Ces trois types d'instruments ne peuvent toutefois être mis en action que si le **pouvoir politique** le désire. C'est donc principalement des autorités dirigeantes que dépend la mise en action du processus d'intégration de la gestion des ressources, qui doit être activé par des instruments politiques tels que la planification et l'éducation du public.

Ces divers instruments sont représentés à la figure 3.14.

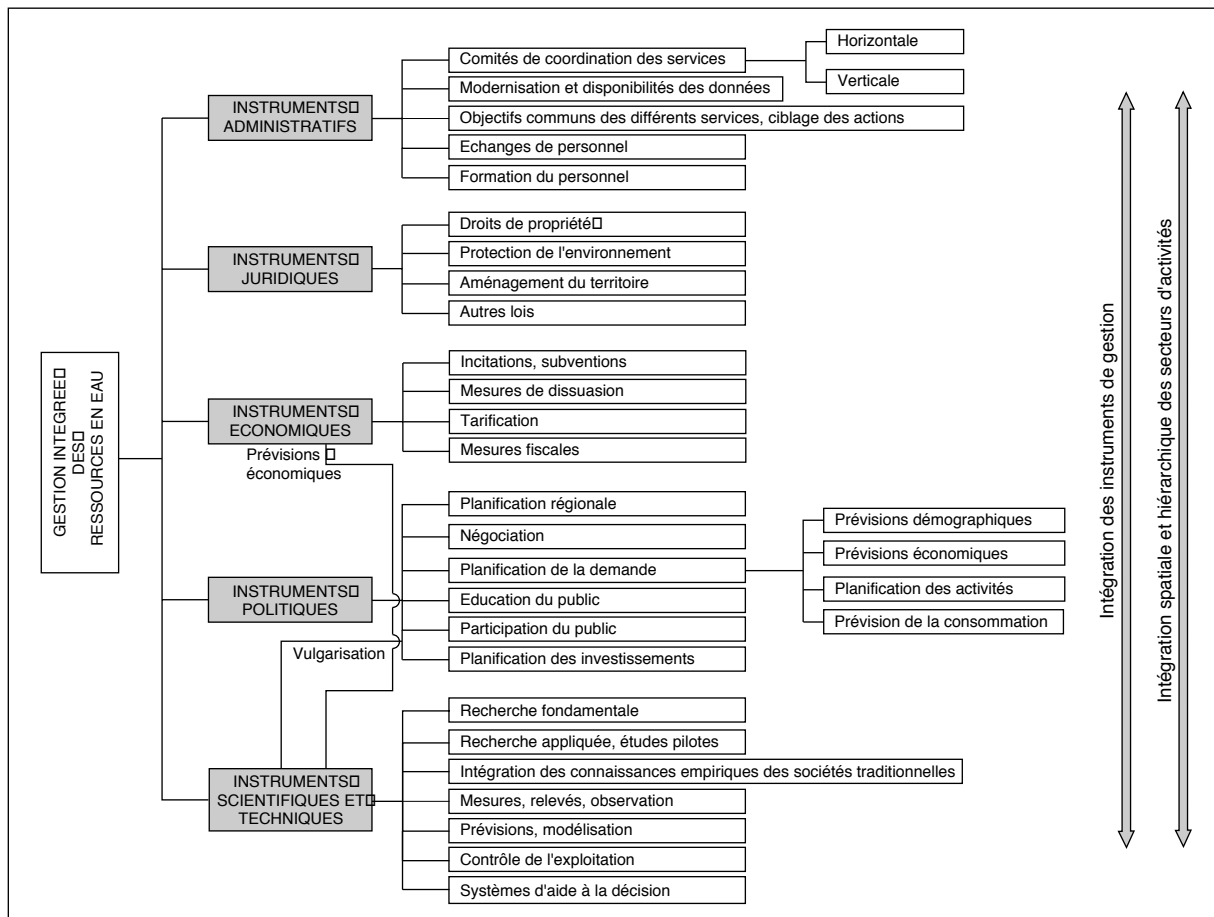


Fig. 3.14 Intégration des organes de gestion : les instruments

### 3.5.2 L'intégration des échelles de gestion

Elle résulte d'une double contrainte :

- les limites administratives ne correspondent que rarement aux subdivisions naturelles; une coordination des activités des

institutions de plusieurs entités administratives est donc nécessaire;

- l'organisation d'un pays, qu'il soit fédéral ou centralisé, tend à diluer les compétences à plusieurs échelles imbriquées.

Il s'agit donc de coordonner au maximum les actions des différents gestionnaires aux différentes échelles spatiales (pays, région, commune). Dans tous les cas, il faudra également veiller à coordonner les actions des gestionnaires publics et privés (utilisateurs, consortages) du système Eau.

Une gestion à l'échelle du bassin versant, à l'image des « Agences de l'Eau » françaises ou des « River Authorities » anglo-saxonnes, sera nettement préférable à une gestion suivant le découpage politico-administratif qui suit rarement le découpage hydrographique. Ce type de gestion respectant la configuration physique du terrain devra toutefois s'adapter au type de structure politique du pays : il pourra être très centralisé dans un pays à tradition jacobine comme la France, mais devra plutôt être la somme de compromis entre entités spatiales plus petites dans un pays fédéral comme la Suisse. On notera également avec ERHARD-CASSEGRAIN & MARGAT (1982) que ce type de gestion orienté sur les bassins versants plutôt que sur les structures administratives donne la priorité à la gestion du sous-système de ressources que du sous-système d'utilisation, orientation qui semble préférable dans l'optique d'une conservation durable des ressources en eau.

## 3.6 Application aux stations touristiques de montagne

---

### 3.6.1 Schéma général

Après avoir discuté différents concepts concernant la gestion des ressources en eau de manière générale, j'en arrive maintenant à la spécificité des pratiques de gestion en milieu montagnard alpin. Sur la base des concepts de l'approche systémique développés au chapitre 3.1, je construis un système général de la gestion des ressources en eau dans les stations touristiques de montagne qui constituera le squelette de l'analyse empirique dans les deux stations choisies pour illustrer le propos théorique.

Comme décrit à la figure 3.4, le système Eau représente une très forte intégration entre deux sous-systèmes : le système naturel, qui fournit la ressource, et le système social, qui l'utilise. Le lien entre les deux sous-systèmes est assuré par un sous-système produit par le système social et qui est constitué d'une part par un ensemble de pratiques, de fait ou intentionnelles, et d'autre part par un ensemble d'infrastructures qui permettent la mise en oeuvre de ces pratiques. C'est ce que j'ai appelé le système technique et infrastructural. Au chapitre 3.3, j'ai montré que la ressource peut varier spatialement et temporellement, en qualité et en quantité. Au chapitre 3.4, j'ai mis l'accent sur le caractère

multifonctionnel de la ressource en eau; elle assure en effet la mise en pratique de différents usages de la part du système social.

Dans un milieu montagnard dans lequel se sont développées des activités touristiques, les usages principaux sont de quatre types, que l'on peut considérer comme quatre sous-systèmes étroitement interconnectés. Premièrement, tout comme dans n'importe quel lieu occupé par l'Homme, la ressource en eau doit assurer l'approvisionnement en eau potable. C'est là la fonction principale de l'eau. Dans les montagnes sèches, telles que la zone étudiée dans la partie empirique de cette recherche, pour autant que les pratiques agricoles et d'élevage soient encore vivantes, l'eau doit également assurer l'irrigation des terres agricoles. Troisièmement, dans une bonne partie des Alpes, les écoulements superficiels ont été mis à profit pour la production d'énergie. Finalement, avec le développement du tourisme, l'eau est également devenue un élément de l'offre touristique, directe ou indirecte. Ces quatre grands types d'usage de l'eau me semblent représenter les fonctions minimales de la plupart des systèmes Eau des Alpes, bien que dans des proportions différentes<sup>12</sup>.

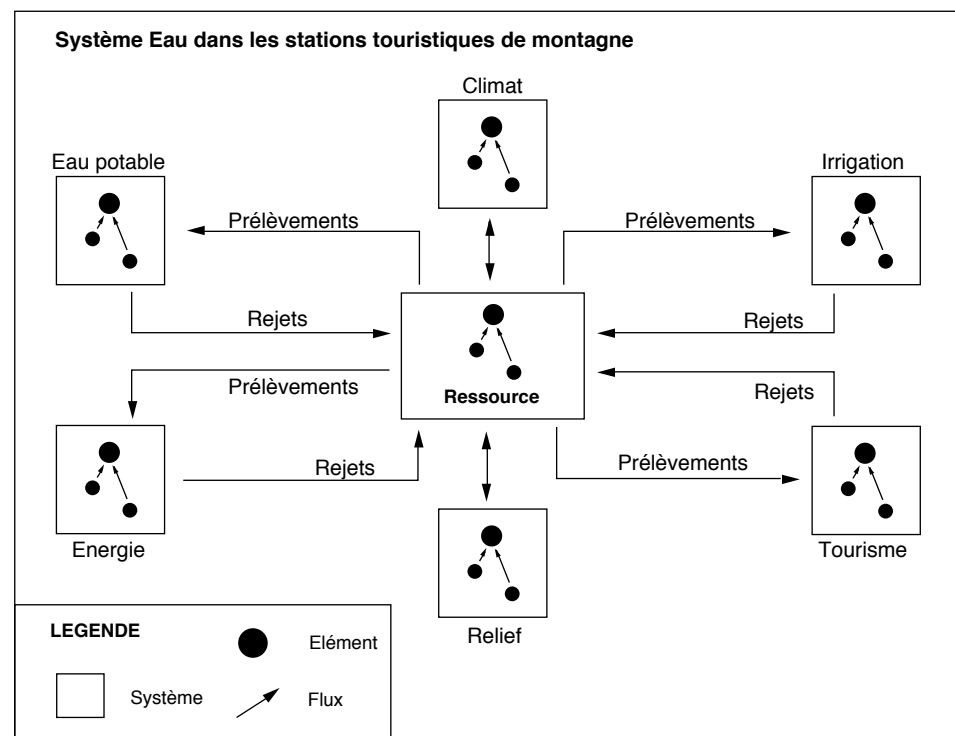


Fig. 3.15 Structure du système « Eau » d'une station touristique de montagne

C'est le poids respectif de ces quatre sous-systèmes, ainsi que la rareté de la ressource (système naturel) et l'état de la pénurie, qui vont guider les rapports de force entre utilisateurs et ainsi créer des situations de conflit ou au contraire de complémentarité réciproque. Dans certaines régions, d'autres usages peuvent devenir importants, notamment

<sup>12</sup> Il faut y ajouter les fonctions d'épuration, de milieu de vie et de facteur de modifications géomorphologiques. M'attachant à étudier principalement les mécanismes de gestion quantitative de la ressource, je ne développe pas ces trois types de fonction ici.

l'approvisionnement industriel ou la production d'eau minérale. Je ne développe pas ces sous-systèmes dans la mesure où ils sont généralement beaucoup plus localisés. La mise en valeur des eaux thermales sera développée dans le cadre de l'eau comme élément de l'offre touristique. Quant au sous-système « Ressources », les différents éléments qui le composent auront également des poids respectifs différents selon les lieux.

Dans la partie empirique de ma recherche (chap. 5 et 6), j'analyserai successivement le **système des ressources** et **celui des utilisations**, en termes de **structure**, de **quantité d'eau utilisées** (rapport à la pénurie) et de **fonctionnement** (relations entre acteurs). Dans la suite de ce chapitre, j'étudie de manière théorique la **structure** des cinq sous-systèmes représentés à la figure 3.15. Je différencie les facteurs endogènes et exogènes (au sous-système « Ressources ») qui modifieront le fonctionnement du système. Je ne décris pour l'instant pas l'aspect fonctionnel des sous-systèmes car il est fortement conditionné par les conditions locales; pour une même structure, le fonctionnement du système variera selon le comportement des différents acteurs, individuels et collectifs. Cet aspect fonctionnel sera analysé sur la base des deux études de cas (chapitre 6).

### 3.6.2 Les ressources

La ressource en eau dans un environnement de montagne ne varie guère de celle d'un autre type d'environnement. Le schéma conceptuel de la figure 3.16 montre l'extrême imbrication entre les différents sous-systèmes naturels que sont l'atmosphère, la cryosphère, l'hydrosphère, la biosphère et la lithosphère. La spécificité d'un milieu de montagne se marque par l'influence respective de ces cinq sous-systèmes sur la disponibilité de la ressource. Le système climatique se caractérise par des températures relativement basses et par une grande variabilité des précipitations (cf. chapitre 5). Cela va influencer la disponibilité temporelle de la ressource par des effets de stockage saisonnier (neige) et à long terme (glacier, pergélisol) dans la cryosphère et par des variations des écoulements de surface qui eux-mêmes feront varier les régimes hydrologiques et hydrogéologiques. Il s'ensuit une forte variation saisonnière de la disponibilité de la ressource se caractérisant généralement par une période d'étiage hivernal, de forts écoulements printaniers à la fonte des neiges, une nouvelle période d'étiage estival et parfois des écoulements automnaux à nouveau importants. Ce schéma général est fortement influencé à l'échelle régionale ou locale par les caractéristiques du système lithosphérique. En effet, le contexte géologique et son pendant géomorphologique provoquent un morcellement spatial de la disponibilité de l'eau, en raison des variations de perméabilité et de rapidité des écoulements de surface, notamment en raison de la pente.

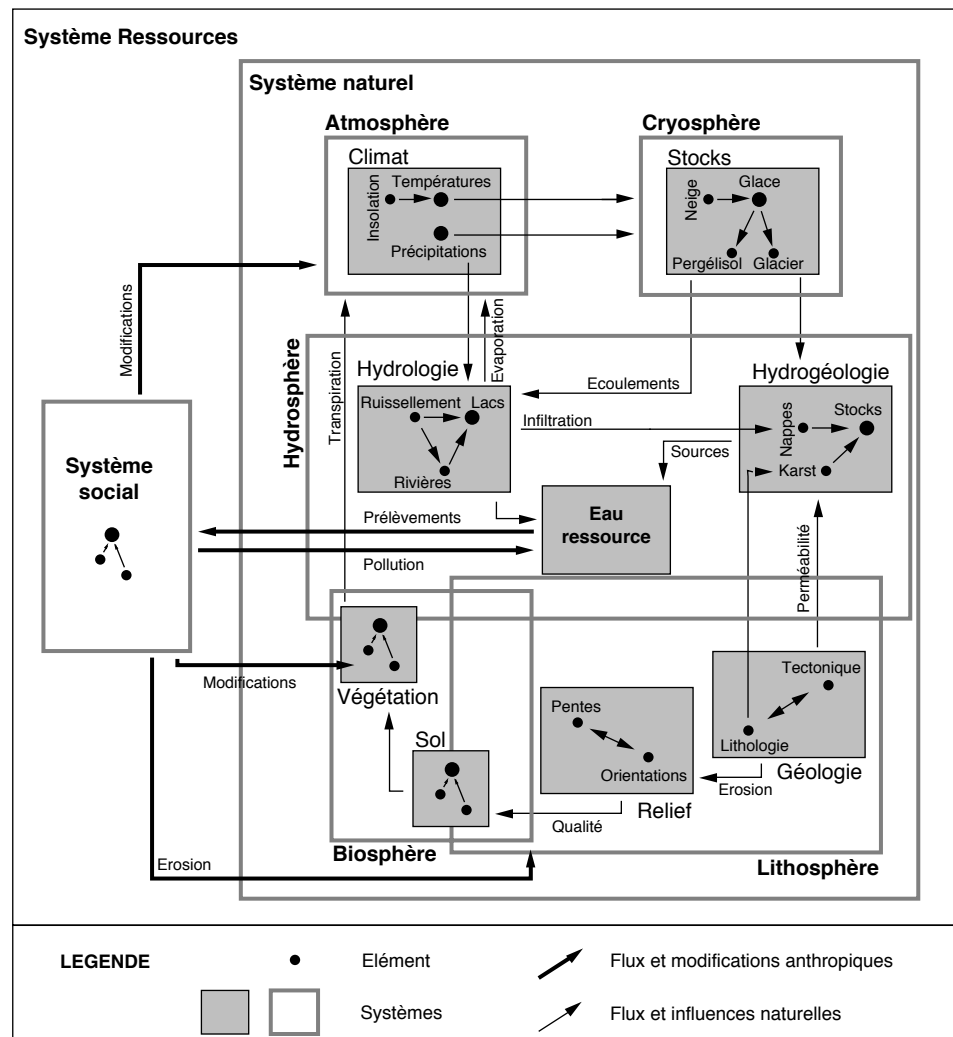


Fig. 3.16 Structure du sous-système « Ressources » d'une station touristique de montagne

### 3.6.3 L'eau potable

Comme l'eau en général, l'eau dite « potable » assure une multiplicité de fonctions, dont l'alimentation humaine, l'eau de boisson et l'eau de consommation domestique, ne constituent qu'une part. Il n'est en effet pas rare que de l'eau potable soit employée pour l'irrigation ou l'enneigement artificiel. Je considère ici l'eau « potable » dans le sens d'eau de consommation par l'Homme.

Dans un environnement touristique de montagne, la composante qualitative va être influencée par deux facteurs endogènes que sont les contextes hydrologique et hydrogéologique et par une série de facteurs exogènes qui touchent autant au système socio-économique (taux d'urbanisation, qui peut dégrader la qualité s'il est élevé à l'amont des usages), administratif (normes de qualité) que technique (infrastructures de traitement et d'épuration). L'usage même de l'eau dégrade sa qualité et avant le retour au système naturel, l'eau devra être épurée. La

composante quantitative est influencée par le contexte climatique (facteur endogène aux côtés des facteurs hydrologique et hydrogéologique) et par une série de facteurs socio-économiques tels que le taux d'urbanisation, le taux de consommation et les fluctuations de population. Le système technique influence la consommation par le niveau des infrastructures de raccordement. Quant au système administratif, il influe sur la consommation par la question de la tarification.

La plupart de ces facteurs ne sont pas propres aux stations touristiques de montagne. Le facteur discriminant est celui des **fluctuations saisonnières de population** en fonction des variations de l'activité touristique. Ces fluctuations peuvent occasionner des problèmes et conflits si les périodes de démographie élevée correspondent aux périodes de faible disponibilité de la ressource et/ou à de forte demande de la part des autres sous-systèmes d'utilisation (irrigation, hydroélectricité). Elles peuvent également induire des modifications du fonctionnement du sous-système « Offre touristique ». Ce dernier est en effet étroitement dépendant des attentes et besoins de la population touristique. La structure du sous-système « Eau potable » est mise en évidence à la figure 3.17.

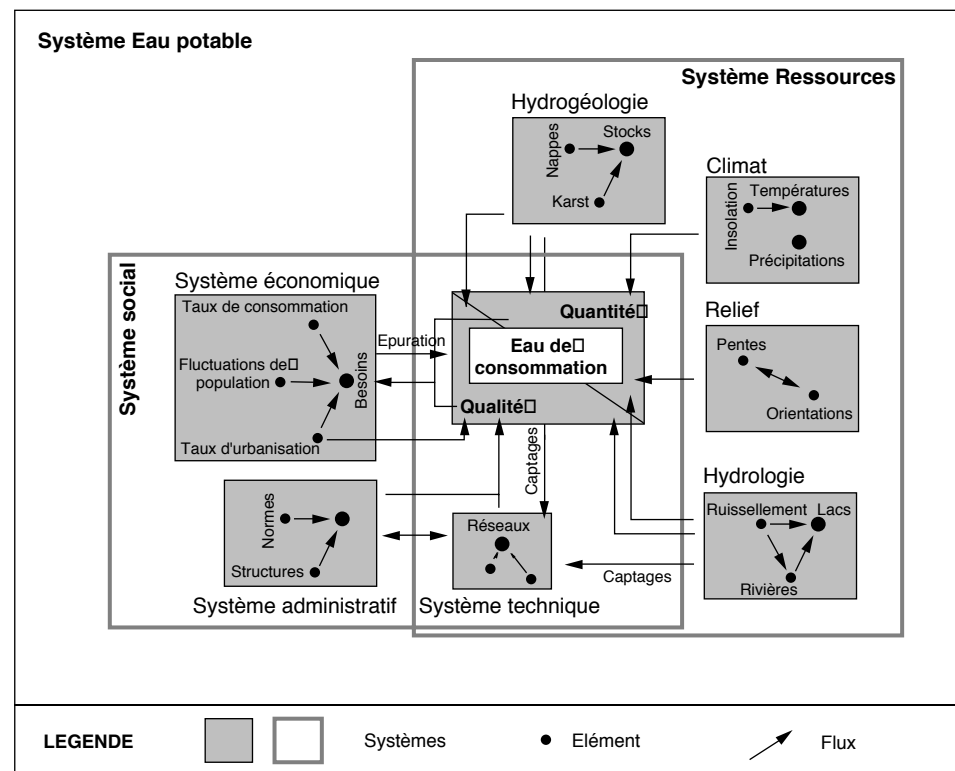


Fig. 3.17 Structure du sous-système « Eau potable » d'une station touristique de montagne

### 3.6.4 L'irrigation

Dans les montagnes sèches, l'homme a dû pallier au déficit de précipitations pour l'agriculture par la mise en place de pratiques et de réseaux d'irrigation qui varient de lieu en lieu selon le climat et la morphologie (facteurs endogènes) et selon le type de cultures et le type d'utilisation du sol (facteurs exogènes). Le **climat** est le facteur le plus important dans la mesure où ce sont la distribution des précipitations et les valeurs de l'évaporation qui déterminent la quantité d'apport artificiel d'eau nécessaire. Des facteurs hydrologiques et hydrogéologiques viennent également influencer sur la quantité d'eau d'irrigation disponible. La morphologie influence le choix des techniques d'irrigation et l'organisation du réseau de canalisations. La présence de parois verticales et les fortes **pent**es ont souvent nécessité des techniques particulières de construction (ex. canaux suspendus) ou le creusement de galeries pour amener l'eau dans les champs cultivés. Les fortes pentes des terrains cultivés eux-mêmes influencent également les pratiques d'irrigation en raison de la nécessité de veiller à limiter l'érosion par les apports artificiels d'eau.

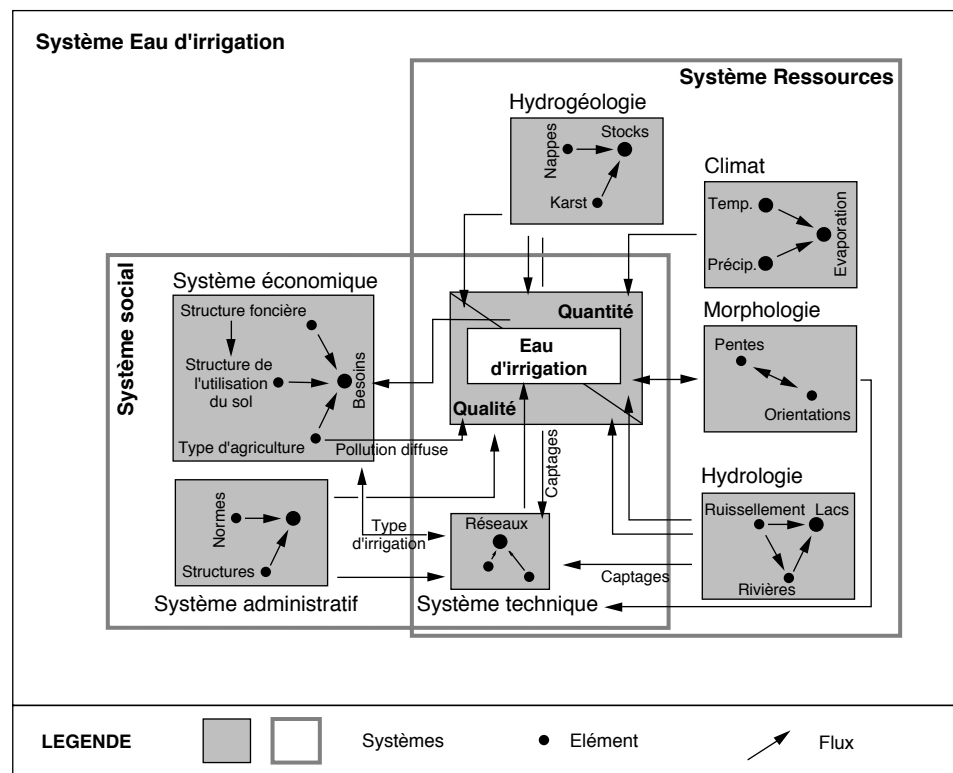


Fig. 3.18 Structure du sous-système « Irrigation » d'une station touristique de montagne

Parmi les facteurs exogènes influençant les usages quantitatifs d'eau d'irrigation, le **type d'agriculture** pratiquée est le plus important. Les prairies et pâturages conservent encore souvent des techniques d'irrigation gravitaire, alors que l'irrigation des cultures arboricoles, viticoles et maraîchères se pratique généralement par aspersion. La structure de l'**utilisation du sol** est également un facteur de

différenciation important et dépend du type de structure foncière, communautaire ou individuelle, et du taux de surfaces équipées pour l'irrigation. Ces différents facteurs influencent les usages quantitatifs d'eau d'irrigation. Inversement, cette dernière peut provoquer des variations qualitatives de la ressource en eau par **pollution diffuse** en raison des rejets de fertilisants dans le milieu naturel après l'irrigation. La valeur de cette pollution varie en fonction de la quantité de fertilisants utilisée et de la rationalité de l'irrigation. Une sur-irrigation provoquera une augmentation des rejets artificiels d'eau dans le système naturel. Ces différentes interactions sont résumées par le schéma de la figure 3.18.

### 3.6.5 L'hydroélectricité

En raison des fortes dénivellations permettant de traduire en énergie les chutes d'eau, les régions de montagne ont été mises à profit par l'Homme pour la production d'électricité. Cette dernière a souvent nécessité la construction de barrages d'accumulation permettant de stocker l'eau pour la turbiner au moment où la demande en électricité est la plus forte (en hiver).

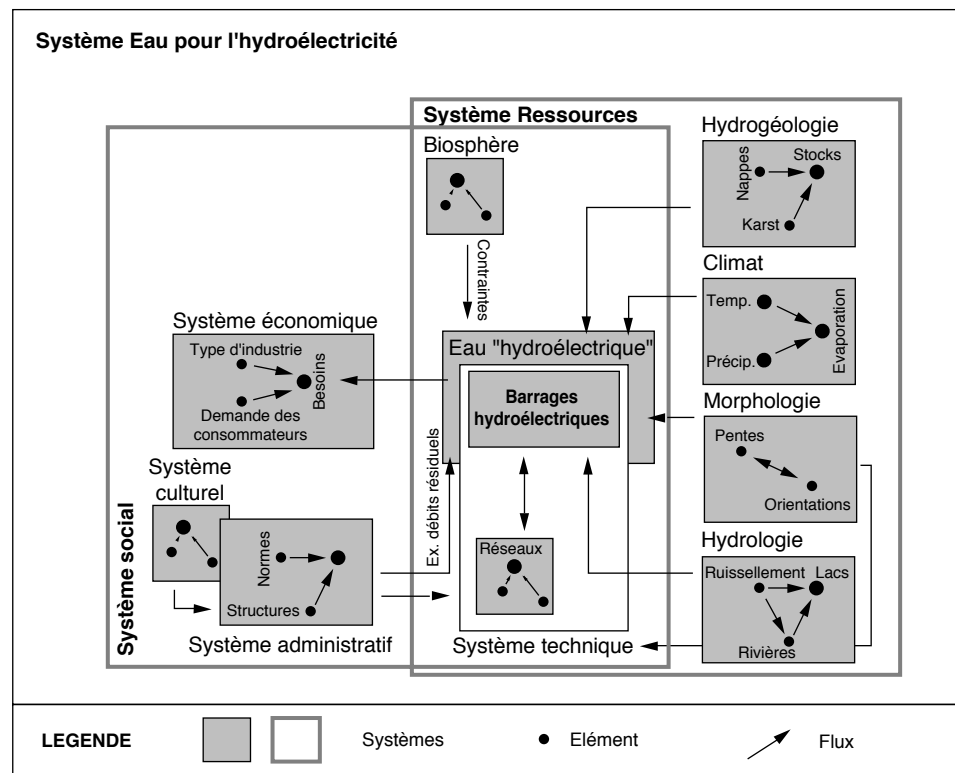


Fig. 3.19 Structure du sous-système « Hydroélectricité » d'une station touristique de montagne

Plusieurs facteurs endogènes influencent le choix des sites de construction des barrages; on peut citer la morphologie, les barrages étant généralement construits en altitude pour que la chute d'eau soit suffisante et sur des verrous glaciaires qui sont de bonnes assises à la



construction et qui sont généralement situés à l'aval d'ombilics jouant le rôle de gros réservoirs d'eau, et le climat et l'hydrologie, car il faut que la ressource en eau soit suffisante. Le développement de l'hydroélectricité de montagne est également influencée par des facteurs exogènes, les barrages étant souvent situés à proximité d'industries grosses demandeuses d'électricité telles la métallurgie. La nécessité d'assurer un bon approvisionnement en période de pointes de consommation a également favorisé la prolifération de ces barrages d'accumulation. Les principales contraintes s'opposant à la construction de barrages sont de type environnemental et culturel car les lacs d'accumulation nécessitent souvent d'envoyer des sites d'altitude habités ou à forte valeur écologique.

La construction de ces lacs d'accumulation provoque également de fortes modifications de la structure de la ressource naturelle en eau par une modification du **régime des écoulements** à l'aval et par une mainmise sur les écoulements à l'amont, tout ou partie des eaux du bassin versant étant concédées pour une longue durée à la société hydroélectrique. Ces différentes relations sont illustrées par la figure 3.19.

### 3.6.6 L'eau comme élément de l'offre touristique

Dans une station touristique de montagne, l'eau peut être considérée comme un élément de l'offre touristique. Je ne développe pas ici les questions théoriques concernant les types d'offre d'une région touristique (cf. chapitre 6.6). Je remarque simplement que cette offre se fait à deux niveaux principaux. L'eau est tout d'abord un des éléments constituant le **paysage naturel** alpin, que ce soit sous forme de lacs, torrents, zones humides, marais d'altitude, glaciers, etc. Certains de ces sites furent d'ailleurs, aux débuts du tourisme dans les Alpes, parmi les particularités qui attiraient les voyageurs. On peut rappeler à titre d'exemple la cascade de la Pissevache à Vernayaz qui constituait l'une des étapes privilégiées des touristes remontant la vallée du Rhône. La mise en valeur des potentialités économiques de l'eau par les sociétés traditionnelles, que ce soit sous la forme de canaux d'irrigation ou d'ouvrages hydrauliques (moulins, fouloirs, etc.) est en passe de devenir une attractivité touristique intéressante pour le tourisme estival dans certaines parties des Alpes. C'est ici l'eau comme élément du **paysage anthropisé** des Alpes qui est proposée au touriste.

L'offre touristique « hydrique » se pose à un second niveau constitué par l'ensemble des infrastructures touristiques faisant appel à la présence d'eau (piscines, patinoires, lacs pour la baignade, lacs pour la pêche, pistes de ski, etc.). Dans certaines régions, ces infrastructures visent plus particulièrement à mettre en valeur les caractéristiques thermales de la ressource. Une mention particulière doit être accordée à l'**enneigement artificiel** qui est devenu ces dernières années un nouveau consommateur d'eau dans les Alpes. La figure 3.20 résume ces différents facteurs.

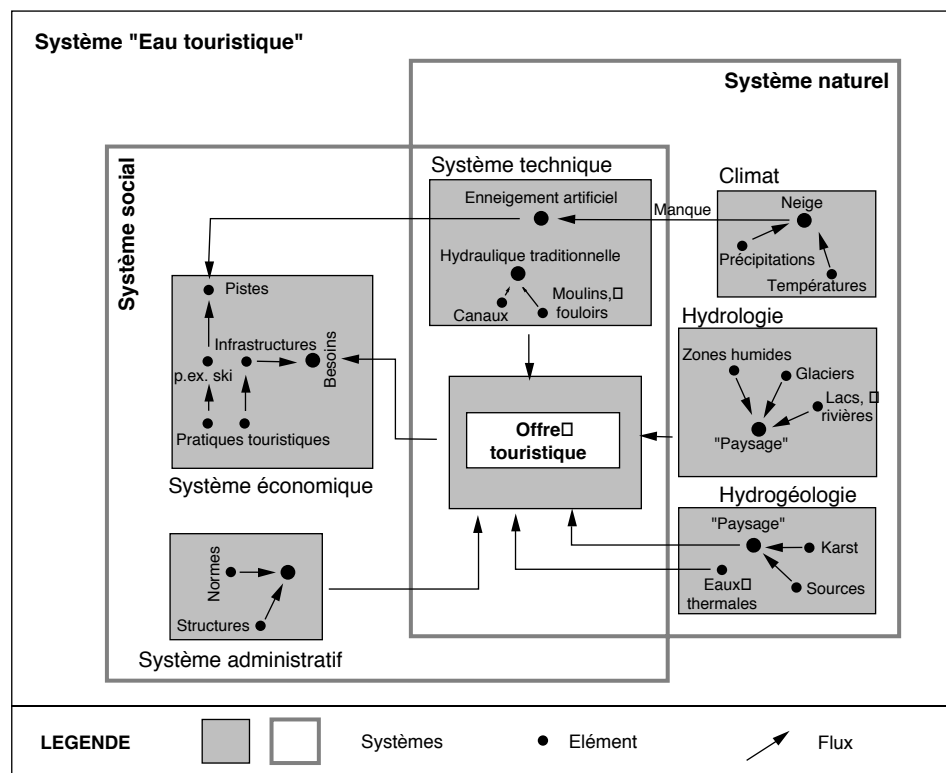


Fig. 3.20 Structure du sous-système « Eau comme offre touristique » d'une station touristique de montagne

Dans la partie empirique de cette étude, je discuterai la structure et le fonctionnement de ces modèles théoriques dans les deux stations d'étude. J'étudierai tout d'abord le système « ressources » (chap. 5), puis j'analyserai le système « utilisations » (chap. 6), en me référant aux quatre modèles décrits ci-dessus.

Mais, afin de comprendre les conditions locales qui influencent le fonctionnement de ces différents systèmes, je présente maintenant les deux stations étudiées. J'organise mon propos en quatre parties. Premièrement, je retrace brièvement l'évolution historique de la perception des **Alpes** par ses habitants et ses usagers. Ce tableau permettra d'intégrer les particularités des deux stations étudiées dans un cadre plus large, celui du développement de la chaîne alpine. Dans un deuxième temps, je focalise l'attention sur les deux stations choisies en précisant trois aspects principaux : le **cadre naturel**, utile pour comprendre le fonctionnement du système « ressources », le **développement historique récent**, qui donnera plusieurs clés de compréhension sur le fonctionnement du système « utilisations », et finalement la **structure démographique**, principalement en termes de population touristique temporaire, nécessaire à la quantification des usages et à l'appréciation de la pression sur la ressource.

## 4. Les stations étudiées

*Ainsi Crans-Montana vit-elle dans une ambiance de mots croisés, à la fois horizontale et verticale.*

Geneviève Praplan, Journal de Genève, 5.10.1994

*Sur son plateau, riant, somnole  
Haute-Nendaz sur terrain gras.  
Des beaux gains son peuple raffole:  
A coup sûr, il acceptera*

Jean-Pierre Michelet, *La voix de la Printse*, in: Le Livre du Souvenir, 1957.

### 4.1 Deux stations au coeur des Alpes

#### 4.1.1 Les Alpes : une perception marquée par ses « découvertes successives »

La montagne<sup>1</sup>, comme tout terme commun et largement répandu, recouvre un large spectre de définitions et, comme le note très justement Raoul Blanchard dans sa préface à l'ouvrage de Jules Blache *L'homme et la montagne* « une définition même de la montagne, qui soit claire et compréhensive, est à elle seule à peu près impossible à fournir » (in BLACHE 1933). L'utilisation massive du terme, tant dans la langue courante que dans le langage scientifique, notamment celui des géographes, ainsi que l'acceptation courante d'une définition floue, ou du moins de l'existence d'une spécificité de l'espace considéré par rapport aux régions environnantes, ont suscité de nombreuses interrogations (cf. VEYRET & VEYRET 1962, DEBARBIEUX 1989) quant à la légitimité d'utiliser ce terme dans la production scientifique. Ces auteurs concluent qu'il s'agit d'en préciser les contours afin de poser clairement les bases du problème étudié.

C'est ce que je vais faire, en constatant que l'on se trouve en face d'un spectre de définitions qui sont apparues, et se sont **superposées**, petit à petit à mesure que les Alpes étaient découvertes et appropriées par différents acteurs, tant autochtones qu'allochtones. Il en résulte une série de définitions étroitement dépendantes des représentations que ces différents acteurs se font de l'espace montagnard, qui elles-mêmes sont le reflet tant de la toile de fond socio-culturelle et économique de ces acteurs que de leurs projets d'action sur cet espace. Afin de comprendre cette superposition de définitions, il s'agit donc de retracer brièvement l'histoire de la « découverte » des Alpes, une histoire qu'on pourrait diviser en six grandes étapes.

---

<sup>1</sup> J'analyse uniquement l'espace montagnard alpin.

## La montagne comme espace de vie « homogène » pour des populations autochtones

Jusqu'au XVII<sup>e</sup> siècle, les Alpes peuvent être considérées comme un ensemble relativement homogène caractérisé par un relief accentué aux différences d'altitude importantes, un climat rude et des populations aux modes de vie, aux savoir-faire économiques et artisanaux et aux pratiques culturelles plus ou moins identiques (VEYRET & VEYRET 1966) sur lequel le citadin des régions centrales pose un regard apeuré (ne parle-t-il pas des « monts affreux » ?) et/ou condescendant. Dans l'esprit des acteurs autochtones la montagne est un espace physique auquel il faut s'adapter et qu'il s'agit de maîtriser afin de tirer les ressources nécessaires à la vie.

## L'œil du scientifique et l'œil du voyageur ou le choc de la rationalité et de la sensibilité

Avec les débuts de l'industrialisation et la naissance d'une classe bourgeoise oisive et voyageuse, et notamment à la suite de Rousseau et de son roman *La Nouvelle Héloïse* (1761), naît un mouvement général d'intérêt pour la nature, pour lequel la montagne, déjà parcourue depuis la Renaissance<sup>2</sup> par quelques rares scientifiques intéressés à sa flore et sa faune spécifiques, prend peu à peu, dès le début du XVIII<sup>e</sup> siècle une connotation **ludique** se superposant à sa vocation séculaire, purement fonctionnelle, d'espace de vie, de passage et de commerce (cf. GUICHONNET 1980).

Dans l'esprit de ces nouveaux voyageurs, la beauté des paysages alpins est étroitement liée à l'aspect imposant, voire effrayant, du spectacle qui s'offre à leurs yeux, spectacle mêlé « d'étrange et de démesure », parfois d'exotisme, qui a pour effet de faire naître dans l'esprit du voyageur un sentiment de **sublime** (RABUT 1988, LACROIX 1988, REICHLER 1994). Les descriptions de ces voyageurs deviennent ainsi plus une représentation métaphorique de leur propre imaginaire, « tributaire du prisme déformant de la sensibilité » (LACROIX 1988) qu'une transcription fidèle et objective de la réalité.

A la même époque, les **scientifiques** commencent à arpenter la montagne, avec la volonté de lire dans le « Grand Livre de la Création », dans ce « laboratoire de la Nature » que constitue la montagne (BROC 1984). Cette approche naturalistique privilégie les relevés, les collectes de toutes sortes<sup>3</sup>, les observations minutieuses. La montagne devient une véritable mine d'informations qu'il s'agit de relever, collecter, classer<sup>4</sup>. Souvent l'œil du naturaliste et celui de l'artiste se combinent. Il n'est que de lire les descriptions de Saussure pour s'en convaincre.

<sup>2</sup> Mais avec une parenthèse durant le XVII<sup>e</sup> siècle, surtout français, qui ne voit dans les montagnes qu'un ensemble désorganisé, échappant à toute tentative de classification, si chère à l'esprit cartésien de l'époque, opposant leur démesure à la « volonté de mise en ordre » des élites du moment (WALTER 1992).

<sup>3</sup> « Partout, avant et après Rousseau, dans les élites, on herborise » (CRETIAZ 1991).

<sup>4</sup> Pour une analyse exhaustive de cet aspect, voir BROC (1991).

## Les débuts du tourisme et le développement de la connaissance scientifique de la montagne

Plus tard, vers le milieu du XIXe siècle, dans certaines vallées (Zermatt, Chamonix, Oberland Bernois), c'est le propre regard des autochtones sur leur cadre de vie qui va profondément changer. La montagne, qui s'était bornée jusque là à n'être qu'une terre plus ou moins nourricière, parfois meurtrière, et qu'il avait fallu apprivoiser afin d'en déjouer les dangers et de mettre à profit les bienfaits, devient « **un terroir non agricole à exploiter** » (DEBARBIEUX 1988), ouvrant ainsi la voie à un processus d'appropriation de la montagne à des fins touristiques par ses habitants, mettant un terme à plus d'un siècle d'utilisation plus ou moins passive de la valeur touristique de leur environnement. Cette découverte sportive, ludique de la montagne est l'œuvre principale des aristocrates et bourgeois anglais et plus tard des clubs alpins anglais et des pays de l'arc alpin. Avec cette nouvelle « utilisation » de la montagne, le pôle d'intérêt se déplace de ce que nous appelons actuellement la « moyenne montagne » vers la « haute montagne ». Dans bien des vallées alpines, ce processus prendra toute son ampleur dans la deuxième moitié du XXe siècle, avec le développement du tourisme hivernal de masse d'après-guerre.

## Au tournant du XXe siècle : l'aménagement et l'industrialisation des Alpes

Dès la seconde partie du XIXe siècle, et notamment pour favoriser le développement des activités touristiques, les Alpes vont peu à peu être **aménagées** : constructions de voies d'accès ferroviaires et routières, d'hôtels et d'auberges et surtout endiguement et correction des cours d'eau. Le Haut Rhône valaisan sera ainsi presque complètement endigué en deux phases (1863-1884 et 1928-1961). La bonification des terres de plaine provoque un transfert des activités économiques des vallées de haute montagne vers les grandes vallées principales dans lesquelles pénètre de surcroît le chemin de fer. C'est également durant cette période que, prenant conscience des dangers d'une déforestation massive des versants alpins, les différentes autorités prennent des mesures de protection des forêts alpines. Ainsi, en même temps que la montagne devient un **terrain d'action pour l'aménageur**, elle est également appropriée comme **objet d'intervention de la part de l'administration** (ZUANON 1982).

Au tournant du siècle, ce sont les **industriels** des régions centrales qui commencent à s'intéresser aux potentialités économiques des Alpes, principalement à ses ressources hydrauliques. La construction des premières installations hydroélectriques permet la pénétration de la grande industrie dans les fonds de vallée (ex. Alusuisse et Lonza dans la plaine du Rhône valaisan).

Ces processus d'aménagement et d'industrialisation n'ont que rarement été le fruit d'une prise en charge endogène du développement (à part les travaux de protection contre les crues), mais sont avant tout le résultat de l'apport extérieur de capitaux, provoquant ainsi une situation de **colonisation partielle de l'espace montagnard par des acteurs**

**allochtones.** Cette période d'industrialisation et d'intensification de l'agriculture de plaine voit également la naissance (ou plutôt l'accentuation) de **mouvements migratoires** des hautes vallées vers les centres infra-alpins (vallées principales, villes de piémont, centres urbains alpins) d'une part et du massif alpin vers les régions centrales de plaine d'autre part. Ces migrations provoquent une différenciation importante de l'espace alpin entre des régions extrêmement défavorisées, en proie à une désertification humaine et à une déprise agricole accentuées, et des zones plus dynamiques, bien que toujours soumises à la volonté des centres de décision situés en dehors de l'arc alpin.

La montagne n'est donc plus un ensemble physique et socio-économique homogène, mais devient un espace globalement sous-développé, divisé en plusieurs sous-ensembles, en **plusieurs « montagnes »**, fragments aux réalités environnementales et humaines très diverses, et qui n'ont fait qu'accentuer des déséquilibres déjà existants, mais masqués jusque là par un développement et un mode de vie traditionnels plus ou moins identiques dans les différentes vallées (SALGARO 1994).

### L'après-guerre : la tertiarisation des Alpes et le développement fulgurant du tourisme de masse

A partir des années cinquante, le processus de dépopulation est en partie stoppé par le développement rapide du tourisme de sports d'hiver. Au clivage industriel va se superposer un nouveau clivage, que l'on pourrait appeler « tertiaire », induit par le développement touristique discontinu dans l'espace et concentré sur quelques sites privilégiés, particulièrement favorisés par leurs caractéristiques paysagères et/ou topographiques, et parfois grâce à la ténacité de promoteurs, publics ou privés, tant locaux qu'extérieurs. Sélectif dans l'espace, le tourisme l'est également à l'intérieur même des centres touristiques, dans la mesure où un nombre restreint de personnes est concerné par le phénomène (De VECCHIS 1988). Le dépeuplement n'est donc pas bloqué, mais seulement atténué.

La montagne devient ainsi un espace de jeu, en quelque sorte **le poumon vert de l'Europe**. Le tourisme transforme la montagne d'un milieu hostile en milieu accueillant, antidote de la vie urbaine moderne (GERBAUX 1979).

### La prise en compte partielle de la valeur écologique et de la fragilité de l'arc alpin

Le développement parfois anarchique et souvent technocratique du tourisme alpin, avec son lot d'aires tentaculaires vouées à la construction de résidences secondaires et d'aménagements routiers et sportifs de grande envergure, avec son effet de banalisation des modes de vie traditionnels et de transposition des valeurs urbaines à la montagne, provoque dès les années soixante une levée de boucliers de la part d'**organisations de protection de la nature** qui voient dans l'expansion du tourisme de masse et dans le développement massif

d'installations hydroélectriques une manière de dilapider la valeur patrimoniale que constituent les écosystèmes alpins<sup>5</sup>. Ces organisations, souvent dirigées et gérées par des acteurs extérieurs à l'arc alpin, vont donc s'opposer, parfois systématiquement, aux grands projets industriels et touristiques (ex. liaisons de domaines skiables). Ces actions débouchent d'une part sur une série de lois à forte connotation écologique (ex. La Loi sur la protection des eaux helvétique de 1991) et d'autre part, à l'aube des années 90, sur le projet de **Convention sur la protection des Alpes** que j'ai présenté dans le chapitre introductif.

Dans le même temps, et dans la foulée de la promotion d'un tourisme mieux en accord avec la nature (« tourisme vert », « tourisme doux »), la moyenne montagne s'affirme de plus en plus comme un nouvel espace de récréation pour les populations urbaines attirées par le « mythe rural » que constitue la moyenne montagne comme espace fortement anthropisé, « plus culturel que naturel », aux pratiques culturelles diversifiées et aux modes de vie traditionnels attachés aux vraies valeurs (GUMUCHIAN 1984).

## Synthèse

Ainsi, la montagne, espace vital des populations autochtones, mais délaissée par le citadin des régions centrales jusqu'au XVIIe siècle, va être découverte (ou redécouverte) par toute une série d'acteurs qui proposent **chacun une nouvelle définition, produit de leur perception** de cet espace. Ainsi, vont se succéder les peintres, les poètes et les scientifiques dès la fin du XVIIe siècle, les alpinistes et les « touristes » dès la fin du siècle suivant, puis les industriels et les aménageurs au début du XXe siècle, suivis des promoteurs touristiques à partir du second conflit mondial et finalement des tenants de la pensée écologiste à partir des années 60. Les différentes approches ne remplacent pas les anciennes, mais se superposent plutôt en les assimilant partiellement, tout en provoquant une certaine transformation dans la perception qu'ont les autochtones de leur propre espace de vie. C'est par exemple à travers le regard des artistes et des alpinistes qui leur révèlent la beauté paysagère de leur espace, jusque là à vocation essentiellement vivrière, que les populations indigènes prennent conscience des potentialités touristiques de cet espace. De même, c'est le regard du citadin qui provoque une réactivation (ou le maintien artificiel) de pratiques ancestrales à vocation purement touristique et folklorisante.

La combinaison des paramètres physiques et de l'implantation humaine, appréhendés dans une perspective à la fois spatiale et temporelle, débouche ainsi sur une montagne vue comme un **espace de vie marqué par les contraintes des conditions physiques et climatiques qui ont induit un développement historique, économique et social, très souvent différents des espaces de plaine et de piémont, marqué par le maintien de pratiques et de modes de vie traditionnels jusqu'à**

---

<sup>5</sup> On ne saurait toutefois considérer que cette prise en compte de la nécessité de ne pas tout sacrifier au développement des activités humaines ne se fait qu'à ce moment-là. Elle est en fait présente en filigrane depuis le XVIIIe siècle et s'affirme au début du XXe siècle, avec la définition de parcs naturels dans l'arc alpin. En Suisse le Parc National est créé en 1914, neuf ans après la fondation du *Heimatschutz* et cinq ans après celle de la Ligue suisse pour la protection de la nature.

**l'aube du XXe siècle, et parfois plus, et par une forte émigration, en raison de la rareté des ressources, et qui, avec l'expansion du tourisme et l'implantation de l'industrie hydroélectrique, a subitement plongé dans la modernité, provoquant ainsi des effets déstabilisateurs tant dans la société<sup>6</sup> (cf. RABOUD, 1992) que sur l'environnement naturel.**

## 4.1.2 La politique de la montagne en Suisse

La Suisse a été parmi les premiers pays de l'arc alpin à développer une politique de la montagne, avec l'adoption en 1929 de la **Loi sur l'agriculture**, qui fait mention de la spécificité de l'agriculture de montagne et qui est à la base du soutien aux régions de montagne (GUERIN 1984a). En 1943, l'Union suisse des paysans crée le Groupement suisse pour la Population de Montagne. A partir de 1951, la Loi fédérale sur l'agriculture<sup>7</sup> accorde des subventions pour l'amélioration du logement; depuis 1959, les paysans de montagne obtiennent des subventions par tête de bétail, et à partir de la fin des années 80, des subventions écologiques sont également accordées pour le maintien des paysages ruraux traditionnels. Cette tendance s'est renforcée avec l'entrée en vigueur de la nouvelle politique agricole fédérale<sup>8</sup>.

C'est au début des années 70 que la Confédération amorce une politique économique globale pour les régions de montagne, basée sur les quatre principes de la régionalisation, d'une vision économique globale (et non sectorielle), de la viabilité économique des interventions et de la coordination des efforts (LIEBERHERR 1979) et qui débouche sur l'adoption de la *Loi fédérale sur l'aide en matière d'investissements dans les régions de montagne* (LIM), du 28 juin 1974 (RS 901.1)<sup>9</sup>. L'esprit de cette loi, qui définit un certain nombre de micro-régions homogènes, est d'inciter ces régions à développer des études (financées à 80 % par la Confédération) destinées à mettre au point des stratégies de développement. Elle vise surtout à répondre aux besoins des régions de montagne agricoles et touristiques. L'aide fédérale consiste en un financement complémentaire (25 % des frais au maximum) de projets d'infrastructures, notamment les installations d'adduction d'eau, en accordant ou en cautionnant des prêts sans intérêts ou à faible taux. La LIM prévoit le regroupement des communes en **associations intercommunales** pour la réalisation d'infrastructures telles que voies de communication, services publics, ouvrages d'épuration des eaux et d'élimination des ordures, infrastructures sportives, culturelles, de santé publique, d'enseignement.

<sup>6</sup> Voir également sur le sujet CRIVELLI (1994).

<sup>7</sup> *Loi fédérale sur l'amélioration de l'agriculture et le maintien de la population paysanne* du 3 octobre 1951 (RS 910.1), dont l'article 2 spécifie que « les conditions difficiles de production et de vie dans les régions de montagne seront prises particulièrement en considération ». RS = Recueil systématique du droit fédéral.

<sup>8</sup> Voir notamment le *Message concernant la modification de la loi sur l'agriculture* du 27 janvier 1992 (FF, 1992/2) et le *Message concernant la réforme de la politique agricole : deuxième étape (Politique agricole 2002)* du 26 juin 1996 (FF, 1996/4). FF = Feuille fédérale de la Confédération suisse.

<sup>9</sup> Depuis 1997, un arrêté fédéral élargit à certaines conditions l'aide financière de la Confédération à d'autres régions du pays (*Arrêté fédéral instituant une aide à l'évolution structurelle en milieu rural* du 21 mars 1997, RS 901.3)



Selon la LIM, les régions de montagnes sont celles « dont la majeure partie est située dans le territoire circonscrit par le cadastre de la production animale » (art. 2). Selon ce dernier<sup>10</sup>, la région de montagne comprend quatre zones allant des sites bien situés (zone de montagne I) aux sites montagneux les plus défavorisés (zone de montagne IV)<sup>11</sup>, les limites étant fixées en tenant compte des conditions climatiques et topographiques, de l'accès (voies de communication) et de caractéristiques de production agricole. Les régions de montagne ne sont ainsi pas définies selon le seul critère de l'altitude. Les conditions de production agricole (durée de la végétation, pluviosité, déclivité, possibilité d'utiliser des machines, etc.) constituent un critère tout autant important (VALLARCHÉ 1974). A l'article 6, la LIM définit la région comme « un groupement de communes étroitement unies géographiquement et économiquement, qui se proposent d'exécuter en commun une partie de leurs tâches », donnant ainsi une définition très territoriale et économique. Les différentes « régions LIM » créées suite à l'entrée en vigueur de la loi couvrent environ les 2/3 de la superficie du pays et représentent le quart de la population. La *Loi fédérale sur l'aménagement du territoire* (LAT) du 22 juin 1979 (RS 700) ne prévoit quant à elle aucun régime particulier aux régions de montagne.

De ce qui précède, on retiendra qu'en Suisse, la montagne, malgré la faible part de population qu'elle représente, joue un rôle de premier plan dans l'élaboration des politiques d'aménagement, autant en raison de la superficie qu'elle recouvre que du rôle majeur qu'elle a joué dans le développement du pays, par sa position charnière entre le nord et le sud du continent et par la beauté de ses paysages à la base de l'expansion du tourisme. La montagne jouit de ce fait d'une certaine protection et promotion dont bénéficient les communes situées en son sein. Les sept communes d'étude font toutes partie de la montagne alpine suisse, tant du point de vue topographique, que culturel, qu'administratif.

Voyons maintenant quels ont été les critères de choix des deux stations.

### 4.1.3 Les critères de choix des deux stations

Le choix des stations de Crans-Montana-Aminona et Nendaz a été motivé par la volonté d'étudier deux ensembles touristiques aux caractéristiques relativement diverses. En effet, la première est une station assez ancienne, de la deuxième génération (fin du XIXe siècle), alors que Nendaz ne s'est développée que dans la seconde partie du XXe siècle. Il s'ensuit une série de particularités structurelles et morphologiques que je développe ci-dessous. Une seconde grande différence est constituée par la structure politique. Crans-Montana-Aminona s'étend sur le territoire de six communes alors qu'à Nendaz, les contours de la station sont inclus dans les limites communales. Les modalités de la gestion des ressources en eau seront donc assez opposées. Finalement, les deux stations sont situées de part et d'autre de la vallée du Rhône (cf. fig. 4.1), avec des contextes géologique,

<sup>10</sup> Ordonnance concernant le cadastre de la production agricole et la démarcation des zones (Ordonnance sur le cadastre de la production agricole) du 17 avril 1991 (RS 912.1).

<sup>11</sup> Les six communes du Haut-Plateau (voir plus loin) sont situées dans la région II, alors que la commune de Nendaz s'étale des régions II à IV, à l'exception d'Aproz, appartenant à une zone de plaine.

morphologique et climatique différents. La structure de la ressource est ainsi assez différente.

Nendaz a également été choisie car elle est située au cœur d'un vaste complexe hydroélectrique en phase d'extension. La station offre donc un terrain particulièrement adéquat pour l'étude des relations entre le secteur hydroélectrique et les autres usagers de la ressource en eau. Sur son territoire sont également situées des sources d'eau minérale qui permettent le même type de réflexions sur les relations entre l'utilisation de l'eau pour la production d'eau minérale et les autres usages. Les deux stations ayant principalement développé un tourisme de ski, elles offrent un cadre idéal pour l'étude de la demande d'eau pour l'enneigement artificiel.

Dans certains cas, j'illustrerai le propos au moyen d'exemples pris dans d'autres stations alpines.

Ci-dessous, je précise certaines caractéristiques des deux stations étudiées. Je m'attache principalement à décrire le cadre naturel, historique et démographique. Les caractéristiques naturelles sont importantes pour comprendre le fonctionnement du système « ressources », les composantes historiques permettent d'appréhender certaines logiques d'acteurs, tandis que l'étude de la structure démographique permettra de quantifier certains usages d'eau, notamment de l'eau potable.

## 4.2 Le cadre naturel

### 4.2.1 Crans-Montana-Aminona

#### Cadre géographique

Située dans le Valais central (cf. fig. 4.1), la station de Crans-Montana-Aminona fait partie d'un ensemble topographique relativement homogène, limité à l'ouest par la vallée de la Liène et son affluent principal, l'Ertentse, et à l'est par la vallée de la Raspille<sup>12</sup>. Au Nord, cet ensemble est limité par la crête des Alpes Bernoises (Rohrbachstein 2950 m - Wildstrubel 3243 m - Schwarzhorn 3105 m) dans laquelle se niche le glacier de cuvette de la Plaine Morte<sup>13</sup>. Au sud, le coteau relativement pentu se termine brusquement dans la plaine alluviale du Rhône. Tout le secteur est globalement incliné vers le SE.

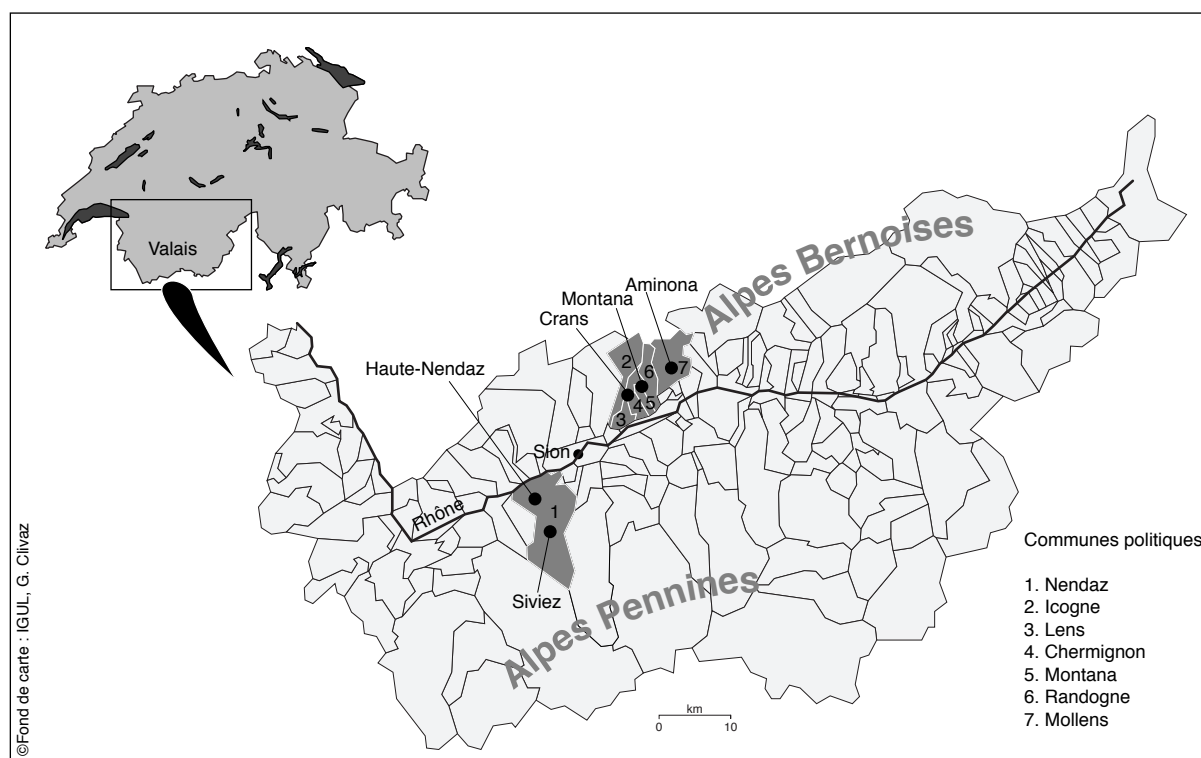


Fig. 4.1 Situation des deux secteurs d'étude par rapport au découpage politique du Valais.

Dans le détail, on peut mettre en évidence d'une part une série de **bandes parallèles** WSW-ENE étagées entre la plaine et la crête des Alpes Bernoises et d'autre part un changement progressif de topographie d'ouest en est. Cela peut être illustré en construisant trois

<sup>12</sup> La Raspille est nommée Tièche dans sa partie amont. Elle prend le nom de Raspille dès 1150 m d'altitude à l'aval du village de Cordona, là où elle reçoit un affluent sur sa rive gauche, la Pauja.

<sup>13</sup> Les extraits de carte topographique des annexes 4.1 et 4.2 permettent de repérer les principaux toponymes utilisés. Les noms de lieux suivent en général l'orthographe de la Carte nationale de la Suisse (Office fédéral de topographie).

coupes SE-NW. La première (fig. 4.2, bas), qui joint la station de Granges au talweg de la Liène, en passant par Lens et Icogne, montre tout d'abord un coteau escarpé (pente moyenne 80 %) occupé par des vignes, entre 500 et 800 m d'altitude, puis par un paysage bocager jusqu'au village de Lens (alt. 1100 m), construit sur un replat topographique. A partir de l'Etang du Louché, on entre dans le flanc à nouveau très pentu de la vallée de la Liène, sur lequel est situé le village d'Icogne (alt. 1025 m). La seconde coupe, qui relie Noës au Mont Lachaux en passant par Montana-Village et la station de Montana, montre la même configuration que la coupe occidentale dans sa partie basse, jusqu'au village de Montana à 1200 m, construit sur un replat à l'image de celui de Lens. Le village est relié à la station de Montana (alt. 1500 m) par un versant enforesté de pente assez forte (40 %). Plus à l'ouest, la transition entre Chermignon et Crans est du même style. Le versant régulier qui domine la station est enforesté jusque vers 1900-2000 m; à partir de là, on entre dans le domaine des alpages où sont tracées la plupart des pistes du domaine skiable de la station. Un peu plus à l'est, une coupe rejoignant Miège au Sex Mort en passant par Aminona et le Petit Mont Bonvin montre une configuration assez différente : le coteau occupé par le vignoble est plus irrégulier et moins pentu qu'à l'ouest. Le versant compris entre 800 et 1500 m, qui à l'ouest correspond à l'étage des villages, est ici couvert de forêts et présente des pentes fortes (70 % en moyenne). Le site occupé par la station d'Aminona est lui-même assez peu dégagé et beaucoup moins plat que la région de Crans et Montana. Entre 1500 et 2000 m, le versant assez régulier ressemble à celui qui domine la grande station à l'ouest, alors que plus haut, la topographie devient plus irrégulière, alternant de hautes parois rocheuses verticales et des vires herbeuses ou des pentes d'éboulis.

La **végétation** est étagée en fonction de ce compartimentage longitudinal. Aux vignes qui occupent le coteau, de la plaine à 800 m environ, succède un bocage qui alterne prairies et forêts de feuillus, puis de conifères, jusque vers 1500 m. Plus haut, une bande de conifères (entre 1500 et 2000 m environ) interrompue par des tranchées relie la station à l'étage de la pelouse alpine qui occupe les parties hautes du versant. Plus haut, à partir de 2500 m, on entre dans le domaine exclusivement minéral.

L'occupation du lieu par l'homme est également fortement marquée par cet étagement. Le vignoble correspond à un premier étage d'habitat constitué par d'anciens villages à occupation temporaire pour les travaux de la vigne (RABOUD-SCHÜLE 1994). Ces villages, Chelin, Vaas, Ollon, Corin, etc. sont actuellement habités toute l'année. Le niveau bocager (800-1500 m) correspond également à l'étage des villages principaux (Icogne, Lens, Chermignon d'en Haut et d'en Bas, Montana-Village, Bluche, Randogne, Mollens). La station de Crans-Montana et celle d'Aminona se sont développées à l'étage des anciens « **mayens**<sup>14</sup> » vers 1500 m. Plus haut, l'habitat se limite à quelques étables et restaurants d'altitude.

<sup>14</sup> Dans l'économie traditionnelle du Valais (qui s'est maintenue jusque dans les années 50 de notre siècle), il s'agit d'un habitat temporaire de printemps et d'automne, situé entre l'étage des villages principaux, dans lesquelles les familles séjournaient durant l'hiver, et celui des alpages, où le bétail était amené durant l'été. Le terme dérive du mot « mai ».

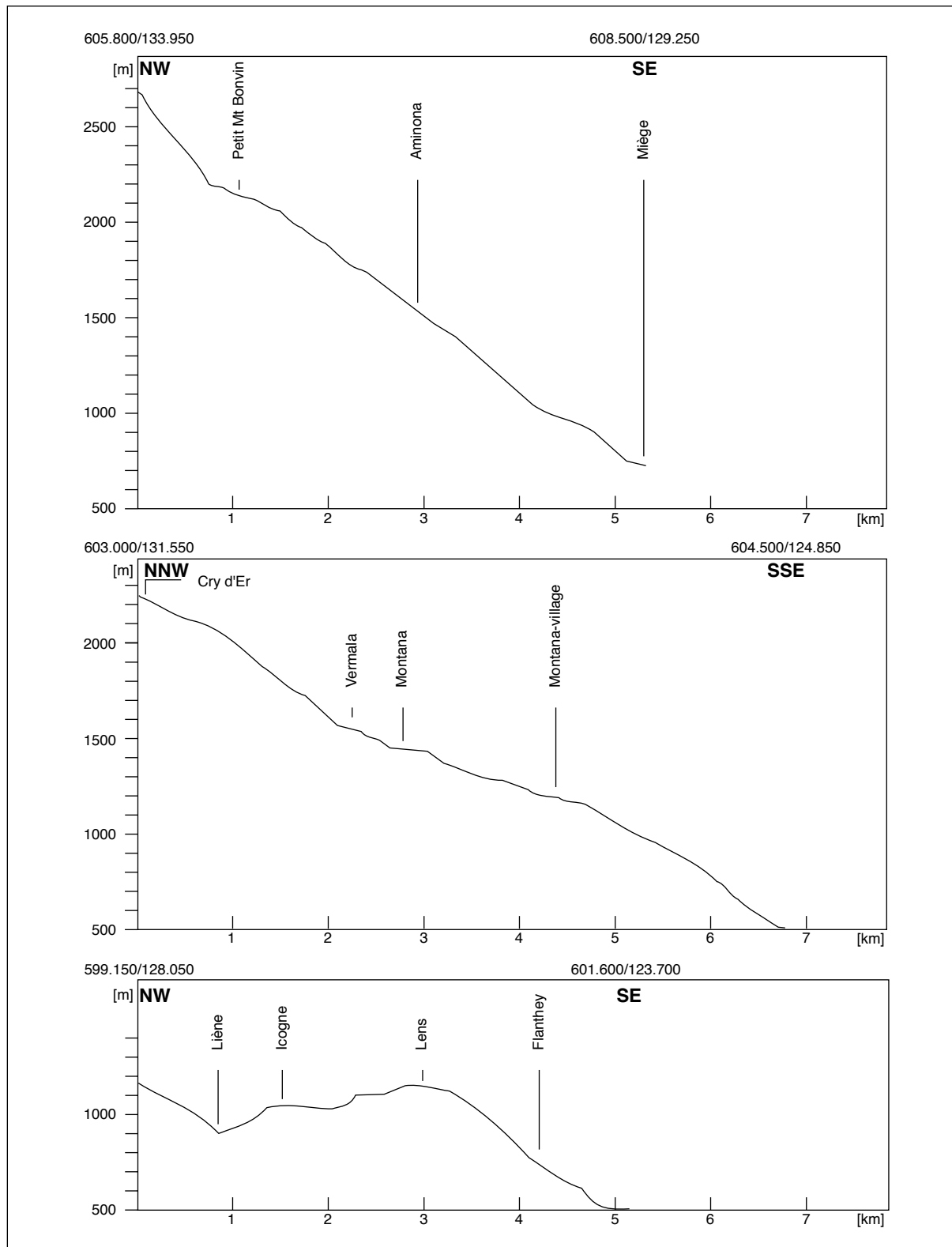


Fig. 4.2 Coupes topographiques à travers la région de Crans-Montana-Aminona

## Hydrographie et hydrologie

La région étudiée peut, du point de vue hydrographique, être divisée en quatre secteurs, d'ouest en est (fig. 4.4) :

- Le **bassin versant de la Liène** (anciennement Rière) limite la station à l'ouest. En raison de la configuration géologique (plongement des nappes vers le SE), il s'agit d'une vallée très dissymétrique. Dans sa partie aval (en dessous de 1200 m), le talweg principal dont la direction est globalement NNE-SSW recueille en rive droite les eaux d'un grand nombre de longs affluents qui entaillent le vaste versant d'Anzère-Ayent. En rive gauche, par contre les affluents sont beaucoup plus courts et coulent sur des pentes très fortes, entaillant les couches de manière anaclinale (voir chapitre géologique ci-dessous). A l'aval de la cote 900, où un petit bassin de compensation hydroélectrique a été construit, la vallée s'encaisse en gorge jusqu'au débouché dans la vallée du Rhône à St-Léonard, où elle a construit un grand cône de déjection plat qui a repoussé le Rhône contre le versant sud de la vallée. A l'amont de la cote 1200, la vallée de la Liène s'élargit et le bassin versant se divise en deux branches : à l'ouest, il est alimenté par les eaux du massif du Wildhorn, tandis qu'à l'est, le bassin versant de l'**Ertentse** draine une partie des eaux du glacier de la Plaine Morte.
- Le Haut-Plateau<sup>15</sup> lui-même voit ses cours d'eau, dont le plus important est la Bonne Eau, s'écouler selon un axe globalement N-S pour se jeter directement dans le Rhône. Ce réseau<sup>16</sup> à écoulement parallèle prend sa source au niveau de la station vers 1500 m.
- Le réseau de la Sinièse, dite Boverèche dans sa partie amont, qui irrigue le secteur oriental de la station (Randogne, Mollens), est semi-dendritique et se raccorde à la plaine par un petit cône de déjection situé à l'est de Sierre. Les cours d'eau prennent généralement leur source sur les hauts de Vermala entre 2000 et 2500 m.
- Le bassin versant de la Raspille est assez similaire à celui de la Liène, quoique de plus petite taille. Ici la dissymétrie du bassin versant est commandée par le plongement axial des unités tectoniques vers le SW.

Les régimes d'écoulement<sup>17</sup> sont les suivants :

- La Liène alimentée par les glaciers du Massif du Wildhorn et de la Plaine Morte a un régime **glacio-nival b** selon la classification de Pardé jusqu'à l'embouchure avec le Torrent de Forniri à 850 m, puis **nivo-glaciaire** à l'aval.
- La Sinièse et la Raspille ont un régime **nival**.

<sup>15</sup> Ce toponyme est souvent utilisé comme synonyme de Crans-Montana, la station formant une bande plane élevée au-dessus de la vallée du Rhône. Il désigne indistinctement la station touristique ou les communes politiques.

<sup>16</sup> Ce réseau est en partie de nature anthropique (voir le chapitre sur l'irrigation).

<sup>17</sup> Il s'agit des régimes naturels, indépendamment de toute influence humaine. Les informations sont tirées de la planche 5.2 *Régimes d'écoulement de l'Atlas hydrologique de la Suisse* (1992-).

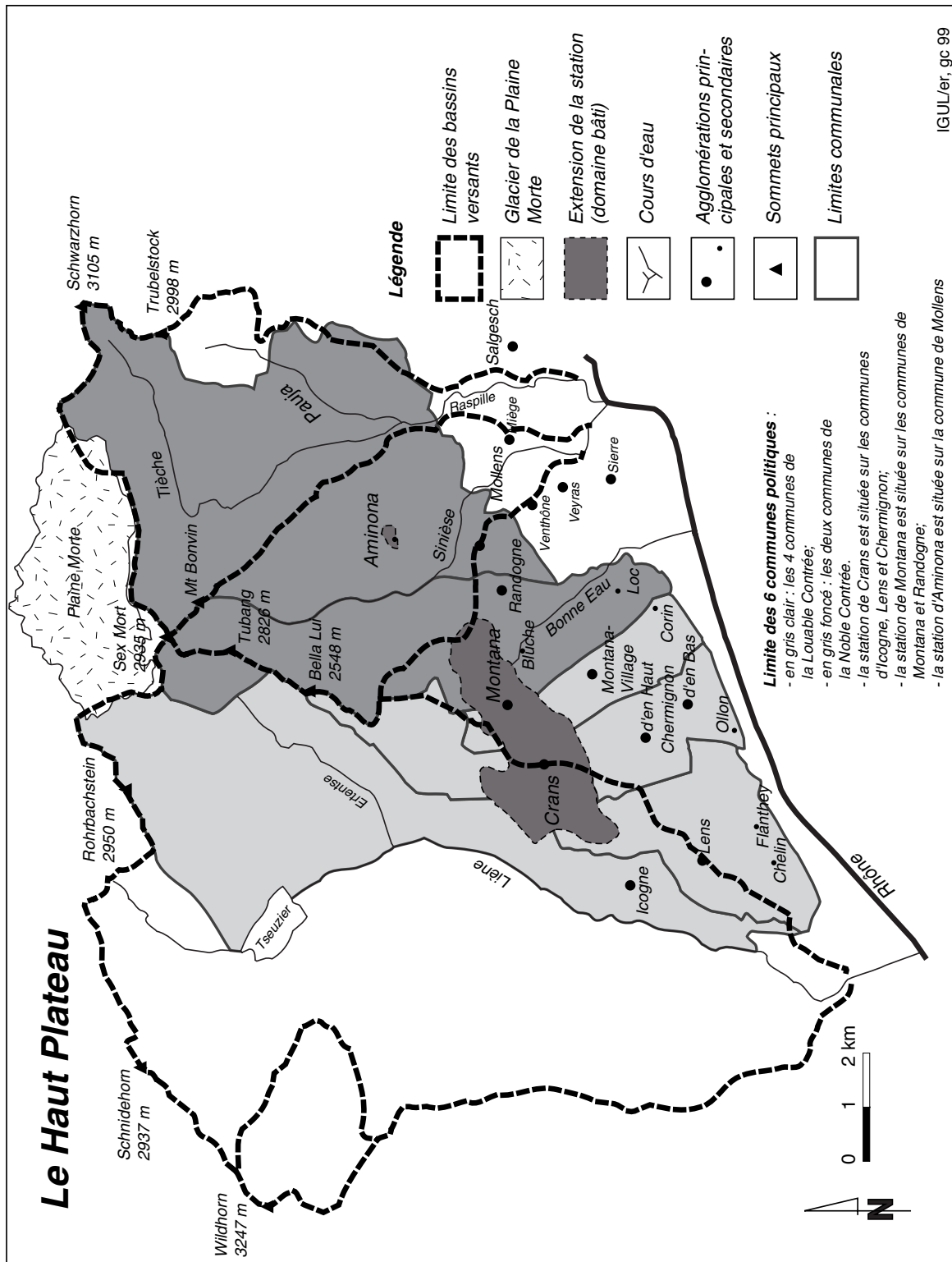


Fig. 4.3 Carte géographique simplifiée du Haut-Plateau.

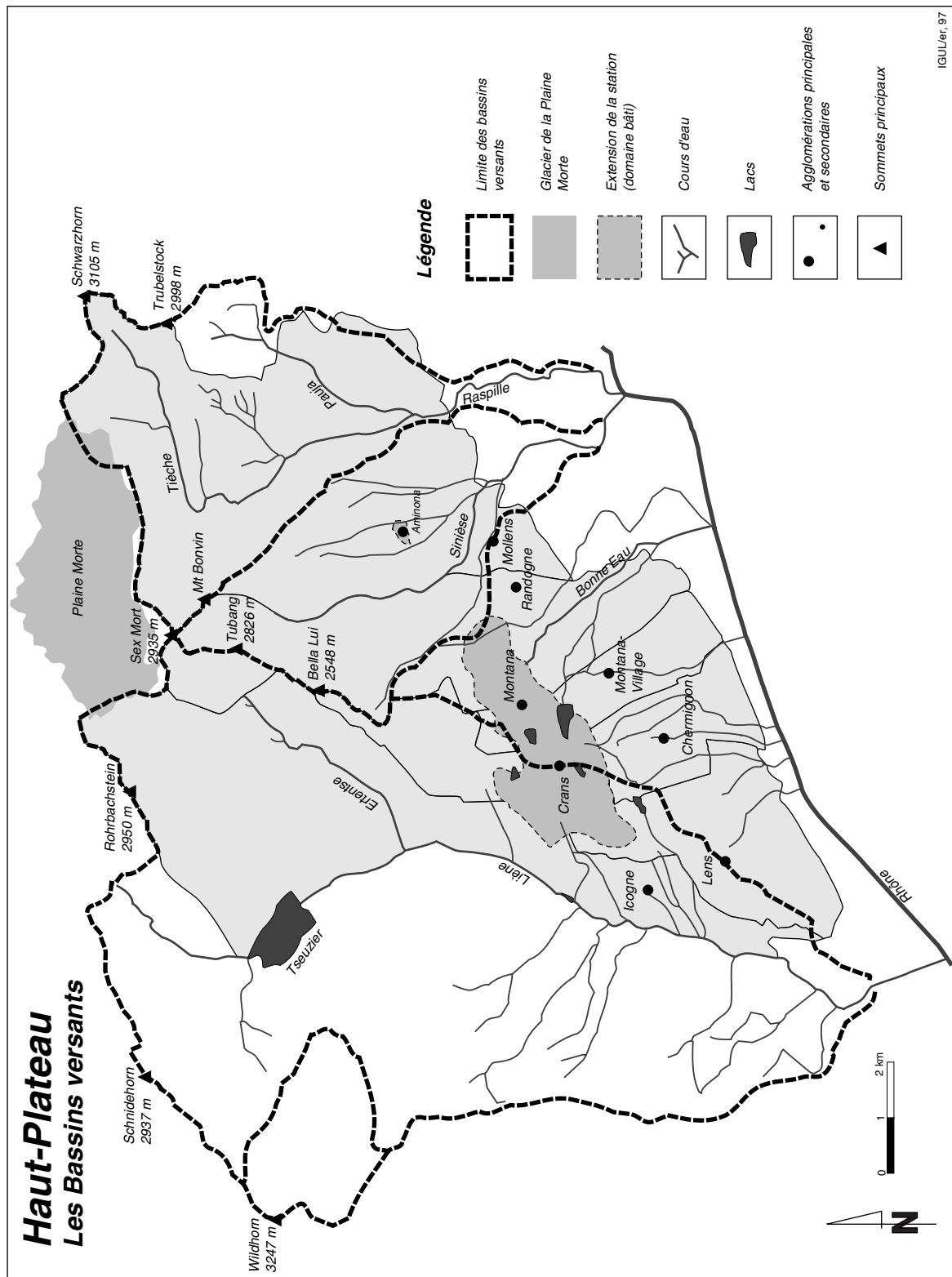


Fig. 4.4 Hydrographie et délimitation des bassins versants de la station de Crans-Montana-Aminona



- Les petits cours d'eau s'écoulant depuis le Haut-Plateau vers le Rhône ont certainement un régime **nival**, voire nivo-pluvial.

Les régimes de la Sinièse et de la Raspille sont naturels, ce qui n'est pas le cas de la Liène. Une grande partie des eaux du bassin versant de l'Ertentse (plus de 80 % du débit annuel moyen)<sup>18</sup> est dérivée dans le barrage de Tseuzier. A l'aval de la confluence de l'Ertentse et de la Liène, 60 à 80 % du débit annuel moyen sont dérivés.

Les débits spécifiques moyens naturels<sup>19</sup> calculés pour la période 1961-1980 donnent une valeur de 26 l/s au km<sup>2</sup> (correspondant à une lame d'eau écoulée moyenne de 823 mm) pour le bassin versant de la Liène et les petits bassins versants drainant le Haut-Plateau et de 34 l/s au km<sup>2</sup> (correspondant à une lame d'eau écoulée moyenne de 1067 mm) pour les bassins versants de la Sinièse et de la Raspille.

Les lacs sont assez peu nombreux et bien localisés :

- Au nord du bassin versant, quelques petits lacs sont alimentés par les eaux de fonte du glacier de la Plaine Morte. Le plus important est le lac de Huiton à 2575 m (602.800/135.700). Un petit lac est également visible dans un cirque au pied du Schwarzhorn à 2843 m;
- Sur le Haut-Plateau lui-même, une dizaine de lacs, souvent orientés selon un axe NE-SW, sont visibles dans des dépressions glaciaires. Ils sont pour la plupart artificiels et jouent le rôle de réservoirs d'eau potable et d'irrigation;
- Dans la vallée de la Liène, le plan d'eau le plus important est le Lac de Tseuzier, limité par un barrage-voûte construit sur un verrou glaciaire;
- Dans le bassin versant de la Raspille, aucun lac n'est visible.

## Géologie

Le Haut-Plateau est situé dans la série de couches calcaires et marneuses de la **nappe du Wildhorn**, à l'est de la dépression axiale du Rawil. Sur le coteau, la Nappe du Wildhorn forme un pli synclinal très effilé, le synclinal du Prabé (BADOUX 1946), que LUGEON (1914-18) avait nommé « synclinal de raccord ». Le Haut-Plateau se situe principalement sur le flanc inverse de ce pli dont le cœur est entaillé au NW par le vallon de l'Ertentse. A l'intérieur et autour de ce pli s'intercalent les terrains plus schisteux et argileux appartenant à l'Ultrahelvétique du Wildhorn, formant les trois nappes de la Plaine Morte, d'Anzeinde et du Sex Mort<sup>20</sup> (BADOUX 1946, 1963). Plus au sud apparaissent des terrains de flysch appartenant à la zone de Sion-Courmayeur (domaine pennique), sous lesquels apparaissent des lambeaux de la nappe ultrahelvétique de Bex-Laubhorn. Les domaines helvétique et pennique sont séparés par un grand chevauchement,

<sup>18</sup> Selon la planche 5.3 *Influence sur les cours d'eau des aménagements hydro-électriques et de la régularisation des lacs de l'Atlas hydrologique de la Suisse* (1992-).

<sup>19</sup> Selon la planche 5.4 *Débits naturels 1961-1980 de l'Atlas hydrologique de la Suisse* (1992-).

<sup>20</sup> Cette dénomination a été donnée par FURRER (1948). BADOUX (1946) la nommait « nappe du Mont Bonvin ».

matérialisé par endroits par des gypses et cornieules du Trias. Tout le système est affecté d'un plongement axial vers le SW (ensellement du Rawil). Pour préciser les choses, je suis les trois coupes topographiques de la figure 4.2, en me basant sur la littérature existante.

Ainsi, en suivant la coupe SE-NW dans la partie occidentale de la station de Crans-Montana, on observe successivement (d'après BADOUX et al. 1959, cf. la coupe de la fig. 4.5) :

- Un **complexe de roches du Trias** entre la plaine et Vaas (gypse, calcaires, quartzites, dolomies et calcaires dolomitiques) formant des **écaillés** très redressés (80-90°). C'est dans ce complexe qu'est situé le Lac souterrain de St-Léonard.
- Ces écaillés chevauchent un ensemble monotone aux couches assez redressées (30-45°) d'alternances de **calcaires gréseux et de schistes** : c'est le flysch de la Zone de Sion-Courmayeur (Couches de St-Christophe, cf. TRÜMPY 1952), appartenant à l'unité de la Pierre Avoi (BAGNOUD et al. 1998). Les villages de Flanthey et de Lens, tout comme la colline du Châtelard (Christ Roi) appartiennent à cet ensemble par ailleurs fortement recouvert par des dépôts morainiques.
- Cette unité du domaine pennique chevauche elle-même la **nappe de Bex-Laubhorn** (Ultrahelvétique). Entre Lens et Icogne se succèdent des couches parallèles d'orientation SW-NE de **calcaires** et de **schistes** du Lias. Cette alternance se prolonge vers le NE jusque dans la région de Crans et de Montana-Station. Les parties schisteuses sont en grande partie masquées par les dépôts morainiques, alors que les niveaux calcaires se suivent de manière plus ou moins continue.
- Les terrains situés sur la rive gauche de la Liène entaillent le flanc inverse du **synclinal du Prabé**. Dans ce versant escarpé, au NW d'Icogne, affleurent les parois de **schistes calcaires du Bajocien**. Au pied du versant, proche du talweg, sont visibles des schistes argileux très fins d'âge callovo-oxfordien.

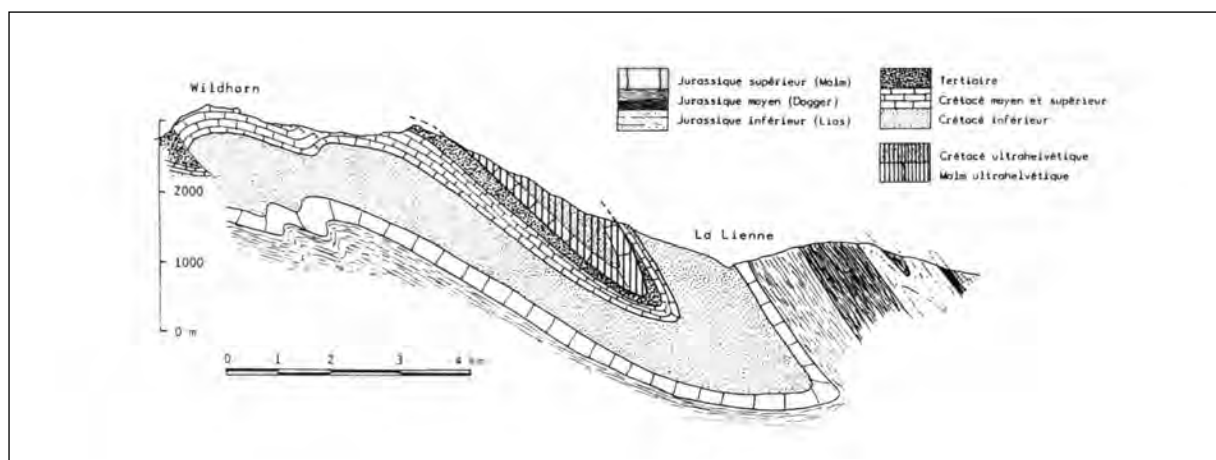


Fig. 4.5 Coupe géologique à travers le bassin versant de la Liène (source : BURRI 1987, p. 119)

La coupe Noës-Mont Lachaux-Vallon de l'Ertentse montre du sud au nord la succession suivante (cf. fig. 4.6) :

- De Noës à l'Etang de la Moubra, on retrouve la même masse monotone de **calcschistes** que le long de la première coupe (zone de Sion-Courmayeur). Ici, les séries du Trias n'apparaissent pas au pied du coteau, car elles sont masquées par l'éboulement de Sierre (cf. BURRI 1955, 1997) et par le cône de déjection de la Bonne Eau. Par contre, on les retrouve plus haut, sous Montana-Village, où ils forment une grande paroi affectée d'une niche d'arrachement de laquelle s'est détachée un éboulement qui sépare les villages de Corin et de Loc (LUGEON 1918).
- Le Haut-Plateau occupe les terrains calcaires et schisteux de la nappe ultrahelvétique de Bex-Laubhorn (voir ci-dessus).
- Le grand versant qui domine Vermala jusqu'à La Chaux est formé de **schistes micacés et de calcaires siliceux du Dogger** appartenant au flanc renversé du synclinal du Prabé (BIANCHETTI 1993b). Les pendages sont plus faibles que sur le coteau (entre 20 et 50°).
- La rive gauche du vallon de l'Ertentse, sous Bella Lui, laisse apparaître une grande paroi de calcaires massifs du Malm supérieur enchâssée entre les schistes du Callovien et de l'Argovien, en dessus, et ceux plus ou moins calcaires du Valanginien et de l'Hauteriven, en dessous. Dans le talweg de l'Ertentse, on touche à la charnière du **synclinal couché du Prabé**, formée de calcaires récifaux à faciès urgonien du Barrémien.

La coupe la plus orientale entre Miège et le glacier de la Plaine Morte, montre du SSE au NNW (cf. fig. 4.6) :

- Des schistes puis des calcaires d'âge valanginien appartenant à la **couverture parautochtone du massif du Gastern**<sup>21</sup>, dans la partie située entre la Sinièse et la Tièche au NW de Miège, jusque vers Aminona (LUGEON 1918).
- Cette unité chevauche la nappe du Wildhorn qui présente au Petit Mont Bonvin un **double pli synclinal couché** (FURRER 1949) : le premier (inférieur) est marqué par les hautes parois calcaires du Malm supérieur formant le Petit Mont Bonvin, le second, dont la charnière a été en partie évidée est formé également de grandes parois de calcaire massif d'âge aptien (faciès urgonien). Entre les deux, un niveau de schistes du Valanginien forme des vires partiellement recouvertes d'éboulis (cf. la coupe de FURRER (1949) en annexe 4.3).

<sup>21</sup> Selon la *Carte tectonique de la Suisse au 1/500'000*, Commission géologique suisse, 1976.

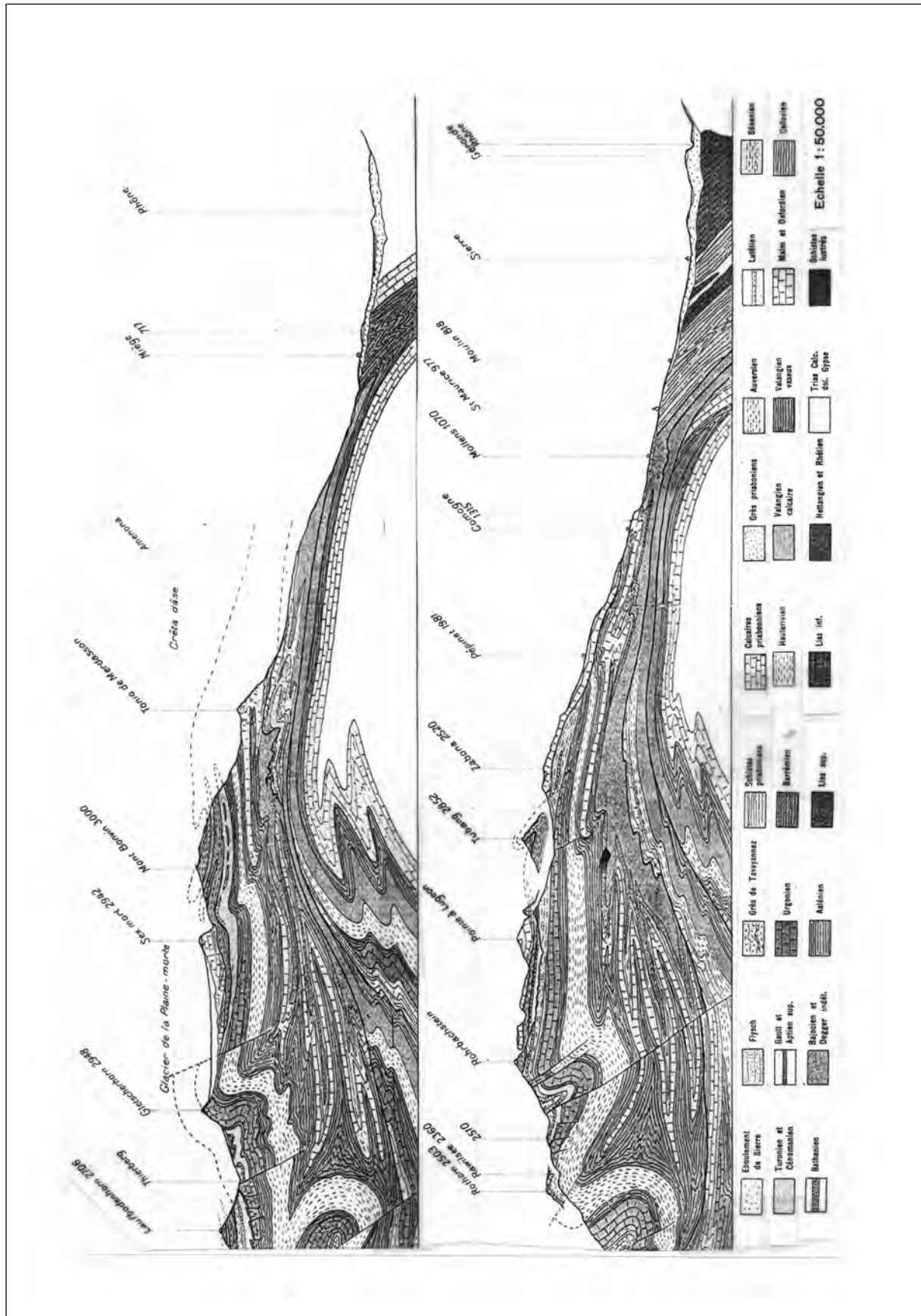


Fig. 4.6 *Coupe géologique à travers le Haut-Plateau (source : LUGEON 1914). Cette coupe ancienne utilise parfois une terminologie géologique qui n'est plus en usage actuellement. Je l'ai conservée telle quelle.*

- Au delà, le synclinal du Prabé est comblé par les ensembles tantôt schisteux, tantôt calcaires, appartenant aux **nappes ultrahelvétiques** de la Plaine Morte, d'Anzeinde et du Sex Mort (BADOUX 1946, 1963). La première est constituée essentiellement de flysch. La nappe d'Anzeinde est composée d'écaillés de terrains formant une série continue allant du Dogger au Crétacé moyen (Albien). La nappe du Sex Mort est formée de roches calcaires du Jurassique supérieur sur lesquelles transgressent des flyschs tertiaires. Le glacier de la Plaine Morte a pris place dans cet ensemble.

La région du Rawil-Sierre constitue une zone à forte sismicité, caractérisée par la présence de failles décrochantes dextres d'orientation E-W (SARTORI, Feuille géologique Sion, en préparation). L'épicentre du fort tremblement de terre survenu dans le Valais Central le 25 janvier 1946 était situé dans cette région (PAVONI 1977, 1980).

## Géomorphologie

La morphologie du site sur lequel s'est développée la station est fortement marquée par les processus glaciaires, dont les traces d'érosion et les délaissés ont été plus ou moins oblitérés par les dépôts relatifs aux processus gravitaires.

L'histoire **glaciaire** du lieu est marquée par l'influence relative du glacier du Rhône et d'appareils locaux de plus petite taille. Durant ses phases d'extension majeure, et notamment lors de la dernière glaciation, dont le maximum se situe vers 18'000 ans BP, le glacier rhodanien a occupé toute la vallée principale, repoussant les glaciers locaux relativement haut dans les vallées. Ainsi, des traces de moraine rhodanienne sont visibles jusqu'à 1800 m d'altitude sur les hauts de Crans<sup>22</sup>. L'activité du glacier du Rhône a eu pour effet d'accentuer la topographie de crêtes et de creux d'orientation NE-SW induite par l'alternance de couches calcaires et schisteuses. Les dépressions ont de plus été colmatées par de la moraine de fond, provoquant ainsi une certaine imperméabilisation responsable du développement de lacs et de zones marécageuses dans ces terrains déprimés. Certaines de ces zones ont ensuite été curées et aménagées pour en faire des réservoirs d'eau d'irrigation (cf. chap. 6.2). Lors de son retrait, le glacier du Rhône a barré le débouché des vallées latérales donnant lieu à la formation de deltas glacio-lacustres et de terrasses de kame dans la vallée de la Liène, sous Icogne (DORTHE-MONACHON 1993).

Au débouché de la vallée de la Raspille, d'éventuels dépôts de ce type ont été recouverts par le gros **éboulement de Sierre** qui recouvre tout le coteau au nord de Sierre entre Miège et Salgesch, ainsi que le fond de la vallée principale entre le Bois de Finges et Noës (BURRI 1955, 1997).

<sup>22</sup> Selon l'Atlas géologique de la Suisse au 1/25'000, Feuille 35, St-Léonard, 1959.

Près de Miège, la moraine locale du glacier de la Raspille recouvre partiellement l'éboulement, témoignant d'une réavancée tardive du glacier local (BURRI 1955, DORTHE-MONACHON 1993). Plus haut, dans les vallons de la Tièche et de la Boverèche, quelques crêtes morainiques retracent des extensions glaciaires anciennes (DORTHE-MONACHON 1993). Elles sont toutefois fortement recouvertes par les éboulis dont des masses considérables recouvrent les versants sous les grandes parois de calcaires (POLETTI & WASER 1995, BROCCARD & REY 1997). A haute altitude (> 2600 m), notamment dans la région du Sex Mort, ces versants sont marqués par des formes de gélifluxion et de cryoturbation (BRUNNER & BIANCHETTI 1984, CAMPICHE 1986, MARTINONI & TAMBURINI 1998).

Entre Montana-Vermala et Aminona, un **glissement**<sup>23</sup> généralisé se détache d'une niche d'arrachement située sous Bella Lui à 2200 m environ et couvre une bande de 2 km de largeur environ jusqu'à Veyras-Muraz (BURRI 1997, NOVERRAZ et al. 1998). Le niveau de décollement se situe dans les couches marno-calcaires de l'Argovien et du Dogger. Les vitesses moyennes se situent entre 3 et 19 mm par année pour la période 1924-1993. Elles sont actuellement en diminution en raison de nombreux drainages (NOVERRAZ et al. 1998). Un autre tassement actif est visible sous Bluche (BURRI 1997). La niche d'arrachement est presque complètement située dans les schistes de l'Aalénien (LUGEON 1918). Ce glissement côtoie l'écroulement de gypse du Boup dont la niche d'arrachement est particulièrement visible sous Montana-Village.

## Hydrogéologie

Les écoulements souterrains sont fortement influencés par la présence d'ensembles très karstifiables, formant des aquifères importants, séparés par des séries imperméables. Les aquifères principaux sont constitués par les calcaires massifs du Malm supérieur et de l'Urgonien et par les calcaires nummulitiques tertiaires. Les calcaires plus siliceux ou schisteux ne présentent qu'une perméabilité de fracture et sont de ce fait des aquifères médiocres (WILDBERGER 1984). Les différents aquifères sont individualisés par les séries marneuses (principalement Aalénien, Valanginien, Callovo-Oxfordien et Barrémien) formant les aquicludes (BIANCHETTI 1993a). Les écoulements karstiques suivent deux orientations de fracturation privilégiée : NE-SW et NW-SE (DECORVET 1992). La couverture quaternaire peut montrer une perméabilité faible à moyenne (moraine) à élevée (éboulis, tassement de Bella Lui).

La haute vallée de la Liène (région de Tseuzier) et le vallon de l'Ertentse sont très riches en sources karstiques. Dans le cadre des travaux préparatoires au percement du Tunnel du Rawil (route nationale N6), celles-ci ont été inventoriées et décrites par WILDBERGER (1981) (cf. annexe 4.4). Elles constituent pour la plupart les exurgences d'un grand aquifère alimenté par les calcaires karstifiés à faciès **urgonien** du Barrémien du flanc normal de la nappe du Wildhorn, dont certains

<sup>23</sup> Noté comme éboulement sur la *Carte géologique spéciale N° 60 « Hautes Alpes Calcaires »* au 1/50'000 dressée par M. Lugeon, 1910.

écoulements alimentent les calcaires hauteriviens sous-jacents (BIANCHETTI 1993a). Le chimisme est de type bicarbonaté-calcique, avec faibles teneurs en sodium. Un traçage effectué en 1975 a montré un transfert de 330 m/h entre le col du Rawil et les sources de la Loquesse (WILDBERGER 1981), traduisant ainsi le régime karstique de ces sources.

Un second aquifère important est constitué par les calcaires fissurés du **Malm** et les calcaires marneux du Dogger. Cet aquifère mis à jour par le percement de la galerie du Rawil et étudié par BIANCHETTI (1993a) est captif et thermal; il se distingue du précédent par un chimisme de type bicarbonaté-sodique avec présence de H<sub>2</sub>S, par des températures approchant 30°C et par un système cloisonné avec des réseaux de fissures verticales saturées relativement indépendantes les unes des autres (BIANCHETTI 1993a). Le débit total des sources de la galerie du Rawil est de 1200 l/min, avec des extrema de 1100 et 1300 l/min. Ces eaux ne se mélangent pas avec celles de l'aquifère urgonien sus-jacent (débits, températures et conductivité stables; la conductivité est nettement plus importante (350-750 µS/cm) que celles des eaux de surface ou de l'aquifère urgonien (100-250 µS/cm)). Les données isotopiques indiquent que la zone de recharge de cet aquifère captif est située à haute altitude (2300-3000 m), probablement dans les zones calcaires du Rawil et de la Plaine Morte ou dans les calcaires du Malm de la région des Outannes (vallée de la Raspille) (BIANCHETTI 1993a). Dans ces deux bassins versants, plusieurs grosses sources apparaissent dans les dépôts quaternaires. Elles ont également été analysées par WILDBERGER (1981).

La plupart des sources du bassin versant de Crans-Montana apparaissent au contact des calcaires du Malm et des marnes callovo-oxfordiennes ou au contact entre le glissement de Bella Lui et la roche en place (DECORVET 1992). Leur alimentation est située principalement dans les affleurements de calcaires du Malm (région de Tsa Bonna et du Petit Mont Bonvin) et les transits rapides des eaux traduisent des écoulements de type karstique (DECORVET 1992). C'est le cas par exemple de la source de Raugea (Mollens). Toutes les sources captées ont fait l'objet d'un recensement minutieux dans le but d'établir le zonage de protection de ces captages (CLAVIEN 1981, 1991) (cf. annexe 4.4).

## Glaciologie

Vu son altitude, la région du Wildstrubel constitue l'un des massifs englacés des Alpes Bernoises. Mais, contrairement aux proches massifs du Wildhorn ou des Diablerets, aucun glacier ne s'écoule en direction du S. Il s'ensuit que les bassins versants drainant le Haut-Plateau ne sont pas englacés. Le seul appareil glaciaire de la région est le **Glacier de la Plaine Morte**. Il s'agit d'un assez grand appareil de 9.8 km<sup>2</sup>, sis dans une cuvette allongée dans le sens E-W et globalement inclinée vers le NW<sup>24</sup>. L'émissaire principal est le Trüebbach au N, affluent de la Simme. Deux petit émissaires de surface s'écoulent vers le S et vont alimenter la

<sup>24</sup> En Suisse, l'inventaire glaciologique le plus récent date de 1973 (MÜLLER et al. 1976). Les données chiffrées qui suivent sont tirées de cet inventaire. Les données relatives au glacier de la Plaine Morte sont intégrées à celles qui décrivent les glaciers du bassin versant de la Printse (tabl. 4.1).

Tièche au SE et l'Ertentse au SW. En raison de sa topographie monotone, le glacier de la Plaine Morte a été mis à profit pour le ski alpin dans sa bordure S et le ski de fond (également ski d'été).

## 4.2.2 Nendaz

### Cadre géographique

La station de Nendaz se distingue de celle de Crans-Montana-Aminona, non seulement du point de vue de l'organisation administrative (toute la station appartient à la même commune politique), mais également par ses caractéristiques topographiques et géologiques. L'architecture du paysage est fortement marquée par le réseau hydrographique : la Printse a creusé une vallée relativement profonde et étroite dans sa partie médiane, entre Novelli et Beuson. A l'amont, elle s'élargit et se sépare en deux vallons, Tortin et Cleuson, dominés par les sommets les plus hauts de la région, le Mont Gelé (3023 m), le Mont Fort (3328 m) et la Rosablanc (3336 m). A l'aval de Beuson, elle débouche sur le versant gauche de la vallée du Rhône. Le relief général s'adoucit sauf aux abords immédiats de la Printse qui a creusé une gorge étroite jusqu'au débouché dans la vallée principale à Aproz (alt. 480 m). La station de Nendaz est située sur la rive gauche de la Printse, sur un vaste épaulement globalement orienté au NE/NW. Le versant qui relie Nendaz-Station et Haute-Nendaz aux villages inférieurs (Basse-Nendaz, Saclentse) est mité par la construction de chalets, tout comme la région qui s'étend à l'ouest de la station. Nendaz-Station n'est reliée à Siviez (anciennement Super-Nendaz) que par une route parfois fermée pour cause d'avalanches s'écoulant dans les couloirs du versant gauche de la Printse.

En raison des fortes dénivellations, tout comme à Crans-Montana, la végétation est étagée selon l'altitude. Mais ici, le versant pentu qui raccorde l'épaulement de Haute-Nendaz à la plaine est presque exclusivement occupé par la forêt. On l'explique par les fortes pentes et par l'orientation au nord. Le village de Fey, orienté au NW, constitue une exception (vergers d'abricotiers). L'étage des villages (800-1200 m) est en partie cultivé (abricotiers et framboisiers, principalement) ou voué à la production d'herbages. Entre 1200 et 1600 m, seules les prairies subsistent. Plus haut, une large bande de forêts sépare la zone habitée toute l'année des pâturages d'altitude (en dessus de 2200 m). Le fond de la vallée est dépourvu de végétation à partir de 2400 m environ.

L'occupation du territoire par l'homme est très dépendante de la configuration du relief. Aproz, en plaine, est un village très excentré et relativement indépendant par rapport aux autres entités composant la commune de Nendaz. Tout comme les hameaux du coteau de Crans-Montana, il a constitué jusqu'au milieu du XXe siècle un village-étape de la civilisation traditionnelle de transhumance. Sur le versant escarpé reliant la plaine aux villages principaux, seul Fey est habité. Les autres villages sont tous situés entre 800 et 1300 m. On peut être surpris de trouver une forte population très près du talweg de la Printse, dans un secteur très ombragé (Beuson). Cela s'explique par le rôle économique joué historiquement par les moulins de la Printse. Le centre touristique



de Nendaz s'est développé aux abords et légèrement à l'amont du village de Haute-Nendaz. Plus haut, sur les pentes de la Dent de Nendaz et au débouché de la haute vallée de la Printse, les anciens mayens sont maintenant fortement colonisés par les lotissements de chalets touristiques. Siviez-Village constitue une station touristique créée ex-nihilo dans le fond du vallon supérieur de la Printse.

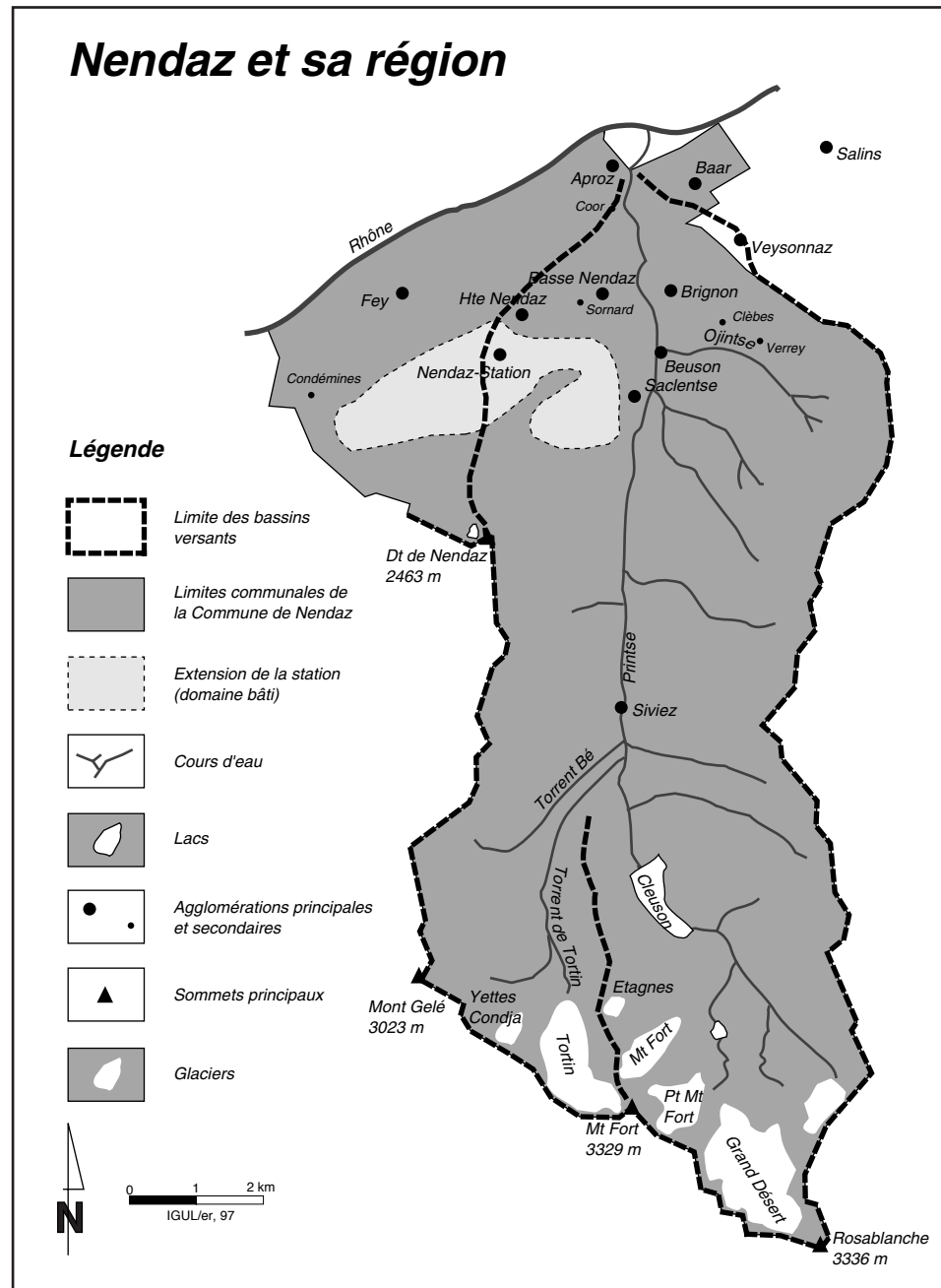


Fig. 4.7 Carte géographique simplifiée de la région de Nendaz et délimitation du bassin versant de la Printse.

## Hydrographie et hydrologie

La Printse constitue un bassin versant relativement symétrique orienté au nord. A l'amont, elle est divisée en deux bassins versants secondaires. Le premier, situé à l'ouest, est dissymétrique et drainé par trois cours d'eau principaux : les Torrents **Bé** et de la **Tsa**, alimentés par les eaux de fonte des neiges et le Torrent de **Tortin**, émissaire du glacier du même nom et de celui des Yettes Condja. Au lieu-dit « Tortin », le Torrent de Tortin a créé une plaine marécageuse en raison d'un barrage morainique important constitué par les vallums du Grand et du Petit Toit de Tortin. Le bassin versant de Cleuson couvre une surface plus grande. Il est drainé par un cours d'eau principal, la **Printse de Cleuson**, alimentée par une couronne de glaciers de cirque occupant toute la partie sud du vallon (glaciers du Mont Fort, du Petit Mont Fort et du Grand Désert). Cet englacement assez important est favorisé par l'orientation générale de la vallée au nord. A 2186 m, une retenue a été construite à des fins hydroélectriques sur un verrou glaciaire (barrage de Cleuson). A l'aval de cette retenue, la Printse forme un vaste marais de pente, alimenté en partie par les eaux des Crouye Grandze, torrent émissaire d'une série de glaciers rocheux.

A l'aval de Siviez, la Printse s'encaisse et coule dans une vallée aux versants dissymétriques : en rive gauche, elle est alimentée par des couloirs de direction W-E au profil très tendu et à écoulement temporaire; en rive droite, le versant est moins pentu, plus vaste et zébré de cours d'eau de direction SE-NW à régime torrentiel (La Tsâche, Les Rontures, Le Doussin, l'Ojintse). A l'aval de Beuson, la dissymétrie de la vallée s'inverse : le versant droit devient plus pentu et son drainage se réduit à quelques maigres cours d'eau, alors que le versant gauche offre des pentes plus faibles globalement orientées au NE sur lesquelles ont pris place les principaux villages de la vallée. Le drainage est assez réduit. Plus au nord, les directions d'écoulement changent : les cours d'eau secondaires ne s'écoulent plus vers la Printse, mais directement dans le Rhône.

La Printse a un régime d'écoulement non influencé de type **glacio-nival a** à l'amont de Siviez et **glacio-nival b** à l'aval<sup>25</sup>. Les cours d'eau secondaires de la rive gauche ont certainement un régime nival. En raison des aménagements hydroélectriques de Cleuson, le régime naturel est fortement influencé. Presque toutes les eaux du vallon de Cleuson sont stockées dans le barrage du même nom puis pompées dans le barrage de la Grande-Dixence, dans le val d'Hérens. A l'aval de la retenue de Cleuson, moins de 20 % du débit moyen annuel naturel subsiste sur le tronçon Cleuson-Siviez, de 20 à 40 % dans la portion Siviez-Beuson et entre 40 et 60 % à l'aval de Beuson<sup>26</sup>.

Le débit spécifique moyen naturel pour le bassin versant de la Printse a été calculé pour la période 1961-1980 et donne une valeur de 28 l/s au km<sup>2</sup> correspondant à une lame d'eau moyenne écoulée annuellement de 873 mm<sup>27</sup>.

<sup>25</sup> Selon la planche 5.2 *Régimes d'écoulement de l'Atlas hydrologique de la Suisse* (1992-).

<sup>26</sup> Selon la planche 5.3 *Influence sur les cours d'eau des aménagements hydro-électriques et de la régularisation des lacs de l'Atlas hydrologique de la Suisse* (1992-).

<sup>27</sup> Selon la planche 5.4 *Débits naturels 1961-1980 de l'Atlas hydrologique de la Suisse* (1992-).

Les lacs sont concentrés dans les parties hautes du bassin versant :

- Le plan d'eau majeur est artificiel : il s'agit du lac du barrage hydroélectrique de Cleuson, construit sur un verrou glaciaire au débouché du vallon de Cleuson.
- Dans les hauts vallons de Tortin et Cleuson sont visibles de nombreux petits lacs glaciaires de barrage morainique ou d'ombilic. Les plus grands sont le lac des Yettes Condja (589.200/105.100) et celui du Grand Désert (592/104.200). Un lac de même origine est également visible à Tracouet au pied du versant N de la Dent de Nendaz : il s'agit du Lac Noir (588/112).
- Dans la plaine, un lac artificiel a été creusé dans les alluvions rhodaniennes près de l'embouchure de la Printse dans le Rhône. Il fait apparaître la nappe phréatique du Rhône, à l'image des nombreuses « Gouilles » visible dans le secteur sur la rive droite du Rhône (Les Iles, propriétés de la Bourgeoisie de Sion, 591.700/117.900)

## Géologie

Située au sud du Rhône, la vallée de la Printse appartient au domaine pennique moyen (super-nappe du Grand St-Bernard, au sens d'ARGAND 1911). Du sud au nord, elle entaille successivement des unités appartenant à quatre nappes distinguées par ESCHER (1988): les nappes du Mont-Fort (unité sommitale de la super-nappe du Grand St-Bernard), de Siviez-Mischabel, des Pontis et à la Zone Houillère. Je décris ces unités du nord au sud (sens de l'empilement) (cf. l'extrait de carte tectonique d'ESCHER (1988) en annexe 4.5).

Les roches appartenant à la **Zone Houillère** affleurent près de la plaine. Elles forment ici une série normale formée de deux unités séparées par une petite bande discontinue de gypse, de cornieules, ainsi que de marbres et dolomies (BURRI 1983, ESCHER 1988) :

- l'unité inférieure, dite **partie externe** de la Zone Houillère débute par un épaisse série de schistes noirs avec de rares lentilles d'antracite et des quartzites gris d'âge permocarbonifère, qui forment le grand versant pentu qui raccorde l'épaulement de Nendaz à la plaine;
- l'unité supérieure, dite **partie interne** de la Zone Houillère est formée de schistes et de quartzites d'âge permo-triasique, formant l'épaulement sur lequel ont pris place les villages de Haute et Basse-Nendaz ainsi que le versant de la rive droite de la Printse entre Veysonnaz et Baar.

La **Nappe des Pontis** est ici assez réduite (le socle est absent) et n'apparaît qu'à l'aval de Beuson. Elle est formée essentiellement par une série normale fortement écaillée dans sa partie frontale (SAVARY 1979), comprenant une couverture sédimentaire très mince d'âge triasique, essentiellement carbonatée (marbres et dolomies, gypse, cornieules) (BURRI 1983, ESCHER 1988), qui s'étire selon un axe SW-NE entre Les

Clèves et Beuson, puis SSW-NNE entre Beuson et Veysonnaz (CALAME 1954, BURRI 1983).

La **Nappe de Siviez-Mischabel** est une grande nappe de socle, constituant un vaste pli couché (ESCHER 1988). Dans la région étudiée, elle est constituée par :

- une couverture permo-carbonifère (*série de la Dent de Nendaz*, CALAME 1954 ou *zone de Mille*, BURRI 1983) constituée d'une série détritique de schistes à quartz-albite-chlorite, de gneiss et de schistes et gneiss conglomératiques (PITTELOUD & GERBER 1988, ESCHER 1988), qui apparaît en flanc inverse tout autour de la Dent de Nendaz et se prolonge vers le NE dans les terrains enforestés surplombant les villages de Beuson et de Verrey (CALAME 1954);
- un socle pré-westphalien (*zone de Siviez s.s.*, SCHAER 1960, BURRI 1983) composé essentiellement de gneiss, de schistes et de roches vertes (amphibolites et prasinites); en rive gauche, il forme une bande E-W entre le Plan du Fou et Siviez (PITTELOUD & GERBER 1988) et se prolonge en rive droite en direction du NE vers les alpages de La Meina et de la Combire, puis des Crêtes de Thyon (CALAME 1954);
- une couverture permo-triasique (*série du Mont Gond*, SCHAER 1960) en flanc normal, formée de roches détritiques, conglomérats quartzitiques de type Verrucano et quartzites (PITTELOUD & GERBER 1988, ESCHER 1988); elle apparaît principalement autour du Mont Gond en raison de redoublements intenses des plis (PITTELOUD & GERBER 1988);
- une mince bande d'âge triasique, constituée uniquement de quartzites blanches et de cornieules, particulièrement évidente aux Dents Rousses (PITTELOUD & GERBER 1988) et que l'on retrouve également à l'est de la station de Siviez (DECORVET 1988).

La **Nappe du Mont-Fort** est formée d'un empilement de plis isoclinaux couchés déversés vers le NE à coeur anté-carbonifère et flancs permo-triasiques et mésozoïques (ESCHER 1988). Du nord au sud, on distingue:

- une série permo-triasique (*série du Greppon Blanc*, VALLET 1950, SCHAER 1960) en flanc inverse, formée de micaschistes, de quartzites et de prasinites, qui forme une large bande SW-NE allant de la crête Dents Rousses-col de Chassoure au Bec de la Montau en passant par l'alpage de Tortin; la base de la série est formée de porphyres quartzifères (gneiss et micaschistes quartzitiques grossiers) (DECORVET 1988, PITTELOUD & GERBER 1988);
- le socle anté-carbonifère (*série du Métailler*, SCHAER 1960), également en position renversée, constitué surtout de gneiss, avec des intercalations discontinues de schistes et de prasinites; il occupe toute la partie amont de la vallée de la Printse, au sud d'un axe SW-NE reliant le Col de Chassoure à la Pointe de la Rosette en passant par le Clocher de l'Arpette à

l'W de la digue de Cleuson (DECORVET 1988, PITTELOUD & GERBER 1988). Les sommets principaux de la région y sont taillés (Rosablanchette, Mont Fort, Mont Gelé).

## Géomorphologie

Les différences lithostratigraphiques décrites ci-dessus et l'agencement tectonique en bandes d'orientation globalement E-W expliquent largement la morphologie des versants de la haute vallée de la Printse. Les séries résistant bien à l'érosion (quartzites, prasinites, gneiss) forment des crêtes plus ou moins perpendiculaires (Mont Gelé-Yettes Condja, Mont Gond, Métailler-Le Perron, Louerettes-Clochets de Novelli, etc.) à la direction générale S-N de la vallée séparant des vallons (Yettes Condja, Chassoure, Crouye Grandze, Les Troutses) taillés dans les séries plus schisteuses. L'épaulement de Haute-Nendaz est également dû à des raisons structurales.

Comme sur le Haut-Plateau, l'érosion **glaciaire** a accentué les formes induites par la structure géologique. Au débouché de la Printse dans la vallée principale, le glacier du Rhône a raboté le soubassement rocheux en un vaste replat légèrement incliné vers le nord et surplombant la vallée principale. A l'amont, ce sont les glaciers locaux qui ont modelé le paysage. Leurs extensions anciennes ont été étudiées par WINISTÖRFER (1978), BIELER (1978), KÜTTEL (1979), MÜLLER et al. (1980, 1983) et BADER (1990). Les délaissés glaciaires sont particulièrement bien conservés à l'amont de la station de Siviez. Sur les versants, ils forment un placage morainique peu épais et affecté par endroits par des glissements de surface, surtout en rive droite (GASPOZ 1996). Près du talweg, les délaissés morainiques forment un relief particulièrement bosselé dans le secteur compris entre Tortin et Siviez (GLASSEY 1996). Ce paysage résulte de phases successives d'avancées et de retraits glaciaires qui ont déposé toute une série d'arcs morainiques de taille relativement restreinte. L'alpage et la plaine de Tortin sont situés entre deux grandes moraines, le Grand Toit et le Petit Toit, datés de l'Egesen (MÜLLER et al. 1980, 1983). La même configuration est visible à l'aval du verrou de Cleuson et au pied de l'éboulis des Lapires. Ces grandes crêtes morainiques ont donné naissance à des marais à l'amont. Celui de Tortin est partiellement recouvert par des dépôts torrentiels amenés par les cours d'eau proglaciaires du glacier de Tortin (REYNARD 1996a). Dans ce vallon, à l'amont du verrou des Lués Rares, les dépôts glaciaires sont récents (Petit Age Glaciaire); il en est de même dans le vallon de Cleuson, à l'amont du refuge de St-Laurent (FUMEAUX & GUIMERA 1998). Dans le secteur Siviez-Beuson, les dépôts morainiques sont plus épais et fortement incisés par des talwegs torrentiels qui les redistribuent au pied du versant (ex. région de Planchouet). Les versants sont de ce fait entaillés par de nombreuses niches d'arrachement. A l'aval de Beuson, la morphologie glaciaire est très différente entre la rive gauche et la rive droite. En rive gauche, la couverture morainique a été modelée en terrasses de kame de direction globalement E-W qui s'appuyaient contre le glacier du Rhône. Maintenant, cette couverture glisse par endroits. En rive droite, le placage est entaillé par une série de profonds talwegs dont l'écoulement n'est plus très important maintenant. La Printse elle-même a creusé une profonde gorge de raccordement à la plaine du Rhône dans le grand

versant orienté au N qui est affecté par toute une série de **tassements** comme c'est d'ailleurs le cas également plus à l'E dans la région de Salins (VALLET 1950, SAVARY 1979).

En raison de l'altitude élevée, la haute vallée de la Printse est particulièrement riche en **glaciers rocheux**, dont beaucoup sont encore actifs (cf. LAMBIEL 1999). Ces formes périglaciaires ont été cartographiées par BRETZ & GIROUD (1993), GASPOZ (1996), GLASSEY (1996), REYNARD (1996a), BAUD & HAUSER (1997), HERTL (1997), FUMEAUX & GUIMERA (1998) et CRITTIN & JUNGO (1998), LAMBIEL (1999). La présence de permafrost met en mouvement les éboulis de pied de parois, par ailleurs très fréquents.

## Hydrogéologie

L'épaulement de Nendaz et le coteau dominant la vallée du Rhône sont caractérisés par une certaine abondance en sources à régime saisonnier (nival)<sup>28</sup>. La qualité bactériologique de ces sources s'est dégradée à partir des années 60. La partie haute du versant (Dent de Nendaz-Mont Gond) est très pauvre en sources. Les sources existantes ont également un caractère saisonnier et tarissent dès le milieu de l'été. Dans la haute vallée de la Printse, et plus précisément dans le vallon de Tortin, les sources ont également un caractère saisonnier. Certaines sources sont alimentées par des glaciers rocheux actifs.

Les roches du Trias de la Zone Houillère sont riches en eaux minéralisées, qui ont été captées par la société SEBA Aproz SA. Les caractéristiques de ces sources seront étudiées en détail au chapitre 6.5.

## Glaciologie

En 1973, les 14 glaciers du bassin versant de la Printse représentaient une surface de 4.64 km<sup>2</sup>. Il s'agit uniquement d'appareils de cirque, globalement orientés au N. Les deux appareils principaux, le glacier de Tortin et celui du Grand Désert, qui présentent une topographie de surface assez peu accidentée, ont été mis à profit pour le développement du ski sur glacier (domaines skiables du Col des Gentianes et du Mont Fort).

Le pergélisol, et notamment les glaciers rocheux, peuvent constituer des réserves d'eau particulièrement importantes. La répartition du pergélisol fera l'objet d'une réflexion plus étendue au chapitre 5.3.

---

<sup>28</sup> Selon entretien téléphonique du 13 mars 1998 avec M. Philippe Méan, chef du Projet Cleuson-Dixence; également pour ce qui suit.

	Plaine Morte	Yettes Condja	Tortin	Etagnes	Mont Fort	Petit Mont Fort	Grand Désert	Sans nom (Mt Calme)
Description	Cuvette	Cirque	Cirque	Cirque	Cirque	Cirque	Cirque	Cirque
Surface [km <sup>2</sup> ]	9.80	0.20	1.10	0.08	0.46	0.49	1.79	0.29
Surf. d'ablation [km <sup>2</sup> ]	-	-	0.93	-	0.27	-	1.61	0.26
Exposition	NW	N	NW-N	NE	NE	NE	NW-N	N
Longueur maximale [km]	4.0	0.5	2.0	-	1.4	1.1	2.3	0.8
Alt. max [m]	2960	3000	3300	3220	3280	3080	3240	3160
Alt. moy. [m]	2760	2860	2900	-	2980	2960	2960	2960
Alt. min [m]	2320	2740	2700	2720	2800	2820	2760	2880
Alt. de la ligne de névé [m]	-	-	3040	-	3000	-	3040	3020
Alt. moy. surf. accumulation [m]	-	-	3080	-	3060	-	3080	3040
Alt. moy. surf. d'ablation [m]	-	-	2880	-	2940	-	2940	2960

Tabl. 4.1 *Caractéristiques du Glacier de la Plaine Morte et des principaux glaciers du bassin versant de la Printse (état en 1973) (source : MÜLLER et al. 1976). Quelques très petits appareils anonymes du bassin versant de la Printse n'ont pas été pris en compte. \* J'ai préféré le toponyme « Yettes Condja » (cartes au 1/10'000), plus proche du patois local que celui de « Louettes Econdouè » (cartes nationales).*

## 4.3 Historique des deux stations étudiées

Le développement des deux stations est étroitement lié au contexte historique et culturel des deux régions : le rappel de l'histoire régionale permettra de comprendre certaines particularités du fonctionnement actuel des deux stations et par là de l'organisation générale de la gestion des ressources en eau.

### 4.3.1 Crans-Montana-Aminona

#### Bref historique des communes politiques

Située sur un épaulement de la vallée du Rhône, la station de Crans-Montana-Aminona occupe une partie des territoires de six communes politiques différentes, d'est en ouest : Mollens, Randogne, Montana, Chermignon, Lens et Icogne.

Historiquement, les deux premières formèrent, avec les communes actuelles de Sierre, Veyras, Venthône et Miège, la Contrée de Sierre dont les premières mentions remontent au début du XIV<sup>e</sup> siècle (CONNE 1991). Peu à peu, cette grande communauté détendit ses liens, tout d'abord en trois tiers, inférieur (Sierre), du milieu (Venthône, Miège, Veyras) et supérieur (Randogne, Mollens), puis en communes politiques distinctes dès le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle (BAGNOUD & BARRAS 1980). Ainsi, Randogne se sépare complètement des communes de la plaine et

du coteau en 1872. En 1898, le village de Randogne est complètement détruit par un incendie qui anéantit également les archives communales. L'année 1914 marque le dernier partage des biens communs entre Sierre et les deux tiers supérieurs. Depuis cette date, les cinq communes du haut gardent un certain lien entre elles au sein de la Grande Bourgeoisie de la **Noble Contrée** qui fonctionne comme une fédération de **bourgeoisies**<sup>29</sup> (CONNE 1991).

Les quatre communes de la partie occidentale du Haut-Plateau ont également connu un passé commun au sein de la **Louable Contrée**, aussi appelée Contrée de Lens<sup>30</sup>. Cette Grande Communauté de Lens, composée des villages de Lens, Chermignon, Montana et Icogne, ainsi que de la Communauté de Chermignon d'en Bas<sup>31</sup>, se manifeste politiquement pour la première fois vers 1400, lorsqu'elle se sépare de la Contrée de Granges (BAGNOUD & BARRAS 1980, DUC 1986, QUAGLIA 1988). Ce Grand Lens était divisé en quatre **sections** ou quartiers (TRINQUESSE 1914) qui conservaient une certaine autonomie et dont l'origine doit certainement être trouvée dans le besoin d'une gestion collective des bisses du Roh et de la Riouta (BAGNOUD et al. 1985).

Jusqu'en 1802, la Grande Commune n'a pas d'administration distincte de celle des sections; les procureurs des sections gèrent les intérêts communs (PRAPLAN & PRAPLAN 1991). En 1802, la Constitution de la nouvelle République indépendante du Valais impose au Grand Lens un président et un vice-président, les quartiers conservant une large autonomie et déléguant des conseillers<sup>32</sup> au Conseil de la Grande Commune (DUC 1986, BARRAS 1986, PRAPLAN & PRAPLAN 1991). Ainsi, chaque section fixe elle-même « le taux de l'impôt, gère les avoirs bourgeoisiaux, s'occupe de l'entretien des chemins, de la police et des écoles » (JEANNERET 1971). Par contre certaines zones restent indivises : les vignobles, les mayens, les forêts et les alpages (JEANNERET 1971, DUC 1986, BARRAS 1986). Le village de Chermignon d'en Bas était géré par un consortage privé, les communiens exerçant une partie de leur activité sociale et économique dans ce village, mais leur activité politique dans leurs sections d'origine, Chermignon, Lens ou Montana (DUC 1986). Les avoirs communs se répartissent « en haut » et « en bas » des villages, les terrains de l'actuelle station touristique étant ainsi sous la juridiction de la grande commune.

Cette gestion mixte des avoirs communaux n'allait pas sans poser de problèmes, notamment en raison de la disproportion entre les sections (les grandes sections de Lens et de Chermignon exerçant leur influence sur les deux plus petites sections), de l'étendue de la région et de la

<sup>29</sup> Celles-ci regroupent toutes les personnes originaires du lieu. Elles traduisent, selon de CHASTONAY (1942), la volonté des familles de l'endroit de protéger leurs droits par rapport aux nouveaux immigrés. En 1851, la loi valaisanne sur le régime communal a promulgué la séparation de la commune politique et de la commune bourgeoise. Dans plusieurs régions touristiques du Valais, les bourgeoisies ont joué un rôle prépondérant dans le développement du tourisme, car elles étaient généralement propriétaires des terrains sur lesquels ont été tracées les pistes de ski. Les exemples les plus connus de cette mainmise de la bourgeoisie sur le développement touristique sont ceux de Zermatt et de Leukerbad.

<sup>30</sup> Au début du Moyen Age, elle portait le nom de Mont de Lens par opposition au Mont de Sierre ou Contrée de Sierre (BAGNOUD & BARRAS 1980).

<sup>31</sup> Sur l'originalité de cette communauté, dont le plus ancien document écrit connu remonte au 22 février 1626, voir WINDISCH (1970, 1976) et BARRAS (1988).

<sup>32</sup> Cinq conseillers pour Lens, quatre pour Chermignon, deux pour Montana, deux pour Icogne.



dispersion des villages (qui occasionnait ainsi de nombreux frais et une lenteur de l'administration) et de problèmes de répartition des charges communales entre les différentes sections (BARRAS 1986). C'est pourquoi en 1846, la section d'Icogne demande au Conseil d'Etat la division des avoirs communaux, se sentant lésée par la soustraction de la forêt des Tsans de sa juridiction pour l'ajouter aux avoirs communs. L'affaire traîne et une consultation populaire demandée par le Conseil d'Etat rejette l'idée de partage (JEANNERET 1971), par 68 voix contre 11 et de nombreuses abstentions à Lens, par 74 voix sans oppositions à Montana et par 89 voix sans oppositions à Chermignon (BARRAS 1986).

Finalement, en 1851<sup>33</sup>, la proposition du Grand Président de Lens de ne former qu'une seule commune dans les rapports avec l'Etat, privant ainsi les sections de leur pouvoir politique est acceptée par le Grand Conseil valaisan qui réunit les quatre quartiers en une seule commune, en ratifiant le décret du Conseil d'Etat du 4 juin 1851. Il semble que les sections n'aient pas été consultées sur le sujet (BARRAS 1986). L'équilibre étant rompu et le pouvoir de l'autorité centrale s'étant ainsi nettement durci, de nombreuses dissensions apparaissent et après de longues années de revendications séparatistes de la part de Montana, Icogne et Chermignon<sup>34</sup>, le Grand Conseil valaisan décide finalement la séparation de la grande commune le 26 novembre 1904, suite aux deux pétitions déposées en 1896 par les patriotes de Lens qui reprochent aux sections de prélever leurs propres impôts et aux violentes réactions des autres sections (JEANNERET 1971, BARRAS 1986).

Le partage est organisé par **bandes Nord-Sud**, chaque nouvelle commune ayant droit à une partie des terrains communs aux anciennes sections, au prorata de leur population<sup>35</sup> respective selon le recensement fédéral de 1900. Le partage des communaux du Bas ne pose pas trop de problèmes, chaque section recevant les hameaux occupés par leurs habitants lors des travaux de la vigne<sup>36</sup> : St-Clément et Chelin pour Lens, Ollon pour Chermignon et Corin pour Montana (JEANNERET 1971). Icogne, en raison de sa faible influence, ne réussit pas à récupérer ses droits sur la forêt de Véreilla, au sud du Châtelard, et n'a donc pas d'accès aux terrains communs du Bas. En compensation, les autres sections lui accordent de larges territoires incultes dans la haute vallée de la Liène, ce qui explique la forme de la commune actuelle (JEANNERET 1971).

De fortes tensions naissent par contre au sujet de la délimitation inférieure du plateau de Crans, la question étant de savoir si ce dernier appartient aux sections, comme le prétendent Icogne, Chermignon et Montana, ou à la zone supérieure indivise, comme le soutient la section de Lens (BARRAS 1986). Finalement, la commission chargée d'étudier

<sup>33</sup> Cette date correspond à l'instauration de la nouvelle loi valaisanne sur le régime communal qui institue la séparation entre la commune politique (ou commune) et la commune bourgeoise (ou bourgeoisie).

<sup>34</sup> Ainsi en 1863 la paroisse de Montana s'érige en paroisse indépendante, la section de Montana envoie au Conseil d'Etat une série de pétitions dès 1867, appuyées par Chermignon et Icogne, notamment en 1891, rejetées par le Grand Conseil sur préavis négatif du Conseil d'Etat en 1892 (JEANNERET 1971).

<sup>35</sup> Des problèmes de comptages naissent à propos des habitants de Chermignon d'en Bas, la section de Chermignon les ayant ajoutés à ses effectifs. Finalement on décide d'inclure chaque foyer dans la section dans laquelle il paie ses impôts (BARRAS 1986). La répartition des doubles ou triples bourgeois, ainsi que des bourgeois uniquement de la Grande Bourgeoisie soulève également de grandes discussions.

<sup>36</sup> Sur cette question, on pourra consulter l'article de RABOUD-SCHÜLE (1994), notamment les pages 93-97.

cette question estime que la prairie de Crans appartient à la zone mixte supérieure. La question des « bonnes terres » provoque également de grosses tensions, notamment entre Lens et Chermignon. Cette dernière, défendue par un président terrien, obtient une bonne part des terres agricoles situées sur le coteau, alors que Lens, emmenée par un président visionnaire<sup>37</sup> surnommé « L'Aigle », reçoit la plupart des pâturages de Crans et la totalité des alpages (BAGNOUD & BARRAS 1980).

Les quatre nouvelles communes conservent toutefois une certaine vie commune en raison de la configuration topographique et climatique de la région et au sein de la **Grande Bourgeoisie de Lens**. Cette dernière est née au moment du partage et gère certains biens demeurés indivis, à savoir les alpages de la Chaux (602.500/131.000), où la situation extrêmement regroupée des points d'eau a empêché le partage, et les forêts attenantes, ainsi que les bisses du Roh et de la Riouta (QUAGLIA 1988). L'alpage de la Chaux est situé sur la commune actuelle de Lens et en dépend pour les impôts en tant que propriété bourgeoise, tout en étant administré par une commission de délégués des quatre communes (TRINQUESSE 1914). Tout comme celle de la Noble Contrée, la Grande Bourgeoisie de Lens a joué un rôle prépondérant dans le développement touristique de la station.

## Naissance et développement de la station

### *1892-1918 : Le temps des pionniers. Montana ou les vertus du climat*

Les pionniers de la station sont deux hôteliers sierrois, Louis Antille et Michel Zufferey, qui achètent 33'000 m<sup>2</sup> de terrain à la Grande Bourgeoisie de Lens pour y construire l'Hôtel du Parc, inauguré en 1892 (BAGNOUD & BARRAS 1980). L'un des premiers clients, le Dr **Théodore Stephani**, qui soignait à Leysin des malades souffrant d'affections pulmonaires, y envoie par la suite certains de ses patients et en 1896, Stephani et Antille construisent une route à péage pour résoudre le problème de l'accès à l'hôtel, qui, jusque là, se faisait à dos de mulet (OLSOMMER 1952). Le choix du Dr Stephani est dicté par les vertus thérapeutiques des régions ensoleillées de montagne (Davos, Arosa, Leysin) qui mettent en vogue les concepts de climathérapie, d'héliothérapie et d'orothérapie (BARRAS 1994)<sup>38</sup>. L'exploitation du Parc à la fois comme hôtel et sanatorium s'avère toutefois problématique et en 1899, le médecin construit avec l'appui de financiers genevois le Sanatorium Beauregard sur le territoire de Randogne. Ce nouvel établissement fait rapidement faillite, ce qui encourage le canton de Genève à construire un sanatorium populaire, le Clairmont, également sur Randogne. Sur la Grande commune de Lens, section de Montana, il construit le sanatorium Stephani (OLSOMMER 1952, 1991), inauguré en 1901. Il est également, indirectement, à l'origine de la construction du *Sanatorium pour tuberculeux indigents du Canton de Genève* (BARRAS 1994), future Clinique Genevoise.

<sup>37</sup> Au moment du partage, les activités touristiques sur le Haut-Plateau existent déjà depuis plus de dix ans.

<sup>38</sup> Le climatisme ou climatothérapie est « une des branches de la thérapeutique qui consiste à utiliser les qualités d'un certain milieu climatique pour obtenir une amélioration de l'état de santé physiologique, voire psychologique, de certains types de malades » (BRIDEL 1970). Voir également CHADEFÉAUX (1987).

Sous l'impulsion de ce médecin, la station prend donc rapidement une orientation de **tourisme de cure**, mise en valeur par les publications scientifiques, mais également promotionnelles du Dr Stéphani. Pour éviter la confusion avec le village de Montana, et parce que ce nom a une certaine connotation exotique, le Dr Stéphani choisit le nom de Montana-Station<sup>39</sup> pour la station naissante, installée principalement sur le territoire communal de Randogne. A cette époque, apparaissent également les appellations Montana-sur-Sierre et Montana-Vermala, chère aux gens de Randogne, puis un peu plus tard celle de Montana-Crans.

En 1904, M. Zufferey édifie l'Hôtel Forest à Vermala sur la commune de Randogne<sup>40</sup>. Une année plus tard, la Compagnie Lunn, une grande agence de voyages britannique fondée par Sir Henry Lunn, reprend le Beaugard et le transforme en hôtel, le Palace-Bellevue (BAGNOUD & BARRAS 1980). A l'échelle de la station, de la même manière que dans l'Hôtel du Parc à ses débuts, la cohabitation entre convalescents et sportifs, anglais pour la plupart, ne va pas sans poser de nombreux problèmes et les pétitions sont nombreuses, appuyées souvent par les autorités communales et bourgeoises (THURRÉ 1992). L'afflux de malades est également vu d'un mauvais oeil par la population indigène, d'autant plus méfiante que le Docteur Stéphani est calviniste.

Le directeur du Palace-Bellevue improvise dès le début (1906) un parcours de **golf**, qui deviendra plus tard le fameux golf alpin de Crans (18 trous dès 1929). La compagnie Lunn, qui possédait des hôtels dans les principaux centres touristiques des Alpes suisses (Mürren, Wengen, Villars, etc.), joue un rôle prépondérant dans le développement sportif de la station, et notamment du ski, sous l'impulsion de Sir Arnold Lunn, le fils du fondateur de la compagnie, qui organise en 1911 la descente Kandahar à la Plaine-Morte, considérée comme la première épreuve de descente de l'histoire du **ski**.

Jusqu'à la première guerre mondiale, le développement de la station continue sur sa lancée et voit la construction d'un bâtiment abritant un magasin d'alimentation, un restaurant et une boucherie, gérés par un commerçant de Chermignon, Ignace-Louis Rey (BAGNOUD & BARRAS 1980), d'une buvette le long du parcours du golf, ancêtre de l'Hôtel du Golf édifié en 1914, et de nouveaux hôtels. En 1912, est inauguré le funiculaire reliant Sierre à la station.

### *L'entre deux guerres ou le double antagonisme entre l'est et l'ouest et le haut et le bas*

La Grande Guerre interrompt ce développement et l'Hôtel Palace est réquisitionné pour abriter des internés français. Après la guerre, Montana accentue sa réputation et sa fonction de station de cure, alors que la partie occidentale du Plateau, prise en main principalement par

<sup>39</sup> Le toponyme Montana-Village est également inventé par le Dr Stéphani.

<sup>40</sup> Brûlé en 1953, cet hôtel fut remplacé quelques années plus tard par la Tour de Supercrans, construite sur la commune de Montana, ajoutant ainsi encore un peu à la confusion toponymique et à l'imbroglio territorial qui règnent sur le Haut-Plateau.

des indigènes, mise sur la clientèle sportive, golfeurs en été, skieurs en hiver. Cette différence d'orientation va créer de nombreux **problèmes de cohabitation** et en 1928, l'Ouest du Haut-Plateau se sépare de Montana, et prend le nom de Crans-sur-Sierre. Cette même année est fondée la Société de développement de Crans, en concurrence à la Société de développement de Montana-Vermala, fondée en 1905 par le Dr Stéphan. La plupart des hôtels de Crans refusent les malades<sup>41</sup>. La mésentente et l'incompréhension ne règnent pas seulement entre les deux parties du plateau, mais également entre la station et les villages inférieurs<sup>42</sup>, notamment à Montana, où les autochtones sont moins impliqués dans le développement de la station. Les tensions se multiplient et le 10 février 1930 un comité d'initiative adresse au Grand Conseil valaisan un mémoire pour la création d'une commune séparée de Montana-Station, en raison des difficultés de compréhension et de communication avec les villages du bas, de la différence de niveau de vie et surtout des rivalités entre les deux communes, attisées par des conflits de personnes, qui selon les initiants nuisent au développement de la station<sup>43</sup>. Les communes de Randogne et Montana rétorquent<sup>44</sup> que la création d'une commune sans bourgeoisie serait un cas unique en Valais et contraire à la tradition et s'engagent à créer un Conseil mixte chargé de gérer les questions relatives au développement de la station. En cette même année 1930, le Conseil d'Etat refuse la séparation (BAGNOUD et al. 1985).

La crise des années 30 porte un grand coup à ce développement et les faillites se multiplient. Après la guerre, les deux stations poursuivent un développement différent : Montana, où le nombre de malades augmente régulièrement jusqu'en 1957 (en 1940 la station compte 1200 lits pour curistes contre 600 pour touristes, BARRAS 1994) et où, après de très longues tractations est inauguré en 1941 le Sanatorium Populaire du Valais (OLSOMMER 1991, BONVIN 1994), poursuit sa vocation de station de cure, alors que Crans accentue son image sportive et mondaine, accueillant nombre de têtes couronnées et de personnalités des arts et de la culture. Dès 1939, l'Open de Suisse de golf est organisé annuellement à Crans<sup>45</sup> (BARRAS et al. 1994).

### *Les Trentes Glorieuses ou la croissance tous azimuts*

A la fin des années 50, en raison des progrès de la médecine et du recul des maladies pulmonaires, Montana perd sa vocation de cure (MARION 1964) et se taille petit à petit une solide réputation sportive, basée avant tout sur la pratique du ski. Il en résulte une prépondérance de la saison d'hiver sur la saison d'été. En 1954, Montana est avec Verbier la première station valaisanne à enregistrer plus de nuitées en

<sup>41</sup> Pour empêcher la venue des malades des restrictions de construction sont édictées. Ainsi, la largeur des balcons doit être inférieure à 80 cm, ce qui empêche d'y mettre des lits (CLIVAZ 1990).

<sup>42</sup> Le conflit n'est pas limité au Haut-Plateau et doit être compris principalement comme un conflit entre deux types d'économie : une économie de marché ouverte vers l'extérieur et une économie traditionnelle basée sur la pratique autarcique de l'agriculture (cf. GUÉX 1971).

<sup>43</sup> *Mémoire adressé par le comité d'initiative pour la création d'une commune séparée de Montana-Station au Grand Conseil du Canton du Valais, Sierre, 1930.*

<sup>44</sup> *Réponse des communes de Randogne et Montana à la pétition transmise par le Département de l'Intérieur, Sierre, 1930.*

<sup>45</sup> Cet open existe depuis 1923. En 1939, il se fixe définitivement à Crans. En 1983, il prend l'appellation d'« European Masters ».

hiver qu'en été (PITTELOUD 1986). Ainsi, le nombre de lits disponibles dans les établissements de cure passe de 1336 en 1956 à 807 en 1968. C'est à la même époque que, suite à la construction de la nouvelle route Sion-Lens-Crans (1956), la station voisine et rivale de Crans prend un nouvel essor. Une année plus tard est construit à Crans le premier immeuble dans les Alpes, dont les appartements sont vendus comme résidences secondaires (BAGNOUD & BARRAS 1980). La **parahôtellerie** est née, avec son corollaire de transactions et de spéculation foncière. Cette époque, marquée par la démocratisation des loisirs et de la pratique du ski en particulier, voit la construction de nouvelles installations de remontées mécaniques et d'innombrables résidences, ce qui donne au développement de la station un caractère anarchique. Contrairement aux premiers bâtiments dont la situation était choisie en fonction de l'ensoleillement, les nouveaux édifices sont réalisés sur « tous les terrains que l'on trouve, même sur les terrains défavorisés, trop pentus, mal situés, mal orientés » (COPPEY et al. 1986). La tendance architecturale est à un **style urbain**, sur le style des hôtels et sanatoria d'avant-guerre. La Tour de Supercrans (terminée en 1968) est en quelque sorte le symbole de cette fièvre de la construction. Toutefois, des voix se font entendre pour critiquer ce développement non coordonné et en 1958 déjà, le conseil communal de Lens adopte un règlement qui interdit la construction de blocs locatifs en dehors du centre de Crans (QUAGLIA 1988). Il faudra par contre attendre 1973 pour que soit établi un plan d'aménagement de la station. Et encore, ce document ne voit le jour que sur injonction du Conseil d'Etat valaisan, qui assigne aux cinq communes (sans Mollens) un délai de 6 mois pour l'élaboration d'un plan de zones et d'un règlement de construction. Les communes ne réussissant pas à s'entendre entre elles, l'étude est confiée à un bureau d'urbanisme zurichois, dont le rapport débouche sur l'adoption d'un règlement de construction commun aux cinq communes (CLIVAZ 1995). L'essor de la construction parahôtelière se fait principalement au détriment des terres agricoles. Entre 1945 et 1973, 237 hectares, soit 13 % des surfaces agricoles sont construits à Crans-Montana, auxquels il faut ajouter 712 hectares (38 % des surfaces agricoles) abandonnés entre 1945 et 1975. En une génération, la paysannerie locale (située principalement dans les villages du bas) perd ainsi la moitié de ses surfaces d'exploitation (MAEDER 1985).

Les administrations communales, qui doivent pourvoir aux besoins pressants en infrastructures (égouts, routes, approvisionnement en eau, pistes de ski, voirie, déblaiement de la neige, etc.) maîtrisent mal ce développement trop rapide et prennent conscience peu à peu que certaines inimitiés, dues au passé politique commun puis séparé et à la concurrence touristique des deux stations, doivent être dépassées pour régler les problèmes d'aménagement les plus urgents. Ainsi, le 17 février 1954, à l'initiative d'Isaïe Duc, président de Chermignon, est créé le Conseil intercommunal des cinq communes, composé des cinq présidents (QUAGLIA 1988). En 1978, la commune de Mollens est également agréée dans ce conseil, suite au développement d'**Aminona**, dont la construction débute en 1969, sous l'impulsion des communes de Mollens et de Miège et de la Grande Bourgeoisie de la Noble Contrée. Créée de toutes pièces sur un alpage, la nouvelle station se caractérise surtout par ses trois tours, comprenant chacune une centaine d'appartements. En 1977, Aminona est au coeur de la faillite de la Banque Leclerc et Cie à Genève, dont le président, Robert Leclerc, avait

participé massivement au financement et au développement de la station par le biais de la société Aminona S.A. et dont les déboires financiers risquèrent de provoquer la faillite de la station<sup>46</sup>. Finalement, les appartements encore vides furent vendus aux enchères en 1980.

Dans les années 70, la crise pétrolière, la hausse du franc suisse et l'adoption de certaines lois fédérales visant à freiner la spéculation foncière ralentissent la construction. La crise met également en lumière certaines pratiques frauduleuses en matière de construction (ex. le scandale du Régent à Crans, jugé en 1977, ou celui de la société Multihôtel, laissant un découvert de plusieurs dizaines de millions de francs, en 1977 également<sup>47</sup>, ou encore celui des Sapins Rouges<sup>48</sup>). Une série de mauvaises saisons mettent la station en perte de vitesse dès 1975 (ANTONIETTI 1993). En même temps, du point de vue architectural, l'option urbaine est délaissée au profit de l'architecture de chalet, même géant, de « style urbain néo-rustique » (ANTONIETTI 1993), style adopté dès la première heure à Verbier ou à Nendaz.

### *Les années 80 et 90 ou la nécessité d'une coordination*

L'évènement majeur des années 80 est l'organisation des Championnats du monde de ski alpin en 1987 qui redynamise la station et a un effet bénéfique sur la **coordination** entre les différentes entités responsables du développement touristique du Haut-Plateau. L'antagonisme entre les deux stations subsiste encore au début des années 80, le président-promoteur de Chermignon étant par exemple opposé à la dénomination Crans-Montana (au détriment de celle de « Crans-sur-Sierre ») prônée par le directeur de l'Office du tourisme de Crans<sup>49</sup>, dans la ligne adoptée par les deux sociétés de développement depuis 1974. En automne 1987, soit après les Mondiaux de ski qui avaient largement promu le nom de « Crans-Montana », une pétition était lancée auprès des habitants de la station de Crans demandant le retour à la dénomination « Crans-sur-Sierre »<sup>50</sup>. Au début de 1992, le directeur de l'Office du Tourisme de Crans démissionne, convaincu que la duplicité des offices du tourisme n'est pas performante et qu'il faudrait regrouper les compétences des bureaux de Crans et de Montana<sup>51</sup>. La célébration du centième anniversaire de la station était un bon prétexte pour une fusion des deux offices du tourisme. Lors de l'assemblée générale 1992 de la Société de développement de Montana, les membres se prononcent pour la fusion. Le projet a toutefois échoué en novembre 1992 en raison de l'opposition de la commune de Lens à la dissolution de la Société de développement de Crans. En 1996, le projet est remis sur le tapis principalement en raison de contraintes économiques (baisse des nuitées). Au début 1997, le principe de la fusion est accepté par les deux sociétés de développement<sup>52</sup>. Elle devient effective<sup>53</sup> le 18 novembre 1997. La nouvelle structure s'appelle **Crans-Montana Tourisme**.

<sup>46</sup> Voir par exemple *La Suisse*, 11 mai 1977, *Journal de Genève*, 15 mai 1977, *La Suisse*, 22 janvier 1978.

<sup>47</sup> Cf. *L'Impartial*, 15 janvier 1978.

<sup>48</sup> Cf. *Tribune-Le Matin*, 30 septembre 1980.

<sup>49</sup> Cf. *Tribune-Le Matin*, 16 février 1980.

<sup>50</sup> Cf. *La Suisse*, 5 septembre 1987, article de Marlène Métrailler, sous le titre « Montana dérange Crans ».

<sup>51</sup> Cf. *La Suisse*, 17 janvier 1992.

<sup>52</sup> Cf. *Nouvelliste*, 7 janvier 1997, *Journal de Sierre*, 7 janvier 1997.

<sup>53</sup> Cf. *Nouvelliste*, 19 novembre 1997.

Les années 80 marquent également une forte régression de l'**offre hôtelière** de la station : en 1992, Crans-Montana n'offre que 3150 lits hôteliers sur 46500 lits touristiques (6.7 %). La station a perdu vingt hôtels en vingt ans (1972-1992). Le taux d'occupation des hôtels était à la fin des années 70 de l'ordre de 40-45 % contre moins de 15 % pour la parahôtellerie<sup>54</sup>. Le taux d'occupation des hôtels est en outre plus bas que dans d'autres stations de même taille (62 % à St-Moritz, 61 % à Zermatt)<sup>55</sup>. Au début des années 90, crise économique et nouvelle fibre « écologique » aidant, si le rythme de construction semble s'être quelque peu relâché, la fièvre immobilière n'est de loin pas morte<sup>56</sup>, même si, comme le relève CLIVAZ (1995), « les charges qui résultent du fonctionnement d'une ville à la montagne mettent en péril la survie du système ». La station tente de réduire les aspects négatifs de l'essor urbain qu'elle a connu. Ainsi, afin de réduire le trafic automobile paralysant le centre de la station durant les heures de pointe, les communes et les sociétés de remontées mécaniques ont instauré dès 1985 la gratuité des transports publics en station (OTT 1988).

## L'organisation touristique actuelle

Le Haut-Plateau montre encore un extrême **morcellement des structures et des compétences** en matière de développement touristique. Au début de cette recherche (1992), la station comptait encore :

- **trois sociétés de développement** : Aminona, Montana et Crans. Les Aménagements touristiques et sportifs de Montana (ATSM) regroupaient la Société de développement de Montana et les communes de Montana et Randogne. L'ATSM gérait les installations de loisirs et de sports sur le territoire de la société de développement de Montana, notamment la halle de glace d'Ycoor, le manège et la plage du lac de la Moubra. Son homologue de Crans s'appelait le Comité de gestion de Crans, organisme intercommunal financé par Lens (47.5 %), Chermignon (47.5 %) et Icoigne (5 %) qui entretenait notamment les installations sportives du Sporting (piscine, courts de tennis, patinoire naturelle...) et les deux parcours de golf. Toutes ces unités ont été regroupées en 1997 dans la nouvelle organisation *Crans-Montana Tourisme*.
- **quatre sociétés de remontées mécaniques** indépendantes (*Société des Téléphériques de Crans-Montana S.A.* (STCM), créée par la fusion de cinq sociétés en 1970, *Téléphériques Montana-Violettes-Glacier de la Plaine Morte S.A.* (TVPM), fondée en 1972 par fusion de deux sociétés existantes, *Télécabine du Grand-Signal S.A.*, fondé en 1959, *Tél-Aminona S.A.*, racheté par la commune de Mollens en 1979), mais regroupées en un pool, créé en 1965, chargé de répartir le chiffre d'affaires. Toute tentative de fusion de ces sociétés anonymes d'économie mixte a

<sup>54</sup> Cf. *Journal de Genève*, 27 mai 1977; voir également l'annexe 4.15.

<sup>55</sup> Cf. *Hôtel + Touristik Revue*, 16 mars 1989.

<sup>56</sup> Voir par exemple l'article de P. Pauchard et A. Walther « François Rielle, nouveau roi de Crans-Montana » dans *L'Hebdo* du 25 août 1994, pp. 46-49.

longtemps échoué en raison de l'opposition des sociétés et des communes qui voulaient conserver le maximum d'autonomie (TSCHOFF 1991). En automne 1996, ces sociétés ont accepté le principe de fusion<sup>57</sup>. La fusion est devenue effective le 4 décembre 1999<sup>58</sup>.

- **deux écoles de ski** (Crans et Montana)<sup>59</sup>, **deux sociétés d'hôteliers**, (la SHM - Société des hôteliers de Montana - et la SHC - Société des hôteliers de Crans - (fusionnées en 1997) et **deux associations de commerçants**, la Société des Arts et Métiers et d'Intérêt général de Crans et la Société des commerçants et artisans de Montana (fusionnées en 1997).

Autre problème lancinant, celui de la **coordination intercommunale**<sup>60</sup> ! En 1985, la Jeune Chambre économique de Crans-Montana a proposé une étude préliminaire pour une meilleure collaboration, voire une fusion des six communes du Haut-Plateau (BAGNOUD et al. 1985). A l'époque, la collaboration se résumait aux domaines des écoles, du service du feu, de la police, ainsi qu'à certains aspects du tourisme. Ce rapport illustre les coûts financiers induits par le morcellement administratif et technique par la question de l'eau potable : 6 administrations géraient 6 réseaux de distribution, 6 stations de traitement..., pour un coût de fonctionnement de 1.4 millions de francs en 1981. Il en était de même de la politique de construction, régie par 6 règlements différents. Le projet proposait, sur la base de la loi cantonale sur le régime communal, la création d'un conseil de gestion administrative supracommunal constitué d'administrateurs issus des autorités communales et auquel les communes devaient déléguer une part de leur pouvoirs et fonctions (fiscalité, contrôle des habitants, cadastre, etc.). Ce conseil devait également chapeauter les sociétés de développement touristique. Or, la Loi sur le régime communal ne prévoit que deux formes de collaboration : l'association, pour des projets spécifiques (ex. gestion des déchets, STEP) et la fusion. Certains présidents de commune étaient favorables à la fusion (Montana, Chermignon), d'autres (Icogne, Mollens), moins concernés par la station, y étaient formellement opposés. Rien n'a pour le moment été concrétisé dans le sens d'une fusion.

On relèvera encore que trois communes (Montana, Randogne et Mollens) connaissent une commune bourgeoise distincte de la commune politique, alors que dans les trois autres communes les avoirs bourgeoisiaux et communaux sont gérés par la même administration (BAGNOUD et al. 1985).

Actuellement<sup>61</sup>, la saison hivernale est principalement orientée vers la pratique du ski. L'accent publicitaire est mis sur la performance du réseau moderne de remontées mécaniques (installations d'une capacité

<sup>57</sup> Cf. *Nouvelliste*, 18 novembre 1996, *Journal de Sierre*, 22 novembre 1996.

<sup>58</sup> Cf. *Nouvelliste*, 2 décembre 1999 et 6 décembre 1999, *Le Temps*, 6 décembre 1999.

<sup>59</sup> Depuis 1997, une troisième école de ski existe.

<sup>60</sup> Les questions de la coordination entre les communes et entre les organes touristiques sont bien sûr étroitement liées. Pour l'analyse, elles doivent toutefois être séparées car dans le premier cas, ce sont plutôt les paramètres socio-politiques (passé commun et fédéralisme communal) et dans le second cas des facteurs socio-économiques (croissance touristique menant à une situation de ville à la montagne) qui permettent de comprendre les mécanismes de coordination (ou d'absence de coordination).

<sup>61</sup> Je me base sur l'analyse du site internet de la station.



de 41'000 personnes à l'heure), dont le tout récent Funitel (1995). Les autres sports ne sont pas oubliés, notamment le ski de fond et les sports de glace. Pour l'été, l'accent promotionnel est mis sur la randonnée pédestre (réseau de 280 km de chemins balisés) et à VTT, ainsi que sur le ski d'été au glacier de la Plaine Morte. Une rubrique particulière est consacrée à la pratique du golf.

### 4.3.2 Nendaz

#### Bref historique de la commune de Nendaz avant le développement du tourisme

Jusqu'au XI<sup>ème</sup> siècle, la région actuelle de Nendaz appartenait à la Châtellenie de Conthey qui relevait elle-même de l'Abbaye de St-Maurice, puis elle passa sous la domination de la Savoie et dès 1475 des sept dizains du Haut-Valais jusqu'en 1798, date à laquelle elle se constitue en commune (MICHELET 1995a). Lors de l'entrée du Valais dans la Confédération helvétique, la commune est incorporée au district de Conthey (MICHELET 1977). La commune politique s'est constituée à partir de la paroisse, avec laquelle les limites se confondent, bien que cette dernière ait englobé Veysonnaz jusqu'en 1912 (MICHELET 1977), alors que les juridictions politiques étaient séparées depuis 1798. Jusqu'à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, c'est Beuson, centre industriel situé sur la Printse, qui, avec ses moulins et ses scieries, est le centre nerveux de la commune. Avec l'arrivée de la route à Basse-Nendaz en 1914 et à Haute-Nendaz en 1925, le pouvoir se déplace vers le haut de la commune.

#### Naissance et développement de la station

##### *Nendaz : une station jeune de la troisième génération*

Le tourisme nendard débute dans les **années trente** avec la construction de résidences secondaires d'été par des gens aisés de Sion (FOURNIER 1985). Après la deuxième guerre mondiale, certains Suisses qui avaient été mobilisés dans la région y reviennent pendant l'été à la pension « Les Gentianes » construite au cœur du village de Haute-Nendaz en 1947 (GERMANIER 1988). Il s'agit essentiellement d'un **tourisme d'été** qui attire également quelques étrangers.

Mais c'est seulement dans les **années 50**, que le tourisme prend véritablement son envol. Ainsi, durant l'hiver 1950-51, une navette postale transporte des skieurs de Basse à Haute-Nendaz et l'hiver suivant, l'entrepreneur postal Pierre Lattion et l'un de ses chauffeurs installent le premier télésiège. En 1954, au nom d'un comité d'initiative, l'avocat et promoteur Michel Michelet demande à l'Office fédéral des transports une concession pour la construction d'un télésiège. Cette demande est refusée le 10 avril 1956, en raison d'un recours déposé par Veysonnaz (GERMANIER 1988). Toutefois, dès 1954 un télésiège relie le village de Haute-Nendaz aux mayens (MICHELET 1995a). Finalement, la concession est accordée et le 20 décembre 1958, c'est une télécabine qui est inaugurée, reliant Haute-Nendaz à 1365 mètres (futur Nendaz-

Station) à Tracouet sous la Dent de Nendaz par la société Télécabine Haute-Nendaz-Tracouet S.A. qui en 1963 deviendra Téléphérique de Nendaz S.A., abrégé Télénendaz (GERMANIER 1988).

Les premières années sont marquées par la concurrence d'autres sociétés qui seront englobées par la suite et par des difficultés financières qui empêchent la société de participer au développement de Tortin avec Téléverbier S.A. En 1965, une société sœur est créée, **Super-Nendaz** S.A., chargée de développer des installations de ski dans la région de Siviez. Un premier restaurant est érigé par cette société en 1967, avec un projet de créer par la suite un village de chalets, appelé Siviez-Village. Mais en raison de déboires financiers, les bâtiments et les terrains sont rachetés par une société belge, Transalpina S.A., qui projette la construction de complexes de tours dont le premier, la Résidence Rosablanc, un appart-hôtel de 500 lits, est inaugurée en 1971. Transalpina S.A. fait faillite en 1975, notamment en raison du surdimensionnement des infrastructures pour 2000 lits et des difficultés de ventes aux étrangers régies par la Lex Furgler<sup>62</sup> et l'affaire est reprise par un consortium d'entreprises locales, mais de 1978 à 1980, la station n'est plus exploitée pendant deux ans. En 1978 également, Supernendaz S.A. est absorbée par Télénendaz S.A.

### *Les années 70 et 80 ou l'anarchisme parahôtelier*

Presque simultanément à la construction de la télécabine Haute-Nendaz-Tracouet (1958), M. Séraphin Fournier construit un premier hôtel, le « Mont-Calme » (FOURNIER 1985). Sur les hauts du village de Haute-Nendaz, les premiers immeubles locatifs à vocation touristique apparaissent en 1966 et très tôt le financement de nombreux bâtiments est assuré par des promoteurs belges, tels Samuel d'Aumeries, qui en moins de 10 ans construit, avec 380 unités de logement, le cinquième du volume bâti pendant ce laps de temps (GERMANIER 1988). Nendaz a connu au cours des années 70 le plus fort taux de croissance touristique parmi les stations de tourisme valaisannes, avec une **majorité de constructions de style urbain**. Le premier plan d'aménagement accepté et appliqué n'est pourtant entré en vigueur qu'en 1979 (FOURNIER 1985). Ce développement phénoménal de la construction ne va pas sans soulever des problèmes tels que la multiplication des constructions « sauvages », sans autorisations de construire ou non conformes aux prescriptions. Dans ces difficultés, l'administration communale, emmenée par un président-promoteur, a sa part de responsabilités<sup>63</sup>. De plus, comme dans d'autres communes, des affaires frauduleuses et des scandales financiers ne manquent pas de ternir la promotion de la station. On peut rappeler le scandale des Mésanges en 1977 ou l'affaire Campana en novembre 1979<sup>64</sup>.

Le développement rapide de la station pèse également lourdement sur les dépenses communales. Ainsi, en raison d'une dette importante de la commune, les comptes communaux de 1982 sont refusés à deux reprises

<sup>62</sup> Cf. *Aargauer Tagblatt*, 22 juillet 1975 et *Basler Nachrichten*, 23 juillet 1975.

<sup>63</sup> Cf. par exemple *Tribune-Le Matin*, 8 décembre 1978.

<sup>64</sup> Cf. *Tribune-Le Matin* du 20 novembre 1977, 21 novembre 1979, *Le Matin* du 23 avril 1985, du 8 mai 1985 et du 25 avril 1986.

par les citoyens, avant d'être homologués par le Conseil d'Etat valaisan<sup>65</sup>. Ce développement urbain s'est fait principalement sous forme parahôtelière. Ainsi, en 1983, sur 13'000 lits disponibles, seuls 400 étaient situés dans des hôtels ou appart-hôtels<sup>66</sup>, soit 3 %, ce qui provoque un très gros **déséquilibre entre hôtellerie et parahôtellerie**, également mis en évidence à Crans-Montana. Dix ans plus tard, la proportion est même descendue à moins de 200 lits hôteliers pour 16'300 lits parahôtelières<sup>67</sup>, soit à peine plus de 1 %.

### *Nendaz, une station au coeur du domaine skiable des Quatre Vallées*

En ce qui concerne la pratique du ski, dès 1972, une convention lie les sociétés Télénendaz S.A. et Téléveysonnaz S.A. et les consortages des alpages de la Combire et de la Meina, afin de relier les deux domaines skiables. La liaison est assurée dès 1977 et une année plus tard est ouvert le domaine des **Quatre Vallées**, qui relie les stations de Verbier, Mayens de Riddes, Nendaz et Veysonnaz, et plus tard Thyon 2000 (convention du 2 octobre 1991). A cette époque, Me Michel Michelet pouvait déclarer : « Nous avons trente ans de retard sur les Français en matière d'aménagement touristique hivernal. [...] L'avenir du ski est dans les circuits réalisés entre plusieurs régions et dans la conquête des glaciers »<sup>68</sup>. Après la mise en service du Téléphérique Tortin-Col des Gentianes (29.12.1981), le 9 septembre 1983 est inauguré le téléphérique du **Mont-Fort**, assurant la pratique du ski d'été sur glacier. Dès 1984, le téléphérique du Plan du Fou assure la liaison des domaines skiables de Haute et de Super-Nendaz. Née du ski, Nendaz met toutefois dès le début des années 80 également l'accent sur le tourisme estival, ce qui permet de compter environ un tiers des nuitées en été<sup>69</sup>.

---

<sup>65</sup> Cf. *La Suisse*, 6 octobre 1983, *Nouvelliste et Feuille d'Avis du Valais*, 1 décembre 1983 et *La Suisse*, 17 avril 1984. Le 20 mai 1984, ce même journal rappelle que cette homologation est assortie d'une série de conditions et titre : « Le Conseil d'Etat tance Nendaz ». Dix ans plus tard, la situation ne s'est guère améliorée, la dette communale atteignant près de 60 millions de francs au 31.12.1991 (Cf. *L'autre regard*, N° 1, avril 1993). Dans un ouvrage engagé, ROSSINI (1992) revient sur les problèmes financiers de la commune en mettant en cause directement certains politiciens présents « au bon moment au sommet de la hiérarchie politique cantonale » (p. 11).

<sup>66</sup> Interview de M. Philippe Fournier, Directeur de l'Office du tourisme de Haute-Nendaz, in *Hôtel-Revue* du 22 septembre 1983, qui souhaitait « voir se créer à Haute-Nendaz un hôtel 4 étoiles de 100 à 150 lits ».

<sup>67</sup> Cf. *Le Nouveau Quotidien* du 24 février 1993; voir également l'annexe 4.15

<sup>68</sup> Cité par *La Suisse* du 28 août 1975.

<sup>69</sup> Interview de M. Philippe Fournier, Directeur de l'Office du tourisme de Haute-Nendaz, in *Hotel + Touristik Revue*, 18 juin 1987.

### *Le boom touristique et les tensions entre la montagne et la plaine*

Le développement majeur du tourisme dans les villages du haut induit une progression démographique à deux vitesses entre le haut et le bas de la commune. Ainsi, entre 1960 et 1981 (PRAZ 1984), la population de Basse-Nendaz progresse de 20 % et celle de Haute-Nendaz de près de 80 %, alors que Saclentse et Beuson perdent respectivement 26 et 22 % de leurs habitants. Le hameau de Verrey, sur la rive droite est même déserté<sup>70</sup>. Seul le village d'Aproz (et dans une très faible mesure Fey) progresse parmi les villages du bas. Sa situation en plaine, à quelques kilomètres de Sion doit expliquer sa progression de 26.5 % pour la même période.

La gestion et le développement de la station sont fortement marqués par la culture politique très partisane de la commune qui induit une série de biais et de freinages dans le développement. On peut citer à ce sujet, l'article de Jean-Michel Bonvin dans le *Nouveau Quotidien* du 24 février 1993, qui dénonce les méfaits de la politique clanique sur le dynamisme économique sous le titre « A Nendaz, le printemps du tourisme est brisé par les clans politiques ». Dans ce même quotidien (édition du 4 décembre 1992), Jean-Philippe Ceppi titre « Fièvre électorale en Valais. Nendaz déchirée entre ses dettes et l'EEE » et rappelle les tensions entre le bas, industriel et maraîcher, et le haut, touristique, de la commune, auxquelles se mêlent les combats entre partis politiques. Le même type d'analyse est développé par ROSSINI (1992). On retrouve ici le même genre de différenciation politico-économique que sur le Haut-Plateau.

### L'organisation touristique actuelle

Le développement des activités touristiques sur le territoire communal est du ressort de la Société de développement de Nendaz, créée en 1938, dont dépend l'Office du tourisme. Les installations de remontées mécaniques sont gérées par une seule société privée, Télénendaz S.A., et intégrées dans l'offre forfaitaire des Quatre Vallées. Durant l'hiver<sup>71</sup>, la station privilégie la pratique du ski alpin, en mettant l'accent dans les publicités, sur l'étendue du domaine skiable (400 km de pistes, 100 installations de remontées mécaniques). La saison estivale est placée principalement sous le signe de la randonnée à pied ou en VTT et du ski sur glacier.

L'offre touristique des deux stations est donc assez similaire. Par contre la structure des organes s'occupant du développement touristique est beaucoup plus complexe à Crans-Montana-Aminona qu'à Nendaz.

Voyons maintenant ce qu'il en est de la structure démographique.

---

<sup>70</sup> Cf. *La Suisse* du 10 janvier 1988, qui titre « Un hameau à l'agonie. Le village de Verrey se saigne de ses habitants » ou *l'Einsiedler Anzeige* du 8 mars 1988 qui, sous le titre « Verrey. Ein Dorf stirbt », rappelle qu'à la fin des années 60, ce village de 54 édifices comptait encore 19 habitants, contre 2 en 1988.

<sup>71</sup> Tout comme pour Crans-Montana-Aminona, ce sont les informations fournies par le site internet de la station qui constituent la base de ce chapitre.

## 4.4 Développement démographique des deux stations

---

La structure démographique est un facteur explicatif important de la demande en eau. En effet, autant les variations de la population résidente permanente que celles de la population touristique temporaire ont un impact sur les variations temporelles et spatiales de la demande en eau. Je vais donc tout d'abord analyser l'évolution de la population permanente dans les deux stations depuis le milieu du siècle passé avant de discuter la question de l'évaluation de la population touristique. J'étudie ici les données publiées par l'Office de la statistique du Canton du Valais, sur la base de deux séries : une série décennale pour la période 1850-1990, qui permet d'observer l'évolution générale au cours des 150 dernières années, et une série annuelle de 12 ans pour la période 1983-94, qui laisse transparaître la tendance démographique récente. Les tableaux complets sont reportés en annexe (annexes 4.6 et suivantes). Ils comportent également des données concernant quelques communes voisines non touristiques à titre de comparaison.

### 4.4.1 La population permanente

#### Crans-Montana-Aminona

Comme développé précédemment, la station occupe une partie du territoire de six communes politiques, dont quatre étaient fusionnées jusqu'en 1904. Pour cette raison, il n'existe pas de données individualisées pour ces quatre communes jusqu'en 1910. Pour les six communes, la **tendance démographique est à la hausse constante**, la population totale passant de 2250 habitants en 1850 à 3200 au tournant du siècle, 6850 en 1950 et 11'550 en 1990. Cette élévation n'est pourtant pas régulière : de manière générale, la population s'accroît en période de haute conjoncture (années 20, 40, 60 et 80) et stagne en période économique difficile (années 30 et 50) (CLIVAZ 1995). On observe également une **régionalisation de l'accroissement** en fonction du développement de la station : entre 1900 et 1930, au moment où le tourisme de cure bat son plein à Montana, ce sont les deux communes de l'est, Montana et Randogne, qui ont les taux d'accroissement les plus importants (entre 30 et 90 % par décennie), alors que les trois communes occidentales conservent des taux nettement plus bas (env. 10 % par décennie), assez similaires à ceux d'autres communes non touristiques. Dans les années 30, la situation s'inverse avec la montée du tourisme sportif à Crans. Durant les trois dernières décennies et notamment durant les **années 80**, l'accroissement est le plus fort tout à **l'est de la station** (Randogne et Mollens). Cette dernière semble avoir profité du développement d'Aminona pour enrayer la chute constante de population qui sévissait jusque dans les années 70, à moins que cela soit dû à sa position géographique dans le giron de Sierre (cf. également les taux d'accroissement de Veyras, Miège et Venthône). On peut classer les six communes du Haut-Plateau en deux groupes très différents en fonction de leur poids démographique respectif : les communes de Mollens et Icoigne, avec une population permanente atteignant à peine

les 500 unités ont un poids nettement inférieur à celui des quatre autres communes dont la population oscille entre 2000 et 3000 habitants (cf. également les annexes 4.6 et 4.7).

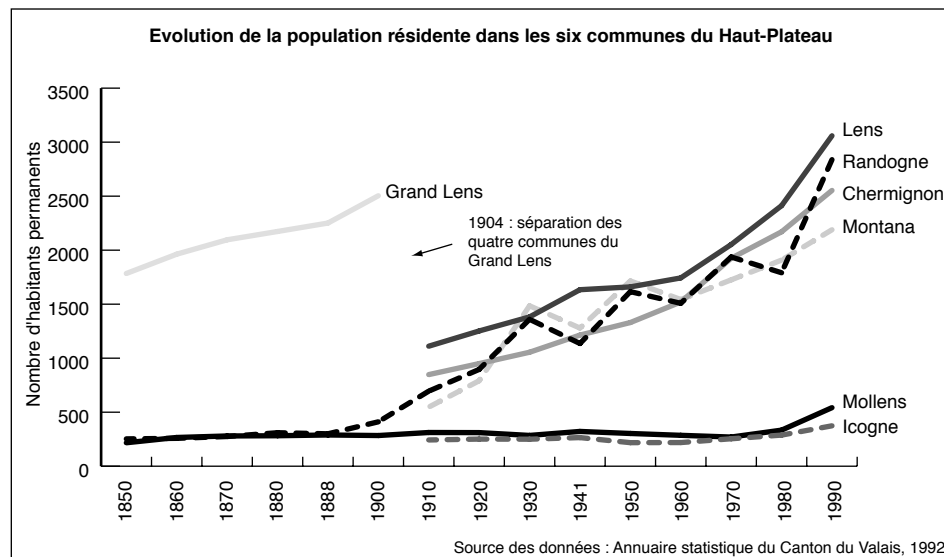


Fig. 4.8 Evolution de la population résidente dans les six communes du Haut-Plateau (1850-1990)

N'ayant pas de données chiffrées sur la part de la population résidente habitant dans la station, je reprends les tendances données par CLIVAZ (1995) : cette proportion est faible à Icogne et Mollens, elle se situe à environ un tiers à Lens et à la moitié à Montana et Chermignon. Randogne a une nette majorité de ses habitants qui vit dans la station. Au total, presque la moitié de la population résidente des 6 communes habite sur le Haut-Plateau, soit **environ 5700 habitants**.

## Nendaz

A Nendaz, l'accroissement de la population est également constant et la population résidente<sup>72</sup> passe de 1600 en 1850 à 2300 en 1900, 3700 en 1950 et presque 5000 en 1990. Le taux d'accroissement par décennie est faible jusqu'au début du siècle, puis il oscille autour de 10 % par décennie jusqu'en 1950. Durant les années 50 à 80, qui correspondent à la phase de développement de la construction parahôtelière, les taux de croissance de la population résidente restent très bas, nettement en dessous de 10 % par décennie. Ce n'est que durant les années 80 que ce taux remonte aux alentours de 15 %. Globalement, l'augmentation de population est nettement plus faible que sur le Haut-Plateau. Ici, le développement du tourisme a certes freiné l'érosion démographique qui caractérisait la région au début du siècle passé, mais elle n'a par contre pas provoqué une explosion démographique comme à Crans-Montana-Aminona. La monostructure parahôtelière en est certainement la raison.

<sup>72</sup> La population était inférieure à 1000 unités en 1798 (HERTL 1997).

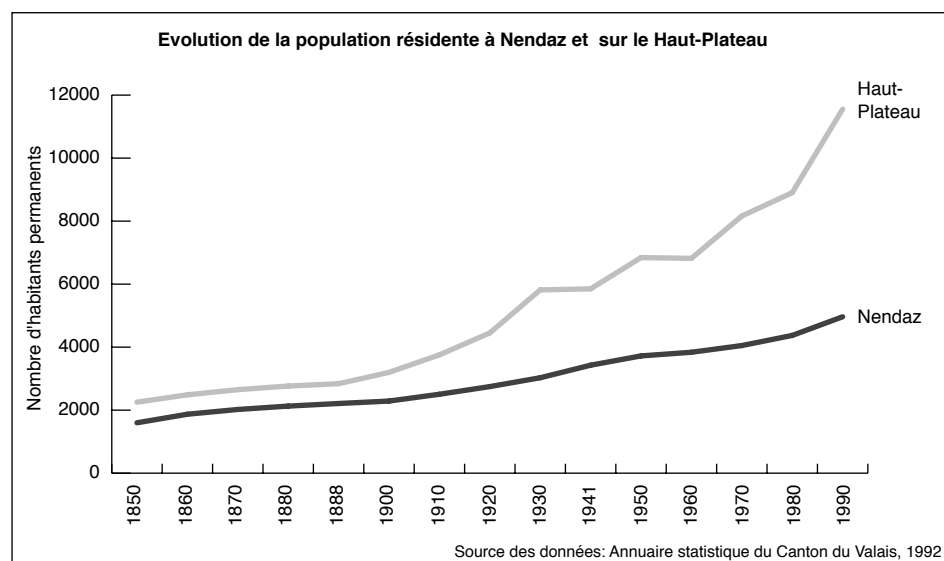


Fig. 4.9 Evolution de la population résidente à Nendaz et sur le Haut-Plateau (1850-1990)

Sur la base des données annuelles publiées par la commune de Nendaz, il a été possible d'analyser l'évolution de la population par villages au cours de ces dernières années. Il apparaît clairement que les villages touchant à la station (Haute-Nendaz et Saclentse) ont des taux d'accroissement importants (souvent plus de 20 %), alors que les villages traditionnels de la rive gauche (Basse-Nendaz, Fey) et droite (Clèbes, Verrey, Brignon) voient leur population stagner. Mal situé, Beuson perd des habitants, au contraire des deux villages proches de Sion, Aproz et Baar (cf. annexe 4.8)<sup>73</sup>.

## 4.4.2 La population touristique temporaire

### Remarque théorique

La population touristique temporaire est généralement difficile à évaluer. En effet, elle doit prendre en compte les **résidents temporaires** logeant dans les hôtels, les chalets et appartements loués à la semaine et les campings, mais également les **propriétaires de chalets et appartements** qui n'occupent leur résidence secondaire que quelques semaines par an et les « **touristes pendulaires** », c'est-à-dire les personnes se rendant dans la station durant la journée (promeneurs, skieurs), mais ne dormant pas sur place. Dans le cas particulier des deux stations étudiées, l'exercice est rendu plus difficile encore en raison de l'absence de données chiffrées fiables, tout particulièrement pour le Haut-Plateau. Ni les offices du tourisme, ni les communes ne sont en mesure de fournir des données standardisées. Il a donc fallu dépouiller différentes statistiques partielles pour ensuite tenter de les

<sup>73</sup> Voir également HERTL (1997) qui montre qu'entre 1960 et 1996 la population résidente s'est accrue de 152 % à Haute-Nendaz et de 97 % à Saclentse, mais seulement de 29 % à Basse-Nendaz et de 2.6 % à Clèbes et qu'elle a diminué de 11 % à Beuson.

homogénéiser. Il en résulte que **les chiffres étudiés ci-dessous ne sont que des approximations** et doivent être considérées comme telles.

La catégorie des **résidents temporaires** peut être évaluée au moyen des taxes de séjour encaissées par les sociétés de développement (nombre de nuitées). Comme je désire utiliser ces résultats pour ensuite les corrélérer avec la demande en eau et les quantités d'eau potable distribuées par les différents réseaux communaux, il s'agit, pour Crans-Montana-Aminona, de répartir ensuite ces nuitées par communes, en tenant compte du nombre de résidences temporaires dans les différentes communes. La population temporaire formée par les propriétaires de résidences secondaires est plus difficile à évaluer, car on ne connaît généralement pas le taux d'occupation de ces chalets et appartements. Pour simplifier, les offices du tourisme calculent les forfaits sur une base d'occupation de 1 mois par année. J'utilise également la statistique des **ordures ménagères** produites par les différentes communes : si l'on connaît la quantité d'ordures moyenne produite par jour et par habitant, on peut assez facilement évaluer la population résidente permanente et temporaire d'une station.

Quant à la **population pendulaire**, elle est encore plus difficile à évaluer. J'avais envisagé dans un premier temps de me baser partiellement sur la fréquentation des installations de remontées mécaniques; malheureusement aucune statistique n'est fiable, les seuls décomptes existants étant basés sur des passages à certaines caisses. Pour contourner cet obstacle, je comparerai les données disponibles pour les deux stations étudiées avec celles concernant la station de Zermatt pour laquelle on bénéficie d'une meilleure évaluation de la population journalière dans la mesure où tous les touristes accèdent à la station par le train. Si l'on ajoute à la population résidente le nombre de trajets journaliers Täsch-Zermatt, on obtient une bonne évaluation de la population totale. On peut par la suite comparer ces résultats avec les autres paramètres (nuitées, population temporaire propriétaire de chalets) et ainsi évaluer leur pertinence. C'est ce que je tente ci-dessous.

## Population touristique temporaire : le cas de Zermatt

J'étudie ici quelques séries statistiques pour l'année 1992. Zermatt est une station touristique accessible uniquement par le train, sauf pour les personnes bénéficiant d'une autorisation d'accès en voiture (résidents permanents). Je compare ici les statistiques de fréquentation fournies par la compagnie ferroviaire *BVZ Zermatt-Bahn* et les statistiques des nuitées fournies par l'Office du Tourisme de Zermatt. J'y ajoute les données concernant la population permanente fournies par l'Office de la statistique du Canton du Valais<sup>74</sup>. Je suis obligé de baser mon raisonnement sur une série d'hypothèses réductrices :

- les statistiques de fréquentation de la ligne ferroviaire BVZ sont organisées en trajets Täsch-Zermatt et Zermatt-Täsch : je

<sup>74</sup> Office de Statistique du canton du Valais (1993) : Informations statistiques 4/1993. En 1992, la population résidente permanente de Zermatt (Suisses établis et étrangers avec permis B ou C) montrait une évolution de +5.1 % entre le premier janvier et le 31 décembre, soit une moyenne de 20 personnes par mois. J'ai tenu compte de cette évolution dans les tableaux de données.



considère que la différence entre les deux séries correspond à des personnes restant dormir à Zermatt;

- les statistiques des nuitées sont organisées par saison (nuitées parahôtelières) et par mois (nuitées hôtelières) (cf. annexes 4.9 et 4.10) : pour les corrélérer avec les statistiques de trajets en train, je fais l'hypothèse que les résidents temporaires restent en moyenne une semaine sur place; cela signifie que 7 nuitées équivalent à un trajet aller-retour;
- j'évalue la répartition mensuelle des nuitées parahôtelières en multipliant le total annuel des nuitées saisonnières par le pourcentage mensuel de nuitées hôtelières (je fais donc l'hypothèse que la répartition mensuelle des nuitées hôtelières est identique à celle des nuitées parahôtelières) (cf. annexes 4.11 et 4.12);
- je fais également l'hypothèse que les résidents permanents n'utilisent pas le train;
- j'en déduis que le nombre de trajets restants lorsque l'on a retranché le nombre de nuitées divisées par 7 correspond au nombre de touristes pendulaires par mois;
- je divise ensuite les deux chiffres (« résidents temporaires » et « touristes pendulaires ») par le nombre de jours par mois : j'obtiens une évaluation de la population temporaire par jour pour chacun des mois (cf. annexe 4.13);
- j'y ajoute la population permanente selon l'Office de statistique du Canton du Valais et le nombre de travailleurs saisonniers inscrits au Contrôle des habitants de la Commune de Zermatt et j'obtiens ainsi une **évaluation sommaire** de la population journalière moyenne à Zermatt pour chaque mois (cf. annexe 4.13).

Dans un deuxième temps, je calcule la répartition (en %) en trois catégories (« Résidents permanents », « Résidents temporaires » et « Touristes pendulaires ») (cf. fig. 4.10 et annexe 4.14) qui permettent de comparer ces données avec celles obtenues pour les stations de Nendaz et Crans-Montana-Aminona. Ces différentes hypothèses rendent les résultats relativement aléatoires, mais ces derniers permettent tout de même d'évaluer grossièrement la part des différents types de population et l'évolution de ces proportions au cours de l'année. **La population touristique (« population temporaire » et « pendulaire ») représente toujours entre 40 % (novembre) et 70 % (juillet-août) de la population totale.** La population résidente temporaire représente environ **30 % de la population totale en hiver** (surtout février-mars) et **40 % en été** (juillet-septembre). Les pendulaires représentent plus de 20 % de la population toute l'année (sauf en novembre); leur part est la plus forte en été (juillet-septembre) où ils représentent environ 30 % du total.

A ce stade il convient d'apporter un bémol quant à la représentativité de ces chiffres pour d'autres stations alpines, en particulier les deux stations étudiées. En effet, la station de Zermatt se particularise d'autres régions des Alpes par la présence du Cervin qui attire beaucoup de touristes durant la saison estivale. Elle se différencie

également de Crans-Montana-Aminona et de Nendaz par un rapport entre l'hôtellerie et la parahôtellerie nettement différent. Afin d'affiner les résultats et de pouvoir les transposer dans les deux stations du Valais central, je compare au chapitre suivant le nombre de nuitées, ainsi que le nombre de lits parahôtelières et hôteliers en 1992 dans les trois stations, ce qui me permet d'indexer les pourcentages ci-dessous.

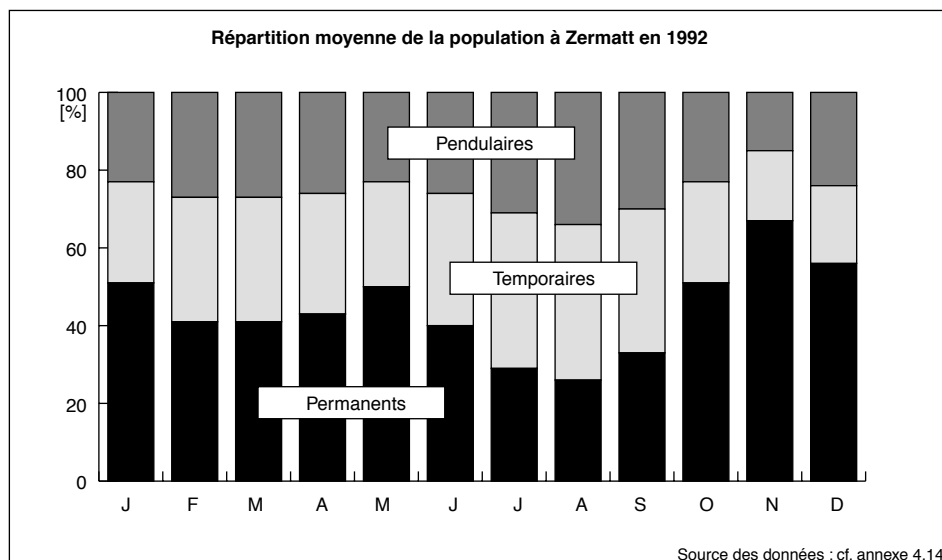


Fig. 4.10 Typologie de la population journalière à Zermatt en 1992

## Evaluation de la population touristique temporaire à Crans-Montana-Aminona et Nendaz

Dans ce chapitre, je décris, pour l'année 1992 et sur une moyenne de 10 ans, la population touristique des deux stations étudiées, en mettant en évidence les paramètres suivants :

- le nombre de lits hôteliers et parahôtelières, selon l'Office de statistique du Canton du Valais, qui permet de comparer la structure de l'offre en lits d'hôtes par rapport à l'offre de Zermatt;
- le nombre de nuitées, selon les données fournies par les différents offices du tourisme, qui permettent d'évaluer la fréquentation touristique (résidents temporaires);
- la population résidente permanente.

Je compare ensuite les résultats obtenus avec ceux de Zermatt, ce qui me permet d'obtenir une évaluation de la structure mensuelle de la population touristique dans les deux stations. Dans un deuxième temps, j'étudie l'évolution des nuitées durant les dix dernières années; je peux ainsi évaluer, sur la base de l'année 1992, la population touristique durant les années précédentes<sup>75</sup>.

<sup>75</sup> Pour cela, je fais l'hypothèse que la fréquentation touristique a évolué de la même manière dans les trois stations.

### *Offre et nuitées hôtelières et parahôtelières*

Le tableau de l'annexe 4.15 résume les données concernant les capacités d'accueil et la fréquentation touristique dans les deux stations durant l'année 1992 (avec une comparaison avec Zermatt). Il s'agit à nouveau de données peu homogènes, variant d'une source d'information à une autre (voir par exemple les statistiques des lits hôteliers selon l'*Annuaire statistique du Canton du Valais* et l'*Inventaire du tourisme valaisan*)<sup>76</sup>. Certains chiffres ont été évalués par moi-même, aucune statistique officielle n'étant disponible.

Il ressort que la structure de l'offre en lits est très différente entre les stations : à Zermatt, on compte environ un lit hôtelier pour deux lits parahôtelières; à Crans-Montana, ce rapport chute, les lits hôteliers ne représentant que 8 % des lits totaux; à Nendaz, ils totalisent à peine 2 % de l'ensemble des lits touristiques<sup>77</sup>.

Le nombre de lits touristiques par habitant permanent est assez faible à l'ouest du Haut-Plateau (2.5); il grimpe à plus de 5 dans les communes de la partie orientale. A Nendaz, on compte 3 lits touristiques pour 1 habitant permanent, ce qui est un peu moins qu'à Zermatt (3.8).

Station Commune	Lits touristiques (selon annexe 4.15)	Population permanente (selon annexe 4.15)	Nbre de lits touristiques par habitant permanent
Crans-sur-Sierre	15500	6395	2.4
Montana-Vermala	28800	5692	5.1
Crans-Montana	44300	12087	3.7
Crans-Montana (station) <sup>78</sup>	44300	5700	7.7
Aminona	2334	644	3.6
Haut-Plateau	46600	12731	3.7
Montana (commune)	14400	2412	6.0
Randogne	14400	3280	4.4
Nendaz	16500	5312	3.1
Zermatt	18650	4896	3.8

Tabl. 4.2 *Evaluation du nombre de lits touristiques par habitant permanent dans les deux stations étudiées*

<sup>76</sup> Le premier reprend les chiffres publiés par l'Office fédéral de statistique (OFS) qui concernent uniquement les lits disponibles à la location, alors que l'*Inventaire du tourisme valaisan* publie le nombre total de lits.

<sup>77</sup> Calculs personnels sur la base de données publiées par l'*Inventaire du tourisme valaisan* (cf. annexe 4.15).

<sup>78</sup> Je considère ici la population permanente vivant dans le périmètre de la station.

### *Evaluation de la population touristique temporaire sur la base de la statistique des nuitées*

Du point de vue des nuitées, le Haut-Plateau comptabilise à peu près le même nombre de nuitées annuelles que Zermatt (env. 1'700'000 nuitées), alors que Nendaz en comptabilise près de la moitié (800'000 nuitées)<sup>79</sup>.

A l'annexe 4.16, je détaille la répartition des nuitées à Crans et Montana au cours des dix dernières années (1987-1996), sur la base d'informations fournies par l'Office du tourisme de Montana<sup>80</sup>. Tout comme les autres données statistiques sur le tourisme, l'élaboration de cette statistique n'est pas homogène, notamment entre les deux sociétés de développement de Crans et Montana<sup>81</sup>. Il en résulte certaines lacunes.

Les **taxes de séjour** sont encaissées sous diverses formes :

- la plupart des résidents temporaires paient une taxe au prorata de la durée de leur séjour; ces nuitées sont comptabilisées en deux catégories, l'hiver (novembre à avril) et l'été (mai à octobre). Pour chacune de ces catégories, on distingue également les nuitées hôtelières et parahôtelières. Il n'existe pas de comptabilité mensuelle;
- certaines nuitées sont comptabilisées sur l'année; ce sont celles concernant les instituts (Crans et Montana), les établissements de cure (Montana) et les logements de groupe (Montana);
- les propriétaires de chalets résidant temporairement dans la station paient un forfait annuel, sur la base d'une occupation moyenne de 30 nuitées. Elles sont réparties pour moitié dans les nuitées estivales et pour moitié dans les nuitées hivernales. En 1995, ces forfaits représentaient par exemple l'équivalent de 115'000 nuitées annuelles, soit 13 % des nuitées hivernales et 18 % des nuitées estivales<sup>82</sup>.

A Nendaz, l'Office du tourisme encaisse également, en plus des nuitées payées par les locataires de chalets et appartements, des forfaits annuels auprès des propriétaires qui séjournent eux-mêmes dans leur appartement. Cela représentait 1945 propriétaires en 1992, 2056 en 1993 et 2112 en 1994 et environ 30-35 % des nuitées encaissées (cf. annexe 4.20).

Dans l'optique de l'évaluation de l'occupation mensuelle et journalière des stations ces statistiques sont assez difficiles à utiliser. La **saison** est en effet une échelle de temps trop grande et hétérogène pour mettre en évidence les périodes de forte et faible occupation. Les forfaits annuels sont encore moins précis. De plus, l'hypothèse selon laquelle

<sup>79</sup> Les nuitées comptabilisées ne correspondent pas toujours aux nuitées effectives. Elles sont souvent sous-évaluées en raison de lacunes dans les déclarations (communication orale de M. Antoine Fardel, économiste au Bureau cantonal du tourisme, Département de l'Economie et des Finances, 16 février 1998).

<sup>80</sup> J'ai renoncé à analyser dans le détail les statistiques concernant Aminona, qui sont assez négligeables par rapport à la fréquentation touristique de Crans et Montana. Comme, par la suite, j'étudierai plus précisément la consommation d'eau potable dans les communes de Randogne et Montana, j'étudie plus en détail la fréquentation touristique dans la station de Montana-Vermala. Je porterai également une attention particulière à l'année 1992, qui sera l'année de référence pour l'analyse de la consommation d'eau.

<sup>81</sup> On rappellera que les deux sociétés de développement ont fusionné en 1997 et qu'à l'avenir les statistiques seront ainsi homogènes.

<sup>82</sup> Selon un document interne de la Société de développement de Montana-Vermala.

l'occupation par les propriétaires de résidences secondaires est de 1 mois par année n'est pas forcément juste. Pour ces différentes raisons, je vais par la suite répartir mensuellement ces données, sur la base de la répartition faite pour Zermatt (annexe 4.14).

La figure 4.11 représente l'évolution des nuitées globales encaissées durant les deux dernières décennies à Crans-Montana et Nendaz, ainsi qu'à Zermatt. Il apparaît clairement qu'elles ont connu, tout comme la population permanente, une hausse constante jusqu'au début des années 90. Les années 95 et 96 marquent une régression, liée à la conjoncture économique. Pour les périodes qui se recoupent, la variation est assez similaire dans les trois stations. Les données ayant servi à la construction de ce graphique sont détaillées aux annexes 4.16 et suivantes.

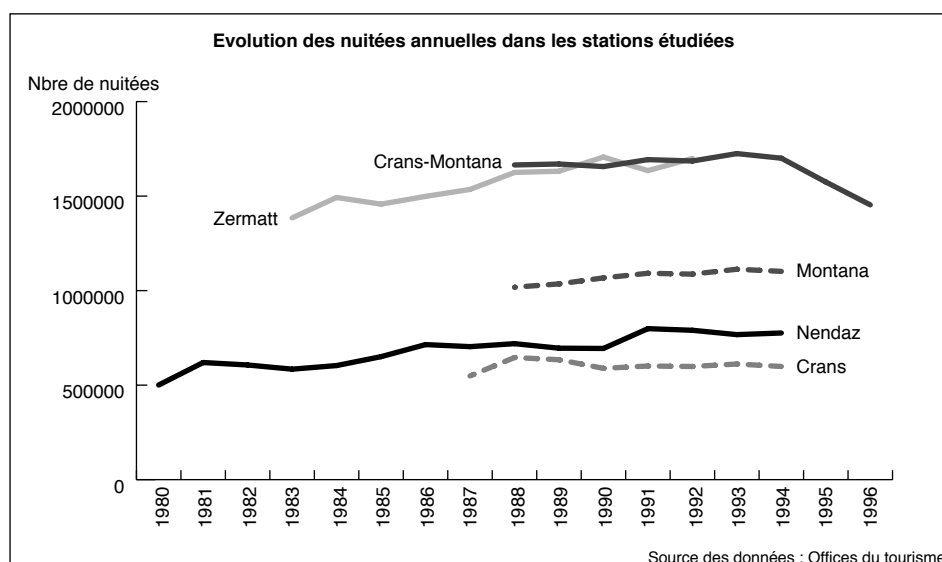


Fig. 4.11 Evolution des nuitées annuelles dans les trois stations étudiées.

En ce qui concerne la répartition mensuelle des nuitées, il n'est pas possible de comparer directement les données des trois stations. A Zermatt, seule une répartition pour l'hôtellerie est disponible. Je considère que la moyenne décennale constitue une bonne évaluation. Pour le Haut-Plateau, il en est de même. A Nendaz, des données ne sont disponibles que pour trois années (1991-93) et concernent le total des nuitées, hôtelières et parahôtelières. Malgré ces différences, on remarque tout de même que dans l'ensemble (cf. fig. 4.12), les nuitées se répartissent de manière identique dans les trois stations, sauf pour les mois de février et septembre. Les deux stations du Valais central ont une proportion d'occupation en février beaucoup plus forte qu'à Zermatt; en septembre, c'est le contraire : Zermatt a une occupation qui représente 10 % de l'occupation annuelle; à Nendaz et dans une moindre mesure à Crans-Montana, cette proportion est nettement plus faible. En conclusion, je fais l'hypothèse que la fréquentation touristique temporaire, hôtelière et parahôtelière, varie de manière identique dans les trois stations, à part durant les mois de septembre et février. Les données de Zermatt peuvent donc être transférées dans les deux stations du Valais central.

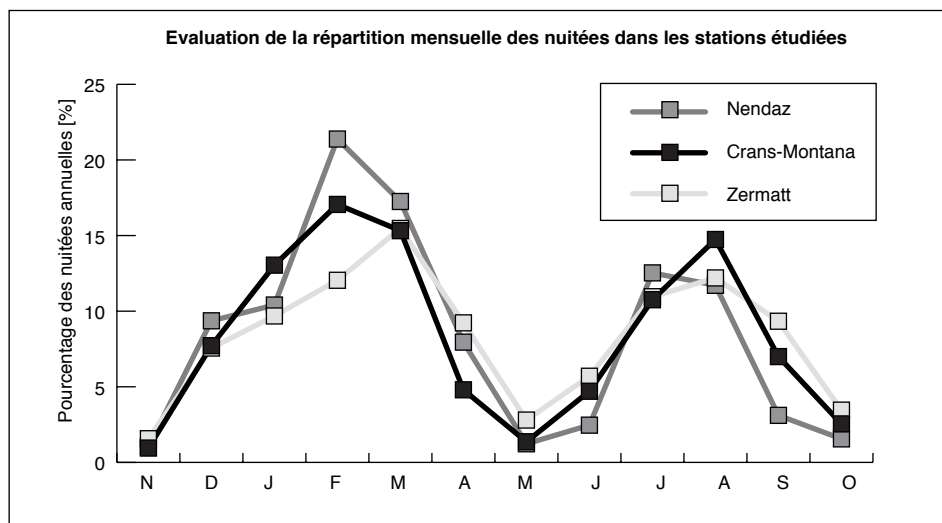


Fig. 4.12 Evaluation de la répartition mensuelles des nuitées dans les trois stations. Les années et le type de nuitées ne correspondent pas. Zermatt : nuitées hôtelières, moyenne 1983-1992 (cf. annexe 4.11); Crans-Montana : nuitées hôtelières, moyenne 1988-1996 (cf. annexe 4.18); Nendaz : nuitées totales, moyenne 1991-1993 (cf. annexe 4.21).

#### Evaluation de la population touristique temporaire sur la base de la statistique des ordures ménagères

Une autre source statistique est fournie par les décomptes d'ordures ménagères amenées par les différentes communes à l'Usine de traitement des ordures du Valais Central (UTO) à Uvrier<sup>83</sup>. Cette entreprise traite les déchets de 30 communes du Valais Central (coteau et plaine), ainsi que du Val d'Anniviers et du Val d'Hérens. Les statistiques sont organisées sur un mode communal pour Nendaz et pour les communes du Haut-Plateau à l'exception de Mollens, dont les tonnages sont mélangés à ceux de la commune de Venthône. Je n'étudie donc pas les statistiques concernant la commune de Mollens. L'usine tient un décompte des tonnages amenés par camions par les différentes communes. Elle différencie les camions menant du verre ou des déchets de voirie. Je n'ai tenu compte que de ces derniers. Comme mon objectif est de vérifier la pertinence des résultats obtenus sur la base de la statistique des nuitées, je n'étudie que quelques mois de haute et de basse saison de l'année 1992 (cf. annexe 4.23). J'établis tout d'abord la somme mensuelle [en kg] amenée par chaque commune (annexe 4.23, tabl. A) que je divise par le nombre de jours par mois. J'obtiens ainsi la quantité moyenne de déchets de voirie produite par jour dans les différentes communes (annexe 4.23, tabl. B). Pour établir une clé de répartition des coûts entre les différentes communes membres de l'Association, l'UTO a calculé la population résidente permanente et temporaire des différentes communes<sup>84</sup>. La population de référence comprend la population permanente à laquelle est rajoutée une

<sup>83</sup> Données fournies par M. René Terrettaz, chef d'usine, septembre 1997.

<sup>84</sup> Calcul de la répartition, en %, du service du capital, Uvrier, Association pour le traitement des ordures du Valais Central, document non publié et non daté.

estimation de la population temporaire considérant que 360 nuitées correspondent à 1 équivalent-habitant<sup>85</sup>. Si l'on divise la quantité annuelle totale de déchets de voirie traitée à l'UTO<sup>86</sup> (40'396'000 kg en 1992) par la population de référence totale (114'584 habitants), on obtient une production annuelle de déchets de 352 kg par habitant, ce qui correspond à **0.96 kg par jour et par habitant**<sup>87</sup>.

Il suffit alors de diviser le total journalier moyen de déchets amenés par les communes par 0.96 pour obtenir une évaluation de la population journalière moyenne (annexe 4.23, tabl. C). En retranchant la population permanente, on peut calculer la population temporaire moyenne par jour (annexe 4.23, tabl. D). Le croisement (annexe 4.24) des résultats obtenus par deux sources différentes (selon la statistique des nuitées, annexe 4.22, et selon la statistique des ordures ménagères, annexe 4.23), montre un coefficient de détermination élevé (0.95); j'en déduis que l'évaluation de la population touristique temporaire moyenne selon l'annexe 4.22, colonnes 5 et 6, est pertinente.

### *Evaluation de la fréquentation touristique temporaire et pendulaire*

Sur la base des résultats des annexes 4.7, 4.14, 4.22 et 4.23, j'évalue grossièrement les trois types de population dans les deux stations pour l'année de référence 1992.

Evaluation 1992	Pop. résid. permanente (selon ann. 4.7)	Pop. tour. temporaire (évaluée selon ann. 4.22, 4.23)	Pop. résidente totale
Novembre	12700	1000	13700
Décembre	12700	5500	18200
Janvier	12700	9000	21700
Février	12700	10000	22700
Mars	12700	10000	22700
Avril	12700	2800	15500
Mai	12700	1000	13700
Juin	12700	2500	15200
Juillet	12700	7000	19700
Août	12700	11000	23700
Septembre	12700	5500	18200
Octobre	12700	2000	14700

Tabl. 4.3 *Evaluation de la population résidente temporaire et totale journalière moyenne sur le Haut-Plateau en 1992. Il s'agit de valeurs **théoriques** moyennes; l'adoption d'une échelle de référence **mensuelle** dilue les pointes maximales.*

<sup>85</sup> Communication orale de M. René Terrettaz, UTO, septembre 1997.

<sup>86</sup> Cette dernière est stable depuis le début des années 90; cf. Association pour le traitement des ordures du Valais Central, *Comptes 1996, Budget 1997*, Uvrier, p. 16.

<sup>87</sup> Ce résultat correspond globalement à celui obtenu par la ville d'Evian, correspondant à une production d'environ 1 kg par jour et par habitant (communication orale de M. René Terrettaz, UTO, septembre 1997). La Mission Développement Prospective (Savoie) observe une consommation de 0.96 kg/j./hab. pour les départements de Savoie et Haute Savoie en 1992 (communication orale du 17 février 1998). Voir également COTRAO (1994). EGGS (1990) obtient un résultat similaire pour l'ensemble du Valais romand.

	Pop. résid. permanente		Pop. tour. temporaire	Pop. résidente totale	
	1992	1996		1992	1996
Novembre	5300	5600	200	5500	5800
Décembre	5300	5600	1500	6800	7100
Janvier	5300	5600	2000	7300	7600
Février	5300	5600	4000	9300	9600
Mars	5300	5600	3000	8300	8600
Avril	5300	5600	1500	6800	7100
Mai	5300	5600	200	5500	5800
Juin	5300	5600	500	5800	6100
Juillet	5300	5600	2500	7800	8100
Août	5300	5600	2800	8100	8400
Septembre	5300	5600	600	5900	6200
Octobre	5300	5600	300	5600	5900

Tabl. 4.4 *Evaluation de la population résidente temporaire et totale journalière moyenne à Nendaz en 1992 et 1996.*

La reconstitution de la population sur la base du nombre de nuitées et de la production d'ordures ménagères donne des résultats assez bas par rapport au nombre de logements touristiques dans les deux stations. Cela est dû à l'adoption d'une échelle temporelle mensuelle qui a tendance à diluer les valeurs de pointe. En effet, les périodes d'occupation maximale des stations ne durent jamais plus de deux semaines par mois (dernière semaine de décembre, première semaine de janvier, deux semaines en février, deux dernières semaines de juillet et deux premières d'août)<sup>88</sup>.

Ainsi, si l'on calcule la population résidente sur le Haut-Plateau durant la première semaine de janvier 1992, sur la base de la statistique des ordures ménagères, on obtient une population résidente totale journalière d'environ 32'500 personnes (cf. tabl. 4.5), soit un tiers de plus que l'évaluation de la population journalière moyenne pour l'ensemble du mois de la même année (cf. tabl. 4.3).

Semaine	Randogne	Montana	Chermi- gnon	Lens	Icogne	Total
1-7.1.92	9200	7300	5500	9500	1000	<b>32500</b>

Tabl. 4.5 *Evaluation de la population journalière moyenne à Crans-Montana durant la première semaine de janvier 1992 (sur la base de la statistique des ordures ménagères).*

Dans le tableau suivant, les valeurs de la troisième colonne correspondent à la population journalière moyenne rapportée au mois. Il s'agit donc de valeurs théoriques. Dans la dernière colonne, j'estime la population résidente de pointe sur la base d'une occupation de 80 % des lits touristiques (selon annexe 4.15).

<sup>88</sup> Ce sont toutefois ces chiffres que j'utilise au chapitre 6 pour les calculs d'utilisation d'eau potable par habitant, car les statistiques de livraison d'eau potable sont en général élaborées sur un mode mensuel.



	Populatio n résidente	Population touristique temporaire	Population résidente totale	Population résidente de pointe <sup>89</sup>
Nendaz : haute saison	5300	2500-4000	7800-8300	19800
Nendaz : basse saison	5300	200	5500	-
Crans-Montana : haute saison	12700	10-11000	22700-23700	49900
Crans-Montana : basse saison	12700	1000	13700	-
Idem, seulement la station (haute saison)	5700	10-11000	15700-16700	42200
Idem, seulement la station (basse saison)	5700	1000	6700	-

Tabl. 4.6 Estimation de la population résidente journalière moyenne en haute et basse saison touristique dans les deux stations (année 1992).

**En conclusion, je considère qu'il y a en moyenne en haute saison touristique environ 8000 résidents à Nendaz, ce chiffre pouvant grimper à 20'000 personnes les semaines de très forte occupation. A Crans-Montana, ces deux situations représentent respectivement 23 à 24'000 résidents et près de 50'000 personnes. En saison morte, la population moyenne peut être estimée à 5500-6000 habitants à Nendaz et 13'000 habitants à Crans-Montana (villages du coteau compris).**

Faute de statistiques suffisamment précises, je renonce à évaluer la population journalière de pendulaires par mois. Sachant qu'à Zermatt, elle représente environ 25 % de la population durant la haute saison hivernale et 30 % durant la haute saison estivale, et que dans les deux stations étudiées, la fréquentation d'été est moins développée que dans la station haut-valaisanne, je pense qu'une bonne estimation consiste à dire que les pendulaires représentent environ un quart de la population totale durant la haute saison, soit environ 6000 personnes à Crans-Montana et 2000 personnes à Nendaz<sup>90</sup>. En basse saison, leur part est beaucoup plus faible, malheureusement impossible à chiffrer (quelques centaines d'unités).

Maintenant que le cadre est posé, je vais analyser le système Eau des deux stations du point de vue de sa composante naturelle (chap. 5) et anthropique (chap. 6).

<sup>89</sup> Calcul effectué en considérant une occupation de 80 % des lits touristiques (cf. annexe 4.15) auxquels j'ajoute la population résidente.

<sup>90</sup> Ces valeurs sont des estimations moyennes ramenées au mois. Durant certaines journées de forte affluence, le nombre de pendulaires peut être supérieur.



## 5. Evaluation de la ressource

*Toutefois notre regard n'est point assez vaste pour embrasser dans son ensemble le circuit de la goutte, et nous nous bornons à la suivre dans ses détours et ses chutes depuis son apparition dans la source jusqu'à son mélange avec l'eau du grand océan. Faibles comme nous sommes, nous tâchons de mesurer la nature à notre taille.*

Elisée Reclus, *Histoire d'un ruisseau*, 1869.

### 5.1 Le cycle de l'eau

Nous l'avons vu au chapitre 3.1.4, le système Eau touche partiellement au système naturel, plus précisément aux sous-systèmes hydrosphérique, atmosphérique et cryosphérique, en raison des trois états, liquide, gazeux et solide, sous lesquels l'eau se présente. Ces trois phases ne constituent pas un ensemble statique, mais un **système dynamique fermé** dans lequel l'eau circule selon un cycle qui la fait passer d'un état gazeux dans l'atmosphère à un transport sous forme liquide (précipitations) jusque dans la lithosphère, d'où elle ruisselle, s'infiltré, est stockée partiellement sous forme liquide (lacs, nappes souterraines) ou solide (neige, glaciers), en surface ou en profondeur, s'évapore partiellement (évaporation de la surface terrestre et évapotranspiration par les végétaux), puis est rejetée dans les océans, où elle se transforme à nouveau en état gazeux (évaporation), pour recommencer un second cycle (fig. 5.1). Le système est fermé, car il n'y a pas de transferts entre l'atmosphère et l'espace. Mais comme ce système est composé de nombreux réservoirs et boucles de rétroaction formant deux grands sous-cycles, le cycle terrestre et le cycle océanique, certes étroitement dépendants l'un de l'autre, mais montrant des caractéristiques de fonctionnement propres, à **grande échelle** (ex. bassin versant, région, voire pays), on peut le considérer comme un **système ouvert** (MICKLIN 1996).

Comme l'hydrosphère est en étroite relation avec les autres sous-systèmes naturels (lithosphère, biosphère, atmosphère, cryosphère), une modification, naturelle ou anthropique de l'un de ces sous-systèmes aura une influence sur le cycle naturel de l'eau; vice versa, une modification du cycle de l'eau provoquera automatiquement des modifications sur les autres sous-systèmes naturels.

Dans un environnement anthropisé, le cycle naturel se double ainsi d'une série de flux artificiels provoqués par les activités humaines. Les impacts se font sentir principalement sur trois éléments du système (MICKLIN 1996) :

- le cycle naturel des rivières est modifié dans sa composante quantitative par le biais des barrages et dérivations pour différents usages dont les principaux sont l'irrigation et la production d'énergie. La qualité de l'eau écoulée est affectée principalement par les rejets résultant des activités

économiques (ex. pollutions industrielles et agricoles) et domestiques;

- les lacs subissent le même type de modifications;
- les eaux souterraines sont également fortement tributaires des activités humaines par le biais de phénomènes de surexploitation et de pollution.

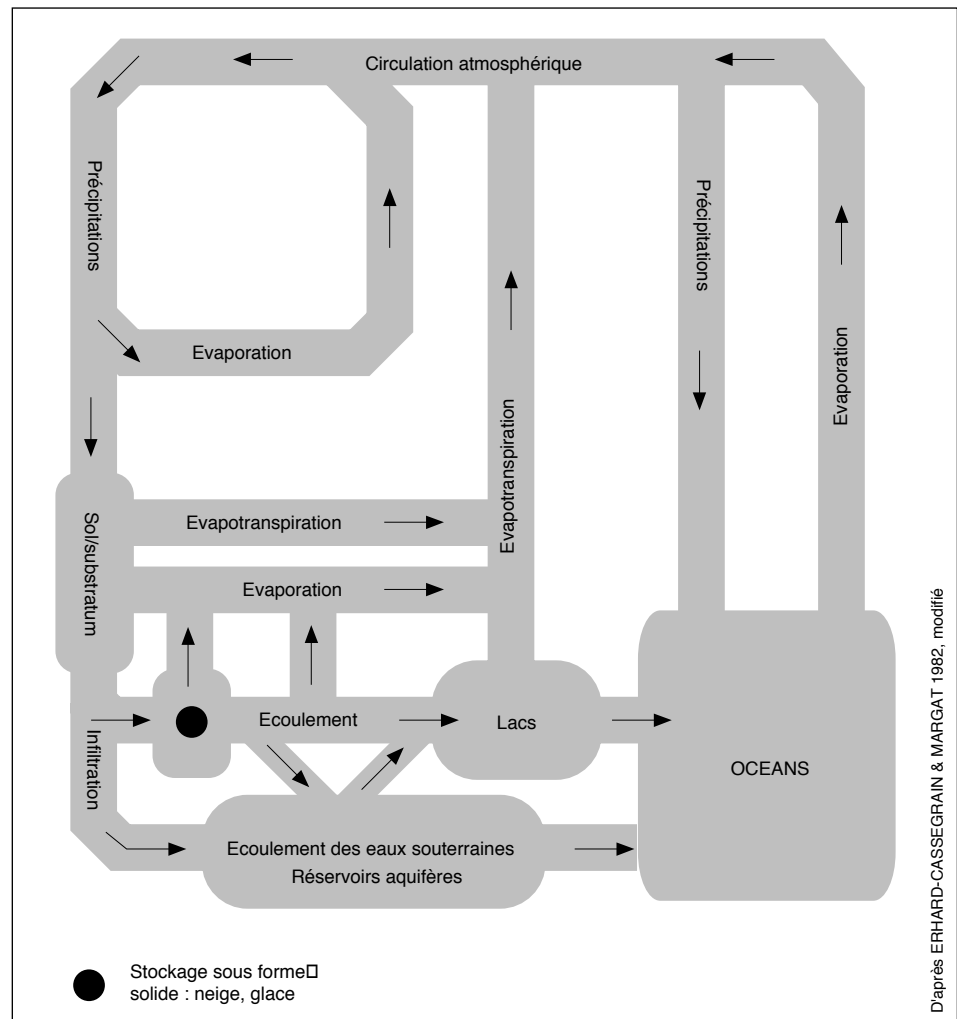


Fig. 5.1 Cycle naturel de l'eau

Ces trois sous-systèmes réagissent différemment aux impacts humains, en raison de la différence de vitesse de régénération (turnover). La vitesse de régénération d'une rivière est 200 fois plus rapide que celle d'un lac et 10'000 fois plus rapide que celle d'une nappe souterraine (cf. MICKLIN 1996). FALKENMARK (1977) note qu'à côté des impacts **directs**, tels les prélèvements ou les rejets polluants, des impacts **indirects** découlant généralement de certaines pratiques d'utilisation du sol (déforestation, agriculture, modifications du couvert végétal, etc.) modifient également le cycle naturel de l'eau.

La figure 5.2 représente ces diverses modifications du cycle hydrologique naturel. Dans la suite de ce chapitre, j'analyse séparément les diverses composantes du bilan hydrique naturel (cf. chap. 3.3.2) dans les deux régions étudiées.

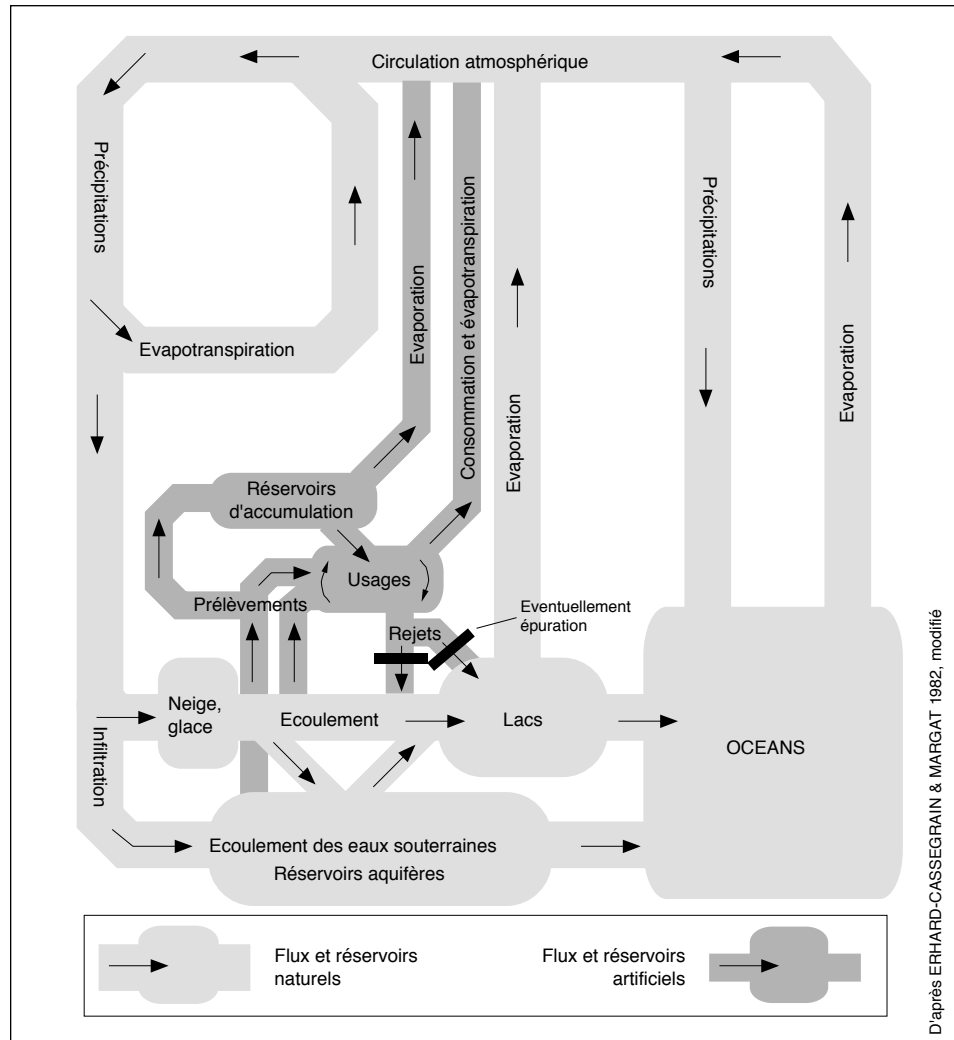


Fig. 5.2 Cycle anthropisé de l'eau

## 5.2. Les paramètres climatiques

### 5.2.1 Introduction

Les caractéristiques climatiques des régions d'étude ont deux types de conséquences dans la problématique qui m'intéresse :

- elles agissent sur le **bilan hydrique** des bassins versants étudiés, par le biais des précipitations et de l'évapotranspiration;
- elles influencent l'**utilisation des ressources** en eau par les différents acteurs : certaines activités de ces derniers sont en effet étroitement tributaires des conditions climatiques (l'enneigement artificiel et l'irrigation en sont deux exemples).

Sur la base du cycle hydrologique on peut établir le bilan hydrique d'un bassin versant (cf. chapitre 3.3.2, pour l'explication des abréviations) :

$$P + S = R_{\text{surf}} + R_{\text{sout}} + E + (S + \Delta S)$$

ou plus simplement (considérant qu'à l'échelle annuelle les réserves varient peu) :

$$P = E + R$$

Afin de tester l'hypothèse de travail 1 (cf. chap. 2.2), mon propos est de savoir si la ressource **totale** dans les bassins versants étudiés est suffisante pour satisfaire la demande et dans quelles proportions. Je cherche également à connaître la répartition spatiale de la ressource à l'intérieur des bassins versants eux-mêmes. Sachant que dans les deux cas (Haut-Plateau et Printse) les écoulements souterrains ne quittent pas le bassin versant hydrographique<sup>1</sup>, que les écoulements de surface sont à considérer comme faisant partie de la ressource totale (ils peuvent en effet être captés) et qu'à l'échelle annuelle les variations de stocks sont négligeables, on peut considérer que **la ressource totale annuelle correspond aux précipitations tombant sur le bassin versant amputées de l'évapotranspiration**. Dans ce cas, la **ressource totale disponible**<sup>2</sup> peut être exprimée de la manière suivante :

$$RT = P - E \quad [\text{mm}]$$

où

RT	=	Ressource totale
P	=	Précipitations annuelles moyennes
E	=	Evapotranspiration annuelle moyenne

<sup>1</sup> Dans le cas du Haut-Plateau, la dépression du glacier de la Plaine Morte n'est pas prise en compte, ses eaux souterraines s'écoulant en direction du N, dans le bassin de la Simme. Par contre, une partie de l'écoulement du bassin versant de la Liène provient du N de la chaîne des Alpes Bernoises (cf. *Atlas hydrologique de la Suisse*, pl. 5.4).

<sup>2</sup> Je distingue ici la ressource totale globale (y-compris les réserves) de la ressource totale disponible (sans les réserves). Je discuterai par la suite de la question des stocks sous forme de glace, disponibles seulement à long terme.

A l'échelle mensuelle, qui m'intéresse particulièrement dans l'intention de corrélérer les résultats avec l'occupation touristique des stations, il faut tenir compte des effets de stockage et déstockage sous forme de neige. La ressource totale disponible est maintenant exprimée comme suit :

$$RT = P - E \pm \Delta Sn \quad [\text{mm}]$$

où

RT	=	Ressource totale
P	=	Précipitations mensuelles moyennes
E	=	Evapotranspiration mensuelle moyenne
$\Delta Sn$	=	Stock sous forme de neige <sup>3</sup>

De même, il faut également tenir compte, sur le long terme, des périodes de forte et de faible ablation glaciaire (cf. BAUMGARTNER et al. 1983), qui modifient à la hausse ou à la baisse les écoulements.

Dans ce chapitre, j'étudie donc tout d'abord la **répartition spatiale** des deux paramètres climatiques qui participent à l'équation de la ressource : les précipitations et l'évapotranspiration. Dans un deuxième temps, j'étudie l'importance des stocks sous forme de glace (glaciers et permafrost) sur les écoulements, puis je m'attache à analyser les **variations temporelles de la ressource, plus particulièrement des précipitations neigeuses** (afin d'apporter des éléments de réponse à l'hypothèse de travail 7), des précipitations et de l'évapotranspiration (pour évaluer les besoins en eau d'irrigation - hypothèse 3). Dans un troisième temps, j'analyse l'évolution temporelle des paramètres climatiques en relation avec la problématique des variations du climat (*Global Change*) afin d'évaluer d'éventuelles variations à long terme de la ressource.

J'avais tout d'abord envisagé de calculer le bilan hydrique de manière quantitative. Or, il apparaît (voir ci-dessous) que les données chiffrées concernant les trois paramètres principaux (précipitations, évapotranspiration, écoulements) sont beaucoup trop fragmentaires. A la suite d'un entretien avec le Dr Boris Sevruk, spécialiste en hydro-météorologie à l'Institut de Géographie de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zürich, j'ai opté pour une **approche qualitative ou semi-quantitative visant à évaluer de manière assez fruste le bilan hydrique par zones homogènes.**

### 5.2.2 Zonation « hydrologique »

Mon propos est de définir un profil hydrologique **qualitatif** de différentes zones homogènes. Ces dernières sont délimitées sur la base de critères topographiques et géologiques.

<sup>3</sup> Cette valeur sera négative en hiver (l'eau tombée sous forme de neige n'est temporairement pas disponible comme ressource) et positive en été (l'eau stockée sous forme de neige fond et vient compléter les apports d'eau météorique). Pour le calcul à l'échelle annuelle j'ai laissé tomber ce paramètre, considérant qu'en moyenne la neige tombée en hiver est fondue durant l'été suivant (si l'on voulait calculer la ressource disponible durant une année bien précise, il faudrait toutefois tenir compte de la variation de ce stock qui n'est pas forcément nulle, en fonction des conditions météorologiques hivernales - hiver pauvre ou riche en neige - et estivales - été chaud ou frais).

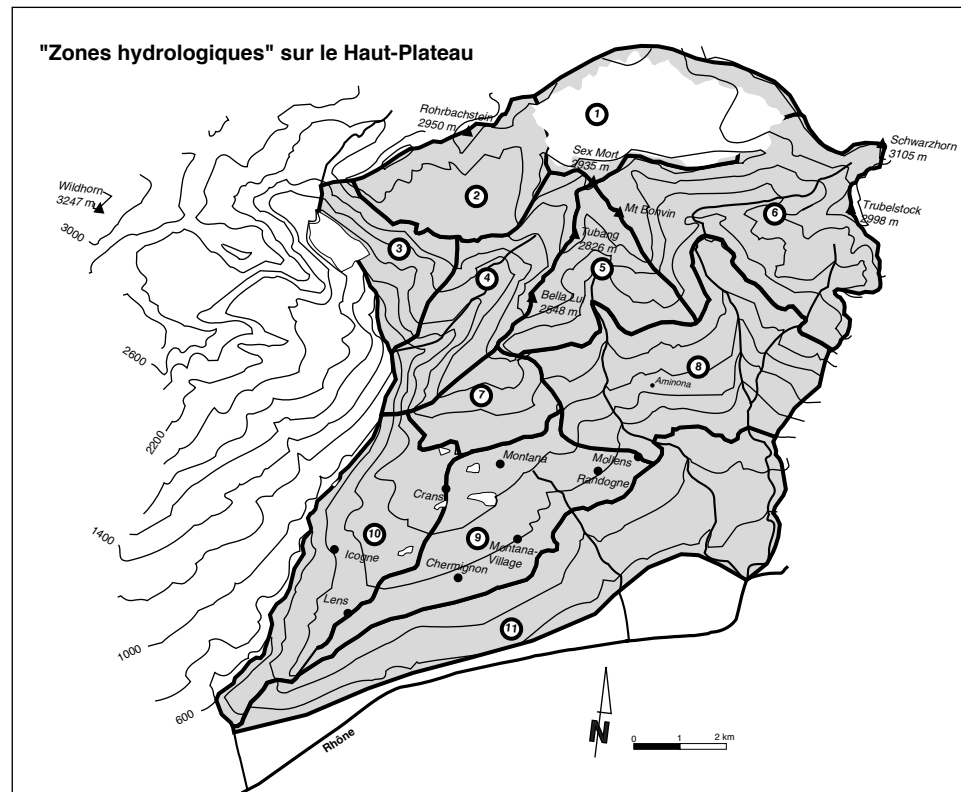


Fig. 5.3 « Zonation hydrologique » sur le Haut-Plateau

Sur le Haut-Plateau, je définis 11 secteurs en tenant compte des différents paliers altitudinaux et des quatre bassins versants principaux:

1. le glacier de la Plaine Morte : bien qu'il soit situé dans une cuvette orientée vers le N, je le prends en considération car il déborde partiellement sur les bassins versants du Haut-Plateau et les alimente en eau;
2. le karst de Luton situé à plus de 2500 m dans le bassin versant de la Liène;
3. les versants très escarpés de Tseuzier, entre 1200 et 2400 m, sur la rive gauche de la haute Liène;
4. le vallon de l'Ertentse, entre 1000 et 2900 m, caractérisé par d'épaisses formations superficielles meubles, constituant de bons aquifères;
5. le versant karstifié de Bella Lui - Tubang - Mont Bonvin, entre 2000 et 2900 m en orientation S;
6. la haute vallée glaciaire de la Tièche, entre 2000 et 3000 m;
7. le versant du Mont Lachaux, orienté au S, entre 1600 et 2200 m, très riche en formations détritiques quaternaires et en sources;
8. les secteurs médians fortement enforestés des vallées de la Sinièse et de la Raspille, entre 1000 et 2000 m;



9. le Haut-Plateau proprement dit, orienté au S et s'étalant en paliers entre 1000 et 1600 m environ;
10. la basse vallée de la Liène (rive gauche) entre 500 et 1500 m d'altitude;
11. le coteau (vignoble) entre 500 et 1000 m, orienté plein S.

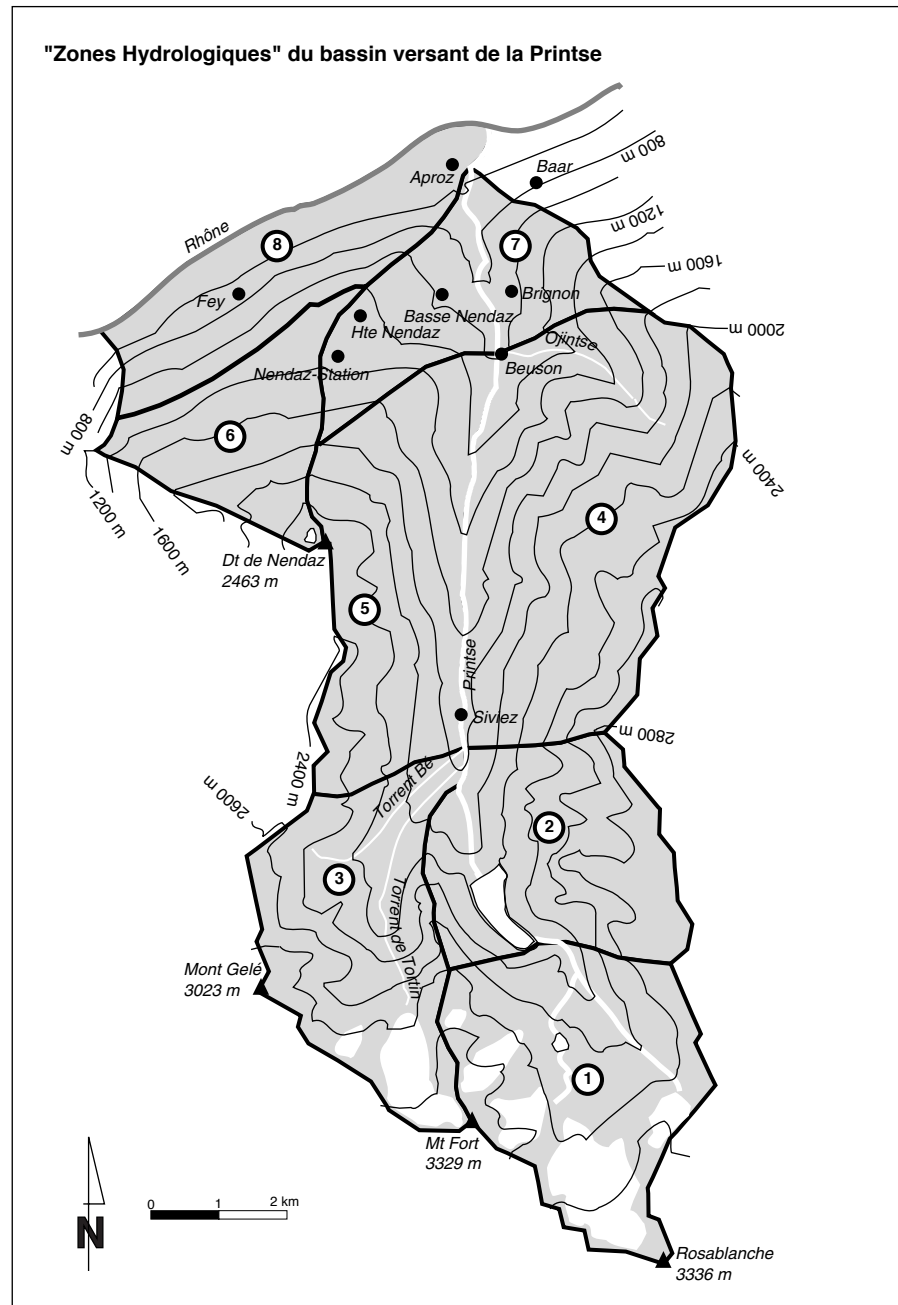


Fig. 5.4 « Zonation hydrologique » dans le bassin versant de la Printse.

Dans la région de Nendaz, la zonation suit les mêmes principes et se répartit en 8 secteurs principaux :

1. le haut vallon glaciaire de Cleuson, entre 2200 et 3300 m, caractérisé par un taux d'englacement important;

2. le bas vallon de Cleuson, entre 1800 et 3200 m, riche en formations superficielles quaternaires et assez peu englacé;
3. le vallon de Tortin, entre 1800 et 3300 m, également riche en formations superficielles quaternaires et assez peu englacé;
4. le secteur médian de la rive droite de la vallée de la Printse, entre 1000 et 2800 m, passablement enforesté;
5. le secteur médian de la rive gauche de la vallée de la Printse, entre 1000 et 2500 m, passablement enforesté également;
6. le versant NW de la Dent de Nendaz, entre 1200 et 2400 m;
7. le secteur aval du bassin versant de la Printse, entre 500 et 1000 m;
8. le versant ubac escarpé de la vallée du Rhône, entre 500 et 1200 m.

### 5.2.3 Situation des bassins versants étudiés sur la carte climatique de la Suisse

L'observation d'une carte des précipitations de la Suisse (par ex. MAURER et al. 1909, UTTINGER 1949, DEFILA 1984, KIRCHHOFER & SEVRUK 1992) montre que les deux régions d'étude sont situées de part et d'autre de la zone la plus sèche de Suisse (Valais Central avec moins de 700 mm d'eau par année). Bien qu'elles s'étalent de la plaine à plus de 3000 m d'altitude (Schwarzhorn, 3105 m et Rosablanche, 3336 m), leur situation topographique les différencie passablement. Sur le Haut-Plateau, le haut des bassins versants est limité par la crête principale des Alpes Bernoises passablement arrosées par les dépressions d'W et de NW : les régions de la Plaine Morte et du Wildhorn reçoivent ainsi plus de 2400 mm d'eau par année (KIRCHHOFER & SEVRUK 1992). Seule la région de l'Ertentse - Bella Lui - Mont Bonvin est un peu moins arrosée (entre 2000 et 2400 mm d'eau par an), car les sommets sont moins élevés et se situent dans le prolongement de la vallée relativement sèche de la Simme. Toujours selon KIRCHHOFER & SEVRUK (1992), la vallée de la Printse est globalement moins sèche (le pôle sec du Valais central remonte assez peu dans cette vallée étroite), mais par contre les sommets principaux sont situés au N de la crête principale des Alpes Pennines (axe Grand Combin - Mont Collon - Cervin) et jouissent ainsi d'une situation d'abri par rapport aux dépressions venant du S et qui amènent la plupart des précipitations de cette partie de la chaîne des Alpes. Cela est encore accentué par l'effet de foehn. Ainsi, le massif de la Rosablanche est nettement moins arrosé (entre 2000-2400 mm par année) que le col du Grand St-Bernard (précipitations annuelles moyennes : 2600 mm), pourtant situé plus de 500 m plus bas. Les deux régions étudiées ont un régime saisonnier des précipitations typique du Valais Central, caractérisé par une faible amplitude annuelle (BAERISWYL & REBETEZ 1997). Pour ce qui est des températures, la région du Haut-Plateau est un peu plus chaude que le bassin versant de la Printse en raison de sa situation d'adret. Je vais maintenant analyser de manière plus précise les deux paramètres retenus (précipitations et évapotranspiration).

## 5.2.4 Distribution spatiale des précipitations

### Introduction

Deux gros problèmes<sup>4</sup> se posent pour qui veut quantifier les précipitations dans les deux régions étudiées :

- la **régionalisation** des mesures ponctuelles est quasiment impossible en raison du trop petit nombre de stations de mesure situées dans les bassins versants eux-mêmes (une station seulement dans chacun des deux secteurs étudiés; cf. carte de l'annexe 5.1); les totalisateurs d'altitude situés dans des bassins versants assez proches (cf. carte) permettraient peut-être de contourner en partie cet obstacle;
- les **erreurs de mesure** : la mesure des précipitations en altitude est en général sous-évaluée en raison du vent et des accumulations sous forme de neige; il faudrait donc corriger toutes les valeurs publiées; pour les totalisateurs, il faudrait analyser leur position topographique (situation dégagée, au vent, situation d'abri, etc.), puis corriger à la hausse ou à la baisse les valeurs publiées;

Pour ces deux raisons, j'ai renoncé à quantifier de manière précise les précipitations et je me borne à les évaluer de manière grossière sur la base de l'analyse des cartes de l'*Atlas hydrologique de la Suisse* et du calcul de gradients altitudinaux des précipitations.

### Régionalisation des précipitations

Le problème de base de la régionalisation des données climatologiques ponctuelles fournies par les stations de mesure est celui de leur représentativité spatiale et temporelle, lié à la densité du réseau et à la durée de mesure (cf. SUMNER 1988). Les mesures des précipitations étant des données ponctuelles, il est nécessaire de mettre en oeuvre des méthodes d'interpolation afin de cartographier les précipitations régionales et de calculer les lames d'eau écoulées sur un bassin versant. De nombreux ouvrages d'hydrologie décrivent dans le détail les différentes méthodes de régionalisation avec leurs avantages et inconvénients (cf. par exemple SCHÄDLER 1985b, SUMNER 1988, LLAMAS 1993). Comme je cherche uniquement à calculer des précipitations moyennes annuelles sur l'ensemble des bassins versants étudiés, j'ai pris l'option de régionaliser de manière **qualitative** par la **méthode des isohyètes (simplifiée)**, en m'appuyant sur une analyse de gradients verticaux des précipitations pour pallier à la difficulté due au nombre très faible de points de mesures.

En plus des erreurs de mesure liées au site et à l'instrumentation, des sous-estimations systématiques apparaissent dans les données pluviométriques publiées pour les stations de haute montagne, en raison des pertes provoquées notamment par le vent (SEVRUK 1985b, 1996). Pour le Valais, la sous-évaluation moyenne est de 35 % (SEVRUK

<sup>4</sup> Communication orale du 3.7.97 du Dr Boris Sevruc, hydro-météorologue à l'Institut de Géographie de l'ETH Zürich.

1997). Je prends donc en compte les facteurs de correction publiés dans *l'Atlas hydrologique de la Suisse* (SEVRUK & KIRCHHOFER 1992).

## Gradients de précipitations et variations régionales

### *Introduction*

De manière générale, les précipitations augmentent avec l'altitude. Ce gradient n'est toutefois pas une constante et varie fortement selon la **position topographique** (versants « au vent » et « sous le vent », effet de foehn, LANG 1985, SEVRUK 1997), l'**altitude** (aux latitudes moyennes il est plus élevé en dessus de 1500 m qu'en dessous; à haute altitude il semble qu'il s'inverse, bien que ce phénomène soit peu connu, LANG 1985; le maximum des précipitations ne se situe pas au voisinage des crêtes, mais à plus basse altitude, sur les versants, SEVRUK 1997), la direction des **courants dominants**, spécialement pour les gradients de vallée<sup>5</sup>. BAERISWYL et al. (1997) montrent qu'à l'échelle suisse, la variabilité des précipitations est expliquée premièrement par les facteurs régionaux (ex. Nord et Sud des Alpes), bien plus que par le facteur altitudinal. Ainsi n'est-il pas possible d'établir une relation linéaire entre les précipitations et l'altitude à petite échelle (LANG 1985). Une telle relation n'est possible qu'à l'échelle locale. C'est pourquoi je calcule plusieurs gradients pour les différents bassins versants étudiés.

### *Remarque méthodologique*

La zone d'étude est pauvre en stations de mesure et de plus, les séries publiées sont souvent incomplètes et/ou non homogènes. Ainsi, par exemple, pour la période 1901-40, sur les 58 stations du bassin versant du Rhône à l'amont du Léman, seules 12 (21%) présentent une série de mesures complètes (UTTINGER 1965). Pour les stations à séries incomplètes, les moyennes sont interpolées à partir de stations relativement proches. Les résultats obtenus peuvent être assez différents de la réalité, surtout si la durée de mesure effective est courte (inférieure à 5 ans). C'est pourquoi, dans les tableaux répertoriés en annexe, je fais suivre les noms des stations avec interpolation de certaines données d'un °. Je ne fais toutefois pas la différence entre séries courtes et séries non homogènes (dues au déplacement de la station, par exemple). Pour plus de détails, on se référera aux publications de base<sup>6</sup>. Dans les tableaux où ces données sont travaillées (ex. gradients de précipitations) et dans les graphiques, je ne signale plus ces caractéristiques. Toutes les analyses sont effectuées à partir d'une base de données de différentes valeurs de précipitations publiées (annexes 5.2 et 5.3). Je reporte pour information les données publiées par MAURER et al. (1909). Comme elles sont souvent basées sur des durées de mesure extrêmement faibles (moins de 5 ans) et de ce fait peu fiables,

<sup>5</sup> D'autres facteurs entrent également en ligne de compte (cf. LANG (1985) pour le détail).

<sup>6</sup> UTTINGER (1965) donne un aperçu exhaustif des difficultés d'interpolation à partir de durées de mesure courtes. Il présente les méthodes de réduction utilisées et met en garde contre le risque d'établir des comparaisons erronées sur la base de valeurs interpolées.

je ne les utilise pas dans mon analyse. La carte de l'annexe 5.1 permet de situer les différentes stations de mesure.

### *Gradients calculés par différents auteurs*

Différents auteurs ont calculé des gradients de précipitations pour le Valais (cf. annexe 5.5). BOUËT (1950), tout en insistant sur le fait qu'il n'existe pas de fonction universelle et qu'il faudrait calculer un gradient pour chaque versant de vallée, propose, sur la base des données disponibles pour la période 1901-1940, une série de gradients entre 500 et 2000 mètres d'altitude<sup>7</sup>. Pour le Val de Nendaz, on peut tabler sur un gradient de 14 mm/100 m alors que sur le Haut-Plateau, il est trois fois plus important. Il conclut que dans les vallées latérales des Alpes Pennines, l'accroissement des précipitations avec l'altitude est beaucoup plus faible que dans le reste du canton sans toutefois en trouver d'explication. UTTINGER (1951, cité par LANG 1985) propose également des gradients valables pour de grandes parties des Alpes suisses. Pour le Valais (Alpes internes), il obtient un gradient de 27 mm par 100 m au-dessous de 1700 m et de 99 mm par 100 m en dessus. BAUMGARTNER et al. (1983) proposent un gradient général pour la chaîne alpine (moyenne 1931-60) de 57 mm par 100 m d'élévation. Pour le Valais, il est de **87 mm/100 m** en raison des très faibles précipitations de basse altitude. SCHUËPP (1978) publie un diagramme qui montre un net accroissement des gradients en dessus de 1700 m environ. Comme il se base sur l'unique station d'altitude du Grand St-Bernard (très arrosée), je pense que les gradients proposés ne sont pas fiables.

En Valais, les gradients sont assez faibles entre la plaine et 1500 m environ et augmentent par la suite. La fonction d'augmentation des précipitations avec l'altitude n'est donc pas linéaire, contrairement au versant sud des Alpes. Il semblerait également que l'augmentation des précipitations ne commence qu'à partir d'une certaine hauteur au-dessus du fond de la vallée (KIRCHHOFER & SEVRUK 1992). En dessous de 700-800 m, la variabilité spatiale des précipitations ne semble pas dépendre de l'altitude (SEVRUK & ZAHLAVOVA 1994). Ces deux auteurs ont calculé des gradients pour le Valais sur la base des données corrigées utilisées pour l'élaboration de la carte des précipitations de l'Atlas hydrologique de la Suisse (précipitations annuelles moyennes corrigées 1951-1980). Ils obtiennent, sur la base de 28 stations, deux gradients différenciés (350-2000 m et 1500-3400 m) de 11 mm/100 m pour la tranche basse et de 161 mm/100 m pour la tranche haute, ce qui donne un gradient général de **93 mm/100 m**. (cf. annexe 5.5). Ils ont également comparé les gradients calculés sur la base des données corrigées et non corrigées. Ces derniers sont en général inférieurs de 30 % aux premiers, avec de grosses variations selon la région, l'altitude et la saison.

SCHOENEICH (1995) calcule les gradients de précipitations pour les vallées de l'Etivaz, de l'Hongrin et des Ormonts sur la base des moyennes annuelles de précipitations 1901-1940 (UTTINGER 1965) et des moyennes décennales publiées dans le rapport annuel de l'ISM

<sup>7</sup> Les mentions d'altitude ne sont pas de BOUËT (1950). Je les ajoute à partir des tableaux publiés par l'auteur dans son article, à titre de comparaison avec les autres gradients ajoutés ci-dessous. Les altitudes ont été réduites à la dizaine de mètres et une certaine marge d'erreur persiste, l'auteur n'ayant pas précisé son mode de calcul.

*Valeurs journalières des précipitations* (que j'abrège par la suite VJP/ISM). Deux périodes ont été analysées : 1901-40 (sur la base de 10 stations pluviométriques) et 1981-90 (sur la base de 17 stations pluviométriques et 5 totalisateurs). L'étude met en évidence la présence de stations sèches en bordure de la vallée du Rhône et de stations plus arrosées en situation de fond de vallée ou de col et ainsi des gradients différents en fonction de la position topographique. Une diminution des gradients est constatée entre les deux périodes de mesure, due à l'augmentation des précipitations dans les stations de plaine.

### *Données utilisées*

A partir de la base de données de l'annexe 5.2 et du relevé des totalisateurs d'altitude de l'annexe 5.3, je calcule des gradients de précipitations pour le Haut-Plateau et ses environs (vallée de la Dala) et pour la vallée de la Printse et les deux vallées adjacentes d'Entremont et d'Hérens. Les durées de mesure prises en compte sont les suivantes :

- 1901-1940 (d'après UTTINGER 1965)
- 1931-1960 (d'après UTTINGER 1965)
- 1901-1960 (d'après UTTINGER 1966)
- 1971-1980 (d'après ISM/VJP, BCS, Annalen SMA)
- 1981-1990 (d'après ISM/VJP, BCS, Annalen SMA)<sup>8</sup>

Pour les tronçons de vallée les plus proches des deux régions étudiées, j'ai corrigé les valeurs publiées par l'ISM, sur la base des graphes de correction proposés par SEVRUK & KIRCHHOFER (1992) et des valeurs corrigées publiées sur les planches 2.2 et 2.3 de l'*Atlas hydrologique de la Suisse* (cf. annexe 5.4). J'ai adopté les facteurs de correction suivants<sup>9</sup> :

- stations climatologiques et pluviométriques : +9 % en dessous de 1000 m; +10 % entre 1000 et 2000 m; +15 % en dessus de 2000 m;
- totalisateurs d'altitude : j'ai considéré une classe d'exposition moyenne (N° 2, selon SEVRUK & KIRCHHOFER 1992) pour tous les totalisateurs, ce qui donne une correction de +15 % entre 1500 et 2500 m, de +20 % entre 2500 et 3000 m et de +25 % en dessus de 3000 m.

### *Période 1901-1940*

Pour cette période, nous disposons de peu de données pour les stations de haute altitude. Par contre, le nombre de stations est élevé. Je calcule une série de gradients, d'après les données publiées par UTTINGER (1965), que je classe par tronçons de vallée (annexe 5.6). Il apparaît

<sup>8</sup> Voir l'annexe 5.2 pour l'explication des abréviations.

<sup>9</sup> Pour être vraiment rigoureux, il faudrait étudier l'historique de chaque station (changements de position, lacunes dans l'enregistrement, inhomogénéités, etc.) et pour les totalisateurs, il s'agirait de les contrôler sur le terrain pour vérifier leur degré d'exposition (Communication orale du Dr Boris Sevruc du 3.7.97). En raison du degré de précision recherché et de l'investissement en temps qu'un tel travail requiert, je n'ai pas jugé nécessaire de le faire.

clairement que les gradients de basse altitude des vallées des Alpes Pennines sont faibles, voire négatifs. Même les stations de moyenne altitude reçoivent très peu d'eau (moins d'un mètre par année à 2000 m). Sur la rive droite du Rhône, ce pallier de 1 m de précipitations par année est beaucoup plus bas (vers 1500 m sur le Haut-Plateau). Les gradients sont donc plus élevés de ce côté-ci du Rhône.

### *Comparaison avec les périodes 1931-60 et 1901-60 et les périodes courtes 1971-80 et 1981-90*

Cette double comparaison (cf. annexe 5.7 à 5.10) permet d'observer d'une part l'évolution dans le temps et d'autre part le rôle de la durée de mesure (respectivement 10, 30, 40 et 60 ans) sur le calcul des gradients. Si pour certains tronçons (ex. Varen-Leukerbad, Sierre-Montana), les gradients sont homogènes, malgré la différence des durées de mesure, dans les autres secteurs, les variations peuvent être grandes (ex. Sierre-Grimentz, Sion-Hérémente, Martigny-Montagnier). A moins d'étudier l'histoire de chaque station (changements de position, changements d'instrumentation, poids respectifs des données mesurées et interpolées, etc.), il est difficile d'évaluer la part climatique de ces variations.

Comme on pouvait s'y attendre, les données couvrant des périodes courtes (10 ans) sont beaucoup plus variables que les valeurs couvrant des périodes de plus de 30 ans. Elles doivent toutefois être prises en compte pour trois raisons :

- ce sont les seules qui permettent de calculer des gradients pour les hautes altitudes en prenant en compte les valeurs des totalisateurs d'altitude; ces derniers sont généralement en fonction depuis peu de temps et ne couvrent de ce fait pas des périodes de 30 ans ou plus;
- elles couvrent les deux dernières décennies et sont pour cela intéressantes pour la gestion **actuelle** des ressources en eau;
- elles permettent une comparaison sur de courtes durées.

La comparaison sur différentes durées de mesure montre que :

- à basse altitude, les gradients varient peu sur de longues durées (30 ans et plus);
- la variabilité des séries courtes (10 ans) est forte. Les deux durées prises en compte ne présentent en outre pas une variation homogène : dans certaines régions, les gradients sont plus élevés durant les années 80 que durant les années 70 (ex. basse vallée d'Hérens), dans d'autres, la situation est inversée (ex. basses vallées de l'Entremont). Dans d'autres cas, enfin, les gradients varient peu entre les deux décennies (ex. Val d'Anniviers, Haut-Plateau);
- la comparaison entre les séries longues du début du siècle et les deux séries courtes de l'époque récente ne permet pas de tirer d'enseignements généraux : dans certains cas les gradients augmentent entre le début et la fin du siècle, dans d'autres cas ils baissent (ex. Val d'Anniviers). Parfois, une comparaison

n'est tout simplement pas possible en raison de la trop forte variabilité des séries;

- en conclusion, la proposition d'un gradient général pour une grande région (ex. UTTINGER 1951) ne peut être retenue, malgré la différenciation en tranches d'altitude. Même la courbe proposée par SCHÜEPP (1978) pour les Alpes Pennines ne rend pas suffisamment compte de la réalité, en raison de la forte variabilité entre les différentes vallées. De plus, la station du St-Bernard, soumise, de par sa position de col exposé aux courants du sud, à un régime climatique différent de celui des vallées des Alpes internes, n'est pas représentative de toutes les zones de haute altitude des fonds des vallées latérales des Alpes Pennines. Quant à la proposition de BOUËT (1950), elle souffre de l'absence d'un calcul de gradients différenciés entre les basses et les hautes altitudes. Il est donc primordial de calculer des gradients **locaux**, avec différenciation **altitudinale** et **temporelle**, pour rendre compte au mieux de la réalité. C'est ce que je fais ci-dessous pour les deux régions d'étude.

### *Gradients de précipitations de basse altitude (500-2000 m)*

Je travaille ici avec les **valeurs corrigées**. On note une augmentation nette des précipitations annuelles moyennes, entre les séries de 1901-40 et les séries des années 70 et 80, autant en plaine qu'en montagne. Une corrélation effectuée sur les stations pour lesquelles on dispose des données 1901-40 et 1981-90 montre que l'augmentation des précipitations est générale, avec un coefficient de détermination élevé ( $R^2 = 0.98$ ). Les précipitations de longue durée pour les totalisateurs d'altitude ont été interpolées en appliquant l'équation de la droite de régression de la relation entre les deux séries de mesures (cf. annexe 5.11) aux valeurs 1981-90. J'ai effectué ce travail sur les valeurs non corrigées; par contre, lorsque j'utilise ces valeurs interpolées par la suite, je les corrige selon les modalités exposées ci-dessus.

Sur le Haut-Plateau, les valeurs de gradient varient très peu au cours du temps et entre les durées de mesure longues et courtes (cf. annexes 5.6 à 5.10). Dans le bassin versant de la Printse, la situation est moins claire, en raison du déficit de mesures. En effet, seules trois séries de mesures touchent directement le bassin versant et permettent de calculer un gradient :

- Sion-Cleuson (1901-40)            25 mm / 100 m (cf. annexe 5.6)
- Sion-Fey (1901-60)            14 mm / 100 m (cf. annexe 5.8)
- Sion-Fey (1971-80)            11 mm / 100 m (cf. annexe 5.9)

Si on considère que dans les Alpes Pennines, les gradients calculés pour les périodes 1901-40 et 1901-60 sont à peu près identiques (cf. annexes 5.6 et 5.8), on peut se hasarder à calculer un gradient de longue durée :

- Fey-Cleuson (1901-60)            28 mm / 100 m

Il s'apparente fortement au gradient calculé pour le Val d'Hérens (1901-40) :



- Hérémece-Gde Dixence 30 mm / 100 m (cf. annexe 5.6)

La comparaison entre les durées de mesure montre, comme pour le Haut-Plateau, des gradients plus ou moins similaires, accompagnés d'une augmentation des précipitations à la faveur de la décennie 1971-80. Comme les mesures de la décennie 1981-90 sont incomplètes à Fey, une comparaison directe n'est pas possible. Là encore, c'est la vallée d'Hérens voisine qui permet d'affiner l'analyse. En effet, pour la période 1981-90, le gradient Sion-Evolène est le suivant :

- Sion-Evolène 15 mm / 100 m (cf. ann. 5.10).

Comme sur le Haut-Plateau, les précipitations ont augmenté légèrement entre 1971-80 et 1981-90. Les gradients calculés pour les vallées de l'Entremont (sans tenir compte de la station Grand-St-Bernard) sont en général négatifs ou nuls dans les portions basses des vallées (en dessous de 1000 m). Entre 1000 et 2000 m, ils s'apparentent à ceux calculés dans les vallées de la Printse et d'Hérens :

- Entremont (1000-2000 m) env. 20 mm par 100 m

Les précipitations moyennes augmentent également entre les séries longues du début du siècle et les deux dernières décennies.

En conclusion, pour l'adret de la rive droite, je considère un gradient moyen annuel de **35 mm par 100 m** d'élévation, invariable dans le temps et valable pour la tranche d'altitude 500-1500 m. Aucune station n'existant entre ces deux cotes, il n'est pas possible de préciser le calcul.

Pour la vallée de la Printse, j'utilise deux gradients :

- le premier est valable pour la partie inférieure de la vallée et le versant ubac de la vallée du Rhône, entre la plaine et 1300 m environ (comprenant ainsi la station de Haute-Nendaz). Il se base sur les valeurs de la station de Fey (780 m d'altitude) et les comparaisons avec les vallées situées à l'ouest (gradients négatifs de l'Entremont) et à l'est (Hérens). Je le considère également comme constant dans le temps et je prends comme valeur moyenne le gradient calculé pour Sion-Fey sur la base de la série de mesures 1901-60 que j'arrondis à **15 mm par 100 m**.
- le second est valable pour la section comprise entre 1300 et 2000 m environ. Il est calculé de la même manière que le précédent. Je considère comme valeur moyenne le gradient calculé ci-dessus pour la section Fey-Cleuson que je simplifie à **30 mm par 100 m** d'élévation.

Région	Tranche d'altitude	Gradient
Haut-Plateau	500-1500 m	35 mm / 100 m
Printse aval	500-1300 m	15 mm / 100 m
Printse amont	1300-2000 m	30 mm / 100 m

Tabl. 5.1 Gradients hypsométriques annuels moyens des précipitations.

Pour les altitudes supérieures, il s'agit maintenant de prendre en compte les valeurs des totalisateurs d'altitude.

### *Gradients de précipitations de haute altitude sur le Haut-Plateau*

Les gradients sont calculés sur la base des relevés de totalisateurs pour les périodes 1971-80 et 1981-90. Dans certains cas, des comparaisons sont effectuées avec les périodes longues du début du siècle. Ici encore, je travaille sur des valeurs corrigées. Les gradients ainsi calculés ont été reportés dans les tableaux des annexes 5.9 et 5.10. La situation des totalisateurs est précisée sur la carte de l'annexe 5.1.

Trois totalisateurs ont été pris en compte pour les calculs, l'un (Weisshorn), situé sur la crête des Alpes Bernoises, les deux autres dans la région de la Gemmi sur le flanc S du Wildstrubel. Ils donnent des gradients très différents les uns des autres; c'est pourquoi, pour les trois totalisateurs, je calcule également des gradients à partir de Leukerbad. Dans le tableau ci-dessous, j'effectue une comparaison entre les deux séries de gradients ainsi calculées.

Région	Gradient 1971-80 [mm / 100 m]	Gradient 1981-90 [mm / 100 m]
Montana-Weisshorn	105	130
Leukerbad-Weisshorn	82	106
Montana- Lämmerengrat	84	71
Leukerbad- Lämmerengrat	57	47
Montana- Lämmerenhorn	35	34
Leukerbad- Lämmerenhorn	16	16

*Tabl. 5.2 Comparaison des gradients de précipitations de haute altitude entre la Vallée de la Dala et le Haut-Plateau*

Le totalisateur du Lämmerenhorn donne de toute évidence des valeurs trop faibles. Il n'est pas retenu par la suite. D'autres totalisateurs ont été installés dans la région de la Gemmi/Lämmeren à la fin des années 50 (cf. annexe 5.3). La comparaison des moyennes annuelles pour la période 1961-70 montre l'extrême variabilité des valeurs enregistrées (près de 100 %) pour une tranche d'altitude assez réduite (600 m de dénivellation, entre 2300 et 2900 m). Pour cette décennie, le totalisateur du Lämmerenhorn enregistre également des valeurs très faibles, tout comme les totalisateurs de Lämmerenalp et du Daubenhorn, situés à des altitudes légèrement plus basses. Dans le massif de l'Aar, la variabilité est encore plus importante (cf. annexe 5.3).

Pour le totalisateur de Lämmerengrat, il a été possible de calculer la moyenne arithmétique 1961-90 des 3 moyennes décennales qui donne des précipitations annuelles moyennes de 2080 mm par année (correction de la valeur publiée, cf. annexe 5.3). Pour la même période, les précipitations annuelles moyennes à Montana (1508 m) sont de 1101

mm (cf. correction de la valeur publiée, cf. annexe 5.2). Il en résulte un gradient hypsométrique de :

- Montana-Lämmerengrat (1961-90) 88 mm / 100 m

En conclusion, les gradients retenus sont :

Région	Gradient 1971-80 [mm / 100 m]	Gradient 1981-90 [mm / 100 m]	Gradient* 1961-90 [mm / 100 m]
Montana-Lämmerengrat	84	71	88
Montana-Weisshorn	105	130	-

\* moyenne arithmétique des trois gradients décennaux

Tabl. 5.3 *Gradients hypsométriques des précipitations de haute altitude sur le Haut Plateau*

Si l'on considère comme gradient moyen calculé sur la base du totalisateur de Lämmerengrat une valeur de 88 mm par 100 m d'élévation, il subsiste le problème de la grosse différence avec les gradients calculés sur la base du totalisateur du Weisshorn. Une comparaison avec des totalisateurs d'altitude similaire dans la chaîne bernoise (cf. annexe 5.3) montre des précipitations du même ordre de grandeur (corrigées) :

- Sex Rouge (2820 m) : 2556 mm/an en 1971-80 et 3072 mm/an en 1981-90
- Cabane des Diablerets (2485 m) : 3336 mm/an en 1981-90
- Weisshorn (2910 m) : 2544 mm/an en 1971-80 et 2928 mm/an en 1981-90

Toutes ces valeurs sont sensiblement supérieures à celles enregistrées à Lämmerengrat (en moyenne 2080 mm par année). On remarquera toutefois que les trois totalisateurs mentionnés ci-dessus sont situés sur la crête de la chaîne des Alpes Bernoises ou sur son flanc N, donc dans une situation plus exposée aux précipitations du nord-ouest, que le totalisateur du Lämmerengrat, abrité par le massif du Wildstrubel. Cette observation est corroborée par les faibles valeurs enregistrées sur des sommets situés au S du Wildstrubel, tels que le Steghorn, le Schneehorn ou, comme on l'a vu, le Lämmerengrat. Comme mon propos est de définir un gradient hypsométrique valable pour le versant S de la chaîne, sur le Haut-Plateau, à une altitude supérieure à 1500 m, je considère que cette zone est globalement assez abritée par les sommets situés au nord. Pour cette raison, je pense que les valeurs enregistrées à Lämmerengrat sont plus représentatives de l'ensemble du versant que celles des totalisateurs situés sur les crêtes. Je retiens donc un gradient d'environ **90 mm par 100 m** d'élévation pour les tranches d'altitude comprises entre 1500 et 2600 m environ. Au-delà, je prends en compte un gradient de 270 mm par 100 m (gradient moyen 1971-90 (cf. annexe 5.3 pour les données) du transect Lämmerengrat (2615 m) - Weisshorn (2910 m), pour tenir compte des précipitations orographiques projetées par les perturbations provenant du nord.

En conclusion, je retiens comme gradients moyens sur le Haut-Plateau les valeurs suivantes :

Région	Tranche d'altitude	Gradient
Coteau	500-1500 m	35 mm / 100 m
Flanc sud de la chaîne bernoise	1500-2600 m	90 mm / 100 m
Crêtes et versants de haute altitude	2600-3000 m	270 mm / 100 m

Tabl. 5.4 *Gradients hypsométriques annuels moyens des précipitations sur le Haut-Plateau*

#### *Gradients de précipitations de haute altitude dans le bassin versant de la Printse*

Aucun totalisateur n'est installé dans le bassin versant de la Printse. J'utilise donc les valeurs enregistrées dans le Val d'Hérens. Neuf totalisateurs ont été installés, principalement dans les bassins versants d'Arolla et de Ferpècle, pour les besoins de la société d'hydroélectricité Grande-Dixence SA, à des altitudes comprises entre 1900 et 2800 m (cf. annexe 5.3).

Les gradients ont été calculés à partir des stations d'Hérémente (1260 m) et d'Evolène (1375 m), dont l'altitude correspond à la limite médiane de la zonation effectuée pour le bassin versant de la Printse au tableau 5.1 (1300 m).

Pour la décennie 1971-80, les gradients varient entre 20 et 58 mm par 100 m (cf. annexe 5.9). Pour la période suivante (1981-90), ils sont situés entre 14 et 43 mm par 100 m (calculés sur la base des précipitations tombées à Hérémente) ou entre 25 et 65 mm par 100 m (sur la base des précipitations moyennes à Evolène) (cf. annexe 5.10). Pour ces trois fourchettes, je calcule la moyenne arithmétique.

Station de base	Moyenne 1971-80 Valeurs corrigées	Moyenne 1981-90 Valeurs corrigées
Gradient calculé depuis Hérémente	39	33
Gradient calculé depuis Evolène	-	46

Tabl. 5.5 *Gradients moyens des précipitations de haute altitude dans le Val d'Hérens*

Le nombre de valeurs prises en compte (respectivement 8 et 9 valeurs, pour les décennies 1971-80 et 1981-90) permet de considérer les moyennes ci-dessus comme relativement fiables. Restent les problèmes de la variabilité temporelle du gradient (certainement liée à la durée de mesure) et de la différence de résultat en fonction de la station de base prise en compte. Pour ce qui est de la variabilité temporelle, on peut prendre en compte également les relevés de la décennie 1961-70 et la moyenne arithmétique des précipitations annuelles pour la période

1961-90 (30 ans) (cf. annexe 5.3). Les renseignements sont résumés dans le tableau suivant (toutes les valeurs sont corrigées). On se reportera au tableau de l'annexe 5.3 pour le relevé complet.

	P corr [mm]	P corr [mm]	P corr [mm]	P corr [mm]
Précipitations annuelles	1961-70	1971-80	1981-90	1961-90
Fontanesse	1476	1584	1470	1510
Bouquetins	1392	1392	1580	1454
Mont Miné	1164	1236	1234	1211

Tabl. 5.6 *Précipitations annuelles moyennes enregistrées dans plusieurs totalisateurs d'altitude de la vallée d'Hérens*

Il n'est pas possible de tirer des conclusions quant à la relative sécheresse d'une décennie par rapport à l'autre. De même, on remarque la grande variabilité des mesures effectuées aux totalisateurs d'altitude.

Quant à la variabilité entre les gradients calculés depuis Hérérence et Evolène, je distingue maintenant (cf. annexes 5.12 et 5.13) des gradients calculés jusqu'aux totalisateurs situés en dessous de 2000 m environ et ceux situés en dessus. Je calcule également différentes moyennes de gradients. Les totalisateurs de Crettaz et Breona (cf. annexe 5.3) n'ont pas été retenus, en raison de leur altitude intermédiaire.

On retient de ce qui précède que :

- les valeurs calculées pour 1971-80 sont difficiles à interpréter en raison du faible nombre de mesures. Les moyennes calculées n'ont ainsi pas grande pertinence et sont de ce fait écartées.
- les gradients calculés pour la décennie 1981-90 montrent qu'il y a une augmentation des gradients liée à l'altitude (gradient de 32 mm/100 m en dessous de 2000 m et de 49 mm/100 m en dessus). Le premier est assez similaire au gradient calculé pour la « Printse amont » au tabl. 5.1 (30 mm/100 m).

On peut conclure en proposant les trois gradients suivants, valables pour les bassins versants d'Hérens et de la Printse :

Région	Tranche d'altitude	Gradient
Printse aval	500-1300 m	15 mm / 100 m
Printse amont	1300-2000 m	30 mm / 100 m
Printse haute altitude	2000-3000 m	50 mm / 100 m

Tabl. 5.7 *Gradients hypsométriques annuels moyens dans le bassin versant de la Printse*

## Evaluation des précipitations moyennes annuelles

Sur la base du calcul de gradients et de la carte des précipitations en Suisse de l'*Atlas hydrologique de la Suisse* (pl. 2.2), je régionalise de manière **qualitative** les précipitations selon les zones hydrologiques définies plus haut. Les valeurs moyennes par zones sont des évaluations grossières faites de manière subjective (visuelle); elles s'appliquent plutôt aux précipitations de la dernière décennie plus humide que les séries longues du début du siècle. Je dessine également les isohyètes principales et reporte les moyennes corrigées des stations pluviométriques et totalisateurs principaux.

Sur le Haut-Plateau (fig. 5.5), en raison de la forte variation des gradients hypsométriques en fonction de l'altitude, on remarque une grande variabilité de la lame d'eau tombée sur les différentes zones définies plus haut. Ainsi, le glacier de la Plaine Morte reçoit quatre fois plus de précipitations que le coteau près de la plaine du Rhône. De même, un gradient horizontal est également visible : l'est du Haut-Plateau reçoit plus d'eau que l'ouest. Ceci est également visible à Leukerbad, qui reçoit des précipitations plus importantes que Montana bien qu'étant situé à plus basse altitude. Un autre indice de ce gradient horizontal est donné par la carte des débits spécifiques moyens de l'*Atlas hydrologique de la Suisse* (pl. 5.4) qui montre un gradient positif entre les massifs de Morcles et de la Jungfrau. Sur la rive gauche du Rhône un même gradient est visible mais de signe négatif, entre le massif du Mont-Blanc et les Mischabels.

Dans le bassin versant de la Printse (cf. fig. 5.6), les précipitations sont identiques à celles du Haut-Plateau près de la plaine, mais en raison de gradients hypsométriques beaucoup plus faibles, les précipitations en altitude restent relativement faibles (moins de 2 m d'eau par année à 3000 m). Cette région est donc globalement moins riche en précipitations que le Haut-Plateau.

Pour conclure, on rappellera qu'il s'agit là d'évaluations assez sommaires et non de valeurs mesurées !

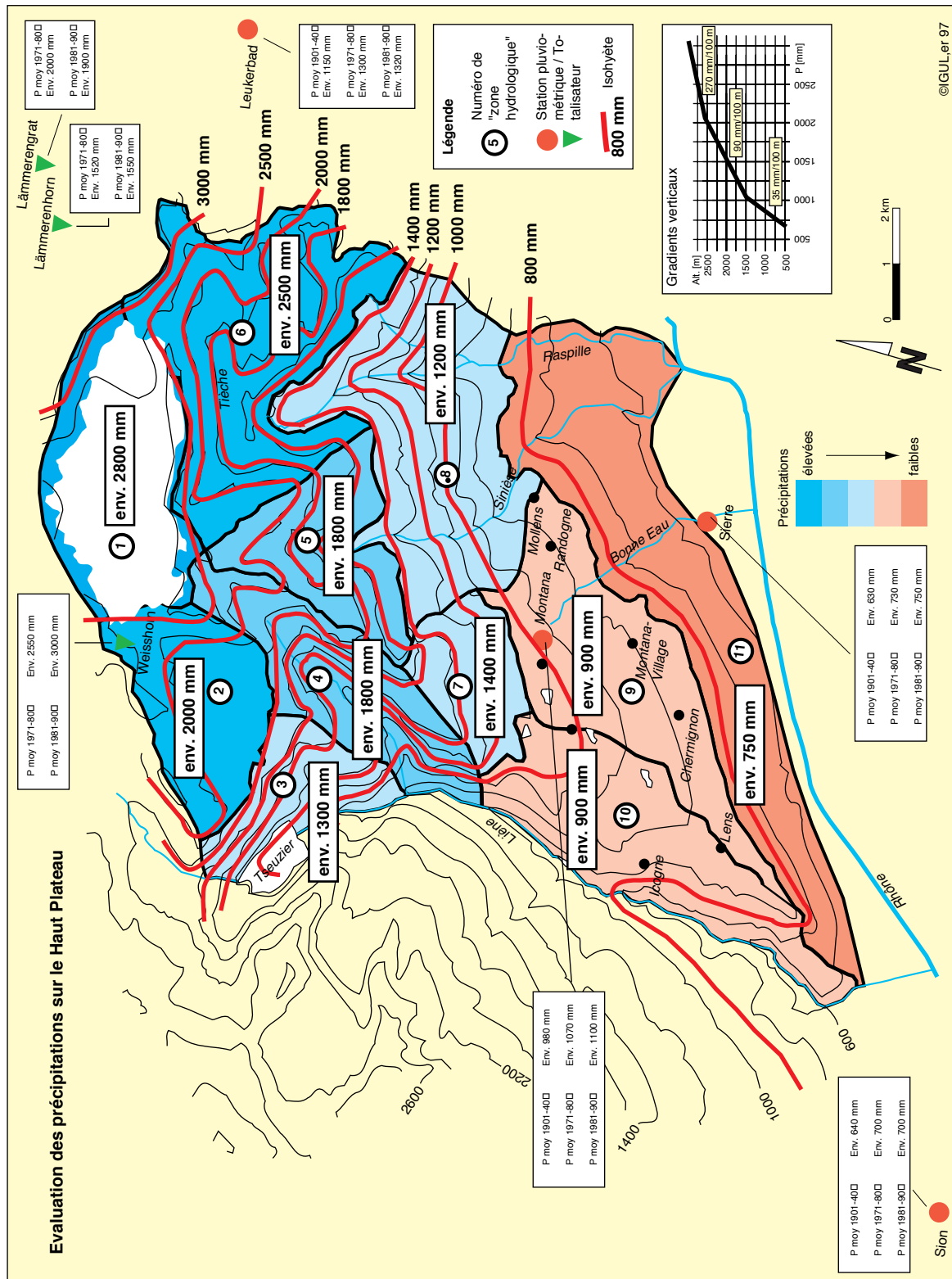


Fig. 5.5 Evaluation des précipitations annuelles moyennes sur le Haut-Plateau

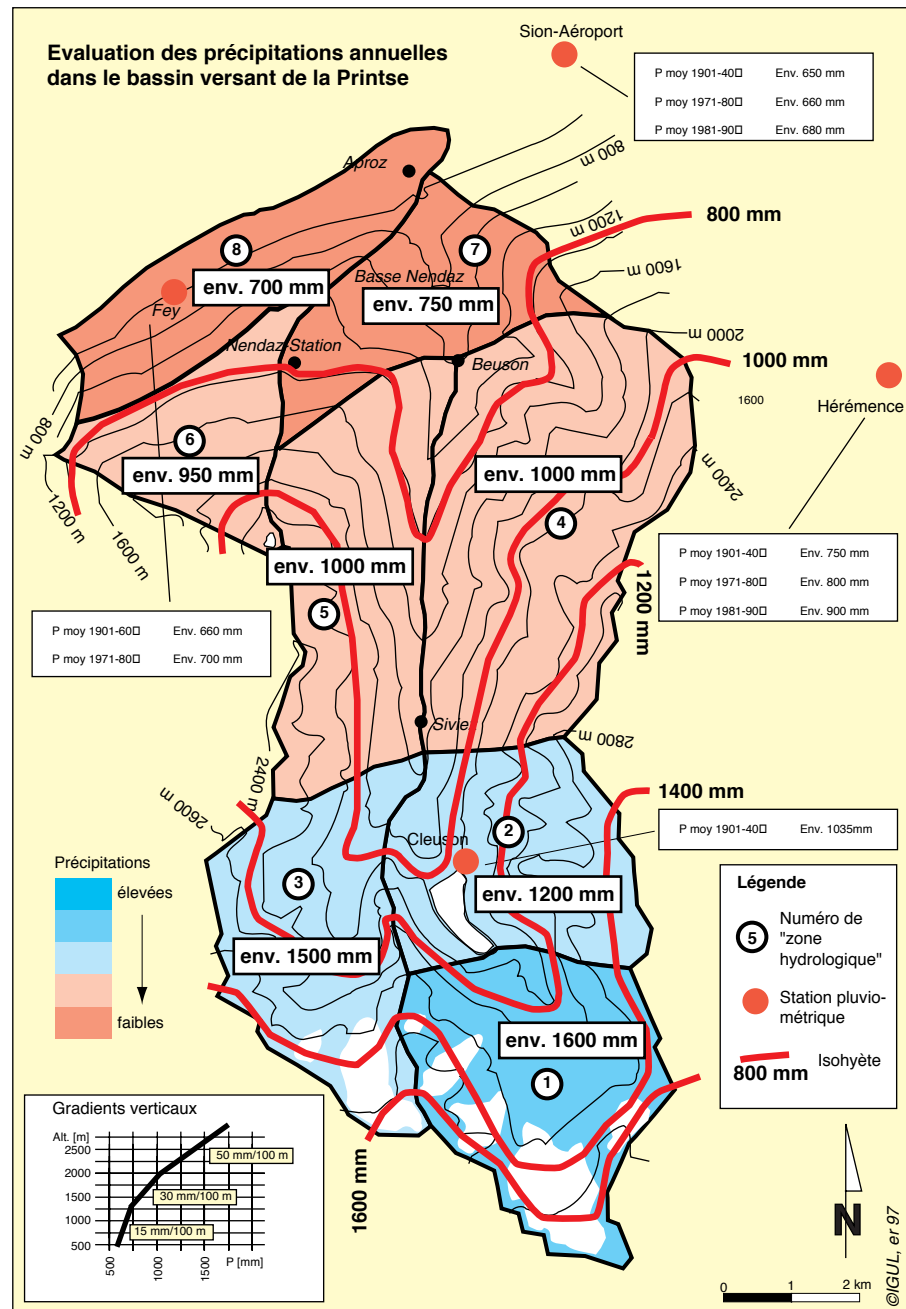


Fig. 5.6 Evaluation des précipitations annuelles moyennes dans le bassin versant de la Printse



## 5.2.5 Distribution spatiale de l'évapotranspiration

### Introduction

L'évapotranspiration<sup>10</sup> est un processus d'échange de chaleur entre l'atmosphère et la surface du sol et des plans d'eau. Elle dépend de plusieurs types de facteurs, dont les principaux sont le **potentiel évaporant**, lié à la radiation solaire, le **potentiel d'évaporation**, lié à la quantité d'eau disponible pour l'évaporation, et le type de **couverture du sol**. Etant difficile à mesurer, cet élément du bilan hydrique, qui en termes hydrologiques, est assimilé au **déficit d'écoulement**, est en général calculé, soit en rapport avec les autres paramètres de l'équation du bilan hydrique ( $E = P - R$ ), soit au moyen de formules faisant intervenir des facteurs tels que la radiation solaire, les températures, etc. Il faut distinguer l'évapotranspiration potentielle (ETP), qui correspond à l'ensemble des pertes en eau par évaporation et transpiration à partir d'une surface de référence engazonnée de manière uniforme, abondamment pourvue en eau et ayant atteint son maximum de développement végétal, « l'évapotranspiration maximale (ETM) d'une culture donnée, qui est définie à différents stades du développement végétatif, lorsque l'eau est en quantité suffisante et que les conditions agronomiques sont optimales » et l'évapotranspiration réelle (ETR) qui correspond à la « somme des quantités de vapeur d'eau évaporées par le sol et par les plantes quand le sol est à son humidité spécifique actuelle et les plantes à un stade de développement physiologique et sanitaire réel » (cf. MUSY & LAGLAINE 1992). L'ETR est inférieure ou égale à l'ETM qui est elle-même inférieure ou égale à l'ETP. Dans le cadre de cette étude, c'est l'évaluation de l'évapotranspiration réelle qui m'intéresse. Comme pour le calcul des gradients de précipitations, de multiples formules et approches ont été proposées. Dans la suite de ce travail, je privilégie les informations fournies par BAUMGARTNER et al. (1983) qui ont proposé une carte de l'évaporation annuelle dans les Alpes, ainsi que des tables d'évaporation en fonction des températures annuelles (T) et de l'altitude (H) établies à partir de leurs propres travaux et d'études antérieures (tabl. 5.8).

T [°C]	-5	-2.5	0	+2.5	5	7.5	10
E [mm]	185	270	355	440	525	610	695
H [m]	3000	2500	2000	1500	1000	500	0
E [mm]	215	305	395	485	575	665	755

Tabl. 5.8 Valeurs moyennes de l'évapotranspiration annuelle (E) en fonction des températures annuelles moyennes (T) et de l'altitude (H), valables pour l'ensemble de la chaîne alpine (source : BAUMGARTNER et al. 1983).

Les équations des droites de régression de ces deux relations sont les suivantes :

$$E \text{ [mm]} = 355 + 34 \times T \text{ [°C]}$$

<sup>10</sup> Concept qui regroupe l'évaporation physique depuis une surface nue (plan d'eau, sol, roche, etc.) et la transpiration par les plantes (MUSY & LAGLAINE 1992). Les pertes d'eau par sublimation de la neige sont négligeables (cf. BARRY 1992).

$$E \text{ [mm]} = 755 - 0.18 \times H \text{ [m]}$$

Pour le Valais, ils proposent les valeurs suivantes :

H [m]	400	900	1450	2000	2550	3050	3500
E [mm]	700	600	500	400	300	200	100

Tabl. 5.9 Valeurs moyennes de l'évapotranspiration annuelle (E) en fonction de l'altitude (H), valables pour le Valais (selon BAUMGARTNER et al. 1983).

Ces valeurs doivent toutefois être corrigées à la baisse dans la mesure où en Valais, comme dans d'autres régions sèches des Alpes, les précipitations ne sont pas suffisantes pour satisfaire ces valeurs d'évaporation. Ces trois auteurs ont ainsi corrigé les valeurs calculées pour quelques stations sèches du Valais interne de la manière suivante :

Station	Alt. [m]	P [cm]	E (1) [cm]	E (2) [cm]	R [cm]
Brig	680	73	65	58	15
Zermatt	1610	71	48	45	26
Grächen	1630	56	47	41	15
Staldenried	1060	53	57	46	7
Visp	650	64	65	54	10
Sierre	570	58	66	54	4
Riddes	490	57	68	56	1
Orsières	890	73	60	55	18

(1) E calculé en fonction de T

(2) E corrigé en tenant compte des faibles précipitations

Tabl. 5.10 Valeurs moyennes de l'évapotranspiration annuelle (E) de différentes stations du Valais (source : BAUMGARTNER et al. 1983). Les valeurs de P (précipitations annuelles) correspondent à la période 1931-60; il s'agit de valeurs non corrigées au sens de SEVRUK & KIRCHHOFER (1992). R = écoulement.

Signalons encore que la station climatologique de Sion-Aéroport (alt. 483 m) mesure l'évapotranspiration potentielle (ETP) depuis 1981. Le tableau de l'annexe 5.14 montre que celle-ci atteint plus de 4 mm par jour en été.

## Les températures

Etant donné que l'évapotranspiration est étroitement corrélée à la température de la surface évaporante et que celle-ci est liée à la température de l'air, j'analyse maintenant la distribution spatiale des températures afin de pouvoir résoudre certaines équations présentées ci-dessus. Les températures diminuent avec l'altitude, mais pas de façon linéaire en toute saison. Différents auteurs ont calculé des gradients de température pour la vallée du Rhône (cf. annexe 5.15). SCHÜEPP et al. (1978) calculent un gradient de température de 0.55°C/100 m pour l'ensemble de la Suisse. BOUËT (1978a, 1978b) a calculé des gradients pour le Nord des Alpes suisses et pour le Valais intérieur sur la base respectivement de 51 et 17 stations. Il obtient des gradients assez

similaires (0.56 °C / 100 m pour le Valais). BAUMGARTNER et al. (1983) proposent pour l'ensemble de la chaîne alpine l'équation  $T [^{\circ}C] = (H [m] - 2230) / 190$ , où T est la température annuelle moyenne et H l'altitude. Cela correspond à un gradient hypsométrique d'environ 0.525°C par 100 m. Pour les Hautes Alpes Calcaires suisses, MAIRE (1990) propose un gradient thermique de 0.62 °C par 100 m, avec  $T = 13.57 - 0.0061 H$ . BAERISWYL et al. (1997) calculent pour l'ensemble de la Suisse, des gradients thermiques mensuels pour les températures maximales et minimales. En été, les deux gradients diffèrent de 0.15 à 0.2°C par 100 m (cf. annexe 5.15).

A partir de ces données et du tableau de l'annexe 5.16, on peut tabler sur des températures annuelles moyennes d'environ 9 à 10 °C en plaine, de 6 °C à 1500 m (Montana) et de -1 °C à 2500 m, avec un gradient thermique annuel d'environ 0.55 °C / 100 m. On notera que Montana, en raison de son ensoleillement, jouit de conditions thermiques plus chaudes que la moyenne valaisanne à altitude égale; si on applique un gradient de 0.55°C par 100 m depuis Sion, on obtient une température moyenne annuelle de 4.3°C, soit 1.5°C en dessous des valeurs mesurées.

### L'insolation

La durée de l'insolation constitue avec les températures un des paramètres principaux qui influencent le taux d'évaporation. C'est pourquoi j'étudie les données publiées par BOUËT (1948), portant sur la période 1929-47, par SCHÜEPP (1962), pour la période 1931-60, par BAERISWYL et al. (1997) pour les périodes 1951-80 et 1961-80, ainsi que certaines données tirées de la BCS. Les variations entre les séries sont négligeables (SCHÜEPP 1962, BAERISWYL et al. 1997). Contrairement aux températures, l'insolation dépend avant tout de variables régionales, l'altitude n'étant pas un facteur prédominant (BAERISWYL et al. 1997).

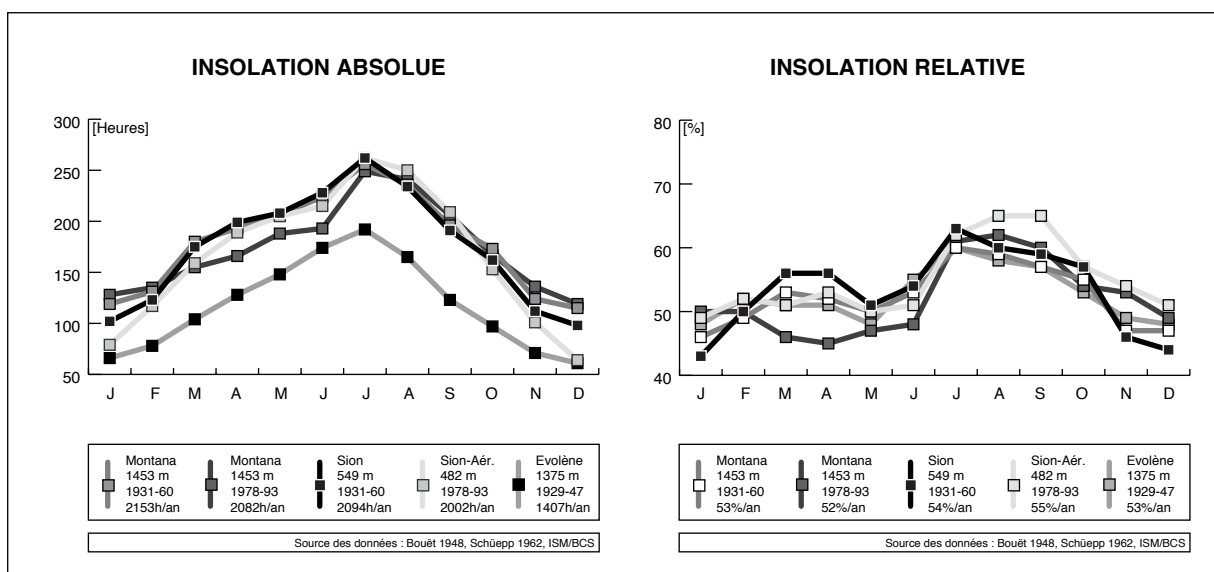


Fig. 5.7 Insolation absolue et relative de quelques stations du Valais Central.

L'insolation absolue est avec le Tessin et Genève parmi les plus élevées de Suisse, du moins dans le centre du canton (BOUËT 1978b), variant en moyenne entre 2000 et 2150 heures par année (cf. annexe 5.17). L'adret du Valais central est le plus favorable (Montana : 2150 heures par année). Le Bas-Valais (Monthey : 1700 heures) est moins ensoleillé, tout comme Evolène (1400 heures). Cette dernière valeur a été calculée par BOUËT (1948). Elle est représentative du Val d'Hérens et des vallées latérales de même orientation (BOUËT 1948). Ces distinctions se retrouvent également en insolation relative.

Le découpage saisonnier de l'insolation absolue montre qu'en hiver l'adret jouit d'un ensoleillement nettement supérieur à la plaine, avantage qui se réduit aux autres saisons. La représentation de l'insolation mensuelle relative montre une faible nébulosité en hiver, un déficit d'insolation entre avril et juin et des valeurs très élevées entre juillet et octobre (BOUËT 1978b, BAERISWYL et al. 1997), ainsi qu'une amplitude annuelle assez faible. Entre 1931 et 1994, l'insolation relative hivernale a tendance à augmenter (surtout dans les Alpes), contrairement à l'insolation du printemps et de l'été (dans une moindre mesure) qui diminuent (BAERISWYL et al. 1997).

Je considère que la Vallée de la Printse a, en valeur absolue, environ 1400 heures d'ensoleillement par année, soit le 65 % du Haut-Plateau. Par contre, sur l'épaulement où est construite la station de Haute-Nendaz, bien exposé au NW et à l'W, l'ensoleillement doit être supérieur, surtout en été. L'insolation du Haut-Plateau est quant à elle nettement meilleure, aux environs de 2100 heures par année. Cette différence apparaît bien sur la figure 5.7, si l'on considère qu'Evolène est représentative de la Vallée de la Printse.

### Evaluation de l'évapotranspiration moyenne annuelle

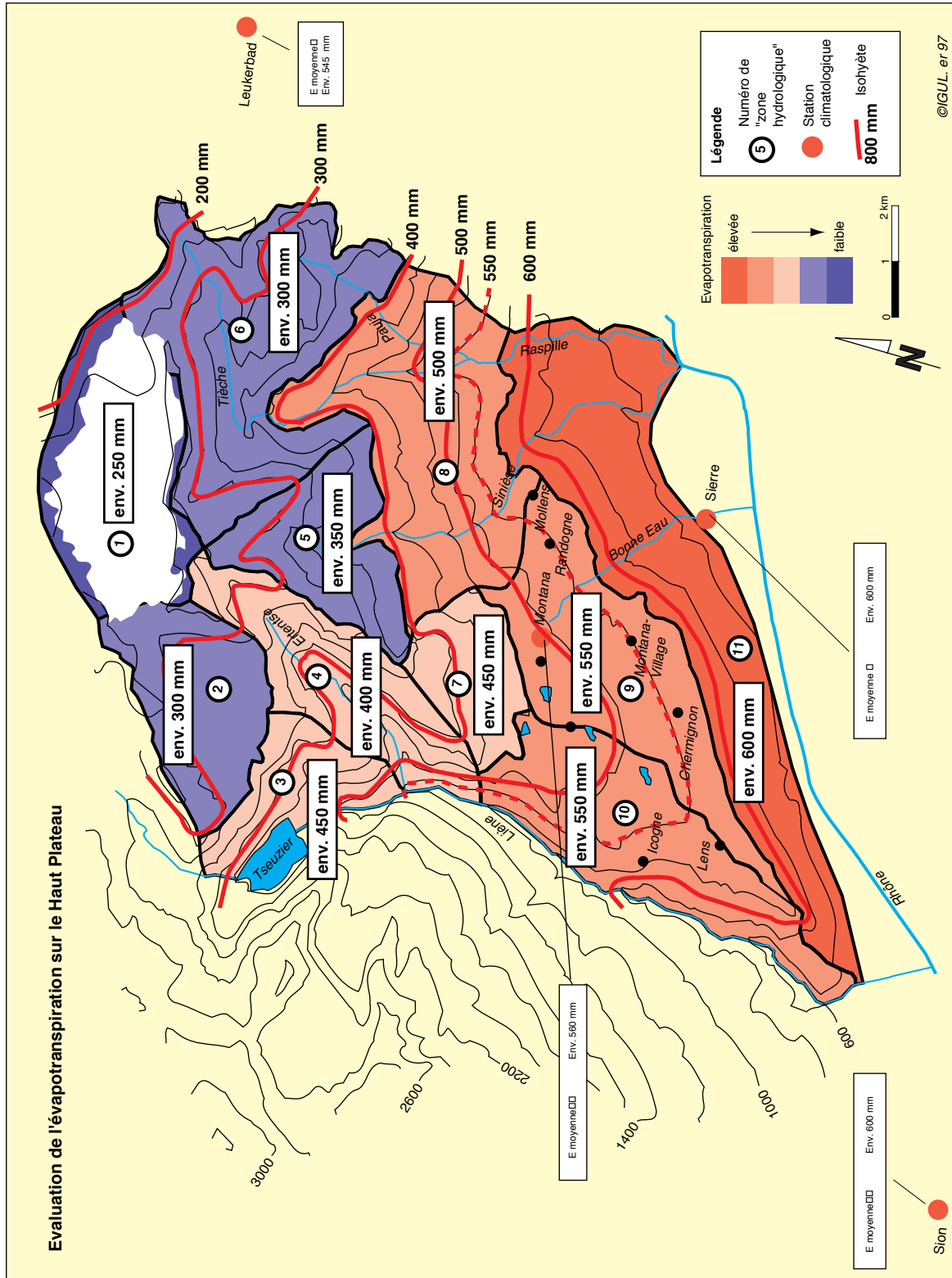


Fig. 5.8 Evaluation de l'évapotranspiration annuelle moyenne sur le Haut-Plateau.

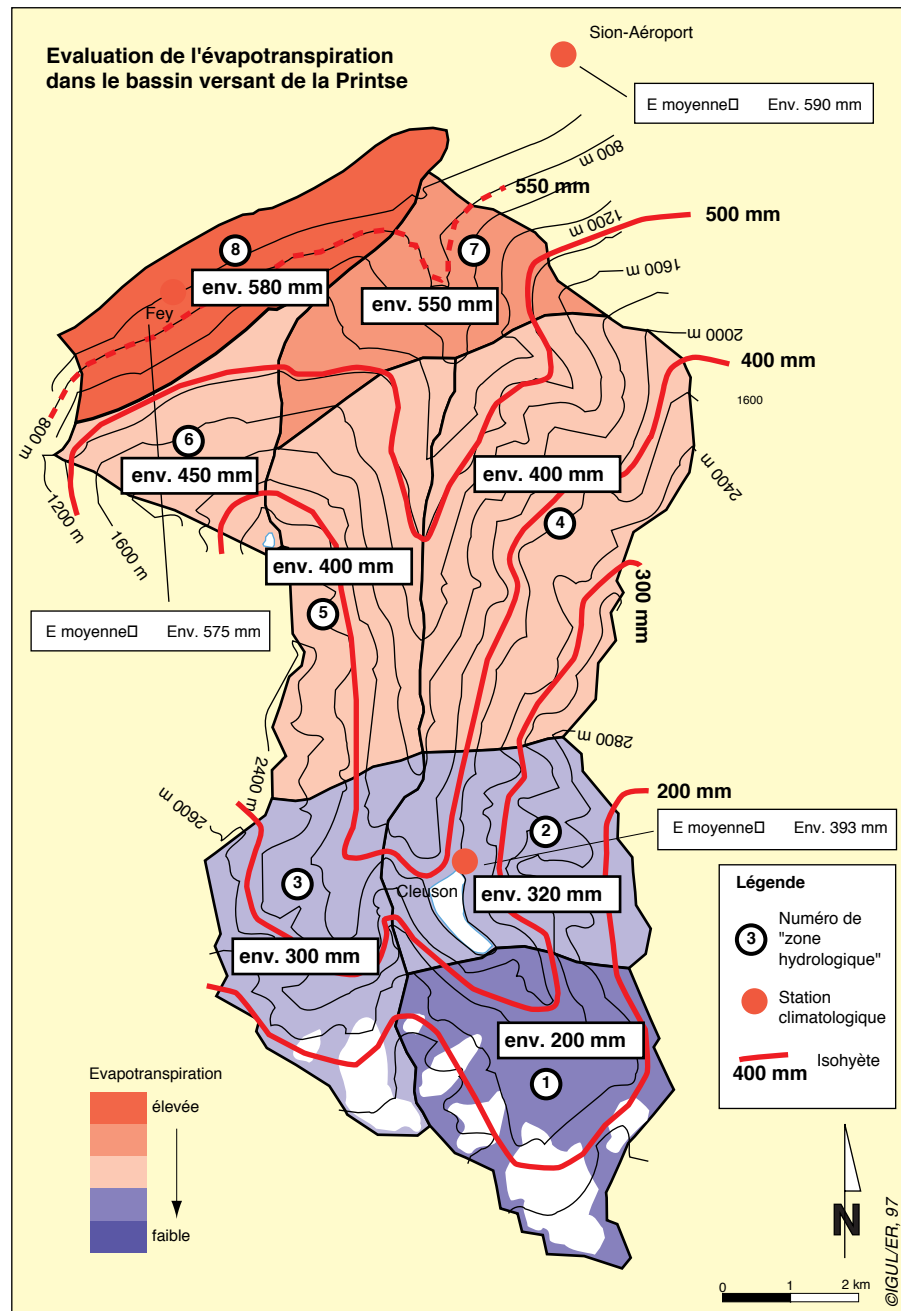


Fig. 5.9 Evaluation de l'évapotranspiration annuelle moyenne dans le bassin versant de la Printse.

A partir des informations réunies aux chapitres précédents, j'évalue ici l'évapotranspiration annuelle moyenne dans les différentes « zones hydrologiques ». Pour les stations climatologiques, je calcule l'évapotranspiration selon la formule proposée par BAUMGARTNER et al. (1983). Les résultats sont reportés dans les deux tableaux ci-dessous. Pour l'évaluation de l'évapotranspiration à certaines altitudes, j'ai utilisé les gradients de précipitations calculés ci-dessus (cf. fig. 5.5 et 5.6) et un gradient de température de 0.55 °C par 100 m.

j'ai utilisé les gradients de précipitations calculés ci-dessus (cf. fig. 5.5 et 5.6) et un gradient de température de 0.55 °C par 100 m.

Station	Alt. [m]	P [mm]	T [°C]	E (1) [mm]	Corr. [mm]	E (2) [mm]
Sierre	565	~ 750	9.1	~ 664	62.5	~ 600
Sion	549	~ 700	9.7	~ 685	85	~ 600
Montana	1508	~ 1100	6	~ 559	-	~ 560
Leukerbad	1391	~ 1300	5.6	~ 545	-	~ 545
à 900 m	-	~ 800	~ 8	~ 630	40	~ 590
à 1000 m	-	~ 835	~ 7.5	~ 610	~ 35	~ 575
à 1200 m	-	~ 900	~ 6.5	~ 575	~ 15	~ 560

Tabl. 5.11 *Evaluation de l'évapotranspiration annuelle moyenne dans la région du Haut-Plateau. P = précipitations annuelles moyennes (valeurs reproduites à la fig. 5.5), T = températures annuelles moyennes (selon annexe 5.16), E(1) = évapotranspiration annuelle moyenne, Corr = correction de E(1) en tenant compte des faibles précipitations de la région (cf. BAUMGARTNER et al. (1983) p. 60), E(2) = évapotranspiration annuelle moyenne en tenant compte des facteurs de correction. Les durées de mesures sont diverses, mais quand cela était possible, j'ai privilégié les mesures les plus récentes. Lorsque c'est nécessaire, les gradients sont calculés depuis Sierre.*

Station	Alt. [m]	P [mm]	T [°C]	E (1) [mm]	Corr. [mm]	E (2) [mm]
Sion-Aéroport	482	~ 680	9.1	~ 664	75	~ 590
Fey	780	~ 700	8.5	~ 644	70	~ 575
Cleuson	2120	~ 1100	1.1	~ 393	-	-
à 1000 m	-	~ 730	~ 7.4	~ 607	-	~ 545
à 1200 m	-	~ 760	~ 6.3	~ 569	~ 40	~ 530
à 1400 m	-	~ 800	~ 5.1	~ 528	~ 25	~ 503
à 2500 m	-	~ 1200	~ -1	~ 288	-	-

Tabl. 5.12 *Evaluation de l'évapotranspiration annuelle moyenne dans le bassin versant de la Printse. Pour la légende, voir le tabl. 5.11. Lorsque c'est nécessaire, les gradients sont calculés depuis Fey.*

A partir des valeurs calculées dans les deux tableaux ci-dessus, j'établis deux cartes de l'évapotranspiration réelle annuelle sur le même principe que pour les précipitations. Sur le Haut-Plateau (cf. fig. 5.8), on remarque que sur le coteau à basse altitude presque toute l'eau tombée s'évapore. A Montana (1500 m), 2/3 des précipitations annuelles sont évaporées. A 2500 m, l'évaporation ne représente déjà plus que 15 % des précipitations annuelles. Dans le bassin versant de la Printse, la situation est à peu près identique. La valeur de l'évapotranspiration suit également un gradient hypsométrique. A basse altitude, elle est un peu moins forte qu'en rive droite du Rhône en raison de la situation d'ubac. Il faut rappeler qu'il s'agit d'**évaluations qualitatives**, et que pour être rigoureux, il faudrait contrôler ces valeurs en fonction des écoulements. Malheureusement, les stations hydrométriques sont très rares dans les vallées latérales du Rhône<sup>11</sup> et inexistantes dans les deux zones étudiées.

<sup>11</sup> Cf. *l'Annuaire hydrologique de la Suisse* publié annuellement par le Service hydrologique et géologique national pour un aperçu de ces stations.

## 5.2.6 Ressource annuelle moyenne

A partir des deux chapitres précédents et en tenant compte des remarques méthodologiques (absence de contrôle par les débits) ci-dessus, il est possible d'évaluer la ressource totale annuelle moyenne, partant du principe qu'elle correspond à la lame d'eau écoulée moyenne. J'établis donc, de la même manière que pour les précipitations et l'évapotranspiration, deux cartes (cf. fig. 5.10 et 5.11) de la lame d'eau écoulée qui me permettent de formuler une typologie **qualitative** du potentiel en eau des zones hydrologiques définies plus haut. Il s'agit d'une évaluation très fruste qui ne tient pas du tout compte des écoulements souterrains, ni du stockage solide ou liquide de la ressource. Elle permet toutefois de tirer quelques enseignements quant à l'abondance relative en eau et de constituer une base de réflexion pour le chapitre 6 (utilisation de la ressource).

De manière générale, les zones de haute altitude ont un potentiel plus important car elles cumulent de fortes précipitations et une faible évapotranspiration. A altitude égale, le potentiel est plus important à Crans-Montana-Aminona qu'à Nendaz. A plus basse altitude, la situation s'inverse : sur le Haut-Plateau, toutes les zones habitées ont un potentiel faible, alors que dans le bassin versant de la Printse, cette catégorie se limite aux zones basses. Les stations du Haut-Plateau ont globalement un potentiel plus important que Nendaz, mais elles doivent rechercher leur eau à plus haute altitude. Cette affirmation repose toutefois sur l'hypothèse d'une absence d'écoulement souterrain qui puisse ramener de l'eau à basse altitude. On remarquera également que sur le Haut-Plateau, la zone qui a le potentiel le plus fort (Glacier de la Plaine-Morte) est orientée vers le nord et ne draine donc pas les bassins versants étudiés. Pour le Haut-Plateau toujours, on remarque un gradient horizontal d'ouest en est. Les bassins versants orientaux (Raspille) semblent avoir un potentiel plus important que la partie occidentale de la station.

En termes absolus, on peut évaluer grossièrement la disponibilité de cette ressource sur la base des débits spécifiques moyens publiés dans l'Atlas hydrologique de la Suisse. On peut estimer que la lame d'eau écoulée annuellement s'élève à environ 73 millions de m<sup>3</sup> dans le bassin versant de la Liène (env. 106 km<sup>2</sup>), 28 millions de m<sup>3</sup> dans le bassin versant de la Raspille (31 km<sup>2</sup>), 19 millions de m<sup>3</sup> dans le bassin versant de la Sinièse (21 km<sup>2</sup>), ce qui donne une lame d'eau écoulée totale d'environ 100 millions de m<sup>3</sup> sur le Haut-Plateau (sans tenir compte du coteau) ou 55 millions de m<sup>3</sup> si on prend en compte uniquement les bassins de l'Ertentse, de la Sinièse et de la Raspille. Dans le bassin versant de la Printse la lame d'eau écoulée annuellement peut être estimée à environ 61 millions de m<sup>3</sup> pour un bassin de 83 km<sup>2</sup>. **En conclusion, on ne peut pas dire que dans l'ensemble les deux régions étudiées soient spatialement pauvres en eau. Sur le Haut-Plateau, la variabilité altitudinale est toutefois très forte : les zones proches de la crête des Alpes Bernoises ont un potentiel en eau très important, alors que le coteau et même la région de la station (vers 1500 m d'altitude) ont un potentiel faible. Dans la vallée de la Printse, la ressource est globalement moins importante (en raison de précipitations faibles en altitude) avec une variabilité également moins forte.**



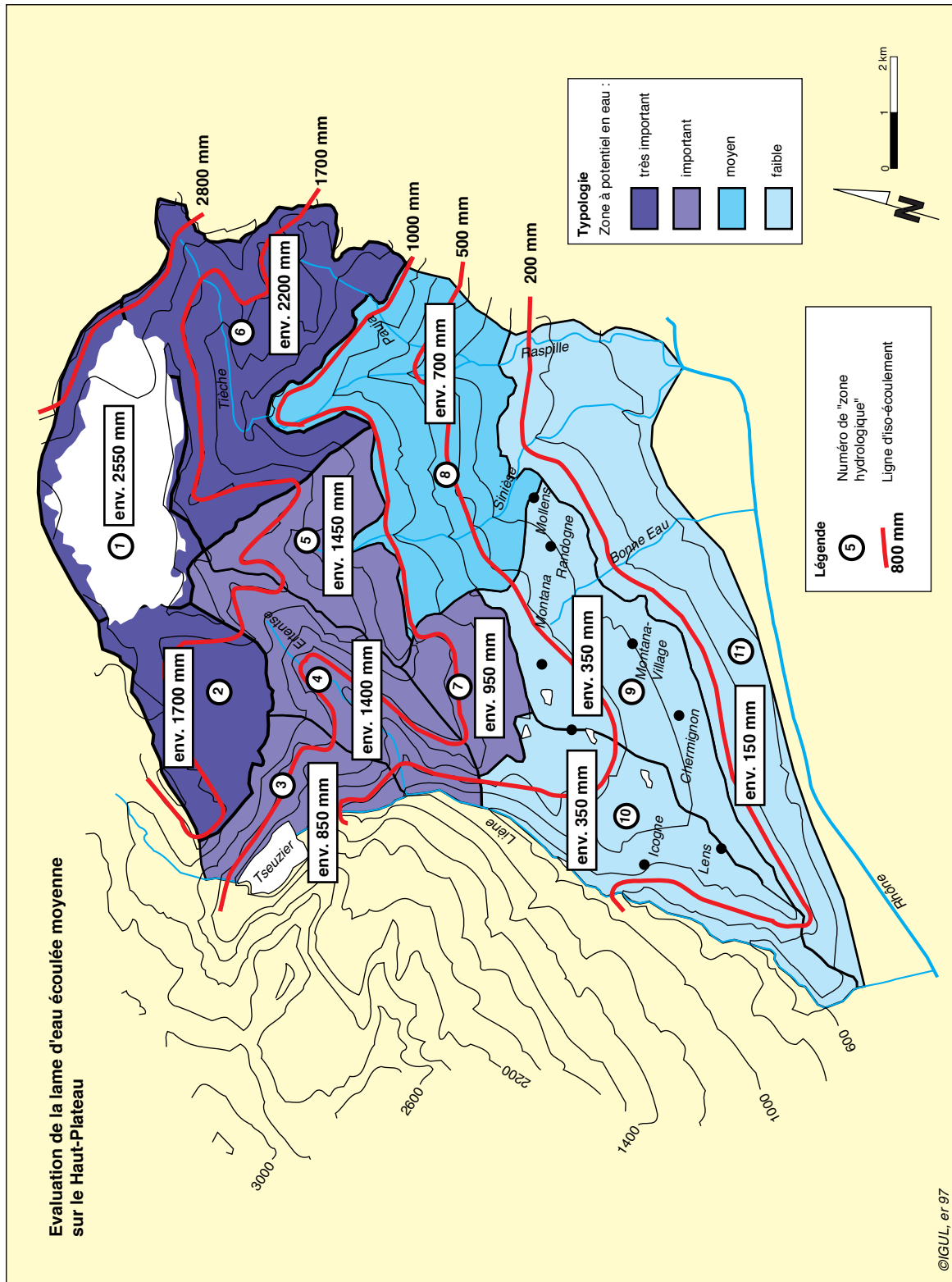


Fig. 5.10 Evaluation de la lame d'eau écoulée moyenne sur le Haut-Plateau

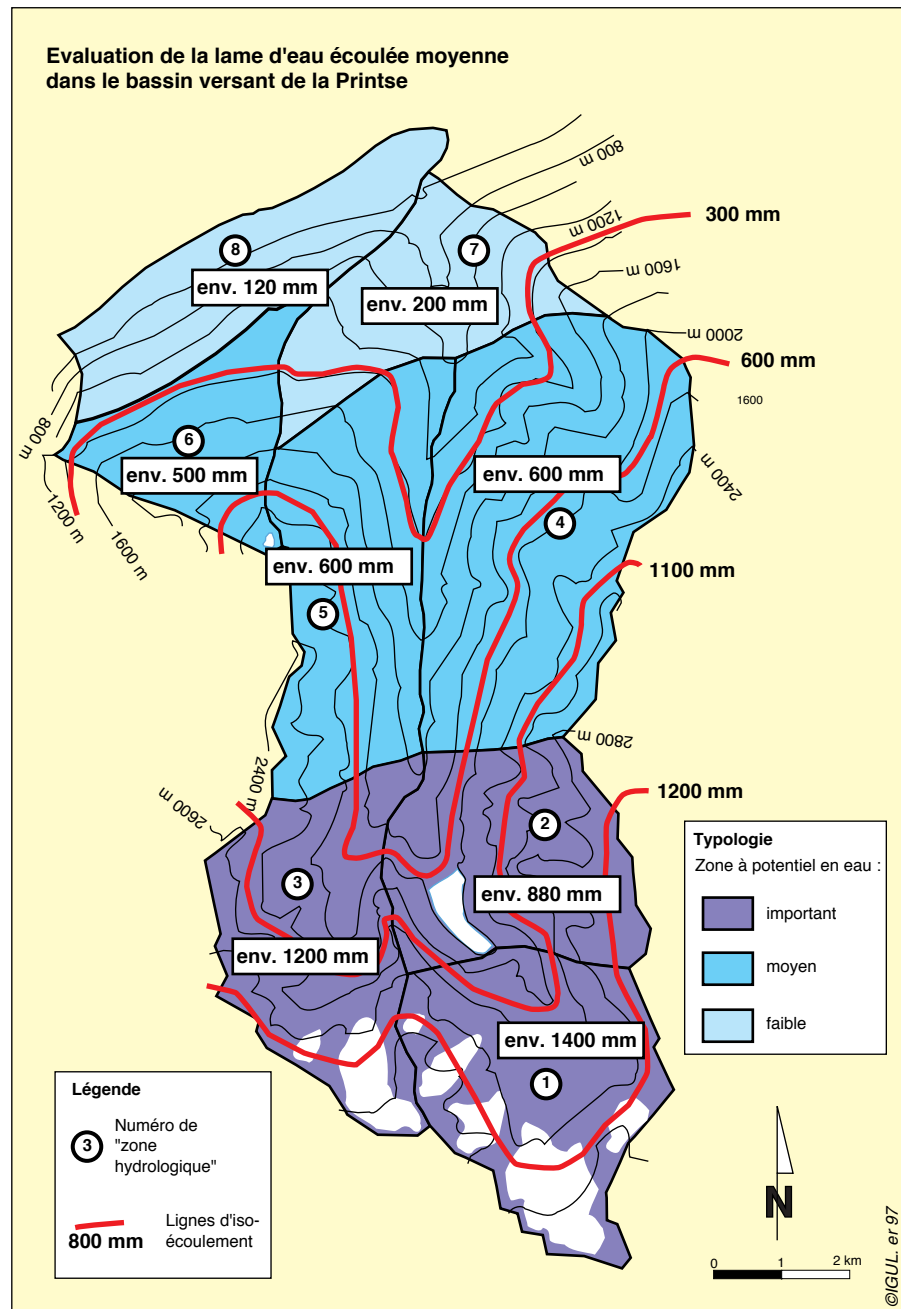


Fig. 5.11 Evaluation de la lame d'eau écoulee moyenne dans le bassin versant de la Printse.

Il s'agit là de grossières évaluations. Une partie de cette eau est stockée temporairement sous forme liquide et solide. C'est ce que je décris au prochain chapitre.

## 5.3 Les eaux stockées

---

Je présente ici quelle est la répartition du stockage sous forme solide et liquide. Après avoir étudié les stocks naturels, je me penche également sur les grands stocks de type anthropique. Je n'analyse pas ici les stocks sous forme de neige qui feront l'objet d'une attention particulière au chapitre 5.4.1. Les réserves non disponibles, telles que l'humidité du sol ou les réserves de grande profondeur, ne sont pas étudiées<sup>12</sup>.

### 5.3.1 Le stockage liquide à l'air libre et souterrain

Concernant le stockage à l'air libre, j'ai mentionné aux chapitres 4.2.1 et 4.2.2 les plans d'eau des deux régions étudiées. Je n'ai pas d'informations sur le volume de ces stockages, sauf en ce qui concerne les lacs artificiels du Haut-Plateau que je décrirai plus en détail au chapitre 6.2.

L'évaluation du stockage souterrain est également assez malaisé. Les communes du Haut-Plateau n'ont pas accès à la nappe phréatique du Rhône, ce qui n'est pas le cas de la commune de Nendaz (région d'Aproz), qui pompe une partie de ses eaux dans cette nappe. Elle capte également des eaux dans la nappe d'altitude de Tortin (589.500/107). Sur le Haut-Plateau plusieurs aquifères karstiques existent dans les calcaires massifs du Malm, de l'Urgonien et du Tertiaire. Certains de ces stocks sont constitués d'eau thermale.

### 5.3.2 Le stockage glaciaire

Les caractéristiques principales des glaciers des deux régions étudiées ont été résumées au tableau 4.1. Le haut bassin versant de la Liène<sup>13</sup> a un taux d'englacement de 5.5 %, contre 0.4 % pour celui de la Raspille. Le bassin versant de la Printse est englacé à 6.5 %. En guise de comparaison, certains bassins versants des régions de Saas-Fee et de Zermatt sont englacés à plus de 40 %. Les bassins versants étudiés peuvent donc être considérés comme faiblement englacés.

Globalement, le XXe siècle se caractérise par un déstockage glaciaire important. Ainsi, la diminution moyenne des réserves glaciaires dans le bassin versant du Rhône valaisan a été de 34 mm EE par an entre 1901 et 1940 et de 25 mm EE/an entre 1941 et 1980 (SCHÄDLER 1985a). La perte a été particulièrement forte durant les années 40 avec une diminution moyenne de 147 mm EE par année. Le mouvement se poursuit actuellement.

---

<sup>12</sup> On notera toutefois que pour la Suisse, ces réserves non disponibles sont estimées à 5000 km<sup>3</sup>, soit 100 fois les réserves souterraines disponibles (SCHÄDLER 1985a).

<sup>13</sup> Bassin versant 50-221 de la pl. 1.2 de l'*Atlas hydrologique de la Suisse*. Le bassin versant de la Raspille porte le numéro 50-174 et celui de la Printse le 50-236. Les valeurs du taux d'englacement sont tirées de cette planche de l'atlas.

Seule une petite partie des glaciers observés par la Commission Glaciologique de l'Académie Suisse des Sciences Naturelles (ASSN) fait l'objet de mesures du bilan de masse. Il faut donc en général se limiter à l'observation des variations de longueur pour évaluer la perte en eau des glaciers étudiés. A l'échelle suisse, le recul moyen des glaciers observés est de 7.5 m par année entre 1879 et 1993 (AELLEN 1994). En raison de ses caractéristiques topographiques, le glacier de la Plaine Morte n'est pas intégré au réseau d'observation. Il est toutefois en phase de décrue dans la mesure où il n'a plus de zone d'accumulation (BONVIN et al. 1992). Sa topographie en cuvette devrait toutefois le préserver d'une fonte trop rapide. Dans le bassin versant de la Printse, le glacier de Tortin a fait l'objet de calculs du bilan de masse (BADER 1990). Entre 1861 et 1959, le glacier a perdu en moyenne 210 mm EE par année. En guise de comparaison, le glacier de Gries (Valais), observé par la Commission Glaciologique a perdu une moyenne de 83 mm EE par année entre 1961 et 1979. Le glacier de Tortin fait également partie du réseau d'observation des variations de longueur, tout comme le glacier du Grand Désert. Entre 1893 et 1979, ils ont reculé respectivement de 458 m et de 1182 m, ce qui correspond à un recul de 13.7 m par an pour le glacier du Grand Désert et de 5.3 m par année pour celui de Tortin<sup>14</sup>.

Bien qu'il ne soit pas possible de déterminer avec précision l'apport des glaciers au bilan hydrique des différents bassins versants étudiés, il ressort tout de même des observations faites ci-dessus qu'il n'est pas négligeable (200 mm par année à Tortin). Etant donné son important retrait depuis un siècle, le glacier du Grand Désert doit être dans une situation assez semblable. Les glaciers du Grand et du Petit Mont Fort, bien abrités, fondent certainement moins vite. Quant aux petits appareils, ils sont condamnés à disparaître rapidement (cf. MAISCH 1992). Le glacier de la Plaine Morte fond également très vite. Une grande partie de ses eaux de fonte s'écoule vers le nord; toutefois des eaux souterraines rejoignent également les bassins versants méridionaux. Si on applique la perte de 200 mm EE par an du glacier de Tortin à l'ensemble des glaciers des deux bassins versants, on obtient un apport des glaciers au bilan hydrique annuel de l'ordre de 880'000 m<sup>3</sup> dans le bassin versant de la Printse et de près de 2 millions de m<sup>3</sup> à la Plaine Morte. A moyen terme (début du XXI<sup>e</sup> siècle), ces réserves glaciaires ne devraient pas tarir. A plus long terme cela pourrait être le cas, notamment dans le bassin versant de la Printse de Tortin et dans les bassins versants du Haut-Plateau, si les réseaux souterrains devaient être perturbés par la fonte du glacier de la Plaine Morte.

### 5.3.3 Le stockage périglaciaire (permafrost sursaturé en glace)

#### Introduction

Le permafrost (ou pergélisol) discontinu est une partie de la lithosphère dont la température reste constamment en dessous de 0°C<sup>15</sup>. Par

<sup>14</sup> Calculs personnels à partir des données publiées par KASSER et al. (1986).

<sup>15</sup> La partie supérieure, appelée « niveau actif », dégèle durant l'été. L'épaisseur du niveau actif dépend de l'épaisseur et de la température du permafrost *sensu stricto*.

opposition aux régions arctiques et de très haute montagne (> de 3500 m dans les Alpes) où la répartition spatiale du permafrost est continue, dans les régions alpines comprises entre 2000 et 3500 m, elle est discontinue car des taches de permafrost alternent avec des zones dont les températures sont supérieures à 0°C. Si le matériau concerné est relativement poreux et si l'apport en eaux de surface est suffisant, le permafrost peut se sursaturer en glace, c'est-à-dire que le corps de sédiments contient plus de glace que le volume des interstices. Dans les terrains à permafrost discontinu, les niveaux sursaturés en glace se trouvent près de la surface, à la base du niveau actif (couche de surface qui dégèle durant l'été pour regeler en hiver) (BARSCH 1987, LEWKOWICKZ 1988).

Le permafrost sursaturé en glace constitue de ce fait un stockage solide à ne pas négliger. Une bonne partie de ces stocks se concentre dans les glaciers rocheux<sup>16</sup>. Le volume de glace contenu dans un glacier rocheux actif est estimé à 50-60 % du volume total (BARSCH 1977). Cet auteur estime ainsi que les 944 glaciers rocheux actifs qu'il a comptabilisés dans les Alpes suisses contiennent de 0.6 à 1 km<sup>3</sup> de glace, ce qui représente des réserves en eau de 590 à 720 millions de m<sup>3</sup>, soit 1.5 % des réserves en eau des glaciers (BARSCH 1977, 1996). A partir de mesures effectuées dans le Vallon de Réchy et dans le bassin versant des Fontanesses (Val d'Hérens), TENTHOREY (1993) propose un modèle de bilan hydrique des bassins versants périglaciaires alpins du Valais central et estime que « le potentiel d'eau disponible annuellement dans les bassins versants périglaciaires du Valais central est légèrement inférieur à 1 million de m<sup>3</sup> par km<sup>2</sup>, soit 860 mm de hauteur d'eau », principalement de régime nival et pluvial. Les glaciers rocheux fonctionnent comme réservoirs. Bien que souvent la structure interne des glaciers rocheux soit peu connue, on estime que l'eau contenue dans ces corps de sédiments partiellement gelés se concentre en trois endroits (cf. HAEBERLI 1985, TENTHOREY 1993, SPECK 1994) : à la base du niveau actif, en lentilles à l'intérieur du permafrost (les taliks) et sous le permafrost.

On notera également que le permafrost peut, en raison de son effet d'imperméabilisation, induire la formation de nappes phréatiques d'altitude, tout comme il peut favoriser le ruissellement, notamment au printemps durant la fonte des neiges sur un niveau actif encore très peu dégelé.

Dans le cadre de la prospection des ressources en eau, il peut être utile de connaître la répartition spatiale du permafrost discontinu, ainsi que sa teneur potentielle en eau.

### Répartition du permafrost discontinu dans les bassins versants étudiés

Je décris dans le détail les essais de cartographie de la répartition du permafrost dans les deux régions étudiées, car ce thème a fait l'objet de nombreux travaux de l'IGUL ces dernières années (cf. PHILLIPS &

---

<sup>16</sup> Pour une définition de ces formes, cf. HAEBERLI 1985 et BARSCH 1996. Un glacier rocheux est dit actif lorsqu'il contient de la glace et flue, inactif lorsqu'il contient encore un peu de glace mais ne bouge plus et fossile lorsque toute la glace a fondu.

REYNARD 1996, 1997, REYNARD 1996a, 1996b, WENKER 1997, REYNARD & WENKER 1997, WENKER & REYNARD 1997).

La cartographie de la distribution du permafrost discontinu repose sur deux approches principales: les observations (ex. descriptions morphologiques des glaciers rocheux) et mesures (ex. mesures BTS, cf. HAEBERLI 1973, HOELZLE 1994, mesures de températures de sources, cf. HAEBERLI 1975, prospection géophysique, cf. VONDER MÜHLL 1993, etc.) de détail et la simulation informatique. Les deux types d'approches ont été utilisés dans les bassins versants étudiés.

## Observations et mesures de détail dans la vallée de la Printse

Sur la base de différents levés de terrain établis par des étudiants de l'IGUL, une carte des glaciers rocheux actifs et fossiles a pu être établie (cf. un extrait à la fig. 5.12). Les vallons secondaires des vallées de Tortin (Chassoure, Yettes Condja) et de Cleuson (Vatsenaires, Crouye Grandze, Troutes) sont particulièrement riches en glaciers rocheux actifs ou inactifs. Les premiers se situent généralement en dessus de 2600 m, alors que les seconds sont compris dans une tranche comprises entre 2300 et 2600 m environ (REYNARD 1996b). Les parties hautes des deux vallées n'ont pas permis le développement de ces formes en raison de la présence de glaciers (cf. HAEBERLI 1983). Les parties plus basses des versants sont riches en formes fossiles pouvant fonctionner comme aquifères ou zones d'infiltration des eaux.

Le vallon de Tortin a en outre fait l'objet de plusieurs campagnes de mesures BTS<sup>17</sup> visant à préciser la distribution spatiale du permafrost discontinu (REYNARD 1996b et fig. 5.12). Elles montrent que dans les orientations de secteur N, les glaciers rocheux sont actifs au-dessus de 2600 m et peuvent contenir des lentilles de glace au-dessus de 2300 m environ. Par contre les zones environnantes sont libres de glace. Les mesures effectuées dans le bassin versant de la Printse sont complétées par une série de mesures prises sur les flancs W et S du Mont Gelé. Ces différentes observations sont confirmées par les résultats obtenus récemment au moyen de sondages géoélectriques (DELALOYE & REYNARD 1998, REYNARD et al. 1999).

Les mesures BTS ont été complétées par des mesures de température de sources. Des températures inférieures à 1°C permettent d'évaluer la présence de permafrost<sup>18</sup>. Des mesures ont été effectuées dans le vallon de Tortin et dans celui des Crouye Grandze, sur la rive droite de la Printse. Les résultats de ces mesures (cf. annexe 5.18) corroborent ceux obtenus par les mesures BTS (fig. 5.12).

<sup>17</sup> Pour une description de la méthode, voir HAEBERLI 1973 et HOELZLE 1994.

<sup>18</sup> Cf. HAEBERLI 1975 pour la description de la méthode.

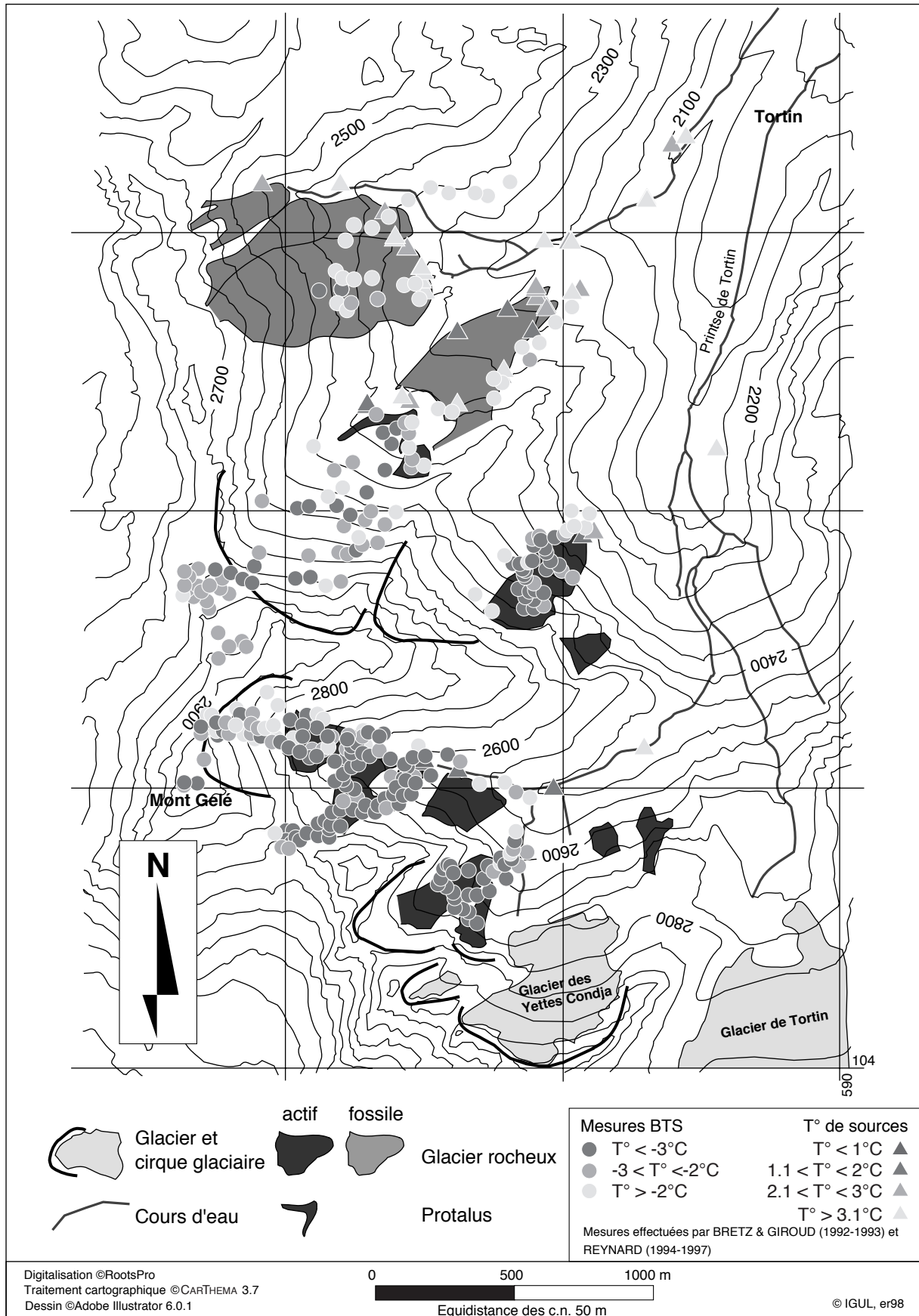


Fig. 5.12 *Glaciers rocheux, mesures BTS et mesures de températures de source dans le vallon de Tortin.*

Ces observations et mesures (env. 500 mesures BTS et 60 mesures de températures de source) ont permis d'établir une règle de répartition du pergélisol selon les orientations sur la base de celle établie pour les Alpes de Suisse orientale par HAEBERLI (1975) (cf. fig. 5.13). Il apparaît que les limites inférieures du permafrost dans la vallée de la Printse s'apparentent à celles définies dans les Grisons pour les orientations de secteurs N et S. Dans les orientations de secteurs NE et E, le permafrost pourrait se trouver à plus basse altitude dans la vallée de la Printse, alors que sur les pentes orientées du NW au SW il remonterait environ 200 m plus haut que dans les Grisons.

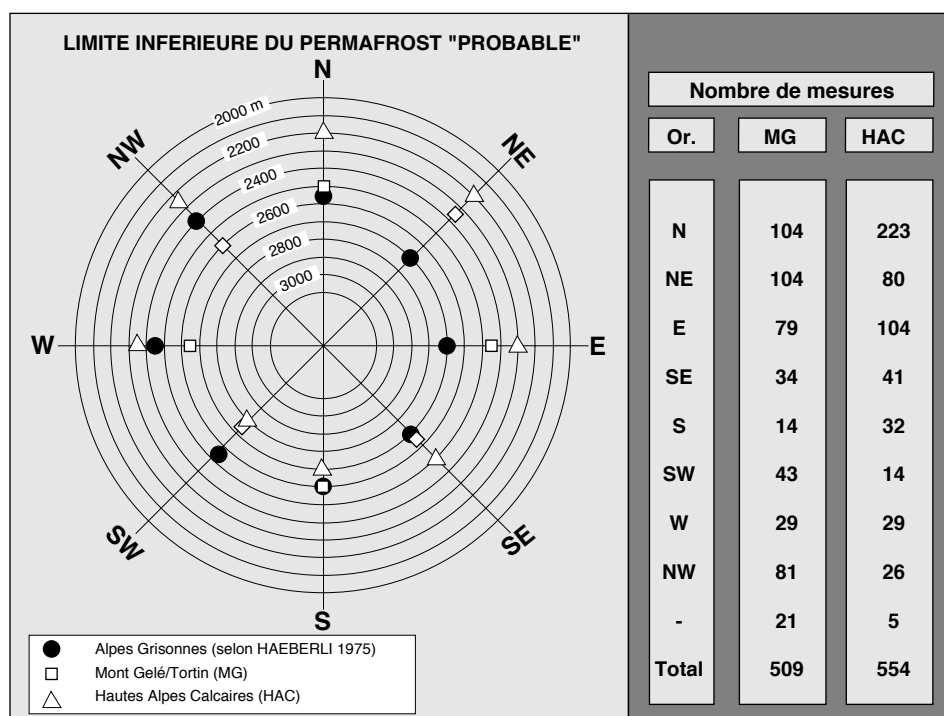


Fig. 5.13 *Règle de répartition de la limite inférieure du permafrost discontinu selon les orientations dans la vallée de la Printse et dans les Hautes Alpes Calcaires et comparaison avec la règle de répartition établie dans les Grisons par HAEBERLI (1975) (modifié d'après PHILLIPS & REYNARD 1996 et WENKER & REYNARD 1997).*

### Observations et mesures de détail sur le Haut-Plateau

Dans cette région, les investigations ont été moins poussées que dans la vallée de la Printse, notamment parce qu'on ne note pas de présence de glaciers rocheux. Une étude a toutefois été entreprise visant à définir la répartition du permafrost dans la région allant de la Dent de Morcles au Wildstrubel (cf. PHILLIPS & REYNARD 1996, 1997). En effet, plusieurs



indices permettent de penser que malgré son altitude assez basse, la chaîne des Hautes Alpes Calcaires est susceptible de contenir des poches de permafrost plus ou moins étendues. Quelques glaciers rocheux actifs ont ainsi été observés dans des vallons situés à l'W du Haut-Plateau, notamment aux Diablerets et sur le versant nord du Grand Chavalard. Diverses campagnes de mesures BTS ont permis de créer une base de données d'environ 550 mesures (cf. WENKER & REYNARD 1997), sur la base de laquelle, une règle de répartition du permafrost selon les orientations a également été créée (fig. 5.13). Elle montre que dans les orientations NW à E, la limite inférieure du permafrost est plus basse dans les Hautes Alpes Calcaires que dans les Grisons et les Alpes Pennines. Il semble bien que cela soit dû à la morphologie particulière de cette partie des Alpes marquée par la présence de hautes parois calcaires qui forment des zones d'ombre importantes dans ces orientations (cf. PHILLIPS & REYNARD 1996). Il n'est pas rare que là où les ombres portées sont plus faibles, le permafrost soit absent, même à des altitudes plus hautes. On conclut ainsi qu'on est en présence d'un permafrost très discontinu, en poches résiduelles dans des endroits privilégiés (zones ombrées). Les zones élevées du Haut-Plateau susceptibles de contenir du permafrost sursaturé sont la cuvette située à l'aval de la station supérieure du téléphérique de la Plaine Morte (alt. supérieure à 2800 m, diverses orientations), ainsi que le vallon supérieur de la Tièche, sous le Schwarzhorn (alt. supérieure à 2800 m en orientation SW) et la rive gauche du vallon des Outannes sous le Trubelstock (alt. supérieure à 2500 m en orientation NW, cf. les observations morphologiques de BROCCARD & REY 1997), toutes trois riches en matériaux détritiques (éboulis, moraines). Ailleurs, les orientations préférentielles au sud et la morphologie en parois rocheuses ne sont pas propices à la sursaturation en glace. Aucun glacier rocheux n'a été observé.

## Simulation informatique

Les observations et mesures décrites ci-dessus ne permettent toutefois pas de cartographier la distribution du permafrost sur une grande surface. Pour cela, on fait appel à l'outil informatique. Les diverses simulations tentées en Suisse (cf. HAEBERLI, HOELZLE et al. 1996) reposent généralement sur deux types de modèles : la règle de répartition topoclimatique d'HAEBERLI (1975), décrite dans les Grisons et dont les altitudes, l'orientation et la topographie des pentes (distinction pente/pied de pente) constituent les facteurs principaux influant sur la distribution du permafrost, et un modèle physique (HOELZLE 1994) qui privilégie la radiation solaire comme variable principale de répartition. Sur cette base, divers programmes de calcul permettent de dessiner des cartes de répartition du pergélisol au moyen d'un système d'information géographique (SIG). Nous avons montré (WENKER & REYNARD 1997) qu'en raison de la grande variabilité climatique et morphologique dans les Alpes, il est difficile de proposer une simulation de la répartition du permafrost discontinu pour l'ensemble de la Suisse (cf. KELLER et al. 1998).

Pour des raisons pratiques (disponibilité du matériel informatique à l'IGUL) et méthodologiques (le programme choisi permet d'intégrer les règles de répartition régionales établies ci-dessus (fig. 5.13)), j'utilise le

programme de calcul MGPERM, variante régionale du programme PERM établi par IMHOF (1996a, 1996b) pour la simulation de la répartition du permafrost dans le bassin versant de la Printse, ainsi qu'une variante régionale, appelée WESTPERM (cf. WENKER 1997, WENKER & REYNARD 1997), adaptée aux Hautes Alpes Calcaires, pour la simulation sur le Haut-Plateau<sup>19</sup>. Ces deux programmes de calcul fonctionnent sur le logiciel IDRISI et j'utilise comme base topographique le modèle numérique d'altitude (MNA) numérisé par l'Institut de Géophysique de l'Université de Lausanne (OLIVIER 1970).

J'obtiens ainsi deux cartes de la **distribution potentielle du pergélisol discontinu** dans les bassins versants étudiés (fig. 5.14 et 5.15).

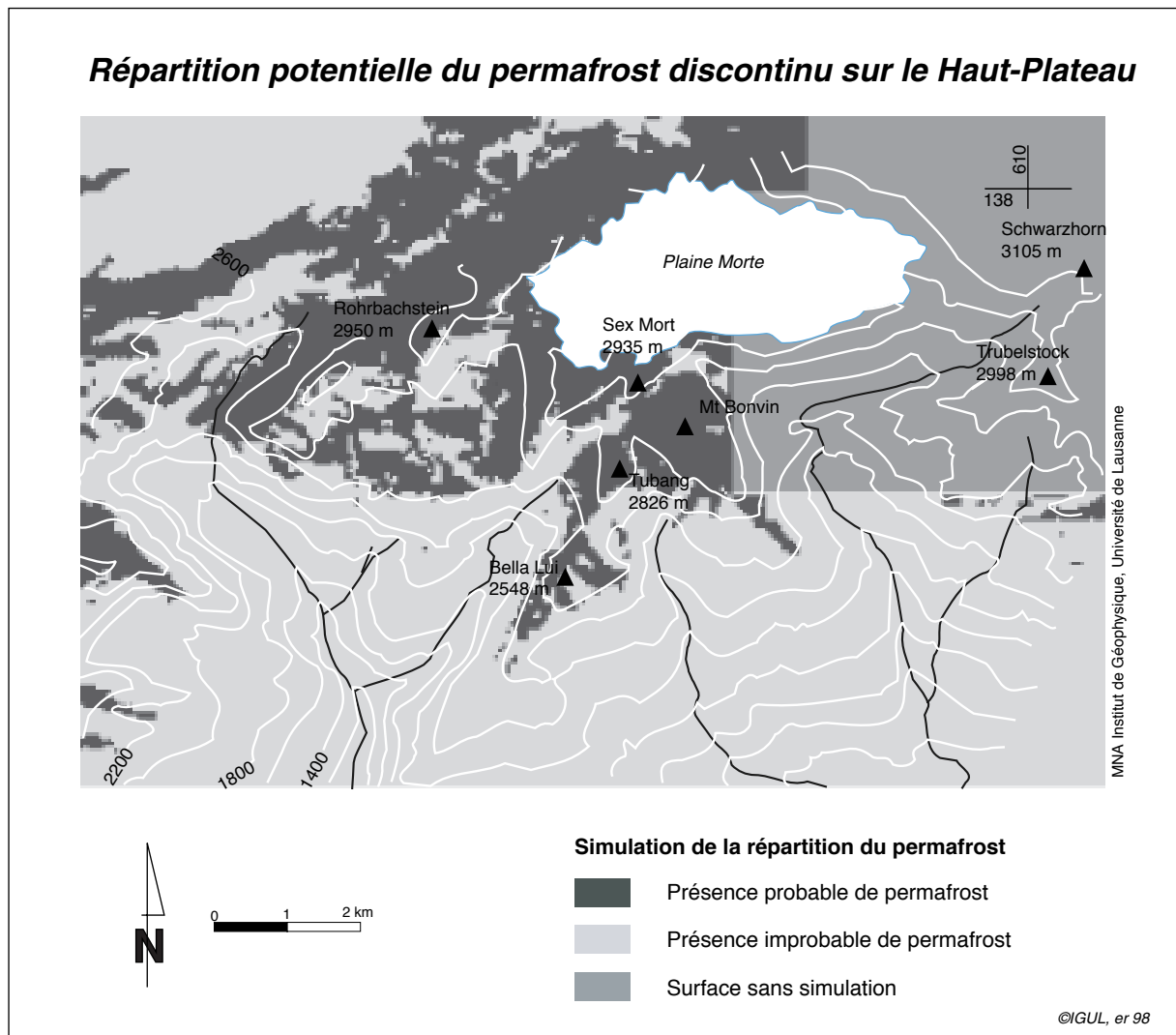


Fig. 5.14 Distribution potentielle du permafrost discontinu sur le Haut-Plateau.

<sup>19</sup> Pour un exposé des raisons ayant dicté ce choix, cf. WENKER 1997 et WENKER & REYNARD 1997.

**Répartition potentielle du permafrost discontinu dans la vallée de la Printse**

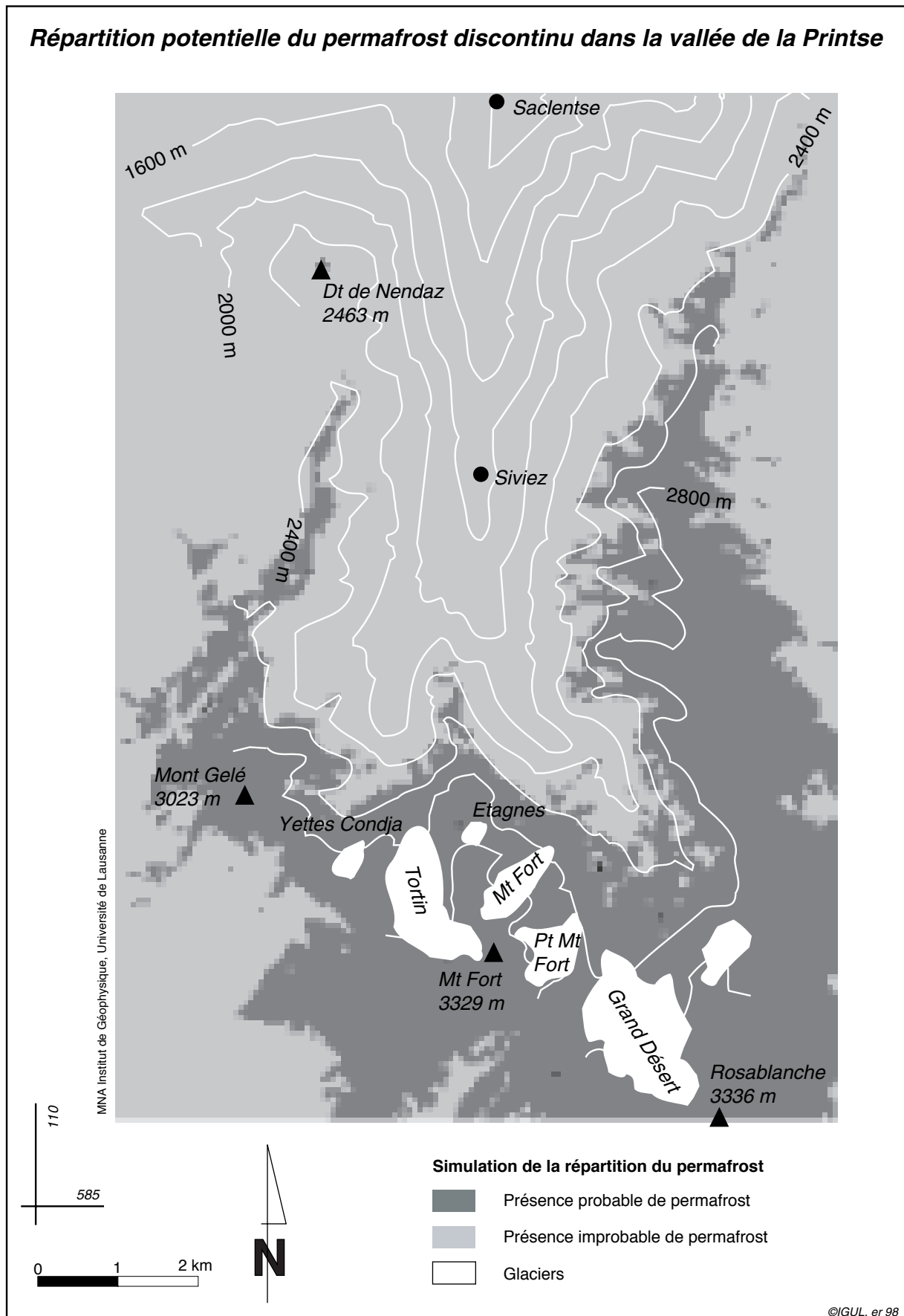


Fig. 5.15 *Distribution potentielle du permafrost discontinu dans le bassin versant de la Printse.*

## Conclusions sur le stockage périglaciaire

Le permafrost recouvre des surfaces non négligeables des régions élevées des deux stations étudiées. Une partie de ces zones peut contenir de la glace. Cette dernière peut être d'un intérêt non négligeable pour l'approvisionnement en eau, surtout dans la perspective d'un réchauffement qui ferait fondre le permafrost sursaturé.

La répartition spatiale de ces zones potentiellement favorables à la préservation de glace est encore trop peu étudiée et mériterait plus d'attention.

### 5.3.4 Le stockage anthropique

En plus des réservoirs de faible capacité utilisés pour le stockage de l'eau de boisson, les deux régions étudiées sont chacune occupées par un grand bassin d'accumulation à usage hydroélectrique. A l'ouest du Haut-Plateau, le barrage-voûte de Tseuzier, construit entre 1954 et 1957 a un volume utile de 50 millions de m<sup>3</sup>. Il draine son bassin topographique naturel ainsi que le haut bassin versant de l'Ertentse<sup>20</sup>. Dans le vallon de Cleuson, le barrage du même nom, construit entre 1947-1950 a quant à lui un volume utile de 20 millions de m<sup>3</sup>, drainant le bassin versant topographique naturel de la Printse de Cleuson. Les eaux sont ensuite pompées dans le barrage de la Grande Dixence.

Les barrages ont pour effet de limiter les écoulements à l'aval de la digue de la mi-avril à la mi-septembre et de les augmenter artificiellement durant le reste de l'année. Pour les barrages de Cleuson et de Tseuzier, l'augmentation des débits durant l'hiver n'a pas d'effet sur les écoulements de surface des bassins versants étudiés, car les eaux turbinées sont restituées à l'aval de ces derniers, directement dans le Rhône (Chandoline près de Sion pour les eaux de Cleuson et à St-Léonard pour celles de Tseuzier). Par contre durant les mois d'été, 60 à plus de 80 % des débits naturels qui s'écouleraient dans la Liène sont ainsi piégés dans le barrage à Tseuzier<sup>21</sup>. Dans la Printse, cette part varie de plus de 80 % dans le vallon de Cleuson à environ 50 % dans la basse vallée de la Printse.

Dans les deux cas, des adductions permettent d'approvisionner les bassins versants pour d'autres usages que la production d'électricité. Ces connexions seront analysées au chapitre 6.

<sup>20</sup> Cf. *Atlas hydrologique de la Suisse*, pl. 5.3.

<sup>21</sup> Cf. *Atlas hydrologique de la Suisse*, pl. 5.3.

## 5.4 Les variations temporelles de la ressource

### 5.4.1 Distribution temporelle des paramètres climatiques

#### Part des précipitations sous forme de neige

Une part des précipitations orographiques tombe sous forme de neige. Dans cette étude, la connaissance de la répartition mensuelle de la couverture neigeuse est importante pour deux raisons : elle influence la disponibilité **saisonnaire** de la ressource ainsi que la pratique de certaines activités touristiques hivernales, dont le ski. Pour ces deux raisons, j'étudie ici la répartition saisonnière des précipitations neigeuses, puis au chapitre suivant la distribution de la couverture neigeuse. Globalement, la proportion de précipitations sous forme de neige augmente de façon linéaire avec l'altitude. Dans le détail, deux autres facteurs influencent le gradient : les **conditions de température** au moment de la précipitation (BARRY 1992) et le **vent**, dans la mesure où il remanie la couverture neigeuse tombée. BAERISWYL et al. (1997) montrent qu'à l'échelle de la Suisse, les facteurs régionaux et de site interfèrent avec l'altitude : à altitude égale, mais dans des régions différentes, les écarts peuvent être supérieurs à 20 %.

Plusieurs auteurs ont proposé des formules permettant de calculer le coefficient nivométrique (part des précipitations sous forme de neige par rapport aux précipitations totales) à partir de l'altitude et/ou de la température moyenne, notamment :

UTTINGER (1933) propose les relations

$$\begin{aligned} Cn &= 66.7 - 5.3 T \\ \text{et} \quad Cn &= 6 + 2.84 H \end{aligned}$$

où  $Cn$  = coefficient nivométrique annuel (en %)  
 $T$  = température annuelle moyenne (en°C)  
 $H$  = altitude (en hm).

LAUSCHER (1954, cité par SEVRUK 1985c, p. 128) propose la relation

$$Cn = 50 - 5 T$$

où  $Cn$  = coefficient nivométrique mensuel (en %)  
 $T$  = température mensuelle moyenne (en°C).

Pour la Suisse, des coefficients nivométriques ont notamment été calculés par MAURER et al. (1909), UTTINGER (1933), SCHÜEPP (1976). Pour le versant nord des Alpes, sur la base d'environ 60 stations, BOUËT (1978a) calcule la droite de régression  $y = 37.5 x + 62.5$  ( $y$  en mètres et  $x$  en %) qui permet de déterminer les coefficients nivométriques suivants (valables selon l'auteur pour le versant N des Alpes et le Valais) :

500 m	12 %	1000 m	25 %
1500 m	39 %	2000 m	52 %
2500 m	65 %	3000 m	78 %

Le coefficient nivométrique est de 100 % à partir de 3500-3800 m environ (BOUËT 1978a). A partir de l'étude des données mensuelles publiées (1959-1970) de 32 stations de Suisse situées entre 300 et 1800 mètres d'altitude, SEVRUK (1985c) montre que pour une même température, le coefficient nivométrique augmente, de façon non linéaire, avec l'altitude. Pour l'ensemble des stations et des mois pris en compte, le coefficient nivométrique selon la température mensuelle moyenne est le suivant :

Mois	T°	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
S	11													39	34	28	23	18	13	8	2
O	8.4											51	44	37	30	23	16	9	2		
N	3.7		94	87	79	72	65	58	50	43	36	28	21	14	7						
D	-0.9	98	89	81	72	63	54	45	37	28	19	10	1								
J	-1.5	94	85	77	69	60	52	43	35	26	18	10	1								
F	0.4			93	85	76	67	59	50	41	33	24	16	7							
M	3.7					92	84	74	65	56	47	38	29	21	12	3					
A	7.7						93	86	78	71	64	56	49	42	34	27	20	13	5		
O-M	2.4			96	88	79	71	63	54	46	38	30	21	13	5						

Tabl. 5.13 Part (en %) des précipitations sous forme de neige dans les Alpes suisses en fonction de la température mensuelle moyenne (source : SEVRUK 1985c).

A partir des différentes méthodes exposées ci-dessus, j'évalue (cf. annexe 5.19) la part des précipitations neigeuses mensuelle et annuelle dans les deux stations à différentes altitudes (pour Montana : 1500 m (station), 2500 et 3000 m; pour Nendaz : Fey 780 m (station ISM), 1300 m (Nendaz-Station), 1750 (Siviez), 2500 et 3000 m)<sup>22</sup>. Les valeurs de températures moyennes mensuelles et annuelles sont tirées de l'annexe 5.20. On remarque tout d'abord la grande variabilité des résultats en fonction de la méthode de calcul utilisée. Mais on peut tout de même évaluer qu'en moyenne annuelle environ 40 % des précipitations tombant sur la station de Crans-Montana l'est sous forme de neige. A Nendaz-station, cette part est légèrement inférieure. A 2500 m (altitude moyenne des domaines skiabiles), ce sont les 2/3 des précipitations annuelles qui tombent sous forme de neige. Si l'on considère les coefficients mensuels, en décembre la moitié des précipitations de Nendaz-station et de Montana et les 2/3 de celles de Siviez tombent sous forme de neige. Durant les mois de janvier et février, cette part passe à 2/3 pour le bas des stations, à 3/4 pour Siviez et à plus de 80 % à 2500 m. En avril, un tiers des précipitations tombant sur les deux stations est encore sous forme de neige.

<sup>22</sup> BOUËT (1978b) calcule des coefficients nivométriques mensuels pour Montana. Je ne les prends pas en compte car il base son calcul sur le nombre de jours avec précipitations neigeuses d'au moins 0.3 mm équivalent en eau par rapport au nombre de jours de pluie. Comme cet indice ne représente pas la part totale des précipitations sous forme de neige, il n'est pas pertinent dans la perspective de ce travail.

## Répartition mensuelle du manteau neigeux

### *Hauteurs de neige*

Pour la pratique du ski, un manteau neigeux suffisant est primordial. Il est généralement admis (cf. WITMER 1986) qu'il faut une couverture de neige de 30 cm pour assurer des conditions praticables, de 50 cm pour de bonnes conditions et de 70 cm pour des conditions excellentes de ski<sup>23</sup> et qu'une moyenne de 100 jours avec une couverture neigeuse de 30 cm ou plus assure la viabilité des installations de remontées mécaniques (ABEGG 1996). J'étudie donc quelle est la situation moyenne au cours des différentes périodes de l'hiver aux différentes altitudes sélectionnées au chapitre précédent.

De manière générale, la région de Crans-Montana-Aminona est nettement plus enneigée que celle de Nendaz. Dans une étude précédente (PHILLIPS & REYNARD 1996), nous avons établi à partir des données publiées par WITMER (1987) dans l'Atlas climatologique de la Suisse une série de diagrammes combinant les hauteurs de neige et l'altitude de la station pour les mois de décembre et de mars dans 32 stations des Alpes vaudoises, bernoises, pennines et grisonnes. A partir de ces représentations, il est possible de grouper les différentes stations en ensembles plus ou moins homogènes (fig. 5.16). Le groupe des stations d'altitude moyenne (1000-1500 m) des Alpes bernoises montre un gradient croissant de l'enneigement du flanc NW-N (Adelboden, Leysin, Plans-sur-Bex, etc.) aux Alpes internes (Montana, Leukerbad). Les stations de mesure des Hautes Alpes Calcaires ont globalement un enneigement plus important que les stations des Alpes pennines et grisonnes, malgré une altitude plus basse. La comparaison sur quatre mois (décembre à mars) montre que, si en décembre l'enneigement des stations des Alpes grisonnes, pennines et bernoises est relativement similaire, en février il est nettement plus important à Leukerbad et Montana que dans les stations des Alpes pennines et grisonnes; en mars l'écart se réduit, mais les Alpes bernoises restent globalement plus enneigées.

Dans le détail, si pour le Haut-Plateau, des données chiffrées sont disponibles pour Montana, à Nendaz, par contre, les seules données chiffrées publiées par l'ISM et l'Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches (ENA) sont celles de Fey, à une altitude beaucoup trop basse pour être pertinentes. Comme pour les précipitations, il faudra extrapoler les résultats à partir des stations des vallées voisines. FATH (1991) a étudié les hauteurs de neige au sol<sup>24</sup> à Montana par décades entre 1931 et 1989 et relève d'une part l'énorme variabilité de ces statistiques (pour toutes les décades, le minimum absolu est de 0 cm) et d'autre part que la période la plus enneigée est le **mois de février**, avec plus de 70 cm de neige<sup>25</sup>, et notamment la deuxième moitié du mois (avec plus de 85 cm de neige). En moyenne, un manteau neigeux de plus de 30 cm est possible durant les mois de janvier à mars. BERNEY

<sup>23</sup> Voir également le chapitre 5.4.2 pour la discussion liée à une élévation des limites de couverture neigeuse liée à une élévation des températures globales.

<sup>24</sup> Il s'agit des hauteurs de neige cumulées, publiées par l'Institut Suisse de Météorologie (ISM).

<sup>25</sup> Toutes les valeurs ci-dessous sont issues du calcul de la médiane, moins influencée par les valeurs extrêmes que la moyenne.

(1997), qui a étudié les mêmes données (valeurs médianes) sur trois périodes de six ans (1955-61, 1978-84, 1988-94), remarque une nette augmentation durant la seconde période et montre que la période d'enneigement maximal (deuxième décade de février) ne varie pas sur les trois périodes, rejoignant ainsi les conclusions de FATH (1991). Elle met également en évidence pour la période 1988-94 un enneigement important (fortes quantités associées à une forte variabilité) en début de saison (décembre), suivi d'une grosse diminution (de la durée et de la quantité de neige) en janvier et d'un rallongement de la saison en avril.

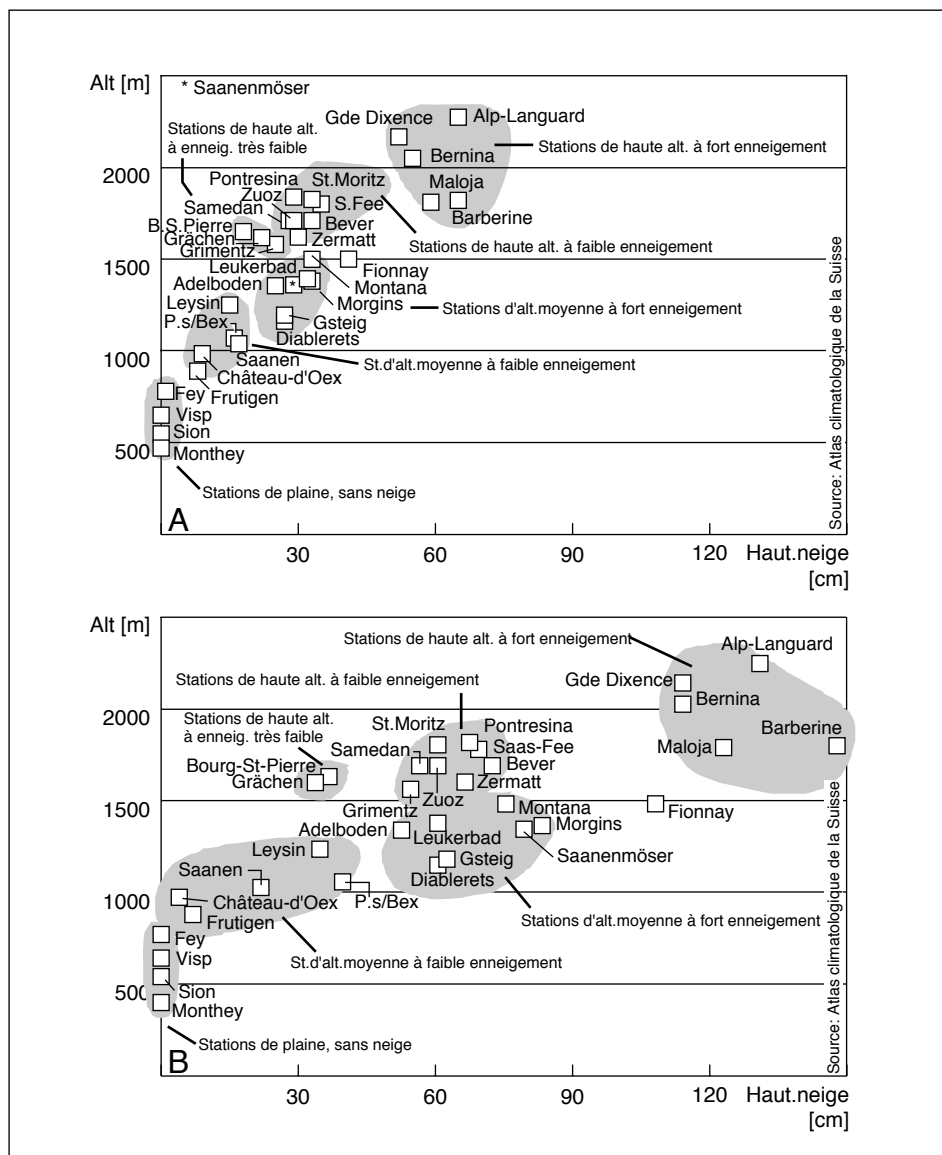


Fig. 5.16 Valeurs médianes des hauteurs de neige en décembre (A) et en mars (B) de 32 stations des Alpes suisses (1960/61-1979/80). Source : PHILLIPS & REYNARD (1996).

A partir des données numériques publiées par l'ISM, je calcule (annexes 5.21 à 5.23 et fig. 5.17) pour la période 1931-94 le nombre de jours avec une couverture neigeuse de 30, 50 et 70 cm ou plus à Montana (1500 m), ainsi que les moyennes décennales. Il apparaît d'une part qu'au niveau



de la station (alt. 1500 m), la valeur de 100 jours de couverture neigeuse supérieure à 30 cm d'épaisseur n'est atteinte que pendant les années 60 et 80. **La moyenne pour toute la durée prise en compte est de 82 jours. Les dix dernières années (1985-94) se situent dans cette moyenne, tout comme les années 70. Par contre les années 40 et 50 apparaissent très peu neigeuses avec seulement une septantaine de jours avec 30 cm de neige ou plus par saison.** Pour les seuils de 50 et 70 cm, l'évolution par décennie est la même et les valeurs moyennes sont de 62 jours pour le seuil de 50 cm et de 45 jours pour le seuil de 70 cm. Pour la station de Nendaz, aucune donnée n'est disponible; j'étudie donc les valeurs de stations situées dans les vallées adjacentes (cf. annexe 5.24). A Mauvoisin (alt. 1841 m), il y a eu en moyenne 167 jours avec une couverture de neige de plus de 30 cm entre 1972 et 1984. A Grande Dixence (alt. 2166 m), la moyenne était de 184 jours entre 1971 et 1984. Plus à l'est, Zermatt (alt. 1638 m) a eu 101 jours avec plus de 30 cm durant les années 60 (Montana : 102 jours à 1500 m) et Grächen (alt. 1617 m) a dépassé ce seuil en moyenne 92 jours par année durant les années 70 (Montana : environ 80 jours) (cf. annexe 5.24 pour le détail de ces moyennes). **On peut conclure, à partir de ces comparaisons, qu'à Nendaz-station (alt. 1300 m) le seuil de 30 cm de neige n'est pas atteint en moyenne plus de 80 jours par année; à Siviez (alt. 1733 m), par contre (cf. le résultat de Mauvoisin), il doit largement être atteint près de 150 jours par année. A 2000 m, le seuil doit en général être dépassé environ 180 jours par an.**

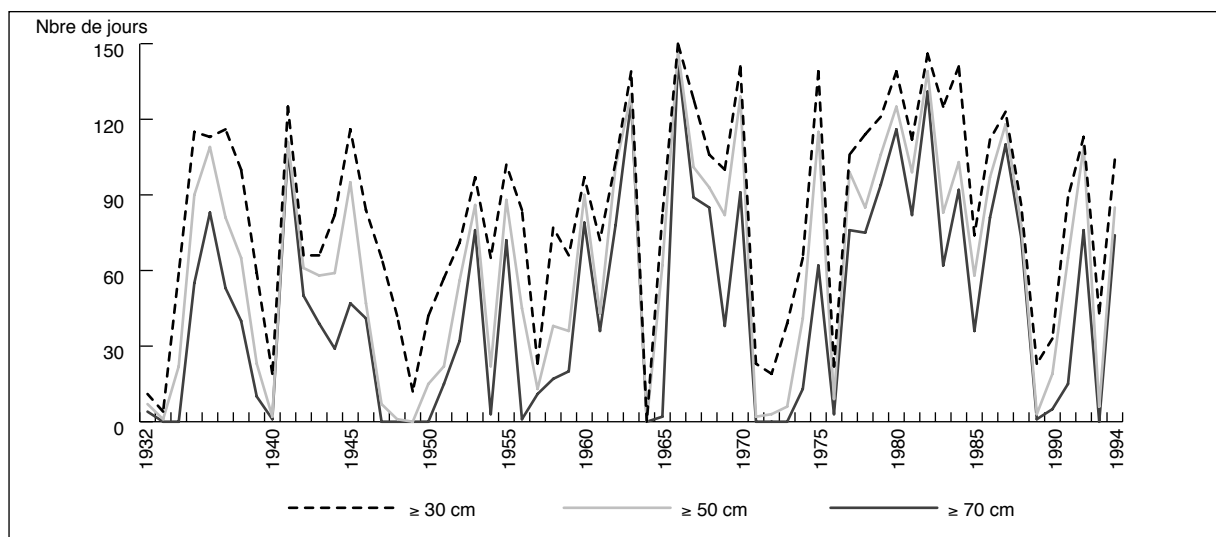


Fig. 5.17 *Seuils de 30, 50 et 70 cm atteints à Crans-Montana (1500 m) de 1932 à 1994 (source des données : ISM).*

J'analyse la répartition mensuelle des quantités absolues de neige (cf. annexe 5.25) sur la base des publications de WITMER (1986, 1987). Ce dernier a publié les valeurs médianes et moyennes pour les décennies 1960-70. Ces données sont intéressantes dans la mesure où elles représentent un cycle d'une décennie neigeuse (années 60) suivie par une décennie moins neigeuse (années 70). Le schéma de la figure 5.18 montre clairement que partout le mois de février est le plus favorable à une

couverture de neige importante<sup>26</sup>. Pour les stations de Fionnay et Grande-Dixence, les importantes chutes de neige de fin de saison (et l'ensoleillement plus faible qu'à Montana) permettent de maintenir un manteau neigeux suffisamment épais également en mars et avril. Malheureusement, il n'existe pas de données pour les zones situées au-dessus de 2150 m. La station de Bourg-St-Pierre (station très sèche, cf. annexe 5.2) jouit d'un enneigement très faible qui ne me semble pas représentatif de la vallée de la Printse. Je l'écarte donc des analyses qui suivent. Je retiens les valeurs de Montana (représentative du secteur « station » du Haut-Plateau), de Fionnay (représentative du bas des pistes de Nendaz) et de Grande-Dixence (que je considère représentative de l'altitude 2100 m environ dans les deux secteurs étudiés).

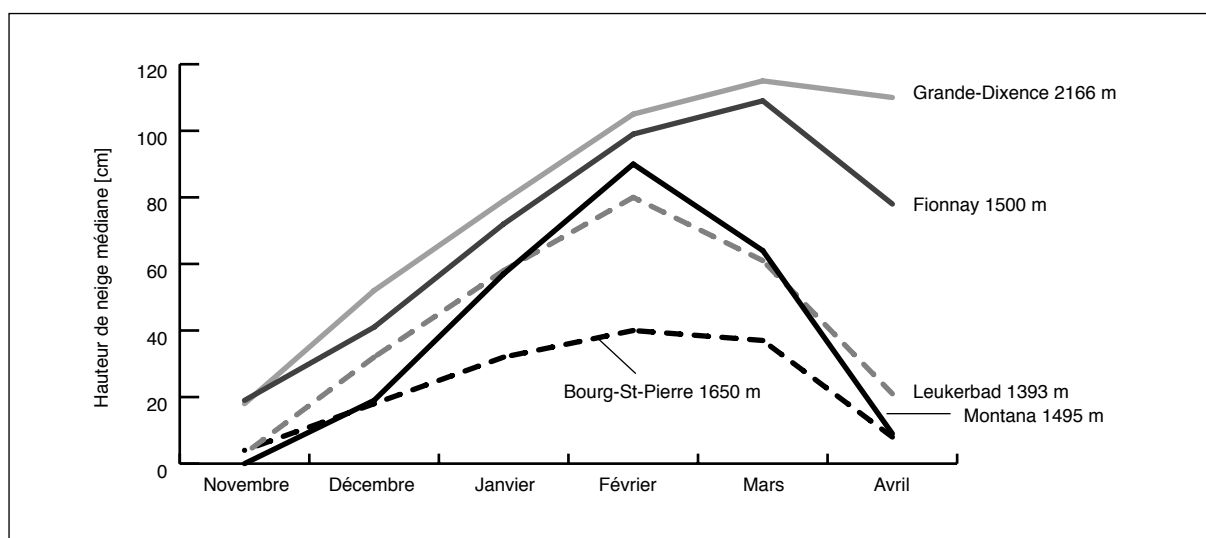


Fig. 5.18 Hauteurs de neige médianes dans cinq stations valaisannes (1960/61-1979/80), source des données : WITMER 1986, 1987.

Gradients	Région	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Pour les valeurs moyennes	Valais	2.4	3.4	3.2	3.8	5.7	8.1
	Valais N	4.1	5.9	7.1	8.4	12.7	17.0
	Valais S	2.6	4.4	4.9	6.1	7.3	9.1
Pour les valeurs médianes	Valais	2.2	3.3	3.2	3.7	5.9	8.9
	Valais N	3.8	5.2	6.6	8.1	12.9	18.6
	Valais S	2.5	4.4	4.7	6.1	7.6	10.2

Tabl. 5.14 Gradients hypsométriques des hauteurs de neige médianes et moyennes selon WITMER (1986), en cm/100 m, valables dès 900 m d'altitude.

Comme pour les précipitations, il s'agit maintenant d'appliquer des gradients hypsométriques des hauteurs de neige afin d'évaluer ces dernières aux altitudes supérieures. J'utilise ici les gradients calculés par WITMER (1986) (cf. tabl. 5.14). Les résultats sont reportés à l'annexe 5.26.

<sup>26</sup> J'utilise les valeurs médianes, moins influencées par les extrêmes que les moyennes.

Pour les sites ne bénéficiant pas de mesures, j'ai appliqué les gradients ci-dessous à partir des stations de Montana et Fionnay, toutes deux situées à 1500 m d'altitude. L'observation de la figure 5.19 fait remarquer que la couverture neigeuse de Fionnay est tout au long de l'hiver plus importante que celle de Montana. Comme le mettent en évidence ROHRER & LANG (1992), ceci est dû à la très faible insolation de la station de Fionnay (insolation relative nulle de décembre à février) qui permet le maintien d'une couche neigeuse beaucoup plus importante que sur le Haut-Plateau très ensoleillé. De plus, comme le suggèrent les cartes de WITMER (1986), la région de Fionnay semble constituer une anomalie positive des hauteurs de neige dans les Alpes pennines. Fionnay n'est ainsi certainement pas très représentative de l'épaulement de Nendaz (relativement ensoleillé surtout en fin de journée); c'est pourquoi, je retiens les résultats obtenus avec le gradient calculé à partir de Fey (cf. annexe 5.26). Par contre, je pense que Siviez, en raison de sa situation assez peu ensoleillée, jouit plus ou moins des mêmes conditions climatiques que Fionnay et je calcule donc les hauteurs de neige en appliquant un gradient hypsométrique à partir de Fionnay.

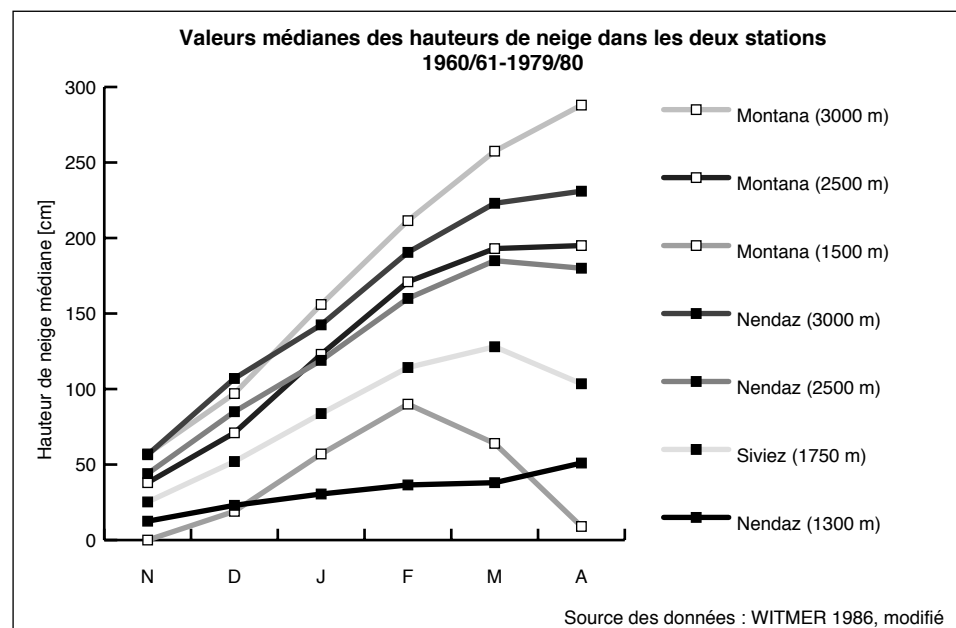


Fig. 5.19 Valeurs médianes des hauteurs de neige dans les deux stations (période 1960/61-1979/80).

Le graphique de la figure 5.19 montre qu'au niveau des stations, Montana a un meilleur enneigement en milieu d'hiver que Nendaz (excepté Siviez). Par contre, en fin de saison, la situation s'inverse en raison des différences d'ensoleillement. Globalement, les altitudes basses de Nendaz ne sont pas favorables à la pratique du ski (valeurs médianes des hauteurs de neige en général inférieures à 30 cm). A Montana par contre, les mois de janvier à mars semblent assez favorables, contrairement au début et surtout à la fin de saison. A plus haute altitude, la couche de neige augmente régulièrement jusqu'en avril. Aux deux altitudes de référence choisies, elle est plus importante sur le

Haut-Plateau qu'à Nendaz. A partir de 2000 m environ, tous les mois d'hiver (excepté novembre) sont favorables à la pratique du ski.

### *Equivalent en eau du manteau neigeux*

Jusqu'ici, j'ai analysé les hauteurs de neige dans la perspective de la pratique du ski. Il faut maintenant aborder ces données d'un point de vue hydrologique. De quelle manière ce stockage sous forme de neige influence-t-il le bilan hydrologique des bassins versants étudiés ? A ce sujet, on utilise généralement le concept d'**équivalent en eau**, qui correspond à la lame d'eau que l'on obtiendrait par fusion complète du manteau neigeux, sans évaporation ni écoulement (ROHRER & LANG 1992). L'équivalent en eau d'une couche de neige quelconque dépend de sa densité. Il est généralement admis que la densité de la neige fraîche est de 100 kg/m<sup>3</sup>, dont 1/10 est formé d'eau, ce qui signifie qu'un centimètre de neige fraîche représente 1 mm d'eau (SUMNER 1988).

PRIMAULT & KUMMER (1992) ont calculé l'équivalent en eau maximal par hiver pour certaines stations suisses. La valeur médiane pour 14 hivers (1971/72-1984/85) représente 43 mm à Sion (542 m), 500 mm à Grande Dixence (2166 m) et 298 mm à Montana (1495 m). Quelques indications supplémentaires sont données par les graphiques publiés par ROHRER & LANG (1992), pour la période 1960/61-1984/85. A Fionnay (1500 m), le maximum est atteint dans la première moitié d'avril avec environ 350 mm. Fin mai, toute cette couche a disparu. A Mauvoisin (1841 m), le maximum est de 500 mm, également au début avril et il faut attendre la mi-juin, pour que toute cette neige ait fondu. A Montana (1500 m), le maximum est plus précoce (début mars) et atteint en moyenne 280 mm. A la fin avril toute la neige a fondu. Le diagramme de Montana contient de plus les valeurs maximales et minimales, riches en information, dans la mesure où elles montrent l'extrême variabilité du manteau neigeux. En effet, pour cette période de 25 ans d'observation, la valeur maximale est de 550 mm EE, atteinte entre la mi-mars et la mi-avril, alors que pour les années peu neigeuses, l'équivalent en eau maximal se chiffre à quelques mm atteints durant le mois de février. Le fait que les maxima soient situés en avril alors que les valeurs moyennes sont atteintes généralement plus tôt semble confirmer le déplacement des chutes de neige sur la fin de la saison.

La série de cartes (période 1961-85) publiées dans l'*Atlas hydrologique de la Suisse* par ROHRER et al. (1995) permet d'évaluer l'équivalent en eau de la neige à haute altitude. Ainsi, au 1er mars, il est situé entre 500 et 750 mm dans les hauts bassins versants de la Tièche et de la Liène. Il dépasse même 750 mm dans la région de la Plaine Morte. Dans le bassin versant de la Printse, il est compris entre 250 et 500 mm au niveau du Lac de Cleuson et entre 500 et 750 mm dans les parties élevées du bassin versant. Au 1er avril, des écarts apparaissent entre les parties E et W du Haut-Plateau. Ainsi, dans la haute vallée de la Liène/Ertentse, l'équivalent en eau de la couche de neige ne dépasse pas 1 m, alors que dans le vallon de la Tièche/Plaine Morte il est compris entre 1000 et 1250 mm. Dans la vallée de la Printse, toutes les zones situées à plus de 2000 m ont un équivalent en eau compris entre 500 et 750 mm. Au 1er mai, la situation n'évolue guère à haute altitude, la fonte n'ayant pas débuté, alors qu'entre 2000 et 2500 m, l'équivalent en eau diminue déjà.

De cette approche descriptive, je retiens qu'à l'altitude des stations (vers 1300-1500 m), l'équivalent en eau moyen maximal (environ 300 mm) est à peu près identique des deux côtés de la vallée du Rhône. Il se différencie par la période de l'hiver (en mars sur l'adret, en avril à l'ubac). A haute altitude, les maxima sont atteints en avril et se maintiennent jusqu'au début mai. Comme pour l'ensemble des précipitations annuelles, la région de la Plaine-Morte/Tièche a un équivalent en eau supérieur (plus de 1 m) à la Liène/Ertentse (500-750 mm). La vallée de la Printse, moins neigeuse, atteint des équivalents en eau à peu près identiques au bassin versant de la Liène.

## Répartition mensuelle des précipitations

Afin d'évaluer la disponibilité temporelle (saisonnière) de la ressource en eau, j'étudie maintenant la répartition mensuelle des précipitations dans différentes stations de mesure, sur la base des données numériques publiées par l'ISM. Je construis pour cela des diagrammes ombrothermiques qui permettent, en superposant la courbe des températures mensuelles moyennes à l'histogramme de distribution des précipitations mensuelles moyennes, de déterminer l'éventuel déficit en eau de certaines périodes de l'année (cf. annexe 5.27). Je travaille sur des données non corrigées. Les durées de mesure étant assez diverses entre les stations, je représente pour chaque station un diagramme pour une série temporelle complète (différente d'une station à l'autre) et un diagramme pour la période récente 1984-93.

En plaine (ex. Sion) les précipitations sont plus ou moins uniformes tout au long de l'année, avec environ 50 mm de pluie par mois en moyenne, avec tout de même de légers maxima en hiver et en été et des minima au printemps et en automne. Le diagramme de la série courte montre une plus grande amplitude, avec des précipitations plus importantes dans la seconde moitié de l'année. Sur le coteau (ex. Fey), la situation est identique à la plaine. A Montana, l'amplitude de la longue série (1931-93) est plus marquée et les maxima et minima visibles en plaine sont également plus marqués. Ici, l'hiver est clairement la saison la plus riche en précipitations, avec environ 100 mm par mois. Si l'on considère les deux stations sèches situées à environ 1600 m que sont Zermatt et Grächen, et qui dans une certaine mesure peuvent être considérées comme représentatives des précipitations tombant sur Siviez, on remarque par contre une situation assez diverse : les trois premiers mois de l'année sont les plus pauvres en précipitations avec seulement une quarantaine de mm d'eau par mois. Ce sont les mois du printemps et d'automne qui sont les plus riches en eau. Il ne faut toutefois pas considérer ces valeurs comme exemplaires de la situation prévalant dans le vallon de la Printse car, comme je l'ai relevé plus haut, il existe un gradient de sécheresse de l'ouest à l'est des Alpes pennines.

Les seules stations de plus haute altitude dont je dispose des relevés et situées à proximité des deux régions étudiées sont celles de Grande

Dixence et du Grimsel<sup>27</sup>. Cette dernière, située à près de 2000 m reçoit environ 2 m d'eau par année, surtout en hiver. Les mois les plus pauvres en eau, avec tout de même chacun plus de 100 mm, sont ceux de la fin de l'été. La position de cette station dans le massif très arrosé de l'Aar ne permet pas de la considérer comme représentative, en termes de quantités d'eau tombées, de la situation à plus de 2000 m sur le Haut-Plateau. Par contre le régime mensuel des précipitations peut l'être. La station de la Grande Dixence, située dans la vallée adjacente à l'est de la vallée de la Printse me semble par contre représentative de la situation de cette dernière. Le régime est plus ou moins identique à celui de Fey, avec un maximum marqué durant les mois d'été et un minimum hivernal.

**De ces schémas, on peut retenir qu'en plaine et sur le coteau, les précipitations sont plus abondantes en été et en hiver qu'au printemps et en automne. Au niveau des stations touristiques (vers 1500 m), à Montana, le maximum se situe clairement en hiver, avec un second maximum moins marqué en été, alors qu'à Nendaz, le maximum doit être estival, avec un second maximum moins marqué en hiver. Il neige donc moins à Nendaz qu'à Montana. A plus haute altitude, ce sont clairement les précipitations d'hiver qui dominent.**

## 5.4.2 Variations à long terme des paramètres climatiques

### Introduction

Dans la problématique traitée ici, l'évolution temporelle future des paramètres climatiques est importante sur deux plans : l'évaluation du bilan hydrique à long terme et la prévision des modifications induites du comportement de certains acteurs à l'avenir. Il apparaît clairement que depuis près d'un siècle et demi le climat de la Terre se réchauffe (IPCC 1990, 1992, 1996a, BENISTON 1994a) et que cette tendance pourrait se prolonger. Le réchauffement moyen global depuis 1850 est de l'ordre de 0.3 à 0.6°C. A l'échelle de la Suisse, l'accroissement des températures moyennes entre 1961 et 1990 a oscillé entre 0.3 et 1.2°C et les années 90 ont été les plus chaudes depuis le début des mesures en 1864 (GUTERMANN 1996). La répartition annuelle de ce réchauffement n'est pas uniforme : la fin de l'été, l'automne et l'hiver se sont fortement réchauffés alors que le printemps et le début de l'été se sont plutôt rafraîchis (BAERISWYL et al. 1997). Les températures minimales ont augmenté d'environ 2°C, alors que les températures maximales ont subi une augmentation moins importante (BENISTON et al. 1994, BENISTON & TOL 1998). Le réchauffement a été très fort durant les années 40 et 80, séparées par une période stable durant les années 50 à 70 (BENISTON et al. 1994). La décennie 90 est également très chaude. Les anomalies de températures positives sont plus marquées dans les Alpes que sur le Moyen-Pays (BENISTON & REBETEZ 1996,

<sup>27</sup> J'ai volontairement écarté la station du Gd St-Bernard, à 2479 m, car sa situation de col exposé aux dépressions venant du sud n'est pas très représentative des vallées internes des Alpes. BAERISWYL et al. (1997) en font de même pour certaines de leurs analyses.

BAERISWYL et al. 1997), principalement durant les deux dernières décennies.

Une partie du réchauffement actuel est à imputer à l'effet de serre renforcé de source anthropique (émanations humaines de gaz à effet de serre) (cf. BENISTON 1994a, IPCC 1996a). En effet, les travaux de l'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) ont mis en évidence que les gaz à effet de serre ( $\text{CO}_2$ , méthane, chlorofluorocarbones,  $\text{NO}_x$ ), résultant en partie des activités humaines, sont en augmentation et renforcent l'effet de serre naturel. Ainsi, un doublement de la concentration de  $\text{CO}_2$  atmosphérique pourrait entraîner une augmentation globale de la température à la surface terrestre de l'ordre de 1.5 à 4.5°C (IPCC 1990, 1992), avec toutefois de très grosses incertitudes quant à la rapidité et aux répercussions **régionales** d'un tel réchauffement (IPCC 1990, 1992).

## Les scénarios de l'IPCC

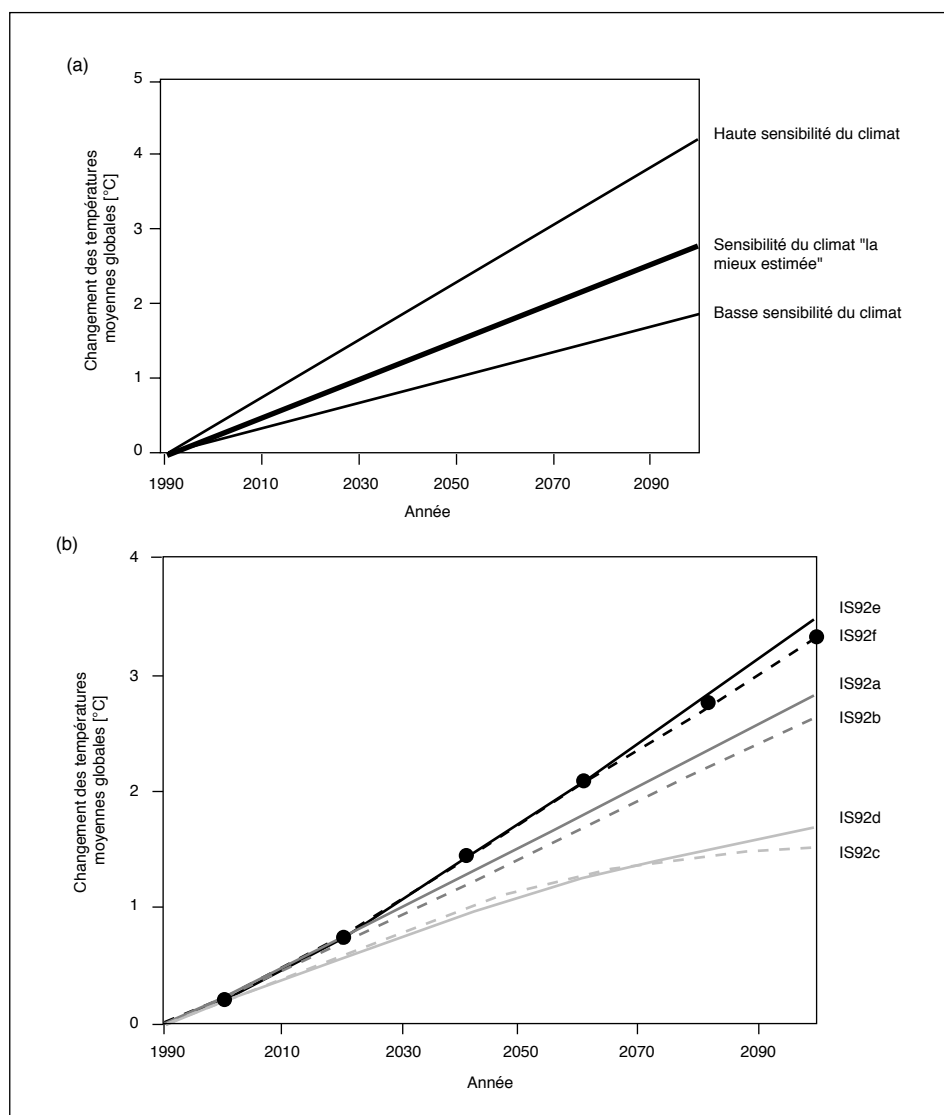


Fig. 5.20 (a) Evolution des températures globales au siècle prochain selon le scénario IS92a de l'IPCC (1992). Le schéma met en évidence l'incertitude concernant la sensibilité du climat aux émanations anthropiques de gaz à effet de serre. (b) Evolution des températures globales au siècle prochain selon les différents scénarios de l'IPCC (1992) (cf. l'annexe 5.28 pour l'exposé des prévisions sur l'évolution socio-économique et démographique de la planète). Les résultats sont pour une sensibilité climatique de 2.5°C. Les points correspondent au scénario SA90 (IPCC 1990), également intitulé « Business as usual », c'est-à-dire que l'évolution des émanations de gaz à effet de serre progresse à un rythme identique à l'actuel et donc les températures globales augmentent de 0.3°C par décennie.

A partir de l'observation de l'évolution passée du climat, de mesures de la variation des concentrations de gaz à effet de serre et de projections quant à l'évolution socio-économique et démographique de la planète, l'IPCC a établi des **scénarios** sur le réchauffement futur du climat. Ces calculs sont effectués en utilisant un modèle climatique à une dimension et une série de modèles décrivant le cycle des gaz à effet de serre (IPCC 1992). Dans un premier rapport (IPCC 1990), quatre scénarios avaient été proposés. Le second rapport (IPCC 1992) en propose six (cf. annexe 5.28), repris par les publications les plus récentes (IPCC 1996). Ces scénarios ne doivent pas être pris pour des prévisions formelles du climat futur en raison de très grosses incertitudes concernant l'évolution socio-économique, politique et démographique de la planète.

Etant donné qu'un réchauffement est observé depuis plus d'un siècle et malgré le fait que les projections soient encore très incertaines, il vaut la peine de discuter ici quels pourraient être les impacts de la poursuite du réchauffement observé sur les ressources en eau et leur utilisation.

## Impacts sur les régions de montagne

La transposition des modèles globaux de l'IPCC à une région de montagne n'est pas simple en raison de problèmes d'échelle et de résolution (BENISTON 1994b, PRICE 1994, BENISTON & FOX 1996) ainsi que de la complexité des systèmes environnementaux de montagne. Dans les Alpes, une des conséquences plausibles d'un réchauffement abrupt pourrait être que les Alpes du Nord, actuellement assez froides, passent à un climat de type plus méditerranéen (BENISTON 1994b). Cela impliquerait des modifications de végétation qui elles-mêmes modifieraient le paysage et les processus d'érosion. Etant donné que de nombreuses activités des populations de montagne dépendent directement du climat, il est clair qu'elles seraient affectées plus ou moins fortement par un réchauffement (PRICE 1994). C'est notamment le cas des activités touristiques qui seraient touchées directement (ex. modifications des précipitations sous forme de neige, changements dans les rythmes saisonniers) ou indirectement (modifications du paysage). Quant au cycle de l'eau, il pourrait également être affecté par une augmentation des températures. Je me focalise donc ci-dessous sur les impacts d'un réchauffement du climat sur la ressource en eau en montagne, sous sa forme liquide et solide (neige et glace), ainsi que sur les impacts potentiels sur la demande.



## Impacts sur la ressource en eau

### *Impacts sur les précipitations*

Dans la moitié nord de l'Europe, les précipitations annuelles ont eu tendance à augmenter au cours de ce siècle (BENISTON & TOL 1998). A l'échelle suisse, aucun trend n'est observé (BENISTON et al. 1994, GUTERMANN 1996, BAERISWYL et al. 1997). Dans certaines régions (notamment la Suisse occidentale), les précipitations hivernales ont augmenté. Globalement, entre les périodes 1931-60 et 1961-90, les précipitations ont augmenté de 20 % durant les mois de décembre, mars et avril, alors qu'elles diminuaient de 10 % durant les mois de juillet et septembre (GUTERMANN 1996). Cette augmentation se corrèle avec l'augmentation des températures (BAERISWYL et al. 1997). Entre 1931-94, le Valais montre la tendance la plus nette à l'augmentation des précipitations hivernales (BAERISWYL et al. 1997).

Les prévisions sur les précipitations futures sont encore extrêmement incertaines et souvent contradictoires (cf. BENISTON & TOL 1998). Il semble toutefois que dans les Alpes occidentales, les précipitations hivernales devraient augmenter, alors que les précipitations estivales devraient au contraire diminuer (BENISTON & FOX 1996). Certains prévoient une intensification locale des événements extrêmes (précipitations extrêmes, périodes de sécheresse, longues périodes de précipitations) (BREILING & CHARAMZA 1994, BENISTON 1996, KUNZ 1996) pouvant provoquer un accroissement de l'érosion des versants et une intensification des crues et inondations. Travaillant sur les données de 5 stations suisses, WINISTÖRFER (1995) n'a toutefois observé aucune tendance à une augmentation des événements extrêmes (positifs ou négatifs) sur le siècle, sauf en ce qui concerne les périodes de très haute pression. REBETEZ et al. (1997) montrent que les épisodes pluvieux capables de produire des laves torrentielles en automne dans les Alpes suisses ont augmenté durant le XXe siècle.

### *Impacts sur la neige*

Pour l'instant il n'a pas été possible de mettre en évidence une relation entre le réchauffement actuel et le régime des précipitations neigeuses (IPCC 1992, 1996). Dans l'hémisphère nord, la couverture neigeuse est réduite depuis 1987 (FITZHARRIS 1996), mais des hivers pauvres en neige tels ceux de 1988, 1989 et 1990 ne sont pas une nouveauté. Ils ont existé par exemple en 1932, 1933, 1950, 1956, 1957, 1964, 1971, 1972, 1974 (ABEGG & ELSASSER 1996). Le régime des chutes de neige évolue de manière cyclique (les années 60 et 80 ont été très neigeuses dans les Alpes, contrairement aux années 50 et au début des années 90), mais aucun trend vers un abaissement des précipitations sous forme de neige n'est visible (FÖHN 1990, 1991, ABEGG 1996, GUTERMANN 1996, BERNEY 1997, BAERISWYL et al. 1997), sauf à basse altitude. A l'intérieur même de ces périodes, la variabilité est très forte. A l'échelle mensuelle, on observe un déplacement récent des précipitations neigeuses vers la fin de la saison (FÖHN 1991, BERNEY 1997, BAERISWYL et al. 1997).

Un effet de serre renforcé aurait toutefois des conséquences majeures sur l'évolution du manteau neigeux. REBETEZ (1996) montre que dans les Alpes suisses, à des altitudes supérieures à 1000-1500 m, les hivers assez chauds sont corrélés avec une réduction des précipitations, sous forme de neige en particulier<sup>28</sup>. Ainsi, avec une augmentation des températures moyennes annuelles de 3°C (avec une variation des précipitations et de l'évaporation de  $\pm 10\%$ ), on peut tabler pour les Alpes Suisses sur une élévation de la limite des neiges temporaires en hiver de 300 m dans les Alpes internes et de 500 m dans les Préalpes, sur une absence presque totale d'un manteau neigeux continu en dessous de 1200 m et sur la réduction de la durée et de l'épaisseur du manteau neigeux (FÖHN 1991, ABEGG & FROESCH 1994). En plus de l'accroissement de la fréquence d'avalanches de neige mouillée, ceci a trois types de conséquences majeures sur la gestion des ressources en eau dans les environnements de montagne étudiés.

Elle peut modifier la **répartition annuelle du bilan hydrique** par un renforcement des écoulements en été et par une diminution à long terme du stockage sous forme de neige (déstockage). BAUMGARTNER & APFL (1994) pensent qu'une augmentation des températures annuelles moyennes de 2°C provoquerait sur un bassin à régime glacio-nival (pic des écoulements en juillet) un déplacement des écoulements maximaux en début de saison (maximum en mai) associé à un regroupement des écoulements dans un temps court. Selon BARRY (1994), une diminution importante des précipitations sous forme de neige provoquerait une diminution des écoulements estivaux et une augmentation des écoulements hivernaux.

Elle peut également provoquer un surplus temporaire d'eau disponible pour l'**hydroélectricité** (notamment en provoquant une fonte accrue des glaciers qui restent moins longtemps couverts de neige en été) qui peut se transformer en déficit à long terme.

Elle peut finalement perturber fortement la **saison de ski**, notamment en raison de la réduction de la durée du manteau neigeux qui, dans les Alpes, pourrait atteindre au cours du siècle prochain 20 % sur les versants nord et 30 à 40 % sur les versants sud (cf. McBOYLE & WALL 1987, FÖHN 1990, 1991, KUNZ 1996). Pour assurer la viabilité des sociétés de remontées mécaniques, un manteau neigeux d'épaisseur suffisante pour la pratique du ski (supérieur à 30 cm) devrait durer au moins 100 jours par saison (WITMER 1986)<sup>29</sup>. ABEGG & FROESCH (1994) montrent que durant les hivers peu neigeux (ex. 1988, 1989, 1990) le nombre de compagnies grisonnes ayant essuyé des pertes a progressé fortement (2 à 3 fois le nombre de compagnies en déficit durant les hivers neigeux). Ils considèrent ainsi qu'une conséquence d'un réchauffement pourrait être la disparition du marché d'un certain nombre de stations de basse altitude et par conséquent une augmentation de l'occupation des stations bénéficiant de bonnes conditions naturelles pour la pratique du ski, avec comme corollaire une augmentation de la pression anthropique sur l'environnement de ces

<sup>28</sup> Les coefficients de corrélation sont toutefois assez faibles (cf. REBETEZ 1996).

<sup>29</sup> Cette limite est arbitraire. Pour une discussion sur les critères de sécurité en neige pour assurer la viabilité d'une station de ski, cf. ABEGG (1996).

stations et notamment l'usage accru de l'**enneigement artificiel** dans les parties basses des champs de ski (cf. également ABEGG & ELSASSER 1996) ou l'ouverture de nouveaux champs de ski à très haute altitude (LAMBERT 1994, ROBYR 1994, ABEGG 1996).

### *Impacts sur les glaciers*

La plupart des glaciers des Alpes sont en retrait généralisé depuis 1850, avec des périodes de réavancée (années 20, 1965-80). En termes de bilan énergétique, ces changements séculaires semblent correspondre à l'effet de serre renforcé de type anthropique et les extensions minimales holocènes sont déjà atteintes (HAEBERLI 1994, 1995). La surface et le volume perdus sont d'autant plus importants que les glaciers sont petits (MAISCH 1992). On estime que les glaciers alpins ont perdu 30 à 40 % de leur surface et 50 % de leur masse depuis 1850 pour une remontée moyenne de la ligne d'équilibre d'environ 100 m (HAEBERLI 1994, FITZHARRIS 1996). Sur la base du bilan de masse de quelques glaciers des Alpes suisses et autrichiennes, on estime que la perte en eau des glaciers alpins évolue entre 200 et 600 mm équivalent en eau (EE) par an (PATZELT & AELLEN 1990, HAEBERLI 1994). Pour la décennie 1980-90, la perte moyenne des glaciers mesurés dans les Alpes est supérieure à la moyenne séculaire et s'établit à 650 mm EE par année (HAEBERLI 1995). L'étude des variations de longueur mesurées sur un grand nombre de glaciers confirme la représentativité des résultats obtenus à partir du bilan de masse d'un petit nombre de glaciers (HAEBERLI 1990a).

Etant donné que le comportement des glaciers dépend étroitement des températures estivales, un accroissement des températures dans le futur aurait pour conséquence la poursuite de la fonte actuelle. Une augmentation des températures moyennes annuelles de 2°C par rapport à l'actuel (ou de 3°C par rapport à 1850) aurait pour conséquence une élévation de 300 m de la ligne d'équilibre (PATZELT & AELLEN 1990), ce qui provoquerait notamment la disparition de certains glaciers de basse altitude. Les petits glaciers auraient également tendance à disparaître. Seule une modification du régime des précipitations (précipitations accrues sous forme de neige) pourrait inverser la tendance. Du point de vue hydrologique, une telle situation provoquerait une hausse temporaire des écoulements (bénéfique notamment pour l'industrie hydroélectrique), assortie d'une augmentation de la charge solide, passant par la suite à une baisse des écoulements. Le régime des cours d'eau des bassins versants glaciaires transiterait du type glaciaire au type nivo-pluvial, voire pluvio-nival. Des phénomènes catastrophiques de crues rapides et de rupture de glaciers ou de lacs sous-para- ou proglaciaires doivent également être attendus (PATZELT & AELLEN 1990).

Finalement, l'attractivité paysagère de certaines régions touristiques de montagne pourrait diminuer et pour les stations qui proposent dans leur offre la pratique du ski (d'été ou d'hiver) sur glacier, il faut s'attendre à une forte réduction de ce secteur (ABEGG et al. 1994, ABEGG 1996). ABEGG et al. (1994) montrent qu'avec une hausse des températures moyennes annuelles de 0.8 à 1.8°C, le Glacier de Tortin (domaine skiable du Mont-Fort) perdrait entre 50 et 100 % de sa surface actuelle. Selon que l'on applique les scénarios temporels A (Business as usual, augmentation des températures globales de 0.3°C par décennie) ou C

(réduction des gaz à effets de serre et augmentation des températures globales légèrement supérieure à 0.1°C par décennie) de l'IPCC (1990), la perte de 50 % de la surface serait atteinte en 2010 ou 2020. Ces auteurs n'ont pas étudié le Glacier de la Plaine Morte, mais le Glacier de Tsanfleuron (domaine skiable des Diablerets), situé dans la même région climatique que la Plaine Morte et ayant des caractéristiques morphologiques assez semblables, suit pratiquement la même évolution que le glacier de Tortin. On peut donc penser qu'à la Plaine Morte également, la régression pourrait être assez similaire. Comme pour le ski d'hiver, des phénomènes de **concentration** (sur les domaines skiabiles élevés de Zermatt et Saas Fee) sont à prévoir (ABEGG 1996). Pour les deux stations étudiées, cela pourrait se traduire par une réduction voire un abandon de l'offre de ski estival.

### *Impacts sur le permafrost*

Tout comme les glaciers, le permafrost réagit à un réchauffement du climat, avec toutefois un temps de réponse plus long. L'influence d'une hausse des températures de surface a lieu à différentes échelles : le niveau actif réagit directement, l'ajustement du profil des températures à l'intérieur du permafrost a un temps de réaction de quelques années à quelques décennies, alors qu'une modification de l'épaisseur du permafrost par remontée de sa base se fait en quelques dizaines d'années à plusieurs siècles (voire plusieurs milliers d'années) (HAEBERLI et al. 1993). A l'image des glaciers, les zones à permafrost discontinu, peu épais et relativement « chaud » réagissent beaucoup plus rapidement à une hausse de température que les régions à permafrost continu, épais et froid (HAEBERLI 1990a). Comme l'évolution du permafrost n'est observée de manière systématique que depuis les années 70, des trends à long terme sont peu élaborés. HAEBERLI (1985, 1992) estime tout de même que dans les Alpes le permafrost s'est réchauffé d'environ 1-1.5°C entre 1880 et 1950 et qu'il est resté plus ou moins stable entre 1950 et 1980. Le forage effectué sur le glacier rocheux de Murtèl-Corvatsch dans les Grisons en 1987 (cf. HAEBERLI 1990b, VONDER MÜHL & HOLUB 1992) a permis d'observer durant les années 90 un réchauffement rapide d'environ 0.5 à 1°C par décennie à 10 mètres de profondeur, cinq à dix fois plus rapide que la moyenne séculaire reconstruite, certainement par un effet de réponse à long terme au réchauffement du climat depuis 1850 (HAEBERLI 1994).

Comme il ne réagit pas uniquement en fonction des températures de l'air, mais également d'autres paramètres, dont le plus important semble être la distribution spatiale et saisonnière de la neige, il est difficile de prévoir le comportement futur du permafrost de montagne en relation avec une hausse des températures due à un effet de serre renforcé (HAEBERLI 1990c, 1992). Toutefois, pour une hausse des températures globales de 3°C, les limites inférieures actuelles de répartition du permafrost devraient remonter de 200 à 700 m (HAEBERLI 1990c), ce qui provoquerait une augmentation des phénomènes d'instabilité (laves torrentielles, chutes de pierres) liés à la fonte du permafrost (ZIMMERMANN 1990, HAEBERLI 1992). L'augmentation des phénomènes de laves torrentielles est également très liée à une éventuelle modification du régime des précipitations (diminution du coefficient nival, augmentation des intensités, augmentation de la durée)

(ZIMMERMANN 1990, REBETEZ et al. 1997). Dans certains bassins versants non englacés, une fonte massive de permafrost sursaturé en glace (ex. glaciers rocheux) pourrait affecter l’approvisionnement en eau en provoquant une augmentation temporaire des quantités disponibles, suivie d’une réduction. C’est toutefois le changement du régime des précipitations qui importe, les bassins versants périglaciaires ayant des écoulements à régime mixte glaciaire et pluvio-nival (TENTHOREY 1993, ORY 1992).

### Impacts directs sur la demande

Une augmentation des températures risque également d’avoir un impact sur la demande. En plus des impacts indirects découlant des modifications de la ressource décrits ci-dessus, on peut s’attendre à une augmentation de la demande en eau auprès des autorités municipales de l’ordre de 5 % dans les 20 prochaines années, principalement en raison de l’augmentation de l’arrosage des jardins et pelouses (KACZMAREK 1996). De même, on peut s’attendre à une augmentation de la demande en eau d’irrigation, plus liée à l’augmentation des températures qu’à une baisse des précipitations estivales (KACZMAREK 1996). Par contre, une augmentation des températures devrait avoir peu d’effet sur les usages d’eau industrielle. De manière générale, on peut s’attendre à une augmentation de la compétition entre les différents types de demande.

### 5.4.3 Conclusions sur les variations à long terme de la ressource

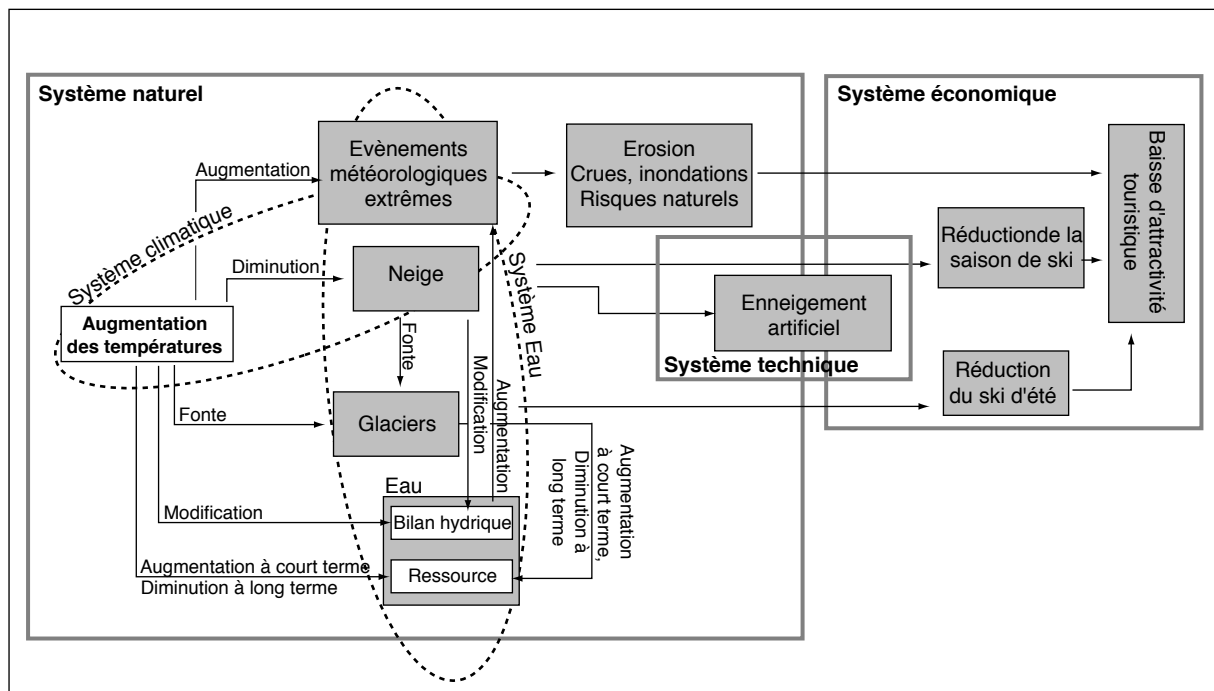


Fig. 5.21 Impacts potentiels d'un réchauffement du climat sur la ressource en eau des deux stations étudiées.

A partir de l'analyse ci-dessus, je propose un modèle (fig. 5.21) de ce que pourrait être la ressource en eau dans les stations étudiées dans un environnement soumis à une rapide augmentation des températures (0.3°C par décennie). Il s'agit d'un modèle théorique qui met l'accent autant sur la ressource pour l'approvisionnement en eau que sur la ressource « touristique » (paysage par ex.). A court terme, un réchauffement pourrait être bénéfique pour l'approvisionnement en eau, puisqu'il augmenterait la ressource disponible, notamment durant les mois d'été. Par contre, à moyen et à long terme, il faut s'attendre à des impacts plutôt négatifs, principalement en raison de la diminution de la saison de ski et de la réduction du ski d'été, qui représente pour les deux stations un atout touristique important pour la saison estivale. Il ne faut pas non plus négliger les impacts potentiels d'une intensification des événements météorologiques extrêmes qui risqueraient également de diminuer l'attractivité touristique des deux stations.

## 5.5 Conclusions sur le système « ressources » dans les deux stations

Ce chapitre avait pour fonction de préciser d'une part la structure de la ressource et d'autre part les quantités d'eau à disposition pour les différents usages.

Il ressort que les deux paramètres retenus pour le bilan hydrique, les précipitations et l'évapotranspiration, varient en fonction de l'altitude. Sur le Haut-Plateau, les gradients de précipitations sont plus élevés que dans le bassin versant de la Printse, surtout à proximité du faite des Alpes bernoises. Ainsi, à basse altitude, les précipitations sont à peu près identiques dans les deux secteurs étudiés, et sont parmi les plus faibles de Suisse. A haute altitude (plus de 1500 m), il pleut nettement plus sur le Haut-Plateau qu'en rive gauche du Rhône. Quant à l'évapotranspiration, elle est un peu plus forte sur le Haut-Plateau qu'en rive gauche du Rhône en raison de sa position d'adret. Il s'ensuit que le potentiel en eau n'est pas négligeable dans les deux stations, surtout en altitude. En termes absolus, on peut compter sur un **écoulement annuel moyen de l'ordre de 61 millions de m<sup>3</sup> dans le bassin versant de la Printse, de 72 millions de m<sup>3</sup> dans celui de la Liène et de 48 millions de m<sup>3</sup> dans celui de la Raspille/Sinièse**<sup>30</sup>. Plus précisément, sur le Haut-Plateau<sup>31</sup>, l'écoulement annuel moyen de la Raspille au niveau du verrou de la Tièche (alt. 1970 m) représente 11.2 million de m<sup>3</sup> par an, soit un débit moyen de 376 l/s<sup>32</sup>. A l'Ertentse (alt. 1633 m), la lame d'eau écoulee est de l'ordre de 10 millions m<sup>3</sup> par année, soit un débit

<sup>30</sup> Valeurs obtenues en multipliant les débits spécifiques publiés dans l'*Atlas hydrologique de la Suisse* par la surface des bassins versants. Pour la Liène et la Raspille, il faut noter qu'une partie importante des surfaces ne se trouve pas sur le Haut-Plateau lui-même.

<sup>31</sup> Nous verrons que c'est sur le Haut-Plateau que la pression sur la ressource est la plus forte. Pour cette raison, je procède à des estimations quantitatives relativement précises de la ressource et des usages pour préciser si la région se trouve en situation de pénurie ou non. J'ai renoncé à faire la même analyse à Nendaz, où la pression sur la ressource est moins forte, faute de temps.

<sup>32</sup> Selon l'étude de la Communauté des bureaux d'ingénieur MONTANI, RUDAZ, TEYSSIERE & CANDOLFI (1991).

moyen de 312 l/s<sup>33</sup>. L'ensemble des sources captées de la Noble et de la Louable Contrée débitent annuellement environ 192 l/s, soit un peu plus de 6 millions de m<sup>3</sup> (DROSER 1999, selon les relevés de CLAVIEN 1981, 1991, voir annexe 4.4). Si on y ajoute les débits des sources thermales du tunnel du Rawyl (moyenne 20 l/s) et ceux des forages des communes de Montana et Randogne et de la société de la Télécabine du Grand-Signal (voir ci-dessous chap. 6) (moyenne 15 l/s) (cf. DROSER 1999), on peut compter sur une **ressource annuelle exploitable de l'ordre de 29 millions de m<sup>3</sup> par an**. Dans ce chiffre ne sont compris ni les débits captés par la société hydroélectrique Liène SA (voir ci-dessous chap. 6.4), qui ne sont pas disponibles pour d'autres usages, ni les écoulements de surface des petits bassins versants du Haut-Plateau (Boverèche, Sinièse, Mondrelèche), pour lesquels aucun jaugeage n'a été effectué. Je ne prends pas en compte non plus les écoulements du glacier de la Plaine Morte, qui coulent en direction du nord. Il s'agit donc d'une **estimation minimale de la ressource disponible** (voir l'annexe 6.11, pour le détail).

Il s'agit là d'estimations moyennes. Dans les deux régions, l'écoulement n'est pas constant. Il est maximal en juin, à la fonte des neiges dans les cours d'eau à régime nival et en juillet ailleurs. L'étiage se situe en février, période de forte occupation touristique. A ce moment-là la ressource disponible sur le Haut-Plateau n'est plus que de 13'000 m<sup>3</sup> par jour environ (DROSER 1999).

De plus, l'écoulement naturel des deux cours d'eau principaux, la Liène et la Printse, est modifié par des aménagements hydroélectriques, notamment les deux barrages de Tseuzier (50 millions de m<sup>3</sup>) et de Cleuson (20 millions de m<sup>3</sup>).

Dans les deux régions, le stockage sous forme de glace diminue depuis le milieu du XIXe siècle. Il s'ensuit actuellement une augmentation de la ressource annuelle disponible. A plus long terme, si les températures globales devaient continuer à augmenter, cet apport pourrait fortement se réduire, suite à la disparition des glaciers et du permafrost. Le réchauffement climatique pourrait avoir d'autres conséquences sur la ressource en eau, notamment en raison de perturbations du régime annuel des paramètres du bilan hydrique (neige, événements extrêmes, évaporation, etc.). Il pourrait également fortement perturber les activités touristiques des deux stations, notamment le ski d'hiver et d'été.

Ayant montré que l'eau est disponible en quantité importante dans les deux stations, il s'agit maintenant de décrire les différentes utilisations et d'en cerner la structure interne et les relations qu'elles entretiennent mutuellement. C'est ce que je fais au chapitre 6.

---

<sup>33</sup> Selon l'étude du Consortium d'ingénieurs REY-FAVRE-BONVIN-CORDONNIER (1984).







**Planche I** Centre de la station de Nendaz  
(Photo : E. Reynard, 1994)



**Planche II** Le Haut-Plateau en 1939. Au centre, les Etangs Grenon et de la Moubra  
(Photo : Société Graphique - Neuchâtel, carte postale, 1939)



**Planche III** Le glacier du Grand Désert  
(Photo : E. Reynard, 2000)



**Planche IV** Glaciers rocheux actifs dans le vallon des Yettes Condja. Ces glaciers rocheux sont des réservoirs appréciables d'eau  
(Photo : E. Reynard, 1997)



**Planche V** La Tièche traversant une barre rocheuse aux Outannes  
(Photo : E. Reynard, 1995)



**Planche VI** La Tièche à l'amont du verrou du même nom  
(Photo : E. Reynard, 1995)



**Planche VII** Station de traitement des eaux de la commune de Nendaz à Pra Mounet (Siviez)  
(Photo : E. Reynard, 1997)



**Planche VIII** Panneau publicitaire pour l'eau minérale « Nendaz »  
(Photo : E. Reynard, 1997)



**Planche IX** Moulin près de l'alpage de Tortin  
(Photo : E. Reynard, 1995)



**Planche X** Vestiges de meule de moulin utilisée pour la construction  
d'un mur dans le village de Beuson  
(Photo : E. Reynard, 1995)



**Planche XI** Barrage de Tseuzier (vu depuis le karst du Ténéhet)  
(Photo : E. Reynard, 1998)



**Planche XII** Prise d'eau du bisse du Tsittoret au verrou de la Tièche  
(Photo : E. Reynard, 1995)



**Planche XIII** La Plage de l'Etang Grenon vers 1925  
(Photo : Edition Art. Perrochet-Matile - Lausanne, carte postale, vers 1925)



**Planche XIV** L'Etang Grenon en 1994  
(Photo : E. Reynard, 1994)



**Planche XV** Usage de l'eau pour les sports d'hiver : la patinoire de Montana dans les années 30  
(Photo : Société Graphique - Neuchâtel, carte postale, années 30)



**Planche XVI** Usage de l'eau pour les sports d'hiver : enneigement artificiel à Tortin en novembre 1998  
(Photo : E. Reynard, 1998)





**Planche XVII** Exemple d'usage touristique de l'eau : publicité pour l'eau radioactive de la station de Finhaut (Valais) dans la première partie du XXe siècle  
(Photo : E. Reynard, 1998)



**Planche XVIII** Exemple d'usage touristique de l'eau : publicité pour le futur centre thermal de Crans-Montana, Montana 1998  
(Photo : E. Reynard, 1998)



**Planche XIX** Promenade hivernale sur le bisse du Roh dans les années 30 (Crans)  
(Photo : Charles Dubost - Crans, années 30 ; publié avec l'aimable autorisation de M. Daniel Dubost, Galeries de Crans)



**Planche XX** Passerelle rénovée le long du tracé du bisse du Roh (Crans). Le canal n'a pas été remis en eau, contrairement à d'autres cas de restauration de bisses en Valais  
(Photo : E. Reynard, 1994)



**Planche XXI** Le bisse du Roh dans les années 30  
(Photo : Charles Dubost - Crans, années 30 ; publié avec l'aimable autorisation de M. Daniel Dubost, Galeries de Crans)



**Planche XXII** Le bisse du Tsittoret en 1995  
(Photo : E. Reynard, 1995)



## 6. Utilisation des ressources en eau

*On comprend [...] que l'eau est la condition indispensable de fertilité, qu'elle est le pain et le vin, ce que le Nil a été de tout temps pour l'Égypte, et que par conséquent rien n'est trop cher, ni trop dur, ni trop difficile, rien ne doit être impossible pour en assurer l'arrivée.*

Ch. Paris, L. Seylaz : Le bisse de Savièse, in: *Les Alpes*, 1934.

### 6.1 Introduction

#### 6.1.1 Démarche

J'ai montré au chapitre 3 que le système Eau des stations touristiques de montagne des Alpes internes est organisé autour d'un pôle « ressources », que j'ai analysé au chapitre précédent, et d'au-moins 4 systèmes d'utilisation : l'irrigation, l'approvisionnement en eau potable, la production énergétique et les usages touristiques. Dans la région de Nendaz, il faut y ajouter un cinquième système, celui de la production d'eaux minérales. Je vais maintenant analyser successivement ces cinq systèmes, en commençant par le secteur de l'irrigation.

On arguera qu'il aurait été plus logique de commencer par la question de l'eau potable, qu'on peut considérer comme l'utilisation la plus noble de la ressource en eau. J'ai toutefois préféré analyser en premier le domaine de l'irrigation, car contrairement aux adductions d'eau potable, qui jusque dans un passé très récent (XXe siècle) sont restées dans le domaine privé, l'irrigation s'est très tôt organisée sur un mode communautaire, ce qui lui a donné une emprise spatiale très marquée. Il en résulte que lorsque de nouveaux besoins se sont faits sentir dans d'autres domaines d'utilisation de l'eau (approvisionnement en eau de boisson et concessions hydroélectriques principalement), il a fallu composer avec le premier grand type d'utilisation des ressources hydriques, l'irrigation, qu'il est de ce fait pertinent de discuter en premier.

Pour raccrocher cette analyse d'une part à la question centrale de la pénurie et d'autre part aux deux composantes descriptives de l'approche systémique, l'analyse de la structure et celle du fonctionnement des systèmes, pour chacun des domaines d'utilisation, après avoir esquissé le cadre législatif, je décris la **structure** du système et les aménagements qui lui sont liés (souvent j'adopte une approche historique qui permet de comprendre certaines particularités de fonctionnement), puis j'essaie de déterminer quelle est la **quantité** d'eau requise par ce domaine d'utilisation par rapport à l'ensemble des utilisations et finalement j'étudie le **fonctionnement** du système en

décrivant les différents acteurs de la gestion et en mettant en évidence les relations (rapports de force, coordination, complémentarités, conflits, etc.) qu'ils entretiennent avec les acteurs des autres domaines d'utilisation<sup>1</sup>.

## 6.1.2 Cadre législatif général

Avant d'analyser de manière sectorielle la législation s'appliquant aux différents usages de l'eau, il faut rappeler que la politique fédérale en matière de gestion des ressources en eau repose à la fois sur une **loi-cadre générale**, la *Loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux)* du 24 janvier 1991 (RS<sup>2</sup> 814.20), et sur une multitude de textes législatifs sectoriels relatifs aux différents domaines des politiques publiques (approvisionnement, santé, environnement, agriculture, etc.).

La LEaux repose sur les articles 24 et 24bis de la Constitution fédérale. L'art. 24bis, al. 1 dit ainsi que « la Confédération [...] édicte par voie législative des principes répondant à l'intérêt général sur la conservation des eaux et leur aménagement, en particulier pour l'approvisionnement en eau potable ».

La LEaux « a pour but de protéger les eaux contre toute atteinte nuisible » (art. 1), notamment dans les domaines de la préservation de la santé, de l'approvisionnement, de la sauvegarde des biotopes et des poissons, de l'irrigation, des loisirs et de la protection du paysage. Elle vise également à « assurer le fonctionnement naturel du régime hydrologique » (art. 1, lit. h).

Comme je l'ai souligné ailleurs (REYNARD 1997a)<sup>3</sup>, la situation législative actuelle en matière de protection des eaux est la résultante d'une évolution en quatre étapes majeures, marquées par un passage progressif d'une protection sectorielle des eaux à une gestion globale, à la fois qualitative et quantitative. La première loi en matière de protection des eaux (Loi sur la pêche de 1888) avait pour objectif premier de préserver les conditions de vie des poissons. Les deux lois de protection des eaux contre la pollution de 1955 et de 1971 visaient principalement à la préservation de la qualité des eaux souterraines et superficielles. La seconde était basée sur le principe de l'épuration centralisée des eaux usées et de l'obligation de se raccorder. La loi actuelle reprend les mêmes principes en y ajoutant une série d'articles visant à préserver les eaux de surface en termes quantitatifs (chap. 2 de la loi : maintien de débits résiduels convenables). L'eau peut ainsi être gérée et protégée autant selon ses aspects qualitatifs que quantitatifs.

La mise en application de cette loi-cadre nécessite une coordination étroite avec d'autres lois fédérales : la loi sur l'aménagement du territoire, la loi sur la protection de l'environnement, la loi sur la

<sup>1</sup> Je décris en général la composante quantitative avant le fonctionnement du système, car très souvent le comportement des acteurs est guidé par la disponibilité de la ressource.

<sup>2</sup> RS = Recueil systématique du droit fédéral.

<sup>3</sup> Dans cet article, je fais une analyse détaillée de l'évolution de la loi fédérale en matière d'épuration des eaux usées et de soutien à la construction des stations d'épuration (STEP). Je mets l'accent sur le rôle joué par les différents groupes de pression sur l'évolution de la loi.

protection de la nature, la loi sur les cours d'eau, la loi sur les forces hydrauliques et la loi sur la pêche.

En Valais, il n'y a pas pour l'instant de loi d'application de la LEaux.

### 6.1.3 Propriété des eaux

Plusieurs textes de loi fournissent des éléments concernant la propriété des eaux (SAT 1998) :

- Selon le *Code civil valaisan* (1854), les sources et les cours d'eau sont considérés comme des **immeubles**;
- Selon la *Loi cantonale du 27 novembre 1877 déterminant les avoirs bourgeoisiaux affectés au service public des communes*, les sources, aqueducs, fontaines, etc. sont propriété communale (art. 2); tous les avoirs non prévus à l'art. 2 sont propriété bourgeoisiale;
- Selon la *Loi cantonale sur les cours d'eau du 6 juillet 1932* (RL<sup>4</sup> 1281), le Rhône et le Léman font partie du domaine public cantonal, alors que les rivières, les torrents et les canaux d'assainissement construits par les communes sont du domaine public communal;
- « Le droit de disposer des autres eaux publiques, y compris des eaux souterraines, appartient aux communes. Si le régime des eaux souterraines intéresse plusieurs communes, le règlement d'exécution fixe les conditions dans lesquelles ces eaux peuvent être utilisées à des fins autres que de production d'énergie électrique (*Loi cantonale sur l'utilisation des forces hydrauliques* du 28 mars 1990 (RL 1282) » (SAT 1998);
- Les eaux pluviales et de fonte des neiges s'écoulant naturellement sur la voie publique appartiennent aux propriétaires bordiers « dans la proportion de la largeur de leurs fonds (*Loi cantonale sur les routes* du 3 septembre 1965, RL 1201) » (SAT 1998).

---

<sup>4</sup> RL = Recueil des lois de la République et Canton du Valais.

## 6.2 L'irrigation

---

### 6.2.1 Introduction

Les montagnes sèches, comme la partie interne des Alpes étudiée ici, ont dû à un certain moment de leur histoire mettre en place des réseaux d'irrigation pour faire face à de nouveaux besoins agricoles liés à une augmentation démographique ou à des changements d'utilisation du sol ou d'occupation du territoire. En Valais s'est ainsi développé un réseau très dense de canaux de montagne, appelés **bisses**, notamment durant la période **1250-1350** en raison d'une forte pression démographique (AMMANN 1995, DUBUIS 1994, 1995), au **XVe siècle** en raison d'une poussée de l'élevage bovin (DUBUIS 1990, 1995) et durant le **XIXe siècle** en raison de la pression démographique et de mutations économiques radicales (augmentation des prix de la viande, extension des surfaces viticoles, évolution des techniques culturales, etc.) (PAPILLOUD et al. 1999). Suite aux travaux de régulation du cours du Rhône dès 1860 (Première correction du Rhône) puis dès 1935 (Deuxième correction du Rhône), l'agriculture irriguée se développe également en plaine par pompage dans la nappe phréatique du fleuve<sup>5</sup>. En Valais, les surfaces agricoles irriguées, qui avaient fortement augmenté jusque dans les années 50 de ce siècle, où elles atteignaient 69.2 % des surfaces irriguées du pays, ont ensuite subi un net recul durant les années 60, certainement par abandon de prairies dans certaines zones de montagne (REYNARD 1995).

### 6.2.2 Les bisses du Valais

Les bisses du Valais ont donné lieu à une production considérable de textes, scientifiques ou non, notamment au début de ce siècle, lorsqu'ils ont commencé à être abandonnés ou substitués par des tunnels d'amenée d'eau, et au cours de ces 15 dernières années, en raison d'un regain d'intérêt pour la valeur non seulement agricole mais également culturelle de ces canaux (CRETZAZ 1995, REYNARD 1996c, BAUD 1998). Mon propos n'est donc pas de présenter dans le menu les caractéristiques de ces aqueducs, ni de retracer pour la énième fois l'épopée des bisses, mais de rappeler brièvement quelles sont les raisons géographiques du développement de ce réseau de canaux.

La raison majeure qui explique la construction des bisses est d'ordre **climatique** (REYNARD 1995 et chap. 5.2). Avec moins de 700 mm d'eau par année dans certaines régions de plaine et du coteau entre Martigny et Brigue, le Valais est de loin la région la plus sèche de Suisse, même si l'on ne peut pas parler de situation d'aridité<sup>6</sup>. En raison de la forte évapotranspiration et des températures estivales élevées, ce sont en moyenne 300 mm d'eau qui doivent être fournis artificiellement aux cultures durant les trois mois d'été, soit 2.3 à 3 mm par jour (REYNARD

---

<sup>5</sup> Voir à ce sujet l'analyse de MARIETAN (1949).

<sup>6</sup> Voir la discussion sur ce concept dans l'article écrit à l'occasion du Colloque international sur les bisses de Sion (15-18 septembre 1994) (REYNARD 1995, p. 50), ainsi que la discussion de la table ronde (même ouvrage pp. 105 ss.)



1995)<sup>7</sup>. Ces valeurs sont toutefois des approximations qui dépendent de différents facteurs :

- Elles diminuent assez rapidement avec l'augmentation de l'**altitude**. Ainsi, à Sion, entre 1978 et 1993, les mois secs ( $P \leq 2T$ , où  $P$  = précipitations mensuelles et  $T$  = températures mensuelles moyennes) ont totalisé le tiers de la période de végétation (avril-octobre). A Montana, 1000 m plus haut, ils ne représentent plus que 8 % de la période végétative (cf. fig. 6.1), ce qui correspond à une moyenne d'environ 130 mm d'eau à amener par l'irrigation<sup>8</sup> (voir également BAUD 1998).

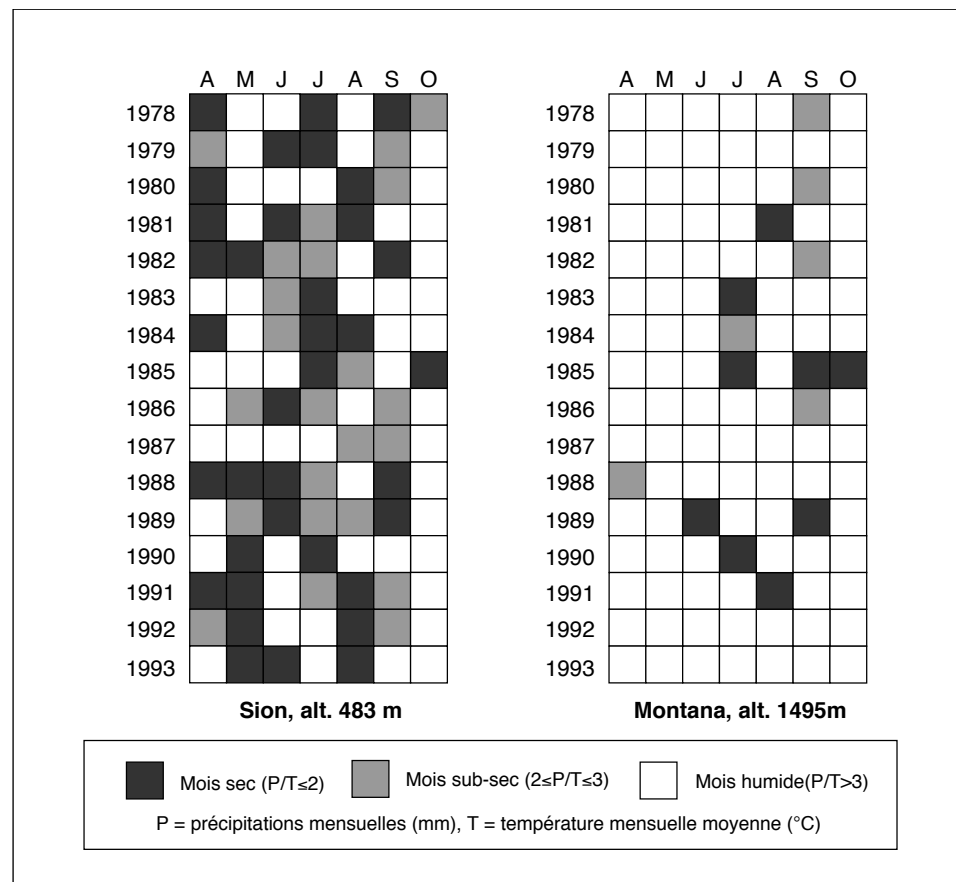


Fig. 6.1 Mois écologiquement secs pendant la période de végétation à Sion et Montana (source : REYNARD 1995).

- L'apport d'eau d'irrigation dépend également du **type de cultures**. Ainsi, les besoins en eau en été sont estimés à 10-12'000 m<sup>3</sup>/ha (soit 1000-1200 mm) pour les prairies et 4500-6000 m<sup>3</sup>/ha (soit 450-600 mm) pour les vignes (MÜLLER 1946).

<sup>7</sup> BAUD (1998) montre, en appliquant la formule de Turc, que le déficit hydrique à Sion (moyenne 1901-1993) est de 235 mm entre avril et octobre et de 60 mm en juillet, soit environ 2 mm par jour. En année sèche (ex. 1921), la situation déficitaire s'étend de février à octobre et le déficit du mois de juillet passe à 120 mm, soit 4 mm par jour (communication orale de Marinette Baud, assistante à l'IGUL).

<sup>8</sup> Commentaire de M. André Mermoud, Professeur au Département de Génie rural de l'EPFL, lors de la table ronde citée ci-dessus (*op. cit.* pp. 107-108).

- Les débits nécessaires à l'irrigation dépendent de la surface à irriguer et de la structure du réseau de distribution; ainsi, l'irrigation par aspersion nécessite un débit constant de 0.5 à 0.8 l/s/ha contre 1.5 l/s/ha pour l'irrigation par ruissellement (MICHELET 1985)<sup>9</sup>. De CARMANTRAND (1991) et LACROIX & BLAVOUX (1995) remarquent que dans les Alpes du sud, seuls 25 à 30 % des eaux utilisées pour l'irrigation gravitaire sont réellement mises à profit par la plante. Le reste sort du système par évaporation, infiltration ou ruissellement. Ceci peut avoir un effet bénéfique sur la réalimentation de nappes phréatiques, comme le remarquent LACROIX & BLAVOUX (1995) qui considèrent que la nappe de la Basse Durance est réapprovisionnée à 50-75 % par infiltration des eaux d'irrigation en surplus. De même, dans des mayens situés à l'est de la station d'Anzère on a assisté au tarissement de petites sources privées situées à l'aval du Bisse de Sion lorsque celui-ci a été mis sous tuyau<sup>10</sup>.

Malgré ces conditions climatiques défavorables au développement d'une agriculture non irriguée, toutes les vallées latérales du Valais ne sont pas forcément irriguées par les bisses. Il faut y voir des raisons d'ordre **économique** (certains versants à l'ubac ne sont pas mis en valeur par l'agriculture), **hydrologique** (les cours d'eau à régime nival, dont la courbe de débit diminue rapidement à partir de la fin du mois de juin, n'ont pas fait l'objet d'adductions importantes) et **morphologique** (certains vallons trop encaissés auraient nécessité des prouesses techniques trop onéreuses) (cf. REYNARD 1995, 1998a). Là où elles ont été tentées, ce sont toutefois ces portions traversant les parois rocheuses en canaux de bois suspendus dans le vide qui ont fait la réputation des bisses valaisans.

Le terme « bisse » est généralement assimilé à ce que CRETTEZ (1995) appelle le bisse amont, c'est-à-dire le canal principal qui transporte l'eau du cours d'eau capté vers les zones de cultures. Ce réseau principal représente aujourd'hui environ 600 km, auquel il faut ajouter 150 km de sentiers pédestres aménagés le long d'anciens canaux abandonnés (SAT 1993, PAPILLOUD et al. 1999, REYNARD 1998a). Au début du XXe siècle, ce réseau principal a pu compter jusqu'à 2000 km, associés à 25'000 km de canaux et décharges secondaires; c'est ce que CRETTEZ (1995) appelle le bisse aval<sup>11</sup>. Les composantes de ce réseau secondaire sont parfois interconnectées par une série de lacs de stockage artificiels qui en régulent l'utilisation (voir ci-dessous). Les cultures sont irriguées soit par aspersion, soit par écoulement gravitaire à la surface du sol. Cette seconde méthode reste pratiquée sur certaines prairies, malgré les gros investissements en temps de travail; elle a été supplantée par les techniques par aspersion dans l'arboriculture, la viticulture et les cultures maraîchères (REYNARD 1995, BAUD 1998). La micro-irrigation est peu pratiquée en Valais (BAUD 1998). Dans

<sup>9</sup> MÜLLER (1946) indiquait 1.5-2 l/s/ha pour l'irrigation des prairies par ruissellement et 0.5-0.8 l/s/ha pour l'irrigation par aspersion.

<sup>10</sup> Communication orale de M. Roland Dussex, responsable du service technique communal d'Ayent, 13 août 1993. CRETTEZ (1998) mentionne l'opposition de propriétaires de mayens à Vercorin à la mise sous tuyaux du Grand Bisse, par peur du tarissement de leurs sources d'eau potable.

<sup>11</sup> Voir également PERRAUDIN KALBERMATTER & MARIN (1995).

certains cas, les bisses ont été remplacés par des galeries ou des tuyaux souterrains.

### 6.2.3 Cadre législatif

En raison de la composante historique, patrimoniale et paysagère des canaux traditionnels, l'irrigation participe autant de la politique agricole que de la politique environnementale et de protection du paysage.

Du **point de vue agricole**, l'irrigation dépend de la *Loi fédérale sur l'agriculture* du 3 octobre 1951 (LAgr) (RS 910.1) et de la *Loi cantonale sur l'agriculture* du 28 septembre 1993 (LcAgr) (RL 1400)<sup>12</sup> qui « a pour but de promouvoir [...] une agriculture adaptée au site, productive, orientée vers les besoins du marché et respectueuse de l'environnement » (art. 1). La loi cantonale prévoit des prestations financières liées au « degré d'intérêt public, notamment en matière d'aménagement du territoire et d'environnement [...] et des handicaps naturels de production » (art. 3). Elle vise également à protéger les terres agricoles contre l'érosion et l'abandon et à conserver ou développer des **pratiques culturelles contribuant au maintien de la fertilité** (art. 8). L'irrigation fait partie des mesures visant à atteindre ces buts et peut ainsi faire l'objet d'un subventionnement de l'Etat dans le cadre d'une planification reconnue par le plan directeur cantonal (art. 9). Le subventionnement des améliorations foncières est défini au niveau fédéral par l'*Ordonnance sur les améliorations foncières* du 14 juin 1971 (RS 913.1) selon laquelle les ouvrages d'irrigation ont droit à des subsides fédéraux à raison de 24 à 30 % des coûts dans les régions de montagne (art. 25 et 26) et au niveau cantonal par l'*Ordonnance sur les structures agricoles* du 2 octobre 1996 (RL 1480) qui prévoit notamment l'octroi d'une contribution cantonale pour les « travaux de réfection et de revalorisation d'éléments paysagers importants ainsi que la reconstitution de l'architecture paysagère et de l'environnement » (art. 6).

La période d'utilisation des bisses (**15 avril-1 octobre**) est fixée par l'*Arrêté* du 17 octobre 1924 *sur l'utilisation des bisses dérivant l'eau des rivières concessionnées* (RL 1285).

Le canton soutient également « les activités agricoles qui concourent à l'aménagement d'un **paysage de qualité** » (art. 31 de la LcAgr) et encourage « les activités agricoles tendant à la **conservation du patrimoine rural** » (art. 71), ainsi que la collaboration entre l'agriculture et le tourisme (art. 70). Ainsi, la récente réorientation de la politique agricole suisse et valaisanne vers une agriculture respectueuse de l'environnement et du maintien d'un paysage varié permet l'octroi de subventions pour les prestations agricoles à caractère écologique sur la base de l'*Ordonnance sur les contributions écologiques* (OCÉco) du 24 janvier 1996 (RS 910.132) et du *Décret relatif à l'octroi des contributions à l'exploitation agricole du sol pour des prestations de caractère écologique* du 13 novembre 1992 (RL 1415)<sup>13</sup>. Selon ce dernier, les **bisses** font

<sup>12</sup> Celle-ci a remplacé la *Loi cantonale sur les améliorations foncières et autres mesures en faveur de l'agriculture* du 2 février 1961.

<sup>13</sup> D'autres textes législatifs récents liés à la politique agricole concernent indirectement l'irrigation. Cf. BAUD (1998) pour un aperçu exhaustif.

explicitement partie des terrains agricoles bénéficiant de telles subventions au titre de **paysages traditionnels du Valais** (art. 2)<sup>14</sup>. La contribution du canton pour le maintien de tels paysages varie de 65 à 85 % de la contribution fédérale (art. 5).

En raison de leur **valeur patrimoniale** (cf. REYNARD 1997b), les bisses ne dépendent pas uniquement de la législation agricole. Ils peuvent être considérés comme des **monuments culturels** à protéger au sens de l'article 17 de la *Loi fédérale sur l'aménagement du territoire* du 22 juin 1979 (LAT, RS 700) ou des « **sites évocateurs du passé** » à protéger au sens de la *Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage* du 1 juillet 1966 (LPN, RS 451). Les conditions de subventionnement sont fixées par l'*Ordonnance sur la protection de la nature et du paysage* du 16 janvier 1991 (RS 451.1). Actuellement, des subventions peuvent également être octroyées en vertu de l'*Arrêté fédéral accordant une aide financière en faveur de la sauvegarde et de la gestion des paysages ruraux traditionnels* du 3 mai 1991 (RS 451.51), qui, à l'occasion du 700ème anniversaire de la Confédération, a institué pour une durée de 10 ans un fonds spécial, le Fonds suisse pour le Paysage (FSP), en vue de **sauvegarder les paysages ruraux traditionnels**. L'ampleur de l'aide est fixée par l'article 4.

Le canton du Valais n'a toujours pas de loi sur la protection de la nature. En juin 1998, un projet de *Loi cantonale sur la protection de la nature, du paysage et des sites* a été présenté au Grand Conseil. Il définit le bisse (art. 7) comme « objet de protection d'un paysage de valeur transformé par l'homme à l'instar des vignobles, des cultures en terrasses, des chemins, etc. » (CRETOL 1998).

En Valais, les bisses peuvent également être protégés sur la base des objectifs d'aménagement du territoire adoptés par voie de décret par le Grand Conseil valaisan le 2 octobre 1992 (SCHWERY 1995a) et de la *Loi concernant l'application de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire* du 23 janvier 1987 (LCAT, RL 1183) de laquelle émane le Plan directeur cantonal qui prévoit explicitement la **sauvegarde et la mise en valeur des bisses** (art. 23). Pour assurer la planification de cette mise en valeur, une fiche de coordination « Bisses » a été créée en 1987 dans le cadre du Plan directeur cantonal (Fiche F.7/1, SAT 1993). Les objectifs de cette fiche ont été adoptés (mesure arrêtée) par le Conseil d'Etat le 9 décembre 1992 et prévoient notamment de « maintenir les bisses à ciel ouvert et, plus particulièrement ceux liés aux chemins de randonnée pédestre, en veillant à ce que, dans la mesure du possible, la construction respecte les méthodes et les matériaux traditionnels » et d'encourager la conservation et la restauration des bisses. Les communes ont maintenant le devoir, dans le cadre de l'élaboration ou de la révision des plans d'affectation des zones, d'indiquer les bisses situés sur leur territoire en prenant en considération l'inventaire cantonal (SAT

<sup>14</sup> Par contre, les bisses ne satisfont pas aux critères pour l'obtention de paiements directs, selon l'art. 31b de la LAgr (RS 910) qui prévoit l'encouragement de méthodes de production respectueuses de l'environnement et la création de « surfaces de compensation écologique » (SCE) (cf. BAUD (1998) et CRETOL (1998) pour le détail). Les subventions sont limitées aux **surfaces utiles**; les bisses, considérés comme des **structures agricoles**, n'entrent ainsi pas en ligne de compte. Une démarche officielle a toutefois été entreprise en 1998 par le canton du Valais (Service cantonal des forêts et du paysage) auprès de l'Office fédéral de l'agriculture pour que l'entretien courant et surtout les méthodes traditionnelles d'irrigation par ruissellement puissent bénéficier de paiements directs (CRETOL 1998).

1993)<sup>15</sup> et de considérer les bisses reconnus d'importance cantonale et régionale comme **objet de protection**.

En tant qu'**infrastructures touristiques**, les bisses doivent également être aménagés et conservés sur la base des articles 2 et 23 de la LCAT, ainsi que de la *Loi fédérale sur les chemins pour piétons et les chemins de randonnée pédestre* du 4 octobre 1985 (LCPR, RS 704) et de la *Loi d'application* du 27 janvier 1988 de la *Loi fédérale du 4 octobre 1985 sur les chemins pour piétons et les chemins de randonnée pédestre* (RL 1230). Le **passage le long d'un bisse** est un des critères de définition du réseau principal de randonnée pédestre (art. 3). L'article 14 fixe les modalités de subventionnement.

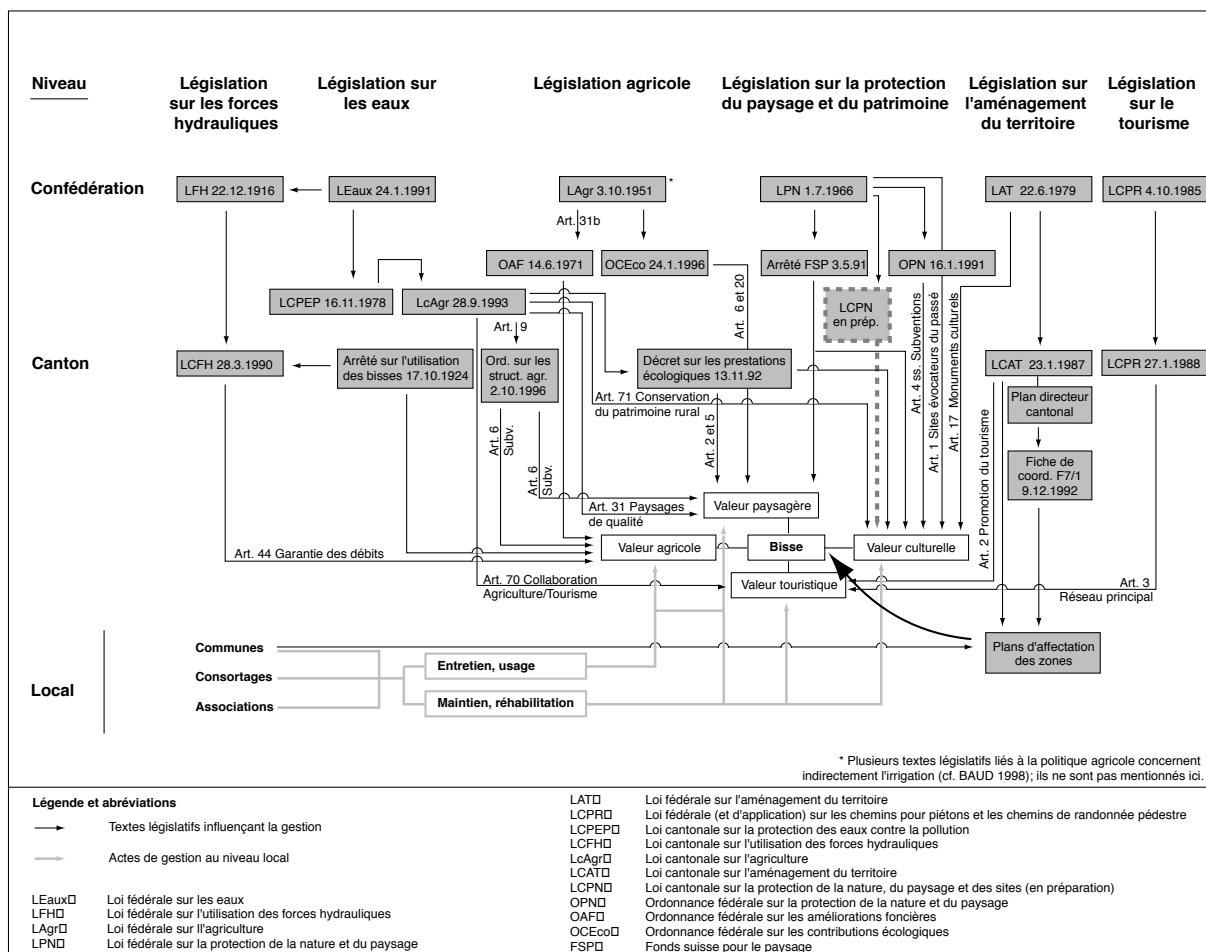


Fig. 6.2 Cadre législatif de l'utilisation de l'eau pour l'irrigation dans les deux stations étudiées<sup>16</sup>.

On notera finalement que l'irrigation dépend également de la législation sur l'utilisation des forces hydrauliques (*Loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques* du 22 décembre 1916, RS 721.80, et *Loi cantonale sur l'utilisation des forces hydrauliques* du 28 mars 1990, RL 1282). L'article

<sup>15</sup> Ce dernier est actuellement en cours de révision, conformément à la procédure de coordination de la fiche F.7/1.

<sup>16</sup> Voir CRETOL & JEANNERET (1998) pour une description détaillée de ces différents texte législatifs.

44 de la loi cantonale garantit les débits d'eau utiles pour l'irrigation, selon les **droits d'usage**.

En conclusion, nous pouvons constater que les pratiques de l'irrigation par les bisses en Valais sont fortement influencées par **l'évolution de la législation agricole vers une production respectueuse de l'environnement**. Ainsi, plusieurs textes législatifs en matière agricole rejoignent les textes légaux sur la protection de la nature et du paysage et sur l'aménagement du territoire pour favoriser un subventionnement des actions visant à maintenir ce type d'irrigation traditionnelle. Sont ainsi soutenus autant la valeur agricole du bisse que ses **aspects patrimoniaux, paysagers et touristiques**. Cette tendance est nouvelle : jusqu'à la fin des années 80, seuls les travaux visant à l'amélioration de la productivité du réseau (mises sous tuyaux, creusement de galeries, colmatage du chenal, etc.) étaient subventionnés sur la base de la législation sur les améliorations foncières.

## 6.2.4 Les structures

### Le Haut-Plateau

Comme le suggère la carte de la figure 4.4, l'oekumène des communes du Haut-Plateau n'est drainé que par de petits cours d'eau de direction nord-sud, alimentés uniquement par les eaux de pluie et de fonte des neiges. Les agriculteurs sont donc allés capter l'eau d'irrigation dans la Liène (et principalement son affluent, l'Ertentse) et dans la Raspille. Ces deux cours d'eau alimentent actuellement trois bisses chacun sur leur rive droite et deux bisses sur leur rive gauche<sup>17</sup>. On peut situer la construction des plus anciens de ces canaux au début du XIV<sup>e</sup> siècle, avec notamment le renouvellement en 1310 d'une convention passée en 1257 entre les communautés de Granges et d'Ayent autorisant l'utilisation du cours d'eau pour l'alimentation de bisses (QUAGLIA 1988, PRAPLAN & PRAPLAN 1991)<sup>18</sup>. Les caractéristiques techniques de ces canaux, ainsi que celles des bisses de la vallée de la Printse sont résumées au tableau de l'annexe 6.1.

La carte de la figure 6.3 met en évidence les différents canaux, anciens et encore en activité, constituant le réseau des « bisses amont » du Haut-Plateau. J'ai également représenté les portions d'origine anthropique du réseau de distribution aval, sur la base de la carte de GUTERSOHN (1971). Ci-dessous, je ne décris que les bisses irriguant les terrains situés sur les communes étudiées<sup>19</sup>. Pour chaque canal, je décris la structure de l'aménagement, l'historique de son développement et l'état de l'irrigation actuelle<sup>20</sup>. Les questions liées à la fonction touristique des canaux d'irrigation seront traitées au chapitre 6.6.

<sup>17</sup> En rive gauche de la Liène sont également visibles des vestiges de trois canaux abandonnés : le Bisse du Roh, le Bisse d'Azier et le Bisse des Fées.

<sup>18</sup> Pour une présentation détaillée des données historiques sur les bisses de la Liène, cf. QUAGLIA 1988.

<sup>19</sup> Pour une description des bisses s'écoulant en rive gauche de la Raspille et en rive droite de la Liène, voir HERITIER et al. (1996), GENOUD (1997), BONVIN & BENDER (1998), BAUD (1998) et CRETOL (1998).

<sup>20</sup> Ce dernier point, sur la base de l'inventaire des bisses du SAT (1993).

### *Le Bisse du Roh (ou Bisse du Luyston) et le tunnel du Mont Lachaux*

La date de construction du Bisse du Roh<sup>21</sup>, actuellement abandonné, est inconnue; on peut la situer dans la première moitié du XVe siècle<sup>22</sup> (QUAGLIA 1988). Le bisse était géré par un **consortage**<sup>23</sup>. Le canal principal captait les eaux de l'Ertentse à 1733 m et, après un parcours de 5.3 km le long des parois de la rive gauche de l'Ertentse, débouchait à l'ouest du Haut-Plateau au Grand-Partiteur d'où il se séparait en deux branches, l'une en direction de Lens-Icogne et l'autre en direction de Chermignon-Montana. Plus loin, chacune des branches se séparait encore une fois en deux.

Dès le milieu du XVIIIe siècle, des tentatives furent faites pour essayer de capter les eaux du Lac de Huiton (602.900/135.650), situé dans un bassin fermé karstique au pied du Glacier de la Plaine Morte, à 2572 m d'altitude. Ainsi, en 1757, puis en 1839, ce sont les gens de la Contrée de Sierre (Noble Contrée) qui tentent sans succès de détourner les eaux du bassin versant de l'Ertentse vers leurs terres (QUAGLIA 1988). En 1859, le consortage du bisse entreprend de creuser un canal à ciel ouvert du lac à la prise d'eau du bisse à 1733 m. En raison de nombreuses difficultés et des pertes liées à la nature du substrat calcaire, les travaux prennent fin en 1880 seulement sous la forme de trois galeries, dont la première fut creusée entre 1865 et 1875. Suite à la sécheresse de 1921, de nouveaux travaux sont entrepris entre 1922 et 1925, avec l'appui financier de la Confédération (25 %), du canton (15 %) et des communes (25 %); ils permirent d'augmenter les débits de 120 à 400 l/s.

Dès 1905, plusieurs projets sont présentés pour creuser un **tunnel sous le Mont Lachaux**, qui remplacerait le bisse à l'air libre. Ces projets étaient motivés par de nouveaux besoins en eau d'irrigation et de boisson. Ils ne se concrétisent qu'en 1942 sous la pression du Service cantonal des améliorations foncières qui garantit 70 % de subventions et malgré la réticence des consorts et des quatre communes concernées (QUAGLIA 1988)<sup>24</sup>, l'aménagement coûtant finalement 1.5 million de francs. L'entrée du tunnel se situe dans le vallon de l'Ertentse à 1640 m; il débouche à Plans-Mayens à 1627 m après un parcours de 2.5 km (MABILLARD 1997). Le tunnel a été mis en charge le 2 avril 1946. Suite à la mise en service de la galerie, certaines sources tarirent, notamment dans la région de Corbire, sans que l'on sache exactement si la cause en est le tunnel ou la série de tremblements de terre de mai 1946.

<sup>21</sup> Le nom de ce bisse s'écrit également Rho, Rot, Rô; la racine est la même que pour les *rus* du Val d'Aoste ou les *rayes* du Bas-Valais et provient du latin *ruere* qui signifie *couler* (QUAGLIA 1988, CASANOVA 1995).

<sup>22</sup> Le document le plus ancien concernant ce bisse est un acte du 9 mai 1502 qui répartit les tronçons à entretenir entre les quatre quartiers du Grand Lens (PRAPLAN & PRAPLAN 1991).

<sup>23</sup> Le consortage est un groupement de propriétaires qui s'unissent pour construire un bisse, défricher un alpage, gérer une forêt, gérer une laiterie ou un moulin, etc. Dans le cas des bisses, les droits d'eau et les charges sont en général répartis selon les surfaces foncières ou les têtes de bétail. Dans la Louable Contrée, les consortages étaient divisés en quatre quartiers sur la base des divisions du Grand Lens (BARRAS & BAGNOUD 1980). Voir BRUTTIN (1931) pour les questions juridiques concernant les consortages, analysées sur la base du cas des alpages, ainsi que KÄMPFEN (1965), qui met l'accent sur le statut de corporations purement économiques de ces groupements (à opposer au statut politique des bourgeoisies). Actuellement, les consortages sont des « corporations de droit cantonal » au sens de l'art. 66 de la *Loi d'application du Code civil suisse* du 15 mai 1912 (RL 201).

<sup>24</sup> Pour un exposé complet des tractations ayant précédé ce percement, voir QUAGLIA 1988.

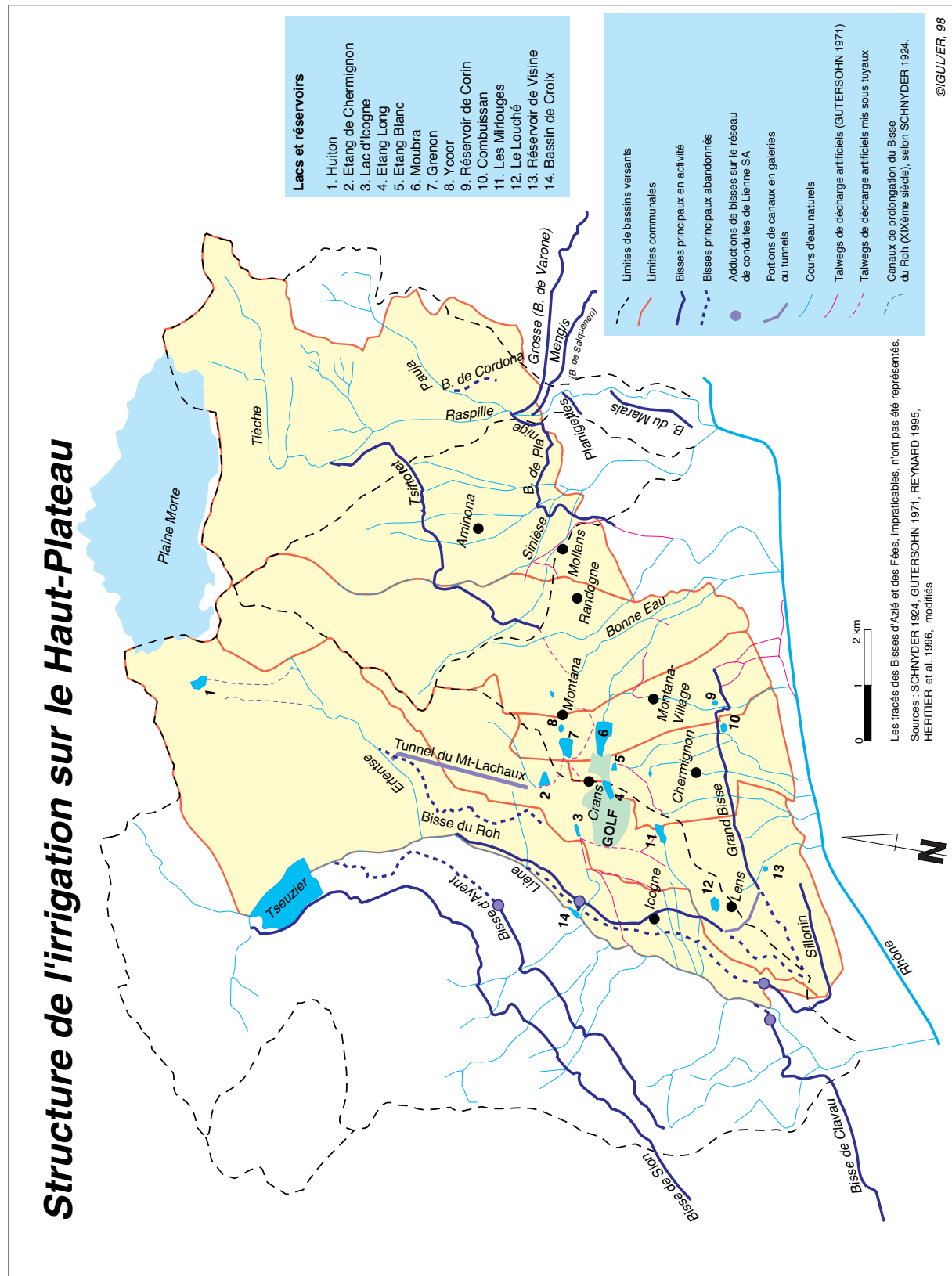


Fig. 6.3 Structure de l'irrigation sur le Haut-Plateau.



L'aménagement a été complété dans les années 60 par le creusement de deux bassins de stockage : le **lac d'Icogne**<sup>25</sup>, à l'ouest de Crans, et le **lac de Chermignon**, à Plans-Mayens (BARRAS & BAGNOUD 1980). Le réseau du Mont-Lachaux<sup>26</sup> permet d'irriguer actuellement les terrains agricoles situés entre Plans Mayens et le Grand Bisse, ainsi que le golf de Crans. Ce dernier est alimenté par le lac de Chermignon au moyen d'une conduite sous pression aménagée par la société du golf. Actuellement toute la surface est irriguée au moyen d'un système par aspersion<sup>27</sup>. La figure 6.4 permet de visualiser la répartition de l'eau d'irrigation entre les quatre communes de la Louable Contrée.

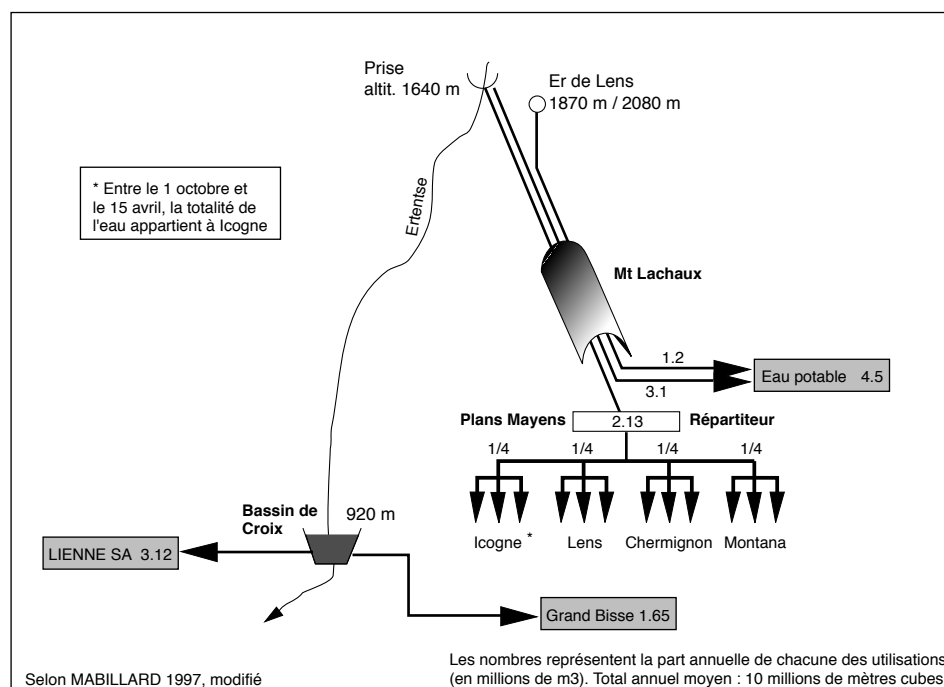


Fig. 6.4 Répartition entre les quatre communes de la Louable Contrée des eaux d'irrigation issues du bassin versant de l'Ertentse.

Des vestiges de deux bisses anciens, le Bisse d'Azié (ou d'Amont)<sup>28</sup> et le Bisse des Fées<sup>29</sup>, ont également été repérés le long des parois dominant la rive gauche de la Liène sous Bella Lui-Cry d'Er pour le premier et sous la colline du Châtelard pour le second (QUAGLIA 1988, PRAPLAN &

<sup>25</sup> Pour mieux gérer les eaux d'irrigation du tunnel du Mont Lachaux et favoriser l'arrosage par aspersion, la commune d'Icogne décide en 1947 d'étudier la construction d'un bassin d'accumulation. Le meilleur emplacement susceptible d'accueillir ce type de bassin se situe toutefois sur le territoire de la commune de Lens qui décide finalement de céder le terrain en échange d'un droit d'eau. Ces conditions sont acceptées par Icogne en 1959 et en 1963 est inauguré un bassin de 40'000 m<sup>3</sup>, fermé par une digue en terre (PRAPLAN & PRAPLAN 1991).

<sup>26</sup> Dont le débit garanti par Lienne SA pendant la période d'irrigation est de 250 l/s (entretien du 16 mars 1998 avec M. Jacques Bagnoud, président de la commune d'Icogne).

<sup>27</sup> Dans un premier temps, seuls les greens étaient arrosés.

<sup>28</sup> Prenant sa source dans la région d'Huiton, il a peut-être été abandonné en raison du recul du glacier de la Plaine Morte (BARRAS 1995).

<sup>29</sup> Selon cette légende, des fées auraient promis aux Lensards d'amener l'eau dans leur village à la condition qu'on ne sonne plus les cloches de l'église de Lens qui les indisposaient. Mais trop heureux de recevoir de l'eau, les paysans n'auraient pu s'empêcher de faire sonner les cloches à l'arrivée de l'eau sur la place du village et les fées auraient aussitôt détruit leur ouvrage (cf. BAGNOUD & BARRAS 1980, QUAGLIA 1988, SCHÜLE 1995).

PRAPLAN 1991, BARRAS 1995). Ils ont certainement été abandonnés lors de la mise en service du Bisse du Roh et du Grand Bisse de Lens.

### *Le Grand Bisse de Lens ou Bisse de la Riouta*<sup>30</sup>

Ce bisse prend sa source à la Liène, au lieu-dit Louchelet, à 1100 m d'altitude. Il mesure 13.8 km en passant par le village d'Icogne, sous la colline du Châtelard, puis sur les hauts du village de Flanthey. Propriété d'un consortage, il permet l'irrigation de terrains situées sur les quatre communes de la Louable Contrée (203 ha de vignes et 97 ha de prairies), par gravité et par aspersion. Son débit maximal est de 300 l/s.

Décidée le 21 juillet 1448, par engagement du Prieur de Lens, sa construction est terminée avant 1450<sup>31</sup>. Il est actuellement en partie alimenté par un pompage de Lienne SA depuis le bassin de compensation de Croix (cf. fig. 6.3 et 6.4). La compagnie hydroélectrique entretient toutefois la partie du bisse située à l'amont de ce pompage, qui est parfois alimentée directement par le captage de la Liène. En 1960 est construit un réservoir circulaire à Visine, au N de Flanthey (601.180/124.770), ainsi qu'un réseau d'irrigation par aspersion ou gravitaire. En raison de nombreuses pertes le long de son tracé sous la colline du Châtelard et d'une rupture catastrophique survenue en 1982, faisant suite à divers éboulements entre 1978 et 1980, un tunnel remplace ce tronçon depuis 1983. D'un coût de 1.9 millions de francs (dont 1.4 million pour le percement du tunnel), cette rénovation a bénéficié d'une subvention cantonale et fédérale d'un million de francs sur la base de la Loi cantonale sur les améliorations foncières<sup>32</sup>. En 1995, un tronçon situé à l'W de Lens a également été amélioré pour des raisons de sécurité. Les travaux, devisés à 120'000 francs, ont été subventionnés à raison de 50 % par la Confédération et le canton<sup>33</sup>.

### *Le Sillonin ou Bisse de St-Léonard*

Ce bisse de 7.5 km prend sa source à basse altitude (950 m) et irrigue les prés et le vignoble de St-Léonard et des parties basses de la commune de Lens (Chelin, Flanthey). Il est mentionné dès 1368 (QUAGLIA 1988, KAISER 1996) et est propriété d'un consortage en deux parties, composé des ressortissants des communes de Lens et St-Léonard, à raison respectivement d'un tiers et deux tiers des droits d'eau depuis 1634 (QUAGLIA 1988). Dès le XVe siècle, il alimente également un moulin près d'Icogne (KAISER 1996). Depuis la mise en place de l'aménagement hydroélectrique de Lienne SA, la partie amont du bisse est désaffectée et la prise du canal se greffe directement dans la conduite forcée reliant le bassin de Croix et l'usine de St-Léonard (voir ci-dessous chap. 6.4).

<sup>30</sup> Ce nom provient d'une légende selon laquelle les gens d'Ayent qui s'opposaient à l'emplacement de la prise d'eau prévue par Lens proposèrent un duel entre un représentant d'Ayent et de Lens. Le vainqueur pouvait ainsi choisir l'emplacement de la prise d'eau. Ce duel, qui ressemblait à un combat de David contre Goliath, le représentant d'Ayent étant un colosse, tourna à l'avantage de Lens, dont le représentant réussit à faire trébucher son adversaire en l'encerclant d'une liane (appelée « riouta » à Lens) (selon BAGNOUD & BARRAS 1980, QUAGLIA 1988, SCHÜLE 1995, avec des versions quelque peu divergentes).

<sup>31</sup> Voir MUDRY (1932) et KAISER (1995, 1996) pour un aperçu des modalités du contrat et de la construction.

<sup>32</sup> *Tribune-Le Matin*, 30 avril 1981, *Sillon Romand*, 8 juin 1984.

<sup>33</sup> *Nouvelliste et Feuille d'Avis du Valais*, 11 mai 1995.

### *Le Bisse du Tsittoret*

Le Bisse du Tsittoret irrigue des terrains situés sur les communes de Mollens, Randogne, Venthône et Veyras, majoritairement des vignes. Construit à la fin du XVe siècle, il prend sa source à 1960 m dans la Tièche et a une longueur de 8 km. Sa construction a posé le problème de la propriété des eaux de la Raspille (voir ci-dessous, chap. 6.3). En effet, un premier canal, le Bisse de Dorby, est construit en 1434 (CONNE 1991). Mais les gens de Miège, Varone et Salquenen qui s'opposaient à la construction d'un quatrième bisse dans le bassin versant de la Raspille le détruisirent, ce qui donna lieu à un procès. Suite à de nouveaux aménagements effectués vers 1460, un second procès s'ouvrit en 1485 et se conclut en 1490 par la sentence de l'Evêque de Sion Josse de Silenen (voir ci-dessous, chap. 6.3), encore en vigueur à l'heure actuelle, qui partage l'eau de la Raspille en deux, la moitié pour les bisses de Varone et Salquenen (rive gauche) et l'autre moitié pour les canaux de Miège et de la Contrée de Sierre (rive droite). A l'aval des bisses de Varone, Salquenen et Miège, toute l'eau pouvait être perçue par les habitants de la rive droite (Contrée de Sierre). Ce n'est qu'après cette date que le bisse du Tsittoret, sur son parcours actuel, a pu être construit, tout comme le Bisse de Planige à plus basse altitude (cf. CONNE 1991)<sup>34</sup>. Géré à l'origine par un consortage (XVIe-XVIIIe), il devient communal au XIXe siècle, puis intercommunal au XXe siècle<sup>35</sup>.

Jusque dans les années 50, un canal, nommé bisse de la Barmaz, prolongeait le Tsittoret sur la rive droite de la Sinièse et alimentait un étang artificiel d'une capacité de 630'000 litres, la Goura, attesté dans les documents depuis 1597, et qui servait à alimenter les sources à l'aval<sup>36</sup>. En rive droite de la Raspille prennent également leur source deux autres aqueducs, les bisses de Planige et du Marais, qui irriguent les vignobles des communes basses de la Noble Contrée<sup>37</sup>.

### *Les étangs et le réseau secondaire*

En plus de ce réseau principal, le Haut-Plateau est sillonné de canaux secondaires, notamment dans la région de Cry d'Er-Chetseron, qui récoltent les eaux de fonte nivale (QUAGLIA 1988); ce bisse, parfois appelé Bisse de la Chau (cf. BAGNOUD & BARRAS 1980), n'est plus en fonction. Plus à l'aval, une série de cours d'eau fonctionnent comme décharges des bisses principaux (cf. REY en préparation). GUTERSOHN (1971) a clairement montré l'origine anthropique de ce réseau (cf. fig. 6.3). Les étangs semi-artificiels sont aussi anciens que les bisses. L'Etang de la Moubra est mentionné en 1371 déjà; celui du Louché dès 1393 (QUAGLIA 1988, PRAPLAN & PRAPLAN 1991).

<sup>34</sup> Cet auteur relève que les deux canaux n'apparaissent qu'assez tardivement dans les textes : le bisse de Planige en 1540 et celui du Tsittoret en 1560. Il pense toutefois que les deux aqueducs ont dû être construits assez rapidement après la sentence.

<sup>35</sup> Voir aussi Conne O. : *Le Tsittoret, bisse de la Contrée de Sierre*, Conférence donnée lors du Colloque international sur les bisses, Sion, 15-18 septembre 1994 (non publié).

<sup>36</sup> Conne O., *op. cit.*

<sup>37</sup> Voir à ce sujet CONNE (1991).

## Le bassin versant de la Printse

Tout comme le Haut-Plateau, le bassin versant de la Printse a fait l'objet d'une construction étagées de canaux d'irrigation (fig. 6.5). La rive gauche et la rive droite sont ainsi irriguées par respectivement quatre et cinq bisses. Sur les deux rives, le canal le plus récent (qui est également le plus élevé) construit au cours du XIXe siècle, a été abandonné. Les caractéristiques techniques de ces neuf aqueducs sont présentées au tableau de l'annexe 6.1. Je décris ci-dessous les quatre bisses de la rive gauche, ainsi que les bisses de Chervé, de Vex et de Baar sur la rive droite. Les deux bisses restants, qui n'arrosent pas de terrains situés sur la commune de Nendaz, ne sont pas pris en compte.

### *Les bisses d'En Haut, du Milieu et d'En Bas*

Ces trois canaux, dont la date de construction n'est pas connue, à part le Bisse du Milieu<sup>38</sup>, qui date de 1700, constituent un ensemble cohérent destiné à irriguer les terrains agricoles de l'épaulement de Nendaz. Ils s'étagent (prises) entre 1560 et 1390 m et ont tous trois une longueur assez similaire (entre 5 et 7 kilomètres) (cf. fig. 6.5). Le Bisse d'En Haut irrigue principalement les prairies et cultures de fraises et de framboises de Haute-Nendaz et Bieudron. Le Bisse du Milieu irrigue entre autres les champs de framboises du Bleusy et de Haute-Nendaz. Il a été partiellement canalisé dans les années 50, suite à la construction du barrage de Cleuson qui a provoqué un amoindrissement du colmatage naturel du bisse (CRÉTTOL 1998). Le Bisse d'En Bas irrigue les prés, les cultures de framboises et de fraises et les vergers de Basse-Nendaz et de Saclentse. L'irrigation à partir des trois canaux se fait soit de manière traditionnelle, soit par aspersion. Energie Ouest Suisse (EOS) garantit à chaque bisse un débit de 150 l/s pendant la période d'irrigation. Chacun des trois canaux est géré par un consortage.

### *Le Bisse de Saxon*

Cet aqueduc, d'une longueur de 32 km, est le plus long du Valais. Il prend sa source sous forme de deux prises dans la Printse de Cleuson et au Torrent de Tortin vers 1850 m et contourne les contreforts de la Dent de Nendaz, puis traverse le vallon de la Fare pour aller irriguer des terres agricoles situées sur la commune de Saxon. Construit laborieusement entre 1863 et 1876 (DELALOYE 1973)<sup>39</sup> et géré de manière communale, il subissait de nombreuses pertes d'eau et provoquait des difficultés et des coûts d'entretien élevés, notamment dans la traversée de zones en glissement de terrain en dessus d'Isérables<sup>40</sup>, à la charge de la seule commune de Saxon (ROBERT 1925, DELALOYE 1973)<sup>41</sup>. En 1963, il a été abandonné au profit d'un canal en tuyaux se greffant sur la conduite forcée Fionnay-Écône, propriété

<sup>38</sup> Le Bisse d'En Haut, également appelé Bisse Vieux, doit être le plus ancien.

<sup>39</sup> Cet auteur décrit les modalités de la concession accordée par la commune de Nendaz, qui garantit 23'000 litres/min. « aussi longtemps que la commune de Saxon voudrait utiliser les eaux de la Printse pour ses besoins d'irrigation » (DELALOYE 1973). En contrepartie, les ouvriers pour la construction et l'entretien du canal devaient être recrutés dans la commune de Nendaz. La commune de Riddes bénéficie également d'un droit d'eau sur ce bisse (cf. ROBERT 1925, DELALOYE 1973). DELALOYE (1973) présente également les procès entre la commune de Saxon et les entrepreneurs qui émaillèrent les travaux.

<sup>40</sup> Voir à ce sujet la carte géomorphologique de CRITIN & JUNGO (1998).

<sup>41</sup> Cet auteur reproduit intégralement le règlement communal d'utilisation du bisse de Saxon.

des Forces Motrices de Mauvoisin (FMM)<sup>42</sup>. Cette nouvelle construction a nécessité la signature d'une double convention d'une part entre la commune de Saxon et EOS, qui stipule qu'EOS peut disposer librement des eaux de la Printse cédée en son temps à Saxon, et entre EOS et les FMM, qui régit la cession à la commune de Saxon par les FMM des quantités d'eau nécessaires à son irrigation contre la fourniture aux FMM par EOS de 3 kWh par mètre cube d'eau livrée (DELALOYE 1973). Il fait actuellement l'objet d'une remise en eau partielle à vocation touristique dans la région des Mayens-de-Riddes/La Tsoumaz (REYNARD 1998a, BAUD 1998).

### *Le Bisse de Baar*

Ce bisse compte parmi les plus vieux canaux de la région. Il a été construit en 1456 durant la grande phase de creusement de canaux du XVe siècle<sup>43</sup>, plus ou moins en même temps que les bisses de Salins (1435) et de Vex (1453). Géré par un consortium, il est encore en activité et irrigue des prairies et des vergers situés sur les communes de Nendaz, Salins et Sion. Dans la première moitié du XXe siècle, son tracé, long de 6 km, a subi de nombreuses modifications, notamment en 1919 et 1948. En 1949, sa prise d'eau a été abaissée de 964 m à 840 m (PAPI & BRUNILLI 1991). Actuellement, il mesure 6 km, dont seulement deux sont à l'air libre (ZUPPINGER 1998).

### *Le Bisse Tarin (ou Bisse de Brignon)*

Non mentionné dans l'inventaire du SAT (1993), ce canal, endigué dans sa partie amont, capte les eaux de la Printse à Beuson et irrigue après un parcours de 3 km des terrains situés dans la région de Baar.

### *Le Bisse de Salins*

Construit en 1435, ce bisse capte les eaux de la Printse à 1180 m, à l'amont de Beuson, puis parcourt un trajet de 12 km jusqu'à Maragnenaz en dessus de Sion, dont deux tiers en galeries (ZUPPINGER 1998). Il est principalement alimenté par les affluents de la rive droite de la Printse. Les terrains irrigués sont des prairies, des framboisiers et des vergers situés sur les communes de Nendaz (Beuson) et de Salins. Depuis 1997, une partie de sa gestion est passée d'un consortium à la commune de Salins.

### *Le Bisse de Vex*

Ce bisse construit à partir de 1453 a été abandonné en 1971 à l'exception de quelques tronçons. Il était géré par un consortium, toujours existant, et irriguait des terres situées sur les communes de Nendaz, Veysonnaz, Les Agettes et Vex. Depuis 1991, il fait l'objet de travaux de remise en eau à vocation touristique et agricole.

<sup>42</sup> Déjà dans les années 20, le canal avait risqué d'être abandonné. En effet, durant les trois étés pluvieux de 1918-1920, la plupart des propriétaires n'avaient pas irrigué leurs terrains et avaient négligé l'entretien. Durant la sécheresse de 1921, le canal dut être remis en état en catastrophe (DELALOYE 1973).

<sup>43</sup> PAPI & BRUNILLI (1991) reproduisent intégralement la convention signée le 12 avril 1456 entre les gens de Brignon d'une part et d'autre part l'Evêque de Sion et les consorts d'Arvillard et Turin (Salins).

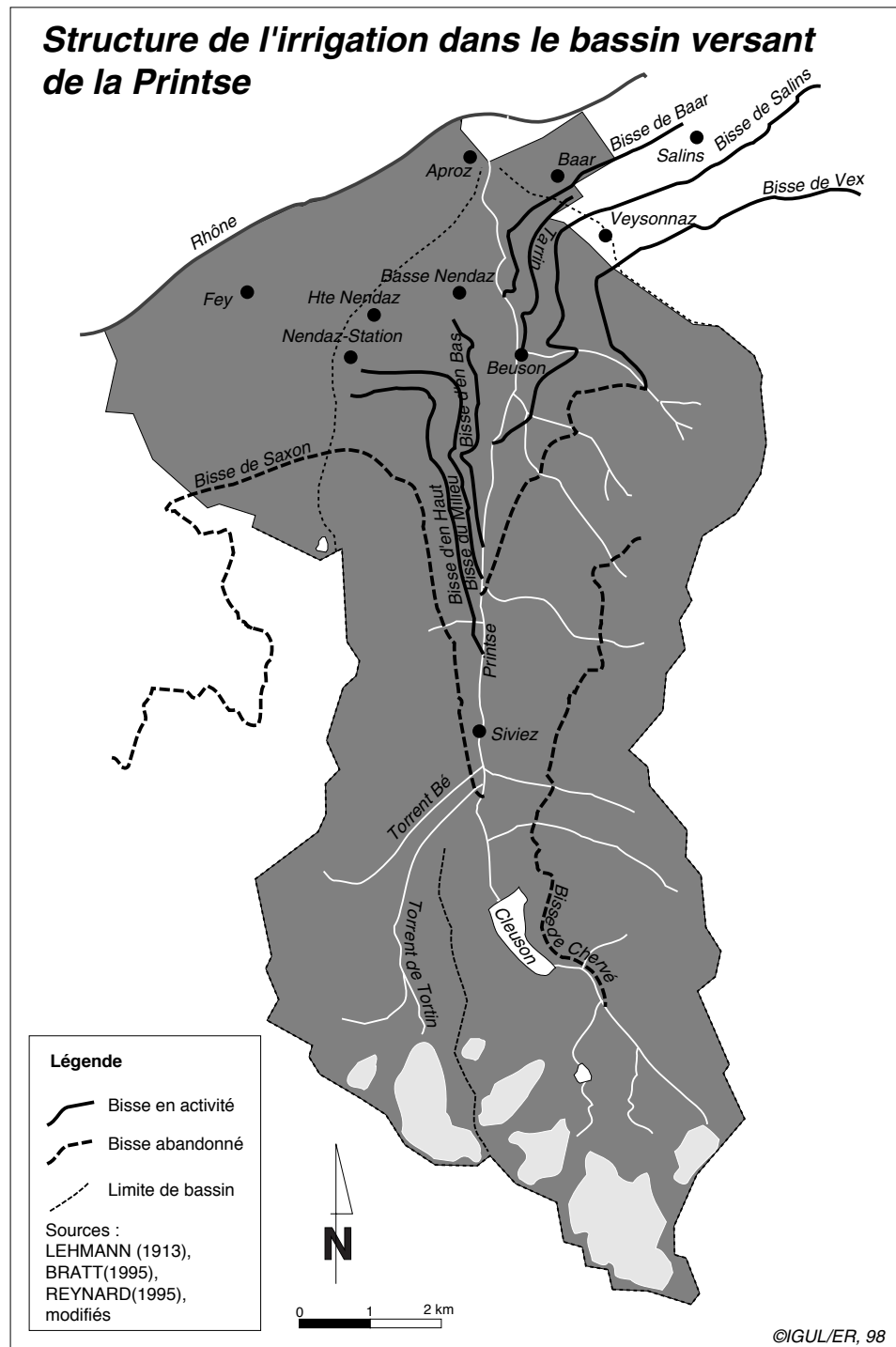


Fig. 6.5 Structure de l'irrigation dans le bassin versant de la Printse

#### Le Bisse de Chervé

Construit à haute altitude en 1862, ce bisse de 15 kilomètres, qui irriguait des terrains à Nendaz, Veysonnaz et aux Agettes, a été abandonné car il nécessitait des travaux d'entretien énormes rendant son exploitation non rentable. Il subsiste maintenant un chemin pédestre

et des vestiges de murs et d'un tronçon suspendu en bois sur les hauts de Siviez.

## 6.2.5 Les quantités d'eau utilisées

### Le Haut-Plateau

Sur le Haut-Plateau, les débits réservés aux bisses durant la période d'irrigation depuis la mise en place de l'aménagement hydroélectrique de Lienne SA sont de 250 l/s pour le Tunnel du Mont Lachaux, de 300 l/s pour le Grand Bisse et de 200 l/s pour le Sillonin<sup>44</sup> (cf. annexe 6.1). Au Tsittoret, le débit maximal réservé correspond au 1/9 du débit de la Tièche au niveau du verrou de la Tièche<sup>45</sup>, soit 120 l/s en juin (selon l'estimation des débits moyens de la Raspille, Communauté des bureaux d'ingénieurs MONTANI, RUDAZ, TEYSSIERE & CANDOLFI 1991). Sur cette base, on peut calculer la quantité d'eau maximale utilisable pour les besoins d'irrigation, qui s'élève à environ **12 millions de m<sup>3</sup>/an** (DROSER 1999). Il s'agit de valeurs théoriques. Dans la réalité, les débits réellement utilisés sont nettement plus faibles (voir ci-dessous et annexe 6.1 pour le détail).

Sur le Haut-Plateau, CROOK (1997) a procédé à des mesures de débits sur les bisses de Lens, du Tsittoret et du Sillonin durant la saison d'irrigation 1995 (voir les résultats en annexe 6.1). Il note tout d'abord la forte variabilité de l'usage en fonction des conditions météorologiques<sup>46</sup>. La demande maximale a lieu en juillet et août. Durant la saison d'irrigation 1995, les débits maximaux hebdomadaires mesurés ont été les suivants (CROOK 1997) : 207 l/s au Tsittoret, 148 l/s au Sillonin, 266 l/s au Grand Bisse de Lens. Un bisse d'altitude comme le Tsittoret n'entre en fonction qu'à la fin du mois de juin. Pour le Grand Bisse de Lens, CROOK (1997) a montré qu'entre 1986 et 1995, la consommation annuelle maximale a été de 1.94 million de m<sup>3</sup> en 1989, représentant à peu près une fois et demie la moyenne décennale. Sur cette base, on peut considérer que **les besoins pour l'irrigation en année sèche sont à peu près 1.5 fois supérieurs aux besoins moyens** (cf. annexe 6.1).

CROOK (1997) remarque également que les quantités d'eau utilisées au Grand Bisse de Lens sont nettement plus élevées qu'au Sillonin pour une surface irriguée à peu près identique (300 ha). Dans le premier cas, la consommation est de 3700 m<sup>3</sup>/ha; dans le second, elle s'élève à peine à 1800 m<sup>3</sup>/ha. Cela s'explique par la différence de type de cultures, principalement des herbages pour le Grand Bisse de Lens et des vignes pour le Sillonin. On remarquera toutefois que ces moyennes sont à peu près trois fois inférieures aux valeurs moyennes exprimées par MÜLLER (1946). Certainement que le passage de l'irrigation gravitaire à l'irrigation par aspersion y est pour quelque chose, tout comme la diminution des quantités produites, notamment en ce qui concerne la vigne, ainsi que l'extensification des zones de prairies.

<sup>44</sup> Entretien du 16 mars 1998 avec M. Jacques Bagnoud, Président d'Icogne et communication écrite de Lienne SA.

<sup>45</sup> Communication orale de M. John Meichtry, garde du bisse, 4 février 1999.

<sup>46</sup> Ainsi, par exemple entre 1986 et 1995, la période réelle d'irrigation au Grand Bisse de Lens a oscillé entre 61 et 142 jours par saison (CROOK 1997).

Pour 1995, les quantités écoulées sont de 1.1 million de m<sup>3</sup> au Grand Bisse de Lens, de 975'000 m<sup>3</sup> au Tsittoret et de 556'000 m<sup>3</sup> au Sillonin (CROOK 1997). La moyenne du Grand Bisse de Lens est légèrement inférieure à la moyenne décennale (1.13 million de m<sup>3</sup>). On peut donc considérer les valeurs de 1995 comme étant représentatives d'une année moyenne. Pour le Tunnel du Mont-Lachaux, les débits écoulés moyens ont été évalués à 2.13 millions de m<sup>3</sup> par année par le Consortium d'ingénieurs REY-FAVRE-BONVIN-CORDONNIER (1984).

Sur cette base, on peut évaluer les **besoins annuels moyens en eau d'irrigation sur le Haut-Plateau à environ 5 millions de m<sup>3</sup> en année normale et 7.5 millions de m<sup>3</sup> en année sèche** (facteur de 1.5) (cf. annexe 6.1, pour le détail).

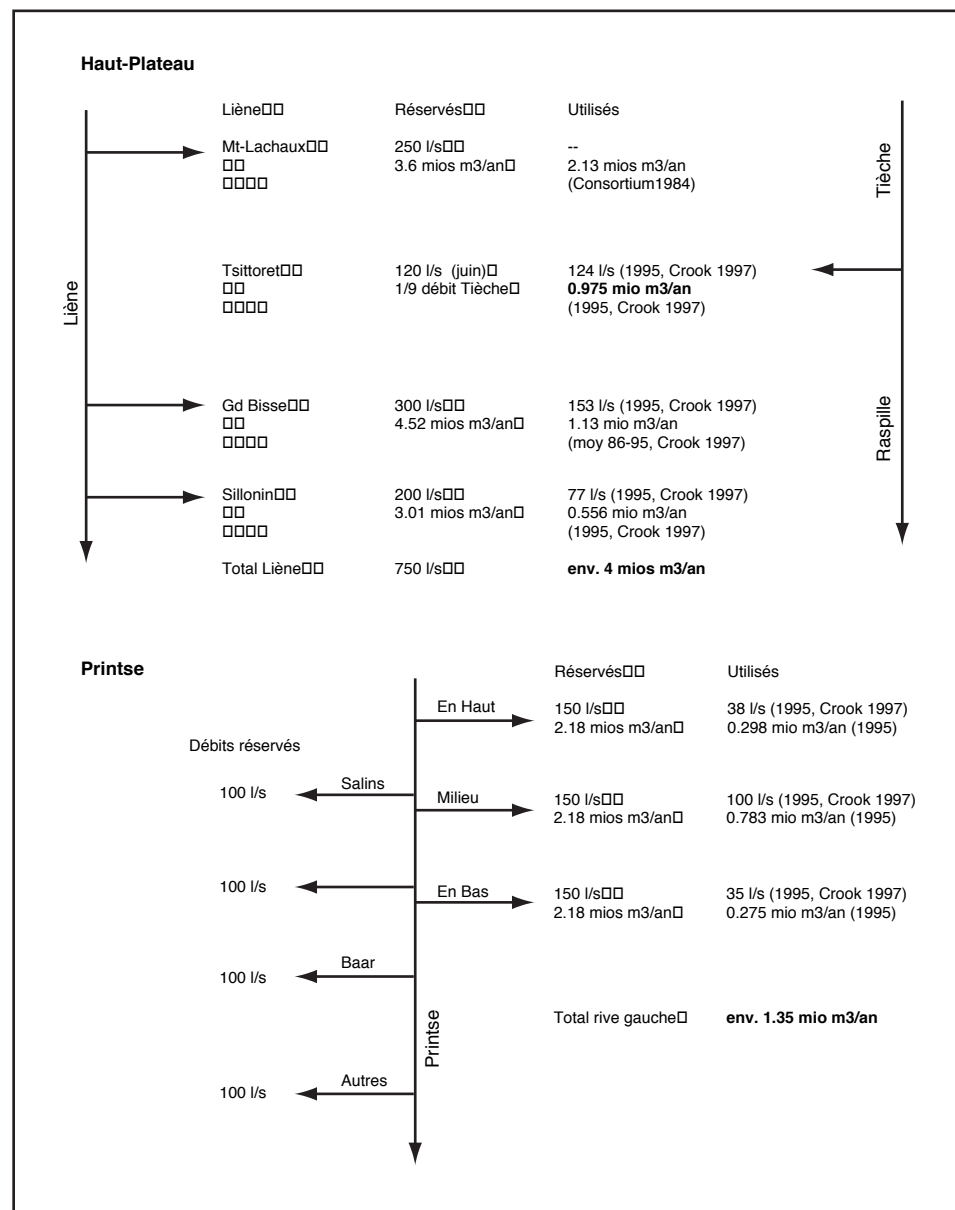


Fig. 6.6 Besoins en eau d'irrigation dans les deux stations.



## Le bassin versant de la Printse

Dans le bassin versant de la Printse, les débits réservés sont de 150 l/s pour les bisses du Haut, du Milieu et d'En Bas, et de 100 l/s pour les bisses de Baar, Tarin et Salins. 100 l/s supplémentaires sont accordés par EOS pour les autres bisses de moindre importance (cf. annexe 6.1). Les débits réservés peuvent sur cette base être estimés également à 12 millions de m<sup>3</sup> par année. Il s'agit de valeurs théoriques. Dans la réalité, les débits réellement utilisés sont nettement plus faibles. En mai et août, seuls 40 % des débits disponibles sont utilisés, en juin et juillet, l'utilisation réelle représente 80 % de l'eau disponible et en septembre, elle n'est plus que de 30 % (CROOK 1997).

CROOK (1997) a mesuré l'évolution des débits sur les bisses d'En Haut, du Milieu et d'En Bas durant la saison d'irrigation 1995 (voir les résultats en annexe 6.1). Les débits hebdomadaires maximaux ont été de 75 l/s au Bisse d'En Haut, de 149 l/s au Bisse du Milieu et de 53 l/s au Bisse d'En Bas. Pour l'ensemble de la saison, les débits écoulés ont été de 298'000 m<sup>3</sup> au Bisse d'En Haut, de 783'000 m<sup>3</sup> au Bisse du Milieu et de 276'000 m<sup>3</sup> au Bisse d'en Bas (cf. fig. 6.6).

En conclusion, selon les mêmes bases que pour les bisses du Haut-Plateau, je considère que **les besoins en eau d'irrigation sur la rive gauche de la Printse sont de l'ordre de 1.35 million de m<sup>3</sup> en année normale et d'environ 2 millions en année sèche**. A cela, il faut ajouter les prélèvements pour la rive droite, pour lesquelles on ne dispose pas de données chiffrées.

### 6.2.6 Les acteurs

L'irrigation et l'entretien des réseaux décrits ci-dessus font intervenir quatre groupes d'acteurs différents : les consortages, les administrations communales, les services cantonaux et fédéraux des améliorations foncières et les groupements associés aux travaux de réfection de bisses à des fins touristiques.

#### Les consortages et les administrations communales

Comme cela apparaît très bien au tableau de l'annexe 6.1, tous les bisses drainant les deux stations sont gérés par des **consortages**, à l'exception du Tsittoret dont la gestion est du ressort de la commune de Mollens. Ce sont ces consortages qui sont les gestionnaires du point de vue agricole; ce sont eux qui distribuent l'eau et qui entretiennent le réseau. Leurs droits reposent sur des pratiques remontant de plusieurs siècles dans le temps, généralement sanctionnées par des actes écrits dont beaucoup ont encore valeur de référence actuellement. Les consortages d'irrigation sont **emblématiques d'une gestion communautaire très codée d'une ressource naturelle, l'eau**. Les observateurs des bisses valaisans au début de ce siècle (voir par exemple HOPFNER 1898, LEHMANN 1920, VAUTIER 1942, MARIETAN 1948, etc.) n'ont d'ailleurs pas manqué de relever la

minutie avec laquelle les consorts organisaient les tours d'eau, les travaux d'entretien et de réfection, la garde et la surveillance du canal etc., dans le but de limiter les conflits entre utilisateurs et d'assurer une utilisation la plus rationnelle possible de la ressource.

Au cours du XXe siècle, l'organisation très stricte et hiérarchisée de l'irrigation qui avait perduré jusque là s'est trouvée mise à mal par l'émergence de nouveaux besoins, notamment en matière de production d'énergie, par le **démantèlement des terres agricoles** d'altitude et d'une partie du réseau de distribution, ainsi que par le remplacement du canal principal par des tunnels et des conduites. La pression sur la ressource transportée sur le canal principal s'est relâchée. Il en est souvent résulté un **relâchement des travaux d'entretien** et l'**abandon de certaines portions** de bisses.

Les consortages se sont également retrouvés, notamment au début de ce siècle, en concurrence avec de **nouvelles attributions données aux administrations publiques**<sup>47</sup>.

Sur la base d'exemples pris dans les deux régions d'étude, j'essaie de mettre en évidence quelles sont actuellement les **attributions respectives** des consortages et des communes dans la gestion des aqueducs et des réseaux d'irrigation et d'analyser si la **hiérarchisation** très stricte des fonctions a perduré au cours de ce siècle ou au contraire si de nouvelles formes d'organisation ont vu le jour ?

### *Le Bisse du Roh et le Tunnel du Mont Lachaux*

Actuellement, le tunnel du Mont Lachaux est possédé par un consortage qui réunit les représentants des sections de Chermignon et Montana et des communes d'Icogne et de Lens, où les consorts ont cédé leurs droits à la commune. Dans ces deux communes, ce sont les services communaux qui distribuent l'eau aux irrigants<sup>48</sup>. Dès 1958, les tours d'irrigation qui étaient répartis selon des droits personnels sont partagés selon les surfaces à irriguer (QUAGLIA 1988).

A **Lens**, en raison du développement de Crans et de l'abandon progressif des terres agricoles, le consortage s'est éteint, sans qu'il n'y ait eu de dissolution formelle<sup>49</sup>. L'entretien des bisses principaux a été progressivement repris par la commune, notamment pour limiter les risques d'inondation par obstruction des bisses non entretenus. Le processus a été accéléré par la pose d'une conduite souterraine communale depuis le lac des Miriougues. Au moment de la construction de ce nouveau réseau, certains citoyens s'étaient insurgés contre cet accaparement des droits du consortage par la commune. Cette opposition a été levée en raison de l'impossibilité de réunir les consorts, dont la plupart ne travaillent plus leurs propriétés.

<sup>47</sup> Voir à ce sujet l'analyse de DESLARZES (1995, 1998) qui présente l'évolution des consortages villageois dans la vallée de Bagnes, mettant en évidence le lent glissement du pouvoir de ces consortages vers l'administration centrale communale. Voir également KÄMPFEN 1965 et HERITIER (1998).

<sup>48</sup> Sur la commune de Lens, l'eau d'irrigation du Mont Lachaux est gratuite et il n'y a plus de tours d'eau. L'irrigant doit simplement demander une livraison d'eau au directeur des travaux publics de la commune.

<sup>49</sup> Entretien du 12 mars 1988 avec M. Jean-Luc Emery, Service technique de la Commune de Lens, également pour ce qui suit.

A **Montana**, le consortage est encore existant, mais la distribution de l'eau est assurée par les services communaux<sup>50</sup>. A **Chermignon**, la distribution est assurée par le consortage. Toutefois, une certaine confusion existe dans la mesure où le **président du consortage est la même personne que le responsable de la distribution de l'eau à l'administration communale**. Il y a donc clairement un regroupement du pouvoir, d'autant plus que les eaux stockées dans le lac de Chermignon (130'000 m<sup>3</sup>) appartiennent conjointement à la commune et au consortage de Chermignon durant la période d'irrigation<sup>51</sup>. La moitié supérieure du lac appartient au consortage. Ainsi, toute l'eau utilisée par la commune durant cette période (pour l'eau potable) lui est facturée par le consortage, car les retraits réduisent d'autant la part disponible pour l'irrigation. Au 30 septembre, l'eau restant en dessus de la limite médiane du lac est également facturée à la commune, car elle est considérée comme une réserve pour l'utilisation hivernale<sup>52</sup>.

Le consortage de Chermignon assure également la livraison de l'eau pour l'arrosage du **golf de Crans**<sup>53</sup>. Aucune convention écrite ne régit ce type d'apports. Il n'y a pas de véritable facturation. Si les quantités d'eau livrées au golf interfèrent avec les besoins en eau pour l'irrigation agricole, une facture est adressée par le consortage aux trois communes partenaires du golf, à savoir Lens, Chermignon et Icogne. Dans le cas contraire, aucune facturation n'est effectuée et la livraison de l'eau est ainsi assurée **gratuitement**. Si en fin d'automne les réserves du lac de Chermignon sont trop réduites en raison de l'irrigation du golf et que la commune de Chermignon doit compléter ses réserves hivernales en eau potable par un achat d'eau à Lienne SA, une participation financière est demandée aux deux communes partenaires. Ce cas rare s'est produit une fois au cours des dix dernières années.

Le bisse du Roh, ayant perdu sa fonction d'irrigation, le consortage ne se soucie plus de son entretien et depuis 1949, c'est la Société de développement de Crans<sup>54</sup> qui assure l'entretien du chemin qui le longe, pour des raisons touristiques uniquement.

### *Le Grand Bisse de Lens*

A l'origine, le canal était géré par la Grande Bourgeoisie de Lens et son cours divisé en douze tronçons entretenus à raison de trois par sections, dont chacune avait droit à l'eau quatre jours et quatre nuits consécutifs (QUAGLIA 1988). Le règlement subit ensuite de nombreuses modifications<sup>55</sup>. A partir de 1963, le bisse est géré par un comité de quatre personnes (une par commune) et un président, les questions majeures incombant au Conseil de la Grande Bourgeoisie (QUAGLIA 1988). Dès 1980, la Grande Bourgeoisie cède ses droits à un comité de

<sup>50</sup> Communication orale de M. Sylvain Bonvin, Directeur des travaux publics, Commune de Chermignon.

<sup>51</sup> Durant l'hiver, toute l'eau appartient à la commune de Chermignon (communication orale de M. Sylvain Bonvin, Directeur des travaux publics, Commune de Chermignon, 12 mars 1998).

<sup>52</sup> Entretien du 12 mars 1998 avec M. Sylvain Bonvin, Directeur des travaux publics, Commune de Chermignon.

<sup>53</sup> Entretien du 12 mars 1998 avec M. Sylvain Bonvin, Directeur des travaux publics, Commune de Chermignon, également pour ce qui suit.

<sup>54</sup> Actuellement Crans-Montana Tourisme.

<sup>55</sup> Voir à ce sujet la brochure éditée par la commune de Lens à l'occasion de l'inauguration du tunnel du Châtelard le 26 mai 1984. Y sont reproduits la convention de 1448, les arrêts du bisse de 1457, 1698, 1914 et les statuts de 1980 (Commune de Lens 1984). Voir également EICHENBERGER (1940), p. 38.

13 membres, qui se constitue en consortage de droit privé (QUAGLIA 1988) et qui gère actuellement le bisse. Chaque commune, ainsi que la communauté de Chermignon d'en Bas, ont chacune un représentant, les autres membres du comité étant élus par les consorts. Tout comme pour le tunnel du Mont Lachaux, les droits d'eau sont maintenant répartis selon les surfaces à irriguer.

Chaque section garde une certaine autonomie. La distribution de l'eau est donc différente d'une commune à l'autre. A **Lens**, le consortage ne s'occupe plus que de l'entretien<sup>56</sup>, la distribution de l'eau étant assurée par les services communaux<sup>57</sup>. Cette évolution a été favorisée par le fait que le réservoir de Visine et le réseau d'irrigation sous pression qui en dépend ont été construits par la commune. Ainsi, le bisse principal appartient toujours au consortage, alors qu'une partie des aménagements de distribution est propriété de la commune. L'eau est livrée gratuitement, sans contrôle. A **Chermignon**, l'entretien est assuré par la commune, alors que la distribution de l'eau est du ressort du consortage<sup>58</sup>.

### *Le Sillonin*

Tout comme pour le tunnel du Mont Lachaux et le Grand Bisse de Lens, les droits d'eau sont maintenant répartis selon les surfaces à irriguer et non plus selon des droits personnels (PRAPLAN & PRAPLAN 1991). L'irrigation se répartit à raison de 10 jours pour Lens et 10 jours pour St-Léonard (GISIGER 1997).

### *Le Tsittoret*

Géré à l'origine par un consortage (XVIe-XVIIIe), il devient communal au XIXe siècle, puis intercommunal au XXe siècle. C'est la commune de Mollens qui en assure la gestion<sup>59</sup>. Une fois par année, les communes partenaires participent à un travail de curage avant le 20 juin, période de la mise en eau. De la fin juin à la fin septembre, c'est également la commune de Mollens qui se charge du contrôle et de l'entretien du bisse durant la période d'irrigation. Depuis 1995, la commune de Mollens a nommé un garde du bisse, notamment chargé d'assurer la sécurité de l'irrigation et des activités touristiques le long du canal. Auparavant, ce travail était effectué par un employé communal. Les frais d'entretien sont assurés conjointement par les différentes communes partenaires. Ils ont représenté au cours de ces dernières années environ 200'000 francs par année.

### *Les bisses d'En Haut, du Milieu et d'En Bas*

Tous trois sont encore en activité et sont gérés par trois consortages différents. Les droits d'eau appartiennent à des propriétaires de Nendaz. L'entretien et la distribution de l'eau sont assurés par les différents consortages. Toutefois, en raison du désengagement de certains consorts et des problèmes juridiques liés à un possible mauvais

<sup>56</sup> L'entretien de la partie amont du bisse, jusqu'au pompage depuis le bassin de Croix, est assurée par Lienne SA.

<sup>57</sup> Entretien du 12 mars 1998 avec M. Jean-Luc Emery, Service technique de la Commune de Lens.

<sup>58</sup> Entretien du 12 mars 1998 avec M. Sylvain Bonvin, Directeur des travaux publics, Commune de Chermignon.

<sup>59</sup> Entretien du 12 mars 1998 avec M. Armand Berclaz, Président de Mollens, également pour ce qui suit.

entretien, certains consortages ont demandé que la gestion de leur bisse soit reprise par les services communaux<sup>60</sup>. C'est le cas notamment du Bisse du Milieu qui a déposé une demande de reprise par la commune en raison de l'ampleur et des coûts des travaux de réfection et du manque de motivation des consortes (CRETOL 1998). Pour l'instant aucune décision formelle n'a été prise, du fait de la charge financière qu'une telle reprise représente pour la commune. Celle-ci a toutefois accepté d'assurer la surveillance du canal en dehors de la période d'irrigation (CRETOL 1998). Parallèlement à ces démarches entreprises au niveau des consortages, l'administration communale a proposé vers le milieu des années 80 à certains propriétaires privés qui conservaient des droits qui n'étaient plus liés à des propriétés (construites par exemple) de racheter leurs droits. Plusieurs dizaines de propriétaires ont ainsi cédé (gratuitement) leurs droits à la commune. Ils étaient ainsi exemptés des devoirs liés à ces droits (cotisations par exemple). Ce mouvement s'est arrêté au moment du lancement du projet hydroélectrique Cleuson-Dixence, certainement en raison d'une prise de conscience que ces droits d'eau personnels peuvent conserver une certaine valeur à long terme, indépendamment de leur valeur pour l'irrigation.

Le Bisse du Milieu traverse par ailleurs le périmètre de protection de la **source des Bouillets**, captée depuis le 1er janvier 1996 par l'entreprise de production d'eaux minérales SEBA Aproz SA (voir ci-dessous, chap. 6.5). Lorsque la commune de Nendaz a mis à l'enquête publique le projet de zone de protection de cette source (28 février 1997), mentionnant entre autres que les propriétaires devaient veiller à éviter toute pollution du bisse à l'amont du captage, le consortage a aussitôt fait opposition, en argumentant que le tracé du bisse était préexistant à tout captage, que l'irrigation est une tâche d'intérêt public essentielle, que les bisses ne sont pas étanches et que le bisse du Milieu fonctionne comme collecteur d'eaux de surfaces qui peuvent être polluées, mais que le contrôle de ces déversements n'est pas du ressort du consortage, mais de la commune (CRETOL 1998)<sup>61</sup>. Par conséquent, le consortage refuse toute responsabilité quant à d'éventuelles pollutions<sup>62</sup>, d'autant plus qu'aucune compagnie d'assurance n'est disposée à assurer un tel risque compte tenu des coûts potentiels en cas de dommage. Le consortage demande donc une « décharge officielle explicite » et que la commune prenne en charge les travaux pour éviter tout risque de pollution. La meilleure solution serait, à ses yeux, la mise sous tuyaux du bisse à l'amont du captage, mesure malheureusement contraire aux directives du Plan directeur cantonal. Le problème a finalement pu être résolu par la négociation<sup>63</sup>.

---

<sup>60</sup> Entretien du 11 mars 1998 avec M. Simon Germanier, Secrétaire communal de Nendaz, également pour ce qui suit.

<sup>61</sup> Egalement pour ce qui suit.

<sup>62</sup> Des eaux usées d'une laiterie et de particuliers sont déversés sans épuration dans le canal à l'amont du captage (CRETOL 1998).

<sup>63</sup> Communication orale de Mme D. Salamin, Service de la protection de l'environnement de l'Etat du Valais (2 février 1999).

### *Le Bisse de Baar*

L'évolution de la structure administrative de ce bisse a été étudiée par PAPI & BRUNILLI (1991)<sup>64</sup>. Jusqu'en 1948, le canal était géré par deux consortages indépendants : le consortage de Nendaz et celui de Salins. Le 5 janvier 1949, le Conseil d'Etat homologue les statuts d'une nouvelle société de droit cantonal, le Consortage du Bisse de Baar<sup>65</sup>, dont les organes sont l'assemblée générale et un comité se composant du directeur des travaux, chargé de l'entretien, du secrétaire-caissier, du garde du bisse et des vérificateurs de compte.

En 1979, les organes ont été modifiés dans le sens d'une plus grande hiérarchisation. Actuellement ne subsistent que deux fonctions : le responsable du bisse et le garde. Les deux personnes accomplissent leur charge de manière bénévole. L'assemblée générale qui est toujours convoquée une fois par année se caractérise par un fort taux d'absentéisme, d'autant plus marqué que la partie aval du bisse (Salins) se situe dans une zone de forte suburbanisation (PAPI & BRUNILLI 1991). Très récemment, le comité du bisse a approché la commune de Salins pour que cette dernière assure la gestion du bisse<sup>66</sup>.

### *Le Bisse de Salins*

La gestion de ce bisse a été reprise par l'administration communale de Salins au début des années 90 à la suite de la démission du comité du consortage<sup>67</sup>. Personne ne voulant créer un nouveau comité, c'est maintenant la commune qui assure l'administration et tient les comptes du consortage. Ce dernier existe toujours, tout comme l'assemblée générale annuelle. Les nouveaux gestionnaires du bisse sont assez empruntés sur les options à prendre pour l'avenir, notamment en matière de droits d'eau, beaucoup d'anciens propriétaires ayant conservé des droits, et donc des obligations envers le consortage, tout en ayant vendu leurs propriétés. Une option serait de modifier les statuts en abrogeant le système des droits d'eau et en le remplaçant par un système de cotisations en fonction de la consommation, mais ce nouveau mode de faire s'assortirait automatiquement d'un renchérissement des charges pour les utilisateurs.

### *Le Grand Bisse de Vex*

Géré par un consortage, le Bisse de Vex a été abandonné en 1971 à l'exception de quelques tronçons. De petits consortages d'irrigation ont perduré, notamment aux Agettes et à Clèbes. Le consortage du Grand Bisse existe toujours, mais il a cédé ses droits d'eau aux communes de Salins et des Agettes (CRETOL 1998). Ces dernières font partie<sup>68</sup>, au même titre que les communes de Nendaz, Veysonnaz, Vex et Sion, que la Bourgeoisie de Sion et que les sociétés de développement des Mayens-de-Sion, des Agettes, de Thyon-Les Collons, de Veysonnaz, de Sion et

---

<sup>64</sup> Desquels je reprends ce qui suit.

<sup>65</sup> PAPI & BRUNILLI (1991) reproduisent les statuts de ce nouveau consortage.

<sup>66</sup> Entretien téléphonique du 23 septembre 1998 avec M. Fournier, Administration communale de Salins.

<sup>67</sup> Entretien téléphonique du 23 septembre 1998 avec M. Fournier, Administration communale de Salins, également pour les renseignements qui suivent.

<sup>68</sup> Contrairement au consortage.

de Nendaz du « Comité d'initiative pour la remise en eau du Grand Bisse de Vex » créé en 1989 avec comme objectif la remise en eau totale du canal. Le comité d'initiative, constitué essentiellement de bénévoles, s'est doté d'un comité directeur, composé de cinq membres. Le président du comité directeur est également président de la Société de développement des Mayens-de-Sion (CRETOL 1998). A la fin des travaux, le comité d'initiative devrait être dissous.

Les travaux n'étant pas encore terminés, aucune organisation formelle de distribution d'eau n'a pour l'instant été mise en place. Des demandes de la part d'une vingtaine de propriétaires ont déjà été adressées au comité d'initiative et un consortium sauvage s'est organisé à Veysonnaz (CRETOL & JEANNERET 1998). Un garde du bisse a également été nommé.

## Les services des améliorations foncières

On l'a vu ci-dessus, notamment dans l'analyse du cas du bisse du Roh, le Service cantonal des **améliorations foncières** a joué un rôle de premier plan dans la **modernisation** des réseaux hérités du XIXe siècle. Il a tout d'abord étudié les nouvelles possibilités techniques (galeries, bisses-siphons) amenées à remplacer les tronçons les plus chers à l'entretien<sup>69</sup>, puis subventionné ces travaux, ainsi que les remembrements parcellaires (ex. Miège) assortis de mises sous tuyaux des canaux dans le but de limiter les pertes par infiltration. Il a également développé l'irrigation par aspersion. Actuellement, les subventions en matière d'irrigation s'orientent vers la **préservation des paysages traditionnels**. Pratiquement tous les bisses des deux régions étudiées ont pu bénéficier de subventions octroyées dans le cadre des améliorations foncières depuis les années 50 (cf. tabl. 6.1).

Il apparaît dans ce tableau que nombre de subventions ont été attribuées dans les années 70 et que certains bisses (Sillonin, Bisse de Salins, Grand Bisse de Lens) ont bénéficié de financements substantiels octroyés dans le cadre d'un programme d'entretien et d'améliorations étalé dans le temps. Lorsque des subventions fédérales et cantonales sont octroyées, elles représentent environ la moitié des frais effectifs. Il faut encore remarquer que le Grand Bisse de Vex a bénéficié récemment de trois tranches de subventionnement dans le cadre d'un programme de remise en eau du bisse (cf. ci-dessous, chap. 6.6).

Actuellement, seules les rénovations qui maintiennent l'installation à ciel ouvert sont subventionnées<sup>70</sup>. Cela n'a pas toujours été le cas, comme le souligne MICHELET (1995b) : durant ces trente dernières années, l'entretien des bisses a fait appel « à des technologies relativement dures. Les méthodes tendent aujourd'hui à s'adoucir ». Le subventionnement par le biais des améliorations foncières se limite toutefois aux aspects visant à maintenir le bisse comme structure agricole, comme le suggère la fig. 6.2 et les cas des bisses de Vercorin, du Ricard et de Vex étudiés par CRETOL & JEANNERET (1998). Une

<sup>69</sup> La plupart des synthèses sur l'irrigation rédigées au tournant du siècle sont le produit d'ingénieurs de l'Etat du Valais, comme par exemple BLOTNITZKI 1871, RAUCHENSTEIN 1908, SCHNYDER 1924.

<sup>70</sup> Interview de M. Paul Broccard, du Service cantonal des améliorations foncières, *Agri*, 24 juin 1995.

remise en eau ou un entretien à vocation purement touristique ou écologique ne peuvent pas bénéficier de telles subventions.

Bisse	Année	Dépenses	Subv. SCAF	Subv. SFAF	Remarques
Sion	1973	26'800	7'400		
	1974	17'800	3'900		
	1977	115'700	22'100	23'600	
Ayent	1970	70'000	32'700	17'500	
	1972	146'800	36'200	37'500	
	1975	92'500	24'100	25'000	
	1984	208'200	60'000	56'250	
Clavau	1990	183'000	53'300	42'000	
Mont-Lachaux	---				excepté percement du tunnel (1949)
Grand Bisse de Lens	1976	219'400	58'200	63'250	
	1979	67'300	13'500		
	1985	1'718'900	511'000	410'600	Percement tunnel
	1987	249'800	52'500	56'250	
	1996	150'000	31'500	47'250	
Sillonin	1962	63'200	19'500	19'500	
	1964	14'500	3'250	4'650	
	1971	146'000	33'000	41'250	
	1972	197'200	39'600	49'500	
	1976	105'000	22'400	28'000	
	1977	91'200	22'000	27'500	
	1978	141'800	37'000	46'250	
	1979	94'300	19'800	24'750	
	1979	210'000	44'000		
	1979	210'000	44'000		
Tsittoret	1968	63'900	18'850	19'500	
	1973	19'150	6'100	6'300	
	1979	118'700	23'000	28'750	
	1995	182'150	49'000	70'000	
Divers bisses Nendaz	1992	191'500	67'000	67'500	Intempéries
Bisse du Milieu	1995	52'000	14'900	18'000	
Bisse d'En Bas	1979	69'800	30'500	31'750	
Grand Bisse de Vex	1994	104'000	37'700	35'100	Remise en eau
	1997	52'000	18'300	17'000	Remise en eau
	1998	130'000	77'350	70'200	Remise en eau
Salins	1960	26'100	7'900	5'750	
	1963	16'500	5'100	4'250	
	1967	44'800	13'500	11'250	
	1967	60'900	19'500	16'250	
	1968	53'400	18'000	15'000	
	1972	31'300	9'600	8'000	
	1978	13'400	4'000	4'300	
	1982	45'000	13'500	12'800	
	1983	30'000	12'000		
	1995	81'000	23'400	29'200	
Tarin	??	50'000	17'000		
Baar	1967	7'300	3'000		

Tabl. 6.1 Subventionnement d'aménagements sur les bisses des deux stations étudiées dans le cadre de la législation sur les



*améliorations foncières (Source : Service cantonal des améliorations foncières (SCAF)). SFAF : Service fédéral des améliorations foncières.*

Le rôle joué par les associations et comités d'initiative pour la remise en eau de bisses abandonnés sera analysé au chapitre 6.6.

## Synthèse sur les acteurs de l'irrigation

Dès le début de ce siècle le système des droits personnels a eu tendance à être remplacé par un système de **droits en fonction de la surface** à irriguer. Ce processus a été favorisé par le fait que les droits personnels ne régissaient que l'arrosage des prairies<sup>71</sup>. Les champs de céréales par exemple n'étaient pas irrigués (cf. DUBUIS 1995), les vignes très peu. A partir de la seconde guerre mondiale, les champs de céréales sont progressivement abandonnés et transformés en prés, sans droits d'eau. Avec le développement du tourisme, certaines surfaces en prairies sont abandonnées ou construites et les droits qui leur sont liés deviennent ainsi inutiles. Par ailleurs, l'irrigation de la vigne se généralise. La combinaison de ces trois phénomènes rend caduc le système des droits personnels. On passe donc assez naturellement à un système de répartition des tours d'eau en fonction des surfaces à irriguer. Au cours des dernières années, ce système tend lui-même à se relâcher dans certains secteurs, notamment les zones agricoles en prairies, car les quantités d'eau disponibles pour l'irrigation, généralement garanties par des actes anciens et renouvelés lors de la mise en place des aménagements hydroélectriques, sont largement supérieures aux besoins. **Les irrigants peuvent donc utiliser l'eau de manière quasiment libre.** Les consortages profitent généralement de revendre les surplus aux exploitants hydroélectriques, voire aux services communaux de distribution d'eau potable.

Presque partout on assiste également à un transfert partiel ou total des attributions des consortages vers les services communaux. Les causes principales de ce processus sont les **mutations économiques** de ces dernières décennies, assorties d'un abandon progressif de certaines parcelles agricoles, l'**abandon de la pluriactivité agricole** et ainsi le désengagement de nombreux consorts et la **périurbanisation** de certains secteurs. Corollaire de ce désengagement, les ressources financières des consortages ont tendance à diminuer<sup>72</sup>. Le problème est d'autant plus aigu que les **frais d'entretien** sont, eux, à la hausse, notamment en raison parfois d'une certaine incurie au cours des décennies précédentes (ce qui renchérit considérablement les travaux actuels) et de l'urbanisation croissante aux abords de certains canaux, ce qui nécessite un entretien accru contre les risques de rupture, dont les effets économiques seraient catastrophiques pour les finances du consortage. Plusieurs d'entre eux sont d'ailleurs au bénéfice d'une assurance RC

<sup>71</sup> Entretien du 12 mars 1998 avec M. Sylvain Bonvin, Administration communale de Chermignon, également pour ce qui suit.

<sup>72</sup> Il faut noter que les ressources d'exploitation des consortages sont en général réduites; elles se montent par exemple à seulement 2.-/l'heure d'arrosage au bisse de Vercorin et au double au bisse du Ricard (Chalais) (CRETOL & JEANNERET 1998). Les irrigants tiennent bien sûr à ce que ces taxes n'augmentent pas.

contre de telles conséquences (CRETOL & JEANNERET 1998, CRETOL 1998).

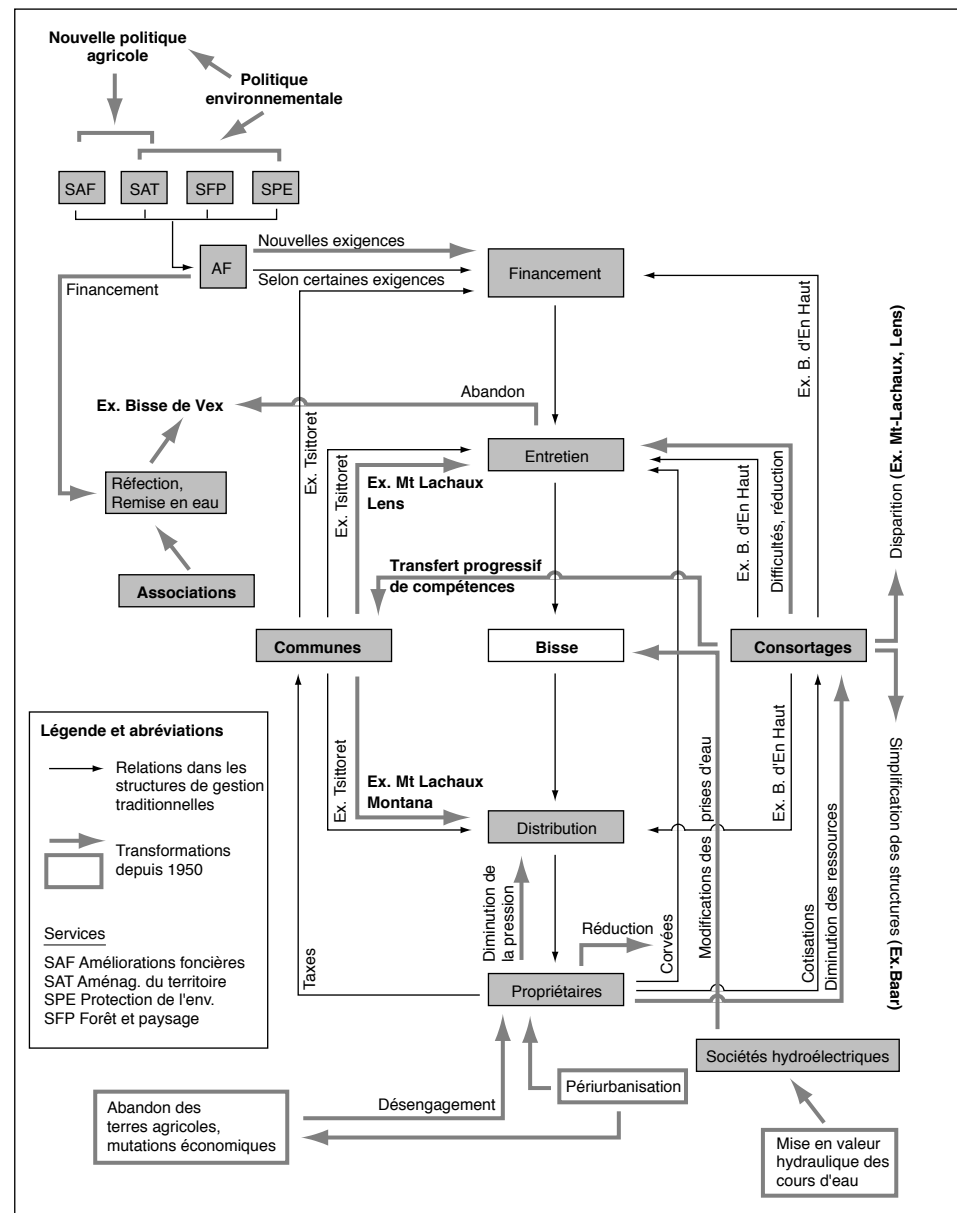


Fig. 6.7 Relations entre les divers acteurs engagés dans l'irrigation dans les deux stations étudiées et transformations récentes liées aux mutations socio-économiques de la seconde partie du XXe siècle. Les questions de remise en eau à vocation touristique seront développées plus loin.

Ce transfert de compétences vers les administrations communales ne va pas sans créer quelques **problèmes**, notamment en matière de droits d'eau, comme on l'a vu à Nendaz, où des propriétaires ont abrégé la cession de leurs droits, ou à Lens, où certains d'entre eux ont réagi à la politique de reprise de divers secteurs d'irrigation par la commune. De plus, certains consortages sont viscéralement opposés à brader leurs droits au profit du domaine public.

Ce transfert n'est de plus pas forcément accueilli favorablement pas les communes (ex. Nendaz), puisque les coûts d'entretien sont élevés et les recettes réduites. Il est donc difficile d'autofinancer ce secteur d'activité. En cas de désengagement des consortages, cette reprise communale est toutefois nécessaire, car un abandon de l'entretien des bisses et torrents de décharge importants augmenterait fortement les risques de rupture et d'obstruction en cas d'épisodes pluvieux intenses. Les risques d'inondation augmenteraient, d'autant plus que le ruissellement est en forte augmentation en raison de l'imperméabilisation croissante des secteurs construits. De plus, une détérioration des canaux d'amenée d'eau d'irrigation provoque un transfert des prises pour l'arrosage des parcelles encore cultivées sur les réseaux d'eau potable (qui comme on le verra par la suite sont généralement alimentés par de l'eau qui a dû subir un processus de potabilisation, donc d'un coût de revient relativement élevé).

Quoi qu'il en soit, comme le relève CRETOL (1998), « le lien de dépendance entre le consortage et la commune est incontournable ». La relation entre les deux entités peut être favorisée par le cumul des fonctions entre responsables des consortages et des communes (ex. Chermignon). Elle peut également devenir conflictuelle lorsque les enjeux financiers sont importants (Bisse du Milieu).

## 6.2.7 Conclusions partielles sur les usages d'eau d'irrigation

Tout comme dans le reste du Valais central, le réseau des bisses des deux stations étudiées est encore largement en activité et dans les deux cas il est organisé en une série de niveaux gérés principalement par des consortages, de manière indépendante les uns des autres.

Les quantités d'eau utilisées se montent en moyenne à environ 5 millions de m<sup>3</sup> par année sur le Haut-Plateau et 1.35 million sur la rive gauche de la Printse. Durant les été secs, la consommation est 1.5 fois plus élevée que la moyenne. Les valeurs de consommation mesurées par CROOK (1997) sont nettement plus faibles que les débits garantis pour l'irrigation par les sociétés hydroélectriques. Certains consortages reçoivent de ce fait des compensations financières de la part des sociétés hydroélectriques, mais ce n'est pas une règle générale.

Quant aux acteurs, on remarque qu'en parallèle aux consortages, qui sont souvent marqués par un certain manque de dynamisme, les administrations publiques prennent de plus en plus d'importance dans l'entretien des réseaux, la distribution de l'eau et la gestion administrative de l'irrigation. Une bonne part du financement des rénovations et de la modernisation des réseaux dépend de la législation agricole (améliorations foncières).



## 6.3 L'approvisionnement en eau potable

---

### 6.3.1 Cadre législatif

#### Bases légales concernant la fourniture d'eau potable

Dans son article premier qui en décrit les buts, *la Loi fédérale sur la protection des eaux* (LEaux) du 24 janvier 1991 (RS 814.20) dit qu'elle « vise notamment à garantir l'approvisionnement en eau potable et en eau d'usage industriel et promouvoir un usage ménager de l'eau ». L'*Ordonnance fédérale sur l'approvisionnement en eau potable en temps de crise* qui en découle, entrée en vigueur le 1er janvier 1992, rappelle que les consommateurs doivent pouvoir disposer en tout temps des quantités minimales fixées.

En Valais, la *Loi cantonale du 13 novembre 1980 sur le régime communal* (RL 83) attribue aux **communes** la responsabilité de l'alimentation en eau potable (art. 6). Les modalités pratiques de la distribution publique de l'eau potable sont fixées par l'*Arrêté du 8 janvier 1969 concernant les installations d'alimentation en eau potable* (RL 676). Ainsi, les communes doivent veiller à fournir aux agglomérations habitées de l'eau potable en suffisance « pour assurer les besoins des services publics et des particuliers. Les propriétaires d'installations publiques d'alimentation en eau (communes ou consortages) sont tenus de fournir de l'eau aux tiers. Ils sont en droit de restreindre occasionnellement, en cas de pénurie, la consommation d'eau proportionnellement à la quantité disponible » (art. 5). Les communes peuvent se regrouper pour assurer l'alimentation des particuliers (art. 4) ou s'entraider mutuellement (art. 6); elles ont également le droit de « prendre dans l'intérêt public, à leur charge les installations de consortages ou de réseaux privés » (art. 5).

La **question du prix de l'eau** est fixée par l'article 8 de l'*Arrêté du 8 janvier 1969 concernant les installations d'alimentation en eau potable* (RL 676), qui dit qu'en règle générale « une installation d'alimentation en eau doit se subvenir à elle-même, c'est-à-dire que le prix de l'eau doit être calculé de manière que, après déduction des subsides provenant de la commune ou d'ailleurs, les recettes permettent de couvrir les dépenses d'exploitation, d'entretien, du service des intérêts et de l'amortissement du capital investi, ainsi que celles résultant de la création et de l'alimentation d'un fonds de renouvellement ». Le prix de l'eau va donc varier d'une commune ou consortage de distribution à l'autre<sup>73</sup>.

L'approvisionnement en eau potable est également soumis à la législation sur l'**aménagement du territoire**. Ainsi en Valais, les **plans d'affectation de zones** communaux doivent déterminer le degré d'équipement des différentes zones, sous l'angle qualitatif et quantitatif selon la LEaux, la commune devant apporter la preuve qu'elle dispose de suffisamment d'eau pour couvrir les besoins du plan d'affectation à

---

<sup>73</sup> Pour une revue des différentes théories et modes de calcul des coûts de production et de distribution de l'eau potable, voir l'analyse de VARONE (1992).

saturation, soit 500 l/j/hab. permanent et 350 l/j/lits touristiques (SCHWERY 1995b), ainsi que sous l'angle de la qualité de l'équipement, la commune devant, sur la base des art. 21, 22 et 30 de l'*Ordonnance sur l'aménagement du territoire*, déterminer les secteurs équipés dans les cinq ans et dans les 15 ans (SCHWERY 1995b).

## Bases légales concernant la qualité de l'eau de boisson

La **question de la qualité** des eaux de boisson repose sur l'article 24bis de la Constitution fédérale. C'est sur cet article que se base la LEaux, dont l'article premier dit qu'elle « a pour but de protéger les eaux contre toute atteinte nuisible » et vise notamment « à préserver la santé des être humains, des animaux et des plantes ». La loi s'applique autant aux eaux superficielles que souterraines (art. 2). Les modalités pratiques d'exécution sont fixées par l'*Ordonnance sur le déversement des eaux usées* (ODEU, RS 814.225.21) du 8 décembre 1975. Les normes de qualité des eaux de boisson sont fixées par l'*Ordonnance sur les denrées alimentaires et les objets usuels* du 1 mars 1995 (ODAL, RS 817.02). L'art. 275 de cette ordonnance stipule qu'une eau dite **de boisson** est « une eau qui, par son apparence, son odeur et sa saveur ainsi que des points de vue microbiologique, chimique et physique, satisfait aux exigences générales en matière d'hygiène ». L'*Ordonnance sur les substances étrangères et les composants dans les denrées alimentaires* (OSEC) du 27 février 1986 (RS 817.022) fixe les valeurs limites de concentration de polluants dans l'eau de boisson. Le *Manuel suisse des denrées alimentaires* (MDA) fixe les critères d'appréciation de la qualité des eaux de boisson.

Ce sont les **services cantonaux** qui sont responsables de l'application des recommandations et des contrôles réguliers de la qualité des eaux de boisson. La base légale de ces contrôles est l'article 52 de la LEaux qui stipule que « les services fédéraux et cantonaux peuvent effectuer des relevés dans les eaux privées et dans les eaux publiques » et que « les propriétaires fonciers et les détenteurs des installations sont tenus d'accorder le libre accès aux personnes chargées de ces tâches et de leur fournir les renseignements nécessaires ». Les cantons sont en outre tenus de dresser « un inventaire des nappes souterraines et des installations servant à l'approvisionnement en eau » (LEaux, art. 58, al. 1). Selon l'article 38 du *Décret du 13 mai 1966 concernant l'application de la loi fédérale du 8 décembre 1905 et de ses ordonnances sur le commerce de denrées alimentaires et de divers objets usuels* (RL 671) et l'article 11 de l'*Arrêté du 8 janvier 1969 concernant les installations d'alimentation en eau potable* (RL 676), la surveillance de l'alimentation en eau potable dans les communes incombe au **conseil communal**. **Les communes sont responsables de la qualité de l'eau distribuée par les réseaux publics et par des consortages, ainsi que de celle provenant de réseaux privés.**

« Les communes ont l'obligation de faire procéder périodiquement aux prélèvements de l'eau de chaque captage en vue d'analyses bactériologiques [...]. L'eau des réseaux publics doit être analysée au moins deux fois par an. L'eau alimentant à titre temporaire ou régulier 4000 habitants ou plus doit dans la règle être analysée au moins six fois par an. Les eaux traitées (chlorées, ozonisées, etc.) doivent faire l'objet d'une analyse bactériologique au moins une fois par mois [...]. Les

propriétaires de sources privées font analyser l'eau une fois par an le printemps ou pendant l'été » (art. 16). Les analyses sont effectuées par le Laboratoire cantonal qui est également chargé de l'approbation des projets de captage et d'installations d'eau potable et du contrôle de leur entretien (art. 19). Les modalités de traitement de l'eau de boisson sont fixées par l'*Ordonnance sur le traitement ou conditionnement de l'eau de boisson* du 9 avril 1975 (RS 817.361). Chaque commune est tenue d'établir et de constamment mettre à jour un cadastre sanitaire des eaux potables de son territoire comprenant (cf. l'article 18 de l'*Arrêté du 8 janvier 1969 concernant les installations d'alimentation en eau potable* (RL 676)) un plan cadastral sur lequel sont dessinés les captages, les réservoirs et les chambres de chaque installation d'eau potable publique ou privée, un registre de tous les captages avec le nom des propriétaires et le lieu des sources captées, les rapports géologiques et techniques qui ont trait aux ouvrages se rapportant à ces eaux, les rapports d'analyses chimiques et bactériologiques, les rapports des inspections et des contrôles. Un exemplaire du plan et du registre doit être envoyé au Laboratoire cantonal, qui tient le cadastre sanitaire au niveau cantonal (art. 22).

## Zones de protection des sources

La section 4 de la LEaux traite des secteurs de protection des eaux, zones et périmètres de protection des eaux souterraines. Les **cantons** sont tenus de subdiviser leur territoire en **secteurs de protection** (art. 19) et de faire délimiter par les **communes** des « **zones de protection** autour des captages et des installations d'alimentation artificielle des eaux souterraines qui sont d'intérêt public [...] » (art. 20) et de prévoir des périmètres de protection pour l'exploitation et l'alimentation artificielle futures des nappes souterraines » (art. 21). Ces exigences sont reprises dans l'*Ordonnance sur la protection des eaux contre les liquides pouvant les altérer* (OPEL) du 28 septembre 1981 (RS 814.226.21).

Au niveau valaisan, c'est le Conseil d'Etat qui est responsable de « subdiviser le territoire cantonal en secteurs de protection des eaux contre la pollution » (selon l'art. 3 de la *Loi du 16 novembre 1978 concernant l'application de la loi fédérale du 8 octobre 1971 sur la protection des eaux contre la pollution* (LALPEP), RL 651). Le Département de l'environnement et de l'aménagement du territoire (DEA) est chargé d'établir le cadastre des ressources en eaux souterraines et doit veiller à ce que les zones de protection des sources soient définies (art. 7). Jusqu'en 1996, le Service de la Protection de l'Environnement (SPE) profitait des procédures d'homologation des plans d'affectation des zones (PAL) communaux pour exiger la définition des zones de protection des sources<sup>74</sup>. Les données étaient transmises au Service de l'Aménagement du Territoire (SAT) qui les reportait à **titre indicatif** sur les PAL. Les zones ainsi établies n'avaient aucune valeur juridique. Le 31 janvier 1996, le Conseil d'Etat a arrêté un *Règlement concernant la procédure relative à la délimitation des zones et périmètres de protection des eaux souterraines*, entré en vigueur le 1 août 1996, qui donne entre autres une valeur juridique aux cartes établies en exigeant la mise à l'enquête publique des projets de zones de protection (art. 4, al. 2). Ainsi, ces zones acquièrent une valeur plus restrictive. En parallèle, le travail

<sup>74</sup> Entretien du 2 août 1996 avec Mme D. Salamin, Service de la Protection de l'Environnement de l'Etat du Valais.

d'évaluation de la part du SPE s'en trouve rendu plus difficile<sup>75</sup>. Les zones de protection des sources sont définies par un géologue sur la base des *Instructions pour la détermination des secteurs de protection des eaux, des zones et des périmètres de protection des eaux souterraines* (OFEPF 1977, révision partielle en 1982), basées sur la LEaux et sur l'OPEL, ainsi que sur l'*Ordonnance sur les cartes des zones de protection des eaux* du 22 octobre 1981 (RS 814.226.212.3). La LEaux ne prévoit pas de délais de réalisation des zones de protection. Il s'agit d'une obligation permanente. Les études incombent aux détenteurs de captages (LEaux, art. 20, al. 2) qui « sont tenus de faire les relevés nécessaires pour délimiter les zones de protection [...] ». La figure 6.8 résume les différents aspects législatifs liés à la fourniture quantitative et qualitative d'eau de boisson.

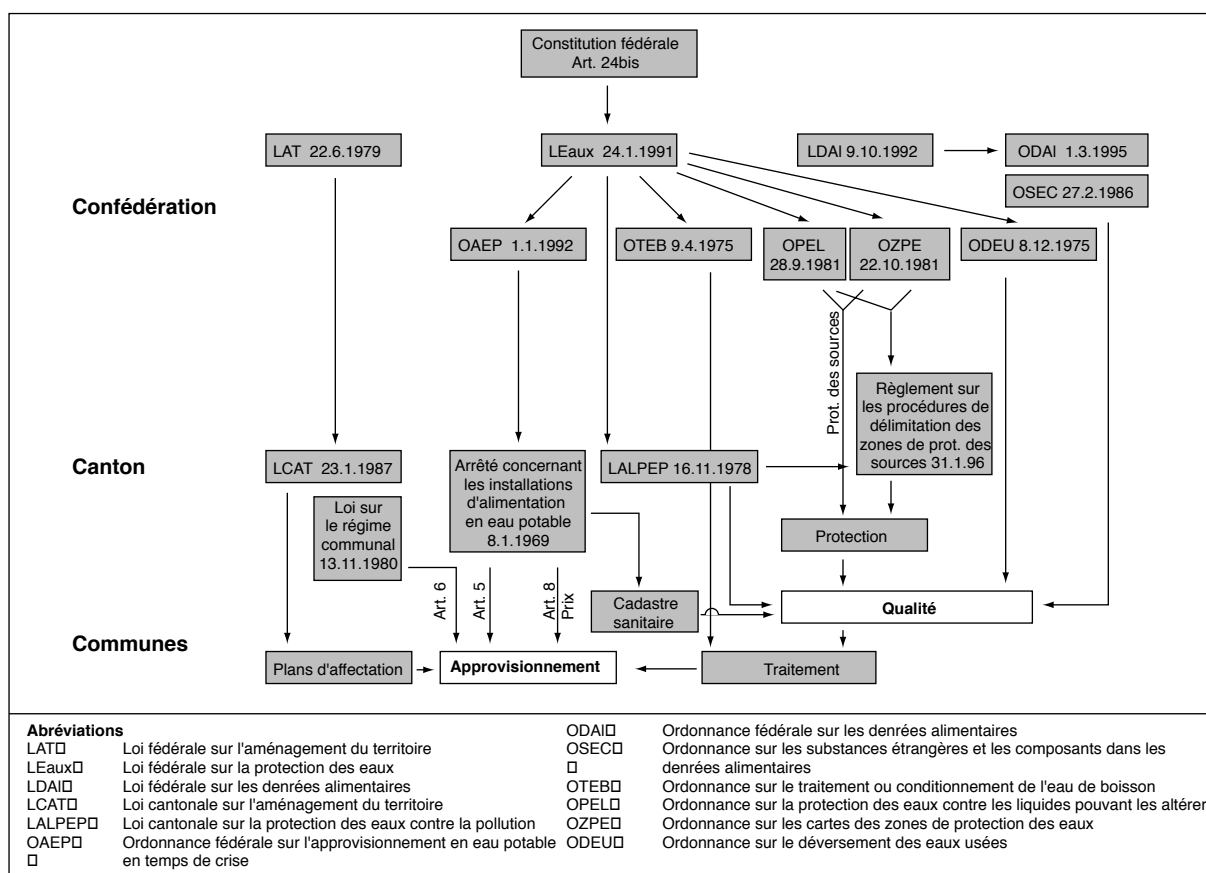


Fig. 6.8 Cadre législatif de la fourniture d'eau de boisson dans les deux stations étudiées

En conclusion, il apparaît que l'approvisionnement en eau de boisson, qui est du ressort du niveau **communal**, est soumis d'une part à des **contingences quantitatives**, régies par la législation sur l'aménagement du territoire et par celle sur la protection des eaux, et d'autre part à des **critères de qualité**, fixés autant par la législation sur la protection des eaux que par celle sur les denrées alimentaires.

<sup>75</sup> Entretien du 2 août 1996 avec Mme D. Salamin, Service de la Protection de l'Environnement de l'Etat du Valais.



## 6.3.2 Structure de la distribution d'eau potable à Crans-Montana-Aminona

### Introduction

Dans ce chapitre, je décris l'organisation et les structures de distribution de l'eau potable dans la station. Comme le suggèrent l'histoire du développement de la station et le passé commun des six communes politiques, l'organisation de la distribution d'eau potable est étroitement liée au problème de la coordination spatiale des activités et des infrastructures sur le Haut-Plateau. C'est pourquoi, il s'agira de décrire les réseaux autant d'un point de vue intra- qu'intercommunal et de mettre l'accent sur les rapports intercommunaux dans la mise en place de ces réseaux. Dans un premier temps, j'analyse les réseaux de distribution par commune, d'est en ouest.

### Commune de Mollens

Le réseau communal de distribution d'eau potable est alimenté par deux séries de sources : les 8 sources de Colombire (ainsi qu'une série de forages), situées entre 1950 et 1980 m et les 2 sources de Rogéaz à 1220 m. Les sources de Colombire alimentent le réservoir de Plumachit à 1830 m. De là une partie des eaux alimente directement le secteur de Plumachit et le reste est acheminé vers la chambre coupe-pression de l'Arbiche à 1710 m, avant d'être déversée dans le réservoir du même nom 100 mètres plus bas. Le trop plein du réservoir de Plumachit est acheminé vers la commune de Randogne par une conduite appartenant à cette dernière et traversant le territoire de la commune de Mollens de part en part, de la Tièche (à 1940 mètre environ) au réservoir de Vermala sur la commune de Randogne. Cette conduite sert en outre d'apport complémentaire aux sources : **la commune de Mollens peut s'en servir en cas de besoin, en contre-partie de la mise à disposition de son territoire pour le passage de cette conduite.** En 1997, les deux communes ont entrepris des travaux de réfection communs de la prise d'eau de la Tièche.

Du réservoir de 300 m<sup>3</sup> à l'Arbiche à 1610 m d'altitude partent deux réseaux de distribution vers les tours et les chalets d'Aminona qui se déversent ensuite dans une conduite de transport reliant le réservoir communal de Rogéaz à 1180 m. Ce dernier est également alimenté par deux sources situées légèrement à l'amont. L'eau y reçoit un traitement à l'ozone. De là partent deux réseaux de distribution : l'un vers les villages de Mollens et de Conzor, et l'autre vers la partie occidentale de la commune, à savoir les zones de Laques, St-Maurice, Cotalbio et Naves. Les deux branches sont connectées. **Ce réseau n'est pas connecté avec celui de Randogne, pourtant tout proche.** Le hameau de Cordona, situé sur la rive gauche de la Tièche est alimenté de manière indépendante, uniquement par des sources **privées**. La commune potabilise l'eau par chloration durant la période estivale du 15 juin au 15 septembre en deux endroits : une source au Tsablio à 1280 m alimentant la partie supérieure du hameau et une prise d'eau dans la Raspille à 1210 m pour la partie inférieure.

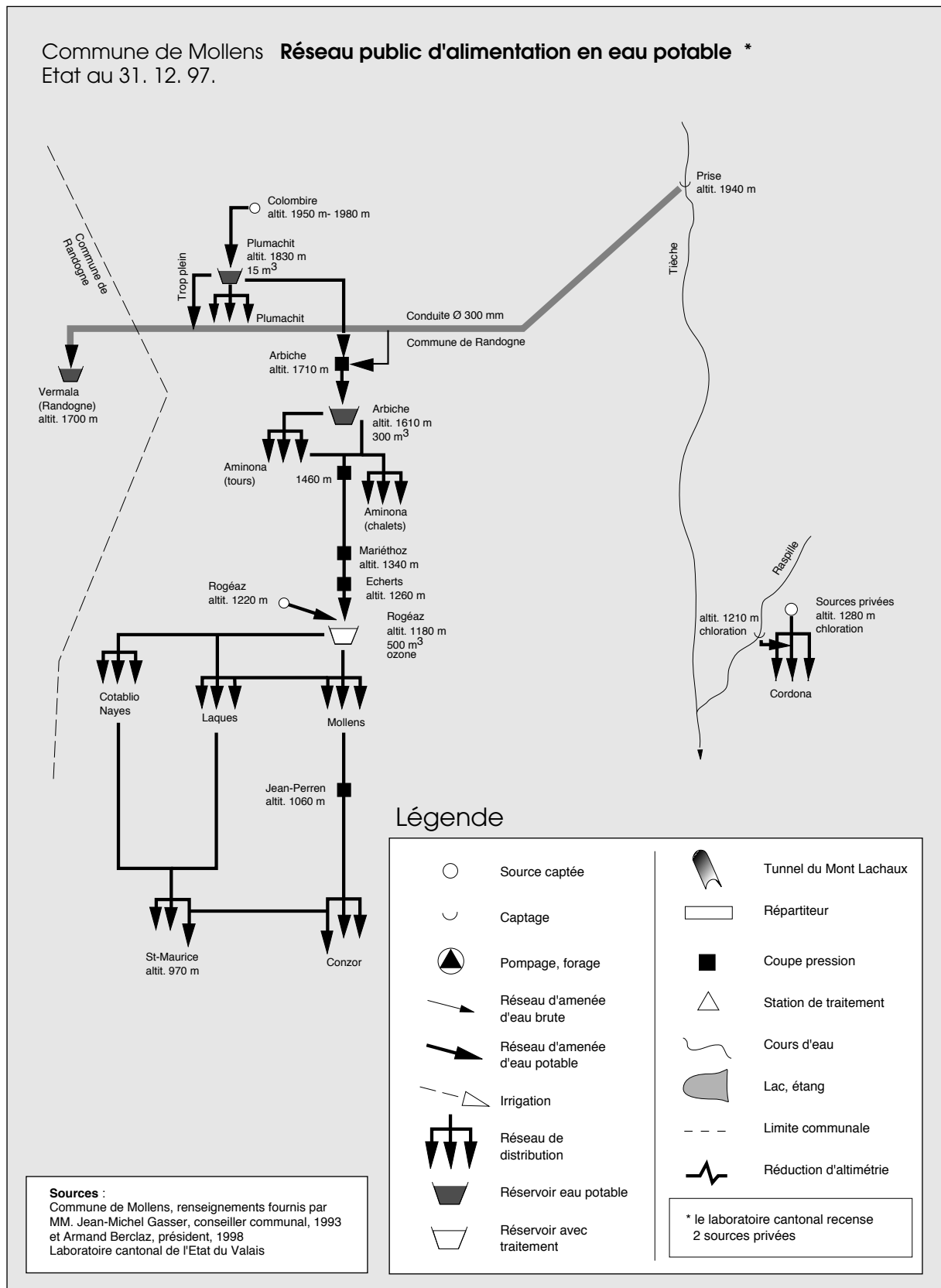


Fig. 6.9

Structure du réseau public de distribution de l'eau potable de la commune de Mollens (la légende concerne les fig. 6.9 à 6.15).

## Commune de Randogne

Les apports d'eau potable de la commune de Randogne sont de trois types :

- une prise d'eau dans la **Tièche** : cette eau est ensuite transportée par une conduite traversant d'est en ouest le territoire de Mollens (cf. fig. 6.9) pour aboutir sur le territoire de Randogne à la cote 1715 m. Après filtration à la station de potabilisation de Vermala, elle est amenée au réservoir de Vermala;
- **plusieurs sources** situées entre 950 et 2360 m d'altitude, qui alimentent un certain nombre de réservoirs, puis de réseaux de distribution en général interconnectés;
- tout à l'est du territoire communal, la **source de Boverèche** alimente une conduite (propriété de Mollens) qui collecte également les eaux des sources de Colombire appartenant à cette dernière et les transporte dans le réservoir de Plumachit sur la commune de Mollens à 1832 m. Celui-ci appartient également à la commune de Mollens. De là, les eaux sont transportées dans la conduite provenant de la Tièche soit dans le réservoir de Courtavey à 1650 m, soit dans celui de Vermala à 1705 m. Cette conduite reçoit également les eaux de la source de la Barmaz. Du réservoir de Courtavey, une conduite rejoint le réservoir de Nantermod qui reçoit également les eaux des deux sources des Barzettes et qui alimente un réseau de distribution drainant les zones des Barzettes et de Tsaumiau. Ce réseau est relié à celui de Tsaumiau provenant du réservoir de Vermala.

Une seconde série de sources est située au Nord du territoire communal et alimente les réservoirs de Vermala et de Courtavey : il s'agit des sources de Tchiri à 2360 m, des sources des Caves de Pépinet à 1960 m et celles d'Houlès à 1925 m. Sur la conduite reliant ces sources aux réservoirs cités viennent se greffer un pompage et une conduite privés alimentant le secteur des Violettes. Ces sources alimentent également un réservoir de 100 m<sup>3</sup> situé au lieu-dit Les Marolires, d'où part un réseau de distribution connecté à celui des Barzettes.

Du grand réservoir de 1400 m<sup>3</sup> de Vermala partent deux réseaux. Le premier alimente un réservoir de 1000 m<sup>3</sup> à Tsaumiau, puis se déploie sur les secteurs de Tsaumiau et la Comba, avant d'être relié aux réseaux de Bluche et de Randogne, situés à l'aval; une seconde branche alimente la partie Sud de Vermala et les secteurs des Taulettes et d'Orzières. Le second réseau est également bifide puisqu'une petite branche alimente le réservoir supérieur de Tsaumiau qui distribue son eau dans la zone de la station de départ de la télécabine des Violettes; la seconde branche, beaucoup plus étendue draine toute la partie ouest de la commune (Vermala), avant de déverser ses eaux dans le réservoir de Bluche et d'alimenter le village du même nom.

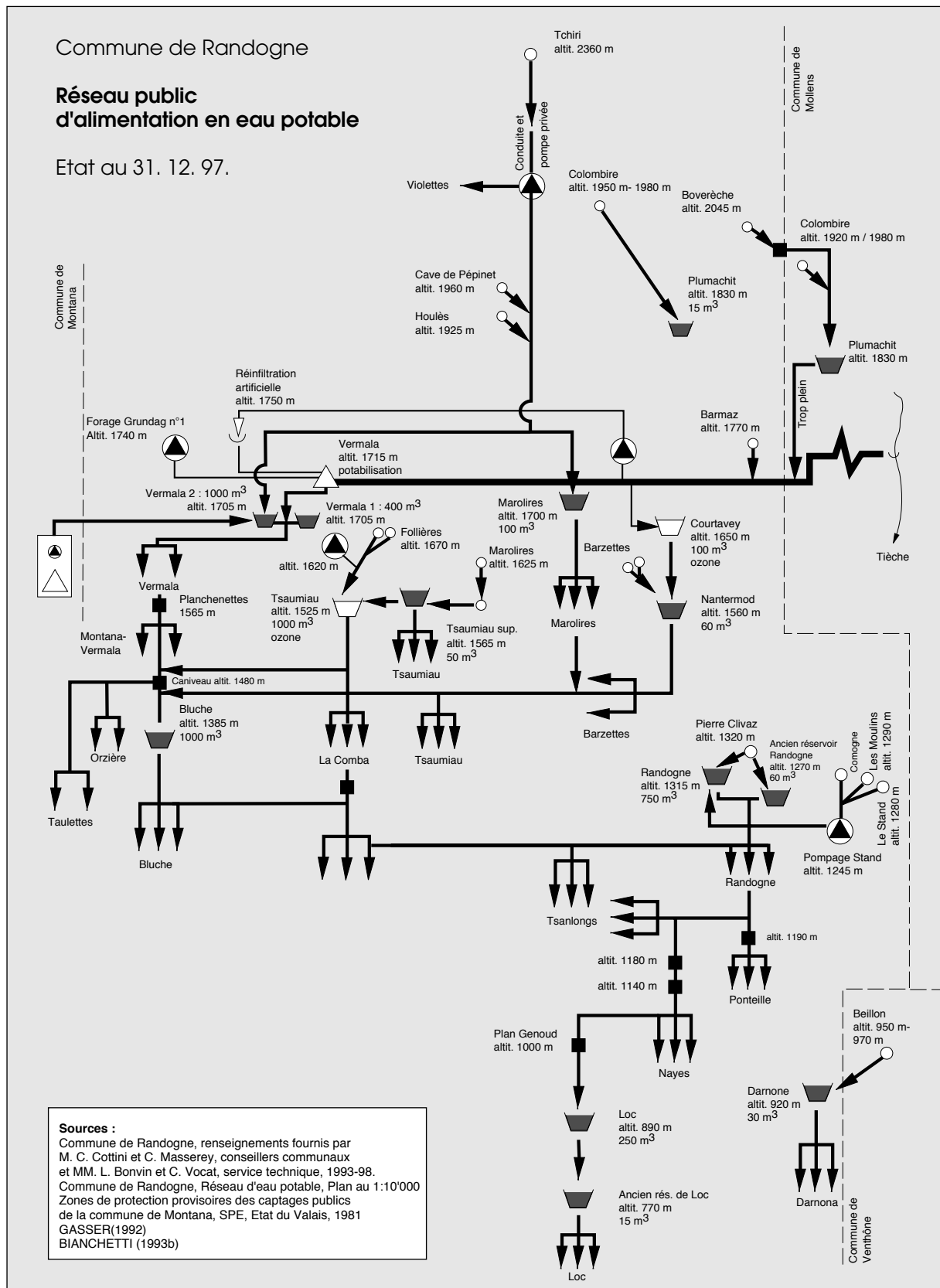


Fig. 6.10 Structure du réseau public de distribution de l'eau potable de la commune de Randogne (pour la légende, voir la fig. 6.9).

Plus au sud se situe le village principal de Randogne. Les eaux des trois sources de Comogne, des Moulins et du Stand situées vers 1300 m, les deux dernières étant pompées, et du pompage du Stand à 1245 m sont stockées dans deux réservoirs de 750 et 60 m<sup>3</sup>, puis distribuées dans le village de Randogne et le hameau de Nayes, avant de rejoindre un réservoir situé à 890 m, qui accumule les eaux nécessaires au village de Loc, situé vers 700 m.

Le hameau de Darnona, situé à cheval sur la frontière entre les communes de Randogne et de Venthône, est alimenté par les trois sources de Beillon jaillissant sur le territoire de Venthône. Quelques bâtiments situés tout au SE de la commune à 600 m d'altitude sont alimentés par le réseau de la commune de Sierre.

En 1991 et 1992, 6 forages de recherches d'eau<sup>76</sup> ont été effectués sur les hauts de Vermala à des profondeurs variant entre 100 et 320 mètres. Un seul est actuellement exploité, en période de pointe uniquement (août surtout), à savoir le forage Grundag No 1, situé à proximité des deux réservoirs de Vermala à 1740 m et qui débite entre 500 et 600 l/min. Il est en partie alimenté par une infiltration artificielle des eaux de la Raspille, transportée par la conduite traversant la commune de Mollens, dans la forêt de Clavan à 1750 m environ. Cette réalimentation artificielle de l'aquifère semble également influencer les débits des sources des Follières et des Marolires (BIANCHETTI 1993b). Un second forage (Grundag No 2) pourrait être susceptible d'être pompé (BIANCHETTI 1993b), mais avec un débit d'exploitation maximal de l'ordre de 200 l/min.

Actuellement, la commission communale des eaux étudie la possibilité de construire une conduite à partir de la sortie du Tunnel du Mont-Lachaux sur le territoire de Lens<sup>77</sup> qui permettrait le transport d'eau provenant du barrage de Tseuzier et qui devrait être financé en partie par la commune et en partie par les sociétés de remontées mécaniques qui utiliseraient ces nouveaux apports pour l'enneigement artificiel de certaines pistes de ski. Ce projet est actuellement en suspens en raison de difficultés financières<sup>78</sup>.

## Commune de Montana

Les quatre communes de la Louable Contrée ont un approvisionnement en partie commun à partir du vallon de l'Ertentse, à travers le tunnel du Mont Lachaux, dans lequel transitent les eaux de surface de l'Ertentse<sup>79</sup> (canal), les eaux des sources d'Er de Lens (conduite) et une conduite construite par la commune de Lens et greffée sur le barrage de Tseuzier. Lorsqu'en 1904, la Grande commune de Lens a été scindée en quatre, l'eau provenant des sources d'Er de Lens a été répartie en quatre parts

<sup>76</sup> On notera également que deux forages privés ont été réalisés à proximité du terrain d'entraînement de golf de Vermala (alt. 1650 m).

<sup>77</sup> Pour plus de détails, voir la description des réseaux des communes de la Louable Contrée.

<sup>78</sup> D'autres sources potentielles d'eau ont été recherchées, notamment sous le glacier de la Plaine Morte. La description de ces tentatives fera l'objet d'un chapitre séparé.

<sup>79</sup> Ces eaux sont propriétés des consortiums d'irrigation du 15 avril au 1 octobre; en hiver, elles appartiennent totalement à la commune d'Icogne.

égales. Lors du creusement du tunnel du Mont Lachaux, un répartiteur d'eau potable a également été construit à Plans-Mayens où chaque commune reçoit le quart des eaux transportées. A partir de ce répartiteur, chacune gère son réseau de manière indépendante.

Pour ce qui concerne la commune de Montana, les eaux sont acheminées vers une station de traitement à 1580 m, puis stockées dans deux réservoirs de 1000 et 400 m<sup>3</sup>. A la station de traitement arrivent également les eaux :

- du barrage de Tseuzier par une conduite greffée sur la conduite de la commune de **Lens** amenant les eaux du barrage au répartiteur de Plans-Mayens. Ces eaux achetées à un **prix élevé** n'alimentent la station qu'en cas de pénurie;
- des pompages dans les lacs **Moubra** et **Grenon**. Les eaux de ces deux étangs proviennent de l'Ertentse à travers le tunnel du Mont Lachaux et sont destinées en priorité à l'irrigation. Elles peuvent toutefois être utilisées pour l'alimentation en eau potable en cas de nécessité;
- de **divers forages à Montana et à l'Arnouva**;
- des captages des sources de Nantermoz (2 sources), Marolires et Pépinet qui transitent par un réservoir de 200 m<sup>3</sup> à Vermala. **Ces quatre captages sont propriété de la commune de Montana tout en étant situés sur le territoire de Randogne**;
- des captages de **Corbire**. Il s'agit de 7 sources captées depuis 1927 (VARONE 1992) qui **alimentaient également les réseaux de Lens, Chermignon et Icogne jusqu'en 1987**. A l'occasion des Championnats du monde de ski alpin de 1987, le répartiteur qui distribuait l'eau entre les quatre communes (1/10 pour Icogne, 4/10 pour Lens, 3/10 pour Chermignon et 2/10 pour Montana) a été démoli et depuis, ces eaux ne sont utilisées que par la commune de **Montana qui rachète leurs parts aux trois autres communes**. Une partie est utilisée sur place (Restaurant du Signal et Mayens de l'Arnouva) après avoir été chlorée. Le reste transite par un réservoir de 400 m<sup>3</sup> aux Hauts de Crans et alimente également le complexe des Hauts de Crans. Les surplus sont amenés au répartiteur des quatre communes de Plans-Mayens.

A partir des deux réservoirs de la station de traitement, l'eau est soit distribuée dans la station, soit dirigée vers 4 réservoirs étagés qui alimentent les villages inférieurs :

- le réservoir du Sana, d'une capacité de 100 m<sup>3</sup> à 1420 m alimente le Sanatorium valaisan;
- le réservoir de Montana-Village à 1230 m (capacité 200 m<sup>3</sup>) alimente le village du même nom. Le village de Montana est alimenté par trois réseaux interconnectés;
- le réservoir de Diogne (150 m<sup>3</sup>) à 1075 m à partir duquel l'eau est distribuée dans le hameau de Diogne;
- le réservoir de 200 m<sup>3</sup> de Corin à 756 m qui alimente le village du même nom et celui de Champsabé.

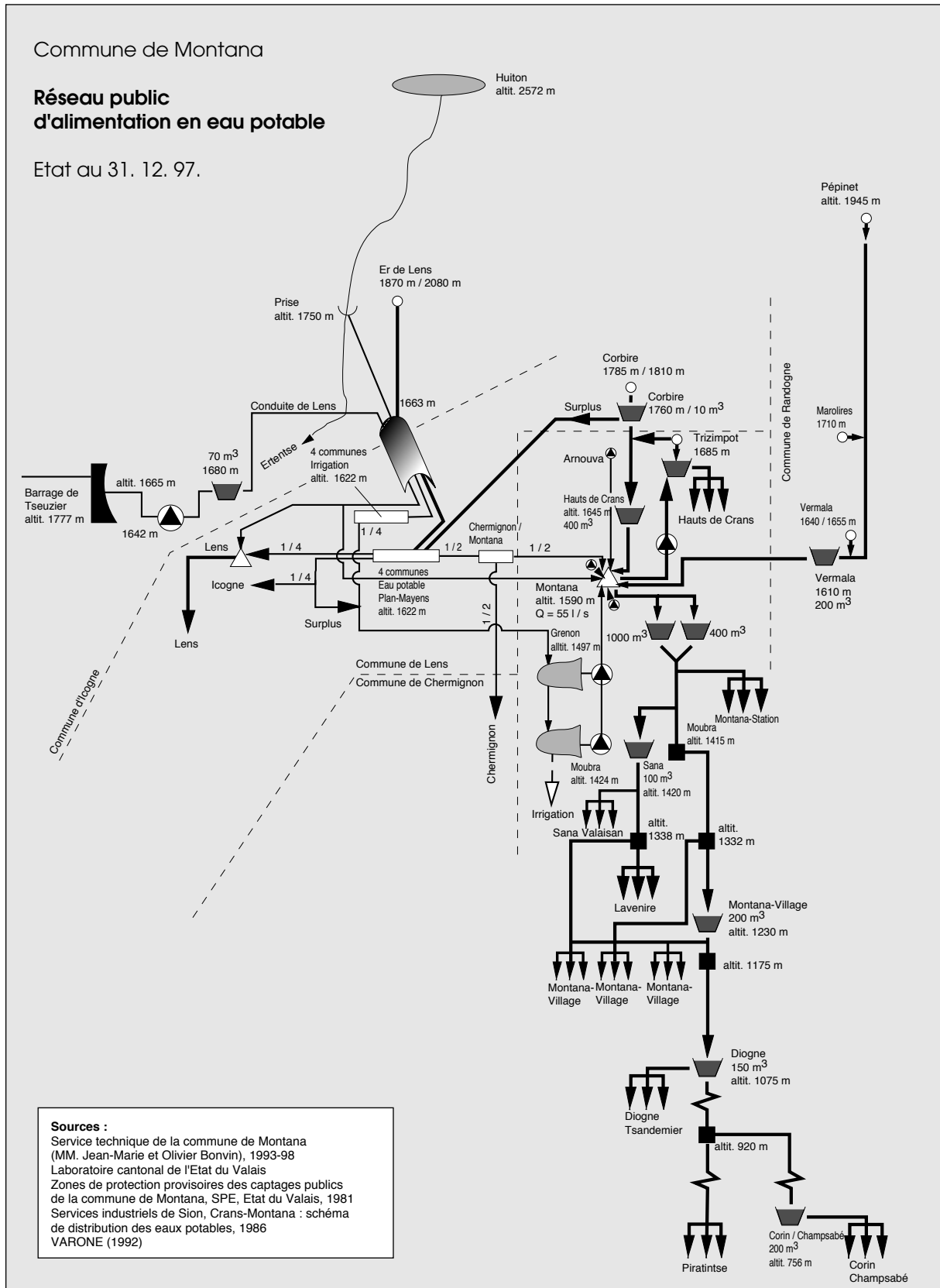


Fig. 6.11 Structure du réseau public de distribution de l'eau potable de la commune de Montana (pour la légende, voir la fig. 6.9).

## Commune de Chermignon

Tout comme la commune de Montana, la commune de Chermignon a une extension altitudinale relativement modeste puisque le point le plus élevé n'est situé qu'à 1500 mètres environ<sup>80</sup>. Peu de sources alimentant la commune sont de ce fait situées sur le territoire communal.

Les eaux potables proviennent en majeure partie du vallon de l'**Ertentse**, Chermignon ayant droit comme les trois autres communes de la Louable Contrée au quart des eaux de source et superficielles, d'achats de surplus à la commune d'Icogne et en dernier recours du barrage de Tseuzier. Elles sont ensuite stockées dans le Lac de Chermignon<sup>81</sup> aménagé à Plans-Mayens en 1972 et dans **un réservoir de 500 m<sup>3</sup> à Plans-Mayens** également (alt. 1555 m), puis filtrées et potabilisées dans la **station de traitement communale, située sur le territoire de la commune de Lens**, un peu à l'aval de l'Étang de Chermignon (alt. 1530 m). Tout comme la commune de Montana, la commune de Chermignon peut utiliser en cas de besoin les eaux d'irrigation transitant par le tunnel du Mont Lachaux pour ses besoins en eau potable. Le lac de Chermignon fonctionne également comme réservoir d'irrigation pour le golf de Crans.

Les eaux sont ensuite stockées dans deux réservoirs de respectivement 1000 et 800 m<sup>3</sup>, avant d'être distribuées dans la partie chermignonarde de la station de Crans. Le restant est acheminé par paliers vers les villages du coteau. Quatre réservoirs permettent le stockage des eaux :

- le réservoir de 1000 m<sup>3</sup> des Briesses (alt. 1347 m) reçoit également les eaux des sources de la Moffa dans le vallon de l'Ertentse à 1550 m. Il garantit l'approvisionnement du hameau des Briesses et d'une partie de Chermignon d'en Haut;
- le réservoir de Chermignon d'en Haut à 1220 m (capacité : 500 m<sup>3</sup>); il recevait encore récemment en cas de besoin les eaux de la source Bonetta située quelques dizaines de mètres à l'amont (cette source a été abandonnée récemment);
- le réservoir de 200 m<sup>3</sup> de Chermignon d'en Bas à 1015 m d'où l'eau est distribuée dans le village du même nom. Une source de mauvaise qualité située à proximité du barrage d'irrigation de Combuissan a été abandonnée récemment;
- le réservoir de 200 m<sup>3</sup> d'Ollon à 740 m alimente le village viticole du même nom.

Depuis les Championnats du monde de ski alpin de 1987, la commune de Chermignon vend sa part des eaux des sources de Corbire (3/10) à la commune de Montana.

---

<sup>80</sup> On rappellera que ceci est dû à une raison historique, les autorités politiques en place au moment du partage du Grand Lens ayant voulu privilégier l'agriculture de coteau.

<sup>81</sup> Durant les mois d'été, la moitié **supérieure** des eaux de ce lac appartient au consortage d'irrigation de Chermignon.



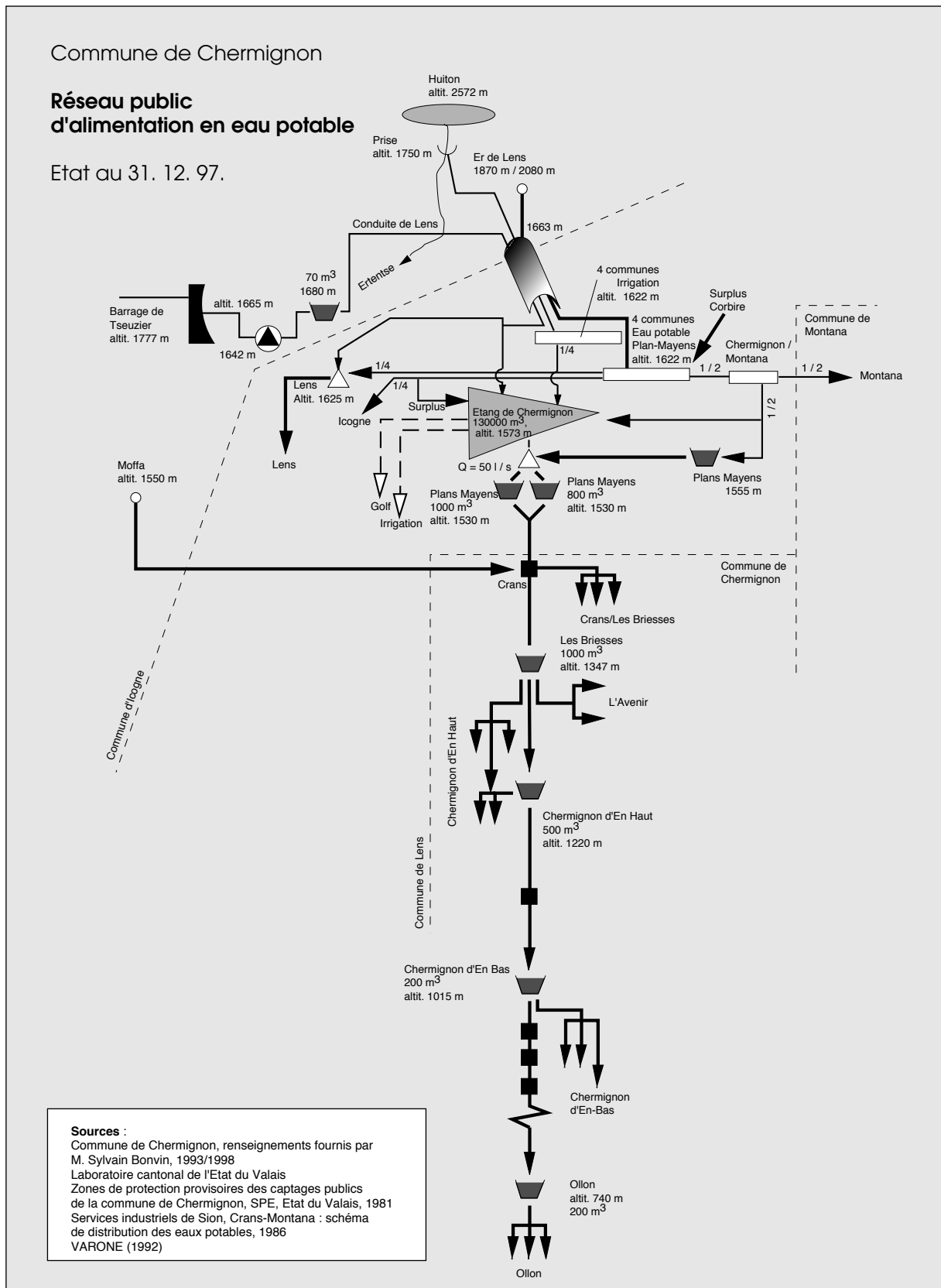


Fig. 6.12 Structure du réseau public de distribution de l'eau potable de la commune de Chermignon (pour la légende, voir la fig. 6.9).

## Commune de Lens

Comme pour les autres communes de la Louable Contrée, l'apport majeur en eau potable provient des **sources d'Er de Lens dans le vallon de l'Ertentse**. Ces sources sont propriété de la commune de Lens, mais sur juridiction d'Icogne. A partir du répartiteur d'eau potable des quatre communes à Plans-Mayens, les eaux sont traitées à la station de Plans-Mayens (alt. 1625 m), dans laquelle arrivent également les **eaux superficielles de l'Ertentse** et une conduite provenant de **Tseuzier** construite en 1969 par la commune de Lens<sup>82</sup>. A la station de traitement de Lens sont également acheminés les **surplus d'eau de source d'Icogne** durant l'été. Ces eaux sont ensuite stockées dans un réservoir de 1000 m<sup>3</sup> situé à proximité de la station ou pompées dans le réservoir de 200 m<sup>3</sup> de Corbire situé 60 mètres plus haut. Ce réservoir alimente les habitations de Plans-Mayens. Le petit réservoir du Mentahry (60 m<sup>3</sup>) situé à 1690 m est également alimenté par pompage depuis la station de traitement et sert de réserve pour la distribution dans le secteur du Mentahry. Il reçoit également les eaux d'une source privée située à 1690 m sur le territoire d'Icogne (Mentahry). Depuis le réservoir de 1000 m<sup>3</sup> de Plans-Mayens, une partie des eaux est distribuée directement dans la station de Crans et dans le secteur de Plans-Mayens et le reste est acheminé vers une série de réservoirs échelonnés jusqu'à Chelin à 700 m environ :

- le réservoir de Créha-Rocha, d'une capacité de 200 m<sup>3</sup>, d'où l'eau est distribuée vers le centre de Crans;
- le réservoir des Devins (400 m<sup>3</sup>) à 1540 m alimente lui aussi le centre de la station de Crans, ainsi que l'W du Haut-Plateau (Chioule, Chorécrans). De ce réservoir partent deux conduites vers le bas de la station;
- le réservoir du Golf d'une contenance de 500 m<sup>3</sup> à 1445 m alimente à la fois le parcours de golf et la zone de chalets situés au SW du parcours (Prés de Crans). Ce réservoir reçoit également les eaux traitées à l'ozone du Lac d'Icogne situé sur la commune de Lens. Ce dernier, propriété de la commune d'Icogne, fonctionne comme bassin d'accumulation en eaux d'irrigation pour les deux communes : **durant les mois d'été, Lens utilise une partie des eaux d'irrigation comme eau de consommation**, en se greffant sur la prise d'eau de l'Ertentse avant le répartiteur des quatre communes;
- du réservoir du Golf part une conduite d'amenée d'eau vers les villages du coteau; le réservoir de Sergnoud (400 m<sup>3</sup>) à 1220 m assure la distribution pour le village principal de Lens;
- le réservoir de Visines, d'une contenance de 250 m<sup>3</sup> à 852 m, alimente les villages de Flanthey, Condémines, Valençon et Petit Ollon;
- les deux réservoirs de 100 m<sup>3</sup> de Fontanache à 852 m également alimentent quant à eux les hameaux de Chelin et de Vaas, ce dernier étant également relié au réservoir de Visines.

<sup>82</sup> Cette conduite a été construite en raison d'une grave pénurie touchant la commune de Lens. Elle est assortie d'une convention avec Lienne SA (voir ci-dessous, chap. 6.3.6).

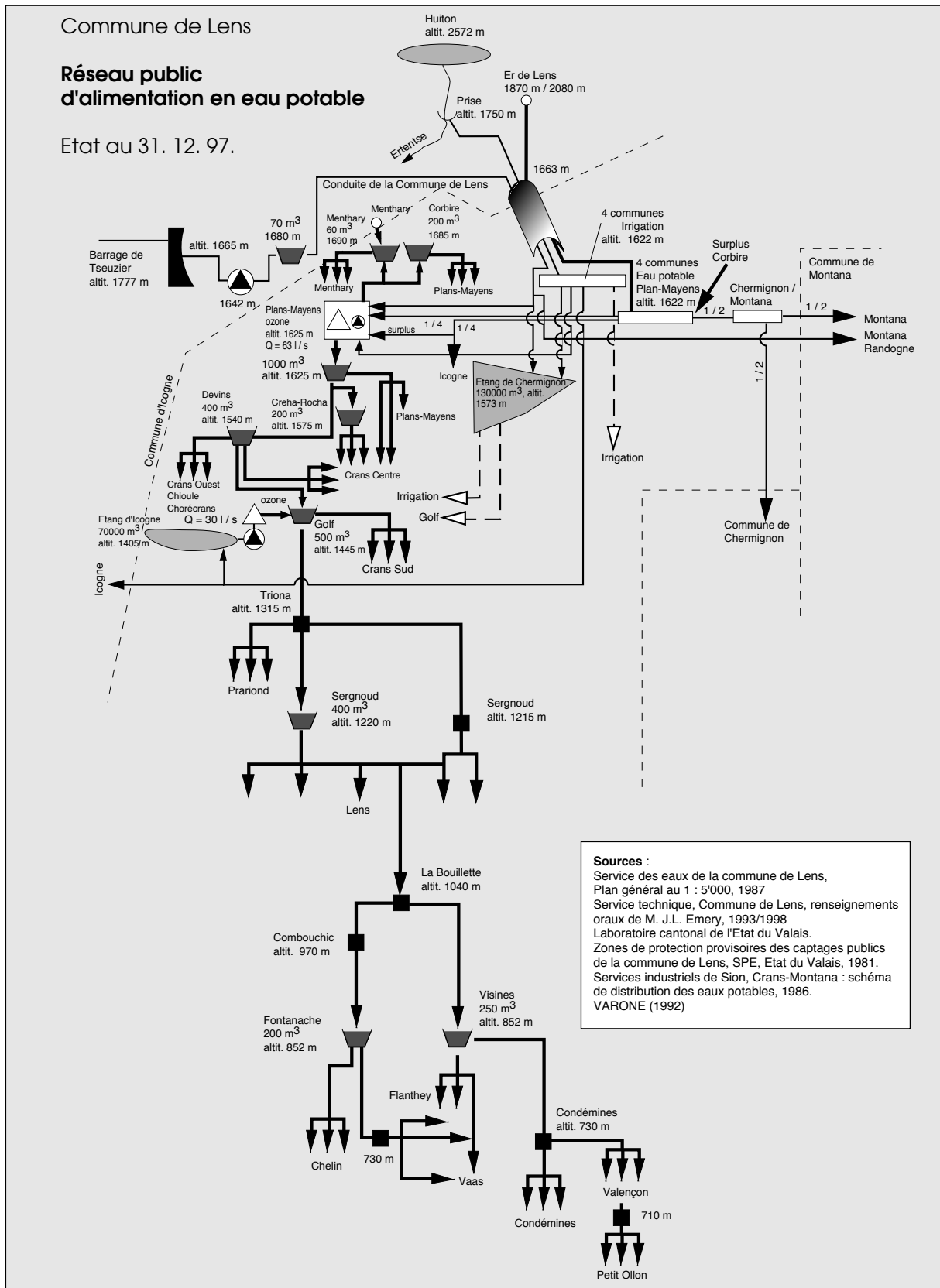


Fig. 6.13

Structure du réseau public de distribution de l'eau potable de la commune de Lens (pour la légende, voir la fig. 6.9).

Depuis 1987, Lens vend sa part des eaux de Corbire (4/10) à la commune de Montana. Les surplus sont rejetés dans le répartiteur des quatre communes à Plans-Mayens. En cas de besoin, la commune vend également aux autres communes un droit de passage sur les eaux transitant par sa conduite provenant de Tseuzier.

En avril 1998, quatre forages d'une profondeur de 80 à 100 m ont été entrepris près de la station de traitement de Plans-Mayens, sur la base d'indications fournies par un sourcier, sans étude hydrogéologique préalable<sup>83</sup>. Ces forages se sont révélés décevants, aucune venue d'eau n'ayant pu être captée<sup>84</sup>.

## Commune d'Icogne

Cette commune, la plus occidentale du Haut-Plateau, est à la fois la moins peuplée et la mieux dotée en ressources en eau, puisque dans sa partie supérieure elle couvre l'ensemble du bassin versant apparent de l'Ertentse ainsi que la rive gauche de celui de la Liène. Situé sur le coteau à environ 1050 m et orienté vers l'W, le village principal est quelque peu décentré par rapport à la station de Crans, dont seuls quelques chalets et hôtels sont situés sur le territoire communal.

Mais même si l'activité touristique sur la commune d'Icogne est relativement restreinte, cette commune joue un rôle de premier ordre dans la gestion intercommunale des eaux en raison de son gros potentiel en ressources en eau.

Tout comme les trois autres communes de la Louable Contrée, Icogne a droit au quart des eaux de l'Ertentse transitant dans le tunnel du Mont Lachaux. Après le passage dans le répartiteur d'eau potable des quatre communes, les eaux potables sont stockées dans un réservoir de 500 m<sup>3</sup> situés à 1570 m à Plans-Mayens : le réservoir des Essampilles, qui permet la distribution dans la partie occidentale de la station de Crans. Une installation de chloration située au répartiteur des quatre communes permet un traitement en cas de besoin.

Une partie est également acheminée vers un réservoir de 140 m<sup>3</sup> situé à 1060 m à l'amont du village d'Icogne, à partir duquel l'eau est distribuée dans le village principal.

Les surplus des eaux d'irrigation du vallon de l'Ertentse sont acheminés soit dans l'Étang d'Icogne (70'000 m<sup>3</sup>), d'où ils sont vendus à la commune de Lens, soit dans l'Étang de Chermignon pour la vente aux communes de Chermignon et de Montana. Icogne vend sa part des eaux des sources de Corbire (1/10) à la commune de Montana. Les surplus d'eau de source (été) sont livrés à la commune de Lens : à la sortie du répartiteur des quatre communes, ces surplus sont dirigés directement vers la station de potabilisation de Lens.

---

<sup>83</sup> Information fournie par M. Jean-Luc Emery, service technique de la commune de Lens, 12 mars 1998. Selon mon informateur, le sourcier est le même que celui ayant conseillé les forages de Randogne.

<sup>84</sup> Information orale de M. Jean-Luc Emery, service technique de la commune de Lens, 11 septembre 1998.

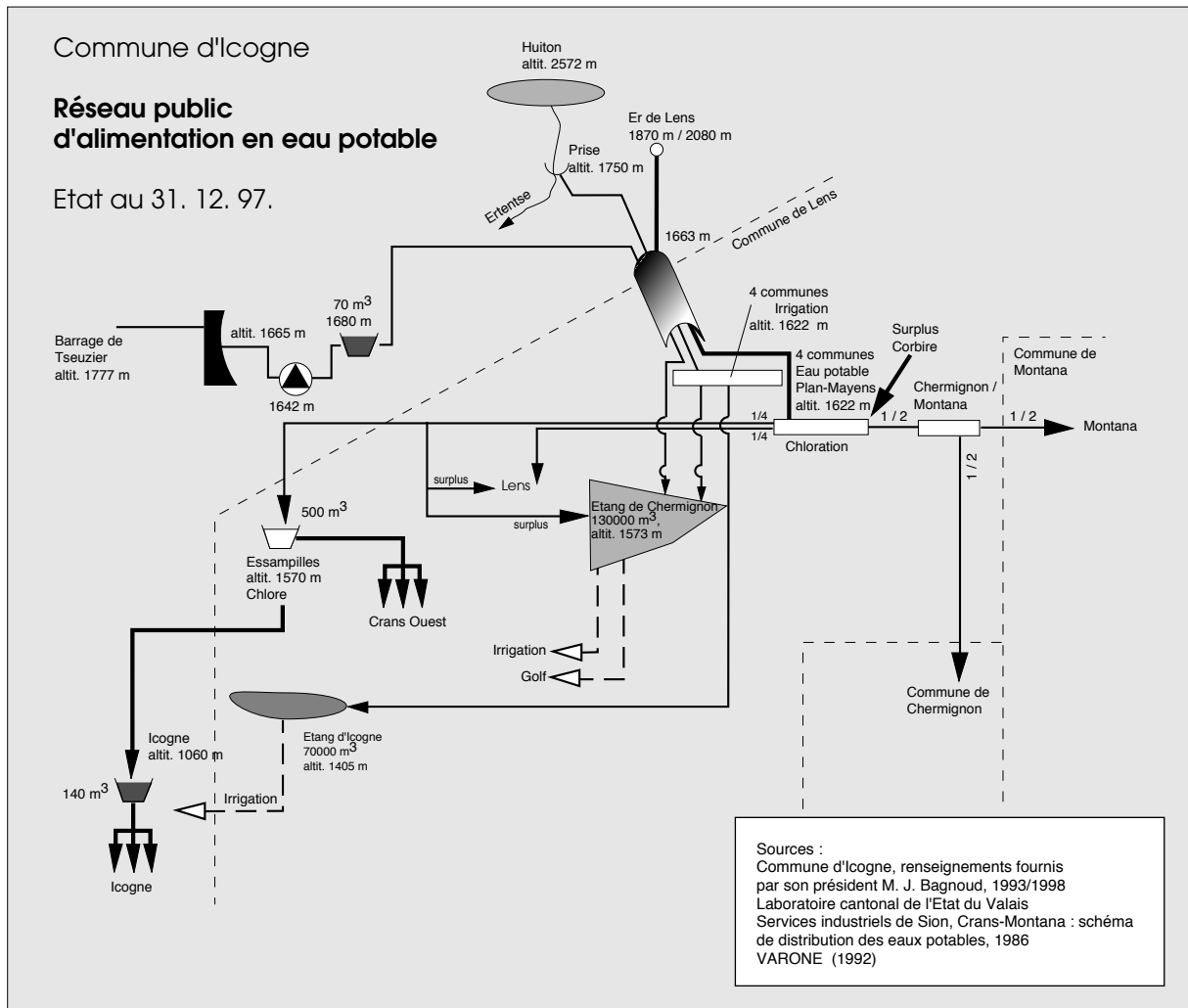


Fig. 6.14 Structure du réseau public de distribution de l'eau potable de la commune d'Icogne (pour la légende, voir la fig. 6.9).

## Synthèse

La description de ces réseaux de distribution amène quelques commentaires. On remarque tout d'abord que l'approvisionnement en eau potable s'organise sur un **mode communal**. Si cela ne pose aucun problème pour l'approvisionnement des villages inférieurs (toutes les communes adoptent un système en paliers), des difficultés apparaissent au niveau de la station. Il faut ici distinguer entre les **réseaux de transport** (amenées d'eau des sources et cours d'eau vers les stations de potabilisation ou les réservoirs principaux) et les **réseaux de distribution**. Ces derniers ne sont pas connectés, ce qui limite fortement les possibilités de prévention de pollutions. **Par contre, au niveau du transport principal les réseaux sont connectés**. Ainsi, les eaux du bassin versant de l'Ertentse peuvent transiter jusqu'à la commune de Randogne, par le biais des installations de Lens et Montana. De même, Randogne se greffe également sur la Tièche par sa conduite traversant le territoire de Mollens.

Chaque réseau s'est construit au gré du développement de la station. Ce sont donc logiquement les réseaux de Randogne, Montana et Lens qui sont les plus complexes.

Les quatre communes de l'ouest de la station, dont l'approvisionnement en eau potable est commun pour des raisons historiques, ont par contre développé des infrastructures de potabilisation, de stockage et de distribution, de manière autonome. Il en résulte de nombreux doublons, dont l'exemple le plus frappant est la construction de deux stations de potabilisation à Plans-Mayens, situées sur la commune de Lens, mais appartenant à deux communes différentes, Lens et Chermignon. Il en est de même à Vermala. Cela constitue sans conteste une source de gaspillage, tant au niveau des investissements que de l'entretien, comme n'a pas manqué de le relever la Jeune Chambre économique de Crans-Montana (JCE 1985).

Il ressort également que la répartition des ressources ne se fait pas en fonction des besoins, mais sur la base des droits d'eau anciens. Ainsi, on peut clairement diviser le Haut-Plateau entre des communes ayant des surplus d'eau potable (Icogne, Mollens), et quatre communes en déficit (Lens, Chermignon, Montana et Randogne). Ces dernières ne sont pas toutes sur un pied d'égalité : Lens et Randogne n'ont que peu de possibilités de stockage de grandes quantités d'eau brute, contrairement à Montana et Chermignon. De plus, Chermignon n'a qu'une source lui appartenant personnellement, contrairement aux trois autres communes, mieux dotées. On remarquera finalement que les besoins majeurs ne sont pas partout situés à la même époque : Lens et Montana manquent d'eau en été, Randogne, plutôt en hiver.

Cette situation provoque un véritable **marché de l'eau potable** sur le Haut-Plateau (qui sera décrit au chapitre 6.3.6).

### 6.3.3 Structure de la distribution d'eau potable à Nendaz

#### Introduction

A part les villages de Fey et de Baar, ainsi que la partie W de Nendaz-Station<sup>85</sup>, dont les eaux s'écoulent directement vers la vallée du Rhône, la commune de Nendaz est entièrement située dans le bassin versant de la Printse. La distribution de l'eau potable est organisée en deux grands secteurs correspondant aux rives droite et gauche de la Printse. Ces deux secteurs qui sont divisés en plusieurs réseaux ne sont pas connectés entre eux. Du point de vue du développement touristique, les deux versants offrent un contraste important, puisque les infrastructures et les constructions touristiques ne se sont développées qu'en rive gauche.

#### Rive droite

Les villages situés sur la rive droite de la Printse - Beuson, Brignon, Clèbes, Baar - sont essentiellement alimentés par des sources disposées en trois paliers : Beuson (Sources des Grangettes, alt. 1220 m), sources du Fini et d'Erré (alt. 1550 m) et les sources de la Meina et de Combire (alt. vers 2200 m). Une partie de la zone touristique de **Veysonnaz** est située sur la commune de Nendaz, et de ce fait alimentée par le réseau nendard. De même une partie de la commune de Nendaz, située sur la rive droite de la Printse, est alimentée par le réseau de Veysonnaz. Il n'y a pas d'accord clair réglant ces faits.

#### Rive gauche

Le réseau de la rive gauche est plus complexe et constitué de 2 éléments majeurs : des aménagements de captage d'eau brute et une station de traitement situés dans la haute vallée de la Printse (Tortin), ainsi qu'un réseau d'amenée d'eau et de distribution bipolaire jusque dans les villages. Les **apports d'eau brute** sont actuellement de deux types<sup>86</sup> :

- les torrents de Tortin et Bé, captés respectivement à 2010 et 2020 m; les eaux de ces deux torrents sont acheminées tout d'abord dans un dessableur, puis dans un réservoir d'eau brute situé 70 m au-dessus de la station de traitement (alt. 1930 m);
- un raccordement au barrage de Cleuson permettant de pallier aux difficultés d'approvisionnement en périodes de pointe. L'eau est tout d'abord stockée dans un réservoir de 200 m<sup>3</sup> au pied du barrage (permettant une régulation des pressions et la décantation de la matière en suspension) puis amenée au réservoir d'eau brute de Tortin pour ensuite être traitée dans la station de Pra Mounet. Cette conduite sera prochainement équipée d'une pompe permettant de refouler les eaux des torrents Bé et de Tortin dans le barrage à la fonte des neiges.

<sup>85</sup> Correspondant plus ou moins à tout le secteur situé à l'W du tracé de la télécabine Nendaz-Station - Tracouet.

<sup>86</sup> Jusqu'en 1997, la station de traitement de Pra Mounet était également alimentée par un forage d'une trentaine de mètres dans la plaine de Tortin. Ce forage est actuellement abandonné en raison de problèmes de fonctionnement de la pompe, fortement corrodée par ces eaux très ferrugineuses.

Commune de Nendaz

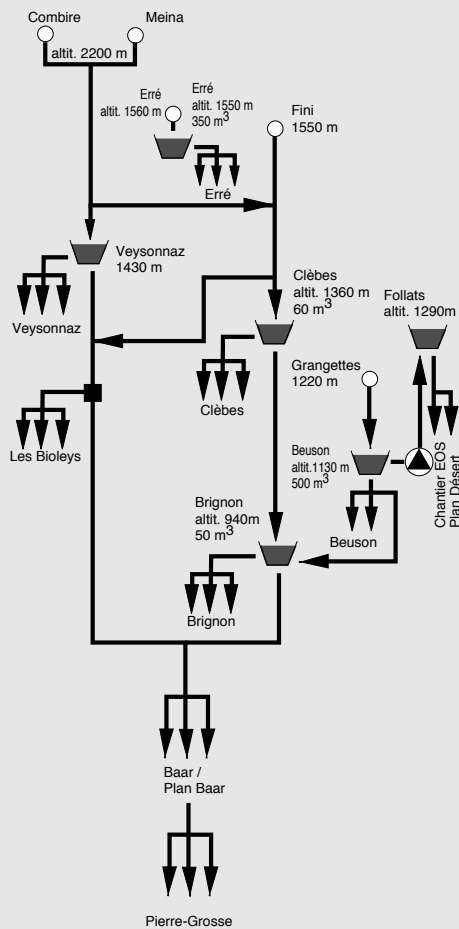
**Réseau public d'alimentation en eau potable**

Etat au 31. 12. 97.

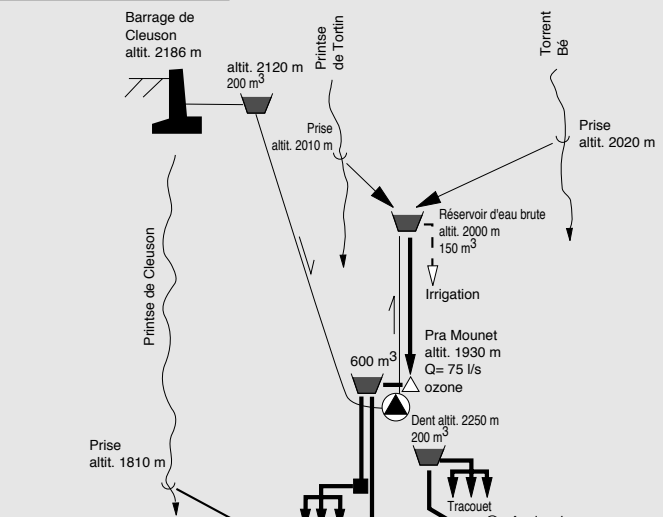
**Sources :**  
 BOURBAN 1982, 1989  
 Bureau technique A. Borvin, Sion (M. P. Bourban)  
 Service technique, Commune de Nendaz, 1991 / 1992  
 (Renseignements oraux de M. R. Michelet 1993-98)  
 Laboratoire cantonal de l'Etat du Valais

\* Le Laboratoire cantonal recense 95 sources privées

**Rive Droite**



**Tortin-Siviez**



**Rive Gauche**

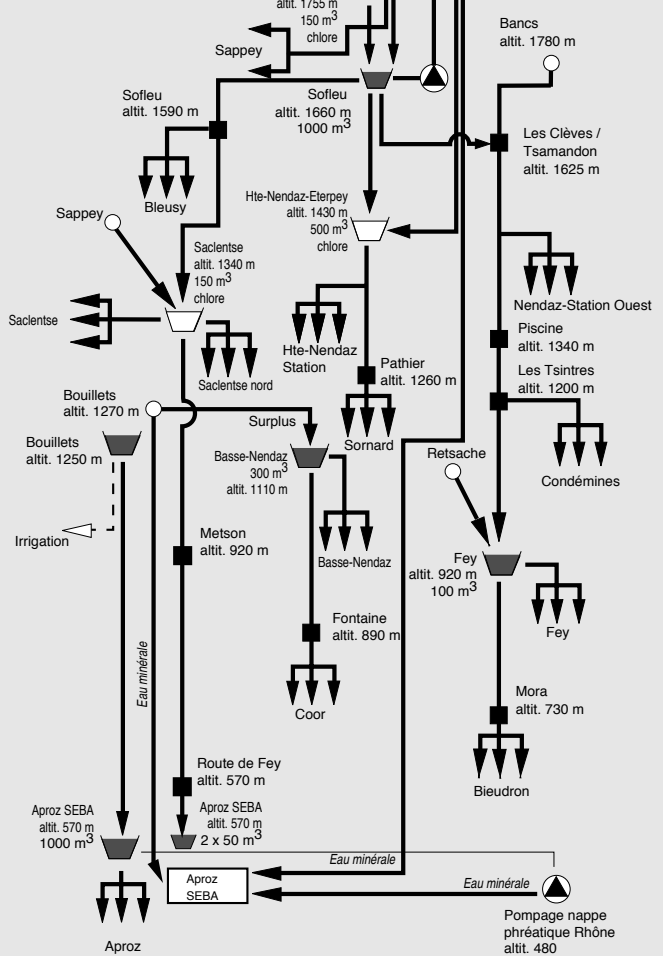




Fig. 6.15 *Structure du réseau public de distribution de l'eau potable de la commune de Nendaz (pour la légende, voir la fig. 6.9).*

Ces deux types d'apports sont ensuite acheminés vers la station de traitement de **Pra Mounet**, puis réparties dans deux réseaux principaux: Siviez et Sofleu. Le bâtiment de Pra Mounet a été conçu pour une capacité de traitement de 150 l/s, par 6 voies de traitement de 25 l/s chacune. Jusqu'en 1994, seules trois voies étaient en fonction. En raison du chantier Cleuson-Dixence, deux nouvelles voies ont été construites en 1993-94. Dans chaque voie l'eau est filtrée à travers des sables de différentes granulométries, puis traitée à l'ozone. La conduite de Siviez permet d'alimenter la zone touristique de Siviez. La seconde conduite alimente tout d'abord un réservoir de 150 m<sup>3</sup> situé à Siviez et qui reçoit également de l'eau brute de la Printse de Tortin en période de basses eaux. Cette eau est chlorée au réservoir de Siviez. De ce réservoir, l'eau est acheminée à Sofleu, où elle aboutit dans un réservoir de 1000 m<sup>3</sup> qui reçoit également l'eau de la source des Troncs et les surplus de celle de l'Avalanche (captée par SEBA Aproz SA, pour la production d'eau minérale), qui peuvent également être acheminées directement dans le réservoir de Haute-Nendaz. De Sofleu, l'eau est répartie en **3 réseaux principaux interconnectés**.

Le réseau le plus **oriental** alimente en deux paliers, la zone touristique de Bleusy et le village de Saclentse, avant de rejoindre le réservoir de 1000 m<sup>3</sup> d'Aproz. Une seconde conduite permet de relier le réservoir de Basse-Nendaz (alt. 1110 m), qui est également alimenté par le surplus des sources des Bouillets (captées par SEBA Aproz SA, pour la production d'eau minérale) et d'où les eaux sont distribuées dans le village de Basse-Nendaz, puis dans le hameau de Coor (alt. 690 m).

Le réseau **occidental**, qui reçoit également les eaux des sources des Bancs et de Clou, alimente les zones touristiques des Clèves, Tsamandon et la partie W de Nendaz-Station. A partir de la chambre coupe-pression de la Piscine (alt. 1340 m), qui permet l'interconnexion avec le réseau central, le réseau alimente successivement les villages des Condémines (alt. 1100 m), de Fey (alt. 800 m) et de Bieudron (alt. 550 m). Ce réseau inférieur n'est pas connecté avec le réservoir d'Aproz, contrairement au réseau occidental.

Le réseau **central** est également organisé en plusieurs paliers. L'eau est tout d'abord dirigée vers le réservoir d'Eterpey à Haute-Nendaz (alt. 1430 m), qui permet également de recevoir les eaux des sources de l'Avalanche et des Troncs ainsi qu'un traitement à l'ozone. Du réservoir d'Eterpey, l'eau est distribuée à Haute-Nendaz Station, puis dans le quartier de Sornard. Ce réseau est connecté avec le réseau occidental, mais pas avec celui situé à l'E du versant.

Les eaux alimentant le village d'**Aproz** dans la plaine du Rhône (alt. 490 m), proviennent principalement d'un pompage dans la nappe phréatique du Rhône, situé sur la rive droite du fleuve, près de l'embouchure de la Lizerne et creusé en 1966 en collaboration avec l'entreprise de production d'eaux minérales SEBA Aproz SA. Ces eaux sont ensuite stockées dans un réservoir de 1000 m<sup>3</sup> alimentant le village d'Aproz et SEBA Aproz SA. Le réseau de plaine peut également être alimenté par les eaux du réseau oriental (Saclentse).

## Evolution historique 1966-1993 <sup>87</sup>

Ce réseau s'est construit en plus d'un quart de siècle en relation étroite avec le développement touristique. Une analyse de l'évolution historique est donc riche d'enseignements.

Jusqu'au début du siècle, l'approvisionnement et la distribution d'eau potable était une **affaire strictement villageoise gérée par des consortages privés**. Au début du siècle, ces consortages firent appel pour la première fois aux finances publiques pour l'entretien et l'amélioration de certaines installations et en l'espace d'un demi-siècle, l'approvisionnement en eau potable devint peu à peu du ressort de la commune (BOURBAN 1989a). Suite au développement touristique rapide des années 50, les besoins en eau potable devenant toujours plus importants, les autorités communales et cantonales décidèrent en 1963 de procéder à un examen qualitatif et quantitatif des ressources existantes et du réseau d'alimentation en vue de pourvoir aux besoins futurs (VINGERHOETS 1970). Cette étude était d'autant plus pressante que des analyses du laboratoire cantonal avaient montré que la majeure partie des installations existantes n'étaient pas conformes aux normes sanitaires et que plusieurs sources avaient dû être abandonnées en raison de la dégradation de leur qualité (BOURBAN 1989a). En 1966, le bureau Louis Bonvin à Sion, qui avait été mandaté pour cet examen, déposa un projet général comportant 4 variantes, dont la troisième fut choisie par les organes de subventionnement, Confédération et Etat du Valais<sup>88</sup>.

Cette étude établit des lignes directrices à long terme qui peuvent être résumées de la manière suivante (BOURBAN 1989a) :

- maintien des sources de bonne qualité, avec assainissement des installations existantes;
- captage de nouvelles sources de bonne qualité;
- **utilisation des eaux des torrents d'altitude (Bé, Tortin, Cleuson) avec installation de traitement;**
- prospection de la **nappe phréatique de la plaine de Tortin;**
- en dernière ressource, prélèvement du complément d'eau nécessaire dans le **barrage de Cleuson;**
- construction de plusieurs réservoirs de stockage;
- création selon un plan directeur d'un réseau de distribution efficace.

On remarquera que **le prélèvement d'eau dans le barrage de Cleuson n'est proposé que comme dernière possibilité**, ceci en raison des coûts élevés (achats d'eau) qu'implique ce type de prélèvement. Telle n'était

<sup>87</sup> Sans les aménagements exécutés dans le cadre de l'approvisionnement des chantiers « Cleuson-Dixence » d'EOS.

<sup>88</sup> Le 4 avril 1967, le Conseil d'Etat du Canton du Valais approuva le projet et soumit au Grand Conseil un projet de décret concernant l'octroi d'un subventionnement cantonal. Le décret fut adopté le 10 mai 1967 et le subside arrêté à 15 % du coût total. Le 3 mars 1967, le Conseil Fédéral approuva également ce projet et le mit au bénéfice d'une subvention de 27.5 % du coût total devisé à 5.5 millions de francs (selon un dossier du Service technique de la commune de Nendaz envoyé aux citoyens le 28 mai 1971).

pas l'optique d'une autre étude datant de la même époque (VINGERHOETS 1970) qui proposait quatre variantes comportant toutes des prélèvements massifs (600 l/s) dans le barrage de Cleuson et/ou dans des conduites forcées appartenant à la société d'hydroélectricité Energie Ouest Suisse (EOS). Cette étude ne préconisait les prélèvements dans les torrents Bé et de Tortin qu'en complément, notamment pour réduire le risque de contingentement qui auraient pu être imposés par les sociétés concessionnaires. Elle ne tenait aucun compte des coûts provoqués par de tels achats d'eau proposés comme ressource principale et des coûts d'exploitation de la station de traitement, dont l'implantation devait se situer à 1400 m pour deux des quatre variantes proposées, demandant ainsi un pompage pour les secteurs situés en amont. Elle était également très optimiste quant à l'augmentation de population de la commune de Nendaz, puisqu'elle estimait à 25'000 lits l'offre touristique de la station en 1989, et quelque peu surréaliste quant à la consommation journalière par habitant qui était estimée à 1150 l/jour/hab. pour 1989 et à 1240 l/jour/hab. pour 2000-2010. Sans doute est-ce pour ces différentes raisons que les variantes proposées par l'étude Vingerhoets n'ont pas été retenues.

Le choix de la position de la station de traitement fut dicté par plusieurs facteurs<sup>89</sup> :

- la possibilité de desservir par gravité tous les mayens de Nendaz, notamment la zone de Siviez;
- la possibilité de capter des eaux de surface situées à l'amont, à l'abri du secteur de construction de Siviez (Super-Nendaz);
- la possibilité de se raccorder en cas de besoin au barrage de Cleuson par la rive gauche qui présentait des conditions plus favorables que la rive droite;
- la possibilité d'emprunter le tracé du bisse de Saxon pour le transport de l'eau potable en direction du Haute-Nendaz.

A la fin des années soixante, avant la mise en oeuvre du projet général d'approvisionnement en eau potable, l'alimentation était assurée par plus de 90 points d'eau, privés et communaux, les adductions communales étant en 1969 au nombre de 16, sans interconnexions (VINGERHOETS 1970). Vingt-cinq ans plus tard, les réseaux privés ont très peu varié, puisque le Laboratoire cantonal de l'Etat du Valais en recense 95. Le nombre de réservoirs communaux a également peu varié. Les grands changements se situent surtout au niveau des réseaux d'amenée d'eau et de distribution, notamment en ce qui concerne leur **interconnexion**. La mise en place de ce réseau s'est faite par étapes selon un plan directeur (BOURBAN 1982a, 1982b, 1989a).

## Approvisionnement des chantiers Cleuson-Dixence

Les années 90 ont été marquées dans le Valais Central par la mise en oeuvre d'un grand chantier hydroélectrique par les sociétés Energie Ouest Suisse (EOS) et Grande-Dixence SA (cf. BABAIANTZ 1993 et chap. 6.4) Une grosse part des chantiers est située sur le territoire de la

<sup>89</sup> Selon un dossier du Service technique de la commune de Nendaz envoyé aux citoyens le 28 mai 1971.

commune de Nendaz, notamment à Tortin, Tracouet (chantier principal situé à 2200 m) et Bieudron (usine souterraine). L'alimentation en eau de ces chantiers a été confiée à la commune de Nendaz.

Les besoins des différents chantiers sont de (BOURBAN 1989b)<sup>90</sup>:

- 1.2 l/s ou 99.5 m<sup>3</sup>/j pour l'eau sanitaire;
- 34 l/s ou 2220 m<sup>3</sup>/j pour l'eau de forage.

Une partie de ces eaux est fournie par des captages de sources existantes ou par la récupération d'eau sur place (ex. dans les galeries de forage), le reste est assuré par le réseau communal, à savoir (BOURBAN 1989b) :

- 0.7 l/s ou 56.5 m<sup>3</sup>/j pour l'eau sanitaire;
- 16 l/s ou 1040 m<sup>3</sup>/j pour l'eau de forage.

Les nouveaux aménagements exécutés pour contenter ces besoins sont payés par le **projet Cleuson-Dixence** et sont les suivants :

- la construction d'un réservoir de 200 m<sup>3</sup> à Tracouet à 2250 m, alimenté par deux pompages dans le réservoir communal de Sofleu (installation de pompage à Tsable Plan) nécessitant la pose d'une conduite entre Sofleu et Tracouet<sup>91</sup>. Ce réservoir alimente le chantier EOS de Tracouet, le restaurant de Tracouet et les installations de Télénendaz, ainsi que l'alpage de Tracouet. Un troisième pompage alimente les installations de Télénendaz;
- la construction d'un réservoir au lieu-dit Les Follats, sur la rive droite de la Printse et qui alimente le chantier de Plan-Désert. Ce réservoir est alimenté par deux pompes le reliant au réservoir de Beuson, lui-même alimenté par la source des Grangettes;
- la construction d'une prise d'eau et d'une conduite de transport entre le barrage de Cleuson et la station de traitement de Pra Mounet (été 1992). Cette installation vise à garantir un approvisionnement suffisant des chantiers en période hivernale (haute saison touristique). Il doit également permettre une compensation éventuelle en cas d'incidence négative des forages sur les débits des points d'eau privés ou publics actuels<sup>92</sup>;
- l'augmentation du débit potentiel de la station de filtration de Pra Mounet à 125 l/s par la mise en service de deux nouvelles voies de traitement.

**Toutes ces installations reviendront à la commune lorsque les chantiers seront fermés.**

<sup>90</sup> Les débits en l/s sont calculés pour des journées de 18 heures de travail (BOURBAN 1989b).

<sup>91</sup> Le tracé de cette conduite a été défini en collaboration avec Télénendaz en prévision d'une éventuelle utilisation future pour l'enneigement artificiel.

<sup>92</sup> Cette solution a été préférée à trois autres variantes (BOURBAN 1989b) : le pompage des eaux basses de la Printse de Cleuson dans le réservoir d'eau brute avec traitement à la station de Pra Mounet, un pompage profond dans la nappe phréatique de Tortin et la construction d'un bassin d'accumulation en amont de la prise d'eau du torrent Bé. L'aménagement sera prochainement muni d'une pompe, située à Pra Mounet, permettant le refoulement des eaux du torrent Bé dans le bassin d'accumulation de Cleuson en période de hautes eaux (cet aménagement fera l'objet de tractations entre EOS et la commune de Nendaz, concernant les quantités d'eau ainsi stockées dans le barrage).

## Synthèse

La structure du réseau de distribution de Nendaz se différencie de celle du Haut-Plateau sur plusieurs points. La station se confondant avec les limites communales, il n'y a pas de problèmes d'installations construites à double. De plus, les réseaux de distribution sont fortement **interconnectés**, ce qui a pour effet de pallier facilement d'éventuels problèmes d'approvisionnement ou de pollution.

Ce réseau se différencie également de ceux de Crans-Montana par son caractère **planifié**. Sa construction s'est réalisée sur la base d'un plan directeur, ce qui n'est pas le cas dans les communes du Haut-Plateau. Il en résulte un système qui s'est peu à peu amélioré en parallèle au développement de la station.

Comme sur le Haut-Plateau, le prélèvement d'eau dans le **barrage** d'accumulation pour l'hydroélectricité n'est prévu que comme solution d'appoint en cas de pénurie. La question du prix de ce genre de prélèvement joue un rôle déterminant.

On notera finalement que la commune a su tirer profit de la présence du projet **Cleuson-Dixence** sur son territoire, puisque les installations réalisées pour l'approvisionnement des chantiers sont payées par les hydroélectriciens, mais reviendront à la communauté locale lorsque les travaux seront terminés.

Maintenant que la structure des systèmes de distribution a été analysée, je discute successivement les problèmes de tarification et de consommation. Par la suite, je décrirai le fonctionnement des ces systèmes en me concentrant sur le Haut-Plateau, là où le jeu des acteurs est le plus fortement complexifié par l'imbrication territoriale des six communes.

## 6.3.4 La tarification

### Introduction

On l'a vu au chapitre 3.5, une tarification à l'usager des coûts effectifs de la production, du transport et de la distribution de l'eau potable devrait être appliquée dans le but de limiter la consommation. Voyons la situation régnant dans les 7 communes étudiées. En vertu de l'Arrêté cantonal du 8 janvier 1969 *concernant les installations d'alimentation en eau potable*, ces dernières doivent **s'autofinancer**.

### La tarification sur le Haut-Plateau

Les infrastructures étant gérées au niveau communal, la tarification est également différente selon les communes concernées (cf. annexe 6.2). **Chermignon**, qui n'est pas équipée de compteurs, applique un tarif forfaitaire en fonction de la catégorie de bâtiment raccordé au réseau. **Icogne** applique un tarif différencié, forfaitaire pour les habitations et binôme (taxe de base assortie d'une taxe de consommation selon un relevé de compteur) pour les établissements publics. **Lens** applique un tarif binôme simple en fonction de la catégorie d'utilisateurs. À **Mollens**, les tarifs sont différenciés entre la station d'Aminona et le réseau inférieur. La taxe est binôme et varie en fonction de la taille des habitations. **Randogne** et **Montana** appliquent un tarif binôme, avec une taxe de base calculée annuellement en fonction du volume des immeubles et une taxe de consommation, calculée également d'année en année selon les variations de consommation. La combinaison des deux taxes forme la taxe d'eau qui couvre l'ensemble des frais du service des eaux<sup>93</sup>. Seule la commune de Mollens un tarif différent entre la station et les villages inférieurs<sup>94</sup>. Aucune commune ne distingue des tarifs de haute et de basse saison touristique.

Dans une intéressante étude sur les aspects économique de la gestion des ressources en eau des quatre communes de la Louable Contrée, VARONE (1992) a essayé<sup>95</sup> de calculer des prix de revient du mètre cube d'eau à la production et à la consommation. Pour les quatre communes, l'auteur a divisé les coûts de fonctionnement<sup>96</sup> du service des eaux par le nombre de m<sup>3</sup> distribués (prix à la production) et par le nombre de m<sup>3</sup> consommés (prix à la consommation) sur la base d'une estimation de la population résidente et touristique. Pour l'année 1990, elle obtient les valeurs moyennes suivantes :

<sup>93</sup> Le règlement est identique dans les deux communes. Seules les valeurs maximales des indices changent (voir annexe 6.2).

<sup>94</sup> Il en est de même à Ayent, qui applique un tarif différent entre la station d'Anzère et les villages du coteau (Communication orale de MM. R. Dussex, employé communal, et J. Blanc, ancien conseiller, Ayent, 23 août 1993) Dans les années 70, la commune de Nendaz adoptait également une tarification différenciée entre la station et les villages.

<sup>95</sup> Les calculs ont été rendus difficiles en raison des différences de plans comptables utilisés par les quatre communes et même des variations interannuelles de ces plans pour une même commune. L'auteur suggère que toutes les communes adoptent le Plan comptable harmonisé de la Conférence des directeurs cantonaux des finances, adopté par le canton du Valais en vertu de la Loi du 24 juin 1980 sur la gestion et le contrôle administratifs et financiers du canton. Cette loi n'est toutefois pas contraignante pour la comptabilité communale.

<sup>96</sup> Ceux-ci concernent les dépenses d'exploitation, les achats d'eau, ainsi que les frais financiers (amortissement et intérêts de la dette).

Commune	Prix à la prod. <sup>97</sup> [Frs./m <sup>3</sup> ]	Idem, moins pertes <sup>98</sup> [Frs./m <sup>3</sup> ]	Prix à la cons. <sup>99</sup> [Frs./m <sup>3</sup> ]
Icogne	0.17	0.21	0.35
Lens	0.34	0.41	0.48
Chermignon	0.37	0.44	0.35
Montana	0.35	0.42	0.40

Tabl. 6.2 *Prix de revient de l'eau potable en 1990 dans les quatre communes de la Louable Contrée (source : VARONE 1992)<sup>100</sup>*

Ces calculs, malgré leur relative imprécision, sont riches en enseignements. Ils montrent tout d'abord que les trois communes franchement touristiques, qui doivent toutes trois traiter une partie de l'eau avant sa distribution et qui ont toutes trois un réseau de distribution complexe, ont des **coûts de production identiques**, de l'ordre de 40-45 ct par m<sup>3</sup>. Icogne, dont la structure socio-économique, la structure du réseau et la qualité initiale des eaux sont différentes a des coûts de production réduits de moitié.

Si l'on calcule les **coûts à la consommation**, les écarts se réduisent. On notera toutefois que ce dernier calcul n'est pas très pertinent dans la mesure où pour Icogne par exemple, le rapport entre l'eau produite et l'eau consommée est artificiellement important en raison de la richesse en eau de la commune. Il met toutefois en évidence le **relatif gaspillage** d'eau non traitée (économique à la production) de la commune d'Icogne qui pourrait être en partie distribuée aux autres communes qui produisent de l'eau plus chère.

## La tarification à Nendaz

En mars 1971, le conseil communal a mis au point un système de tarification binôme<sup>101</sup> comprenant une taxe de raccordement basée sur la valeur cadastrale du bâtiment et différenciée en fonction du mode d'utilisation de l'habitation (à l'année, comme domicile secondaire ou comme chalet ou immeuble de vacance) et une taxe d'utilisation annuelle différenciée entre les villages et la zone touristique (entre 50 et 100 % plus cher dans cette dernière), mais dans des proportions relativement proches (cf. annexe 6.3). Les compteurs individuels n'étant pas encore installés, il s'agissait d'une tarification en grande partie forfaitaire privilégiant les gros consommateurs d'eau (piscines, blanchisseries, etc.).

<sup>97</sup> Il s'agit du prix de revient de l'eau produite et distribuée par la commune, calculée à la sortie des stations de traitement respectives, à l'exception de Chermignon pour laquelle il ne s'agit que d'estimations.

<sup>98</sup> L'auteur admet des pertes moyennes de 20 %.

<sup>99</sup> Ce prix est calculé sur la base d'une consommation quotidienne de 750 l par habitant (voir ci-dessous, chap. 6.3.5). Le nombre d'habitants pris en compte correspond à la population permanente + la population touristique calculée sur la base de 200 nuitées = 1 équivalent-habitant. Pour Icogne, la population touristique n'a pas été prise en compte, aucune statistique n'étant disponible (VARONE 1992). Il s'agit là d'approximations grossières: les chiffres reportés dans le tableau doivent donc être considérés avec précaution.

<sup>100</sup> Il s'agit de calculs effectués sur la base des dépenses d'exploitation. Les coûts ne tiennent donc pas compte des frais d'investissement qui, selon l'auteur, doivent être couverts par la taxe de raccordement.

<sup>101</sup> Selon un dossier du Service technique de la commune de Nendaz envoyé aux citoyens le 28 mai 1971.

Actuellement, toutes les habitations de la commune de Nendaz sont équipées de compteurs posés en 1979 et 1980<sup>102</sup>. Depuis 1982 est en vigueur une tarification binôme unique pour toute la commune. Une taxe de base donne droit à un forfait de 200 m<sup>3</sup>. En dessus, une tarification progressive est appliquée. Un dégrèvement est prévu pour les habitations occupées plus de 300 jours par an. Une tarification par points est appliquée pour le calcul de la taxe de base de certaines catégories d'utilisateurs, tels que les hôtels, cafés-restaurants et les commerces (cf. annexe 6.3).

Le règlement a apporté quelques nouveautés par rapport au précédent : la distinction entre les villages et la zone touristique a été gommée<sup>103</sup>, bien que les habitants à l'année soient privilégiés sous la forme d'un dégrèvement, et la tarification incite à la modération (tarifs progressifs), sans toutefois pénaliser les gros consommateurs « naturels » d'eau (système forfaitaire par points). Le forfait de 200 m<sup>3</sup> par raccordement est amplement suffisant pour une habitation classique<sup>104</sup>.

## Synthèse

Les modes de tarification de la consommation sont très différents d'une commune à l'autre. Aucune commune n'adopte le même système de calcul et les tarifs sont très disparates. Ainsi pour un appartement (habité toute l'année) de plus de 3 pièces et une consommation de 200 m<sup>3</sup> par an, on paiera 75 francs à Nendaz, 120 francs à Mollens, 160 francs à Aminona, 240 francs à Chermignon, 250 francs à Lens et plus de 250 francs à Icoigne<sup>105</sup>.

Cinq grands types de tarification peuvent être mis en évidence (cf. fig. 6.16). Les modes de tarification **forfaitaire** ou **généralitaire**, tels qu'appliqués à Chermignon et Icoigne, ne sont pas du tout incitatifs, d'autant plus que, comme on l'a vu ci-dessus, les tarifs sont assez élevés et ne poussent donc pas à un comportement parcimonieux. Les tarifs étant fixes, ils sont difficiles à concilier avec l'exigence de rentabiliser le service des eaux.

Le modèle **différencié** appliqué ailleurs est plus incitatif dans la mesure où les dépassements de forfait sont facturés en sus selon le volume consommé. La plupart d'entre eux ne permettent toutefois que difficilement de couvrir exactement les frais de fonctionnement du service des eaux. Le modèle que j'ai appelé **inégalitaire** applique une tarification différenciée selon les usagers touristiques ou autochtones. Ce mode de faire est contraire à la législation, bien qu'il soit justifié par la lourdeur des investissements qu'il est difficile de faire supporter au

<sup>102</sup> Renseignements tirés de *Nendaz-Panorama* No 6/avril 1979 et 11/août 1980.

<sup>103</sup> Selon M. Simon Germanier, Secrétaire communal, la question de la taxe de base pour la zone touristique posait problème lors de l'élaboration du tarif. Deux tendances s'opposaient : soit on appliquait un tarif différencié entre la zone touristique et les villages traditionnels, en tenant compte du fait que dans la zone touristique, les investissements sont les mêmes, voire supérieurs, que dans la zone villageoise, pour un taux d'occupation très faible, soit on appliquait un tarif unique en vertu de l'égalité entre les consommateurs d'eau indigènes et touristiques. Une solution médiane a été trouvée en appliquant un dégrèvement pour les habitants permanents.

<sup>104</sup> Entretien du 11 mars 1998 avec M. Simon Germanier, Secrétaire communal de la commune de Nendaz.

<sup>105</sup> Pour Randogne et Montana, un tel calcul général n'est pas possible, puisque les tarifs varient d'une année à l'autre en fonction des variations des dépenses de fonctionnement du service des eaux. Pour une consommation de 200 m<sup>3</sup>, les tarifs annuels maximaux sont de Frs. 200.- à Randogne et de Frs. 300.- à Montana.



contribuable local. Une solution serait de taxer plus fortement le raccordement.

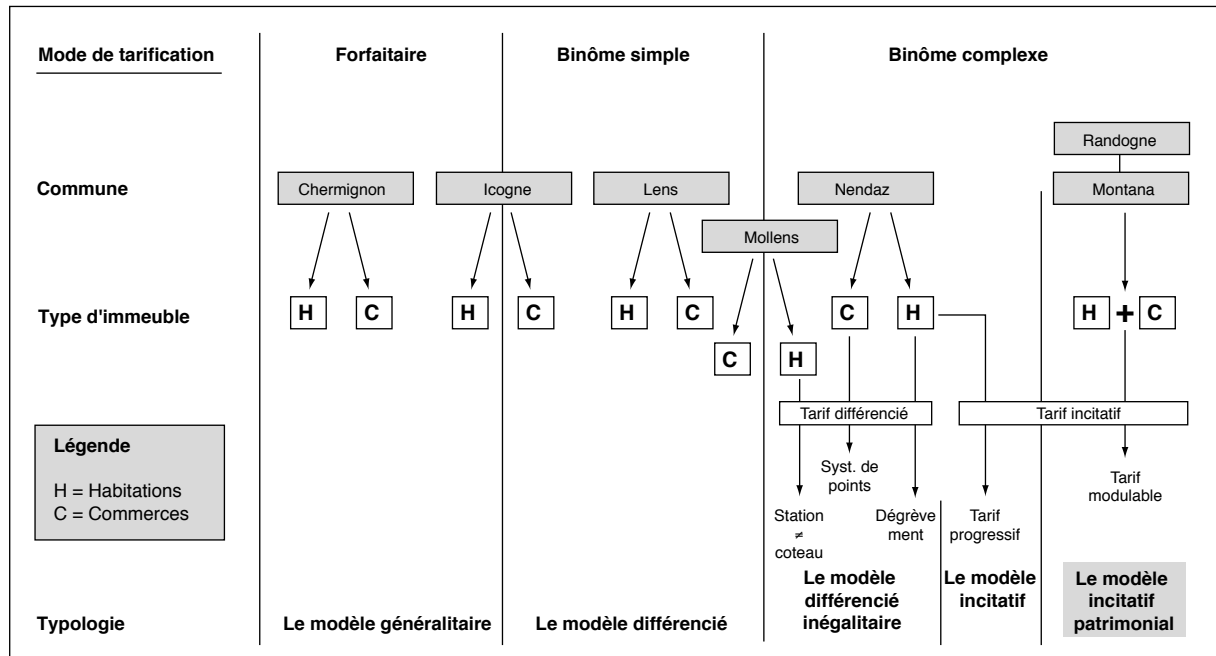


Fig. 6.16 Synthèse des modes de tarification dans les deux stations étudiées et essai de typologie.

Trois communes appliquent un modèle **incitatif** volontaire : Nendaz, Randogne et Montana. La première taxe lourdement les gros consommateurs d'eau. Les deux dernières appliquent le mode de tarification le plus fin dans la mesure où il est à la fois **incitatif**, puisque si la consommation globale augmente, les tarifs augmentent, **flexible**, puisque la taxe peut varier annuellement en fonction de la consommation totale (et de ce fait elle permet chaque année de couvrir les frais de fonctionnement du service des eaux, conformément aux exigences légales)<sup>106</sup> et **égalitaire**, puisque chaque immeuble raccordé paie en fonction de sa consommation réelle. C'est ce que j'ai appelé le **modèle incitatif patrimonial**.

<sup>106</sup> Les valeurs des indices multiplicateurs sont calculés annuellement sur la base de la consommation et des frais de l'année précédente.

## 6.3.5 La consommation

### Introduction

En 1995, la consommation moyenne d'eau potable en Suisse<sup>107</sup> était de **414 l/j/hab**<sup>108</sup>. Cette consommation spécifique étaient en constante augmentation entre 1950 et 1970; elle est ensuite restée stable, à environ 500 l/j/hab, entre 1970 et 1985, avant de baisser régulièrement jusqu'à la valeur actuelle. La consommation effective des ménages était de 285 l/j/hab en 1973, de 264 l/j/hab en 1983 (OFEFP 1991), de 180 l/j/hab en 1993 (OFEFP 1994) et de 158 l/j/hab en 1997<sup>109</sup>. Dans le détail, la consommation des ménages et du petit artisanat a augmenté d'environ 20 % entre 1980 et 1990, alors que l'utilisation industrielle et les **pertes** par fuites sont plutôt en baisse (OFEFP 1994). Ces dernières représentent en moyenne environ **24 % du volume** distribué<sup>110</sup>. Ainsi, cette stabilité de la consommation globale n'est pas due à une stabilisation des besoins en eau domestique, mais plutôt à une **amélioration des réseaux de distribution**. La consommation de pointe est beaucoup plus variable. Les régions touristiques sont notamment soumises à de grandes variations journalières et mensuelles. C'est ce que j'étudie ci-dessous en mettant l'accent d'une part sur une composante temporelle à long terme (est-ce que la consommation globale ou par habitant a beaucoup évolué depuis 15 ans ?) et d'autre part sur une analyse des variations saisonnières de consommation.

### Statistiques utilisées

Des informations chiffrées - et comparables entre les communes - sont très lacunaires. Il en résulte de grandes disparités sur la connaissance de la consommation réelle dans les différentes communes. Comme pour l'évaluation des ressources, je suis contraint d'utiliser des artifices pour me faire une idée de cette consommation. Sur le Haut-Plateau, je me concentre sur les communes de Randogne et Montana (station de Montana-Vermala) et de Lens. La commune de Chermignon ne tient pas de statistiques. Je n'analyse que partiellement les données de Mollens et Icogne, communes moins touchées par les activités touristiques. **Dans l'analyse qui suit, je me concentre sur les quantités d'eau distribuées (les valeurs incluent donc les pertes)**. Faute de temps, je n'ai pas étudié les valeurs facturées aux particuliers (valeurs réellement consommées). Dans la perspective d'une analyse des relations avec les autres types d'utilisation d'eau, ce sont toutefois les valeurs globales (distribuées par les réseaux publics) qui importent, puisque ce sont elles qui interfèrent avec les autres types d'utilisation.

Le réseau d'alimentation en eau potable de la commune de **Randogne** est surveillé par un employé communal, M. Jacques Vocat, qui consigne depuis 1976 sur des cahiers manuscrits l'état hebdomadaire des compteurs communaux. J'ai saisi ces données de manière informatique

<sup>107</sup> Pour le Valais, aucune moyenne cantonale n'est disponible.

<sup>108</sup> Source : Société suisse de l'industrie du gaz et des eaux (SSIGE).

<sup>109</sup> Cf. *Reflète*, 2/98, Revue de la SSIGE.

<sup>110</sup> Valeur de 1990; cf. *Notre eau*, plaquette réalisée par la Société des distributeurs d'eau de la Suisse romande., non daté.

pour en tirer les statistiques ci-dessous (annexes 6.4 et 6.5). A Montana, les statistiques de distribution sont établies de manière informatique depuis 1987 par le Service technique communal (annexe 6.6), tout comme à Lens depuis 1989 (annexe 6.7). Les statistiques de consommation de Nendaz sont également établies de manière informatique par le Service communal des eaux (annexe 6.8)<sup>111</sup>.

Sur le Haut-Plateau, j'analyse deux séries de statistiques de distribution:

- des séries de consommation annuelle et mensuelle de 17 ans pour Randogne, de 10 ans pour Montana et de 9 ans pour Lens qui permettent d'observer l'évolution à long terme de la consommation globale et par habitant. Pour Randogne, je ne retiens que les valeurs postérieures à 1984, car jusque là seule une partie du réseau (Tsaumiau) était munie de compteurs de distribution;
- des séries de consommation hebdomadaire (Randogne) ou journalière (Montana), permettant de mettre en évidence les périodes de pointe de consommation.

A Nendaz, je n'étudie que la consommation mensuelle en 1996 et 1997 dans le but de cerner la consommation par jour et par habitant (annexe 6.8). Les statistiques disponibles ne permettent pas d'étudier la consommation globale à long terme.

J'analyse tout d'abord l'évolution de la consommation globale et de la consommation journalière moyenne, puis je me concentre sur l'étude des variations saisonnières de consommation et je termine par une analyse de la consommation journalière par habitant.

## L'évolution de la consommation globale et de la consommation journalière moyenne

### Le Haut-Plateau

Vu le manque de statistiques, il est difficile d'évaluer la distribution globale d'eau potable par les six services communaux du Haut-Plateau. A **Lens** (moyenne 1989-1997, cf. annexe 6.7), elle est de 1.24 million de m<sup>3</sup> par an, à **Montana** (moyenne 1994-1997, cf. annexe 6.6)<sup>112</sup>, elle se monte à 1 million de m<sup>3</sup> par année et à **Randogne** (année 1995, cf. annexes 6.4 et 6.5) on peut l'estimer également à 1 million de m<sup>3</sup> par an. Pour les trois autres communes, je reprends les estimations de DROSER (1999), basées sur des estimations des équivalents habitants et sur une consommation spécifique de 600 l/j/hab., correspondant à un peu plus de la moyenne des communes de Lens, Montana et Randogne (587 l/j/hab.). Sur cette base, on peut estimer la consommation globale moyenne d'Icogne à 160'000 m<sup>3</sup> par an, celle de Chermignon à 986'000 m<sup>3</sup> par année et celle de Mollens à 235'000 m<sup>3</sup> par

<sup>111</sup> Les données ont été aimablement mise à ma disposition par les différents services des eaux communaux.

<sup>112</sup> Bien que la série statistique soit plus longue, je ne prends en compte que les dernières années, car dès 1993, la commune a entrepris de gros travaux de recherches de fuites; de ce fait les volumes distribués ont fortement baissé après 1993 (cf. fig. 6.17).

an. J'évalue ainsi la **consommation globale moyenne sur le Haut-Plateau à environ 4.56 millions de m<sup>3</sup> d'eau potable par année.**

Cette consommation globale a eu tendance à augmenter durant les années quatre-vingts pour ensuite se stabiliser, voire diminuer. Cela est bien visible sur le schéma de la figure 6.17. On remarque que la situation est différenciée dans les trois communes pour lesquelles des statistiques sont disponibles. A Randogne, la consommation globale semble diminuer légèrement depuis le milieu des années quatre-vingts. A Lens la tendance est à une nette diminution depuis la fin des années quatre-vingts. Ce n'est par contre pas le cas de la commune de Montana. En effet, la consommation globale de cette dernière a fortement augmenté dans la seconde partie des années 80, pour ensuite diminuer tout aussi rapidement, grâce à des travaux de réparation de plusieurs grosses fuites. En conclusion, malgré l'hétérogénéité des statistiques disponibles, on peut affirmer que dans les deux stations étudiées, la **tendance au cours des années 90 est à la stabilisation ou à la baisse de la consommation globale**, après une période d'augmentation au cours des années 80.

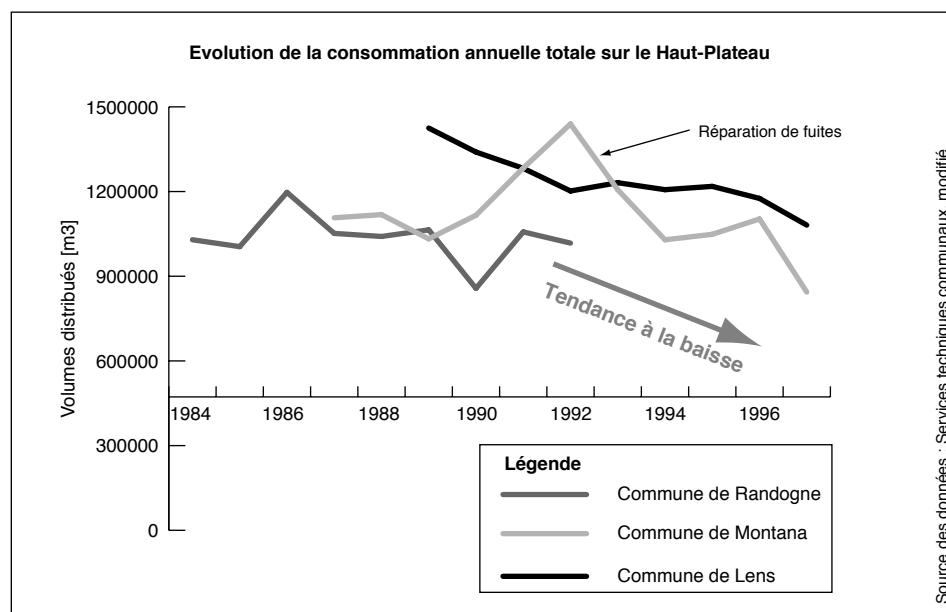


Fig. 6.17 Evolution de la consommation annuelle globale d'eau potable sur le Haut-Plateau

Ceci est corroboré par les graphiques de la figure 6.18 qui mettent de plus en évidence que les tendances sont tout de même assez diverses selon les communes. Ainsi, à Lens, la diminution globale de la consommation s'accompagne d'une diminution de l'amplitude entre les mois à forte et faible consommation, ce qui apparaît moins dans les deux autres communes. Ces deux séries de graphiques montrent qu'il n'est pas pertinent d'étudier l'évolution de la consommation globale sur l'ensemble du Haut-Plateau, **les réseaux étant gérés de manière communale.**

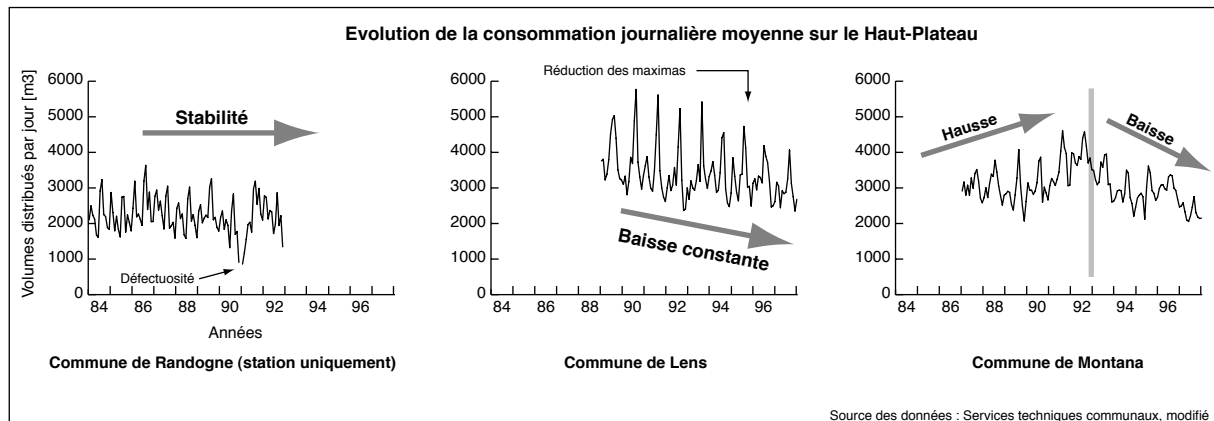


Fig. 6.18 Evolution de la consommation journalière (moyenne mensuelle) sur le Haut-Plateau.

Les causes du tassement ou de la diminution de la consommation globale sont à attribuer à une **augmentation de la productivité** des réseaux. En effet la plupart des services techniques communaux s'appliquent à déceler les fuites et à les réparer. Il en résulte des gains de productivité importants, comme on le verra par la suite dans le cas de Montana.

### Commune de Nendaz

A Nendaz, les services communaux distribuent actuellement environ 1.8 million de m<sup>3</sup> par année, ce qui donne une moyenne de 4800 m<sup>3</sup> par jour (cf. annexe 6.8). BOURBAN (1989a) montre que les volumes moyens livrés quotidiennement ont augmenté régulièrement de 1980 à 1988, passant d'une moyenne de 2424 m<sup>3</sup>/jour en 1980 à 3955 m<sup>3</sup>/jour huit ans plus tard<sup>113</sup>, soit une augmentation globale de 63 % ou de 8 % par année. En tenant compte de la rive droite, la consommation annuelle moyenne était de 4253 m<sup>3</sup>/jour en 1988 (BOURBAN 1989a). En 1996, elle est de 4582 m<sup>3</sup>/jour (cf. annexe 3.8), ce qui donne une augmentation globale de 7.7 %, soit moins de 1 % par an. Il y a donc un **tassement de la consommation globale durant les années 90**.

### Les variations saisonnières de consommation globale

J'étudie cette question sur la base de données fournies par les services techniques de Randogne et Montana. Les données de Randogne étant organisées sur un mode hebdomadaire (relevé tous les lundis), j'ai pu en tirer le graphique de la figure 6.19 qui met en évidence les **trois périodes de très forte consommation**, à savoir Noël-Nouvel An (semaines 52 et 1), février (semaines 7 à 10), et la première quinzaine d'août (semaines 30 à 33). La période de Pâques (semaines 12 à 16 selon les années) marque un pic secondaire beaucoup plus faible. La consommation est un peu plus élevée en **haute saison estivale** qu'hivernale (février).

<sup>113</sup> Uniquement le réseau de la rive gauche.

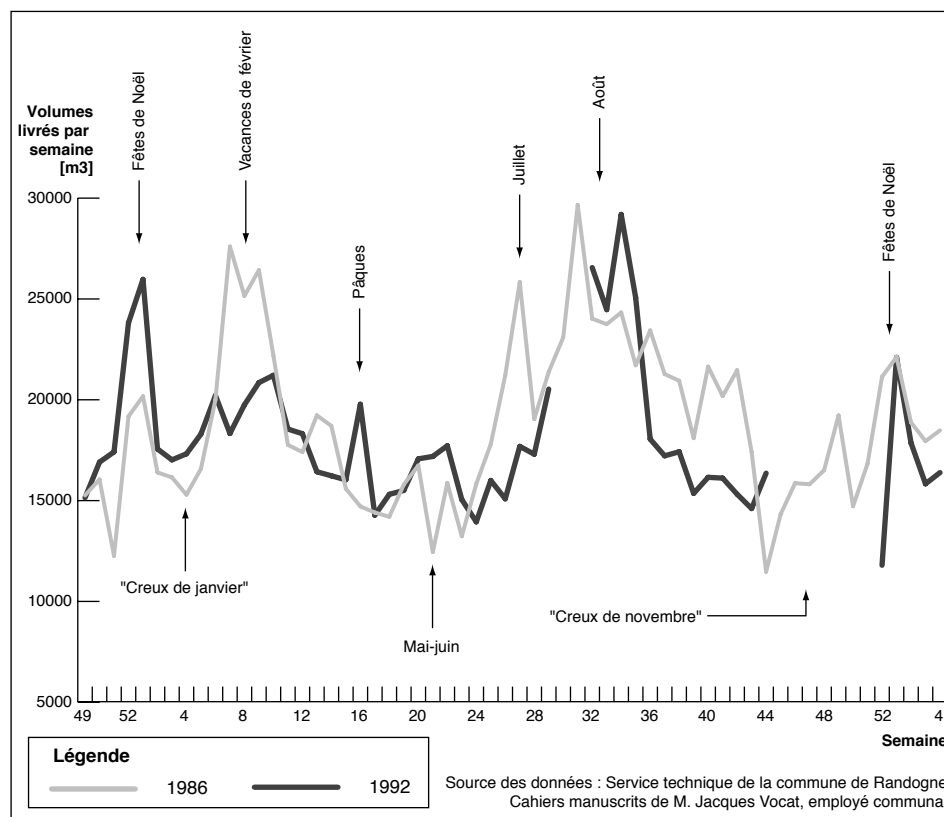


Fig. 6.19 Variations hebdomadaires de la consommation globale d'eau potable à Randogne en 1986 et 1992.

Le graphique met également en évidence les différences interannuelles. Les maxima saisonniers ne sont pas situés à la même période en 1986 et 1992. Ainsi, par exemple, le maximum hivernal de 1986 est situé en février, alors qu'en 1992 il est à Noël. De même en été, le maximum de 1986 est situé au début août, alors qu'en 1992 il est à la fin du même mois. **Il faut y voir une influence de la variabilité interannuelle des conditions météorologiques** (et donc de la variabilité de l'occupation de la station).

La comparaison des livraisons quotidiennes d'eau potable dans la commune de Montana est riche d'enseignements (cf. fig. 6.20). Les cinq graphiques montrent un net ralentissement des livraisons entre 1992 et 1996-97. Ceci était déjà visible sur la fig. 6.18. L'utilisation d'une échelle temporelle journalière permet, à l'image de la figure 6.19, de voir que les maxima de janvier sont limités à la première semaine du mois. Pendant le « creux de janvier », les livraisons ne dépassent guère 2500 m<sup>3</sup> par jour<sup>114</sup>. En février, par contre la consommation est beaucoup plus stable, traduisant une occupation touristique plus constante de la station. La comparaison des deux mois met en évidence que **les maxima journaliers hivernaux absolus sont plutôt situés à Noël-Nouvel An, alors que le maximum mensuel est clairement le mois de février**. En été, par contre, la variabilité est plus grande et dépend fortement des

<sup>114</sup> Les oscillations de la courbe de l'année 1992 sont certainement dues au lavage des filtres de la station de traitement.

**conditions météorologiques.** Cela est clairement mis en évidence par la courbe de juillet 1997 (mois très pluvieux) où les livraisons journalières n'ont guère dépassé 2500 m<sup>3</sup> par jour, valeurs nettement plus basses que la plupart des volumes livrés quotidiennement en été (voir les autres courbes). Il faut y voir l'expression d'une baisse de l'occupation de la station en période de mauvais temps estival et surtout l'indice qu'une part importante de l'eau potable consommée en été est utilisée pour l'irrigation des jardins et pelouses. Le graphique du mois de novembre (basse saison) met en évidence **l'élimination drastique des pertes**. En effet, les livraisons journalières moyennes ont presque diminué de moitié entre 1992 et 1997. La régularité de la courbe de novembre 1997 met en évidence que les quantités livrées sont étroitement dépendantes de l'occupation touristique : hors saison, les livraisons journalières d'eau varient très peu. Par contre, en haute saison, surtout estivale (cf. courbes du mois d'août), les quantités livrées fluctuent fortement. Ceci est corroboré par le tableau suivant qui montre de plus que si les livraisons d'eau potable quotidiennes ont fortement chuté depuis 1992, **le rapport entre les journées de forte et faible consommation a peu varié**.



Fig. 6.20 Livraisons quotidiennes d'eau potable dans la commune de Montana en 1992, 1996 et 1997.

Echelle temporelle	Livraison par jour	1992	1997
<b>Août</b>	Max [m <sup>3</sup> ]	5500	3345
	Min [m <sup>3</sup> ]	4160	2350
	Rapport Max/Min [%]	<b>132 %</b>	<b>142 %</b>
<b>Novembre</b>	Max [m <sup>3</sup> ]	4150	2330
	Min [m <sup>3</sup> ]	3360	1955
	Rapport Max/Min [%]	<b>123 %</b>	<b>120 %</b>
<b>Année</b>	Max [m <sup>3</sup> ]	5500	3525
	Min [m <sup>3</sup> ]	2900	1715
	Rapport Max/Min [%]	<b>190 %</b>	<b>205 %</b>

Tabl. 6.3 *Rapport entre les livraisons journalières maximales et minimales d'eau potable en haute et basse saison dans la commune de Montana.*

A Nendaz, je n'ai pas étudié ces fluctuations quotidiennes. BOURBAN (1989b) a mis en évidence pour l'année 1988 que les pointes de consommation journalière sont situées, comme sur le Haut-Plateau, en juillet-août et entre le 15 décembre et Pâques, que le maximum saisonnier hivernal est situé en février et que les pointes de consommation estivales dépendent fortement des conditions atmosphériques, traduisant ainsi la forte consommation d'eau potable pour l'arrosage des jardins et pelouses.



## La consommation spécifique annuelle

Les statistiques analysées jusqu'ici ont permis de mettre en évidence la forte variabilité temporelle de la consommation ainsi que certaines différences entre communes. Elles ne permettent toutefois pas de les comparer entre elles et surtout de savoir si les quantités livrées par les services communaux, rapportées au nombre d'habitants, correspondent à la moyenne suisse ou non. J'étudie ci-après certaines statistiques de consommation des communes de Montana, Randogne<sup>115</sup> et Nendaz<sup>116</sup>, en les rapportant aux statistiques démographiques du chapitre 4.4. Je travaille à une échelle de temps mensuelle<sup>117</sup> sur les années 1992 et 1997.

Les Services Industriels de Sion donnent une consommation moyenne dans la Louable Contrée de **750 l./j./hab.**, quantité élevée qui s'explique par le fait qu'une part importante de l'eau d'irrigation (prairies, jardins et pelouses privées) est prélevée sur les réseaux d'eau potable (VARONE 1992).

	Cons./ Jour	Cons./ Jour	Cons. / Jour	Pop. tour. temporaire	Pop. tour./ commune	Pop. totale	Pop. totale	Cons. spécifique e	Cons. spécifique	Cons. spécifique
	1992	1997	1992	C-M	C-M	1992	1992	1992	1997	1992
	Montana	Montana	Randogne	par jour	par jour	Montana	Randogne	Montana	Montana	Randogne
	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	(1)	(2)	(3)	(3)	[l/j/hab]	[l/j/hab]	[l/j/hab]
J	3987	2491	2781	9000	3000	5412	5870	737	460	474
F	3963	2582	2735	10000	3333	5745	6203	690	449	441
M	3700	2332	2129	10000	3333	5745	6203	644	406	343
A	3635	2098	2368	2800	933	3345	3803	1087	627	623
M	3880	2056	2324	1000	333	2745	3203	1413	749	726
J	3804	2205	1717	2500	833	3245	3703	1172	680	464
J	4402	2453	1983	7000	2333	4745	5203	928	517	381
A	4579	2756	2865	11000	3667	6079	6537	753	453	438
S	4179	2306	1944	5500	1833	4245	4703	984	543	413
O	3702	2185	2221	2000	667	3079	3537	1202	710	628
N	3842	2141	2269	1000	333	2745	3203	1400	780	708
D	3512	2150	2094	5500	1833	4245	4703	827	507	445
							Moyenne	<b>986</b>	<b>573</b>	<b>507</b>

(1) Evaluation moyenne, voir tabl. 4.3

(2) Selon (1) divisé par 3 : signifie que la population touristique se répartit plus ou moins à 1/3 à Randogne, 1/3 à Montana, 1/3 à Crans (selon lits touristiques, cf. ann. 4.15)

(3) Pop. résidente 1992 selon annexe 4.7 + Pop. touristique par commune selon (2)<sup>118</sup>

Tabl. 6.4 *Evaluation de la consommation spécifique moyenne d'eau potable à Randogne et Montana (pour Randogne uniquement la station)<sup>119</sup>.*

<sup>115</sup> Je calcule ici une valeur pour la station et une autre pour le coteau (villages de Randogne et Loc).

<sup>116</sup> La difficulté d'établir la répartition de la population touristique de Crans entre les deux communes de Lens et Chermignon ne m'a pas permis de calculer des moyennes par habitant pour la commune de Lens.

<sup>117</sup> Les données de Randogne ont ainsi été organisées sur un mode mensuel pour permettre une comparaison avec les valeurs de Montana.

<sup>118</sup> Pour Randogne, la population résidente prise en compte est celle mentionnée à l'annexe 4.7, amputée de la population de Loc et Randogne-village, selon communication du Contrôle des habitants de Randogne.

Le tableau 6.4 montre qu'en 1992, la consommation moyenne journalière par habitant était près de **deux fois supérieure à Montana qu'à Randogne**. En 1997, après réduction des pertes du réseau de Montana, les moyennes se rapprochent de celles de Randogne et la moyenne annuelle des deux communes est légèrement plus élevée que la moyenne suisse.

Pour la commune de Nendaz, j'ai effectué le même calcul pour les années 1996 et 1997. Les moyennes annuelles obtenues sont plus élevées que pour les deux communes du Haut-Plateau, bien qu'elles ne prennent pas en compte les livraisons pour les chantiers Cleuson-Dixence. J'en déduis que **l'efficacité du réseau est plus faible** qu'à Randogne et Montana.

	Cons. par jour 1996 [m <sup>3</sup> ] (1)	Cons. par jour 1997 [m <sup>3</sup> ] (1)	Pop. tour. temporaire (1996-97) (2)	Pop. totale 1996 (3)	Pop. totale 1997 (3)	Cons. spécifique 1996 [l/j/hab]	Cons. spécifique 1997 [l/j/hab]
J	4799	5029	2000	7600	7500	631	670
F	5144	5144	4000	9600	9500	536	561
M	4724	4594	3000	8600	8500	549	540
A	4374	4525	1500	7100	7000	616	646
M	4338	4777	200	5800	5700	748	838
J	5078	4656	500	6100	6000	832	776
J	4665	5063	2500	8100	8000	576	633
A	4655	5244	2800	8400	8300	554	632
S	4007	4386	600	6200	6100	646	719
O	4072	4364	300	5900	5800	690	752
N	3962	4636	200	5800	5700	683	813
D	4666	5169	1500	7100	7000	657	738
					Moyenne	<b>643</b>	<b>693</b>

(1) Selon annexe 6.8.

(2) Evaluation, voir tabl. 4.4.

(3) Population totale = pop. touristique temporaire + population permanente. Celle-ci est de 5600 habitants en 1996 et 5500 habitants en 1997, selon communication de la commune de Nendaz<sup>120</sup>

Tabl. 6.5 *Evaluation de la consommation spécifique moyenne à Nendaz en 1996 et 1997.*

A titre de comparaison, je calcule également la consommation spécifique de 1997 dans les **zones non touristiques** de Randogne-village/Loc (commune de Randogne) et de Beuson et Brignon/Baar (commune de Nendaz) (tabl. 6.6). A Randogne, les relevés ne sont pas fait à intervalles réguliers. Il n'est donc pas possible de calculer des moyennes mensuelles. Les valeurs de population résidente des différents villages ont été communiquées par le Contrôle des habitants des deux

<sup>119</sup> Pour le calcul de la consommation par habitant de Montana en 1997, j'ai pris en considération la même population qu'en 1992, car la population permanente a très peu varié. Les valeurs de consommation journalière de Randogne en novembre et décembre sont celles de l'année 1991, car en 1992 un compteur était défectueux et aucune valeur n'a été enregistrée pendant plusieurs semaines.

<sup>120</sup> Ces chiffres diffèrent quelque peu de ceux de l'annexe 4.7.

communes. Je n'ai pas pris en compte une éventuelle population touristique qui doit tout de même représenter quelques unités. Les résultats sont présentés dans le tableau 6.6 et sont assez difficiles à interpréter. En effet, à Nendaz, la consommation spécifique des secteurs non touristiques analysés est nettement inférieure à la moyenne générale de la commune, ce qui signifie que les secteurs touristiques ont une consommation spécifique plus élevée que les secteurs non touristiques. A Randogne, la situation est inversée : les villages montrent une consommation spécifique plus élevée que le secteur de la station (cf. tabl. 6.4). La variabilité interannuelle est de plus très forte. La raison doit certainement être cherchée dans la qualité des réseaux et/ou dans la part de l'irrigation des jardins et pelouses utilisant de l'eau potable.

1997	Cons./jour Brignon/ Baar [m <sup>3</sup> ]	Cons./jour Beuson [m <sup>3</sup> ]	Pop. résid. Brignon/ Baar	Pop. résid. Beuson	Cons. spécifique Brignon/ Baar [l/j/hab]	Cons. spécifique Beuson [l/j/hab]
J	229	69	718	302	319	229
F	238	69	718	302	332	228
M	251	61	718	302	349	202
A	234	69	718	302	325	230
M	218	73	718	302	304	241
J	178	63	718	302	248	210
J	185	71	718	302	257	234
A	225	81	718	302	313	268
S	229	63	718	302	318	209
O	226	48	718	302	314	160
N	272	61	718	302	379	202
D	273	69	718	302	381	229
An	230	66	718	302	320	220

	Cons./jour Randogne/Loc [m <sup>3</sup> ]	Pop. résid. Randogne	Pop. résid. Loc	Pop. résid. Randogne /Loc	Cons. spécifique Randogne/Loc [l/j/hab]
1992	528	255	154	409	1291
1997	412	335	191	526	783

Tabl. 6.6 *Consommation spécifique d'eau potable dans certains villages non touristiques des communes de Randogne et Nendaz. (Source des données : services communaux respectifs).*

Dans le tableau 6.7, je compare les valeurs obtenues pour les trois communes étudiées ici avec des consommations spécifiques calculées ailleurs en Valais. Malheureusement, comme relevé plus haut, des statistiques de ce genre sont extrêmement rares et se limitent à ma connaissance aux quelques chiffres fournis dans les deux rapports rédigés à la demande du Département de l'environnement et de l'aménagement du territoire du canton du Valais (SPE/SFH 1992 et SAT 1998)<sup>121</sup>. Il ressort de cette comparaison que la **consommation spécifique moyenne annuelle des secteurs touristiques est un peu**

<sup>121</sup> Les premières versions de l'*Inventaire du tourisme valaisan*, années 1973 et 1974, proposaient pour certaines communes un calcul des quantités d'eau potable disponibles à l'étiage par jour et par habitant, par jour et par lit d'hôte et par jour et par habitant+lit d'hôte (il ne s'agit donc pas d'un calcul de consommation spécifique, mais de disponibilité potentielle spécifique d'eau potable). En 1974, cela représentait 2152 l/j./hab.+lits d'hôte à Mollens et 634 l à Crans.

**plus élevée que celle des zones urbaines de plaine et que la moyenne suisse.** Le cas de Montana (diminution très importante entre 1992 et 1997) montre clairement qu'une augmentation de l'efficacité du réseau permet de ramener les valeurs de consommation assez près de la moyenne nationale. Les secteurs non touristiques montrent quant à eux une variabilité beaucoup plus grande, certainement liée aux variations de la qualité du réseau et à la part de l'arrosage privé alimenté par les réseaux d'eau potable. **Il n'est dès lors pas possible de tirer une conclusion quant à la consommation spécifique majeure ou mineure des secteurs touristiques par rapport aux zones d'habitat traditionnel des deux régions étudiées.**

Commune	Type	Cons. spécifique [l/j/hab]	Année	Source
Sion	Urbain	587	1994	SAT 1998, modifié
Sierre	Urbain	562	1994	Idem
Monthey	Urbain	470	1994	Idem
Martigny	Urbain	571	1994	Idem
Fully	Rural	1162	1994	Idem
Nendaz	Touristique	643	1996	-
		693	1997	-
Nendaz (Brignon/Baar)	Rural	320	1997	-
Nendaz (Beuson)	Rural	220	1997	-
Montana	Touristique	986	1992	-
		573	1997	-
Randogne	Touristique	507	1992	-
Randogne- village/Loc	Rural	1291	1992	-
Randogne- village/Loc	Rural	783	1997	-
Verbier	Touristique	960	1989-90	SPE/SFH 1992 <sup>122</sup>
Bagnes (sans Verbier)	Rural	640	1989-90	SPE/SFH 1992

Tabl. 6.7 Consommation spécifique dans diverses communes valaisannes.

## Les variations saisonnières de consommation spécifique

Dans les trois communes analysées, la courbe de consommation par habitant varie de manière **inverse** par rapport à la courbe de consommation globale : les valeurs élevées de consommation spécifique se retrouvent en basse saison (avril-mai et octobre-novembre), ce qui met en évidence l'importance des **pertes**, puisque les valeurs représentées correspondent aux quantités distribuées par les services communaux (et non aux quantités réellement consommées). Il faut toutefois également tenir compte des usages pour certaines infrastructures (piscines, fontaines) qui sont indépendants des variations saisonnières de population touristique et élèvent les moyennes de basse saison.

<sup>122</sup> Il s'agit d'une estimation. La population moyenne est évaluée en additionnant la population résidente et les nuitées moyennes. Ces dernières sont calculées saisonnièrement en divisant les nuitées annuelles totales par 365. L'auteur fait également un calcul saisonnier et obtient des valeurs spécifiques de 800 litres en hiver et de 1250 litres en été.

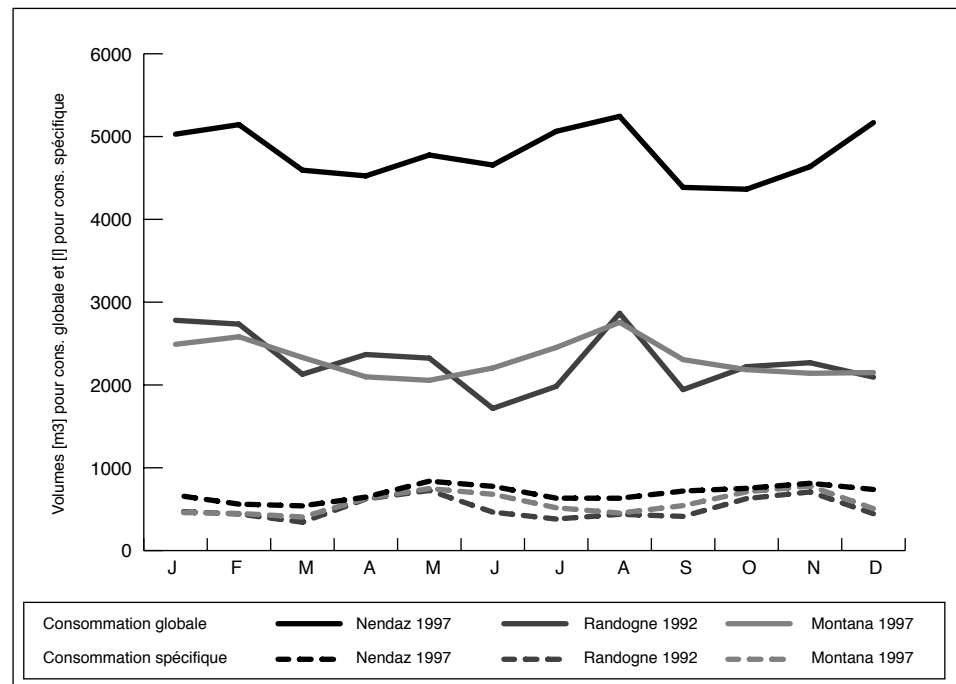


Fig. 6.21 Variations mensuelles de la consommation globale et spécifique dans les communes de Nendaz, Randogne et Montana<sup>123</sup>.

## Synthèse sur la consommation en eau potable

De ces analyses on retient les enseignements suivants :

- Il n'est pas possible, en raison de l'absence de statistiques à long terme, d'analyser de manière exhaustive l'évolution de la consommation globale et par habitant sur une longue durée;
- Depuis le milieu des années 80, la consommation stagne ou régresse dans toutes les communes pour lesquelles des statistiques sont disponibles;
- Les fluctuations de population touristique induisent des variations saisonnières de consommation; les pics de consommation se situent généralement à Noël-Nouvel An (pic court de grosse consommation), en février (consommation généralement un peu plus faible, mais le pic dure tout le mois) et en juillet et surtout août, qui constituent la période de plus forte consommation de l'année, certainement en raison de l'usage partiel d'eau potable pour l'arrosage près des habitations;
- Les courbes de consommation globale et spécifiques varient de manière inverse, ce qui démontre que les réseaux analysés ont une certaine part de pertes (ou du moins de consommation en ruban, tel l'approvisionnement des fontaines);
- Les calculs de consommation spécifique sur des années différentes et entre diverses communes montrent de grosses

<sup>123</sup> Pour Nendaz, il s'agit de la consommation sur les réseaux de la rive droite et gauche; pour Randogne, uniquement la station.

disparités : on peut y voir autant des raisons liées à la structure socio-économique (les réseaux villageois ne se comportent pas de la même manière que les réseaux des secteurs touristiques), qu'à la qualité des infrastructures.

### 6.3.6 Les acteurs

#### Introduction

Comme pour l'irrigation, on a assisté dans les communes valaisannes à un transfert de compétences des consortages privés aux **administrations communales** en matière de distribution de l'eau potable. Ce transfert a été rapide dans les stations touristiques de montagne. Ainsi, à Ayent (station d'Anzère), les villages étaient organisés en consortages privés indépendants jusqu'en 1947. A partir de cette date, la commune reprend peu à peu, tout d'abord le réseau, puis l'ensemble de la gestion. Il en a été de même à Nendaz et sur le Haut-Plateau, où actuellement la distribution de l'eau potable est assurée par les 6 services communaux des eaux, de manière indépendante et où existe depuis 1989 une commission intercommunale des eaux chargée de coordonner la gestion de l'eau potable et de l'eau d'irrigation. C'est sur le Haut-Plateau que les relations entre les différents acteurs sont les plus complexes; c'est pourquoi, pour étudier le jeu des acteurs, je me concentre sur Crans-Montana-Aminona et plus précisément sur le cas de la commune de Randogne.

#### Les ventes et achats d'eau entre communes sur le Haut-Plateau

Dans ce chapitre, j'analyse les rapports qu'entretiennent les six communes du Haut-Plateau dans le secteur de la distribution d'eau potable. On l'a vu au chapitre 6.3.2, les réseaux de distribution sont très peu connectés. Les infrastructures principales ne sont toutefois pas complètement séparées. Ainsi les quatre communes occidentales sont reliées au niveau du tunnel du Mont-Lachaux et du répartiteur de Plans Mayens. La station de traitement de Montana est reliée au réservoir de Vermala (Randogne), qui est également alimenté par une conduite provenant de la Tièche, sur laquelle la commune de Mollens peut se greffer. Ces connexions permettent des échanges d'eau entre communes « riches » et « pauvres » en eau. C'est ce que je décris ci-dessous, d'ouest en est.

La commune d'**Icogne**, qui a une disponibilité en eau plus importante que la demande, peut vendre les surplus à ses homologues de la Louable Contrée, ce qui représente environ 500'000 m<sup>3</sup> par année répartis en trois parts égales en faveur des communes de Lens, Chermignon et Montana. Une convention non signée régit les droits<sup>124</sup>. Dans la pratique, Lens a acheté ces dernières années environ 75 % des livraisons, Montana environ 20 % et Chermignon 5 %. L'eau est fournie à trois prix

<sup>124</sup> Convention du 26 novembre 1986, selon laquelle Montana, Chermignon et Lens s'engagent à utiliser l'eau d'Icogne prioritairement par rapport à celle du barrage de Tseuzier.

différents<sup>125</sup> (0.07 Frs/m<sup>3</sup> en été, 0.27 Frs/m<sup>3</sup> en hiver et 0.15 Frs/m<sup>3</sup> pour le remplissage des lacs). Les 70'000 m<sup>3</sup> du lac d'Icogne sont vendus exclusivement à la commune de Lens<sup>126</sup>. Depuis 1987, Icogne vend sa part des eaux de Corbire à Montana au prix de 0.07 Frs/m<sup>3</sup> en été, 0.27 Frs/m<sup>3</sup> en hiver (VARONE 1992).

La commune de **Lens** est plutôt demandeuse d'eau. En plus de l'eau fournie par Icogne, Lens achète depuis 1969 de l'eau à Lienne SA (barrage de Tseuzier)<sup>127</sup>. La convention renouvelée en 1989 prévoit la fourniture de 500'000 m<sup>3</sup> par année<sup>128</sup> au prix de 0.35 Frs/m<sup>3</sup>. La commune achète également un droit sur une source privée, à raison de 1100 francs par année (VARONE 1992). La commune de Lens encaisse un **droit de passage**<sup>129</sup> sur sa conduite de Tseuzier auprès des communes de Chermignon, Montana et Randogne au prix forfaitaire de 10'000 francs par année + 0.30 Frs/m<sup>3</sup>. Tout comme Chermignon et Icogne, Lens vend ses eaux de Corbire à Montana. Le tarif estival est le même que celui de ses homologues. Le tarif hivernal est de 0.80 Frs/m<sup>3</sup>, motivé par le fait cette eau laissée à Montana doit être rachetée à Lienne SA au prix de 0.35 Frs/m<sup>3</sup> auxquelles il faut rajouter 0.40 Frs/m<sup>3</sup> de droit de passage dans le tunnel du Mont Lachaux<sup>130</sup>. Ces ventes faiblissent actuellement<sup>131</sup>.

La commune de **Chermignon** vend ses eaux de Corbire à Montana au même tarif qu'Icogne. Elle peut également acheter de l'eau à la commune d'Icogne et à Lienne SA<sup>132</sup> en cas de besoin.

La commune de **Montana** achète de l'eau à Icogne (env. 100'000 m<sup>3</sup> par année, voir ci-dessus), ainsi que les parts d'Icogne, Lens et Chermignon sur les eaux de Corbire. Elle peut également acheter en cas de nécessité de l'eau à Lienne SA, aux mêmes conditions que la commune de Chermignon. La commune, qui est déficitaire, ne vend pas d'eau.

Depuis la fin des années 60, la commune de **Randogne** capte durant l'hiver<sup>133</sup> une partie des eaux de surface de la Raspille. La commune de Salquenen a contesté cette dérivation par le dépôt d'une plainte administrative auprès de l'Etat du Valais le 29 octobre 1974, se basant sur la sentence de Josse de Silenen du 10 septembre 1490 et sur le fait que le captage avait affecté le régime de la source salquenarde du Follong, ce qui avait conduit Salquenen à acheter de l'eau de compensation auprès de la commune de Sierre. Le cas a été réglé par une

<sup>125</sup> Tous les prix sont indexés à l'évolution du coût de la vie.

<sup>126</sup> Ces ventes ont tendance à baisser actuellement (entretien du 16 mars 1998 avec M. Jacques Bagnoud, président d'Icogne).

<sup>127</sup> Convention du 10 mai 1969. A la suite d'une lettre de protestation des communes d'Ayent, Icogne et St-Léonard, Lienne SA signe une convention du même type avec la commune d'Ayent, dans le but notamment d'approvisionner la station d'Anzère.

<sup>128</sup> La convention initiale prévoyait 300'000 m<sup>3</sup> par année.

<sup>129</sup> La taxe de 10'000 francs par an est due même en cas de non utilisation. Lens justifie cela par les coûts de construction élevés de cet aménagement.

<sup>130</sup> Il semble en fait que ce droit n'ait jamais été payé. MM. Jean-Luc Emery (service technique de Lens), Sylvain Bonvin (président du consortage du Mont-Lachaux) et Jacques Bagnoud (président de la commission intercommunale des eaux) n'en ont pas connaissance.

<sup>131</sup> Entretien du 12 mars 1998 avec M. Jean-Luc Emery, Service technique de la commune de Lens.

<sup>132</sup> Le prix est de 50 ct le m<sup>3</sup> auquel il faut rajouter la taxe de transit dans la conduite de Lens.

<sup>133</sup> En été, le risque d'insalubrité est trop important en raison des pâturages situés dans la zone du captage. De plus, la convention signée en 1975 (voir ci-dessous) ne prévoit une cession des eaux que durant l'hiver.

convention signée le 11 mars 1975 selon laquelle la commune de Salquenen cède ses droits d'eau sur la Raspille à la commune de Randogne chaque année du 15 novembre au 15 avril contre une indemnité de 30'000 francs par année, indexée au coût de la vie. Cette convention valable dix ans est renouvelée tacitement d'année en année depuis 1985<sup>134</sup>. Randogne paie également un droit d'eau forfaitaire de 30'000 francs par année à la commune de Mollens pour l'usage de la source de Boverèche. Elle peut également acheter de l'eau à Lienne SA, aux mêmes conditions que Montana et Chermignon<sup>135</sup>. Cette eau transite gratuitement par le réseau de Montana. Deux projets de convention sont en préparation, avec la commune de Mollens pour les eaux de la Raspille et avec la commune de Montana pour le transit des eaux de Tseuzier<sup>136</sup>.

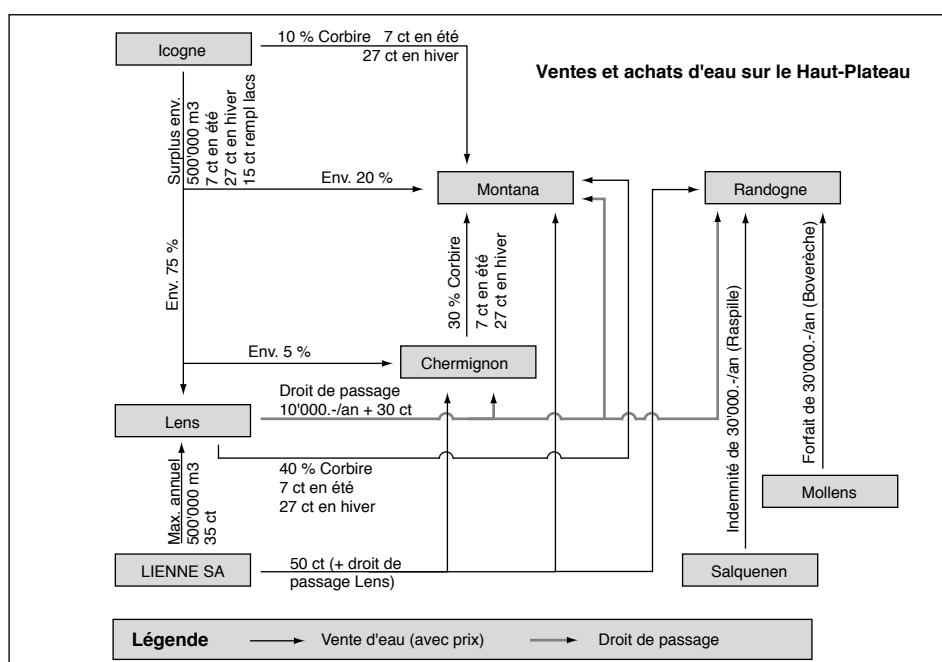


Fig. 6.22 Ventes et achats d'eau sur le Haut-Plateau.

La commune de **Mollens** vend au forfait ses eaux de la Boverèche à la commune de Randogne. Elle n'achète pas d'eau.

Les communes de Montana, Lens et Randogne sont les communes acheteuses. La commune de Randogne paie au-moins 100'000 francs par année de forfait pour ses prélèvements d'eau dans les bassins de la Raspille et de la Liène (Tseuzier). Mollens et Icogne trouvent une partie de leurs revenus dans les ventes d'eau, alors que Chermignon vend et achète peu.

<sup>134</sup> Lorsque l'avis de droit concernant les eaux de la Raspille a été commandé dans le cadre du barrage de la Raspille (voir ci-dessous), cette convention qui allait à l'encontre du principe de l'incessibilité des droits sur la Raspille a dû être rediscutée. Il a été convenu qu'elle deviendrait caduque après la construction du barrage (non construit actuellement) (cf. Protocole de la séance de la Commission intercommunale d'étude du bassin de la Raspille du 16 novembre 1990).

<sup>135</sup> Entretien du 6 février 1998 avec MM. Laurent Bonvin, Jacques Vocat, Service technique et Christian Masserey, Conseiller communal de Randogne.

<sup>136</sup> Entretien du 6 février 1998 avec MM. Laurent Bonvin, Jacques Vocat, Service technique et Christian Masserey, Conseiller communal de Randogne.



## La Commission intercommunale des eaux

Fondée en 1989, la Commission intercommunale des eaux<sup>137</sup> regroupe les responsables des services des eaux des 6 communes du Haut-Plateau et s'est fixée comme but premier de « rechercher une meilleure gestion de l'alimentation en eau potable et en eau d'irrigation de l'ensemble des communes du Haut-Plateau »<sup>138</sup>. Au niveau administratif, la commission a décidé de régler par convention les questions liées aux **eaux de Corbire**, aux **échanges d'eau** entre communes, au passage à travers le **Mont-Lachaux** et à l'utilisation de la **conduite de Tseuzier** et aux **quotas accordés par Lienne SA**. Au niveau technique, elle s'est fixée pour but de s'atteler au problème de la répartition des eaux du Mont-Lachaux par la construction d'un **répartiteur** performant qui éviterait que les « communes de Chermignon et de Montana [ne] jonglent avec les répartiteurs en mettant des planches pour alimenter leurs lacs » et que « dès que l'apport diminue, c'est la bouteille à encre et les reproches fusent »<sup>139</sup>.

Après près de dix ans de fonctionnement, il faut noter que les objectifs fixés en 1989 sont généralement restés au stade de projet. Aucune convention n'a été signée<sup>140</sup> et la commission a surtout travaillé au gré de rencontres informelles à un rythme annuel. Les travaux se sont limités à des échanges d'informations et à un suivi des développements des réseaux dans les différentes communes. Malgré quelques réalisations concrètes, notamment à Tseuzier et à Plans-Mayens, les objectifs fixés en 1989 n'ont pas été atteints. En définitive, le rôle de cette commission se limite à une **fonction de coordination et d'information mutuelle**. Elle ne joue aucun rôle moteur en matière de gestion. **Les grandes options de développement restent du ressort communal**<sup>141</sup>.

## Le cas de Randogne

En raison de problèmes d'approvisionnement chroniques, la commune de Randogne a cherché diverses solutions en vue d'accroître les quantités d'eau disponibles, soit de manière individuelle, soit en collaboration avec ses voisines. Je décris tout d'abord les solutions individuelles.

### Le captage des eaux de surface de la Raspille

A la fin des années 60, confrontée à de gros problèmes d'approvisionnement en eau potable durant la saison hivernale, la

<sup>137</sup> A ne pas confondre avec la Commission de coordination qui est une commission « généraliste » regroupant tous les présidents de commune du Haut-Plateau. C'est d'ailleurs sur proposition de la commune de Montana que la commission de coordination a créé la Commission intercommunale des eaux qui regroupe les responsables des services des eaux de chaque commune.

<sup>138</sup> Selon le Procès verbal de la séance de la Commission intercommunale des eaux du 18 août 1989, tenue à la salle du Conseil de la commune d'Icogne. Egalement pour les informations qui suivent.

<sup>139</sup> Procès verbal de la séance de la Commission intercommunale des eaux du 18 août 1989, tenue à la salle du Conseil de la commune d'Icogne, p. 5.

<sup>140</sup> Entretien du 16 mars 1998 avec M. Jacques Bagnoud, président de la commission.

<sup>141</sup> Entretien du 16 mars 1998 avec M. Jacques Bagnoud, président de la commission; ces propos ont été confirmés par les différents autres responsables communaux.

commune capte d'urgence les eaux de surface de la Raspille, à la hauteur de la prise d'eau du bisse du Tsittoret. Ce captage « sauvage » provoque la réaction de la commune de Salquenen.

### Les retenues d'eau dans les dépressions naturelles

Durant l'été 1989, les quantités distribuées ne suffisant plus à satisfaire la demande et l'eau provenant de la Raspille étant troublée par des impuretés physiques<sup>142</sup>, l'arrosage des jardins et pelouses avec l'eau potable, qui se pratiquait jusque là, est interdit et la commune se voit contrainte d'acheter à Montana une partie des eaux stockées dans les lacs et traitées par cette dernière. En contrepartie, Randogne doit mettre sur pied un pompage onéreux des eaux de la Tièche transitant dans le bisse de Bluche vers le Lac de la Moubra (Montana).

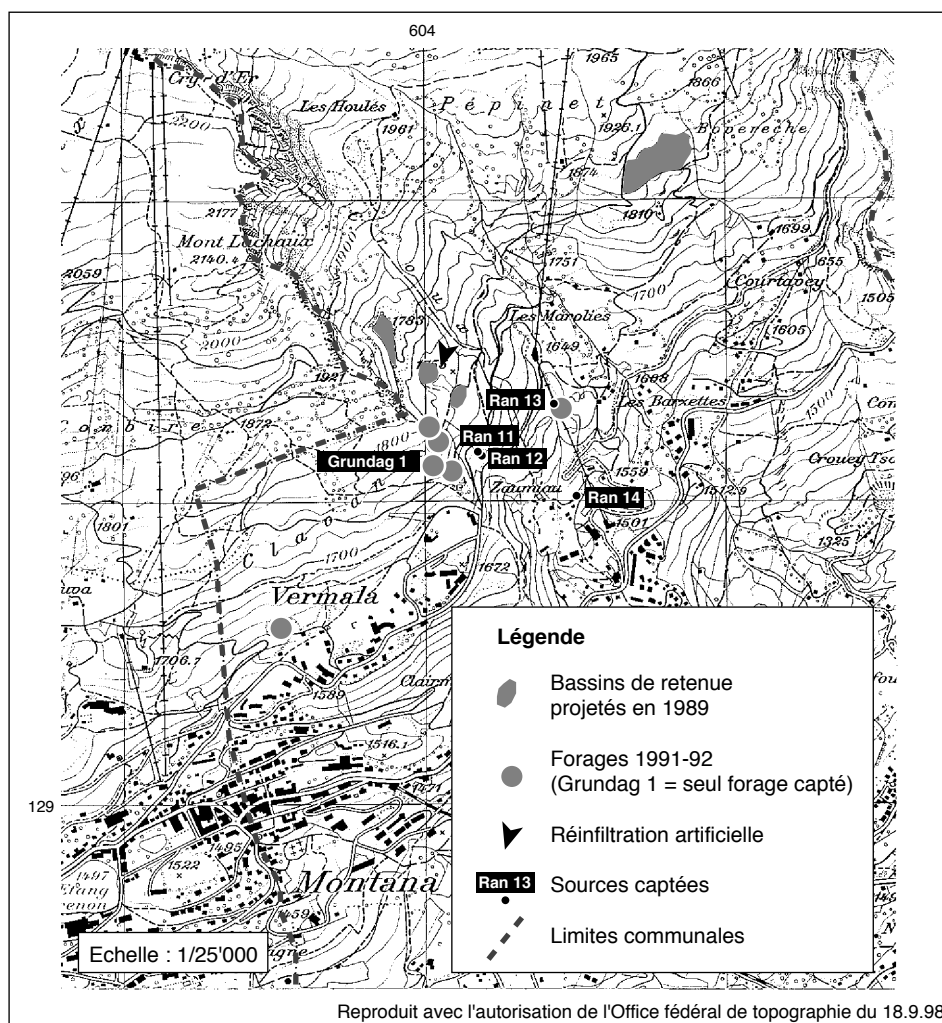


Fig. 6.23 Situation des bassins de retenue projetés en 1989, de la réinfiltration artificielle des eaux de la Raspille en vigueur depuis 1993 et des forages effectués par la commune de Randogne en 1991 et 1992.

<sup>142</sup> A ce moment-là, la station de traitement de Vermala n'est pas encore construite.

Parallèlement, elle met sur pied une étude pour la construction de quatre bassins de stockage des eaux de fonte nivale dans des renflements naturels situées aux abords de la conduite Raspille-Vermala (cf. fig. 6.23). Une étude géologique est commandée. Le but de ce projet et de créer des bassins de stockage sur le territoire communal. Randogne est en effet, avec Mollens, la seule commune du Haut-Plateau n'ayant pas de bassins naturels ou creusés initialement pour le stockage d'eau d'irrigation et pouvant actuellement faire office de retenues d'eau potable. Ce projet astucieux n'a toutefois pas eu de suite car entre temps le Conseil communal a décidé la construction d'une station de potabilisation à Vermala. **Il pourrait toutefois être à nouveau à l'ordre du jour dans le cadre du stockage d'eau pour l'enneigement artificiel.**

### La réinfiltration artificielle de Vermala

Dans le but de soutenir les débits des sources en période d'étiage, la commune de Randogne a envisagé en 1993 une réinfiltration artificielle d'une partie des eaux qu'elle capte en hiver dans la Raspille. Il s'agissait donc d'augmenter les débits hivernaux des sources tout en mettant en place un système de filtrage naturel peu onéreux. Un lien hydrogéologique a été démontré entre cette réinfiltration et les sources RAN 11 et 12 (BIANCHETTI 1993b). Il s'agit donc d'un succès. Toutefois, aucune étude hydrogéologique n'ayant été faite avant cette tentative, des risques de pollution par filtrage insuffisant, n'étaient pas à exclure. BIANCHETTI (1993b) proposait une étude hydrogéologique dans le but de déterminer le périmètre de protection de la zone de réinfiltration. Sa proposition n'a pas reçu l'aval du conseil communal de Randogne.

### Les forages de Vermala

En raison de l'échec de la construction des bassins de retenue et surtout des blocages des projets d'ouverture vers l'est et l'ouest (voir ci-dessous) la commune fait effectuer en 1991 et 1992 six forages dans la région de Vermala, à des profondeurs variant entre 101 et 318 m. Ces travaux qui ont coûté 1 million de francs ont débouché sur des résultats très moyens, dans la mesure où les débits ainsi dégagés ne se montent qu'à environ 300 l/min à l'exception d'un forage qui débite 600 l/min au maximum (Grundag 1) et qui est actuellement capté durant les périodes de pointe estivale<sup>143</sup>.

Il faut relever que ces six forages ont été entrepris sur la base d'indications fournies par un sourcier qui prévoyait un potentiel intéressant pour la commune de Randogne<sup>144</sup>, avec « des débits jaillissant avec fortes pressions en tête de puits » (BIANCHETTI 1993b). **Aucune étude hydrogéologique n'a été effectuée.** Comme seulement trois forages se sont révélés productifs, une étude hydrogéologique a été mandatée **par la suite**. Les conclusions de cette dernière (BIANCHETTI 1993b) étant assez défavorables, la poursuite

<sup>143</sup> Communication orale de M. C. Cottini, conseiller communal responsable de la commission des eaux, 26 novembre 1993. Les informations qui suivent proviennent de la même source.

<sup>144</sup> BIANCHETTI (1993b) écrit : « Tous ces forages ont été implantés par des sourciers sur la base de critères inconnus ».

des forages a été stoppée et seuls deux forages ont été équipés pour une éventuelle utilisation. Les coûts de pompage sont relativement faibles, aux alentours de 8 ct/m<sup>3</sup>.

### L'aménagement de eaux de la Raspille

Le bassin versant de la Raspille offre un exemple intéressant d'étude des relations entre divers utilisateurs d'eau potable et entre ces derniers et les utilisateurs d'eau d'irrigation. Il permet également d'étudier le **rôle de l'évolution historique sur la gestion actuelle de la ressource en eau.**

En effet, la Raspille a fait l'objet en 1490 d'une sentence donnée par l'évêque Josse de Silenen et répartissant les eaux de la Raspille en deux parts égales entre la rive gauche et droite du cours d'eau (cf. annexe 6.9 pour une traduction de la sentence), selon la formule suivante :

*En outre, tout le reste de l'eau de la Raspille, qui descend par la Raspille jusqu'aux grands bisses de Salquenen et de Varone, y compris Miesoz [Miège], doit être partagé en deux parts égales, dont l'une appartient désormais, à perpétuité sans obstacle ou opposition d'une partie quelconque aux communes de Salquenen et Varone, et l'autre partie à ceux de la contrée de Sierre et de Miesoz de telle sorte que ceux de Sierre peuvent prendre leur part de dite eau où cela leur paraît convenir, plus haut ou plus bas<sup>145</sup>.*

Cette sentence a été confirmée une première fois le 20 mars 1560 par le Châtelain de Sierre François de Platea suite à un litige entre Sierre, Venthône, Veyras, Randogne, Mollens, Varone et Salquenen, d'une part, et Miège d'autre part, au sujet de la répartition des frais de construction d'une tranchée à Bella Lui (Louable Contrée, voir également chap. 6.2.4)<sup>146</sup>. Trois ans plus tard, suite à un litige concernant le bisse du Tsittoret, une nouvelle convention est passée le 13 novembre 1563, devant le Châtelain de Sierre François Emery, entre Varone et Salquenen, ainsi que les consorts du Tsittoret, d'une part, et la commune de Miège, d'autre part, qui s'établit comme suit :

*[...] Selon les anciens droits, les titres juridiques et surtout le jugement rendu le 10 septembre 1490 par la Grandeur Jost de Silinen, de pieuse mémoire, évêque et comte du Valais [...], les citoyens de Varone et Salquenen et leurs descendants doivent avoir à perpétuité la moitié des eaux de la Raspille et les gens de la contrée de Sierre ainsi que les consorts des conduites d'eau prénommées [il s'agit des bisses du Tsittoret, de Planige et de la Raspille], soit en haut, soit en bas, l'autre moitié.*

**La répartition régie par la sentence de 1490, renouvelée par les conventions de 1560 et 1563, est encore en vigueur actuellement, et c'est elle qui fera en partie échouer, en tout cas provisoirement, le projet de barrage de la Raspille.**

---

<sup>145</sup> Traduction du latin par M. G. Ghika, ancien archiviste cantonal.

<sup>146</sup> Cf. *Constitution de l'Association intercommunale de la Raspille*, dossier de presse pour la conférence du jeudi 2 mai 1991 à la salle polyvalente de Mollens.

Ce projet<sup>147</sup>, qui occupa les esprits durant les années 80, est l'aboutissement d'un processus issu des nouveaux besoins en eau potable sur le Haut-Plateau, notamment dans la commune de Randogne, et dans les communes du coteau sierrois en phase de périurbanisation. Auparavant, la période allant de 1925 à 1960 avait vu la multiplication de projets en vue de satisfaire de nouveaux besoins en eau d'irrigation liés à l'extension du périmètre viticole, notamment sur le territoire des communes de la Noble Contrée et de Salquenens. En 1968, les cinq communes de la Noble Contrée créent un service régional des eaux commun. En 1969, on l'a vu plus haut, la commune de Randogne, en proie à une pénurie hivernale criante, est contrainte d'effectuer un captage d'urgence sur la Raspille. Parallèlement, plusieurs commissions intercommunales se réunissent dans le but de mener une approche globale de la question, sans résultat tangible, si ce n'est la décision, prise en 1975 par les huit communes du bassin versant, de demander au juge cantonal Jean Quinodoz un avis de droit sur la question de la répartition des eaux de la Raspille. Cet avis n'a pas pu être rendu suite au décès du juriste en question.

Ce n'est qu'en 1982 que le dossier est repris en raison des difficultés toujours plus importantes d'approvisionnement en eau potable de certaines communes, dont Randogne. **Ces communes ne pouvaient agir de manière individuelle en raison de la répartition commune des droits sur l'eau de la Raspille.** D'autre part, elles se heurtaient, et se heurtent encore, à la réticence de certaines communes ne manquant pas d'eau potable (Miège, Venthône, Varone et Salquenens) qui, d'une part, hésitent à investir dans des aménagements communs qui ne leur servent pas directement, et d'autre part, ont peur que de cette manière leurs droits acquis depuis la fin du Moyen Age ne se voient réduits. Toutefois, une année plus tard, le 27 juin 1983, a lieu une séance intercommunale historique durant laquelle sont prises les décisions suivantes, ratifiées par la suite par les 8 conseils communaux :

- création d'une commission intercommunale d'étude du bassin de la Raspille;
- principe de la demande d'un avis de droit sur la question;
- mise en oeuvre de travaux préliminaires (recensement des sources, propositions d'utilisation des eaux, préparation de la constitution d'une association de gestion intégrée);
- répartition des frais à parts égales entre les 8 communes;
- principe de la constitution d'une association de droit public.

Cette commission va se réunir à plusieurs reprises et mandater diverses études dans le but d'apporter « la preuve qu'il est possible, sans toucher aux **droits coutumiers** fondamentaux et aux besoins traditionnels de l'agriculture et de la viticulture **par l'accumulation**, de satisfaire les besoins en **eau de consommation** des partenaires »<sup>148</sup>.

<sup>147</sup> La plupart des renseignements qui suivent sont tirés du dossier de presse cité ci-dessus.

<sup>148</sup> Constitution de l'Association intercommunale de la Raspille, *op. cit.*

Un avis de droit, signé des professeurs Liver et Caroni de l'Université de Berne, a été livré le 4 décembre 1987 (LIVER & CARONI 1987)<sup>149</sup>. Basée sur l'analyse des trois documents de 1490, 1560 et 1563, que les auteurs considèrent comme faisant toujours foi, l'étude établit que la question de la Raspille relève du **droit privé**, ce qui signifie que les droits d'eau en question sont des droits d'utilisation en tant que **quotes-parts** des utilisateurs d'eau de la Raspille. Les communes participent à l'eau de la Raspille non pas en tant que **communes territoriales**, mais en tant que **preneurs d'eau** :

*« Sie sind am Wasser der Raspille nicht als Territorialgemeinden beteiligt, sondern als Bezüger von Wasser, dass sie als Gemeinden im Sinne von Nachbarschaften oder Dorfschaften aus dem Wasserlauf der Raspille und ihrer Zuflüsse ableiten und sich zuteilen ».*

Les deux juristes notent que les eaux de la Raspille sont un **bien commun** et qu'à ce titre, les droits sont inaliénables, incessibles et intransférables. Une vente comme celle régie par la convention entre Randogne et Salquenen n'est donc pas admissible<sup>150</sup>. Les auteurs rappellent également que la sentence de 1490 répartit les eaux entre les utilisateurs sans restes et que la destination principale (mais non unique) de l'eau était l'irrigation. Cette dernière ne peut donc pas être évincée, mais seulement réduite. Toute concession pour la production d'énergie est inadmissible. Ils concluent qu'une éventuelle utilisation pour l'approvisionnement en eau potable ne peut se faire que sous la forme d'une **association de communes**, l'eau de la Raspille étant considérée comme un bien collectif.

Sur la base de la *Loi cantonale sur le régime communal* du 13 novembre 1980 (RL 83, art. 101 à 112), la commission intercommunale a donc proposé aux 8 communes la formation d'une **Association intercommunale de la Raspille** en leur soumettant un projet de statuts. Les huit conseils communaux ont accepté ces statuts durant l'automne 1990 et le 27 mai 1991, les assemblées primaires des communes de Miège, Mollens, Randogne, Salquenen, Varone, Venthône et Veyras<sup>151</sup> devaient se prononcer sur l'adhésion à l'association et l'**adoption des statuts**<sup>152</sup> ainsi que sur le **principe du cautionnement solidaire**, selon

<sup>149</sup> Mandatés par la commission le 1er avril 1985, les deux auteurs ont livré un avant-projet en janvier 1986, renvoyé en 1987, après examen par les différentes communes. Des questions complémentaires furent notamment posées par la commune de Miège (lettre du 24 avril 1986), qui rappelle, ne souffrait pas de difficultés d'approvisionnement en eau de boisson. Les questions portaient notamment sur la garantie des droits dans le futur et sur les modes de répartition entre communes, sachant qu'au XVIe siècle, les bisses de Planige, du Tsittoret et de Varone ne fonctionnaient que durant la période d'irrigation (24 juin au 31 août), alors que les bisses de Salquenen et de Miège étaient en fonction toute l'année puisqu'ils alimentaient également les ménages en eau domestique et pour faire tourner les moulins.

<sup>150</sup> On notera toutefois que la convention en question est considérée comme une « convention » et non une « transaction », « jusqu'à connaissance du droit ». Les 30'000 francs annuels touchés par la commune de Salquenen sont une « indemnité » pour la commune lésée. La convention signée le 11 mars 1975 se termine d'ailleurs sur ces mots : « Cette convention [...] ne préjuge en rien de l'issue des litiges en cours concernant les eaux du bassin versant, Tièche, Raspille et autres affluents, et ne saurait en aucun cas constituer une reconnaissance de droit quelconque pour l'un ou l'autre des partenaires ».

<sup>151</sup> A Sierre, le premier point était soumis au Conseil général et le second au Conseil communal, conformément à la loi sur le régime communal.

<sup>152</sup> Conformément à l'avis donné par lettre du 11 septembre 1990 par le service juridique du Département de l'Intérieur du canton du Valais, les divergences concernant les statuts devaient être aplanies avant le passage devant les assemblées primaires qui ne pouvaient ainsi « qu'accepter ou refuser *in globo* ces statuts ».

lequel les communes-membres sont responsables solidairement des engagements pris par l'association (art. 16 des statuts).

Au moment de ce processus d'adoption, les diverses études hydrologiques et techniques<sup>153</sup> avaient conclu à la nécessité de construire un barrage d'une capacité de 1 million de m<sup>3</sup> (700'000 m<sup>3</sup> pour l'eau potable, 200'000 m<sup>3</sup> pour la production de neige artificielle et 100'000 m<sup>3</sup> de réserve)<sup>154</sup> sur le verrou de la Tièche à 1950 m (607.250/133.750) et une station de traitement en tête de réseau à la Cave du Scex (607.700/132.800). Le barrage, qu'il était prévu de construire en terre, devait inonder l'ombilic situé à l'amont. Il était également prévu de construire un nouveau réseau de transport jusque vers les réseaux communaux<sup>155</sup> et de connecter les réseaux existants. Le barrage devait également assurer une fonction d'accumulation d'eau d'irrigation pour la fin de l'été<sup>156</sup>. Le prix de l'eau livrée était estimé entre 1.55 Frs/m<sup>3</sup> pour 1 million de m<sup>3</sup> livrés et 40 ct le m<sup>3</sup> pour 4 millions de m<sup>3</sup> livrés, comprenant l'accumulation, la potabilisation et le transport vers les endroits de restitution aux réseaux communaux<sup>157</sup>. Par contre aucun émoulement ne devait être perçu comme droit d'eau, celle-ci étant cédée gratuitement aux communes qui en avaient besoin. Le projet était devisé à un peu moins de 20 millions de francs, montant de l'emprunt que les diverses assemblées primaires devaient cautionner.

Le projet est bloqué depuis 1991 par le fait que l'assemblée primaire de **Varone** a refusé les statuts<sup>158</sup>. De plus, un recours a été déposé par un privé contre la décision positive de l'assemblée primaire de Salquenen<sup>159</sup>. A Randogne, le Conseil communal n'avait proposé qu'un objet (adoption des statuts) à l'assemblée primaire. Suite au refus de Varone, l'Association de la Raspille a demandé l'homologation des statuts par le Conseil d'Etat (association de 7 communes). Cette demande a suscité une intervention de Varone auprès du Conseil d'Etat demandant la garantie du quart des approvisionnements, sur la base de la sentence de Josse de Silenen. Cette requête a été acceptée par le Conseil d'Etat, d'où le dépôt d'un double recours par l'Association auprès du Tribunal administratif cantonal et auprès du Tribunal fédéral<sup>160</sup>. La décision du Tribunal fédéral, notifiée le 29 août 1998, a renvoyé le dossier au

<sup>153</sup> Voir entre autre MASSEREY (1983) et Communauté des bureaux d'ingénieur MONTANI, RUDAZ, TEYSSIERRE et CANDOLFI (1991).

<sup>154</sup> Le calcul des besoins s'est fait sur la base d'une moyenne de 550 l/j/hab pour les mois de juin, juillet, août et septembre et de 450 l/j/hab pour le restant de l'année.

<sup>155</sup> Celui-ci devait utiliser partiellement la conduite Tièche-Vermala de la commune de Randogne.

<sup>156</sup> Cf. Communauté des bureaux d'ingénieur MONTANI, RUDAZ, TEYSSIERRE et CANDOLFI (1991).

<sup>157</sup> Mais sans l'amortissement des installations (cf. Communauté des bureaux d'ingénieur MONTANI, RUDAZ, TEYSSIERRE et CANDOLFI (1991) pour les calculs).

<sup>158</sup> Entretien du 12 mars 1998 avec M. Armand Berclaz, président de Mollens, également pour ce qui suit.

<sup>159</sup> Cette personne a été déboutée par le Conseil d'Etat quatre ans plus tard. Le recourant arguait que le président de la commune avait influencé le vote de l'assemblée primaire par une présentation trop partielle du projet.

<sup>160</sup> Ce double recours était motivé par le fait que l'Association n'était pas sûre que le Tribunal administratif cantonal soit compétent pour trancher. En effet, par la suite il s'est déclaré incompétent et seul le second recours subsiste. On notera que ces modalités de procédures judiciaires concernant les droits d'eau ne sont pas uniques : en effet, entre 1989 et 1999, un litige a séparé les communes de Conthey et Savièse concernant la propriété d'une source située à la frontière entre les deux communes dans le bassin versant de la Morge. Le dossier a circulé à plusieurs reprises entre le Conseil d'Etat et les instances judiciaires valaisannes, ces dernières ne se jugeant pas compétentes pour trancher ce genre de conflits. Finalement, c'est sur la base d'une loi de 1877 que les présidents des trois pouvoirs, judiciaire, exécutif et législatif, ont été chargés de désigner l'organe compétent pour trancher le litige, en l'occurrence, le Tribunal cantonal (cf. *Le Temps*, 18 août 1998, l'article de L. Nicolet, intitulé « Conthey et Savièse se livrent une dure bataille en eaux troubles »). Finalement, le Tribunal fédéral a tranché en faveur de Conthey en 1999.

Tribunal administratif cantonal, le cas étant jugé de la compétence de ce dernier<sup>161</sup>. De toute façon le projet, si la décision du Tribunal devait s'avérer positive, devrait être redimensionné, d'autant plus que Randogne, qui jouait un rôle moteur durant les années 80 semble se désintéresser du projet, car elle s'achemine vers une solution d'approvisionnement par l'ouest du Haut-Plateau (eaux de Tseuzier par le tunnel du Mont Lachaux)<sup>162</sup>.

**Je vois à cet échec différentes raisons.** Il y a tout d'abord clairement une **absence de solidarité** entre communes. L'échec est venu d'une commune sans problème d'approvisionnement actuel et qui tient à garder une souveraineté absolue sur ses eaux. Une seconde raison est liée à la **multifonctionnalité des eaux** de la Raspille et à la prédominance historique de l'eau d'irrigation : les communes riveraines ne souffrant pas de pénuries dans la fourniture d'eau potable sont très réticentes à céder leurs droits sur l'eau d'irrigation. Cela est très visible notamment dans les documents traitant des questions préalables à l'adoption des statuts posées par Miège, commune viticole, et à nouveau dans le refus de Varone de ratifier les statuts. On discerne également une **opposition entre le coteau et la montagne**, les communes du coteau étant réticentes à restreindre leur droit au profit des communes touristiques de montagne. Cette remarque vaut d'ailleurs pour le comportement des villages inférieurs à l'intérieur des six communes du Haut-Plateau, comme on a pu le constater dans la partie 4 de cette étude. Au delà des questions liées aux droits d'eau, il faut voir dans cet échec également des motivations **financières** : en effet, les huit communes devaient cautionner les emprunts pour le financement des aménagements, à parts égales. Or, les attentes n'étant pas les mêmes, on comprend que les communes n'ayant pas un urgent besoin de ces améliorations ne soient pas très disposées à financer ces travaux, d'autant plus que le coût du mètre cube d'eau potable produit est élevé, surtout si les quantités livrées sont faibles. Mais toutes ces raisons ne porteraient pas trop à conséquence, si les huit communes du bassin versant de la Raspille n'étaient pas autant liées par l'acte de 1490 et que les aménagements, même réduits, pouvaient être effectués et supportés uniquement par les quatre communes les plus intéressées par le projet. Cela n'est pas possible en vertu du principe d'inaltérabilité des droits d'eau coutumiers.

---

<sup>161</sup> Communication écrite de M. Armand Berclaz, président de Mollens, 15 septembre 1998.

<sup>162</sup> Entretien du 12 mars 1998 avec M. Armand Berclaz, président de Mollens. Ces propos ont été implicitement confirmés par MM. Laurent Bonvin, Jacques Vocat (Service technique de Randogne) et Christian Masserey (Conseiller communal de Randogne) lors d'un entretien le 6 février 1998.



## Les captages sous la Plaine Morte

En raison de ses problèmes lancinants d'approvisionnement en eau potable, la commune de Randogne envisage en 1990 de forer un tunnel sous le **glacier de la Plaine Morte** pour y capter de l'eau. Elle agit de manière **individuelle**, notamment parce que les projets de collaboration vers l'ouest (Louable Contrée) et vers l'est (barrage de la Raspille) sont bloqués politiquement. Cette idée d'amener les eaux s'écoulant en direction du nord vers le bassin versant du Rhône n'est pas nouvelle, puisqu'en 1943 déjà les communes de la Noble Contrée avaient décidé de creuser un tunnel de 5 kilomètres sous le Sex Mort dans le but de capter de l'eau pour réapprovisionner la Raspille en eau d'irrigation<sup>163</sup>. Pour des raisons géologiques et financières le projet n'avait pas pu être réalisé.

Le projet de la commune de Randogne prévoit<sup>164</sup> le percement d'une galerie de 2.4 kilomètres à partir du haut vallon de la Sinièse à 2430 m d'altitude. Sous le glacier, un puits vertical de 70 m permet d'atteindre la glace à 130 m de la surface du glacier, dans le but de capter des débits de l'ordre de 2000 l/min. Une seconde étape prévoyait le prolongement de la conduite sur 1.5 km en direction de la zone située entre le Gletscherhorn et le Wildstrubel. A la sortie du tunnel, une conduite de 4 km devait amener l'eau jusqu'à la **station de traitement de Vermala**. Ce projet suscite des **oppositions des quatre communes de la Lovable Contrée** qui craignent une perturbation des sources du vallon de l'Ertentse. **La Lenk** (commune, office du tourisme et 7 autres institutions) s'y oppose pour les mêmes raisons, craignant notamment une perturbation du régime de ses sources, en particulier les « Sieben Brunnen », sources de la Simme, et la source de Pöschenried sur le flanc nord du Massif du Wildstrubel<sup>165</sup>. Ces craintes sont en partie fondées sur le fait que lors du percement de la galerie de reconnaissance du tunnel du Rawil, d'énormes quantités d'eau non prévues avaient envahi la galerie, montrant l'extrême difficulté à connaître avec précision le contexte hydrogéologique de la région.

Cette demande de concession alimente également une polémique qui dure depuis le début des années 80 concernant la **propriété du glacier de la Plaine Morte**. En effet, la commune de Randogne dépose le 29 octobre 1990 une demande d'autorisation de construire auprès de la **commune de La Lenk**, car selon la carte nationale de la Suisse, la limite cantonale passe sur la crête sud de la dépression dans laquelle se situe le glacier. Or, le Service du Cadastre du Canton du Valais a retrouvé, dès les années 80, dans le cadre de travaux de mensuration, des cartes accompagnant des conventions territoriales signées au XIXe siècle entre les deux cantons qui montrent que le glacier est valaisan. La carte Dufour de 1863 va dans le même sens, tout comme sa révision en 1877. C'est en 1879 qu'à la faveur d'une nouvelle révision de la carte Dufour, la frontière est déplacée par un fonctionnaire vers le sud du glacier, sans

<sup>163</sup> Selon deux articles de P. Golay dans *Le Courrier* des 23 et 24 octobre 1951 sous le titre « Huit communes valaisannes manquent d'eau ». Les communes concernées sont celles du bassin versant de la Raspille, à savoir Salquenen, Varone, Sierre, Miège, Veyras, Venthône, Mollens et Randogne. Voir également *Constitution de l'Association intercommunale de la Raspille*, dossier de presse pour la conférence du jeudi 2 mai 1991 à la salle polyvalente de Mollens.

<sup>164</sup> Cf. *Der Bund*, 11 janvier 1991, *Nouvelliste et Feuille d'Avis du Valais*, 24 avril 1991.

<sup>165</sup> Cf. *Berner Zeitung*, 15 avril 1991.

en référer aux cantons concernés (GROSJEAN 1986). L'auteur qui a analysé tous les documents cartographiques connus remarque que les levés originaux pour la première édition de la carte Dufour, effectués en 1841 par le topographe J.A. Müller, sont très imprécis. Il met également en évidence les difficultés que Dufour a eu à dessiner les limites cantonales le long de la chaîne des Alpes Bernoises, non seulement à la Plaine Morte, mais aussi au Sanetsch, au Rawil et à la Gemmi. Il en résulte que la première édition de la carte Dufour représente un limite cantonale « à trous » et relativement imprécise. A la Plaine Morte, GROSJEAN (1986) met en évidence que sur la base de levés originaux imprécis, la carte Dufour de 1863 représente **artificiellement** un glacier en forme de dépression dans sa partie occidentale. Il y a donc une ligne de partage des eaux entre la Plaine Morte et le Rätzligletscher dont la langue s'écoule en direction du nord. La première version de la carte Dufour (1863) fait passer la limite cantonale sur cette ligne de partage des eaux et non sur celle située au sud de la masse de glace. Le changement de frontière de 1879 se base sur une correction du levé original effectuée par le topographe R. Ghebhard qui dessine un glacier globalement orienté vers le nord. Ainsi dans la nouvelle version de la carte Dufour, la ligne de partage des eaux est déplacée sur la limite sud du glacier. Le changement de frontière effectué par le fonctionnaire se base donc sur des éléments concrets<sup>166</sup>.

En son temps, le Valais n'avait pas réagi à cette modification. Dans les années 70, il reconnaît même implicitement le tracé des frontières puisque les demandes de concession pour les téléskis de la Plaine Morte sont adressées au canton de Berne. En 1981, des pourparlers sont entrepris en vue de récupérer le glacier. Ces discussions qui durent plus de 10 ans ne débouchent sur aucune entente, les Bernois argumentant que la frontière doit passer sur la ligne de partage des eaux, donc au sud du glacier, et les valaisans déclarant au contraire que ce sont les conventions et cartes du XIXe siècle, notamment les documents établis en 1871 concernant le tracé des limites cantonales dans les régions du Sanetsch et de la Gemmi, qui font foi, la frontière ayant été déplacée sans l'assentiment des parties<sup>167</sup>. Elles sont de plus empoisonnées par **la demande de concession de Randogne qui constitue un facteur indéniable de crispation sur le côté bernois**. Une issue consensuelle n'étant pas possible, le Conseil d'Etat valaisan dépose le 4 novembre 1992 une réclamation de droit public auprès du Tribunal fédéral demandant que la frontière soit redéplacée au nord du glacier. Le 15 décembre 1994, le Tribunal fédéral a opté pour le maintien des frontières actuelles, motivant sa décision par l'absence de réaction de la part du canton du Valais pendant plus d'un siècle. **La Plaine Morte demeure donc bernoise**.

En conclusion, il apparaît que le projet de captage sous la Plaine Morte s'est heurté à des problèmes similaires à celui du barrage de la Raspille. Il y a eu **litige sur la souveraineté, peur** de la part d'autres communes que les besoins futurs puissent être entravés par le projet et **absence de**

<sup>166</sup> Contrairement à ce que laissent entendre les arguments avancés par le canton du Valais durant la procédure au Tribunal fédéral.

<sup>167</sup> La polémique a donné naissance à une abondante production d'articles de journaux relatant l'évolution du conflit. Cf. par exemple *Nouvelliste et Feuille d'Avis du Valais*, 31 octobre 1994, 15 décembre 1994, *Journal de Sierre*, 2 novembre 1994, *Tages Anzeiger*, 2 novembre 1994, *Der Bund*, 3 novembre 1994, *Le Nouveau Quotidien*, 3 novembre 1994, 15 décembre 1994, *Journal de Genève* 15 décembre 1994.

**solidarité** entre les diverses municipalités du Haut-Plateau. Comme dans le cas des eaux de la Raspille, les **antécédents historiques** pèsent de tout leur poids sur le blocage du projet : les communes du Grand Lens unies par leur passé commun s'opposent à Randogne dans le but de préserver leurs ressources. En plus du problème intercommunal, il faut aussi voir dans cet échec un **problème intercantonal**. La station de La Lenk a motivé son opposition par la volonté de préservation de sa ressource. Un problème de concurrence touristique est également sous-jacent, les éventuels surplus d'eau retirés de ces forages pouvant être destinés à la production de **neige artificielle**<sup>168</sup>.

En guise de conclusion : Randogne privilégie les solutions individuelles

A travers ces différents exemples on peut remarquer que toutes les solutions techniques ont été bloquées pour des raisons **politiques**. Dans chaque projet, la commune de Randogne s'est heurtée aux prérogatives individualistes de ses homologues du Haut-Plateau, du bassin versant de la Raspille ou de celui de la Plaine Morte.

Ainsi, à l'ouest, elle doit compter avec le passé commun des quatre communes de la Louable Contrée. Dans le bassin versant de la Raspille, c'est clairement le contraste entre le coteau et la montagne, ou en d'autres termes entre la viticulture et le tourisme hivernal, qui a fait échouer, du moins pour l'instant le projet commun de gestion des eaux de la Raspille. Au nord, c'est une concurrence intercantonale en matière de développement touristique qui doit être invoquée pour expliquer l'échec du projet de captages sous la Plaine Morte.

En définitive, Randogne a dû se rabattre sur des **solutions individuelles d'achats d'eau** dans les deux bassins versants de la Raspille et de la Liène, assortis de la construction en 1996 d'une station de potabilisation communale. Ainsi, dans le bassin versant de la Liène, elle achète de l'eau à Lienne SA et est en discussion pour signer une convention sur le droit de passage dans la conduite de Lens et le long des infrastructures de Montana. Dans le bassin versant de la Raspille, une nouvelle prise d'eau commune à Mollens et Randogne, avec chambre de répartition à Aminona, est en cours de réalisation. Le projet prévoit également la signature d'une convention d'utilisation<sup>169</sup>, relativement complexe dans la mesure où une partie des eaux devrait également être utilisée pour l'enneigement artificiel par les sociétés Télaminona SA et TVPM<sup>170</sup>.

<sup>168</sup> Cf. *Nouvelliste et Feuille d'Avis du Valais*, 24 avril 1991.

<sup>169</sup> On notera que ce projet de convention ne tient pas compte de la répartition des droits d'eau de la Raspille. Il semble susciter assez peu de problèmes dans la mesure où les deux communes ne prévoient une dérivation que durant l'hiver, alors que les autres usagers utilisent l'eau uniquement durant l'été (irrigation).

<sup>170</sup> Entretien du 6 février 1998 avec MM. Laurent Bonvin, Jacques Vocat (Service technique de Randogne) et Christian Masserey (Conseiller communal de Randogne). Ces sociétés ont maintenant fusionné.

### 6.3.7 Conclusions partielles sur les usages d'eau potable

Conformément à la législation en vigueur, les systèmes de distribution d'eau potable sont organisés sur un mode communal. Cela provoque des problèmes de fonctionnement sur le Haut-Plateau, étant donné la forte imbrication territoriale des ressources et des infrastructures. Il en résulte par exemple des doublons au niveau des infrastructures de traitement ou des absences de connexion de réseaux pourtant très proches. Nendaz ne connaît pas ce problème puisqu'ici les limites administratives correspondent aux limites du bassin versant de la Printse. A Nendaz, le système de distribution est également plus fonctionnel que sur le Haut-Plateau, car il a été construit progressivement sur la base d'un plan directeur. Sur le Haut-Plateau, les réseaux se sont plutôt développés de manière anarchique, sans planification et au gré du développement de la station.

Du point de vue de la consommation, on constate premièrement qu'elle a tendance à se stabiliser depuis la fin des années 80, autant en termes de consommation globale que de consommation spécifique, suivant en cela la tendance suisse. Il faut y voir principalement le fruit des efforts pour améliorer la productivité des réseaux. On peut actuellement tabler sur une consommation annuelle moyenne de l'ordre de 1.8 million de m<sup>3</sup> à Nendaz et de 4.65 millions de m<sup>3</sup> sur le Haut-Plateau. Dans le détail, on constate une forte variabilité entre les communes, entre les secteurs touristique et villageois, et bien sûr, vu le caractère saisonnier de l'occupation touristique, entre la haute et la basse saison. La tarification varie fortement d'une commune à l'autre : paradoxalement, il semble que ce soit dans les communes qui appliquent une tarification forfaitaire que les coûts pour les usagers sont les plus élevés.

Le fonctionnement des systèmes de distribution dépend presque exclusivement du comportement d'un seul acteur : les administrations communales<sup>171</sup>. La situation est très différente d'une station à l'autre. A Nendaz, où une seule administration gère la ressource, on ne constate pas de gros problèmes de fonctionnement. Sur le Haut-Plateau, par contre, force est de constater que la coordination entre les six administrations est difficile et que, comme l'a bien montré l'étude du cas de la commune de Randogne, chaque commune doit résoudre ses problèmes d'approvisionnement de manière individuelle. D'où un gros gaspillage d'énergie et d'argent, lié à l'absence de solidarité intercommunale !

---

<sup>171</sup> Et des relations qu'elles entretiennent avec d'autres usages, notamment la production d'énergie.

## 6.4 L'hydroélectricité

### 6.4.1 Cadre législatif

Dès le début du siècle, les villes du Moyen Pays et certains grands groupes économiques ont mis à profit la valeur hydraulique des vallées alpines. Les deux régions étudiées ne faillissent pas à la règle. En Valais, ce secteur d'utilisation de la ressource en eau relève de la *Loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques* (LFH) du 22 décembre 1916 (RS 721.8) et de la *Loi cantonale sur l'utilisation des forces hydrauliques* (LFH-VS) du 28 mars 1990 (RL 1282). Selon la *Loi sur les cours d'eau* du 6 juillet 1932 (RL 1281), les eaux du Léman et du Rhône appartiennent à l'Etat (art. 2), tandis que les autres eaux publiques, y-compris les eaux souterraines, sont **communales** (art. 2 et art. 4 de la LFH-VS). C'est pourquoi les concessions à des fins de production hydroélectrique sont octroyées par les communes riveraines. Une concession n'est approuvée par le Conseil d'Etat que si « un **approvisionnement sûr en eau potable** » est sauvegardé (art. 20 de la LFH-VS) et si elle « ne porte pas atteinte aux droits privés de tiers et aux concessions antérieures » (art. 44 de la LFH-VS).

Toute nouvelle installation de forces hydrauliques doit être en accord avec la législation sur la protection de l'environnement (LPE, RS 814.01), de la nature et du paysage (LPN, RS 451) et des eaux (LEaux, RS 814.20), ainsi qu'avec la loi sur l'aménagement du territoire (LAT, RS 700), la loi fédérale sur la forêt du 4 octobre 1991 (LF, RS 921.0) et la loi fédérale sur la pêche (RS 923.0).

Dans la LPE sont tout particulièrement concernées les dispositions relatives à l'**étude d'impact sur l'environnement** (art. 9 de la loi et OEIE, RS 814.011). Les organismes de protection de l'environnement bénéficient à ce sujet d'un droit de recours garanti par l'article 55 de la LPE. Dans la loi sur la protection des eaux sont concernées principalement les dispositions relatives aux **débits résiduels minimaux** (art. 29 à 36, surtout l'article 31)<sup>172</sup>. En particulier, la dérivation d'eau d'arrosage est réservée entre le 1 avril et le 30 septembre (art. 48 de la LFH-VS)<sup>173</sup>.

La durée maximale de la **concession** de droits d'eau est de 80 ans à partir de la mise en service de l'installation (art. 49 de la LFH-VS). Pendant la durée de la concession, le concessionnaire bénéficie du « **droit exclusif** d'utiliser les forces hydrauliques d'une section d'un cours d'eau » et ce droit est **acquis** : il n'est pas soumis aux nouvelles dispositions légales (art. 48). Les articles 50 et suivants traitent de la question de l'échéance des concessions et de l'exercice du droit de retour par les autorités concédantes. La loi est assortie d'un règlement d'utilisation (RL 1283, 4 juillet 1990).

<sup>172</sup> Les débits résiduels minimaux sont calculés sur la base du débit  $Q_{347}$  qui correspond au « débit du cours d'eau atteint ou dépassé pendant 347 jours par année, dont la moyenne est calculée sur une période de 10 ans et qui n'est pas influencé sensiblement par des retenues, des prélèvements ou des apports d'eau » (LEaux, art. 4).

<sup>173</sup> Un décret du Conseil d'Etat valaisan du 17 octobre 1924 fixe la durée d'arrosage du 15 avril au 1 octobre.

## 6.4.2 Les structures

### Le bassin versant de la Raspille

Contrairement à la majeure partie des vallées d'une certaine importance de la rive droite du Rhône (Lizerne, Morge, Liène, Massa), la Raspille n'a pas fait l'objet d'une mise en valeur hydraulique malgré les bonnes potentialités qu'elle offre. Il faut y voir une influence des sentences édictées au Moyen Age (voir chap. précédent), selon lesquelles la Raspille relève du **droit privé** et que toute concession pour la production d'énergie est de ce fait impossible.

### Le bassin versant de la Liène

La Liène a été très tôt mise en valeur par des aménagements hydrauliques traditionnels. Ainsi, dès 1441, il est fait mention d'un complexe industriel près du bassin de Croix (599.850/128.000) comprenant trois moulins, deux foulons, un pressoir à huile, un four à pain et une scierie (PRAPLAN & PRAPLAN 1991). Ils étaient alimentés en eau par le Sillonin, qui prend sa source un peu à l'amont. Deux autres moulins sont mentionnés au lieu-dit « Les Combes », près de la prise d'eau du bisse de Clavau. A St-Léonard, des meuniers alimentaient des moulins (LECOULTRE & BORLOZ 1998). Toutes ces installations sont abandonnées au début de ce siècle lors de la construction des usines électriques de la ville de Sion.

En 1907, la commune de Sion met en effet en service une usine à Croix (Usine I, 598.600/124.100), suite à l'obtention d'une concession de la part des communes d'Ayent (1905), d'Icogne et de St-Léonard (1906)<sup>174</sup> pour la mise en valeur du potentiel énergétique de la **basse vallée de la Liène** entre la prise d'eau du bisse de Clavau et le pont du Beulet à St-Léonard (PRAPLAN & PRAPLAN 1991, STEIGER 1993)<sup>175</sup>. Cette usine est encore en service actuellement. En 1908, un géomètre obtient une nouvelle concession pour mettre en valeur les eaux des sources de la Liène (Les Locques) au torrent du Tyrloz. En 1912, il revend cette concession à la Ville de Sion qui construit une seconde usine (Usine II) entre 1914 et 1917 (PRAPLAN & PRAPLAN 1991)<sup>176</sup>.

En 1941, M. Corboz, directeur des Services Industriels de Sion présente un projet de construction d'un barrage de 3 millions de m<sup>3</sup> à Tseuzier et de deux usines électriques à Chermignon et Granges. Le Conseil de l'Ancien Lens refuse d'entrer en matière notamment en raison des problèmes que l'octroi d'une telle concession créerait relativement à la Ville de Sion pour ses deux usines existantes et aux consortages de bisses (PRAPLAN & PRAPLAN 1991). Mais comme Ayent avait accepté de concéder ses eaux, la commune d'Icogne accepte elle aussi en 1942. Cinq ans plus tard, M. Corboz vend la concession à la Société

<sup>174</sup> La durée des concessions est de 99 ans (ASAE 1949).

<sup>175</sup> La concession avait tout d'abord été accordée uniquement par la commune d'Ayent, à l'insu des autorités d'Icogne et de St-Léonard (concession du 28 janvier 1905). Suite à un recours de cette dernière, la commune de Sion s'adresse aux deux autres communes et obtient une concession le 28 juillet 1905 (PRAPLAN & PRAPLAN 1991, STEIGER 1993).

<sup>176</sup> Concessions accordées pour 99 ans en 1913 par les communes d'Ayent et d'Icogne (ASAE 1949).

suisse d'électricité et de traction (Suisse Electra, à Bâle) qui, en 1952, obtient de la commune d'Icogne une concession pour les eaux du palier inférieur de la Liène. Le palier supérieur de la Liène (y compris l'Ertentse) fait l'objet d'une concession par la commune d'Ayent le 7 janvier 1946 et par la commune d'Icogne le 29 novembre 1945. Selon la Carte Siegfried, la limite de juridiction entre les communes d'Ayent et d'Icogne ne suivait pas le cours de la Liène au niveau de l'emplacement actuel du barrage. Icogne contesta en 1938 cette frontière sur la base d'un acte de 1539 disant que la Liène limite les deux communes dès sa source. Elle obtint gain de cause, ce qui lui permit d'être commune concédante pour Tseuzier aux côtés d'Ayent (MARIETAN 1956).

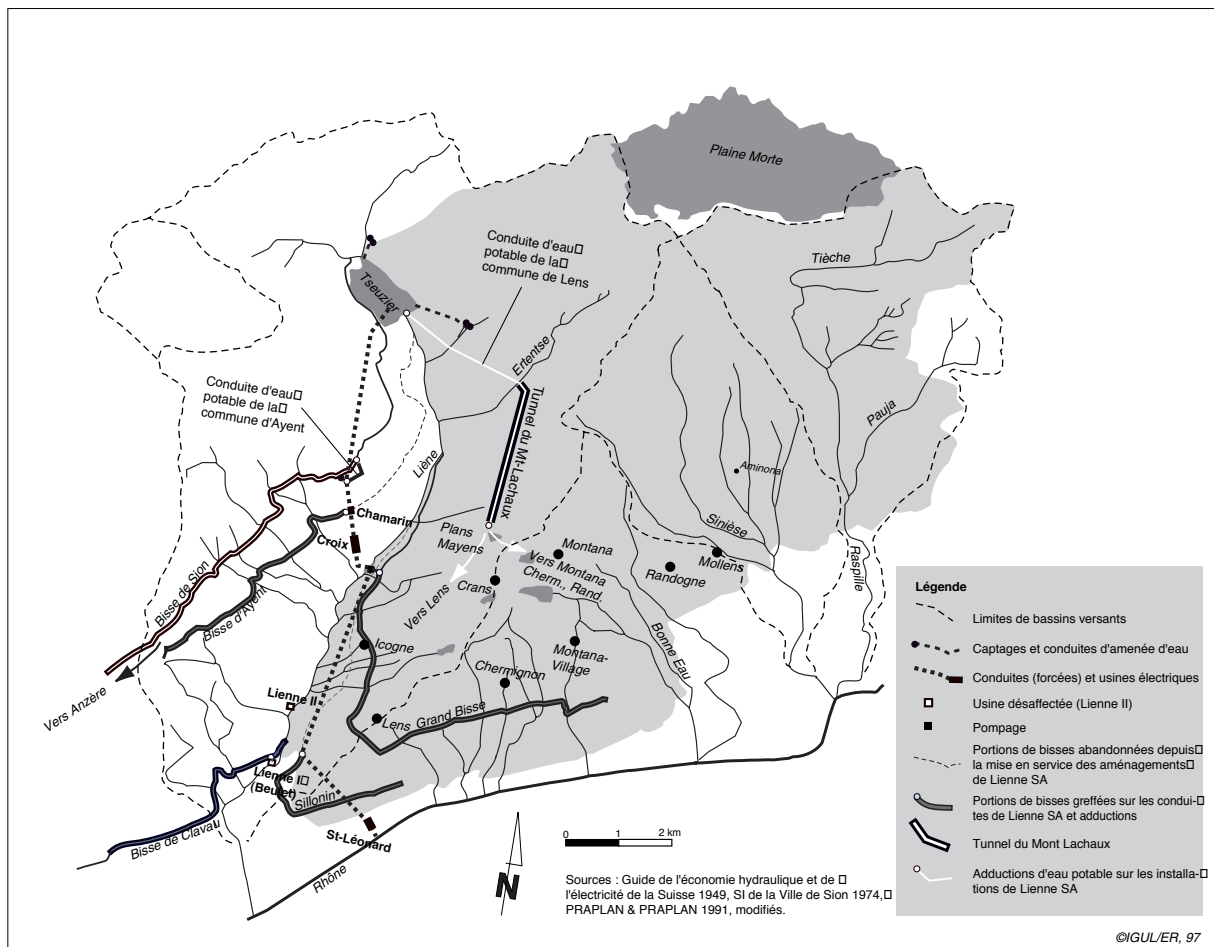


Fig. 6.24 Aménagements hydroélectriques dans le bassin versant de la Liène et relations avec les autres utilisations de la ressource en eau.

Le barrage-voûte de Tseuzier (50 millions de m<sup>3</sup>) a été construit de 1952 à 1956 par la société Electricité de la Liène SA, née de la fusion de Suisse Electra, des Services Industriels de Sion, des Forces Motrices Bernoises SA, de Lonza SA et du canton de Bâle-Ville, qui se partagent à parts égales le capital-actions de la nouvelle société. Le complexe a été **mis en service en 1957** et la concession prendra fin en 2037.

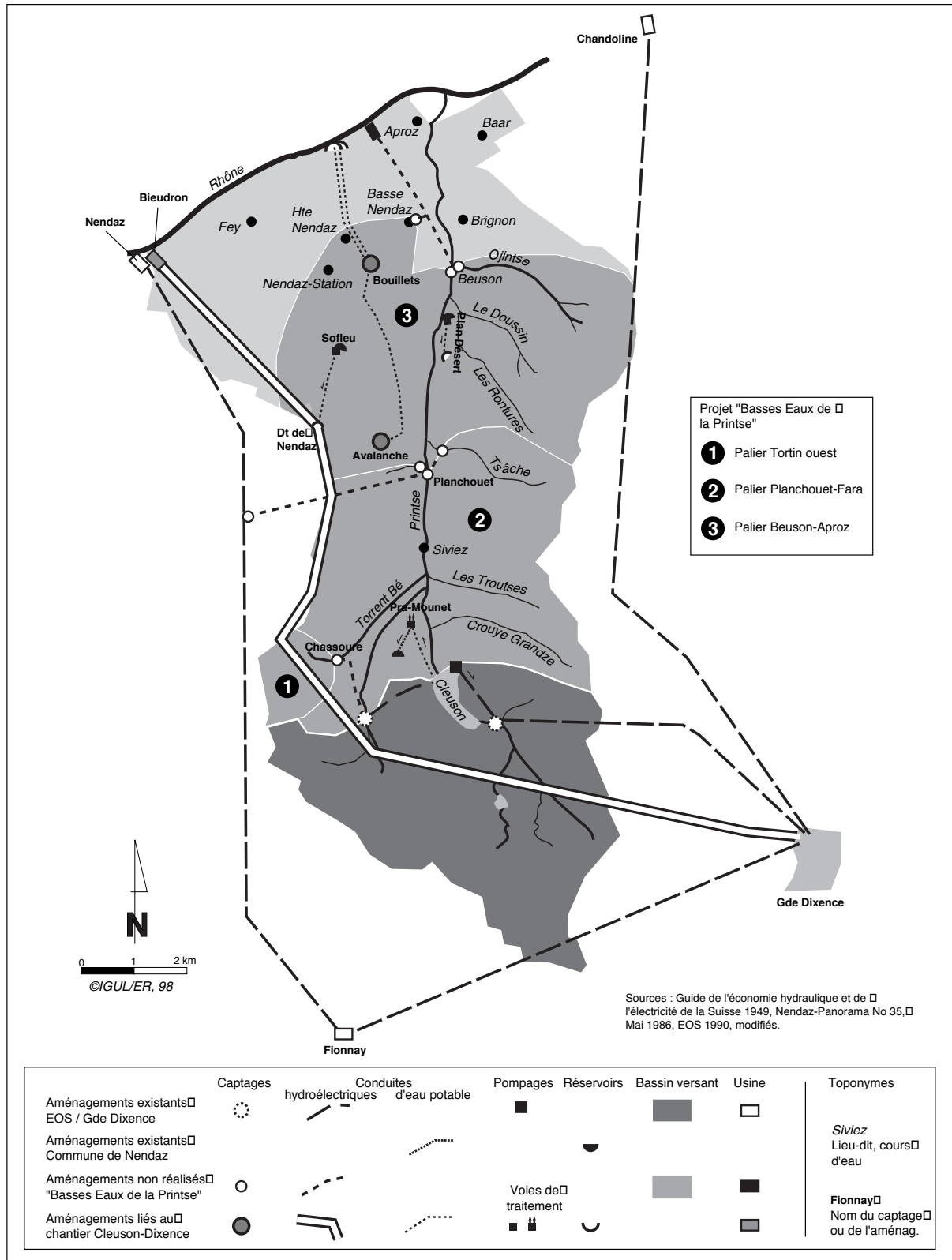


Fig. 6.25 Aménagements hydroélectriques dans le bassin versant de la Printse et relations avec les autres utilisateurs de la ressource en eau.



L'eau est turbinée une première fois à l'usine de Croix (599.600/128.400), puis, après avoir été conduite à Chelin par une galerie sous la colline du Châtelard, une seconde fois en plaine, à Mangol (598.500/123.150)<sup>177</sup>. En 1979, le lac de barrage a dû être vidé en raison de l'apparition de fissures dans la digue dues à l'affaissement des appuis, lié au percement de la galerie de sondage du tunnel autoroutier du Rawil<sup>178</sup>. Après réfection, le barrage est remis en eau par paliers entre 1983 et 1988, le Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie ayant renoncé au percement du tunnel du Rawil (STEIGER 1993).

## Le bassin versant de la Printse

### *Potentiel hydraulique de la Printse : les moulins traditionnels*

L'utilisation du potentiel hydraulique de la Printse est également très ancienne. Ainsi des moulins existaient à Beuson en 1529 (DELEZE 1931). De même, sur l'Ojintse, une scierie était installée à Verrey<sup>179</sup>. PELET (1988) recense 24 roues de **moulins**, principalement de type horizontal, sur la commune de Nendaz. Beuson, situé à la confluence entre l'Ojintse et la Printse et à égale distance entre Clèbes et Basse-Nendaz, deux villages riches en champs de blé, était le site de prédilection pour l'installation de moulins<sup>180</sup>. Tous les moulins de Nendaz étaient alimentés par une meunière, petit canal qui amenait l'eau de la Printse à l'installation hydraulique « afin d'éviter une trop grande proximité, fatale en cas de crue » (ZUPPINGER 1998). Au XIX<sup>e</sup> siècle, 6 moulins fonctionnaient toute l'année dans le village, quatre en rive droite (moulins des Théoduloz, du Terry, de Hloutri et de la Cue) et deux en rive gauche (moulins du « Déhey au pont » et de la Pentecôte). Le moulin de Hloutri fut par la suite électrifié et c'était le seul à fonctionner encore après la seconde guerre mondiale. Le moulin du « Déhey au pont » fut emporté par la Printse en juin 1895. Comme beaucoup d'autres installations hydrauliques en Valais, il ne fut pas reconstruit (PELET 1985). Des moulins fonctionnaient également à Aproz. D'autres étaient installés de manière précaire sur les bisses et les torrents, comme à Fey, entre 1878 et 1899, à Basse-Nendaz (deux moulins) ou à Sornard (sur le Torrent du Châble). La région de Tortin avait également un moulin, à proximité des chalets d'alpage (PELET 1998), dont il reste encore une ruine, rénovée récemment.

A Beuson, il subsiste des traces de cette ancienne activité, sous la forme de petits bisses abandonnés, de pierres utilisées dans les foulons et maintenant abandonnées sur le bord d'un chemin pédestre (591.100/114.590) ou reprises comme ornements dans des

<sup>177</sup> Pour un aperçu des caractéristiques techniques de l'ouvrage et des aménagements, voir ANONYME (1956) et LECOULTRE & BORLOZ (1998).

<sup>178</sup> La bataille juridique concernant le lien causal entre les travaux de la galerie de sondage et l'affaissement de la digue n'a pris fin qu'en 1993 au profit de Lienne SA qui a reçu 45 millions de francs de dédommagement. Pour un aperçu synthétique des faits et des conclusions des différents experts, voir LECOULTRE & BORLOZ (1998). Voir également SCHNEIDER (1982), BADOUX (1982) et POUGATSCH (1990).

<sup>179</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 33/décembre 1985.

<sup>180</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 33/décembre 1985, également pour les renseignements qui suivent.

propriétés privées du village (cf. PELET 1994)<sup>181</sup>. Contrairement à d'autres communes du Valais (ex. St-Luc dans le Val d'Anniviers), aucune de ces anciennes installations n'a trouvé une reconversion comme élément de l'offre « ethno-touristique », et ce malgré le fait que des vestiges sont encore parfaitement conservés<sup>182</sup>.

### *Infrastructures hydroélectriques dans la basse vallée de la Printse*

A la fin du XIXe siècle, c'est tout d'abord la **basse vallée de la Printse** qui fait l'objet de demandes de concessions pour la production électrique<sup>183</sup>, ceci bien avant la construction des complexes hydroélectriques de fonds de vallée, tels que Grande-Dixence, Gouggra ou Mauvoisin. Une première concession des eaux de la Printse en aval de Beuson (donc à l'aval des moulins et des prises d'eau des bisses) est accordée le 28 mars 1897 au Consortium des Agettes, Joseph, Barthélémy Pitteloud et Cie. Toutefois, le projet prévu ne se réalise pas et la concession est annulée. Une nouvelle concession est octroyée par l'assemblée primaire le 2 février 1900 en faveur du groupe français Dumont & Cie. Là encore, la concession est finalement annulée, en raison cette fois de divergences entre les exigences de la société privée et celles de la commune.

En 1906, suite à trois assemblées primaires (2 mai 1902, 23 mars 1903 et 28 janvier 1906), les frères Stächlin de Bâle obtiennent une concession pour la construction d'un captage à Beuson avec transport de l'eau jusqu'à une usine électrique située à Aproz. Cette concession pouvait être résiliée si l'exploitation s'arrêtait durant une période de 5 ans. En 1908, ils rachètent les moulins de la Pentecôte et des Théoduloz, afin de pouvoir exploiter au maximum leur captage<sup>184</sup>. Par la suite, cette concession est reprise par Lonza S.A. et exploitée jusqu'en 1961. L'exploitation prend fin en raison de trop gros investissements à fournir et la concession devient caduque. Entre temps, en 1945, la société Energie Ouest Suisse (EOS)<sup>185</sup> obtient une concession dans la **haute vallée de la Printse** pour la construction du barrage de St-Barthélémy (Cleuson) avec pompage des eaux vers le barrage de la Dixence.

### *Infrastructures hydroélectriques dans la haute vallée de la Printse*

Ici aussi, l'octroi des premières concessions remonte au début du XXe siècle<sup>186</sup>. En 1918, la commune accorde une concession à la *Société Franco-Suisse*, dont le siège se situe à Lausanne, malgré une vive campagne

<sup>181</sup> Cet auteur établit un inventaire très complet des pièces de moulins utilisées à des fins utilitaires (ex. socles, dallages, moellons) ou ornementales (décorations de jardins, de places...).

<sup>182</sup> Cf. ZUPPINGER (1998). Voir également sa carte des moulins de Beuson, ainsi qu'un descriptif des différents moulins, basé sur une recherche inédite de MM. Arsène Praz et Yvan Fournier, de Nendaz.

<sup>183</sup> Renseignements tirés de *Nendaz-Panorama*, No 3/août 1978 et No35/mai 1986, dont sont issues la plupart des informations qui suivent.

<sup>184</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 33/décembre 1985.

<sup>185</sup> Créée en 1949, cette SA regroupe de nombreuses collectivités publiques de Suisse occidentale, dont les SI de Genève et Lausanne (cf. GIRARD & KNOEPFEL 1996 pour le détail).

<sup>186</sup> Cf. *Nendaz-Panorama* No35/mai 1986, également pour la plupart des informations qui suivent.

d'opposition, dont la figure emblématique est le poème « La voix de la Printse » de Jean-Pierre Michelet (cf. MICHELET 1957). Cette concession est abandonnée peu de temps après.

Le 9 mai 1942, EOS demande une concession pour la construction d'un barrage à Cleuson et l'utilisation des eaux située en amont de la digue projetée, avec l'appui des autorités fédérales. L'assemblée primaire octroie cette concession le 24 juin 1945 (jusqu'en 2031) et le barrage commence à fonctionner durant l'hiver 1948-49. Il est définitivement achevé en 1952. L'ouvrage a une capacité d'accumulation de 20 millions de m<sup>3</sup> et ses eaux sont pompées vers le barrage de la Grande Dixence (propriété de Grande Dixence S.A.) pour ensuite être turbinées à l'usine de Chandoline près de Sion (propriété d'EOS) ou de Fionnay et Nendaz-Bieudron (propriétés de Grande Dixence S.A.).

Je n'étudie pas en détail les quantités d'eau utilisées par ce type de consommation, étant donné que cette eau est concédée en exclusivité aux sociétés hydroélectriques. On se rappellera simplement que les barrages de Tseuzier et de Cleuson ont une capacité respective de stockage de 50 et 20 millions de m<sup>3</sup>.

### 6.4.3 Les acteurs

Dans ce chapitre, je me concentre sur le bassin versant de la Printse, car c'est ici que les projets ont été les plus nombreux et ont fait intervenir le plus d'acteurs différents. Dans le bassin de la Liène, comme on l'a vu, la mise en valeur hydraulique n'a plus évolué depuis les années cinquante<sup>187</sup>. Je ne reviens pas sur les relations entre les communes concédantes et les sociétés hydroélectriques, que j'ai déjà évoquées ci-dessus.

#### La mise en valeur des basses eaux de la Printse : la commune de Nendaz joue le rôle principal

En 1961, l'usine exploitée par Lonza SA et qui turbinait les eaux de la Printse à l'aval de Beuson est abandonnée. A la fin des années 70, l'idée d'exploiter les débits résiduels de la basse vallée de la Printse pour la production hydroélectrique est reprise. Différents projets, dont aucun n'aboutira sur une réalisation concrète, se succèdent. En 1979, un mandat est donné à l'entreprise **Elektrowatt** SA pour l'étude de faisabilité d'une nouvelle petite usine permettant de mettre en valeur à des fins énergétiques les basses eaux dans la partie aval de la vallée de la Printse<sup>188</sup>. Le rapport propose deux paliers : Planchouet-Beuson et Beuson-Aproz. Le coût de revient de l'énergie au kWh est respectivement de 6 et 4.95 centimes, pour une production annuelle de 14 millions et de 21.5 millions de kWh. La commune de Nendaz propose la fondation d'une société mixte dont la **commune serait l'actionnaire majoritaire**. Cette proposition est motivée par la triple

<sup>187</sup> Si on excepte bien sûr la question de la fissuration du barrage de Tseuzier lors des travaux relatifs à la N6.

<sup>188</sup> Renseignements tirés de *Nendaz-Panorama*, No 8/décembre 1979.

volonté de conserver un droit sur les basses eaux de la Printse, d'obtenir une marge de manoeuvre dans la fourniture de l'énergie sur le territoire communal, permettant ainsi de briser le monopole de Lonza SA et de préparer les droits de retour de la concession donnée à EOS en 1945 (en 2031).

Lonza SA demande une participation au projet, alors qu'EOS élabore un contre-projet, montrant ainsi leur volonté de ne pas perdre leurs prérogatives sur l'utilisation énergétique des eaux de la Printse. La commune de Nendaz propose alors la formation d'une société anonyme, appelée *Aménagements électriques de Nendaz S.A.*, dont la commune serait propriétaire de 51 % des parts, le restant étant dans les mains d'autres partenaires, dont la commune de Sion, l'Etat du Valais, Elektrowatt, ainsi que des sociétés de distribution d'électricité, mais ni EOS, ni Lonza. Le texte du projet garantissait les droits des tiers acquis antérieurement (production d'énergie, irrigation). La durée de la concession était fixée à 80 ans, le droit de retour devant échoir à la commune. Ce projet n'a pas eu de suites.

En 1984, le dossier refait surface. La commune mandate cette fois-ci EOS et un bureau privé pour la préparation d'une nouvelle demande de concession<sup>189</sup>. Une assemblée primaire est convoquée le 13 juin 1986 dans le but de se prononcer sur l'octroi de cette concession et sur le crédit correspondant à la part communale à ce projet. Cette fois, l'administration communale accompagne la convocation à l'assemblée primaire d'une large publicité, par le biais de son journal communal *Nendaz-Panorama*, dont le numéro 35, de mai 1986, est entièrement consacré au projet. Les autorités communales mettent l'accent sur la mise en valeur d'une partie du patrimoine commun et sur la sécurité de l'approvisionnement en électricité. Le texte de l'éditorial est libellé ainsi :

*« 24 millions de m<sup>3</sup> d'eau chaque année... Soustraction faite des besoins en eau potable, après déduction des nécessités de l'irrigation et des bisses, compte tenu aussi des débits utiles à la nature, la pisciculture, etc..., il reste, dans la Printse et les torrents confondus, 24 millions de m<sup>3</sup>/an d'eau disponible pour une mise en valeur économique. 24 millions de m<sup>3</sup>/an = 42'000'000 Kwh/an. 42 millions de Kwh/an, c'est 1.1 fois la consommation électrique de tout Nendaz, éclairage, chauffage et artisanat ensemble. [...] n'est-ce pas mettre en valeur une partie de notre patrimoine ? C'est aussi nous procurer une ressource financière nouvelle et placer Nendaz au coeur même de la question énergétique à l'orée d'une époque cruciale ».*

Cette dernière phrase rappelle également la question des droits de retour, qui deviendra très importante d'ici quelques années. Cette fois, les partenaires privés de la commune sont les sociétés EOS et Grande Dixence SA<sup>190</sup>. Le projet prévoit trois paliers :

- « Tortin-Ouest » : 3 captages et une canalisation souterraine transfèrent l'eau du bassin versant du Torrent Bé (appelé ici Tortin-Ouest et dont EOS avait renoncé à la concession en 1966) vers le Torrent de Tortin; elle est ensuite amenée par

<sup>189</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 28/mai 1984.

<sup>190</sup> EOS est propriétaire de 60 % du capital-actions de Grande Dixence S.A, créée en 1950.

gravité dans le barrage de Cleuson par une galerie existante. Ce palier s'insère dans le complexe de la haute vallée de la Printse mis en place par EOS (voir ci-dessous).

- « Planchouet-Fara » : Les eaux de la Printse et des torrents de la Tsâche et d'Alou sont captées à 2521 mètres à l'amont de Planchouet puis amenées par gravité le long d'une galerie de 3.5 km (à réaliser) dans le bassin versant de la Fare, à l'ouest, pour être intégrées à la galerie Fionnay-Rhône (existante), puis turbinées à l'usine de Nendaz-Bieudron (propriété de Grande-Dixence SA) dans la vallée du Rhône.
- « Beuson-Aproz » : un bassin de compensation de 3000 m<sup>3</sup> est prévu en amont du pont de Beuson permettant de stocker les eaux de la Printse et de l'Ojintse (amenées par une conduite enterrée, à construire), d'où les eaux sont amenées par une conduite partiellement enterrée à Aproz afin d'être turbinées dans une usine à construire.

Ce projet est plus ambitieux que les précédents, notamment par le fait qu'il désire exploiter également des eaux situées en amont de Siviez et qu'il s'intègre aux installations existantes de la société EOS<sup>191</sup>. Le coût unitaire de l'électricité ainsi produite devait être de 3.03 ct/KWh pour l'aménagement Tortin-Ouest, de 5.88 ct/KWh pour le palier Planchouet-Fara et de 6.25 ct/KWh pour la dernière partie de l'aménagement.

Les actions de la société concessionnaire, appelée *Nendaz Electricité SA / NESA*, devaient être réparties à raison de 51 % pour la commune de Nendaz, de 29 % pour EOS et Grande Dixence S.A. (GD), de 10 % pour les Forces Motrices Valaisannes S.A. (dont l'Etat du Valais, autorité concédante, est propriétaire de la majorité du capital) et de 10 % pour la commune de Sion (autorité concédante également par le fait qu'elle est propriétaire d'une partie de la chute de la Printse à Aproz). Le contrat de concession prévoyait entre autres les clauses suivantes :

- outre le paiement d'une taxe initiale d'acquisition de Frs 300'000.-, la société devait payer à la commune de Nendaz une **redevance annuelle** correspondant au maximum autorisé par la législation sur les aménagements hydroélectriques (art. 5 du projet d'acte de concession);
- la concession devait être octroyée pour 80 ans, la commune de Nendaz bénéficiant d'un droit de retour à l'échéance, sous réserve du rachat en 2031 des installations de Cleuson (cf. ci-dessous) et en 2045 de celles de Planchouet, concédées à Grande-Dixence S.A.;
- **la commune de Nendaz se réservait 2.5 millions de m<sup>3</sup> pour son approvisionnement en eau potable et industrielle**, dont 840'000 m<sup>3</sup> prélevés sur les apports de Tortin-Ouest au barrage de Cleuson, avec possibilité d'effectuer des prélèvements supplémentaires en cas de besoin (art. 7);
- l'alimentation des bisses était également préservée, à raison de 150 l/s pour les bisses Vieux, d'En Haut et d'En Bas et de 100 l/s pour les bisses de Salins et de Baar, ainsi que pour les bisses situés à l'aval de Beuson (art. 8).

<sup>191</sup> Il s'inscrit en fait dans le cadre de la procédure Cleuson-Dixence (voir ci-dessous).

Par contre les modalités de **l'intégration de l'aménagement dans le paysage** étaient lacunaires et se limitaient à l'article 9 libellé comme suit: « Le syndicat fera en sorte que l'impact des constructions sur l'environnement naturel soit réduit au minimum possible ».

Ces diverses modalités mettent en évidence la volonté d'**éviter des conflits avec les utilisateurs de l'eau de consommation et d'irrigation**, qui sont en fait principalement les citoyens à qui revient le droit d'entériner ou non le projet. Les clauses très précises et chiffrées ont donc pour but de rassurer le votant sur la pérennité de l'alimentation en eau potable et d'arrosage. Elles montrent également les possibilités de synergies entre les ouvrages d'accumulation à but énergétique et le besoin de constituer des réserves pour les périodes de pointes de consommation d'eau de boisson ou d'irrigation. Dans le cadre de ce projet, les 840'000 m<sup>3</sup> prélevés sur les apports de Tortin-Ouest sont ainsi destinés à être stockés dans le bassin de Cleuson avant d'être traités dans la station de Pra Mounet. Par contre, **les éventuels conflits avec la fonction culturelle (eau comme élément du paysage, fonction de délasserment de l'espace aquatique) et biologique de l'eau ne sont guère prévenus**, la clause permettant de régler cette question étant très imprécise.

L'assemblée primaire de Nendaz accepte le projet et le 13 juin 1986, les communes de Sion et Nendaz octroient les concessions relatives au projet et une convention instituant un syndicat d'étude pour la mise en oeuvre de ce dernier est signée à Nendaz. 11 recours sont formulés au Conseil d'Etat, dont un par le WWF<sup>192</sup>. Par la suite, le dossier tombe aux oubliettes, car entre temps EOS a lancé un nouveau projet : le projet Cleuson-Dixence, dont la production a débuté en janvier 1999.

## Le projet Cleuson-Dixence : scène de confrontation entre acteurs aux objectifs contradictoires

### *Description du projet*

En 1998, la commune de Nendaz a vécu la fin d'un vaste chantier mis en oeuvre par EOS et Grande Dixence S.A. (GD), visant à augmenter la capacité des installations existantes dans le but de produire le maximum d'électricité durant les périodes de pointe, là où son prix de vente est le plus élevé. Baptisé tout d'abord « Projet de suréquipement de la Dixence », il a pris ensuite le nom de « Projet Cleuson-Dixence ».

La pièce maîtresse du nouvel ouvrage est la construction d'une nouvelle usine souterraine à Bieudron d'une puissance de 1100 mégawatts. Elle est reliée au bassin d'accumulation de la Grande Dixence par une

---

<sup>192</sup> Le principal grief formulé par le WWF concerne la prolongation des concessions sur les aménagements existants de 2031 à 2044, justifiée par les électriciens par l'ampleur des investissements et par là la difficulté à amortir rapidement les installations. Ce recours, qui porte sur l'ensemble des conventions signées entre EOS/GD et les communes concédantes, est rejeté successivement par le Conseil d'Etat en mai 1987 et le Tribunal administratif cantonal le 21 avril 1988. Les conventions entrent en vigueur le 28 mai 1988 (GIRARD & KNOEPFEL 1996). Pour les modalités de cette longue procédure, voir l'étude de GIRARD & KNOEPFEL (1996).

nouvelle galerie de 15 km 850 qui traverse la chaîne Rosablanc-Métailler, puis la chaîne Mont Gond-Dent de Nendaz pour aboutir à une chambre d'équilibre sous cette dernière (Tracouet). De là, un puits blindé de 4 km 230 et de 1883 m de chute amène l'eau à la nouvelle usine entièrement souterraine afin de minimiser au maximum l'impact visuel (cf. fig. 6.25). La conduite forcée est également souterraine (BABAIANTZ 1993). Le prix de l'électricité ainsi produite est de 9 ct/KWh<sup>193</sup>.

Comme la durée d'amortissement de l'ouvrage est fixée à 80 ans et que les concessions EOS et GD échoient respectivement en 2031 et 2045, une convention est signée le 14 mai 1987 entre la commune et les deux sociétés, réglant les modalités de droit de retour à ces deux dates et à l'échéance de la concession Cleuson-Dixence, après acceptation par le Conseil communal en sa séance du 11 décembre 1986 et l'assemblée primaire le 22 décembre 1986. Il en est de même pour la commune d'Hérémenche.

#### *Le rapport d'impact sur l'environnement et la convention avec la LVPN*

Selon l'art. 9 de la *Loi fédérale sur la protection de l'environnement* (LPE) du 7 octobre 1983 (RS 814.01) et l'annexe 2 de l'*Ordonnance relative à l'étude de l'impact sur l'environnement* (OEIE) du 19 octobre 1988 (RS 814.011), un projet tel que celui de Cleuson-Dixence est soumis à une étude d'impact sur l'environnement. Le projet, présenté en 1986, devait initialement commencer dans le courant de l'année 1989 pour s'achever fin 1995<sup>194</sup>. Suite à la mise à l'enquête publique le 7 octobre 1988, 35 oppositions sont déposées auprès du Département de l'énergie du canton du Valais, notamment de la part d'organismes de protection de la nature et de l'entreprise de production d'eaux minérales SEBA Aproz SA. Durant la phase qui suit, la majeure partie des oppositions sont réglées par la conciliation. Ainsi, le 25 juillet 1989, un accord est signé entre EOS, GD, les communes de Nendaz et Hérémenche et la Ligue valaisanne pour la protection de la nature (LVPN)<sup>195</sup>. La convention fixe un certain nombre de compensations écologiques aux perturbations créées par le chantier, notamment la mise sous protection de biotopes de zones humides telles que ceux de Tortin et Cleuson (Ouché de Tortin, Plan des Ouchelets (Jardin Japonais) et Ouché de Pracondu). Quatre nouveaux biotopes humides doivent par ailleurs être créés sur le territoire communal. Le financement de ces travaux est à la charge du maître d'oeuvre. On constate que l'organisme de protection de la nature obtient une amélioration écologique, qui dans ce cas se répercute positivement sur l'offre touristique en ajoutant à celle-ci des biotopes humides inexistantes et en préservant les zones de délasserment (ex. Jardin Japonais) existantes. D'une opposition préalable entre les acteurs privilégiant la fonction culturelle et biologique de l'eau (LVPN) et ceux mettant en valeur sa fonction énergétique (EOS/GD/commune de Nendaz), on passe à une phase de complémentarité constructive entre

<sup>193</sup> Cf. *Le Temps*, 7 mai 1998. Pour comparaison, avec l'ouverture du marché de l'électricité, on pourra trouver de l'électricité à moitié prix.

<sup>194</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 43/octobre 1988.

<sup>195</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 47/août 1990.

les trois fonctions. Et c'est **l'acteur privé, le plus gros bénéficiaire en termes économiques, qui doit financer le processus de transfert.**

### *Les recours du WWF et la convention de 1993*

Le 20 décembre 1989, le Département de l'énergie du canton du Valais autorise le démarrage des travaux, en délivrant une autorisation de construire au sens de la Loi sur les forces hydrauliques, malgré le maintien de quatre oppositions (WWF, SEBA Aproz SA, commune de Bagnes et un particulier)<sup>196</sup>. Dès cette date, un bras de fer s'engage entre les promoteurs du projet et le WWF. Le WWF, qui conteste le besoin de ces nouvelles installations, justifie son opposition principalement par le non-respect des procédures de la part des initiants, notamment en matière d'étude d'impacts sur l'environnement, et par les risques de perturbation du régime hydrologique hivernal du Rhône. Cette longue phase de procédures trouvera un épilogue trois ans plus tard, le 4 novembre 1992, date à laquelle une convention est signée devant le Tribunal fédéral entre EOS et Grande Dixence S.A. d'une part et le WWF d'autre part, après être passée par le Conseil d'Etat et les différentes instances judiciaires cantonales et fédérales (BABAIANTZ 1993, GIRARD & KNOEPFEL 1996). L'accord est également paraphé par le Conseil d'Etat valaisan et les communes de Nendaz et Hérémente. Cette convention, qui prévoit entre autres la garantie d'un **débit résiduel** de 50 l/s dans la Dixence<sup>197</sup>, des compensations « **Nature et paysage** » sur 21 sites à Nendaz et 4 à Hérémente et la renonciation à de nouveaux captages, est devenue effective le 20 janvier 1993 permettant ainsi le début des travaux en mai 1993. L'aménagement est opérationnel depuis janvier 1999.

### *Le recours de la commune de Nendaz*

Parmi les oppositions déposées suite à la mise à l'enquête publique se trouve également un avis de la **commune de Nendaz**, autorité concédante, qui émet un lot de réserves<sup>198</sup>, notamment sur la capacité des concepteurs du projet à mettre en oeuvre toutes les mesures et propositions faites dans le rapport d'impact en faveur de la sauvegarde de l'environnement et sur l'amélioration des équipements nécessaires. Ainsi, l'autorité publique entend profiter d'un aménagement privé de grande envergure pour améliorer ses équipements publics, dont le réseau d'eau potable. Le 2 mars 1989, le conseil communal retire son opposition, les réponses d'EOS étant jugées satisfaisantes. Suite à la levée de cette opposition, l'autorisation de construire délivrée par la Département de l'énergie du Canton du Valais demande entre autres une garantie de l'alimentation en eau potable<sup>199</sup>, en tenant compte également des pointes de consommations saisonnières, des nécessités du chantier (notamment la consommation d'eau des tunneliers) et d'éventuelles perturbations du régime des sources, notamment de celles

<sup>196</sup> Pour une description détaillée de la procédure entre la demande d'autorisation de construire (19 septembre 1988) et la signature de la convention avec le WWF (4 novembre 1992), voir GIRARD & KNOEPFEL (1996).

<sup>197</sup> L'acceptation par le peuple suisse de la LEaux a joué un rôle en faveur du WWF dans la question des débits minimaux sur lesquels EOS avait toujours refusé d'entrer en matière jusque là.

<sup>198</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 44/juin 1989.

<sup>199</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 49/juillet 1991.



de SEBA Aproz SA (voir ci-dessous). Cette garantie de l'approvisionnement est permise par la connexion du réseau communal (par le biais de la station de traitement de Pra Mounet) au barrage de Cleuson.

### *La convention avec l'entreprise de production d'eaux minérales SEBA Aproz SA*

Une des oppositions au démarrage du projet Cleuson-Dixence provenait de l'entreprise de production d'eaux minérales **SEBA Aproz SA**, qui voyait dans l'aménagement projeté un risque de perturbation ou de tarissement de ses sources. L'entreprise s'étonnait entre autres que le rapport d'impact complémentaire sur les eaux souterraines ne soit rendu qu'après le démarrage prévu des travaux et que les études hydrogéologiques soient lacunaires (GIRARD & KNOEPFEL 1996). Elle exigeait donc la garantie d'un **approvisionnement de substitution** comme condition à la levée de son opposition<sup>200</sup>. Ces eaux de remplacement devaient satisfaire à deux exigences : un taux de minéralisation adéquat et une situation géologique appropriée, à savoir sur un plan synclinal différent des sources déjà captées par l'entreprise. Elles devaient également être amenées à la fabrique **avant le début des travaux** de forage susceptibles de perturber l'approvisionnement, à savoir la section Pèroua-Tracouet du puits blindé<sup>201</sup>.

Une solution a été trouvée avec la participation de la commune de Nendaz, consistant pour cette dernière à vendre à SEBA Aproz SA les droits d'eau sur les **sources des Bouillets** qui alimentent le village de Basse-Nendaz en contrepartie d'une garantie d'approvisionnement en eau potable par EOS/GD depuis le barrage de Cleuson. Une **convention tripartite** est signée le 18 mai 1990 et SEBA Aproz SA retire son opposition.

La convention stipule que les travaux de recaptage et d'amenée d'eau sont conduits et entièrement financés par le projet Cleuson-Dixence, sous la surveillance de la commune de Nendaz et de SEBA Aproz SA. La commune demande également la construction d'une nouvelle conduite d'eau potable parallèle à la conduite reliant les sources des Bouillets à l'usine SEBA, afin de desservir le village d'Aproz (cf. fig. 6.25). Si après un délai de 5 ans depuis la fin des travaux, les sources de SEBA Aproz SA ne sont pas perturbées par les chantiers de Cleuson-Dixence, l'entreprise d'embouteillage rachète l'ensemble des installations à la clôture du chantier. **Ainsi, le conflit initial entre les fonctions énergétique et alimentaire (eau minérale) du système Eau de Nendaz débouche par concertation sur une situation de complémentarité faisant intervenir une troisième fonction, la fonction d'alimentation en eau potable.**

Les travaux de captage menés par un consortium d'entreprises suite à une étude hydrogéologique effectuée en 1990-91 par le laboratoire de géologie de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (GEOLEP) n'ont pu commencer qu'en décembre 1993 en raison d'un conflit entre des

<sup>200</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 47/août 1990.

<sup>201</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 59/avril 1994.

privés et la bourgeoisie relative à la propriété des sources en question<sup>202</sup>. Pour contourner la difficulté, EOS/GD ont dû acheter à un privé le terrain sur lequel se situent les sources des Bouillets, pour les revendre à la commune<sup>203</sup>. La construction de la conduite d'amenée d'eau à Aproz débute en mars 1994. Dans la même fouille est également installée la nouvelle conduite communale d'eau potable. Ainsi, ici aussi, le chantier hydroélectrique aboutit à une amélioration des infrastructures communales.

### *Infrastructures construites dans le cadre du chantier Cleuson-Dixence*

J'ai déjà traité au chapitre de l'eau potable de la question des aménagements d'alimentation des chantiers en eau potable et industrielle. Je n'y reviens pas. Je retrace le développement d'un certain nombre d'infrastructures dans la région Cleuson-Tortin-Siviez<sup>204</sup>, qui ont eu pour origine le chantier en question (cf. la carte de la fig. 6.25). En effet, en avril 1989, EOS désire implanter une ligne électrique entre Siviez, Cleuson et la Grande Dixence, en remplacement de deux lignes vétustes, afin d'alimenter la station de pompage du barrage de Cleuson et le futur chantier Cleuson-Dixence. La commune de Nendaz s'oppose à la création d'une ligne à ciel ouvert et propose la construction d'une tranchée permettant également la pose d'une conduite reliant le réseau communal d'alimentation en eau potable au barrage de Cleuson, nécessaire à l'entreprise privée pour garantir l'approvisionnement des chantiers Cleuson-Dixence et utile à la commune pour augmenter son alimentation en eau brute en cas de besoin. Ce projet était d'ailleurs prévu déjà au début des années 70, lorsque la station de traitement fut installée à Pra Mounet. **La commune profite ainsi du chantier privé pour réaliser une des ses infrastructures et en faire également supporter une partie des coûts à l'entreprise privée.** En effet, dans la convention la liant à EOS/GD, il est stipulé que la commune met à disposition du chantier les infrastructures dont il a besoin (ex. eau potable). En contrepartie, l'entreprise privée doit financer les dépenses supplémentaires occasionnées à la commune. L'aménagement est co-financé par Cleuson-Dixence.

La nouvelle amenée d'eau brute nécessite la pose de deux nouvelles lignes de filtrage à la station de Pra Mounet<sup>205</sup>. Ces lignes sont financées essentiellement par Cleuson-Dixence.

A Tracouet, le projet nécessite la construction de diverses infrastructures de transport (suivant toutes un même tracé souterrain)<sup>206</sup> : une ligne électrique et divers câbles de télécommunications, ainsi qu'une conduite d'eau potable reliant (par pompage) le réservoir communal du Sofleu (alt. 1590 m) à un nouveau réservoir de 200 m<sup>3</sup> à la Dent de Nendaz, à 2250 m, servant à l'alimentation de nouvelles fontaines d'alpage et du restaurant de Tracouet (propriété de Télénendaz), si

<sup>202</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 59/avril 1994.

<sup>203</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 62/août 1995.

<sup>204</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 55/décembre 1992.

<sup>205</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 55/décembre 1992 et No 60/juillet 1994.

<sup>206</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 60/juillet 1994.

L'approvisionnement actuel venait à être perturbé par le chantier<sup>207</sup>. La conduite servira également à l'alimentation en eau du système d'enneigement artificiel des pistes de Haute-Nendaz à la fin des travaux<sup>208</sup>. Tous ces travaux sont **financés essentiellement par Cleuson-Dixence**. Ils bénéficient autant à la commune de Nendaz (réseau d'eau potable), qu'à des privés (Télénendaz S.A. et consortages d'alpage).

A Plan-Désert, qui constitue la zone de départ du téléphérique de chantier atteignant la région de Tracouet. L'équipement nécessite une amenée d'eau potable depuis le réservoir des Grangettes (Beuson) et la construction d'un réservoir de 100 m<sup>3</sup>, au lieu-dit « Les Follats ». **L'ensemble de l'ouvrage est financé par Cleuson-Dixence.**

EOS/GD prennent également une part importante dans le financement de l'automatisation du réseau d'eau potable (mise en place d'un système de télécommande). En effet, en 1994, un nouveau système de télétransmission équipé pour la télémesure des débits et des niveaux et pour la télécommande a été installé sur le réseau de la rive gauche et sur une partie du réseau de la rive droite (secteur Beuson/Plan-Désert)<sup>209</sup>. **Le système a été co-financé par la commune et Cleuson-Dixence.**

### Synthèse

Le chantier Cleuson-Dixence permet une accélération dans la construction d'infrastructures<sup>210</sup> d'alimentation en eau potable, mais également dans la construction du réseau d'assainissement (égouts dans la région de Plan-Désert). De plus, d'autres partenaires viennent se greffer sur les nouveaux travaux pour, eux-aussi, bénéficier des effets positifs induits par le chantier (ex. Télénendaz qui construit une conduite privée et aménage son réseau d'enneigement artificiel, consortage de l'alpage de Tortin). La convention avec SEBA Aproz SA et Cleuson-Dixence aboutit également à une amélioration des infrastructures communales, dont une partie est financée par les entreprises privées. De même, les organismes de protection de la nature ont pu faire financer certains aménagements à vocation écologique par les promoteurs du projet. Ces différents exemples montrent à quel point les enjeux des différents partenaires (ou adversaires) sont imbriqués et comment **seul un règlement des conflits tenant compte de l'ensemble des objectifs sectoriels n'est possible.**

### Hydroélectricité et irrigation

Lorsque les sociétés hydroélectriques ont signé les concessions pour l'usage exclusif de l'eau des bassins versants qu'elles captaient, elles ont dû garantir des débits minimaux durant la période d'irrigation aux différents consortages de bisses (cf. tabl. 6.8). Souvent (voir bassin de la

<sup>207</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 60/juillet 1994.

<sup>208</sup> Communication orale de M. Paul Bourban.

<sup>209</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 60/juillet 1994.

<sup>210</sup> LOUP (1971) arrivait à la même conclusion concernant les grands aménagements hydroélectriques valaisans de l'immédiat après-guerre.

Liène), les prises initiales des bisses ont été modifiées et se sont greffées directement sur les installations des sociétés hydroélectriques qui peuvent ainsi livrer facilement et contrôler les débits accordés à ces consortages.

Bisse	Débit accordé [l/s]	Modalités	Source
<b>BV de la Liène</b>			
Sion	250 l/s pour Sion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prise à la caverne de Six de Chamarin, de juin à septembre</li> <li>• Rachat par Lienne SA de l'eau non utilisée entre le 15.6 et le 15.9</li> <li>• Engagement de la Municipalité de Sion à ne pas prélever plus que pour ses propres besoins</li> </ul>	Lienne SA 1997, BONVIN & BENDER 1998
Ayent	200 l/s pour Ayent	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convention de 1953</li> <li>• Prise à l'usine de Chamarin (dès 1957); entre le 15.4 et le 30.9</li> <li>• Rachat par Lienne SA de l'eau non utilisée</li> </ul>	Lienne SA 1997, LECOULTRE & BORLOZ 1998 CRETOL 1998
Clavau	200 l/s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• D'avril à septembre</li> </ul>	Lienne SA 1997
Mont Lachaux	250 l/s		J. Bagnoud, Prés. d'Icogne
Lens	300 l/s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deux prises possibles : dans la Liène et pompage depuis le bassin de Croix, d'avril à octobre</li> <li>• Entretien de la partie amont par Lienne SA</li> </ul>	Lienne SA 1997, J. Bagnoud, Prés. d'Icogne
Sillonin	200 l/s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prise sur la conduite forcée de Lienne SA</li> <li>• D'avril à octobre</li> </ul>	Lienne SA 1997, J. Bagnoud, Prés. d'Icogne
Eau potable Ayent	450'000 m <sup>3</sup> /an	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convention de 1970</li> </ul>	cf. chap. 6.3
Eau potable Lens	500'000 m <sup>3</sup> /an	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convention de 1969 (300'000 m<sup>3</sup>/an), renouvelée en 1989</li> </ul>	cf. chap. 6.3
Eau potable Chermignon, Montana, Randogne	En cas de besoin		cf. chap. 6.3
<b>BV Printse</b>			
Vex			
Salins	100 l/s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concession EOS de 1945</li> </ul>	CROOK 1997
Tarin	100 l/s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concession EOS de 1945</li> </ul>	CROOK 1997
Baar	100 l/s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concession EOS de 1945</li> </ul>	CROOK 1997
Saxon	---	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Galerie se greffant sur la conduite forcée Fionnay-Ecône (FMM)</li> <li>• Convention entre la commune de Saxon et EOS qui peut disposer librement des eaux de la Printse concédées au bisse de Saxon</li> <li>• Convention EOS/FMM : EOS compense en électricité l'eau fournie à Saxon par les FMM (3KWh par m<sup>3</sup>)</li> </ul>	DELALOYE 1973
En Haut	150 l/s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concession EOS de 1945</li> </ul>	CROOK 1997
Milieu	150 l/s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concession EOS de 1945</li> </ul>	CROOK 1997
En Bas	150 l/s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concession EOS de 1945</li> </ul>	CROOK 1997

Tabl. 6.8 *Débits garantis par les sociétés hydroélectriques aux différents bisses des bassins versants de la Liène et de la Printse (selon diverses sources).*

Certains consortages revendent l'eau non utilisée à la compagnie hydroélectrique. C'est par exemple le cas du consortage du bisse d'Ayent, qui peut ainsi retirer de substantiels bénéfices lui permettant d'entretenir le canal et de réaliser des aménagements à vocation touristique (réfection de vestiges en parois) (cf. CRETTOLETT 1998) ou du Grand Bisse de Lens (CROOK 1997). Les consortages du bassin versant de la Printse ne reçoivent par contre pas de compensations financières (CROOK 1997).

L'octroi de ces garanties n'a pas toujours été sans mal. Ainsi, durant la période de sécheresse de 1949, les termes de la convention passée entre EOS et les consortages n'ont pas été respectés par EOS. Le litige, qui a duré deux ans, a été porté devant le Tribunal cantonal qui a tranché en faveur des irrigants à qui EOS a dû payer des indemnités. Depuis, les rapports sont bons entre la société hydroélectrique et les consortages d'irrigation<sup>211</sup>.

De même en 1957, des pourparlers ont été engagés entre Lienne SA et le consortage du Mont Lachaux concernant l'utilisation des eaux de l'Ertentse concédées par la commune d'Icogne<sup>212</sup>. Ces pourparlers, qui visaient à maintenir un débit constant de 500 l/s dans le tunnel du Mont Lachaux n'ont pas abouti et Lienne SA a décidé de ne capter que les eaux du Vatseret (haute vallée de la Liène). Les discussions ont repris à la fin des années 60 lorsque de graves problèmes d'approvisionnement en eau potable se faisaient sentir sur le Haut-Plateau. On se posait alors la question du **droit** du tunnel du Mont-Lachaux de dériver 500 l/s, car le seul jaugeage ayant été effectué sur le bisse du Roh donnait un débit de 290 l/s. Actuellement, le débit garanti est de 250 l/s.

Ces différents exemples montrent que les consortages d'irrigation ont généralement réussi à garantir leurs droits sur les eaux captées avant les grands aménagements hydroélectriques. Certainement que la période durant laquelle les conventions ont été signées a joué en leur faveur : les années 40 constituent encore un moment où la pression sur les eaux d'irrigation est très forte : les responsables des consortages se devaient de préserver leurs acquis. Des litiges ont surgi lorsque les droits de dériver n'étaient pas clairs (bisse du Roh), lorsque le réseau d'irrigation a subi de grosses modifications après l'implantation des aménagements hydroélectriques (Mont Lachaux), ainsi que durant des périodes de sécheresse. Dans la règle générale, les bisses dérivent moins d'eau que ce qu'ils n'ont droit. Certains (le Grand Bisse de Lens ou le bisse d'Ayent) ont su mettre à profit cet état de fait pour revendre à la société hydroélectrique l'eau en surplus, au contraire de beaucoup de consortages qui perdent ainsi une bonne source de financement de leurs charges d'entretien.

<sup>211</sup> Propos de M. Germanier, Secrétaire communal de Nendaz, cité par PAPI & BRUNILLI (1991).

<sup>212</sup> Le tunnel du Mont Lachaux a été mis en service après l'octroi de la concession des eaux des bassins supérieurs de la Liène par la commune d'Icogne. Lienne SA pourrait donc **juridiquement** revendiquer ces eaux (cf. PV de la séance entre les SI de Sion, les communes concédantes et Lienne SA, le 10 février 1975).

Du point de vue technique, on notera que la plupart des prises de bisses sont **de fait** contrôlées par la société hydroélectrique, surtout dans le bassin versant de la Liène.

## Hydroélectricité et tourisme

Les conflits entre les secteurs hydroélectrique et touristique sont nombreux : les différents acteurs butent souvent sur le problème des débits résiduels à l'aval des ouvrages de captage ou d'accumulation. Un cours d'eau de montagne complètement asséché n'est en effet pas très accueillant pour le touriste ou le promeneur. Ainsi, Grande Dixence SA est tenue de restituer dans la Viège à Zermatt un certain nombre de m<sup>3</sup> d'eau à des fins uniquement touristiques. Il en est de même pour Lienne SA au bisse de Sion.

Mais les relations entre les deux secteurs ne sont pas uniquement conflictuelles et peuvent souvent aboutir sur des complémentarités non négligeables. Les grands barrages alpins sont ainsi devenus des éléments privilégiés de l'offre touristique des régions qu'ils occupent. C'est bien sûr le plan d'eau artificiel qui devient un lieu de délasserment (randonnée, pique-nique, pêche<sup>213</sup>), le bassin d'accumulation jouant ici deux fonctions, hydro-industrielle (fonction première) et culturelle (fonction complémentaire). Le barrage de Tseuzier est une attraction touristique de premier ordre pour la région d'Ayent-Anzère; inaccessible directement par la route depuis le Haut-Plateau, il ne pèse par contre pas d'un grand poids dans l'offre touristique de Crans-Montana-Aminona. Il en est de même du barrage de Cleuson, trop éloigné de Nendaz-station et de surcroît relié à Siviez par une route interdite à la circulation.

De plus, les sociétés hydroélectriques s'acquittent d'une redevance auprès des communes concédantes. Ces redevances sont une source de revenus appréciables pour les communes, qui peuvent entre autres les réinjecter dans les équipements collectifs, par exemple touristiques. Le débat sur ces redevances est d'ailleurs animé, d'une part parce que le Conseil fédéral envisage de remplacer les redevances hydrauliques par une taxe d'utilisation, dont les revenus seraient reversés aux communes, et d'autre part parce qu'à l'échéance des concessions se posera le problème des droits de retour des installations aux collectivités publiques concédantes. A ce moment-là, les modalités financières réglant la situation financière actuelle devront être rediscutées.

Dans les deux stations étudiées, le barrage d'accumulation pour la production hydroélectrique fonctionne également comme appoint en eau potable durant les périodes de forte occupation touristique (cf. chap. 6.3 et tabl. 6.8). A Nendaz, le barrage de Cleuson fonctionne comme soupape de sécurité en période de crise. Le barrage de Tseuzier fournit de l'eau de boisson à la commune d'Ayent et aux communes du Haut-Plateau. Pour faire face à l'augmentation des besoins liée au développement de la station d'Anzère, qui en 1969 avait dû être

<sup>213</sup> En raison de l'altitude, la baignade est peu pratiquée. De même, contrairement à certains plans d'eau artificiels de plaine (« Gouilles » formées par l'exploitation des granulats de la plaine alluviale qui font apparaître la nappe phréatique) qui sont réputés pour la pratique des sports nautiques tels que la planche à voile (« Gouilles de Martigny) ou la baignade (« Gouilles » de la Bourgeoisie de Sion), le nautisme est peu répandu.

approvisionnée par des camions citernes, la commune d'Ayent a conclu le 15 mai 1970 une convention avec Lienne SA pour la fourniture de 450'000 m<sup>3</sup> d'eau brute par année hydrogéologique (SIS 1991). L'eau s'écoule dans une conduite (propriété à 5/9 de la commune de Sion et 4/9 de la commune d'Ayent) qui suit le tracé du Bisse de Sion et aboutit à une station de filtrage. Les travaux, menés dans l'urgence, avaient coûté à l'époque plus de 5.5 millions de francs et ainsi lourdement grevé le budget communal. Une part de cette somme était destinée au paiement d'une redevance à Lienne SA pour l'usage du barrage existant sans lequel la commune d'Ayent aurait dû construire elle-même une digue. Dans sa présentation du budget 1971, le président de la commune n'avait pas manqué d'appuyer lourdement sur le fait que ces charges n'étaient pas en rapport direct avec les recettes communales et que la répartition des investissements pouvait paraître disproportionnée entre la station et les villages, mais que cette situation était dictée par les options de développement touristique (création d'une station-champignon) prises quelques années plus tôt<sup>214</sup>. Une année plus tôt, Lens s'était trouvée dans la même situation et avait signé une convention du même type avec la société hydroélectrique (voir ci-dessus chap. 6.3.6).

Ces deux cas mettent en évidence **l'urgence dans laquelle nombre de responsables communaux ont dû trouver des solutions à l'approvisionnement en eau potable des stations** qui se développaient à un rythme trop soutenu, la **disproportion des investissements par rapport aux recettes**, les **tensions pouvant naître entre les villages inférieurs et les stations**, ainsi que la **situation quasi kafkaïenne dans laquelle se sont retrouvées les communes devant racheter au prix fort de l'eau qu'elles avaient concédée quelques années plus tôt aux sociétés d'hydroélectricité**. Le **bisse de Sion**, qui avait été construit au début du siècle pour compenser l'eau d'irrigation perdue par les riverains de la Sionne au profit de l'approvisionnement en eau potable de la ville de Sion, **voit se superposer une nouvelle fonction (le transport d'eau potable) induite par le développement touristique de la région et rendue possible par la construction de la digue pour la production hydroélectrique**. Le Tunnel du Mont Lachaux joue le même rôle sur le Haut-Plateau. Il y a donc ici **imbrication de trois types d'utilisation** de la ressource en eau : **l'eau potable, l'eau d'irrigation et l'eau à vocation hydraulique**, le tout dans un contexte de forte pression touristique.

#### 6.4.4 Conclusions partielles sur les usages énergétiques de la ressource en eau

Les deux régions ont fait l'objet d'un développement marqué d'infrastructures hydroélectriques. Les capacités ne sont pas exploitées à leur maximum. Ainsi, Lienne SA ne capte pas toute l'eau du bassin versant de l'Ertentse et GD/EOS ne captent pas toute l'eau du bassin versant de Tortin. Mais là où les eaux sont captées, les débits résiduels minimaux, selon la LEaux, ne sont pas forcément respectés (cf. SFH-VS 1998). Les basses eaux de la Printse n'ont pas été concédées. La

<sup>214</sup> *Nouvelliste et Feuille d'Avis du Valais*, 29 décembre 1970.

Raspille a un statut particulier, relevant du droit privé, ce qui explique que malgré des débits assez importants, elle n'ait pas été mise à profit pour la production d'énergie.

Les quantités d'eau utilisées sont importantes et modifient fortement le régime naturel des cours d'eau. C'est ce qui explique les relations parfois tendues avec les milieux écologistes. Mais, la présentation du cas de l'aménagement Cleuson-Dixence montre que les solutions obtenues par la négociation peuvent être bénéfiques pour l'ensemble des acteurs, non seulement pour la société hydroélectrique et pour les milieux de la protection de l'environnement, mais également pour les communes ainsi que d'autres entreprises privées (remontées mécaniques, entreprises de production d'eaux minérales). Les solutions judiciaires sont par contre longues et coûteuses.

L'étude du cas de Cleuson-Dixence a également mis en évidence l'acuité et l'actualité de la question énergétique (question des redevances, des droits de retour, des compensations écologiques). Dans le cadre des modifications du régime des redevances et dans celui des droits de retour, des procédures de négociation entre tous les acteurs concernés gagneraient à être mises en place.

Finalement, on remarquera que les lacs d'accumulation deviennent de plus en plus multifonctionnels. L'accumulation d'eau pour la consommation d'eau potable ou de neige artificielle est un phénomène bien présent dans les deux stations.



## 6.5 La production d'eau minérale

---

La station de Nendaz offre un exemple intéressant d'interrelations entre l'utilisation d'eau pour la production d'eaux minérales et les autres modes d'utilisation, puisqu'une entreprise de production d'eaux minérales est implantée à Aproz.

### 6.5.1 Cadre législatif

Le droit concernant les eaux minérales est régi en Suisse par les articles 275 et suivants de l'*Ordonnance sur les denrées alimentaires et les objets usuels* du 1 mars 1995 (ODAI, RS 817.02)<sup>215</sup> et par l'*Ordonnance sur la reconnaissance des eaux minérales naturelles* du 12 février 1986 (RS 817.364). Cette dernière fixe les modalités de l'homologation d'eau pour la mise en vente comme « eau minérale naturelle ». L'*Ordonnance sur l'hygiène* (OHyg, RS 817.051) fixe les mesures d'hygiène à respecter lors du conditionnement.

Selon l'art. 279 de l'ODAI, une eau minérale naturelle est définie comme « une eau microbiologiquement irréprochable, provenant d'une ou de plusieurs sources naturelles ou captées artificiellement de nappes souterraines, dont l'obtention fait l'objet de soins particuliers ». Elle « doit se distinguer par sa provenance géologique particulière, par la nature et la quantité de ses composants minéraux, par sa pureté originelle et par une composition et une température constantes dans les limites des variations naturelles » (art. 280). La dénomination spécifique est « eau minérale naturelle ». La mention « faiblement minéralisée » peut être rajoutée si la teneur en sels minéraux ne dépasse pas 500 mg/l tout comme la mention « riche en sels minéraux » si la teneur en sels minéraux dépasse 1500 mg/l (art. 282).

### 6.5.2 L'entreprise SEBA Aproz SA et les quantités produites

Ses bâtiments sont situés à Aproz en bordure du Rhône. SEBA Aproz SA exploite diverses sources situées sur le territoire communal de Nendaz. Le début de la production date de 1947 par deux personnes privées<sup>216</sup>. En 1953, l'usine est reprise par un groupe genevois, la Société d'Extension de Boissons Alimentaires (SEBA) et dès 1958, Migros obtient la majorité des actions (95.3 % en 1996). La production passe de 8000 l/an en 1947 à 137 millions de litres en 1994, représentant 32 % du marché suisse.

---

<sup>215</sup> Qui repose elle-même sur la *Loi fédérale sur les denrées alimentaires et les objets usuels* du 9 octobre 1992 (LDAI, RS 817.0)

<sup>216</sup> Les renseignements qui suivent sont tirés de *Nendaz-Panorama*, No 11/août 1980.

Actuellement, la Migros met sur le marché une gamme de 59 produits dont des eaux minérales avec différentes teneurs en sels minéraux (cf. tabl. 6.9).

Caractéristiques	Aproz	Aven	Nendaz
<b>Source captée</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aproz (près de l'usine), dès 1947</li> <li>• Confartyre (Hte-Nendaz) depuis 1973</li> <li>• Bouillets (depuis 1996)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pompage, au lieu-dit « Aven », sur la commune de Vétroz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Source de l'Avalanche (Siviez), captée depuis janvier 1997</li> </ul>
<b>Dénomination</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• « Eau minérale naturelle, riche en sels minéraux »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• « Eau minérale naturelle »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• « Eau minérale naturelle faiblement minéralisée »<sup>217</sup></li> </ul>
<b>Minéralisation totale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1610 mg/l</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 602 mg/l</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 418 mg/l</li> </ul>
<b>Température</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8.3°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 9.6°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3.5°C</li> </ul>
<b>pH (à 20°)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 7.8</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 7.7</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 7.4</li> </ul>
<b>Conductivité électrique (à 20°)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1563 µS/cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 700 µS/cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 490 µS/cm</li> </ul>
<b>Propriétés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eau sulfatée calcique et magnésienne, convient à une alimentation pauvre en sodium</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convient à une alimentation pauvre en sodium</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convient à une alimentation pauvre en sodium, et à la préparation des aliments pour nourrissons</li> </ul>

Tabl. 6.9 Caractéristiques des trois types d'eau minérale captés et commercialisés par SEBA Aproz SA<sup>218</sup>

### 6.5.3. Les acteurs

J'étudie ici les relations entre cet acteur et les autres utilisateurs de la ressource en eau sur la base du cas de la vente d'eau survenue à la suite de la convention tripartite signée entre SEBA Aproz SA, EOS/GD et la commune de Nendaz, dans le cadre du projet Cleuson-Dixence.

#### La vente des droits d'eau sur les sources de l'Avalanche et des Bouillets à SEBA Aproz SA (1995)

Cette vente fait suite aux tractations relatives au projet Cleuson-Dixence. Si les sources captées par l'entreprise d'eaux minérales ne sont pas perturbées par le chantier hydroélectrique, SEBA Aproz SA est disposée à racheter le captage des Bouillets conformément à la convention tripartite signée le 18 mai 1990. Parallèlement, désireuse de

<sup>217</sup> Tout comme une autre eau commercialisée par Migros : la marque française Vittel.

<sup>218</sup> Sources : *Des Alpes a jailli la santé : Aproz*, plaquette éditée par SEBA Aproz SA en 1997, à l'occasion du cinquantième anniversaire de l'exploitation et entretien du 25 mars 1998 avec M. Jean-Paul Schroeter, fondé de pouvoir à SEBA Aproz SA.

lancer sur le marché une eau faiblement minéralisée, SEBA Aproz SA a proposé d'acheter à la commune également un droit sur les eaux de la source de l'Avalanche. L'assemblée primaire du 22 septembre 1995 a accordé à SEBA Aproz SA un droit d'achat exclusif sur les deux sources jusqu'au 31 décembre 2031, date d'échéance des concessions EOS. Le prix de vente de ces droits d'eau est réparti en deux composantes<sup>219</sup> : un droit de source unique de Frs. 50'000.- et un tarif d'utilisation annuelle comprenant une taxe annuelle de Frs. 87.500.- donnant droit à un forfait de 50'000 m<sup>3</sup> et un prix de Frs. 1.75/m<sup>3</sup> pour l'utilisation supplémentaire.

Pour la source de l'Avalanche, le forfait annuel est supprimé en raison de la non garantie du succès du nouveau produit lancé par SEBA Aproz SA (voir ci-dessous). Le droit de source est lui aussi fixé à Frs. 50'000.- et la taxe d'utilisation à Frs. 1.75/m<sup>3</sup>. Tous les tarifs sont indexés à l'augmentation du coût de la vie.

Le contrat de vente précise également que SEBA Aproz SA doit fournir gratuitement 450 l/jour/hab. pour l'alimentation en eau potable du village d'Aproz, jusqu'à un maximum de 160'000 m<sup>3</sup> par an, le surplus étant vendu à Frs. 0.70 le m<sup>3</sup> (indexé)<sup>220</sup>. Pour chacune des deux sources, la commune fournit gratuitement 20'000 m<sup>3</sup> d'eau par an pour le rinçage des installations d'embouteillage. Les eaux non prélevées par SEBA Aproz SA sont à disposition de la commune.

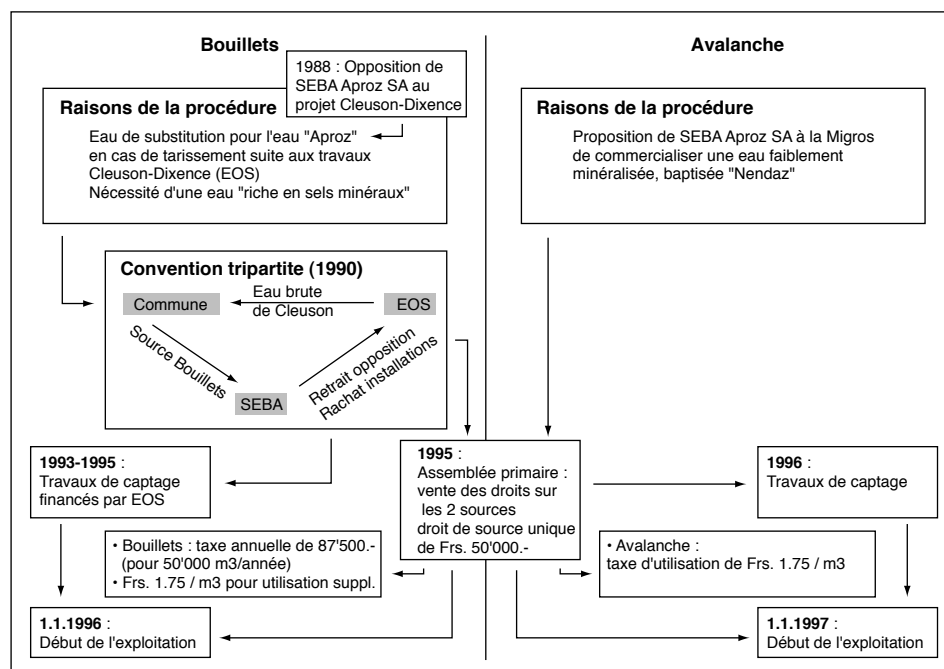


Fig. 6.26 Les modalités de la vente des droits sur les eaux des Bouillets et de l'Avalanche

Les frais de captage des eaux des Bouillets ont été mis à la charge de SEBA Aproz SA et d'EOS (cf. convention tripartite de 1990); ceux

<sup>219</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 62/août 1995 et 63/septembre 1995.

<sup>220</sup> Cf. *Nendaz-Panorama*, No 63/septembre 1995. Egalement pour ce qui suit.

relatifs au captage de la source de l'Avalanche sont payés par SEBA Aproz SA. Toutes les charges d'exploitation et d'entretien sont à la charge de SEBA Aproz SA. Le contrat de vente stipule également que la commune se réserve le droit d'utiliser gratuitement les fouilles relatives aux travaux pour compléter son propre réseau et qu'en cas d'impossibilité commerciale de capter les sources de l'Avalanche, les installations lui reviendront gratuitement en l'état où elles seront. Les travaux relatifs à la zone de protection des sources des Bouillets doivent faire l'objet d'une convention complémentaire.

Les travaux de captage de la source des Bouillets ont été effectués entre décembre 1993 et 1995; ceux de la source de l'Avalanche se sont déroulés en 1996. Le captage des Bouillets est exploité depuis le 1er janvier 1996; celui de l'Avalanche depuis le 1er janvier 1997. La figure 6.26 résume les modalités de la vente et de la mise en exploitation de ces deux sources.

### La nouvelle eau minérale « Nendaz »

La vente de ces deux sources ne s'est toutefois pas faite sans heurts. En effet, la commune de Nendaz proposait que lors de la commercialisation de l'eau des Bouillets par la Migros, la mention « **Nendaz** » figure sous le label « Aproz »<sup>221</sup>, argumentant que le nom « Nendaz » a un **impact promotionnel** pour la station touristique nettement plus important que la mention « Aproz ».

La Migros a refusé cette mention pour la source des Bouillets, car « Aproz » est la marque déposée de la Migros pour ses eaux « riches en sels minéraux »<sup>222</sup>. L'eau des Bouillets entrant dans cette catégorie, il n'était dès lors pas possible de la commercialiser sous un autre nom qu'« Aproz ». Par contre, la chaîne commerciale a accepté ce nom pour la source de l'Avalanche au cas où elle devait être utilisée, introduisant ainsi sur le marché une eau faiblement minéralisée sous le nom exclusif « Nendaz ».

Le produit « Nendaz » a été mis sur le marché au début de l'année 1997. Dans sa promotion, sous le titre accrocheur « L'eau pure des Alpes », la Migros insiste sur le caractère naturel et écologique de cette eau jaillissant « au sein d'un monde paisible et préservé ». **La commune de Nendaz a ainsi su tirer profit d'une production industrielle d'eau minérale pour parfaire son image touristique**, autant durant la période hivernale (les affiches des eaux minérales de la Migros montrent toujours une chaîne de montagne enneigée) qu'estivale (le « monde paisible et préservé » de la publicité est à l'opposé du monde bruyant et mécanisé du domaine skiable des Quatre Vallées). L'offre touristique estivale de la station est soutenue par cette image de calme et de pureté promue par la Migros. On verra ci-dessous que les efforts de Crans-Montana pour développer un tourisme de cure thermale vont dans le même sens.

<sup>221</sup> Voir l'article « Une bulle dans l'eau d'Aproz », *Nouvelliste et Feuille d'avis du Valais*, 15 septembre 1995.

<sup>222</sup> Voir l'article « L'eau qui fait des vagues », *Nouvelliste et Feuille d'avis du Valais*, 21 septembre 1995.

## 6.5.4 Conclusions partielles sur la production d'eaux minérales

La production d'eaux minérales est, aux côtés de l'industrie hydroélectrique, le second mode d'utilisation commerciale de l'eau dans les deux régions étudiées. Les droits d'utilisation sont régis de la même manière que pour la production énergétique (système des concessions). Les quantités d'eau mobilisées sont beaucoup plus faibles que pour la production hydroélectrique (moins de 150'000 m<sup>3</sup> par an). Mais étant donné les enjeux financiers importants, les relations avec les autres acteurs ne sont pas toujours faciles (ex. opposition au projet Cleuson-Dixence, relations avec la commune de Nendaz concernant la vente des droits d'eau, opposition du consortage du bisse du Milieu à la délimitation de la zone de protection de la source des Bouillets).

## 6.6 L'eau comme élément de l'offre touristique

---

### 6.6.1 Introduction

L'offre touristique est généralement divisée en offre originelle et offre dérivée (DEFERT 1980, BARRAS 1987) :

- **L'offre originelle** comprend des éléments particuliers d'une région qui deviennent des objets touristiques en raison de leur force d'attraction. En font partie les éléments paysagers et naturels, le climat et le patrimoine culturel et social (coutumes, traditions, environnement construit, etc.);
- **L'offre dérivée** regroupe l'ensemble des installations et prestations mises sur pied dans le but de satisfaire la demande touristique. Il s'agit autant de l'infrastructure touristique (installations de transport, sportives, etc.) que la suprastructure touristique comprenant l'ensemble des exploitations d'hébergement et de restauration.

L'eau appartient à ces deux types d'offre :

- comme élément de l'offre originelle, en tant que paysage naturel (ex. lacs, rivières de montagne) et/ou culturel (ex. bisses, moulins hydrauliques traditionnels). Les sources thermales présentent également un caractère d'offre originelle;
- comme élément de l'offre dérivée sous la forme d'installations touristiques (piscines, patinoires, pistes de ski ou « jardins » pour le surf, installations d'enneigement artificiel, etc.) ou de services (rafting, canyoning, etc.).

Dans ce chapitre, j'analyse tout d'abord l'eau comme facteur de l'offre originelle, en étudiant particulièrement la question des bisses, puis j'étudie le cas de l'enneigement artificiel comme exemple de l'offre dérivée. Je termine sur la question du thermalisme qui intègre les deux types d'offre. Comme dans les chapitres précédents, je décris successivement la structure du système, les quantités d'eau utilisées et les acteurs en présence.

## 6.6.2 L'offre originelle

### Le paysage : définition et atteintes à son intégrité

L'eau est avant tout un élément du paysage<sup>223</sup>, réalité subjective pouvant varier d'une personne à l'autre. Il constitue sans conteste un des éléments majeurs de l'offre touristique d'une région, la matière première du tourisme, comme le rappelle KRIPPENDORF (1987), une matière première qui, dans le contexte touristique, devient un objet de consommation, profondément aménagé pour être mieux regardé, et souffre d'atteintes tendant à le détruire, issues de l'activité touristique elle-même. Le paysage des stations touristiques de montagne est ainsi sujet à des impacts parfois irréversibles causés notamment par la pratique du ski (défrichements, remodelage de tracés, concassages, érosion des sols, etc.) et par l'extension du domaine bâti. Ces aspects sont particulièrement développés dans les deux stations étudiées : dans les deux cas, la construction de chalets et d'appartements a complètement effacé le site originel de la station, deux stations-champignons ont été créées dans des sites inhabités (Siviez et Aminona), la prolifération des remontées mécaniques marque fortement le paysage (ex. région de Cry d'Er sur le Haut-Plateau et Tortin-Gentianes à Nendaz), des travaux de terrassement balafrent les versants afin de faciliter la pratique du ski (ex. région de Cry d'Er-Bella Lui à Crans-Montana ou du Pas-du-Loup-Siviez à Nendaz). Ces divers aménagements ont pour conséquence une modification majeure des paysages naturels (ex. glaciers de la Plaine Morte ou de Tortin) ou anthropisés traditionnels (mayens, alpages). Ces impacts sont nettement plus visibles durant la période estivale, ceci d'autant plus que nombre d'infrastructures ou de modifications mentionnées ci-dessus sont destinées uniquement à la pratique du ski. La prolifération de ce type d'infrastructures a pour conséquence un appauvrissement du capital-paysage qui fait sentir ses effets principalement durant la saison d'été.

La composante subjective du rapport touriste-paysage dépend fortement d'un facteur culturel qui joue le rôle de filtre entre les deux pôles, le regardé et le regardant, et qui varie d'un individu à l'autre, d'un groupe social à l'autre, d'un pays à l'autre, mais également au cours du temps. De ce point de vue, le paysage représente un élément du marketing touristique qui doit être mis en valeur afin d'attirer certaines catégories de touristes. Si l'on applique la pyramide des besoins de Maslow au fait touristique, on peut classer les « besoins touristiques » dans la catégorie sommitale des « besoins d'épanouissement et d'accomplissement personnel » (KRIPPENDORF et al. 1986).

La demande en paysages non altérés est très forte afin de satisfaire le besoin de délasserment et de repos : le touriste d'été, notamment, qui axe son séjour sur la promenade et la détente, sera particulièrement attentif

<sup>223</sup> Je considère, à l'image d'ARLETTAZ (1996), le paysage comme un système à double composante, comprenant à la fois un ensemble d'éléments biotiques, abiotiques et anthropiques, « qui forment des compositions particulières et variées selon une dynamique type » (composante naturelle) et un ensemble d'images mentales forgées à partir du système naturel, représentations que se font les observateurs, selon leur mode de vie, leurs intérêts, leurs projets et leur culture (composante perceptive).

à l'environnement naturel dans lequel il se meut. L'eau apparaît ici comme une composante essentielle du paysage : un lac, une rivière, une cascade, un bisse sont autant d'éléments structurants du paysage alpin, aptes à captiver l'œil du touriste et à susciter son admiration. Cette fonction « réparatrice » du système Eau obéit à une série de facteurs dont certains s'opposent :

- la demande touristique, ou du moins une partie de celle-ci, attend un paysage qui ait conservé au maximum ses caractéristiques naturelles. Elle sera d'autant plus forte que la qualité de vie du touriste sera dégradée (fonction de compensation du séjour touristique). Certaines catégories de touristes, notamment les familles et les personnes âgées, seront particulièrement sensibles à ce type d'offre;
- la demande touristique agit également en sens inverse en menaçant l'intégrité des sites naturels. Cette menace prend diverses formes. Il peut s'agir d'une spirale de la croissance touristique alimentée par la compétition entre les stations : pour attirer le chaland, une station se dote d'un grand choix d'infrastructures touristiques qui elles-mêmes devront attirer des touristes pour être rentables. Mais ce sont également les sites touristiques eux-mêmes qui, en attirant trop de touristes, risquent de provoquer des déséquilibres qui menaceront leur intégrité.

Dans ce double jeu de la demande touristique, régie principalement par les mécanismes du marché, les sites d'intérêt écologique et paysager doivent être protégés par l'interventionnisme de l'Etat, car comme l'a bien montré CLIVAZ (1995), il est illusoire de compter sur une autorégulation du marché économique pour éviter une détérioration de la qualité de l'environnement, en raison du hiatus temporel qui existe entre le fonctionnement du système économique (objectifs à court terme) et du système naturel (fonctionnement sur le long terme). Cet interventionnisme est d'autant plus important que dans les Alpes le paysage représente la substance du tourisme (le tourisme alpin est né de la beauté des paysages) et le système écologique est fragile en raison des conditions caractéristiques de la montagne (climat, topographie, pentes).

J'illustre ce propos à travers deux exemples : les cours d'eau et plans d'eau de montagne (paysages naturels) et les bisses (paysages culturels).

## Les paysages naturels : les cours d'eau et plans d'eau de montagne

### *Crans-Montana-Aminona*

Les cours d'eau constituent sans conteste un élément important de l'offre touristique paysagère des stations de montagne, surtout s'ils s'écoulent de manière spectaculaire sous forme de gorges (ex. gorges de Lauterbrunnen ou du Trient) ou de cascades (ex. la Pissevache qui fut en quelque sorte « l'image de marque » de la vallée du Rhône aux débuts du tourisme en Valais). Dans tous les cas, les abords immédiats du cours d'eau ont été aménagés afin de faciliter l'accès des visiteurs (ex.

passerelles, ponts) ou leur confort (ex. restaurants). Le paysage n'est donc plus naturel. L'impact visuel reste toutefois important en raison de la disproportion qui demeure entre l'objet naturel et les infrastructures mises en place pour l'observer (il en est de même pour les grottes et cavernes ouvertes au public). Au contraire, d'autres gorges aux débouchés des vallées latérales du Rhône, telles la Lizerne ou la Liène, n'ont pratiquement pas de potentiel touristique, car leur accès est trop difficile, donc méconnu. Ainsi, paradoxalement, les sites qui marquent les esprits par leur beauté sauvage et imposante, doivent-ils être fortement anthropisés pour assumer leur fonction de paysages touristiques. Cette anthropisation peut d'ailleurs devenir elle-même un argument de promotion touristique : le paysage en question n'est plus seulement un site naturel exceptionnel, mais il acquiert une valeur de patrimoine culturel ou historique. C'est le cas par exemple des gorges du Durnand ou du Trient. Dans ce cas, l'eau assume doublement une fonction culturelle : le touriste peut plonger culturellement autant dans l'environnement naturel (la beauté sauvage, le « sublime » du lieu) que dans son patrimoine culturel et historique. Les bisses offrent également cette double fonction (cf. ci-dessous).

Sur le Haut-Plateau, les cours d'eau ne constituent pas vraiment un atout de l'offre touristique. La station elle-même ne présente des écoulements de surface que sous forme de petits cours d'eau assez insignifiants et d'ailleurs en grande partie couverts dans l'agglomération. Par contre, de part et d'autre de la station coulent deux rivières imposantes, la Liène et la Raspille. Elles présentent à peu près la même architecture, à la différence près que la Liène est en partie aménagée pour la production hydroélectrique. Toutefois, aucune des deux rivières ne représente un élément majeur de l'offre touristique de la station. On peut y voir plusieurs raisons :

- les difficultés d'accès, notamment dans les parties inférieures, se présentant sous forme de gorges (les bisses du Roh (Liène) et du Tsittoret (Raspille) constituent toutefois des brèches d'accès appréciables, notamment depuis qu'ils ont été aménagés pour la promenade);
- le contexte géomorphologique dans la partie amont des bassins versants, marqué par de grandes dénivellations (présence de barres rocheuses de plusieurs centaines de mètres de hauteur) et qui rend les cheminements à pied relativement pénibles;
- parallèlement à cela, la présence d'un réseau de chemins pédestres extrêmement dense et plus facile d'accès sur le Haut-Plateau et le long des bisses du coteau, bien aménagés, y-compris du point de vue didactique;
- la « culture touristique » de la station qui jusqu'à récemment ne faisait que peu de promotion du tourisme pédestre;
- le barrage artificiel de Tseuzier, accessible par la route uniquement sur la rive droite, ne participe que très peu de l'activité touristique du Haut-Plateau.

Les lacs et étangs du Haut-Plateau ont par contre été très tôt intégrés dans l'offre touristique. C'est le cas notamment de l'Étang de la



Moubra<sup>224</sup>, propriété de la Bourgeoisie de Montana, dont la plage est assez ancienne. Il est maintenant un lieu prisé pour la baignade, les sports de voile et les pédalos, la pêche et la pratique de sports d'endurance (point de départ de sentiers de randonnée pédestre, d'un parcours de VTT, d'une piste de ski de fond en hiver). La croissance d'algues, peut-être liée à des infiltrations d'eaux usées et d'eaux chargées de fertilisants (drainage du golf)<sup>225</sup>, va à l'encontre du développement de ces activités touristiques.

Tous les lacs situés dans la station elle-même jouent une fonction de villégiature très développée. C'est le cas des Etangs d'Ycoor, Grenon et de la Moubra. Ils sont en général très artificialisés (dignes, promenades goudronnées, pédalos, etc.) et fonctionnent comme patinoires naturelles ou pistes de ski de fond durant l'hiver. Les bassins, souvent semi-artificiels, situés en marge de la station (Etang d'Icogne, de Chermignon, Etang Long), destinés prioritairement à l'irrigation, jouent moins ce rôle d'embellissement. Ils se présentent d'ailleurs souvent comme de mini-barrages d'accumulation assez peu esthétiques. Un troisième groupe de bassins (ex. Etangs de Miriouges, Tourbière des Briesses), de plus petite taille, souvent marécageux et ayant conservé leur caractère naturel, est situé en contrebas de la station. Ces petits plans d'eau constituent sans conteste une « poche de nature » à proximité de la ville-station qu'est Crans-Montana. Ils sont intégrés, comme les deux autres groupes, dans une *Promenade des Lacs*, qui compte parmi cinq parcours didactiques, sélectionnés et balisés par les offices du tourisme<sup>226</sup>. Ils sont également intégrés à un *Tour des Lacs* pour VTT<sup>227</sup>.

Ainsi, ces bassins, creusés à l'origine pour l'accumulation d'eau d'irrigation, cumulent maintenant une fonction d'irrigation, qui reste primordiale, une fonction d'alimentation en eau potable (surtout durant l'hiver) et une fonction de délasserment touristique. Les consortages d'irrigation essaient d'ailleurs de maintenir un niveau minimal durant l'été pour préserver l'aspect esthétique des bassins d'accumulation<sup>228</sup>.

## Nendaz

A Nendaz, la Printse constitue la « colonne vertébrale » de la région. Contrairement à la Liène ou à la Raspille, elle fait donc partie intégrante de l'offre estivale de la station, ceci d'autant plus qu'elle donne naissance à de nombreux bisses qui en facilitent l'accès. Le barrage hydroélectrique de Cleuson, au contraire de son homologue du Val des Dix, qui constitue depuis une quinzaine d'années une des attractions touristiques estivales majeures du Valais, ne fait pas l'objet d'une promotion touristique poussée. Certainement que sa position assez éloignée des deux centres touristiques de Siviez et Nendaz-Station y est

<sup>224</sup> Tous les lacs ont comme fonction première l'accumulation d'eau d'irrigation. Voir la carte de la fig. 6.3 pour leur localisation.

<sup>225</sup> Communication orale du 22 septembre 1998 de Mme Romaine Perraudin-Kalbermatter, Bureau ETEC, Bramois, mandatée par la commune de Montana pour une étude sur la qualité des eaux de ce lac.

<sup>226</sup> Voir *Crans-Montana Aminona. Carte d'excursions* au 1/25'000, éditée par les Offices du tourisme de Crans-Montana.

<sup>227</sup> Voir le site internet de la station : <http://www.crans-montana.ch/>

<sup>228</sup> Entretien du 15 septembre 1993 avec M. Jacques Bagnoud, président d'Icogne et président de la Commission intercommunale des eaux.

pour quelque chose. C'est également le cas des lacs des Yettes Condja et du Grand Désert, qui restent des sites touristiques peu prisés en raison de leur altitude élevée et de la longueur du chemin d'accès, contrairement au Lac Noir, au pied de la Dent de Nendaz. Malgré des caractéristiques esthétiques assez peu intéressantes (faible profondeur, couleur sombre)<sup>229</sup>, ce lac d'ombilic est visité par de nombreux touristes car il peut être atteint par une télécabine. Assez facilement atteignable et très esthétique, c'est la petite plaine alluviale nommée « Jardin Japonais », au pied du glacier rocheux fossile des Lapires, qui a été choisie comme emblème du tourisme estival nendard<sup>230</sup>.

## Les acteurs

Comme cela apparaît déjà dans la description de la structure du système, l'acteur principal de la mise en valeur du capital paysager naturel constitué par les plans et cours d'eau est représenté par les milieux touristiques (offices du tourisme). Cette mise en valeur est relativement récente. La coordination avec les milieux agricoles est bonne, tout comme avec les milieux hydroélectriques. Certains sites souffrent par contre de la défiguration du paysage par les infrastructures de remontées mécaniques.

## Les paysages culturels : le patrimoine hydraulique et sa mise en valeur touristique

Le patrimoine hydraulique est très important dans les deux stations. Plus aucun moulin n'est en activité, mais des ruines sont encore visibles (cf. chap. 6.4.2), notamment à Nendaz. Ce patrimoine n'a pas jusqu'ici été mis en valeur.

Les bisses ont par contre rapidement été intégrés au réseau de randonnée pédestre valaisan en raison de leurs faibles dénivellations, des parcours ombragés qu'ils offrent, de leur valeur patrimoniale, historique et pittoresque, ainsi que des synergies d'entretien qu'ils permettent, les sentiers qui les longent étant en premier lieu utilisés pour la surveillance de leur fonctionnement. Ce type de valorisation touristique est particulièrement adapté pour des randonneurs à la condition physique moyenne tels que les familles et surtout les personnes du troisième âge, comme le met en évidence ROUILLER (1998).

La campagne nationale *La Suisse pas à pas* en 1982 a donné une impulsion importante au développement de la randonnée pédestre le long des bisses. Cet intérêt a même débordé de nos frontières comme le témoignent un ouvrage en anglais, publié en Grande-Bretagne (BRATT 1995) ou les circuits touristiques proposés à nos voisins français par une

<sup>229</sup> Selon la *Carte de promenades et excursions* au 1/25'000, ce lac a assisté aux premiers balbutiements du tourisme nendard avec la construction d'un refuge vers la fin des années 30.

<sup>230</sup> Voir par exemple le site internet de l'Office du tourisme.

agence grenobloise<sup>231</sup> ou encore l'article paru récemment dans le quotidien parisien *Le Monde*<sup>232</sup>.

Les années 90 sont caractérisées par un effort marqué dans la promotion **globale** de la randonnée le long des bisses, à l'échelle du Valais, avec notamment la publication de plusieurs guides d'excursions, assortis d'exemples de randonnées, de descriptions d'itinéraires, de cartes, de tableaux de durées de marche, etc. (cf. BRATT 1995, UVT 1996, AVTP 1996). Une nouvelle référence est l'ouvrage de PAPILLOUD et al. (1999), dont la seconde partie présente l'état des connaissances sur tous les bisses du Valais, classés en 18 régions.

Dans chacun de ces ouvrages, les bisses des deux stations d'étude figurent en bonne place. BRATT (1995) présente 6 bisses de Nendaz ou du Haut-Plateau parmi les 21 suggestions d'excursions proposées<sup>233</sup>. Parmi les 13 bisses situés sur le territoire des deux stations (cf. ann. 6.1), huit<sup>234</sup> ont été sélectionnés dans la brochure de l'AVTP (1996) et sept<sup>235</sup> dans celle de l'UVT (1996). Les bisses figurent également en bonne place dans la brochure quadrilingue *Valais en ballade*, publiée par l'Union valaisanne du tourisme<sup>236</sup>.

Ces divers exemples montrent qu'en Valais, la randonnée le long des bisses constitue un pivot essentiel de l'offre touristique en randonnée pédestre en moyenne montagne, ce qui n'est pas le cas d'autres montagnes sèches des Alpes (REYNARD 1998a). Dans la vallée d'Aoste, par exemple, alors que les cartes et guides de randonnée pédestre sont légion, les rus n'apparaissent jamais comme itinéraires de promenade. Plusieurs de ces canaux sont d'ailleurs en phase de mise sous tuyaux. En vallée de la Durance, les efforts entrepris par la Société Géologique et Minière du Briançonnais pour rénover et mettre en valeur les anciens canaux d'irrigation (DUMONT et al. 1995) se heurtent d'une part à la réticence des milieux agricoles et d'autre part au désintérêt des milieux touristiques<sup>237</sup>. Ces exemples mettent également en évidence le poids important que les deux stations étudiées ont dans l'offre touristique valaisanne en matière de randonnée le long des bisses, poids expliqué par leur situation au coeur de l'une des deux régions à forte concentration de canaux du Valais (cf. REYNARD 1995, 1998b). Les offices de promotion touristique de la station ne s'y sont d'ailleurs pas trompés, puisque les bisses figurent en général sur les prospectus et sur le site internet de chacune des deux stations. Les mentions sont toutefois assez succinctes et se limitent généralement à de très brefs descriptifs, à des propositions de promenade et parfois à une photo<sup>238</sup>. On notera tout de même qu'implicitement les offices du tourisme essaient de faire passer un message de tourisme « vert » et de

<sup>231</sup> Voir à ce sujet le *Nouvelliste et Feuille d'Avis du Valais* du 17.9.1996 et MOURARET (1997).

<sup>232</sup> Voir Régis Guyotat : « Le Valais par le chemin des bisses », *Le Monde*, 22 août 1996.

<sup>233</sup> Ce sont les bisses de Saxon, du Milieu et d'En Haut (même itinéraire), d'En Bas et de Vex (même itinéraire), de Chervé, du Roh et de Lens. Sont également mentionnés les bisses de Clavau, de Sion, d'Ayent et de Varen.

<sup>234</sup> Il s'agit des bisses de Saxon, du Milieu, d'En Haut, de Vex, de Salins, du Roh, de Lens et du Tsittoret.

<sup>235</sup> Ce sont les bisses de Saxon, du Milieu, de Vex, de Chervé, de Lens et du Roh.

<sup>236</sup> Dans tous ces guides, le bisse d'Ayent apparaît comme une des suggestions d'excursion.

<sup>237</sup> Communication orale de M. Claude Dumont, Vice-président de la Société Géologique et Minière du Briançonnais, 17 août 1997.

<sup>238</sup> Voir également DUBULLUIT et al. (1998) qui ont analysé la visibilité des bisses sur les prospectus et sites internet du Valais et qui remarquent que les mentions présentent les bisses essentiellement comme « lieux de promenade » et non pas comme « richesse culturelle et témoins du passé ».

préservation des activités traditionnelles dans leurs moyens de promotion... parfois au prix d'artifices graphiques<sup>239</sup>.

Ainsi, jouissant d'un appui marqué du grand public depuis une dizaine d'années et certainement d'un effet de mode qui pourrait s'estomper à l'avenir, la valorisation touristique des bisses du Valais va maintenant au delà des simples aménagements pour la randonnée pédestre (balisage, pose de bancs publics, etc.) et porte sur des efforts de restauration de parties anciennes, voire de remise en eau de bisses abandonnés, accompagnés d'une mise en valeur didactique, principalement sous forme de construction de panneaux explicatifs fixes (cf. BAUD 1998, REYNARD 1998a). Ces travaux, qui représentent des investissements financiers importants ne vont toutefois pas toujours sans anicroches, comme le montrent certains des exemples ci-dessous qui mettent en évidence la très forte interrelation existant entre les différentes fonctions associées à ces canaux et par là la nécessité d'une approche globale et concertée de leur gestion.

## Les acteurs

Les acteurs de ces processus de mise en valeur touristique peuvent être classés en cinq groupes principaux : les milieux touristiques (offices du tourisme, associations de randonnée pédestre), les consortages (propriétaires et exploitants des ouvrages), les collectivités publiques (communes et Etat), les associations de protection de la nature et les organismes de financement. Les deux premiers groupes constituent en quelque sorte les exploitants et les décideurs au sens du modèle décrit à la fig. 3.7. Leurs objectifs ne sont pas forcément convergents. Les associations de protection de l'environnement et les organes de financement (qui ont parfois des critères très stricts pour l'octroi de subventions) jouent le rôle de groupes de pression, tandis que les collectivités publiques sont souvent chargées de coordonner les intérêts divergents, par voie législative ou administrative.

De manière générale l'Association valaisanne de tourisme pédestre (AVTP)<sup>240</sup> a joué un rôle moteur dans cette mise en valeur tout comme le Service de l'aménagement du territoire (SAT) de l'Etat de Valais, qui a notamment mandaté en 1987 un inventaire des bisses du Valais en vue de leur protection (SAT 1993). Ce sont toutefois les communes qui sont responsables de l'homologation et de l'entretien du réseau de sentiers pédestres. Dans les bassins versants étudiés, pratiquement tous les bisses sont intégrés dans le réseau principal de randonnée pédestre<sup>241</sup>.

<sup>239</sup> On peut citer pour exemple le prospectus estival de la station de Nendaz *Bougez-vous la santé!*, qui, sur son plan panoramique, représente avec un même figuré bleu les bisses en eau et les bisses abandonnés... donnant l'illusion d'un ensemble complet de canaux avec écoulements d'eau, alors que les bisses abandonnés se limitent à un sentier pédestre balisé. De même, sur le prospectus d'été de la station du Haut-Plateau, une image représentant un mélèze le long du parcours du Bisse du Roh a très certainement été retouchée... pour rendre l'arbre plus vert qu'il n'est en réalité, puisqu'il est en voie d'assèchement en raison de l'absence d'infiltrations provenant du bisse abandonné.

<sup>240</sup> Maintenant Association valaisanne de randonnée pédestre (AVRP).

<sup>241</sup> Selon entretien téléphonique du 23 septembre 1998 avec M. V. Glassey, Association valaisanne de randonnée pédestre. On notera que le plan des sentiers pédestres de Nendaz n'est pas encore homologué par le Conseil d'Etat. Les bisses sont toutefois déjà mis sous protection sur la base d'un inventaire lié à l'étude de base.

J'étudie maintenant plus particulièrement quelques cas de mise en valeur touristique, qui démontrent soit une volonté de valoriser les caractéristiques historiques et culturelles des bisses, notamment par le biais de l'aménagement de panneaux didactiques ou de remise en eau, soit une volonté de préserver l'aspect traditionnel du canal (ex. Bisse de Lens). Je n'étudie pas dans le détail la mise en valeur par l'aménagement de chemins pédestres, puisque presque tous les bisses constituent des itinéraires du réseau valaisan. Je ne traite pas de la mise en valeur du Bisse de Saxon, dont le secteur remis en eau se situe sur la commune de Riddes (cf. REYNARD 1998a).

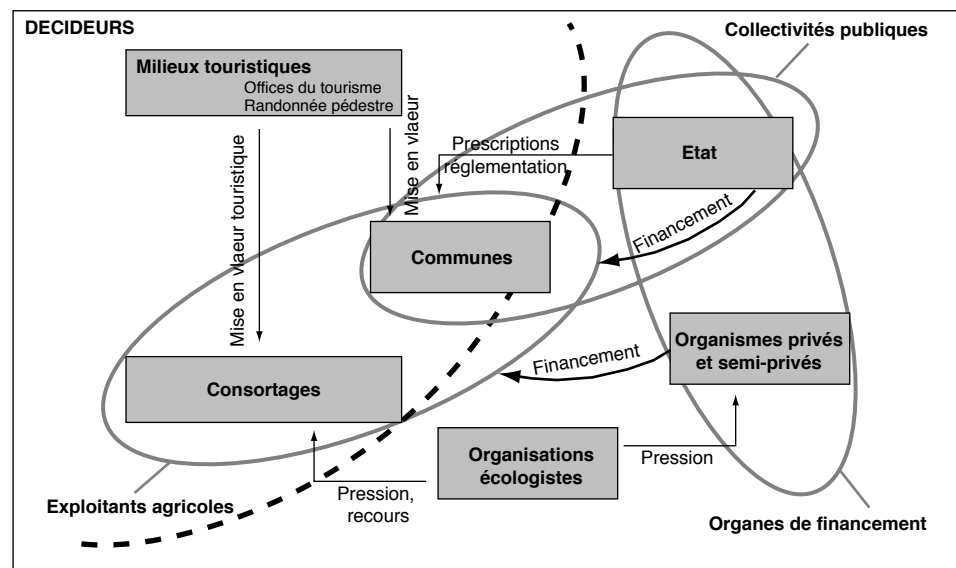


Fig. 6.27 Les acteurs de la valorisation touristique des bisses.

### La réfection du Grand Bisse de Lens

Les récents travaux de réfection du Grand Bisse de Lens (1995) donnent un bon exemple des interrelations entre le tourisme estival et le domaine de l'irrigation sur le Haut-Plateau. Le projet de réfection initial (1991) prévoyait en effet la construction de canivaux de béton sur un tronçon de 280 m. Suite à l'opposition de la Ligue Valaisanne pour la Protection de la Nature (LVPN), un second projet est mis à l'enquête publique par le consortium du bisse en 1994, avec un tronçon à bétonner réduit à 95 mètres. Là encore, la LVPN fait opposition, accompagnée cette fois par les offices du tourisme de Crans-Montana et plusieurs particuliers<sup>242</sup>. Finalement, c'est une solution sans bétonnage qui est mise en oeuvre.

On voit ici que la solution technique « lourde » adoptée par le consortium du bisse pour améliorer la sécurité le long du canal a été infléchi par les milieux de protection de la nature, ce qui n'est pas une nouveauté, mais également par les milieux touristiques, qui ont compris que les bisses constituent, pour autant qu'ils conservent leur caractère « ancestral », une carte de visite privilégiée pour la promotion du tourisme de randonnée pédestre. La solution la moins dommageable

<sup>242</sup> Nouvelliste et Feuille d'Avis du Valais, 11 mai 1995.

pour les trois types d'acteurs a finalement été mise en oeuvre après près de 5 ans de procédures administratives. Une solution concertée aurait peut-être pu être trouvée si une procédure basée sur la négociation avait été développée dès le début !

### *La mise en valeur touristique du bisse du Tsittoret*

C'est dans le prolongement de festivités du centième anniversaire de la station (1993) que le bisse du Tsittoret a fait l'objet d'aménagements didactiques, devenant ainsi la première des six « Promenades sélectionnées », imaginées par la commission intercommunale des promenades. Les trois offices du tourisme du Haut-Plateau ont en effet posé sept panneaux descriptifs, dont tous ne concernent toutefois pas le bisse lui-même. Ils ont également aménagé des ouvrages améliorant la sécurité et le confort des promeneurs, ainsi que des places de pique-nique, le tout pour un total de 50'000 francs, financés par les trois sociétés de développement. Ce bisse constitue sans conteste, au même titre que le bisse d'Ayent (BAUD 1998), un exemple de synergie entre les fonctions d'irrigation et d'agrément des bisses de la fin du XXe siècle.

### *La mise en valeur touristique du bisse du Roh*

Jusqu'à la fin des années 80, le bisse du Roh constituait une promenade, certes prisée par les randonneurs, mais toutefois assez dangereuse. C'est pourquoi en 1992, d'entente avec la commune d'Icogne, les offices du tourisme de Crans et Montana et la Commission intercommunale des promenades ont entrepris des travaux de réfection avec l'aide logistique de l'armée (troupes du génie). Ces travaux, pour lesquels plus de 100'000 francs ont été investis<sup>243</sup>, ont été complétés en 1995 par la pose de panneaux didactiques financés en partie par le Touring Club Suisse (REYNARD 1998a). La rénovation basée uniquement sur la réfection du chemin de randonnée, n'a pas pu bénéficier de subventions agricoles. Le projet de remise en eau du bisse<sup>244</sup>, élaboré dans un deuxième temps, ne semble pas avoir eu de suite. Tout comme le Tsittoret et les étangs de la station, le bisse du Roh fait partie du choix de « Promenades sélectionnées ».

### *La remise en eau du bisse de Vex*

Contrairement à beaucoup d'autres bisses qui, au début de ce siècle n'assuraient qu'une fonction agricole, le Bisse de Vex, qui traverse les Mayens-de-Sion, lieu de villégiature traditionnel de la haute société sédunoise, bénéficiait déjà au début de ce siècle de la double fonctionnalité, agricole et touristique, propre au tiers des canaux actuels. Ainsi, COURTHION (1920) pouvait-il écrire que « le sentier qui l'accompagne à la marge de la forêt, parmi cet essaim de villégiatures aristocratiques ou bourgeoises, est l'indispensable promenade, le point de rendez-vous de ses habitants éphémères. Il n'est pas moins nécessaire à cette station de plus en plus connue que la Rouvenaz à

<sup>243</sup> Gazette de Crans-Montana-Aminona et des Communes du Haut-Plateau, 6/juillet 1993, pp. 19-20.

<sup>244</sup> cf. Secrétariat du 100ème anniversaire de Crans-Montana (1993).

Montreux, le Hohweg à Interlaken, la Promenade des Anglais à Nice [...] ». En 1948, MARIETAN rappelait que « Sédunois et Sédunoises se rencontrent sur ce boulevard rustique ». Déjà en 1931, la Société de développement des Mayens-de-Sion prie le consortage du bisse de le laisser couler à des fins touristiques jusqu'au 20 septembre de chaque année, proposition qui sera accordée et qui se maintiendra jusqu'en 1971<sup>245</sup>, date de son abandon.

Depuis 1991, le bisse fait l'objet d'une remise en eau partielle à des fins principalement touristiques sous l'impulsion d'une association privée, le « Comité d'initiative pour la remise en eau du Grand Bisse de Vex », créé en 1989 et composé des différentes communes et sociétés de développement de la région. Le consortage du bisse ne participe pas à ce comité (cf. chap. 6.2). Afin de faciliter les demandes de subventions, il a par contre cédé ses droits aux communes de Salins et des Agettes en 1990<sup>246</sup>. L'objectif du comité était double : « rétablir un système d'irrigation traditionnelle permettant d'assurer notamment d'importantes économies en eau potable<sup>247</sup> » et mettre en valeur le cachet touristique du site « par la protection efficace d'un paysage rural plusieurs fois centenaire »<sup>248</sup>. **Il y a donc ici clairement synergie entre un objectif de promotion touristique et une volonté de réduire la consommation d'eau potable.** La combinaison des objectifs touristiques et agricoles permet d'obtenir des subventions autant sur la base de la législation agricole (améliorations foncières) que de législation sur la préservation des paysages ruraux (Fonds du 700ème anniversaire de la Confédération, législation sur les chemins pédestres)<sup>249</sup>. Le comité accompagne les travaux d'une intense campagne de promotion dans les journaux locaux (ex. *Nouvelliste*) et par le biais de dossiers déposés à la Bibliothèque cantonale du Valais<sup>250</sup>. Ces dossiers sont réalisés par des historiens et par des bureaux mandatés par le comité (ex. Dossier « Nature et paysage » réalisé par un bureau d'environnement et d'aménagements forestiers, dossier de construction effectué par un bureau d'ingénieurs, Rapport du Service de l'Agriculture du Canton du Valais, etc.). Actuellement, la moitié aval du parcours de 12 km a été remise en eau.

## Synthèse sur l'offre originelle

Ainsi, les deux stations qui, durant les années 60 et 70, axaient une grande partie de leur promotion touristique sur la saison hivernale, ont clairement pris le virage de la **diversification de l'offre**, passant par la valorisation des activités de promenade et de randonnée pédestre.

Bénéficiant d'un **capital paysager** important, malgré l'urbanisation poussée de leur « centre-ville », les deux stations offrent un choix

<sup>245</sup> Comité d'initiative pour la remise en eau du Grand Bisse de Vex (1991).

<sup>246</sup> *Ibidem*.

<sup>247</sup> Car depuis 1971, les irrigants se greffent directement sur le réseau d'eau potable.

<sup>248</sup> *Ibidem*.

<sup>249</sup> Cf. Comité d'initiative pour la remise en eau du Grand Bisse de Vex (1997). Sur un total de 600'000 francs, les subsides perçus dans le cadre de la législation cantonale et fédérale sur les améliorations foncières se montent à plus de 250'000 francs (42 %). La part injectées par les communes concernées et les sociétés de développement est très faible : en cinq ans, la commune et la SD de Nendaz n'ont participé qu'à raison de 7000 francs chacune.

<sup>250</sup> Cf. Comité d'initiative pour la remise en eau du Grand Bisse de Vex 1991, 1996, 1997.

exceptionnel d'itinéraires d'excursions : 400 km de sentiers balisés à Nendaz et 280 sur le Haut-Plateau. Dans les deux cas, les sites liés à l'eau constituent l'armature du réseau, par les lacs à Crans-Montana et par la Printse à Nendaz. Les deux glaciers de la Plaine-Morte et de Tortin, accessibles toute l'année par des remontées mécaniques, sont également des buts d'excursion prisés. Par contre, les deux barrages hydroélectriques de Tseuzier et Cleuson ne constituent pas des éléments très importants de l'offre touristique des deux stations : Tseuzier, accessible uniquement par Ayent et peu visible depuis le centre de la station de Crans, draine plutôt une clientèle provenant d'Anzère, alors que Cleuson, dont la route d'accès est interdite à la circulation, au fond du val de Siviez, est trop difficile d'accès pour attirer une clientèle de masse. Ainsi, il n'y a pas, en tout cas pour Cleuson, de multifonctionnalité industrielle et touristique, contrairement au barrage de la Grande-Dixence, par exemple.

Le cas des **bisses** est emblématique du nouvel engouement pour le **tourisme extensif doux**, dont la randonnée pédestre constitue un des axes de développement majeurs. Presque tous les canaux des deux régions d'étude sont intégrés dans le réseau de randonnée pédestre, y compris les plus vertigineux (bisse du Roh) et ceux abandonnés (Chervé, Saxon). Certains font l'objet d'actions de valorisation (remise en eau de canaux abandonnés, aménagements de panneaux didactiques, mise en valeur du patrimoine culturel, propositions de randonnées pédestres, etc.). Ces initiatives demandent toujours un **engagement financier** important, de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers, voire de plusieurs centaines de milliers de francs (cf. REYNARD 1998a). Ces coûts ne peuvent pas être supportés par les consorts qui, souvent, n'ont plus de surfaces à irriguer tout en conservant leurs droits d'eau et qui, de ce fait, se désintéressent de la gestion du bisse. Le fait que le consortage du Grand Bisse de Vex ne soit pas partie prenante du projet de remise en eau du canal, piloté par un comité d'initiative extérieur à toute activité agricole, est représentatif de ce **mouvement de désengagement des consorts** par rapport aux nouvelles fonctions dévolues aux bisses. Ce processus de désengagement a très bien été analysé par CRETOL (1998).

Le financement de ce type d'aménagement provient ainsi principalement de **subventions** découlant de la politique de gestion territoriale et de protection de la nature, ainsi que de contributions relatives aux améliorations foncières (cf. les divers exemples analysés par REYNARD 1998a et CRETOL 1998). Les subventions agricoles sont toutefois limitées aux bisses dont la fonction d'irrigation perdure. On le voit bien dans les deux cas de réhabilitation touristique des bisses du Roh et de Vex. Le premier n'a pas pu bénéficier d'un subventionnement pour une éventuelle remise en eau, qui ne se justifiait pas en raison de la présence du Tunnel du Mont Lachaux, alors que le second a pu faire valoir une fonction de lutte contre le gaspillage d'eau potable (utilisée jusqu'à maintenant également pour l'irrigation) pour actionner les leviers du financement agricole. De manière générale, les bisses sont pour l'instant mal pris en compte pour un subventionnement agricole à caractère écologique (paiements directs) en raison de leur caractère linéaire et de structure agricole (et non de surfaces agricoles de production).



Le **sponsoring** est également une forme de contribution financière à ce type d'aménagements. Les milieux touristiques semblent par contre se tenir en retrait sauf dans le domaine de la promotion, à l'exception de la station de Crans-Montana qui a financé elle-même une bonne partie des aménagements didactiques mis en place ces dernières années.

Quoi qu'il en soit il faudra suivre l'évolution de ces projets de remise en eau touristique des bisces sur le long terme. En effet, les subventions et les contributions des sponsors sont fournies pour les actions de réfection, mais pas pour la gestion des nouveaux aménagements. Vu les coûts d'entretien importants liés à la fonction agricole des bisces en activité (cf. chap. 6.2.6), on peut penser que les frais relatifs à l'entretien de ces nouveaux aménagements seront également élevés, notamment au bisse de Vex. Il sera ainsi intéressant de suivre l'évolution dans le temps des relations entre les différents partenaires de ces projets.

### 6.6.3 L'offre dérivée

#### Introduction

Les infrastructures touristiques primaires grosses consommatrices d'eau sont les piscines et dans une moindre mesure les patinoires. Bien que le Haut-Plateau soit très riche en piscines (13 piscines d'hôtels privées), je n'étudie pas en détail la consommation d'eau de ce genre d'infrastructures, les investigations devenant trop longues pour tirer des enseignements intéressants. Je me concentre sur le cas particulier de l'enneigement artificiel.

#### L'enneigement artificiel en Suisse

Comme je l'ai relevé au chapitre 5, si à haute altitude (plus de 2000 m), les conditions favorables à la pratique du ski sont vérifiées plus de 100 jours par hiver (seuil de rentabilité), ce n'est pas le cas à l'altitude des stations (vers 1500 m), comme le mettent en évidence les graphiques de la fig. 6.28. En décembre et janvier, la variabilité interannuelle est très élevée et les conditions pour la pratique du ski (couche de neige supérieure à 30 cm) sont assez aléatoires. En février et mars, la situation qui était favorable durant les années 80 s'est fortement dégradée depuis. À Crans-Montana, le mois d'avril n'est pas un mois favorable à la pratique du ski. Dans la perspective d'une poursuite de la tendance au réchauffement global de la planète, les limites des chutes de neige pourraient en outre remonter en altitude. Tous ces paramètres ont favorisé depuis une quinzaine d'années le développement d'installations d'**enneigement artificiel**<sup>251</sup>, phénomène accentué par la concurrence entre les différentes stations suisses et des Alpes<sup>252</sup>. Cette pratique semble être justifiée du point de vue économique. Comme le suggèrent les figures 3.20 et 5.21, ces installations constituent un élément important du sous-système technique des systèmes Eau dans les stations touristiques de montagne en raison de la nécessité d'utiliser de l'eau

<sup>251</sup> En Suisse, ce sont principalement les trois hivers pauvres en neige de 1988, 1989 et 1990 qui ont provoqué un développement massif de ce type d'installations.

<sup>252</sup> Les installations d'enneigement artificiel sont plus répandues dans les Alpes autrichiennes, françaises et italiennes qu'en Suisse. Cf. BROGGI & WILLI (1990) et KELLER & FISCHER (1991).

pour la production de neige. Après avoir décrit les caractéristiques de ce type de production industrielle de neige et la législation en vigueur, j'analyse la structure de l'enneigement artificiel dans les deux stations. Je termine par une analyse des relations entre les divers acteurs impliqués dans l'enneigement artificielle. Voyons tout d'abord quelles sont les modalités de la production de neige artificielle.

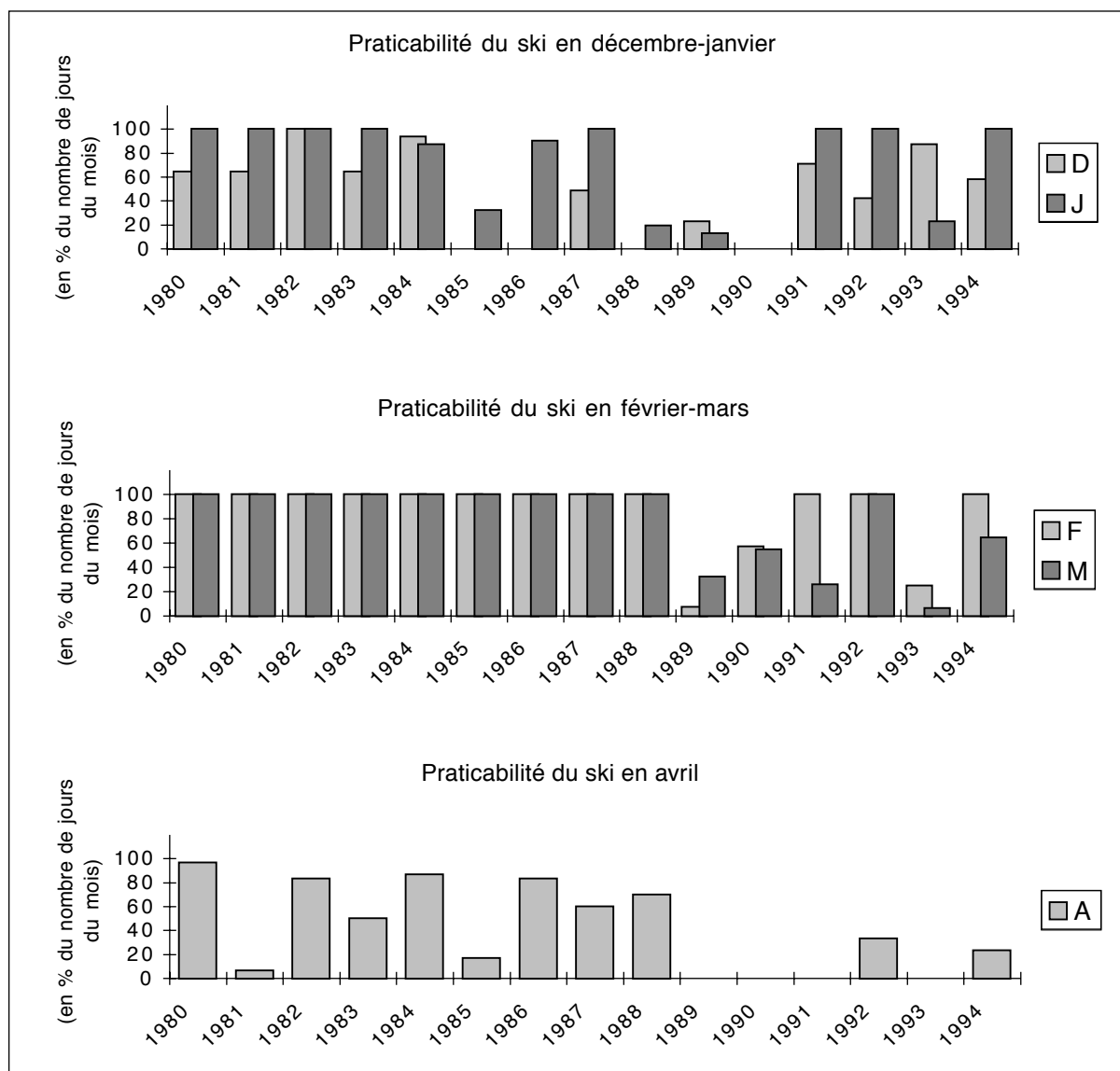


Fig. 6.28 Conditions de praticabilité du ski (couche de neige supérieure à 30 cm) à Crans-Montana (alt. 1500 m) entre 1980 et 1994.

La neige artificielle est formée par pulvérisation d'eau sous forme de fines gouttelettes dans l'air où elle gèle puis retombe sous forme de cristaux si la température est inférieure à 0°C et l'air non saturé en humidité. « La fabrication de neige n'est rentable que par des températures inférieures à -2°C et une humidité de l'air inférieure à

65 % » (BROGGI & WILLI 1990)<sup>253</sup>. Parfois, des particules minérales ou des bactéries sont rajoutées à l'eau pour favoriser la cristallisation<sup>254</sup>. La « neige de culture » est plus dense, moins perméable et a une conductibilité thermique plus importante que la neige naturelle. Les canons à neige peuvent être à haute ou basse pression, fixes ou mobiles. Les systèmes à haute pression peuvent être entièrement automatisés, contrairement aux systèmes à basse pression (KELLER & FISCHER 1991). L'enneigement artificiel s'accompagne souvent d'un nivellement des pistes; ainsi, en Suisse, plus des deux tiers des pistes enneigées mécaniquement sont également nivelées<sup>255</sup>. L'enneigement artificiel sert soit à garantir la viabilité de certains passages étroits ou dangereux, soit à enneiger de grandes surfaces ou des pistes entières, notamment les pistes reliant le domaine skiable d'altitude à la station.

La production de neige consomme de l'énergie<sup>256</sup> et de l'eau. Il faut environ **100 à 200 litres d'eau par m<sup>2</sup> pour produire une couche de neige de 30 cm** d'épaisseur (BROGGI & WILLI 1990, KELLER & FISCHER 1991). Tout comme les besoins en énergie, les besoins en eau varient toutefois selon la température de l'air au moment de la production : plus la température est basse, plus la transformation est rationnelle : ainsi, on peut transformer trois fois plus d'eau par -12°C et une humidité de l'air de 35 % que par -2°C et une humidité de l'air de 60 % (KELLER & FISCHER 1991). Ainsi, avec 1 m<sup>3</sup> d'eau on peut produire entre 2.1 et 3 m<sup>3</sup> de neige selon les conditions (BROGGI & WILLI 1990). La quantité annuelle par hectare enneigé varie fortement selon les années et peut atteindre **8000 m<sup>3</sup>/ha**, pour une moyenne de **3000 m<sup>3</sup>/ha** (SAT 1996, MOSIMANN 1998). Les facteurs principaux provoquant une plus grande consommation d'eau à l'hectare sont l'enneigement de pistes de compétition, l'enneigement régulier de passages délicats, la production de dépôts de neige et les pertes de neige dues au foehn (MOSIMANN 1998). Une grosse consommation d'eau à l'hectare peut provoquer une augmentation de l'infiltration et par conséquent de l'érosion, notamment dans des terrains déjà très humides (exacerbation de glissements de terrain, par exemple).

L'eau provient des eaux de surface ou souterraines, de nappes phréatiques d'altitude, des aménagements hydroélectriques ou des réseaux d'irrigation ou d'eau potable. En 1997, les installations d'enneigement suisses s'approvisionnent à raison d'environ un tiers dans des sources, un tiers sur des réseaux d'eau potable et un tiers dans des eaux de surface (lacs, rivières). Les barrages hydroélectriques ne représentent que 3 % de l'approvisionnement. Une prise d'eau située en altitude (plus haut que les zones à enneiger) évite de coûteux pompages. Se pose également le problème du stockage de l'eau nécessaire, les canons à neige pouvant débiter parfois près de 75 l/s; il s'agit donc de stocker une certaine quantité d'eau qui pourra être utilisée en temps

<sup>253</sup> On notera qu'en Valais, les amplitudes thermiques importantes entre le jour et la nuit et la relative sécheresse de l'air sont favorables à ce type d'enneigement.

<sup>254</sup> Cf. par exemple l'article « Les canons à neige sont dopés aux bactéries » publié par *Le Nouveau Quotidien* du 4 novembre 1997.

<sup>255</sup> Article de Jacqueline Haag, de ProNatura, dans le *Nouvelliste et Feuille d'avis du Valais* du 17 janvier 1998.

<sup>256</sup> La consommation d'énergie dépend du type d'installations, des conditions climatiques et de la disponibilité en eau (nécessité de pompage). Je n'étudie pas en détail cet aspect de l'enneigement artificiel, bien que d'une certaine manière il influe sur la gestion des ressources hydriques dans la mesure où l'électricité nécessaire est souvent d'origine hydraulique. Pour plus de détails, voir MOSIMANN (1987), BROGGI & WILLI (1990) et KELLER & FISCHER (1991).

voulu, les périodes d'enneigement artificiel correspondant aux périodes d'étiage des cours d'eau<sup>257</sup>.

## Cadre législatif

La Suisse ne dispose pas d'une législation spécifique à l'enneigement artificiel<sup>258</sup>. En Valais, les autorisations pour la pose de canons à neige sont délivrées par le **canton et les communes** pour autant qu'elles se situent dans des zones adéquates (« Pistes de ski » ou « Zones d'activités sportives ») des plans d'affectation, en vertu des articles 22 et 24 de la *Loi fédérale sur l'aménagement du territoire* (LAT) du 22 juin 1979 (RS 700)<sup>259</sup> et de l'art. 25 de la *Loi du 23 janvier 1987 concernant l'application de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire du 22 juin 1979* (LCAT, RL 1183). Les installations doivent également tenir compte de l'Arrêté sur l'énergie (AE) et de la législation en matière de protection de l'environnement et de la nature et du paysage, ainsi que de la LEaux (débits résiduels minimaux dans les cours d'eau). Les installations sont soumises à une étude d'impact sur l'environnement « si la surface destinée à être enneigée est supérieure à 5 ha » (Annexe à l'*Ordonnance relative à l'étude de l'impact sur l'environnement* (OEIE) du 19 octobre 1988 (RS 814.011)<sup>260</sup>.

Au niveau de la chaîne alpine, des prescriptions sur l'enneigement artificiel apparaissent dans deux protocoles d'application de la Convention alpine. L'art. 14 du Protocole « Tourisme » stipule que :

*Les législations nationales peuvent autoriser la fabrication de neige pendant les périodes de froid propres à chaque site, notamment pour sécuriser des zones exposées, si les conditions hydrologiques, climatiques et écologiques propres au site concerné le permettent.*

Le protocole d'application dans le domaine de la protection des sols ajoute en son art. 14 que « Les additifs chimiques et biologiques utilisés pour la préparation des pistes ne seront tolérés que si la compatibilité avec l'environnement est certifiée ». Ces deux protocoles ont été signés en octobre 1998. Ils ne sont pas encore ratifiés.

En Valais, un projet de fiche du Plan directeur cantonal (Fiche de coordination D.10) a été mis à l'enquête publique le 16 janvier 1998. Cette fiche fixe comme objectifs principaux de l'enneigement artificiel la garantie d'un enneigement minimal, limité dans l'espace et dans le temps, l'amélioration des passages délicats et la priorité aux pistes de compétition de haut niveau et aux liaisons principales de retour dans la station. Sur la base de cette fiche, il sera possible d'enneiger artificiellement uniquement en dessus de 1200 m. La longueur d'une

<sup>257</sup> Voir par exemple l'article d'Alexandre Bochatay dans le *Journal de Genève et Gazette de Lausanne* du 18 mars 1996, sous le titre : « Le Valais part à la recherche de réservoirs d'eau pour alimenter ses canons à neige ».

<sup>258</sup> Sur la question des compétences respectives de la Confédération, des cantons et des communes en matière d'octroi d'autorisation de construire des aménagements d'enneigement artificiel, voir BROGGI & WILLI (1990) et KELLER & FISCHER (1991). De manière générale, la tendance est à n'accorder une autorisation que dans les secteurs bénéficiant normalement d'un enneigement important : il n'est donc pas prévu d'enneiger artificiellement des zones basses et peu propices à la pratique du ski (Jura, Préalpes); cf. KELLER & FISCHER (1991).

<sup>259</sup> KELLER & FISCHER (1991) développent les modalités d'octroi d'autorisation de construire au sens de ces deux articles.

<sup>260</sup> Pour un aperçu exhaustif de la procédure de construction, voir SAT (1996).

piste enneigée au moyen de canons à neige ne pourra pas dépasser 4 km, la longueur totale des pistes enneigées artificiellement ne pourra pas dépasser 1 km par 1500 lits touristiques (les lits parahôtelières comptent pour 0.5 unités) et en principe ne dépassera pas 20 % de la longueur totale des pistes par station et 10 % de la surface du domaine skiable considéré. « Des **ressources suffisantes en eau** et en électricité doivent être garanties ». L'enneigement artificiel ne pourra en principe pas commencer avant le mois de novembre. Il sera en outre admis de façon ponctuelle sur les pistes de fond<sup>261</sup>. Cette mise à l'enquête publique a provoqué un grand nombre de remarques et demandes d'amendements de la part des communes<sup>262</sup>.

## Les structures

### *Crans-Montana-Aminona*

L'enneigement artificiel sur le Haut-Plateau se situe actuellement dans la moyenne des grandes stations valaisannes telles Nendaz, Verbier, Betten, etc., mais très loin derrière les deux stations à faible enneigement naturel que sont Zermatt et Grächen. Selon le projet de fiche de coordination du SAT (1996), les pistes enneigées artificiellement ne pourront pas dépasser 15.7 km à Crans-Montana et 0.8 km à Aminona<sup>263</sup>.

Actuellement, 7 secteurs sont enneigés artificiellement (cf. annexe 6.11 et fig. 6.29). La pose de canons à neige à haute pression a débuté en 1987 à Cry d'Er (Piste Nationale), entre 1500 et 1920 m (MOSIMANN 1987), à l'occasion des Championnats du Monde de ski. Dès 1994, la Société de la Télécabine du Grand-Signal a installé 67 canons principalement à haute pression dans le secteur **Arnouva-Cry d'Er-Parc de la Daille**. C'est la seule installation ayant reçu une autorisation de construire (19.8.1994). En 1996, cette même société a installé sans autorisation un enneigement artificiel sur la piste « **Descente Dames** » (Mont Lachaux). Actuellement la société du Grand Signal exploite un parc de 160 canons, dont 7 à basse pression, tous alimentés en eau par un forage privé situé à l'Arnouva<sup>264</sup>. En 1996, la STCM a installé 19 canons à neige sur la piste de **Chetseron**<sup>265</sup>, également sans autorisation de construire. Par la suite, cet enneigement a été prolongé à basse altitude vers Plans-Mayens, également sans autorisation de construire. Les sources d'approvisionnement en eau de ces installations ne sont pas connues (DROSELA 1999). En 1997, la société TVPM a construit une installation d'enneigement artificiel sur la piste **Nationale**, à haute altitude (plus de 1900 m). Cet aménagement de 8 canons à basse pression enneige environ 8.8 ha de pistes et s'approvisionne en eau à la Tièche et au barrage de Tseuzier (DROSELA 1999). Téléaminona envisage l'installation de 10-20 canons à neige automatisés à haute

<sup>261</sup> Canton du Valais (1998) : *Plan directeur. Fiche de coordination D.10*, Sion, Service de l'aménagement du territoire, en préparation.

<sup>262</sup> Communication orale de M. Willy Cretton, aménagiste au Service de l'aménagement du territoire du Canton du Valais, 18 septembre 1998.

<sup>263</sup> Longueur des pistes enneigées artificiellement par rapport au nombre de lits touristique (nombre de lits touristiques selon l'ann. 4.15).

<sup>264</sup> Communication orale de M. René-Pierre Robyr, Directeur de la Société du Grand Signal, décembre 1998.

<sup>265</sup> Cf. *Nouvelliste et Feuille d'avis du Valais*, 18 novembre 1996.

pression le long de la piste du **Grand Bonvin**. Ce projet prévoit une alimentation par des eaux de surface, soit de fonte nivale locale (BERTHOD 1996, 1997, GESTER 1997), soit par un pompage depuis la conduite d'eau brute de la commune de Randogne reliant la Tièche à la station de filtrage de Vermala (GESTER 1998). Dans tous les cas, il s'agit de creuser un lac pour le stockage de l'eau. Ce projet n'est pour l'instant pas homologué. Un dernier projet est en gestation dans la région des Violettes (TVPM). Pour l'instant, aucune étude préliminaire n'a été faite.

### *Nendaz*

Les premiers canons à neige à basse pression ont également été installés en 1987 (KELLER & FISCHER 1991) dans le secteur de **Tracouet** (Haute Nendaz). En 1987, 2 canons mobiles ont été installés dans les parties basses<sup>266</sup>. Dès 1991, 5 nouveaux canons ont été installés dans la partie médiane (entre 1500 et 1700 m). Depuis l'hiver 1998-99, la totalité de la piste de Tracouet est enneigée artificiellement. L'ouvrage est alimenté en eau traitée depuis la station de traitement communale de Pra Mounet (cf. fig. 6.30 et annexe 6.12). L'eau transite par le réseau communal jusqu'au réservoir de Sofleu, d'où partent trois réseaux différents. Le bas de la piste est alimenté par gravité par le réseau communal d'eau potable. Le secteur médian est alimenté par un pompage et une conduite appartenant à Télénendaz, alors que le haut de la piste se greffe sur le pompage et les installations d'approvisionnement des chantiers EOS Cleuson-Dixence de la Dent de Nendaz. Pour la prochaine saison, des discussions sont en cours avec EOS pour alimenter l'ensemble de l'installation en eau brute provenant du barrage de la Grande Dixence (greffe sur la nouvelle conduite Grande Dixence-usine souterraine de Bieudron). Cette solution permettrait de renoncer aux pompes. Dans le futur, il est également prévu de prolonger l'enneigement mécanique en direction de Prarion (4 kilomètres de pistes).

Le second secteur enneigé est celui de **Siviez**, avec deux installations. La première a été construite en 1996 sur la piste de **Tortin**, entre l'alpage du même nom et la station de Siviez. 6 canons mobiles à basse pression et fonctionnement manuel enneigent 4 km de pistes. Ils sont alimentés en eau par de l'eau brute provenant du barrage de Cleuson et transitant par le réservoir d'eau brute de la commune de Nendaz, puis par une conduite appartenant à Télénendaz. La seconde installation, à **Novelli**, a été aménagée en deux temps en 1997 et 1998. Elle compte actuellement 20 canons automatiques à basse pression et enneige environ 4 km pour une surface de 2.9 ha. L'approvisionnement en eau est le même que pour l'installation de Tortin. L'eau remonte de manière gravitaire dans la partie basse de la piste; elle est pompée depuis 2000 m environ. A l'avenir, Télénendaz envisage d'enneiger artificiellement également la partie basse du secteur Plan du Fou - Siviez, avec une alimentation en eau identique à la piste de Novelli (gravitaire).

---

<sup>266</sup> Selon un entretien avec M. Daniel Mariéthoz, Responsable technique à Télénendaz, 10 décembre 1998, également pour ce qui suit.

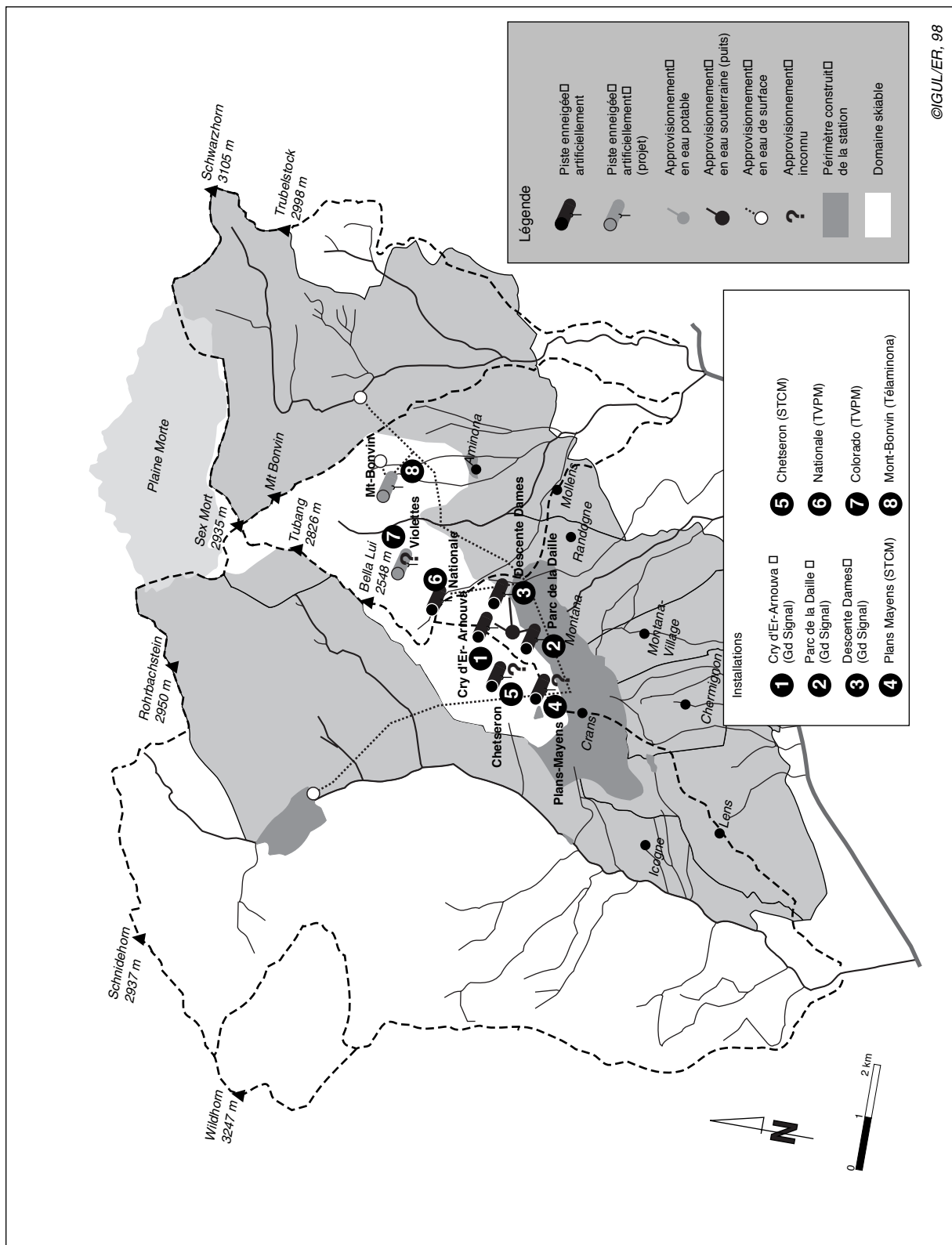


Fig. 6.29 L'enneigement artificiel dans la station de Crans-Montana-Aminona

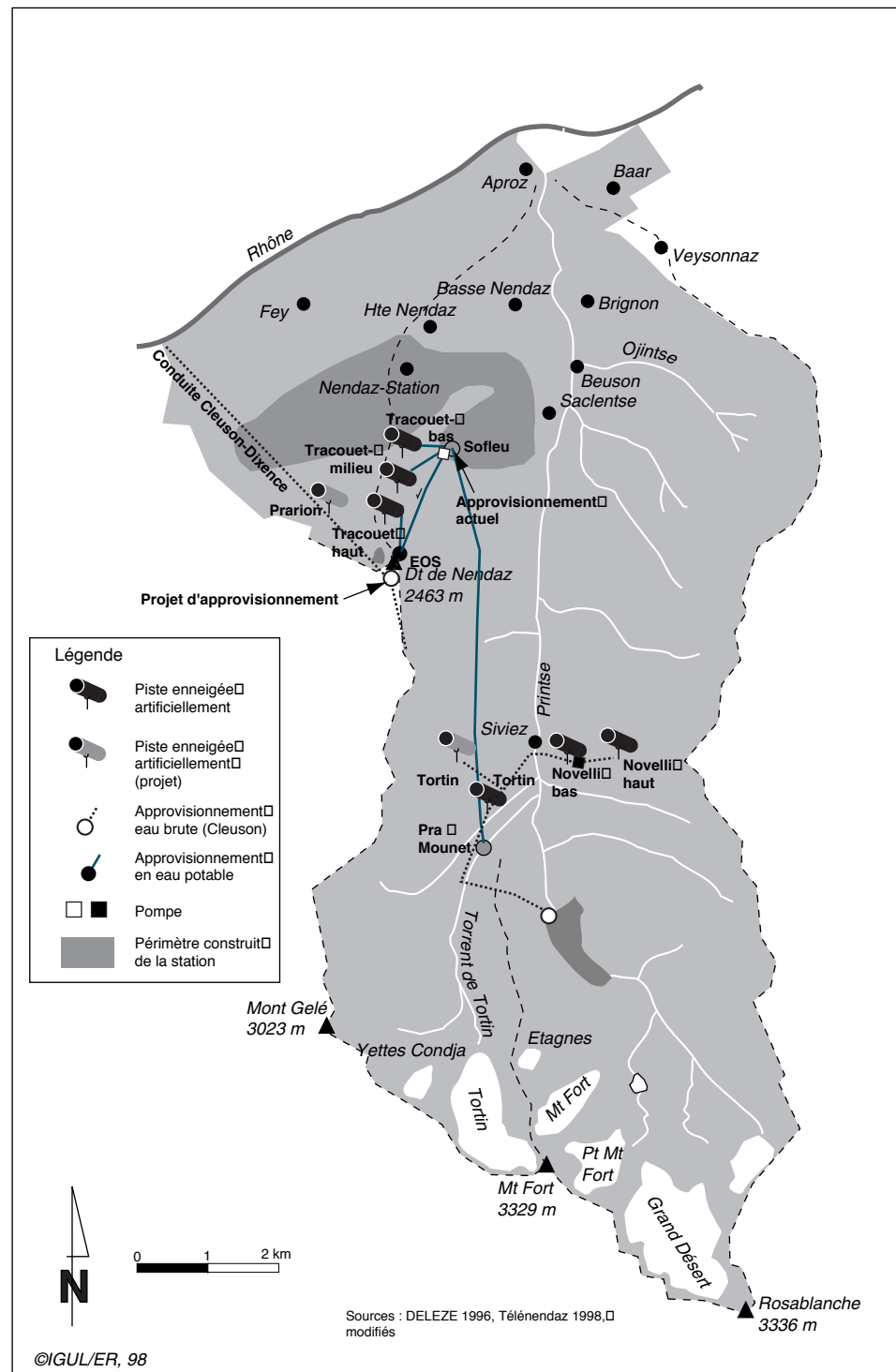


Fig. 6.30 L'enneigement artificiel dans la station de Nendaz

Aucune de ces installations n'a reçu pour l'instant une autorisation de construire. Selon le projet de fiche de coordination du SAT, Nendaz pourrait enneiger au maximum 6 km de pistes<sup>267</sup>.

<sup>267</sup> Longueur des pistes enneigées artificiellement par rapport au nombre de lits touristique (nombre de lits touristiques selon l'ann. 4.15).



## Les quantités d'eau utilisées

Plusieurs de ces installations étant illégales, il est difficile d'obtenir des informations précises sur la consommation en eau pour l'enneigement artificiel. A Crans-Montana-Aminona, les seules informations disponibles (cf. DROSER 1999) concernent les installations du Grand Signal (consommation durant l'hiver 1997-98 : 76'700 m<sup>3</sup>)<sup>268</sup>, pour 36.7 ha de pistes environ, et celles de la piste Nationale (consommation durant l'hiver 1997-98 : 80'000 m<sup>3</sup>)<sup>269</sup>, pour une surface d'env. 28.5 ha. Sur ces quantités, peu d'eau semble provenir de Tseuzier, en raison des coûts élevés (90 ct le m<sup>3</sup>). La consommation spécifique de ces deux installations était en 1997-98 de 2100 m<sup>3</sup>/ha et de 2800 m<sup>3</sup>/ha (DROSER 1999).

Pour les autres installations, aucune information n'est disponible. Sur la base des chiffres à disposition et des surfaces enneigées, on peut évaluer la consommation totale à **au-moins 250'000 m<sup>3</sup> d'eau par année**. En y ajoutant les besoins des futures installations de Téléaminona, on atteint des consommations de l'ordre de 300-350'000 m<sup>3</sup> par année.

A Nendaz, environ 50'000 m<sup>3</sup> d'eau sont utilisés pour l'enneigement de Tracouet<sup>270</sup>. Les quantités fournies par la commune de Nendaz étaient de 31'600 m<sup>3</sup> en 1996 et de 60'000 m<sup>3</sup> en 1997, dont 18'000 m<sup>3</sup> en novembre et 28'000 m<sup>3</sup> en décembre<sup>271</sup>. L'eau est achetée à la commune au prix de 30 ct le m<sup>3</sup>. Pour le secteur de Tortin-Novelli, la consommation annuelle est également d'environ 50'000 m<sup>3</sup>. La consommation actuelle peut donc être estimée à environ **100'000 m<sup>3</sup> pour 9.5 ha enneigés**, ce qui donne une moyenne de 10'000 m<sup>3</sup>/ha, soit nettement plus que la moyenne suisse et que celle du Haut-Plateau. Avec les projets futurs, ces besoins pourraient doubler.

En conclusion, il faut noter que les informations disponibles sont souvent lacunaires. Les séries statistiques existantes sont extrêmement courtes. De plus, les besoins varient d'une année à l'autre. Il faut donc prendre les quantifications ci-dessus comme de grossières approximations, d'autant plus qu'il n'a pas été possible de connaître avec précision les quantités d'eau utilisées à différents moments de l'hiver.

## Les acteurs

En raison des atteintes importantes que l'installation de canons à neige provoque sur l'environnement et de la consommation en eau et en énergie, ainsi que du grand nombre d'aménagements effectués en Valais sans autorisation, la question de l'enneigement artificiel constitue un débat politique « chaud » entre les sociétés de remontées mécaniques d'une part et les associations de protection de la nature d'autre part, avec comme arbitres les collectivités publiques locales, chargées de fournir les installations en énergie et en eau, et l'Etat, chargé de

<sup>268</sup> Communication orale de M. René-Pierre Robyr, Directeur de la Société du Grand Signal, décembre 1998.

<sup>269</sup> Communication écrite au bureau DROSER, TVPM.

<sup>270</sup> Selon un entretien avec M. Daniel Mariéthoz, Responsable technique à Télénendaz, 10 décembre 1998, également pour ce qui suit.

<sup>271</sup> Selon les statistiques du Service des eaux de la commune de Nendaz.

coordonner le développement de ces installations à l'échelle du canton. Les sociétés hydroélectriques s'impliquent également dans le débat, en raison de leurs grosses capacités de stockage.

Soucieuses de rentabiliser leurs investissements, les sociétés de remontées mécaniques demandent une politique peu restrictive en la matière, leur laissant une marge de manoeuvre suffisante. Elles sont généralement appuyées en ce sens par les communes, souvent actionnaires de ces sociétés et soucieuses de maintenir des emplois sur leur territoire.

Le discours des associations écologistes est tout autre. Ainsi, le WWF a refusé le projet de fiche de coordination D.10 mis à l'enquête publique le 23 janvier 1998<sup>272</sup>. Le refus est motivé par les caractéristiques peu écologiques de ce type d'enneigement (consommation en eau et énergie, adjonction de bactéries) et surtout parce que le projet de fiche ne contient, selon le WWF, **aucun élément de planification régionale et cantonale comme le demandent pourtant les directives fédérales**. L'organisation écologiste confirme par là sa volonté de limiter l'extension de ce type d'aménagement tant qu'une planification régionale n'a pas été mise en place. Sur le Haut-Plateau, en réponse à l'opposition du WWF à trois demandes d'autorisation de construire des canons à neige (Chetseron, Mt-Lachaux, Nationale), les quatre sociétés de remontées mécaniques ont signé une convention avec le WWF allant dans le sens d'une planification des aménagements sur l'ensemble du Haut-Plateau (cf. annexe 6.10). Les sociétés de remontées mécaniques s'engagent à « établir une planification globale du domaine skiable pour toutes les installations d'enneigement artificiel existantes et prévues. La fiche de coordination D.10 du plan directeur cantonal servira de référence pour l'élaboration de cette planification »<sup>273</sup>. Dans cette planification globale devra notamment être étudié le **bilan hydrique** : « la consommation en eau nécessaire au fonctionnement des installations d'enneigement artificiel ainsi que les sources d'approvisionnement existantes ou prévues; la preuve de l'absence de conflit avec les besoins actuels et futurs des communes et stations concernées doit être apportée ».

Cette étude est terminée (DROSE 1999). Pour l'élaboration du bilan hydrique, les auteurs se sont heurtés à l'absence de données fiables sur les consommations actuelles. Il n'existe pour l'instant aucune synthèse cartographique sur les secteurs enneigés. Une planification régionale est de ce fait difficile à réaliser. L'esquisse qui se dessine montre qu'en termes de bilan hydrique (quantitatif), il n'y a pas pour l'instant de conflit majeur. Par contre une plus grande transparence sur les utilisations réelles, les modes d'approvisionnement, la répartition mensuelle des usages, etc. permettrait de coordonner réellement les usages futurs.

---

<sup>272</sup> Cf. Lettre du WWF Valais, par sa secrétaire régionale, Mme Marie-Thérèse Sangra, au Conseil d'Etat en réponse à la mise à l'enquête publique du 23 janvier 1998 de la fiche D.10 « Installations d'enneigement », 16 avril 1998.

<sup>273</sup> Voir le texte complet de la convention en annexe 6.10.

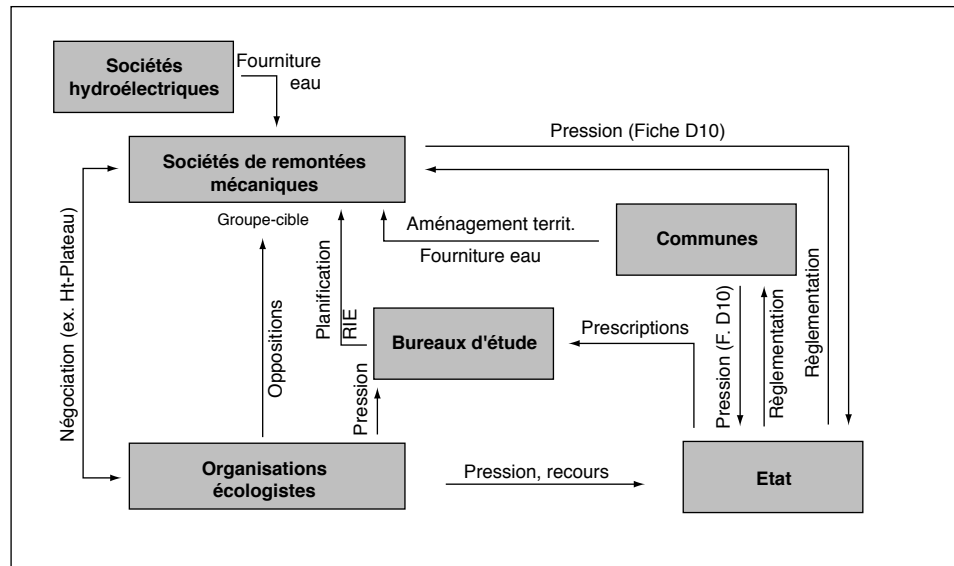


Fig. 6.31 Les acteurs de l'enneigement artificiel dans les deux stations.

Le dernier acteur, l'Etat, a pour l'instant peu de moyens de gérer la situation. La fiche de coordination D.10 n'est pas encore adoptée en mesure arrêtée par le Conseil d'Etat et la surveillance des procédures d'autorisation semble assez aléatoire, d'autant plus que les projets ne sont soumis à l'étude d'impact sur l'environnement que si la surface à enneiger est supérieure à 5 ha. Le nombre d'installations non autorisées en service met bien en évidence cette défaillance du contrôle de l'Etat.

La figure 6.31 résume les relations entre les différents acteurs impliqués dans l'enneigement artificiel.

### Synthèse sur l'enneigement artificiel

Les deux stations ont dès la fin des années 80 pris le virage de l'enneigement artificiel. C'est toutefois récemment (dès 1996) que les installations se sont multipliées, souvent sans autorisation de construire. Plusieurs projets sont pendants. L'approvisionnement en eau est de nature très diverse, allant du captage d'eaux de surfaces, à des forages profonds, en passant par la greffe sur le réseau d'eau potable ou l'approvisionnement par les barrages hydroélectriques. La consommation totale représente environ 250'000 m<sup>3</sup> par saison sur le Haut-Plateau et 100'000 m<sup>3</sup> à Nendaz.

Un conflit ouvert existe entre les associations de protection de la nature, principalement le WWF, et les sociétés de remontées mécaniques. Le reproche principal du WWF est celui d'une fuite en avant sans planification régionale. Même lorsqu'une ébauche de négociation se dessine (convention signée sur le Haut-Plateau), la mise en oeuvre se heurte à un manque de transparence évident de la part des sociétés de remontées mécaniques.

## 6.6.4 Intégration de l'offre originelle et dérivée : le thermalisme

### Introduction

Je termine cet aperçu sur l'offre touristique relative à l'eau par l'étude du cas de l'exploitation de sources thermales, qui intègre l'élément Eau en tant qu'offre originelle et dérivée. La présence de sources d'eau chaude constitue en effet un élément de promotion touristique de premier ordre. Des villes comme Baden, Yverdon-les-Bains ou Loèche-les-Bains ont bâti leur image touristique sur la présence d'eaux thermales sur leur territoire, et ceci depuis la période romaine, époque où le tourisme n'existait pas encore ! Dans les Alpes, contrairement à l'Islande par exemple, les sites thermaux ont généralement fait l'objet d'aménagements pour faciliter la baignade : les sources elles-mêmes sont souvent accompagnées d'infrastructures thérapeutiques (cliniques, salles de soins, etc.), hôtelières et gastronomiques. Certains centres thermaux proposent également un casino : c'était le cas de Saxon ou d'Evian. Il y a donc clairement cumul d'une offre touristique **originelle** (les sources d'eau chaude) et **dérivée** (infrastructures)<sup>274</sup>.

Depuis quelques années, de nouveaux sites sont apparus (ou sont en passe d'être créés) en Valais, souvent à proximité de stations de sports d'hiver et dans la mouvance suisse montre un glissement d'un thermalisme médical à un thermalisme de détente et de bien-être (BADER 1994). On peut citer les cas d'Ovronnaz, de Val d'Illicz, et peut-être prochainement de Grimentz. Il s'agit souvent de sources d'eau thermale assez peu chaudes (moins de 30°C) et qui doivent donc être chauffées pour être exploitées<sup>275</sup>. Ainsi, le centre thermal d'Ovronnaz (Thermalp) a été inauguré le 22 décembre 1990. La source thermale d'environ 24°C est située en plaine, à 560 m d'altitude et doit être pompée jusqu'à 1300 m où se situe le centre thermal (BADER 1994)<sup>276</sup>. On peut dire que ce dernier a sauvé la station d'Ovronnaz dont les infrastructures de ski étaient vétustes et peu rentables<sup>277</sup>. La vente de forfaits « Ski et bains », ainsi que la promotion de « semaines de bien-être » ont donné une nouvelle jeunesse à cette station en perte de vitesse. Le petit établissement thermal de Val d'Illicz est un peu plus ancien (1982). L'apparition en 1953 de cette source de 29°C est liée au remplissage du barrage de Salanfe (BADER 1994). Tout comme à Ovronnaz, le centre thermal de Val d'Illicz constitue un élément de plus à l'offre touristique du domaine des Portes du Soleil auquel appartient notamment la station de Champéry. C'est ce qu'a bien compris la station de Grimentz, dans le Val d'Anniviers, qui envisage également de

<sup>274</sup> Le thermalisme s'est avant tout développé sur une base médicale mêlée de motivations économiques (cf. CHADEFAUD 1987). Actuellement, une partie de l'offre thermale vise un public motivé par des raisons ludiques, plus que médicales.

<sup>275</sup> L'eau des bassins thermaux est généralement maintenue à 33-34°C pour la baignade.

<sup>276</sup> La source, située sur la commune de Leytron, à laquelle appartient la station d'Ovronnaz, est relativement proche d'un autre centre thermal connu, celui de Saillon (Bains de Saillon). En construisant le centre thermal en altitude, les promoteurs évitent une trop grande concurrence avec le centre de Saillon, inauguré en 1983, et permettent une synergie avec l'offre principale d'Ovronnaz, le ski, qui périlclitait à la fin des années 80.

<sup>277</sup> Voir par exemple l'article d'Ignace Jeannerat « Les Bains d'Ovronnaz : pari réussi » dans le *Journal de Genève* du 18 décembre 1997, qui relève que les nuitées d'Ovronnaz ont passé de 100'000 à 200'000 entre 1990 et 1997.

construire un centre thermal pour élargir son offre touristique. C'est le cas également du projet **Aquamust** que j'étudie ci-dessous.

## Les structures : le projet Aquamust

Comme présenté au chapitre 4.2.1, les eaux mises à jour par le percement de la galerie de reconnaissance du tunnel routier du Rawil sont thermales et minéralisées. Les températures varient entre 19.6°C et 29.7°C (BIANCHETTI 1993a). En 1990, une société privée, la « Compagnie des eaux thermales de Crans-Montana Aquamust S.A. » a lancé un projet visant à construire un complexe thermal, hôtelier et parahôtelier, pour un total de 484 lits, dans une clairière située sur la commune de Randogne et à y amener les eaux chaudes captées dans la galerie du Rawil (commune d'Icogne)<sup>278</sup> pour un coût total de 97 millions de francs<sup>279</sup>. Les sources captées débiteront 30 l/s d'une eau riche en fluor, bicarbonatée, sodique et calcique, indiquée médicalement pour les soins de l'appareil locomoteur, pour le traitement des maladies rhumatismales et la reconstitution de l'os humain<sup>280</sup>.

La concession a été obtenue auprès de la commune d'Icogne en juillet 1992, pour une durée de 80 ans (renouvelable) et un droit d'eau oscillant entre 35'000 et 50'000 francs par année. Le permis de construire a été délivré en avril 1994. Il est intéressant de remarquer que dans le conseil d'administration de 7 membres siègent le président de la commune de Randogne, ancien président de la Commission de coordination du Haut-Plateau, et le président de la commune d'Icogne, également président de la commission intercommunale des eaux. **Le projet a ainsi la volonté de s'impliquer fortement dans un cadre régional**

L'eau sera amenée sur le site du centre thermal par une conduite de 8.2 km, devisée à environ 5 millions de francs<sup>281</sup>. Afin de garantir à la compagnie hydroélectrique Lienne SA ses droits sur les eaux du haut bassin de la Liène, selon la concession accordée par la commune d'Icogne, il est prévu de rejeter les eaux du centre thermal dans le lac de la Moubra (commune de Montana) après utilisation, en contrepartie d'un approvisionnement similaire d'eau potable dans le vallon de l'Ertentse<sup>282</sup>.

La mise en valeur de ces eaux thermales, assez peu chaudes et difficiles d'accès, l'aménagement du centre thermal à plusieurs kilomètres de la source, ainsi que la construction d'un complexe résidentiel important, rendent toutefois le projet relativement onéreux (près de 100 millions de francs). Les promoteurs visent clairement une clientèle soucieuse de son bien-être et de sa santé<sup>283</sup>, clientèle jouissant de capacités financières

<sup>278</sup> Cf. *Nouvelliste et Feuilles d'avis du Valais*, 20 novembre 1992.

<sup>279</sup> Selon la brochure *Réalisation du centre thermal de Crans Montana* accompagnant le bulletin de souscription à l'augmentation du capital-actions de la Compagnie des eaux thermales de Crans Montana, 1997.

<sup>280</sup> Documentation fournie par la société Aquamust SA.

<sup>281</sup> Cf. *Journal de Sierre*, 19 novembre 1993 et BRAUN & WEBER (1998).

<sup>282</sup> Selon l'enquête citée ci-dessus. En septembre 1998, les pourparlers étaient pourtant toujours en cours (LECOULTRE & BORLOZ 1998).

<sup>283</sup> La brochure promotionnelle, avec le slogan « Votre capital santé au coeur des Alpes », axe la publicité du projet sur la promotion de thérapies douces et des activités de bien-être (à l'image du Centre Thermalp à

assez importantes, ceci d'autant plus que le Haut-Plateau s'est toujours maintenu dans le peloton des stations suisses haut de gamme. L'offre du centre thermal sera orientée autant vers les activités de cure que de délasserment<sup>284</sup>. Ainsi, ce projet renoue, près de 100 ans plus tard, avec la vocation de station de cure qui a fait la renommée de Montana à ses débuts. Le projet est soutenu par l'office du tourisme de Crans-Montana qui le considère comme un moyen d'élargir l'offre touristique de la station.

### Les acteurs : le projet *Aquamust* et la collaboration intercommunale sur le Haut-Plateau

Au printemps 1998, les initiateurs du projet décident de faire passer le capital de la société de 200'000 à 22 millions de francs par la vente d'actions au porteur d'une valeur de 1000 francs chacune. Une grande partie (3.2 millions de francs) des actions sont souscrites par le public, principalement des touristes habitués de la station. Les 6 communes du Haut-Plateau s'engagent, par la voix de leur président, à acquérir des actions pour un montant global de 5 millions de francs, un engagement devant être ratifié par les assemblées primaires respectives. L'engagement financier des communes porte surtout sur la construction de la piscine publique. Il s'accompagne d'une servitude, soit l'ouverture obligatoire de la piscine au public<sup>285</sup>.

Les citoyens des communes de Montana, Chermignon, Icoigne, Mollens et Randogne acceptent le financement à une large majorité<sup>286</sup>. A Lens, la participation de la commune (800'000 francs) est refusée par 152 non contre 124 oui et un bulletin blanc pour des motifs de politique interne, ce vote étant une riposte au refus opposé par l'assemblée primaire à la construction d'une patinoire quelques semaines plus tôt<sup>287</sup>. Cet échec devant l'assemblée primaire de Lens remet en cause les résultats positifs obtenus à Chermignon et Montana, qui avaient donné leur approbation à la condition que les six communes du Haut-Plateau donnent leur aval. Deux mois plus tard, alors que l'assemblée primaire de Chermignon doit à nouveau se prononcer sur sa participation financière au projet et que le conseil communal de Montana a décidé de ne rien investir tant que les conditions de financement ne seront pas plus assurées, le conseil d'administration d'Aquamust SA décide de renoncer à l'augmentation du capital-actions et enterre son partenariat avec les communes<sup>288</sup>. Peinant à réunir les sommes nécessaires à la réalisation du projet, les promoteurs ont tout de même débuté les travaux en automne 1998.

---

Ovronnaz). Il rappelle également la tradition de station de cure de Montana, ainsi que diverses études montrant que le Haut-Plateau jouit d'une qualité de l'air exceptionnelle.

<sup>284</sup> La piscine sera orientée à 75 % vers les activités ludiques et à 15 % vers les activités médicales; dans le centre de physiothérapie, la proportion sera inversée (selon l'enquête menée auprès de la société Aquamust SA par BRAUN & WEBER 1998).

<sup>285</sup> Cf. *Journal de Sierre*, 19 juin 1998. On remarquera que le Haut-Plateau ne dispose pour l'instant d'aucune piscine publique.

<sup>286</sup> Cf. *Nouvelliste et Feuille d'Avis du Valais*, 8 avril 1998 et 24 avril 1998.

<sup>287</sup> Cf. *Nouvelliste et Feuille d'Avis du Valais*, 24 avril 1998.

<sup>288</sup> Cf. *Nouvelliste et Feuille d'Avis du Valais*, 19 juin 1998, *Journal de Sierre*, 19 juin 1998.

## Synthèse sur le thermalisme

Le projet « Aquamust » est clairement orienté vers une diversification de l'offre touristique et vers la création d'activités de substitution à la pratique du ski . Le projet, dont les travaux ont maintenant débuté, se réalisera certainement, mais la coordination des objectifs d'équipement et de gestion du territoire sur le Haut-Plateau n'aura pas beaucoup progressé. Initié par des acteurs privés, le projet intègre également les collectivités publiques, notamment par le fait qu'il voulait créer une piscine publique, inexistante pour l'instant sur le Haut-Plateau, au financement de laquelle les six communes auraient dû participer. Faute d'une réelle volonté de collaborer et en raison du triomphe de la « politique de village » sur l'intérêt collectif, cet objectif n'a pas été atteint.

### 6.7 Conclusions sur le système « utilisations » dans les deux stations

Après cette longue analyse des différents systèmes d'utilisation de la ressource en eau dans les deux stations, je résume brièvement les principaux enseignements que l'on peut en tirer, en tenant à l'esprit trois questions principales : y a-t-il pénurie ? la gestion est-elle intégrée ? la gestion garantit-elle une préservation patrimoniale durable de la ressource ? Je m'attache particulièrement à résumer la situation régnant sur le Haut-Plateau, qui se caractérise par une plus grande complexité, que le système nendard. Ce dernier sera mentionné à titre de comparaison. L'évaluation quantitative des usages sur le Haut-Plateau est synthétisée à l'annexe 6.13.

Il apparaît premièrement que les cinq systèmes d'utilisation mis en évidence ont des structures et des fonctionnements extrêmement différents. Les différences de structure résultent principalement de causes historiques et de différences de développement économique. Ainsi, le système des consortages a perduré pour l'irrigation, dans un climat de déprise agricole et d'activité primaire à temps partiel. Il a par contre été très tôt remplacé par une gestion par les collectivités publiques dans le secteur de l'eau potable, en raison du développement très rapide des périmètres construits à partir des années 50, qui exigeaient une certaine centralisation des équipements. La production hydroélectrique fonctionne sur un mode privé (système des concessions) comme dans la plupart des bassins versants de Suisse. Ce système ne va pas sans poser de problèmes de cohabitation avec les autres usages (ex. débits résiduels) en raison du caractère exclusif de la concession. On rejoint là les conclusions d'OSTROM (1990). Ce problème est exacerbé par les grosses quantités que ce type d'utilisation demande (sur le Haut-Plateau, trois fois les autres usages). L'eau « touristique » est certainement le système dans lequel les acteurs en présence ont les intérêts les plus divergents, notamment parce que les stations se trouvent devant le paradoxe de devoir concilier une offre originelle et une offre dérivée de premier ordre. Or, dans le secteur de l'eau, la seconde a tendance à réduire la quantité et surtout la qualité de la première (paysage et qualité des eaux). Ce problème est bien visible dans la question de l'enneigement artificiel : bien que les quantités

utilisées soient somme toute assez peu importantes, l'enneigement mécanique des pistes de ski se heurte à de fortes oppositions en raison des effets indirects qui ont tendance à réduire l'attractivité originelle du lieu (banalisation du paysage, drainages, omniprésence des infrastructures de ski, etc.).

Qu'en est-il de la pénurie ? Pour reprendre la question générale, les situations de crise localisées qui sont apparues à diverses reprises dans les Alpes sont-elles les symptômes d'une crise plus grave et généralisée de la ressource ? J'ai essayé, pour le Haut-Plateau d'établir un bilan quantitatif de la ressource et des usages. Le bilan de la ressource a été résumé au chapitre 5.5. Il montre que le Haut-Plateau peut globalement compter sur une ressource annuelle de l'ordre de 29 millions de m<sup>3</sup>, sans tenir compte des eaux concédées à Lienne SA. J'ai montré que les besoins annuels des différents usagers s'établissent de la manière suivante : environ 4.65 millions de m<sup>3</sup> pour l'approvisionnement en eau potable, entre 5 et 7.5 millions de m<sup>3</sup> pour l'irrigation (selon les années normales et sèches), 630'000 m<sup>3</sup> pour le thermalisme (lorsque le projet Aquamust aura été réalisé), environ 250'000 m<sup>3</sup> pour l'enneigement artificiel. A cela, il faut ajouter des besoins en débits résiduels (qu'on peut assimiler partiellement à des besoins en eau touristiques) de l'ordre de 3 millions de m<sup>3</sup>, pour la Raspille et l'Ertentse<sup>289</sup>. Les besoins maximaux sont donc maintenant d'environ **13.5 millions de m<sup>3</sup> en année normale et de près de 17 millions de m<sup>3</sup> en année sèche**. Ils sont largement couverts par la ressource disponible. Il n'y a donc pas pénurie et on peut conclure à un déficit de gestion et non à un déficit naturel.

**Les situations de pénurie temporaires sont-elles alors dues à un manque d'intégration des organes de gestion ? On peut répondre par l'affirmative.** Je l'ai bien mis en évidence dans l'analyse des systèmes de distribution de l'eau potable sur le Haut-Plateau. L'accès à la ressource est très inégal, bien que celle-ci soit abondante. Les situations de déficit pourraient être résolues par l'intégration des 6 systèmes de distribution. Une telle intégration éviterait en outre les doublons dans les infrastructures. Non seulement l'**intégration territoriale** est insuffisante, mais il manque également une intégration, que j'ai appelée **horizontale**, des différents systèmes d'utilisation. En effet, chaque groupe d'usagers recherche de manière individuelle des solutions à ses problèmes de déficits passagers. Cela est bien visible actuellement dans le secteur de l'enneigement artificiel. Les besoins sont faibles, mais chaque société recherche des solutions de son côté, sans coordination avec les sociétés soeurs, ni bien souvent, avec les autres usagers. Il s'ensuit une accumulation de frais d'achat, de transport et de pompage du précieux liquide, qui viennent alourdir la facture de l'enneigement. Finalement, on peut également conclure que l'**intégration verticale** (celle des échelles de gestion) n'est non plus pas satisfaisante. Il y a un réel hiatus entre les objectifs de planification cantonale (notamment par le biais des fiches de coordination du plan directeur

<sup>289</sup> Ces débits résiduels ont été calculés dans le cadre de la planification globale de l'enneigement artificiel sur le Haut-Plateau (DROSELA 1999), sur la base des débits naturels estimés de la Raspille (Communauté des bureaux d'ingénieurs MONTANI, RUDAZ, TEYSEIRE & CANDOLFI 1991) et de l'Ertentse (Consortium d'ingénieurs REY, FAVRE, BONVIN & CORDONNIER 1984). Les débits résiduels minimaux s'établissent à 50 l/s dans les deux cours d'eau. Sur l'Ertentse, ces débits ne sont pas atteints naturellement de novembre à février.



cantonal) et les attentes et les pratiques au niveau local. Peut-être que des voies moins réglementaires devraient être explorées.

Finalement, peut-on conclure que la préservation à long terme des ressources et des utilisations est garantie ? En d'autres termes, peut-on estimer que la gestion actuelle se déploie sur un mode patrimonial ? Ici encore, force est de répondre par la négative. Trois constatations permettent d'étayer cette réponse. Premièrement, les situations de **gaspillage** de la ressource sont nombreuses, bien que des efforts soient entrepris pour les limiter (recherches de fuites des réseaux entre autres). On peut citer à titre d'exemple l'usage d'une eau de haute qualité pour des usages qui demandent une qualité moindre (eau potable pour l'arrosage des jardins et pelouses, eau traitée pour la production de neige artificielle) ou au contraire d'une eau traitée pour des usages nobles (ex. une bonne partie de l'eau bue sur le Haut-Plateau en hiver provient des cours d'eau de surface (eau traitée), alors que 75'000 m<sup>3</sup> du forage de l'Arnouva (eau souterraine) servent à fabriquer de la neige artificielle). Deuxièmement, la **tarification** n'incite pas partout à une utilisation modérée de la ressource. C'est particulièrement le cas des services communaux qui taxent la distribution de l'eau potable sur un mode forfaitaire. De plus, les modes de tarification de l'eau sont surtout basés sur la valeur économique de son usage potentiel (ex. l'eau de Tseuzier est vendue à des prix oscillant entre 35 et 90 ct le m<sup>3</sup> selon qu'elle sera utilisée pour l'approvisionnement en eau potable ou pour la production de neige artificielle). Pour garantir une préservation de la qualité sur le long terme, il serait plus judicieux d'établir une tarification selon la qualité de l'eau et selon la potentialité que l'utilisateur la dégrade (principe du pollueur-payeur). Finalement, de nombreux usagers ne sont pas conscients des quantités d'eau utilisées. Cette **absence de quantification** précise des besoins (et des possibilités de les réduire le cas échéant) n'est pas apte à garantir une gestion rationnelle et durable de la ressource.

Maintenant que le constat global est posé, je reprends une à une les hypothèses de travail. Je les étaie sur la base des observations des chapitres 5 et 6, afin d'affiner ce constat.



## 7. Synthèse

### 7.1 Introduction

Après avoir étudié successivement la situation actuelle en matière de ressources en eau et d'utilisation de cette dernière, j'effectue un état des lieux dans les deux stations étudiées, en essayant de raccrocher les éléments concrets observés sur le terrain aux réflexions théoriques développées au chapitre 3. La structure du chapitre s'articule autour des neuf premières hypothèses de travail formulées au chapitre 2, dont je rappelle l'intitulé avant de développer les conclusions.

### 7.2 Vérification des hypothèses

#### Hypothèse 1

*Malgré le climat sec du centre du Valais, la ressource en eau est importante. Des variations spatiales et temporelles (saisons) existent et peuvent diminuer localement et temporairement la ressource.*

Les deux stations de Crans-Montana-Aminona et de Nendaz sont situées de part et d'autre du pôle le plus sec de Suisse, avec moins de 700 mm de **précipitations** par année. Dans les deux cas, cette relative sécheresse des zones situées à basse altitude (moins de 1000 mètres) est compensée par l'abondance des précipitations d'altitude. La situation est plus favorable sur le Haut-Plateau, où les perturbations provenant de l'Atlantique débordent de la crête des Alpes Bernoises, que dans le bassin versant de la Printse, assez éloigné de la crête principale des Alpes Valaisannes et qui jouit ainsi d'une position d'abri.

L'**évapotranspiration** décroît avec l'altitude. Elle est de l'ordre de 500 à 600 mm par année sur le coteau et dépasse à peine 200 mm par an à plus de 2500 mètres. Ici aussi, les deux régions étudiées se différencient par le fait que dans la région de Crans-Montana-Aminona, située sur l'adret de la vallée du Rhône, les valeurs d'évapotranspiration sont, à altitude égale, légèrement supérieures à celles du bassin versant de la Printse.

Si l'on fait abstraction de la variation des stocks, on peut considérer que la **ressource en eau totale** moyenne correspond au bilan entre les précipitations et la quantité d'eau évaporée et transpirée par les végétaux. En altitude (plus de 2500 m), le **potentiel en eau** est souvent supérieur à une lame d'eau annuelle de 2 mètres sur le Haut-Plateau et de 1 mètre dans le bassin versant de la Printse. Ce potentiel décroît assez rapidement pour atteindre moins de 200 mm par an sur le coteau.

La majeure partie des eaux du « bassin » de la Plaine Morte s'écoule en direction du nord.

En moyenne annuelle, on peut considérer que les deux stations jouissent d'une marge de sécurité appréciable en matière de ressource en eau. La **variabilité altitudinale** est plus importante sur le Haut-Plateau qu'à Nendaz.

Les **stockages naturels** d'eau se font principalement sous forme de glace (**glaciers** et **permafrost**). Les premiers sont en phase de fonte importante et contribuent actuellement de manière tangible à l'augmentation de la ressource annuelle disponible dans le bassin versant de la Printse (ex. 200 mm EE par an pour le glacier de Tortin). Il en est de même au glacier de la Plaine Morte, mais les eaux de fonte de ce dernier alimentent plutôt les bassins versants situés au nord de la crête des Alpes Bernoises.

Quant au **permafrost**, il est présent de manière discontinue dès 2400 m environ. Les zones favorables à un stockage de glace sont les accumulations de matériaux meubles (éboulis, moraines, glaciers rocheux) qui peuvent se sursaturer en glace. Il n'a pas été possible, dans le cadre de cette étude, de quantifier les stocks disponibles sous forme de permafrost sursaturé en glace, mais on peut estimer que dans le bassin versant de la Printse, il est non négligeable dans les petits bassins versants de haute altitude libres de glace superficielle (Yettes Condja, Crouye Grandze, Lapires). Ces vallons sont d'ailleurs très riches en glaciers rocheux actifs, dont la moitié du volume est susceptible d'être constitué de glace. Les accumulations détritiques de ces vallons donnent d'ailleurs souvent naissance à des sources dont les basses températures témoignent de la présence de glace en profondeur. Sur le Haut-Plateau, les surfaces susceptibles de contenir de la glace en profondeur sont beaucoup plus réduites en raison de l'orientation générale des hautes terres vers le sud et de la morphologie en parois rocheuses peu propices à l'accumulation de glace. Il n'a pas été possible d'estimer la contribution de ces eaux de fonte du permafrost au bilan hydrique annuel.

Le **stockage souterrain** est limité à quelques petites nappes d'altitude (ex. Tortin) et à des aquifères karstiques, sur le Haut-Plateau. La commune de Nendaz empiète sur le fond de la vallée du Rhône (Aproz) et peut de ce fait s'alimenter en partie dans la nappe phréatique. Je n'ai pas étudié en détail les remontées hydrologiques de grande profondeur.

Les eaux sont également stockées de manière **anthropique** dans de grands barrages d'accumulation (Tseuzier, 50 millions de m<sup>3</sup>, et Cleuson, 20 millions de m<sup>3</sup>), appartenant à des entreprises de production hydroélectrique, et pour le Haut-Plateau, également dans des lacs semi-artificiels de capacité moyenne (quelques dizaines à centaines de milliers de m<sup>3</sup>), souvent propriétés des communes, parfois des bourgeoisies ou de consortiums d'irrigation. Dans les deux stations, quelques rares lacs d'altitude, de faible volume, complètent cette forme de stockage.

La ressource disponible **varie au cours de l'année**. Le stockage temporaire maximum sous forme de neige atteint 300 mm EE au niveau des stations, en mars sur le Haut-Plateau et en avril à Nendaz. A haute

altitude (plus de 2500 m), il est de 500-750 mm EE dans les hauts bassins versants de la Liène et de la Printse et de plus de 1 m EE dans celui de la Raspille. Ces stocks de neige sont libérés principalement durant les mois de mai à juillet, accroissant du même coup le potentiel en eau durant cette période. En hiver, la situation est inversée, la quasi-totalité des précipitations étant stockée temporairement sous forme de neige. Les écoulements du mois de juin sont de plus favorisés par l'abondance des précipitations durant cette période. De manière générale, le potentiel en eau est faible en hiver (eaux stockées sous forme de neige), abondant au printemps et au début de l'été (précipitations assez importantes, écoulements favorisés par la fonte des neiges et évapotranspiration faible), abondant en juillet et août (fonte glaciaire) et assez abondant en automne.

En année normale, la **ressource totale** est limitée uniquement durant l'hiver. En année sèche, il peut en être de même également durant certaines parties de l'été. En conclusion, les deux régions étudiées ne peuvent pas être considérées comme pauvres en ressources en eau. **Les situations déficitaires sont l'exception.**

En **termes temporels**, la ressource n'est pas constante. Dans les deux régions, les précipitations ont augmenté au cours du siècle, suivant la tendance observée dans le reste des Alpes. Les températures ayant également augmenté, l'évapotranspiration est aussi à la hausse. Il est difficile de savoir si elle compense l'augmentation des précipitations. Dans les Alpes suisses, ces dernières ont surtout augmenté en automne et en hiver, période de faible évapotranspiration : on peut donc estimer que le régime des écoulements s'en est trouvé modifié : il a dû diminuer en été et augmenter en automne, voire en hiver. A l'avenir, si les scénarios de l'IPCC devaient se réaliser, la tendance devrait se confirmer. L'amplitude entre la disponibilité de la ressource en été et en hiver devrait diminuer. Une augmentation des événements extrêmes (fortes sécheresses, précipitations concentrées) est possible.

Aucun trend séculaire n'est décelable en ce qui concerne les précipitations sous forme de **neige**. A l'échelle du siècle, le régime des précipitations neigeuses semble plutôt suivre un schéma cyclique, la fin des années 80 et le début des années 90, constituant une période de faibles précipitations. Toutefois, une augmentation des températures entraînerait une diminution des précipitations sous forme de neige. Cela aurait pour conséquence une diminution de l'amplitude du régime annuel des écoulements, qui augmenteraient en hiver et diminueraient au printemps et au début de l'été. L'impact sur la ressource en eau estivale est plus difficile à cerner : si la neige est moins abondante l'hiver, les glaciers sont plus vite découverts et contribuent de ce fait plus fortement à l'augmentation de la ressource estivale. Dans les deux régions, les glaciers sont petits. Ils risquent donc de disparaître assez rapidement, réduisant ainsi la ressource en été. Le même discours peut être tenu en ce qui concerne le permafrost, avec toutefois une dilution des effets dans le temps, le permafrost réagissant plus lentement que les glaciers à une modification du climat.

Les incertitudes sont pour l'instant trop grandes, tant au niveau de l'évaluation de la ressource actuelle, que des scénarios sur l'augmentation des températures à l'échelle régionale (Alpes) pour

quantifier plus avant les impacts du réchauffement sur la disponibilité de la ressource dans les deux régions étudiées.

## Hypothèse 2

*Les situations de pénurie sont expliquées par des composantes extérieures au système naturel qui réduisent fortement la ressource en eau exploitable. Ces contraintes sont avant tout d'ordre politique, liées soit à l'histoire des deux régions étudiées, soit au développement de politiques nouvelles (aménagement du territoire, protection de l'environnement).*

La ressource en eau est largement suffisante pour satisfaire la demande. La **ressource exploitable** est plus réduite.

Dans le bassin versant de la **Printse**, les **contraintes** sont avant tout d'ordre technique, en raison de l'encaissement de la vallée à l'aval de Beuson. Les eaux qui s'écoulent sur cette portion du cours d'eau sont assez difficiles à mobiliser, sauf au débouché de la Printse dans la vallée du Rhône. Les eaux s'écoulant à l'amont de Beuson, principalement dans les vallons de Tortin et de Cleuson, sont éloignées des zones habitées et cultivées : leur mobilisation à des fins d'approvisionnement en eau potable et d'irrigation nécessite la mise en oeuvre d'un long réseau de canalisations, ce qui renchérit l'exploitation. Les contraintes liées aux politiques de l'environnement et de l'aménagement du territoire limitent assez peu l'exploitation : les petites sources situées dans la zone de la station et des villages, qui constituaient l'essentiel de l'approvisionnement en eau potable jusqu'à la fin des années 60, ont été en grande partie abandonnées parallèlement au développement de la station. Cela n'a pas affecté l'approvisionnement dans la mesure où la ressource provenant de la haute vallée de la Printse était abondante. Par contre, les coûts d'approvisionnement ont augmenté. Le vallon de Tortin étant peu soumis à des prélèvements, le maintien de débits résiduels minimaux à l'aval de la confluence avec la Printse de Cleuson est observé. Il n'en est pas de même sur le tronçon entre le barrage et la confluence. Certaines sources à débit important sont situées dans le secteur de la station (ex. source des Bouillets, captée pour la production d'eau minérale). Cela pose des problèmes d'organisation du territoire (gestion des périmètres de protection des sources) susceptibles de limiter l'accès à la ressource en cas de pollution.

Les limites communales de Nendaz se confondent presque partout avec les limites du bassin versant de la Printse. Il s'ensuit qu'**aucune contrainte d'ordre politico-administratif** ne vient limiter la ressource théorique. Globalement, la majeure partie de la ressource totale est exploitable.

La situation régnant sur le **Haut-Plateau** converge sur plusieurs points. Les contraintes d'ordre techniques sont assez similaires à celles affectant le bassin versant de la Printse : les secteurs aval de la Liène et de la Raspille sont caractérisés par un tracé en gorge, ce qui a pour effet de renchérir les coûts d'éventuels prélèvements. Les contraintes politiques liées à l'observation de débits résiduels minimaux et à la délimitation de périmètres de protection des sources déploient les

mêmes effets sur la ressource dans le bassin versant de la Liène et sur le Haut-Plateau que dans la vallée de la Printse. La ressource exploitable est donc peu affectée par les contraintes d'ordre technique ou de politique environnementale et de gestion territoriale.

Par contre, l'**héritage historique** pèse ici d'un poids considérable sur la disponibilité de la ressource. Le **découpage administratif**, hérité de la scission du Grand Lens au début du siècle, complexifie l'approvisionnement en eau de boisson et d'irrigation. Les six communes du Haut-Plateau ne jouissent pas d'un accès équilibré à la ressource. Les quatre communes situées à l'ouest sont liées par leur passé commun au sein du Grand Lens et sont solidaires de fait. Elles sont tenues de collaborer dans leur politique de gestion en raison de droits d'eau communs sur certaines sources et du « goulet » de transport de la ressource que constitue le tunnel du Mont Lachaux. Elles ne sont toutefois pas toutes égales devant la ressource. Lens et Icogne, dont l'arrière pays de haute altitude est étendu, sont riches en ressources, contrairement à Montana et Chermignon, dont la superficie d'altitude est limitée. Limitrophe du tracé de la Liène, Icogne jouit de plus d'une rente de situation sur les eaux superficielles. Les deux communes situées à l'est du Haut-Plateau sont par contre historiquement liées aux communes de la Noble Contrée, ainsi qu'à celles de la rive gauche de la Raspille (sentence de Josse de Silenen, 1490). Ici, le hiatus entre la ressource totale et la ressource exploitable résulte non seulement du découpage administratif hérité de l'Ancien Régime, mais surtout de **servitudes** anciennes datant du Moyen Age.

A ces contraintes d'ordre politico-administratif, il faut ajouter des éléments d'ordre **culturel**, liés également au développement socio-économique de la région. La collaboration entre les six communes est en effet limitée par l'héritage socio-culturel que constitue l'agrégation ancienne des deux communes de l'est au sein de la Noble Contrée et des quatre communes de l'ouest au sein de la Louable Contrée. Entre ces quatre communes, les plaies ouvertes lors de la séparation du Grand Lens ne sont pas toutes pansées et il subsiste une certaine « méfiance culturelle » entre les quatre anciens quartiers, ou du moins entre Lens et les trois autres sections. On n'oubliera pas finalement l'impact culturel qu'a eu le développement **bipolaire** de Crans et Montana jusqu'à la fin des années 70. Même si la tendance actuelle est à la mise en commun des forces pour faire face à la concurrence, l'impact de cette bipolarisation est encore très vif sur le Haut-Plateau. La combinaison de ces différentes contraintes réduit fortement la ressource exploitable à des fins d'approvisionnement en eau de boisson, ce dernier étant organisé sur un mode communal. Il en est de même en matière d'approvisionnement en eau pour les infrastructures touristiques qui dépendent également plus ou moins directement du découpage administratif.

On notera également une réduction de la ressource exploitable en termes d'utilisation sectorielle dans le bassin versant de la Raspille. Ici, la sentence de Josse de Silenen structure fortement les prélèvements et interdit de fait certains types d'utilisation, notamment le développement de l'hydroélectricité. Ce biais « sectoriel » vient se superposer au découpage administratif pour réduire fortement les utilisations potentielles. Il n'y a donc plus entre la ressource totale et la

ressource exploitable, uniquement un hiatus spatial (entre différentes entités administratives) mais plutôt un hiatus spatial et sectoriel (entre différentes communes et différents types d'utilisateurs).

En résumé, sur le Haut-Plateau, l'héritage politique, administratif et culturel, résultant du développement historique des communes et de la station, provoque une réduction massive de la ressource exploitable par rapport à la ressource totale.

### Hypothèse 3

*Avec le recul de l'agriculture de montagne, la part de la ressource affectée à l'irrigation est en baisse depuis le début du siècle, sauf pour l'arboriculture et la viticulture. Avec l'abandon de certains canaux d'irrigation (bisses) et alpages, un flou juridique apparaît en ce qui concerne les droits d'eau, qui peut être mis à profit par les utilisateurs touristiques de l'eau. Dans certains cas, l'utilisation de l'eau pour l'irrigation entre en conflit avec le développement touristique (besoins en eau potable en haute saison estivale coïncidant avec les hautes périodes d'irrigation, idem pour les infrastructures touristiques telles que piscines, golfs, etc.). Les conflits sont dus à un manque de coordination et non à un manque d'eau.*

Les conditions climatiques régnant dans les parties basses des deux régions d'étude (moins de 1500 m) nécessitent le recours à l'irrigation pour garantir une certaine productivité agricole. Cela a mené au développement d'un système complexe de captage, d'amenée, de stockage et de distribution de l'eau d'irrigation : le système des **bisses**.

Jusqu'au début du XXe siècle, l'irrigation était pratiquée presque essentiellement sur les prairies. Les céréales et les vignes n'étaient pas ou très peu irriguées. Durant ce siècle, la tendance s'est modifiée. Les champs de céréales ont disparu, tandis que la viticulture et l'arboriculture ont eu recours de plus en plus à l'irrigation pour accroître les rendements. Ce mouvement a été accompagné d'améliorations techniques des canaux d'amenée d'eau et des systèmes d'aspersion, majoritairement financées par des contributions cantonales et fédérales en matière d'améliorations foncières. C'est le cas notamment des bisses du Sillonin, de Salins et de Lens. Les limitations actuelles de production de vin, de fruits et de légumes devraient provoquer un recul de l'irrigation dans ces domaines d'activité. Etant donné le peu de statistiques à disposition, il n'a pas été possible de déceler une tendance pour ce type de consommation.

Dans le domaine des prairies, les statistiques manquent également. On peut toutefois noter une baisse générale de l'irrigation, liée à la diminution des surfaces entretenues, autant en raison de la déprise agricole à moyenne et haute altitude que de la diminution du cheptel bovin, et à l'extension de périmètres construits dans les deux stations. Malgré l'absence d'informations statistiques, on peut tout de même conclure que les **besoins en eau d'irrigation sont moins importants** actuellement qu'au début du siècle. L'augmentation généralisée des précipitations au cours du siècle vient se superposer à la diminution des besoins pour forcer cette tendance. Malgré tout, seul un bisse principal a



été abandonné au début des années 70 (le Grand Bisse de Vex). Il est actuellement en cours de réhabilitation. Les structures d'irrigation sont donc encore toutes en service; seules certaines parties du réseau de distribution sont tombées en désuétude, soit en raison de l'abandon des surfaces à irriguer, soit en raison de leur remplacement par des installations d'arrosage par aspersion.

La diminution des besoins provoque un **relâchement du contrôle de la ressource** par les irrigants. Les droits sur des débits minimaux pendant la période d'irrigation sont toutefois garantis par des accords signés lors de l'octroi des concessions hydroélectriques dans les années 40 et 50. Actuellement, ces débits sont souvent supérieurs aux besoins. Certains consortages ont su tirer profit de cette situation pour vendre les surplus aux compagnies hydroélectriques. Ce n'est de loin pas la règle : certains consortages laissent ces surplus sans compensations financières.

Contrairement à l'hypothèse émise au chapitre 2, il n'y a donc pas de flou juridique concernant les droits globaux d'eau pour les besoins d'irrigation. Par contre, on assiste à une **réduction majeure du pouvoir des consortages d'irrigation**, en raison surtout du désengagement des consorts. Ces derniers ne pratiquent souvent plus l'agriculture, même à temps partiel. Ils ont parfois vendu leurs parcelles, tout en conservant leurs droits d'eau et par là les devoirs qui leur sont associés (cotisations et corvées). Certains consortages sont même « virtuellement morts », bien qu'ils gardent leur statut d'association. C'est le cas du consortage du Grand Bisse de Vex qui n'a plus d'activité de gestion depuis l'abandon du canal en 1971, qui a dû céder ses droits sur les eaux de la Printse et de ses affluents aux communes et qui n'est pas partie prenante du projet de remise en eau du bisse. C'est le cas également du consortage du bisse de Salins, qui a cédé toutes les tâches administratives à la commune de Salins et qui ne conserve que les activités statutaires (assemblée générale). D'autres consortages ont cédé une partie de leurs activités (souvent la distribution de l'eau, parfois l'entretien des infrastructures) aux services communaux. D'autres encore ont négligé certains travaux d'entretien, que les communes ont été forcées de reprendre à leur compte. Il n'y a donc pas de flou juridique concernant les droits d'eau, mais bien concernant le statut et la **durabilité à long terme des consortages d'irrigation**. Cette situation ambiguë provoque un **transfert de fait** de certains droits des consortages privés vers le secteur public.

Les situations de conflit entre l'irrigation et les activités touristiques sont assez rares et très localisées, contrairement à ce qui avait été supposé au chapitre 2. On notera tout de même que le Golf de Crans jouit d'une situation privilégiée marquée par la gratuité de l'accès à la ressource en eau d'irrigation. La pression sur la ressource est assez forte durant les étés secs (ex. 1998); elle pourrait s'accroître dans un contexte de réchauffement climatique.

## Hypothèse 4

*Dans les stations touristiques de montagne, l'approvisionnement en eau potable est sérieusement conditionné par les fluctuations saisonnières de population. A cette contrainte de type démographique s'ajoute une contrainte d'ordre naturel, les périodes de forte fréquentation touristique hivernale coïncidant avec les périodes d'étiage. La combinaison de ces deux contraintes n'est toutefois pas suffisante pour expliquer les pénuries temporaires. Des raisons liées à la structure du système culturel et politique (hypothèse 2) doivent être invoquées.*

La composante démographique des stations touristiques de montagne est caractérisée par de fortes **fluctuations** liées aux périodes de haute et de basse saison. Ainsi, à Nendaz la population résidente se monte à 5300 habitants, alors qu'à Crans-Montana elle est de 5700 habitants dans la station et de 12'700 personnes si l'on tient compte de la population des villages des cinq communes (sans Mollens).

La **population touristique temporaire** est très difficile à estimer en raison de difficultés méthodologiques (question du choix de l'échelle temporelle d'observation) et de l'absence de données statistiques normalisées (statistiques des nuitées hétérogènes et établies sur une échelle temporelle de six mois). J'ai opté pour une solution hybride combinant une comparaison de la répartition mensuelle de la population touristique temporaire dans les deux stations avec celle de Zermatt (pour laquelle on dispose de statistiques d'arrivées et de départs des touristes par le train, moyen de transport unique d'accéder à la station) et une évaluation de la population totale mensuelle sur la base de la production d'ordures ménagères dans les différentes communes. La corrélation entre les deux approches est bonne.

La combinaison de ces deux modes de calcul et l'analyse de la statistique des nuitées permettent d'établir que la **population totale mensuelle** de haute saison est de 8000 habitants à Nendaz (rapport de 1 à 1.5) et de 23-24'000 personnes à Crans-Montana (rapport de 1 à 4 pour la station et de 1 à 2 si l'on tient compte de la population des villages du coteau). En période de pointe, la population résidente totale grimpe à 20'000 personnes à Nendaz (rapport de 1 à 4) et à 50'000 personnes sur le Haut-Plateau (rapport de 1 à 9 pour la station et de 1 à 4 pour l'ensemble des communes). A ces chiffres, il faut ajouter les pendulaires (visiteurs ne dormant pas sur place) qu'il n'a malheureusement pas été possible de calculer avec précision.

Dans ces conditions l'**approvisionnement en eau potable**, qui est du ressort des administrations communales, pose un problème de dimensionnement des structures. Dans les deux stations on a assisté à un phénomène de concentration de l'approvisionnement parallèlement au développement des périmètres construits. La plupart des petites sources situées à proximité immédiate des stations ou en dessous de celles-ci ont été abandonnées suite à une diminution de leur qualité. Actuellement, l'approvisionnement provient principalement de sources de haute altitude (étage des alpages) ou d'eaux superficielles (rivières, lacs, barrages hydroélectriques). La qualité assez hétérogène de ces différents types d'eau a nécessité la mise en place d'installations de

chloration ou de filtrage. Toutes les communes en sont équipées. Les cinq communes les plus peuplées (Lens, Chermignon, Montana, Randogne et Nendaz) possèdent une station de filtrage permettant d'approvisionner la population en eaux de surface. Les deux plus petites communes d'Icogne et de Mollens bénéficient d'installations de chloration leur permettant de parer à d'éventuels problèmes sanitaires. Dans tous les cas, le réseau de distribution est dimensionné pour faire face aux situations de forte affluence : **les cas de pénurie ne peuvent donc pas être imputés aux systèmes techniques.**

La période de forte occupation touristique hivernale de février correspond à l'étiage des sources et des cours d'eau. A Noël, la situation est un peu moins tendue. En été (mi-juillet à mi-août), les débits sont importants sur les cours d'eau, mais les captages d'eau potable entrent en concurrence avec les prélèvements pour l'irrigation et la production hydroélectrique. Chaque commune a cherché des solutions pour faire face à ces deux situations (**étiage hivernal et concurrence des prélèvements de surface en été**), souvent dans l'urgence :

- prélèvements dans les étangs de stockage d'eau d'irrigation (Lens, Chermignon, Montana);
- accords avec les sociétés hydroélectriques pour des prélèvements dans les bassins d'accumulation de Tseuzier et Cleuson (Lens, Chermignon, Montana, Nendaz);
- forages dans de petites nappes d'altitude dans le but d'accroître la part des eaux souterraines dans l'approvisionnement (la commune de Nendaz à Tortin, les communes de Lens et Randogne à Plans-Mayens et Vermala, ces deux derniers cas s'étant soldés par un échec, l'implantation des forages étant basée sur les indications de sourciers);
- achats de surplus d'eau aux communes riches en ressources (Lens, Montana et Chermignon achètent de l'eau à Icogne; Randogne achète de l'eau à Mollens et Salquenen);
- tentatives de diversification de la ressource (commune de Randogne : projets de retenues d'eau de surface dans des dépressions naturelles, réinfiltration artificielle, projet de captage sous-glaciaire, projet de construction d'un barrage d'accumulation d'eau potable).

La plupart de ces solutions **renchérissent** le prix de l'eau, soit en raison des coûts de mobilisation de la ressource (grandes distances de transport, frais de stockage), soit en raison des émoluments à payer à la société ou commune qui vend l'eau.

Toutes ces solutions ont permis de faire face à l'agrandissement et à l'urbanisation progressive des stations. Les cas de crise ont été somme toute assez rares. Par contre, il faut relever qu'il s'agit là de processus d'**adaptation** aux situations nouvelles : les communes ont généralement cherché des solutions techniques ou politiques (conventions sur les achats d'eau) aux problèmes qui se posaient à mesure que les stations se développaient. **Il n'y a pas eu de processus d'anticipation des problèmes et de planification des solutions**, à la notable exception de Nendaz, où un plan directeur a été établi à la fin des années 60, puis

mis en oeuvre sur une période de 30 ans. Le résultat est positif : il s'agit du système le plus rationnel et le plus intégré des sept communes étudiées. Sur le Haut-Plateau la seule solution coordonnée au niveau régional (le barrage de la Raspille) s'est soldée par un échec, du moins pour le moment. Quant à la **Commission intercommunale des eaux**, créée en 1989, elle est restée sans effets, ses pouvoirs réels étant inexistantes.

Il est difficile d'évaluer la **consommation spécifique d'eau potable** en raison de l'imprécision des estimations de la population touristique et de l'absence ou de l'hétérogénéité des statistiques de livraison d'eau potable par les services communaux. L'exercice a tout de même été tenté pour les communes de Lens, Montana, Randogne et Nendaz. Les résultats sont riches en enseignements. La tendance sur les dix dernières années est à la **stabilisation** ou à la **baisse de la consommation**, dans le même sens que ce qui est observé en moyenne nationale. Les raisons de ce tassement sont à trouver dans une **amélioration de la productivité** des réseaux de distribution. La consommation globale mensuelle n'est pas constante au cours de l'année. Elle varie fortement selon l'occupation touristique. La consommation spécifique mensuelle varie également, mais de manière inverse, mettant en évidence que la consommation annuelle comporte une composante en ruban constituée par les pertes et les livraisons constantes (fontaines, par exemple). Les comparaisons de consommation spécifique entre secteurs touristiques et non touristiques n'ont pas permis de dégager une tendance, ce qui met en évidence les grandes disparités qui existent dans la qualité des réseaux et dans les modes de consommation (ex. branchements des installations d'irrigation des jardins et pelouses sur les réseaux d'eau potable).

Finalement, les **systèmes de tarification** sont également très hétérogènes. Chaque commune a un mode de calcul propre, allant du modèle forfaitaire (Chermignon, Icoigne) à des modèles assez complexes incitant aux économies de consommation (Nendaz, Montana, Randogne). Il apparaît que les modèles forfaitaires sont défavorables en termes de quantités d'eau livrées, mais également pour le consommateur, en termes financiers. Plusieurs communes ne savent pas si elles autofinancent leur service des eaux (cf. VARONE 1992), contrairement à ce qui est demandé par la loi.

En conclusion, on peut dire que malgré certains « bricolages » l'approvisionnement en eau potable est assuré dans les deux stations étudiées. Les situations de crise ou de pénurie sont de ce fait assez rares et localisées dans l'espace. Elles existent toutefois sur le Haut-Plateau et mettent en évidence le manque d'intégration des réseaux communaux, ainsi que l'absence de solidarité entre communes. Le défaut d'intégration des réseaux associé à l'hétérogénéité de leur qualité et à l'indépendance, voire à la concurrence, entre les communes en ce qui concerne la construction d'infrastructures de distribution **renchérissent fortement le prix de revient de la production d'eau potable**. Il y a donc clairement une **dispersion des ressources financières** qui pourrait être évitée par une plus grande intégration des réseaux et des organes de distribution. L'hypothèse 4 doit donc être nuancée : l'absence d'intégration du système Eau potable porte assez peu préjudice au

consommateur en matière d'approvisionnement; la situation est par contre défavorable en termes financiers.

## Hypothèse 5

*Les utilisateurs de l'eau pour la production d'eau minérale et d'électricité jouissent d'une situation privilégiée liée au type de contrat leur garantissant l'accès à l'eau (système des concessions). Cette situation privilégiée est toutefois contestée autant par des acteurs publics que privés qui forcent les sociétés de production à composer avec les autres utilisateurs et gestionnaires de la ressource hydrique.*

Plusieurs cours d'eau des deux régions d'étude ont été aménagés à des fins de production hydroélectrique : les sociétés exploitantes actuelles (Lienne SA, EOS, Grande Dixence SA) bénéficient de concessions d'exploitation courant jusqu'à 2037 (Liène), 2031 (Printse) et 2045 (aménagements Cleuson-Dixence). La Raspille n'a pas été aménagée pour des raisons juridiques liées à son statut historique (sentence de Josse de Silenen, 1490).

Le même système de concession vaut pour les eaux captées par l'entreprise de production d'eaux minérales SEBA Aproz SA. Ce système donne à ces entreprises un **droit exclusif** d'utilisation de la ressource sur les sections de cours d'eau ou les sources concernées.

L'étude du cas de Cleuson-Dixence a permis d'observer que par rapport aux concessions octroyées dans l'immédiat après-guerre, les nouvelles concessions sont assorties de toute une série d'accords partiels exigés par les associations de protection de la nature (compensations écologiques), mais également par les communes concédantes. La commune de Nendaz a ainsi pu améliorer de manière substantielle son système de distribution d'eau potable en contrepartie de l'approvisionnement en eau des chantiers. Le cas de Cleuson-Dixence a également mis en évidence la très forte imbrication existant dans la région de Nendaz entre les objectifs de production hydroélectrique et de production d'eau minérale. Dans ce cas également, la commune de Nendaz a su tirer profit de la situation pour améliorer son image de marque, en réussissant à imposer le nom « Nendaz » pour la nouvelle eau commercialisée par la Migros. Ces exemples montrent que l'obtention des concessions à des fins de production industrielle devient plus difficile que par le passé. Les projets doivent entre autres **être en accord avec les nouvelles dispositions législatives en matière de protection des eaux et de l'environnement et composer avec les objectifs d'équipement des communes concédantes.**

En ce qui concerne les installations anciennes (notamment les barrages), la situation est contraire : jouissant d'un droit exclusif sur les eaux superficielles, les deux sociétés de production électrique deviennent distributrices d'eau dans d'autres secteurs d'utilisation, notamment pour l'approvisionnement en eau potable. Les barrages sont en effet des réservoirs pouvant jouer un rôle de tampon en cas de pénurie. Autant à Tseuzier qu'à Cleuson, des conduites sont ainsi venues se greffer sur les installations existantes pour les relier aux réseaux de distribution d'eau potable d'Ayent, de Lens et de Nendaz. Dans les deux premiers cas, les

travaux ont été entrepris à la fin des années 60 pour faire face à de graves difficultés d'approvisionnement. A Nendaz, les eaux du barrage ne sont utilisées qu'en dernier recours. Dans tous les cas, l'eau ainsi fournie est **plus chère** que l'eau captée directement dans les sources ou les eaux superficielles des différentes communes.

Comme je l'ai mentionné plus haut (hypothèse 3), les consortages d'irrigation ont su préserver leurs droits au moment de l'octroi des concessions. La tendance étant à la diminution de ce type de prélèvements, les relations avec les sociétés hydroélectriques ne sont pas conflictuelles.

Le secteur de la production de neige artificielle étant en pleine expansion et ce type de demande se concentrant durant la période d'étiage, les sociétés de remontées mécaniques sont intéressées à se greffer sur les barrages hydroélectriques. C'est le cas de la station de Thyon 2000 qui s'approvisionne en eau sur les installations de Grand-Dixence pour sa production de neige de culture. La neige ainsi produite ayant une forte valeur ajoutée, le prix de l'eau fournie par les sociétés de production électrique pèse d'un poids moins lourd que dans l'approvisionnement en eau potable. Il est toutefois plus élevé que pour ces dernières. A Nendaz, une partie des canons à neige est approvisionnée par le barrage de Cleuson. Sur le Haut-Plateau, une seule installation est pour l'instant greffée sur les infrastructures de Lienne SA.

En conclusion, les affirmations formulées à l'hypothèse 5 doivent être nuancées. S'il apparaît qu'il sera à l'avenir assez difficile d'obtenir de nouvelles concessions hydroélectriques et que celles-ci devront faire face aux revendications des différents utilisateurs de la ressource (situations de type conflictuel), on voit par contre apparaître un nouveau statut des barrages, qui deviennent **multifonctionnels**, stockant des eaux de production « industrielle » (électricité, neige artificielle), d'approvisionnement (eau potable) et de loisirs (tourisme). Il faut encore y ajouter une fonction de protection (écrêtage des crues), que je n'ai pas développée dans le cadre de cette étude. Loin d'être conflictuelle, **la tendance est plutôt à l'intégration des diverses fonctions des barrages**. L'évolution à long terme dépendra avant tout du **poids respectif des différents acteurs en présence** (sociétés hydroélectriques, communes, sociétés de remontées mécaniques, associations de protection de l'environnement) et de **l'évolution du marché de l'électricité**.

## Hypothèse 6

*Dans un environnement touristique de montagne, l'eau en tant qu'offre touristique apparaît sous deux formes : l'offre paysagère (sites hydrologiques naturels et ouvrages hydrauliques traditionnels) et l'offre en infrastructures touristiques (piscines, patinoires, etc.) et en activités touristiques (rafting, canyoning). Vu la tendance actuelle à valoriser le tourisme extensif doux, l'offre paysagère gagnerait à être développée.*

Le paysage constitue le **capital principal du tourisme alpin**, surtout en été. Les paysages liés à l'eau (lacs, rivières, cascades, gorges, glaciers)

sont eux-mêmes parmi les éléments majeurs des paysages alpins. En Valais, le réseau de bisses constitue un cas exemplaire d'anthropisation du milieu par la société agricole traditionnelle. Malgré les transformations profondes de l'économie agricole de l'après-guerre, ce réseau continue de fonctionner tout en intégrant une nouvelle fonction touristique de support pour la randonnée pédestre.

Sur le Haut-Plateau, les étangs d'accumulation d'eau d'irrigation ont très tôt fait partie de la promotion estivale de la station, étant ainsi les précurseurs des plans d'eau multifonctionnels que sont devenus par la suite les barrages hydroélectriques. Ces étangs sont maintenant parfaitement intégrés dans l'offre touristique estivale, notamment dans l'offre de randonnée pédestre. Il en est de même des différents bisses, dont l'emblème est paradoxalement un canal abandonné, le bisse du Roh. Les lacs et les canaux participent ainsi à l'effort de valorisation du tourisme estival. A Nendaz, les bisses sont également un haut lieu de la randonnée pédestre. Les moulins traditionnels, pourtant caractéristiques du patrimoine hydraulique du bassin versant de la Printse, ne sont pas du tout mis en valeur. Excentré par rapport à la station, le barrage de Cleuson ne constitue par contre pas un pôle d'attraction, à l'image de celui de Tseuzier, non relié par la route au Haut-Plateau.

Dans les deux stations, certains canaux ont fait l'objet d'une mise en valeur didactique, voire d'une remise en eau à des fins touristiques. Ils témoignent d'un **transfert de fonctionnalité des bisses**, qui deviennent ainsi un élément important de l'offre touristique. Les bisses sont toutefois presque toujours présentés comme des lieux de promenade et très peu comme des traces culturelles dérivées de la société alpine pré-industrielle.

En conclusion, on peut relever que des efforts importants ont été entrepris dans les deux stations pour **valoriser le tourisme estival**. Les deux axes de promotion sont le développement de sports « fun » et l'expansion de la randonnée pédestre. Les sites hydrographiques (lacs, bisses, cours d'eau) constituent l'armature du réseau de randonnées. Plusieurs sites ont fait l'objet d'une mise en valeur didactique. Les ouvrages d'anthropisation traditionnelle du paysage alpin (bisses et moulins) gagneraient toutefois à être mis en valeur dans une perspective culturelle (présentation de leur intérêt historique).

## Hypothèse 7

*L'enneigement artificiel connaît actuellement un essor fulgurant lié aux modifications climatiques. Il entre en conflit avec les autres utilisateurs de l'eau.*

Depuis les hivers pauvres en neige de la fin des années 80, la plupart des stations alpines se sont équipées, souvent de manière désordonnée, d'installations d'enneigement artificiel. Cet équipement, souvent réalisé sans autorisation de construire au sens de la législation sur l'aménagement du territoire, a suscité la réprobation des associations de protection de la nature, surtout en raison des incidences majeures que ce type d'installations a sur le milieu naturel (consommation d'eau et d'énergie, bruit, adjonction de bactéries, remodelage des pistes). En

Valais, le conflit a débouché sur la réalisation d'une étude de base pour le Plan directeur cantonal et d'un projet de fiche de coordination de ce même plan directeur.

Dans les deux stations étudiées, plusieurs sites sont équipés de canons à neige. L'alimentation en eau provient de forages (Cry d'Er), de prélèvements dans les eaux de surface ou dans les barrages et du réseau d'eau potable. Aminona projette une installation s'alimentant dans les eaux de surface. Les quantités utilisées sont difficiles à déterminer avec précision, faute de transparence de la part des sociétés de remontées mécaniques. Il n'a pas été possible de connaître précisément la répartition mensuelle de l'enneigement. Les quantités totales d'eau utilisées sont toutefois assez faibles par rapport aux autres usages.

Dans les deux stations, les projets d'extensions futures sont bloqués dans l'attente d'une planification régionale demandée par le WWF : sur le Haut-Plateau, les études préalables à cette planification sont en cours; à Nendaz, une opposition à toute nouvelle installation a été déposée par le WWF.

En conclusion, il est à retenir que l'utilisation d'eau n'est pas très élevée en rapport aux autres usages. Le débat est par contre tendu en raison d'autres atteintes à l'environnement (bruit, terrassements, etc.) et surtout en raison du climat d'incompréhension régnant entre les milieux du ski et ceux de la protection de la nature. Il serait donc urgent de mettre sur pied une véritable politique de négociation constructive, d'une part entre les diverses entreprises de remontées mécaniques de la même région et d'autre part entre ces dernières et les milieux de protection de la nature.

## Hypothèse 8

*Dans les deux stations étudiées, on ne peut pas parler à l'heure actuelle d'une véritable politique de gestion patrimoniale et intégrée des ressources en eau.*

Le modèle théorique adopté au chapitre 3 insiste sur les notions de structuration, de hiérarchisation et d'intégration du système Eau (**gestion intégrée**), ainsi que sur les aspects de bien commun et de préservation (**gestion patrimoniale**) de la ressource en eau. Il met également l'accent sur la **primauté de la gestion intentionnelle sur la gestion de fait**.

Les deux stations étudiées montrent des contextes naturel (topographie, organisation du réseau hydrographique, morphologie, climat), économique et politico-administratif très différents. Dans les deux cas, **on ne peut pas parler à l'heure actuelle d'une véritable politique de gestion patrimoniale et intégrée de la ressource en eau**. En effet, bien que les situations de crise aient été relativement rares et qu'elles aient pu être résolues plus ou moins facilement, parfois au prix de gros engagements financiers de la part des communes, on note tout de même toute une série de dysfonctionnements qui perturbent le système Eau. Les problèmes se situent à trois niveaux :



- à l'intérieur d'un sous-système (problèmes d'ordre sectoriel);
- entre deux ou plusieurs sous-systèmes (problèmes intersectoriels);
- entre communes (problèmes d'ordre territorial).

Les **problèmes d'ordre sectoriel** concernent surtout des questions d'organisation et de planification du sous-système. Ces problèmes sont souvent liés à des tensions d'ordre territorial.

En matière d'approvisionnement en **eau potable**, tous les réseaux et systèmes de distribution appartiennent au domaine public. La commune de Nendaz se distingue de ses homologues du Haut-Plateau par l'adoption d'un plan directeur : elle a défini à la fin des années 60 un concept qu'elle a mis 30 ans à réaliser. Le résultat est un système cohérent et intégré. Sur le Haut-Plateau, les systèmes de distribution sont beaucoup plus complexes : ils traduisent la complexité des relations territoriales entre communes, mais également une absence de planification régionale et temporelle, du moins pour certaines communes. En matière financière, on relève d'une part une certaine opacité et hétérogénéité comptable (cf. VARONE 1992) et d'autre part une grande hétérogénéité en matière de tarification aux utilisateurs. Une intégration fiscale est de ce fait impossible à l'heure actuelle.

En ce qui concerne l'**irrigation**, plusieurs facteurs s'opposent à une intégration de la gestion. Le système des consortages provoque une atomisation des compétences et de ce fait une absence de vision globale et une perte de pouvoir des responsables des réseaux d'irrigation vis-à-vis des autres utilisateurs de la ressource en eau. Cette perte de pouvoir est de plus accentuée par le désengagement des consorts qui ne pratiquent plus l'agriculture. Il en résulte un système obsolète qui tend de plus en plus à être absorbé par les communes politiques. Cette absorption, premier pas vers une intégration des systèmes de distribution d'eau potable et d'eau d'irrigation, provoque des réticences tant de la part de certains consortages que de la part de certains services communaux. Les consortages d'irrigation doivent composer avec d'autres utilisateurs des canaux d'irrigation (usagers touristiques). Cette nouvelle cohabitation est généralement très positive en raison de la complémentarité des deux fonctions et de la bonne planification administrative et financière de la part des organes cantonaux.

Dans le secteur **hydroélectrique**, les problèmes internes au système concernent principalement la place de l'hydroélectricité sur le marché de l'énergie et la question des investissements très lourds que ce type d'infrastructures a nécessités. Ces deux aspects n'ont pas été étudiés dans le cadre de cette étude.

Dans le **domaine touristique**, le problème essentiel concerne l'évolution future du climat et la question du maintien à long terme de l'industrie du ski, dont dépendent fortement les deux stations étudiées. Actuellement, ces dernières semblent plutôt réagir à court terme et sans réelle planification, soit par la mise en place d'installations d'enneigement artificiel, soit en tentant une certaine diversification de l'offre (ex. projet Aquamust). Les seules véritables impulsions pour une politique intentionnelle de développement à long terme proviennent de l'extérieur

du système (oppositions des organisations écologiques, qui exigent une planification régionale préalable à toute réalisation de nouvelles installations d'enneigement). Une autre impulsion pourrait provenir de la nouvelle fiche de coordination du Plan directeur cantonal (pas encore adoptée).

Les **problèmes intersectoriels** sont premièrement d'ordre financier. On l'a bien vu dans le cas du projet Cleuson-Dixence, en ce qui concerne les eaux minérales de SEBA Aproz SA. Les incidences financières d'une éventuelle perturbation des sources étaient trop importantes pour qu'une coordination minutieuse ne soit pas entreprise. Il en est résulté la signature d'une convention tripartite (commune, société hydroélectrique et entreprise de production d'eaux minérales), obtenue par la négociation et bénéfique aux trois signataires. Le problème est identique actuellement dans la question de la protection de la source des Bouillets (eau minérale). L'enjeu financier étant très élevé, c'est par la négociation que le problème a été réglé. On remarquera que dans les deux cas, il n'y a pas eu de planification préalable : le conflit est réglé sur le plan administratif après dépôt d'une opposition de la part d'un des acteurs.

La situation est souvent identique en matière de protection de l'environnement ou de la nature et du paysage, comme on a pu le voir dans les cas de l'enneigement artificiel ou du projet Cleuson-Dixence. Dans ce dernier cas, l'affaire a même fait l'objet d'une procédure judiciaire.

Une autre source de problèmes intersectoriels est liée à la **question des droits d'eau**, certains utilisateurs ayant une priorité exclusive sur la ressource (système des concessions). Lors de l'octroi des concessions hydroélectriques, les consortages d'irrigation ont su préserver leurs droits, ce qui n'est pas le cas du secteur de la distribution d'eau potable. Dans les années 40 et 50, seules les sources étaient utilisées pour l'approvisionnement en eau de boisson; les communes n'ont ainsi pas su préserver une partie des eaux de surface qu'elles doivent maintenant racheter aux compagnies hydroélectriques. Le problème se pose également pour le projet Aquamust qui capte des eaux thermales dans un bassin versant concédé à Lienne SA.

Il faut mentionner ici que les débits résiduels minimaux au sens de la LEaux ne sont souvent pas respectés à l'aval des ouvrages hydroélectriques.

Les **conflits territoriaux** sont les plus criants. A Nendaz, où les limites du bassin versant de la Printse se confondent presque avec les frontières communales, ils sont inexistantes. Ils ont pu concerner par le passé les bisses qui transféraient de l'eau au delà des limites du bassin versant. Sur le Haut-Plateau, en raison du découpage administratif, le problème est omniprésent et touche tous les secteurs du système Eau. Des questions d'ordre historique et culturel empêchent la mise en place d'une politique intégrée. On l'a vu encore récemment lors du lancement du projet Aquamust. La Commission intercommunale des eaux, sensée pallier à ce manque de coordination, n'a aucun pouvoir effectif. Le problème déborde du Haut-Plateau, puisque dans certains cas, il concerne également les communes de la rive gauche de la Raspille. Il provoque également des conflits entre le coteau viticole et la montagne

touristique, et à l'intérieur même des communes, entre les villages et la station. Cette absence d'intégration territoriale a des répercussions défavorables majeures sur le système de distribution d'eau potable, marqué par une connexion très lacunaire des réseaux, par la présence de nombreux doublons au niveau des infrastructures (ex. stations de filtrage), par un enchevêtrement des réseaux, résultat de 30 ans de politique des eaux anarchique, ainsi que par le développement d'un véritable marché de l'eau potable entre les communes concernées. Toutes ces caractéristiques ont des effets financiers négatifs sur le consommateur et sur le contribuable. Dans les deux stations, on relèvera que des questions de politique partisane (systèmes de clans familiaux) empêchent le développement rationnel de la politique de gestion des eaux.

La combinaison de ces trois familles de problèmes (sectoriels, intersectoriels et territoriaux) donne naissance à une gamme de conflits allant du simple manque de coordination au conflit majeur à régler devant le Tribunal Fédéral.

Au delà de ce manque d'intégration du système Eau, on constate également une **absence de prise de conscience de la valeur patrimoniale** de la ressource en eau. Les prélèvements d'eau par les différents utilisateurs se rapprochent plus d'un comportement de cueillette que d'une politique de préservation de cette ressource sur le long terme. Chaque secteur d'utilisation et chaque entité territoriale cherche avant tout à satisfaire ses besoins, sans souci de rationalisation des prélèvements. Souvent, une telle volonté de rationalisation se heurte à des écueils d'ordre historique ou politique. Toute volonté de préserver la valeur environnementale de l'eau doit presque impérativement suivre les canaux judiciaires (oppositions à des projets de la part des organisations écologiques), les gestionnaires de fait de la ressource en eau (communes, sociétés de remontées mécaniques, etc.) n'ayant pas une fibre écologique très développée.

Ainsi, au terme de cette étude, il apparaît que dans les deux stations la gestion des ressources en eau se conçoit plus comme une **juxtaposition d'actes de gestion de fait** que comme une réelle **politique de gestion intentionnelle, intégrée et patrimoniale**. Dans les deux stations, bien qu'à des degrés divers, le modèle de gestion des eaux développé dans la partie théorique de cette étude n'est donc de loin pas une réalité.

## Hypothèse 9

*Une des raisons de cette gestion déficiente est du domaine de l'information. Il manque un système cohérent d'observation du fonctionnement du système Eau (naturel et anthropique) et de quantification des flux : il en résulte qu'aucun acteur, tant au niveau local que régional (canton) n'a une vision d'ensemble du fonctionnement du système.*

Une gestion rationnelle de la ressource nécessite de pouvoir quantifier les différents flux existant dans le système Eau, afin de pouvoir prendre des décisions de gestion aussi impartiales que possible. Dans le cas contraire, ces décisions seront soit en inadéquation avec le

fonctionnement réel du système, soit considérées comme une injustice par certains acteurs. Au cours de cette étude, j'ai pu relever à plusieurs reprises **l'indigence, l'hétérogénéité et la dispersion des données statistiques** disponibles. En ce qui concerne la **quantification de la ressource**, les données disponibles sont en général de bonne qualité (relevées par des instituts fédéraux), mais très localisées. Il manque clairement une bonne couverture du territoire par un réseau d'instruments de mesure à maille plus fine que le réseau de l'ISM. La conséquence est que les interpolations spatiales des trois paramètres principaux qui intéressent les gestionnaires de l'eau (précipitations, températures et couverture neigeuse) sont difficiles à réaliser et soumises à de fortes imprécisions, surtout en altitude. La remarque vaut pour la quantification des débits d'écoulement, le réseau fédéral ne touchant pas les bassins versants étudiés. Quant aux données sur les variations des stocks dans la cryosphère, elles se limitent à quelques approximations grossières. Les données lithosphériques (géologie, géomorphologie, végétation), facteurs indirects sur le fonctionnement du système Eau, sont disponibles et d'assez bonne qualité, bien que les échelles d'observation soient souvent différentes.

Dans le domaine de la **distribution d'eau potable**, un grand nombre de données chiffrées existe. Ces statistiques sont souvent peu homogènes. Certaines communes ne tiennent aucune statistique; d'autres bénéficient d'installations d'enregistrement informatisé. Les données disponibles concernent généralement les quantités d'eau distribuées par les services communaux. Il n'y a pas de statistique sur les quantités effectivement facturées aux usagers. Les calculs de consommation spécifique sont complexifiés par la difficulté de quantifier la population touristique temporaire. La statistique des nuitées (établie sur un mode saisonnier, voire annuel) est inutilisable dans cette optique. Il manque également une statistique fiable sur l'occupation de la station par des usagers pendulaires (qui ne dorment pas sur place). Finalement, les données sur la tarification aux usagers ont été assez difficiles à obtenir, sans parler des données comptables permettant de vérifier le degré d'autofinancement des services des eaux (cf. VARONE 1992).

Dans le **domaine de l'irrigation**, les données sont tout aussi indigentes. Les consortages tiennent peu de statistiques. Seuls les droits d'eau (débits maximaux garantis par les sociétés hydroélectriques durant la période d'irrigation) sont connus. Quelques compteurs existent là où l'eau d'irrigation sert également à l'approvisionnement en eau potable. Ils sont relevés irrégulièrement. Quant au calcul des besoins réels des plantes et de l'adéquation ou non des pratiques d'irrigation à ces besoins, il n'existe pas.

En ce qui concerne l'**hydroélectricité** et la **production d'eaux minérales**, des données assez précises existent, mais s'agissant de sociétés privées, elles sont assez difficiles à obtenir. Dans le domaine de l'**eau à vocation touristique**, les outils d'évaluation sont de type qualitatif. Il n'existe pas à ma connaissance d'enquêtes permettant de préciser l'impact réel sur la fréquentation touristique des aménagements effectués à des fins touristiques sur le système Eau (sentiers de randonnée, remise en eau de bisses, aménagements didactiques, etc.). Au niveau cantonal, les données disponibles sont tout aussi indigentes (cf. Annuaire statistique du canton du Valais).

Le résultat de cette pauvreté statistique est qu'aucun acteur de la gestion du système Eau ne peut avoir une vision globale du fonctionnement de ce système. Certains acteurs (ex. certains services techniques communaux) ont toutefois une bonne connaissance du fonctionnement de certaines parties du système (ex. distribution d'eau potable). Il leur manque une connaissance globale des besoins et des ressources pour pouvoir optimiser leurs actes de gestion. Les décisions ne peuvent en général pas être prises en pleine connaissance de cause et peuvent avoir des conséquences non négligeables, notamment en matière d'impact environnemental et de coûts économiques.

Je vérifierai l'hypothèse 10 au chapitre suivant.



## 8. Perspectives

*Bien qui tombe du ciel, donc gratuit, l'eau va devenir pour tous une marchandise rare et chère. Comme la nature vierge et les paysages inviolés.*

Roger Cans, *La bataille de l'eau*, 1994.

### 8.1 Introduction

#### Rappel de l'hypothèse 10

*Une gestion patrimoniale et intégrée des ressources en eau passe par la mise sur pied d'un organe de gestion articulé entre le canton et les communautés locales, organisé en bassins versants et non selon les limites administratives, et s'appuyant sur un réseau de collecte et de traitement de l'information performant.*

Le système Eau des deux stations étudiées est affecté, à des degrés divers, par des problèmes d'ordre sectoriel, intersectoriel et territorial. En accord avec le modèle théorique développé au chapitre 3, je propose ici une démarche susceptible d'améliorer la gestion des eaux dans les deux stations. Le modèle proposé s'articule autour de quatre grands thèmes : le passage à une gestion par bassins versants, à différentes échelles, la modification des organes de gestion, la mise sur pied de démarches de planification et une meilleure gestion de l'information. Bien que centré sur les deux régions d'étude, le modèle vaut pour l'ensemble du Valais.

### 8.2 Une gestion par bassins versants

La proposition de gestion que je formule part de deux constats. D'une part, comme l'analyse des systèmes Eau des deux stations l'a bien montré, lorsque les limites administratives coïncident avec les limites naturelles d'un bassin versant, la gestion des ressources en eau est grandement facilitée. D'autre part, il est clair qu'une démarche de gestion ne peut pas faire table rase des réalités et des particularités locales; elle doit tenir compte du contexte social, politique et administratif, ainsi que des logiques des différents acteurs en présence. Il serait donc illusoire de vouloir proposer un modèle de type technocratique, comme l'ont bien montré BARGE & JOLIVEAU (1996).

Je propose le passage à une gestion par bassins versants à trois échelles différentes. Une gestion organisée strictement par bassins versants est en effet inconcevable dans la mesure où, dans le système fédéral que connaît la Suisse, l'application des objectifs définis par la législation fédérale est du ressort des cantons et surtout des communes. Or, les limites communales suivent rarement les limites des bassins versants. Je propose donc le passage à une **gestion multiscalaire : locale, régionale et cantonale**.

Le niveau **local** correspond à la plus petite unité administrative à l'intérieur de laquelle les objectifs de gestion peuvent être réalisés de manière rationnelle. Il est important que cette échelle de gestion corresponde au découpage administratif, car c'est le niveau privilégié des actes de gestion, dont une bonne partie est du ressort du domaine public (notamment l'approvisionnement en eau potable). L'échelle locale de gestion pourra donc correspondre aux **communes** lorsqu'elles ont une taille critique suffisante permettant une certaine professionnalisation du service des eaux. **La commune de Nendaz entre dans cette catégorie.** Un **regroupement de communes** s'impose dans deux cas : lorsque la taille des communes est trop petite pour permettre une gestion professionnelle des ressources en eau (dans ce cas, on peut même préconiser une fusion pure et simple des communes) et lorsque le découpage administratif empêche une gestion rationnelle, comme cela a clairement été démontré pour Crans-Montana-Aminona.

Sur le Haut-Plateau, je propose donc la suppression de la Commission intercommunale des eaux, dont on a vu que le pouvoir effectif est quasiment nul, et son remplacement par une **Association intercommunale de gestion des eaux**, au sens des articles 100 à 112 de la *Loi sur le régime communal* du 13 novembre 1980, RL 83), qui permettent le regroupement de communes en vue d'accomplir des tâches communales ou régionales d'intérêt public. Il s'agit purement et simplement de la **fusion des six services des eaux communaux** et de la **mise en commun des ressources et des infrastructures**. Une telle association intercommunale permet de réaliser des économies d'échelle (passage d'un bassin de population inférieur à 3500 habitants par commune à un bassin de 13'000 habitants permanents, suppression des doublons au niveau des infrastructures), de rationaliser la mobilisation des ressources (en supprimant entre autres le marché de l'eau sur le Haut-Plateau) et la distribution d'eau potable et de mieux coller au nouveau découpage qui se fait jour dans d'autres secteurs de l'économie touristique de la région (fusion des offices du tourisme, fusion des sociétés de remontées mécaniques). Parmi les économies d'échelles provoquées par la création d'une telle association, on retrouve bien sûr la rationalisation de la gestion des ressources humaines : les emplois à double devront être supprimés, mais afin d'éviter des pertes d'emploi, il s'agit de réaffecter une partie des postes actuels à des tâches non réalisées actuellement, principalement la collecte, la gestion et la valorisation de l'information (voir ci-dessous).

Comme on l'a relevé plus haut, les six communes se répartissent en deux grands groupes aux caractéristiques différentes : Lens, Chermignon, Montana et Randogne sont des communes de taille assez importante (entre 2500 et 3500 habitants permanents), très concernées par le développement touristique de la station et déficitaires en eau potable, alors qu'Incogne et Mollens se caractérisent par une taille beaucoup plus réduite (moins de 700 habitants), par une position assez excentrée par rapport à la station et par une certaine richesse en eau. La création d'une association intercommunale suppose donc la mise sur pied d'un système de **péréquation financière** entre les grandes et petites communes.

On terminera en disant que les objectifs fixés ci-dessus pourraient également être réalisés par le biais d'une fusion pure et simple des six



communes, mais comme l'a bien relevé la Jeune chambre économique de Crans-Montana (BAGNOUD et al. 1985), une telle fusion est une utopie dans le contexte politique et socio-culturel actuel du Haut-Plateau.

L'échelle **régionale** est le niveau du découpage en **bassins versants**. C'est à cette échelle que la gestion du système Ressources est la plus rationnelle. L'unité entre le découpage administratif et naturel offre la possibilité d'une gestion efficace de l'information sur le système naturel (données climatologiques et hydrologiques), ce qui permet d'ajuster les actes de gestion des utilisations (prélèvements, rejets, respects de débits résiduels minimaux, etc.) à l'état de la ressource. C'est en effet à ce niveau que doivent se fixer des **objectifs de gestion** qui tiennent compte autant de la disponibilité de la ressource que des caractéristiques du système Utilisations (modifications des caractères socio-économiques de la région, modifications des besoins sectoriels, etc.), ainsi que des objectifs généraux fixés par la législation établie au niveau fédéral et cantonal. Le bassin versant est donc avant tout le niveau de la **planification stratégique**; c'est ici que se prennent, en accord avec les objectifs fixés au niveau cantonal, les options de gestion qui seront ensuite mises en oeuvre au niveau local, communal ou intercommunal.

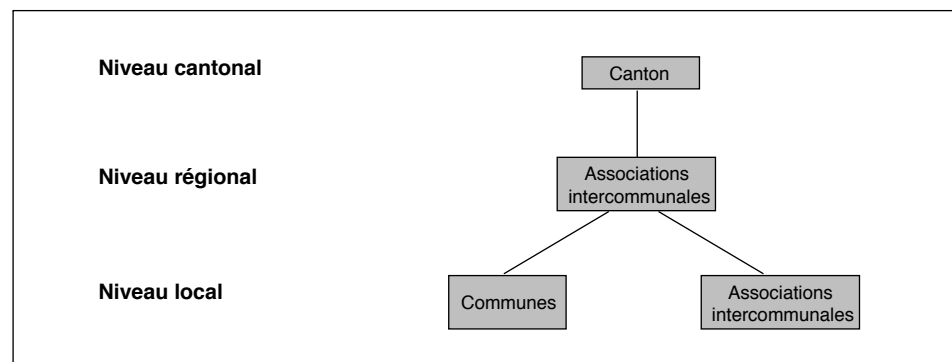


Fig. 8.1 Modèle tri-scalaire de gestion des eaux dans le canton du Valais.

Deux grands problèmes se posent. Premièrement, à l'image de la gestion au niveau local, il faut définir une taille critique que ces unités administratives doivent atteindre pour que la gestion soit efficace et rationnelle. Il est en effet illusoire de vouloir définir des objectifs de gestion à l'échelle de très petits bassins versants de quelques dizaines de kilomètres carrés, souvent inhabités dans leur partie supérieure, comme il en existe beaucoup sur la rive droite du Rhône. Dans ce cas, il s'agit de regrouper plusieurs bassins versants en tenant compte des caractéristiques du système social, notamment de découpages administratifs établis sur la base d'autres politiques de gestion du territoire (ex. régions LIM, régions socio-économiques, etc.). Deuxièmement, un tel découpage ne pourra pas se calquer précisément sur les limites naturelles des bassins versants définis, car les options stratégiques prises à cette échelle doivent pouvoir être appliquées au niveau local. Il s'agit donc d'établir des associations intercommunales (au sens de la Loi sur le régime communal) suivant plus ou moins le découpage naturel en bassins versants et non de créer purement et simplement des bassins versants à vocation administrative.

Essayons d'appliquer ce modèle à la réalité des deux stations étudiées. A **Nendaz**, les découpages administratif et naturel se superposent et la taille du bassin versant est suffisante pour mettre en oeuvre une politique de gestion professionnelle, comme on a pu le voir dans la partie empirique de cette étude. La Printse est bordée par une série de petits bassins versants qui font le lien avec les vallées de Bagnes et d'Hérens. Ces bassins versants correspondent à la zone de drainage des différents bisses issus de la Printse. C'est pourquoi, je propose la création d'une **Association intercommunale de gestion des eaux de la Printse**, qui regrouperait les communes de Nendaz, Veysonnaz, Les Agettes, Salins, Isérables et Riddes. Une telle association aura un impact très positif sur la gestion de l'irrigation.

Sur le **Haut-Plateau**, un tel découpage est plus difficile à réaliser. Comme on l'a vu, la station de Crans-Montana-Aminona est bordée par deux grands bassins versants, la Raspille et la Liène. La commune d'Ayent, située en rive droite de cette dernière, devrait faire partie d'une telle association. Mais pour des raisons historiques et topographiques, Ayent a également des liens très étroits avec les communes de Grimisuat et d'Arbaz, situées plus à l'ouest, surtout dans le secteur de l'irrigation (LORETAN 1999). Arbaz et Grimisuat dépendent elles-mêmes en partie du bassin versant de la Sionne pour leur approvisionnement en eau. Cette dernière alimente également Savièse en rive droite, commune qui dépend aussi fortement du bassin versant de la Morge pour son approvisionnement en eau potable et d'irrigation. La Morge elle-même alimente la commune de Conthey en rive droite, etc. Ainsi, contrairement aux grandes vallées de la rive gauche du Rhône, on relève sur la rive droite une énorme imbrication des différents bassins versants en ce qui concerne l'alimentation en eau potable et d'irrigation. Cette situation est due à des facteurs avant tout topographiques et d'occupation du sol. En rive gauche du Rhône, où les vallées sont profondes et assez ouvertes, les zones d'habitat se sont concentrées sur les grands versants orientés vers le talweg (ex. Isérables, Hérémente, villages de la rive droite de la Borgne, Val d'Anniviers, etc.). Le versant orienté vers la vallée du Rhône est assez inoccupé en raison de sa situation d'ubac et de fortes pentes instables (tassements). En rive droite du Rhône, les vallées sont beaucoup plus encaissées. Peu de villages sont donc orientés vers le talweg des vallées latérales, à l'image d'Icogne, et la majeure partie des zones d'habitat se concentre sur le versant situé à l'adret de la vallée du Rhône, zone caractérisée par une topographie de dip-slope en paliers. Il en résulte une **solidarité de fait** entre les différentes communes en matière de gestion des eaux beaucoup plus marquée que sur la rive gauche du Rhône.

Pour ces différentes raisons, je propose pour le Haut-Plateau **trois modèles**. Le premier, qui fait primer les caractéristiques d'ordre hydrologique sur celles de type socio-économique, consiste à créer une association intercommunale regroupant toutes les communes de l'adret entre Conthey et Varone et touchant ainsi les bassins versants de la Morge, de la Sionne, de la Liène et de la Raspille (**Association intercommunale de gestion des eaux de l'adret**). Deux raisons ont dicté le choix de la limite occidentale de ce découpage. Conthey constitue la commune-limite de la zone des grands bisses de l'adret du Valais Central. Plus à l'ouest, les bisses sont beaucoup plus petits, voire inexistantes. La seconde raison touche à la localisation des zones

d’habitat. A l’ouest de Conthey, les villages se concentrent sur les cônes de déjection qui raccordent le versant à la Plaine du Rhône, et non sur le coteau lui-même comme c’est le cas entre Conthey et Varone. A l’est, la limite est motivée par des questions linguistique et d’unité hydrographique, la vallée de la Dala (Leukerbad) pouvant être considérée comme une unité de gestion en elle-même.

Un second modèle consiste à créer une association de toutes les communes situées sur le coteau et les cônes de déjection entre Fully et Loèche (**Association intercommunale de gestion des eaux des Hautes Alpes Calcaires**). On fait ici primer les caractéristiques hydrologiques (unités géologique (nappes helvétiques), unité « hydraulique » (terrains calcaires, régime karstique)) sur les facteurs d’ordre socio-économique et politique.

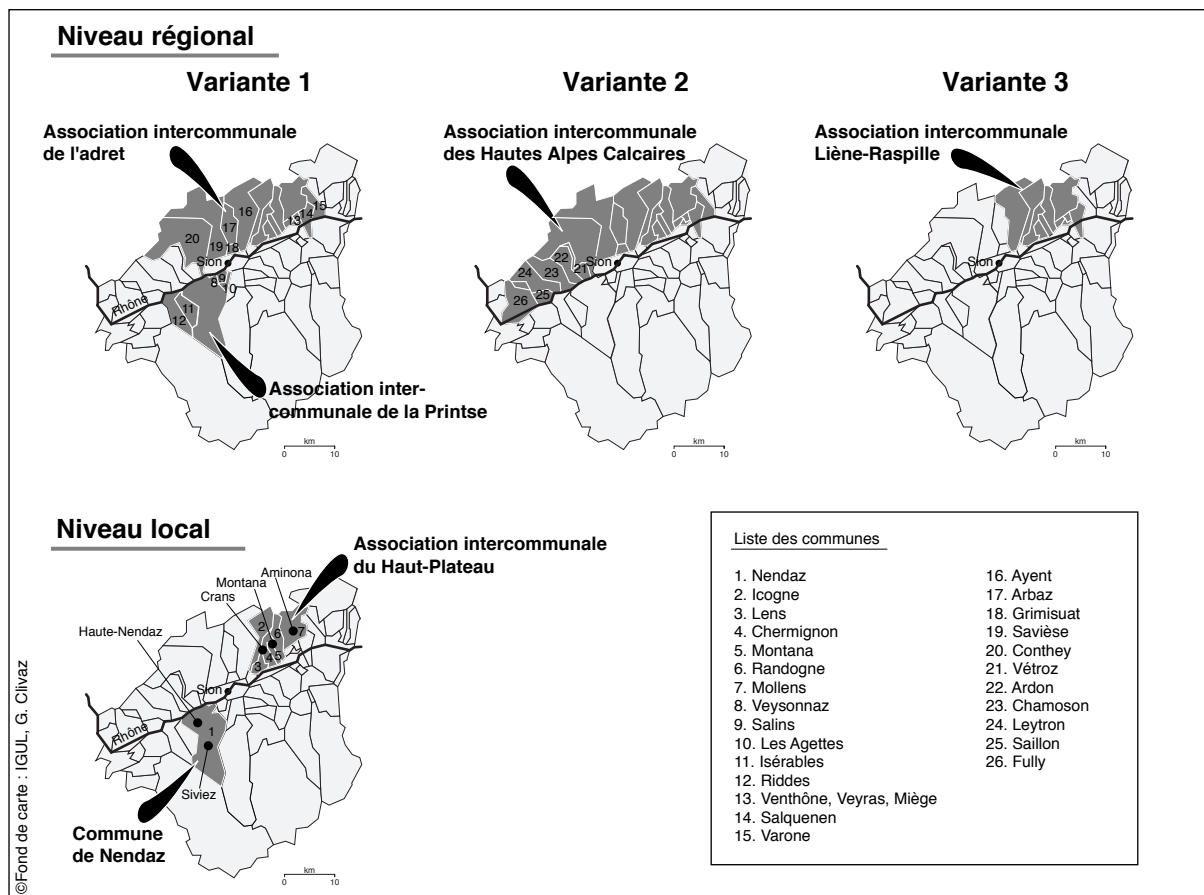


Fig. 8.2 Modèles de régionalisation de la gestion des eaux sur le Haut-Plateau et dans le bassin versant de la Printse.

La troisième variante est une version réduite de la variante 1. L’adret est en effet marqué par une dichotomie économique entre un secteur à vocation touristique hivernale (Haut-Plateau, Anzère) à l’est et un secteur encore peu touristique, sans infrastructures de ski et orienté vers la promotion du tourisme extensif doux (cf. région NAT) à l’ouest (secteur Arbaz-Conthey). Il s’agit ici de découper la région créée dans la variante 1 en deux parties dont la limite est la frontière communale entre Arbaz et Ayent. Ainsi, à l’est de cette limite, la création de

**l'Association intercommunale de gestion des eaux de la Liène à la Raspille** est motivée par des facteurs avant tout économiques, axés vers un développement touristique coordonné.

La proposition de ce type de découpage administratif tenant compte des bassins versants n'est pas nouvelle. Le rapport sur la gestion de l'eau de la Dranse de Bagnes, établi par les Services de la protection de l'environnement et des forces hydrauliques du canton du Valais (SPE/SFH 1992) proposait un découpage de tout le territoire cantonal en 84 **Unités Territoriales de Gestion des Eaux (UTGE)**, chacune de ces unités correspondant à « une zone clairement définie du point de vue géographique (qui recouvre si possible une ligne de partage des eaux), de manière à pouvoir établir un bilan hydrique - et par suite un bilan de gestion des eaux. **Ces limites ne sont pas forcément administratives** » (SPE/SFH 1992). Dans son récent rapport sur la gestion de l'eau dans le canton du Valais, conçu comme une étude de base du Plan directeur cantonal, le Service cantonal de l'aménagement du territoire (SAT 1998) propose une nouvelle gestion des eaux axée sur trois grandes priorités : la professionnalisation de la gestion des eaux, sa **régionalisation** et le passage à une gestion intégrée. Le rapport insiste sur l'intérêt que la régionalisation aurait sur une gestion plus rationnelle des eaux. S'agissant d'un rapport-cadre, cette étude ne propose toutefois pas un découpage concret, se contentant de rappeler qu'une telle régionalisation

*« viserait aussi une rationalisation de la gestion technique, financière et administrative dans une nouvelle entité de gestion des eaux à définir - le bassin versant ».*

Cette proposition n'est toutefois pas reprise de manière claire dans le projet de fiche de coordination G.1/1 « Gestion de l'eau » du plan directeur cantonal. Cette dernière établit une marche à suivre à l'échelon cantonal et communal. Au niveau cantonal (là où devraient se définir ces nouvelles entités de gestion des eaux), le texte de la fiche est libellé comme suit :

*« Le canton :*

1. *Met en oeuvre une politique active de la gestion de l'eau notamment par la création d'un organe de coordination chargé de vérifier que les différents intérêts soient satisfaits à long terme, en particulier par*
  - *la concrétisation des principes de la gestion de l'eau à travers des objectifs mesurables et la fixation d'un programme de mise en oeuvre correspondant, en prenant en considération les évolutions probables, en particulier les changements climatiques;*
  - *la coordination des priorités, des stratégies et des mesures;*
  - *l'observation et le contrôle des stratégies mises en oeuvre;*
  - *l'élaboration et la mise à jour d'une banque de données relatives à la gestion de l'eau;*
  - *l'information de la population sur une gestion appropriée de l'eau et le soutien aux communes dans leurs tâches.*

2. *Veille, pour les projets en relation avec l'eau, en particulier à ce que*
- *l'information, la coordination et l'évaluation des projets soient assurées;*
  - *le requérant fournisse la justification du besoin, ainsi qu'une description détaillée et une évaluation des effets eu égard à une gestion adéquate de l'eau;*
  - *la gestion régionale de l'eau soit favorisée par l'élaboration de plans régionaux de gestion et la réalisation d'ouvrages communs ou s'intégrant à un concept régional ».*

La création formelle d'entités de gestion par bassins versants, telle que suggérée dans le rapport de base, a ainsi été abandonnée au profit d'une approche incitative, donc beaucoup moins contraignante.

Ainsi, le modèle proposé ici se différencie de deux manières par rapport aux propositions formulées à l'échelon cantonal en préalable au plan directeur cantonal. Les entités de gestion à créer à l'échelle régionale se distinguent des UTGE (SPE/SFH 1992) par le fait qu'elles se conçoivent comme des associations intercommunales collant plus ou moins aux limites de bassins versants. Les facteurs naturels pèsent d'un poids moins lourd sur le découpage administratif; par contre la mise en oeuvre du programme est facilitée et assouplie, puisque les bases légales pour la création d'associations intercommunales existent déjà. Le modèle proposé se distingue également du projet du SAT (1998) par son caractère plus concret, directement réalisable. Par contre, il ne faut pas oublier qu'en l'état, il ne s'agit que d'une proposition, sans aucun caractère contraignant. Sans une incitation de la part du canton, un tel projet a très peu de chances de se réaliser, sachant les problèmes de collaboration intercommunale et la « susceptibilité fédéraliste » des communes valaisannes.

Le troisième échelon de gestion est le **niveau cantonal**. Ici, la configuration hydrologique pose très peu de problèmes, puisque les frontières cantonales suivent presque partout les limites du bassin versant du Rhône (à part dans la région du Simplon, dans quelques hautes vallées de la chaîne des Alpes Bernoises et sur la rive droite du Rhône, à l'aval de St-Maurice). Cet échelon de gestion est celui de la définition et de la planification des grands objectifs de gestion, à mettre en oeuvre aux deux échelons inférieurs. Je m'attarderai assez peu sur ce niveau, car le récent rapport du SAT (1998) a développé, sur la base d'un état des lieux très détaillé de la situation actuelle en matière de gestion des eaux au niveau cantonal, toute une série de propositions pour une politique cantonale de gestion de l'eau qui vont clairement dans le sens d'une gestion intégrée et patrimoniale (les auteurs parlent d'une gestion des eaux dans la perspective d'un développement durable). Le profil de la nouvelle gestion des eaux est présenté comme suit (SAT 1998) :

« Une gestion globale doit être à la fois :

- *sectorielle* : *définition de politiques par domaines d'utilisation des eaux, et*

- **intégrée** : par une concertation des différents utilisateurs de l'eau qui permettrait un meilleur usage de la ressource par des solutions optimisées.

Ces gestions, sectorielles et globale, doivent avoir les qualités suivantes :

- **prospectives** : l'ouverture sur le futur offrira au canton l'adaptabilité et la souplesse indispensables au développement durable du canton; la préoccupation face aux répercussions des changements climatiques sur la ressource en eau dans les Alpes figure parmi les priorités de cette vision prospective;
- **plus actives et dynamiques** que réactionnelles : avec une prise en charge précoce des conflits et des problèmes et un encouragement à l'inventivité et la créativité;
- **ouverts sur l'extérieur** : attentives à la situation nationale et internationale, à l'évolution des connaissances scientifiques, techniques [...] ».

Plus loin, on lit que

« au niveau cantonal, une **plate-forme d'échanges** doit se constituer où seront discutés les problèmes et conflits généraux, les concepts et les priorités de la politique cantonale de gestion des eaux, les données et études de base nécessaires, les modalités de coordination, etc. Elle doit regrouper les différentes instances cantonales concernées, et, selon les besoins, les instances faitières des utilisateurs d'eau ».

Le rapport propose également toute une gamme d'outils légaux et administratifs, existants ou à créer, qui permettent de réaliser ces objectifs de gestion intégrée. L'adoption par le Conseil d'Etat de la fiche G.1/1 « Gestion de l'eau » en **mesure arrêtée** sera un moyen important de réaliser les objectifs de coordination.

En conclusion, le modèle à trois échelles de gestion proposé ici s'inscrit parfaitement dans la politique cantonale actuelle en matière de gestion des eaux, pour autant que les propositions formulées par le rapport du SAT (1998), dont les auteurs sont des scientifiques oeuvrant au sein de bureaux privés de gestion du territoire et de l'environnement, soient adoptées au niveau politique.

Mais cette approche, que l'on pourrait appeler « **par le territoire** », si elle permet de limiter les conflits territoriaux et d'intégrer verticalement les organes de gestion, n'apporte par contre pas de solutions aux problèmes intersectoriels. Il faut pour cela adopter une autre **approche, basée sur les acteurs**.

## 8.3 La modification des organes de gestion

Je l'ai mis en évidence au chapitre précédent, la gestion actuelle ne peut pas être considérée comme patrimoniale. Organisée autour de la résolution sectorielle des problèmes à mesure qu'ils se posent, elle ne garantit pas la durabilité du système. Se posent ainsi trois questions : comment passer à une gestion patrimoniale en bien commun, au sens de MONTGOLFIER & NATALI (1987) ? faut-il changer la structure des différents systèmes décrits ci-dessus ? et quelle stratégie faut-il adopter pour impliquer les acteurs ?

Comme l'ont montré MONTGOLFIER & NATALI (1987), dans une gestion de type patrimonial, les pouvoirs de décision sont aux mains d'un ensemble de plusieurs unités de décision qui appliquent des règles négociées de comportement vis-à-vis du patrimoine global. Il ne s'agit donc pas de proposer un modèle centralisé de type mono-acteur, mais un système articulé qui permette la mise en oeuvre des processus de négociation. Dans le système actuel, les prises de décision sont très atomisées : chaque acteur agit individuellement et il n'entre en conflit, en discussion ou en négociation que lorsqu'il empiète sur les droits et les prérogatives d'un autre acteur. Voyons tout d'abord si les structures des systèmes de gestion devraient être changées.

L'étude de cas a montré que les dysfonctionnements de certains systèmes d'utilisation de la ressource en eau sont plus liés à des contingences extérieures (ex. mauvaise échelle de gestion, problèmes territoriaux, raisons historiques, culturelles, etc.) qu'à la structure-même du système. **Il n'y a ainsi pas lieu de modifier la plupart des structures existantes.** Il n'est pas nécessaire de changer le système de distribution de l'eau potable : les solutions peuvent être trouvées dans l'agrégation territoriale. De même, il n'y a pas lieu de modifier les structures de mobilisation privée de la ressource à des fins énergétiques, de production d'eaux minérales et de production de neige artificielle. Les garde-fous existent pour que l'intégrité de la ressource, notamment sa valeur environnementale, soit garantie à long terme (législation environnementale, débits résiduels minimaux, nécessité des études d'impact sur l'environnement, mesures de compensation écologique). Encore faut-il que la législation en vigueur soit appliquée avec diligence. Mais c'est là un problème de fonctionnement et non de structure.

Le seul système qu'il s'agirait à mes yeux de modifier est celui de l'irrigation, qui est après l'hydroélectricité le plus gros consommateur d'eau. Le système des consortages n'est plus en adéquation avec la situation actuelle de l'agriculture. C'est un mode de fonctionnement qui implique un contrôle interne fort (OSTROM 1990) et une participation directe des consorts à la prise de décision. Or, force est de reconnaître qu'actuellement les consorts se démobilisent et le contrôle faiblit, affaiblissant ainsi l'ensemble du système vis-à-vis des autres usagers (ex. hydroélectricité, administrations communales). Il est donc nécessaire de favoriser le regroupement de la distribution de l'eau d'irrigation et de l'eau de boisson au sein d'une même structure de distribution, communale ou intercommunale (voir ci-dessus). Cela permettrait en outre d'apporter un début de solution au problème de

l'arrosage des jardins et pelouses par le réseau d'eau potable. En centralisant les deux types d'approvisionnement, la pression sur les usagers pour qu'ils utilisent une eau de moins bonne qualité pour l'arrosage pourrait se renforcer. La centralisation permettrait également de développer de nouveaux modèles de tarification visant d'une part à rentabiliser les systèmes de distribution et d'autre part à garantir la qualité de la ressource à long terme en instituant des tarifs différenciés selon la qualité de l'eau distribuée. Ce système n'empêche pas que de nouveaux consortiums se créent pour résoudre les nouveaux besoins liés à l'arrosage des jardins et pelouses, comme cela a été mis en évidence à Savèze par HERITIER (1998), ou pour gérer les nouvelles fonctions des bisces (ex. les groupes d'initiatives pour la remise en eau, etc.).

Il s'agit là d'un mode d'intégration des acteurs « **par le bas** ». Il est couronné de succès si la structure mise en place émane d'un besoin précis (ex. remise en eau d'un bisse, consortiums d'irrigation des pelouses d'un quartier, etc.). Mon étude a par contre montré que ce type d'intégration des acteurs « par le bas » ne fonctionne pas en ce qui concerne la gestion globale des ressources en eau. **Les acteurs ne collaborent pas de manière naturelle**. L'incitation doit venir du haut, c'est-à-dire de l'Etat, qui doit créer ces lieux de négociation, ces « arènes parallèles » de discussion et de définition des objectifs communs à tous les acteurs, dont j'ai parlé au chap. 3. Je propose donc le modèle suivant, qui reprend la structure tri-scalaire du modèle de structuration territoriale :

- au **niveau cantonal** : il s'agit du niveau de définition des objectifs généraux, sur la base de la législation fédérale. Les décisions sont prises par le Grand Conseil (législatif) et par le Conseil d'Etat (exécutif). Du point de vue législatif, il s'agit d'édicter une nouvelle loi cantonale sur la gestion des eaux (loi d'application de la LEaux fédérale), en remplacement de la Loi cantonale sur la protection des eaux contre la pollution (1978). Dans cette loi doivent clairement figurer les objectifs de gestion intégrée et patrimoniale des eaux et le principe de la régionalisation de la gestion des eaux. Quant aux outils de gestion, je reprends à mon compte les propositions faites par les auteurs du rapport du SAT (1998). Il faut d'une part que le Conseil d'Etat adopte la proposition de la fiche G.1/1 en mesure arrêtée et d'autre part que soit créé au niveau cantonal une **plate-forme de coordination multi-sectorielle**. A cette plate-forme devraient participer non seulement les différents groupes d'acteurs mis en évidence dans cette recherche (associations faïtières des différents types d'utilisateurs de la ressource, services administratifs concernés, associations de protection de l'environnement, etc.), mais également les acteurs impliqués dans deux fonctions de l'eau que je n'ai pas traitées ici, la fonction biologique et celle liée aux risques naturels. Afin que la loi d'application de la LEaux adopte résolument une approche intégrative et patrimoniale, une telle plate-forme devrait être créée avant la mise en marche du processus de création de la loi. Celle-ci pourrait ainsi devenir la première mission de la plate-forme.
- au **niveau régional** : il s'agit du niveau de définition des objectifs concrets de gestion des eaux. C'est là que se prennent



les décisions en matière de coordination des actes de gestion au niveau local, d'équipement, de création d'infrastructures, etc. C'est ici également que doit être gérée l'information relative à la ressource et aux différents systèmes d'utilisation. Pour les régions touristiques, c'est ici que se résolvent avec le plus de vigueur les problèmes spécifiques aux systèmes touristiques, notamment la question des fluctuations de population. Ces nouvelles entités de gestion sont conçues sous forme d'associations intercommunales. Les bases légales pour leur création existent, mais il faudra veiller que dans les organes décisionnels soient représentés non seulement les différentes communes partenaires, mais aussi les différents secteurs d'utilisation de la ressource en eau. Il s'agit donc d'édicter les bases légales à la création de **comités de bassin**, organes de décision et de gestion au niveau régional, représentant autant les unités territoriales que sectorielles. Ces comités de bassin devraient fonctionner de la même manière que la plate-forme de coordination cantonale. Les représentants sectoriels peuvent être différents de ceux du niveau cantonal, exprimant ainsi les spécificités régionales. Chaque commune partenaire (ou association intercommunale) doit bien sûr être représentée au comité de bassin, auquel il faudra adjoindre des organes administratifs.

- au **niveau local** : cet échelon est celui de la mise en oeuvre des objectifs définis aux niveaux régional et cantonal. Les organes décisionnels existent (Conseil communal, Conseil général, Assemblée primaire), tout comme les organes administratifs (services des eaux). Dans le cas des associations intercommunales (ex. le Haut-Plateau, dans le modèle proposé), les bases légales existent également. Il faudra veiller, à l'intérieur du service des eaux communal, à intégrer toutes les fonctions de l'eau. Un tel service ne devrait pas se limiter à la seule fonction d'approvisionnement en eau potable, comme c'est souvent le cas à l'heure actuelle.

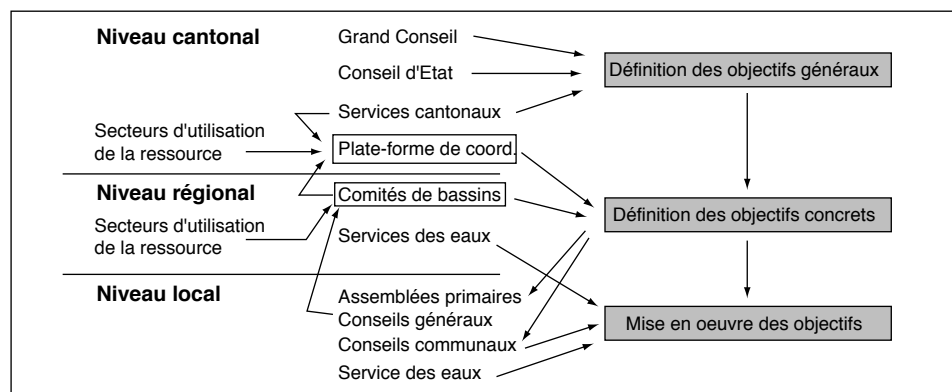


Fig. 8.3 Organes de gestion du modèle tri-scalaire proposé.

## 8.4. Une démarche de planification

---

On l'a vu à travers les deux exemples étudiés dans le cadre de cette recherche, les problèmes existant actuellement sont bien souvent le fruit d'une absence de coordination des objectifs des différents acteurs en présence et d'une planification à long terme des objectifs. Là où un plan directeur a été établi (ex. eau potable, Commune de Nendaz), le système actuel est cohérent et rationnel. Il est ainsi primordial, si l'on veut préserver la ressource à long terme, autant du point de vue quantitatif que qualitatif, et si l'on désire coordonner les objectifs des différents utilisateurs de la ressource en eau, de planifier la gestion de la ressource. Dans ce domaine également, la plupart des outils existent.

Au **niveau cantonal**, cette planification se fait sur la base de la législation sur l'aménagement du territoire, avec comme outil principal le Plan directeur cantonal. Les études de base pour ce plan sont d'une grande utilité. En matière de gestion de l'eau, l'étude de base (SAT 1998) définit de manière exhaustive et précise les objectifs à atteindre et les outils légaux et administratifs à activer. Il faut que la fiche de coordination sur la gestion cantonale de l'eau soit rapidement adoptée en mesure arrêtée par le Conseil d'Etat.

Au **niveau régional**, cet échelon n'existant pas encore, tout est à créer. Je propose qu'une démarche identique à celle du niveau cantonal soit adoptée dans chacune des associations intercommunales de bassin, en tenant compte des particularités locales.

C'est au **niveau local** que l'approche par plan directeur déploie le mieux ses effets, car elle structure fortement le développement et elle répartit les réalisations dans le temps, en tenant compte des priorités. Il s'agit d'un puissant outil de gestion qui permet d'anticiper les problèmes. Cette approche existe déjà au niveau local dans certains secteurs de la gestion de l'eau. Ainsi, depuis l'adoption de la LPEP (1971), les communes ont l'obligation d'établir un Plan directeur de égouts (PDE). Cette politique incitative et subventionnée par la Confédération a porté ses fruits puisque la majeure partie des communes ont établi un système d'évacuation des eaux usées performant. Dans le secteur de l'approvisionnement en eau potable, certaines communes (ex. Nendaz) ont établi avec succès un plan directeur. Finalement, la politique d'aménagement du territoire et son outil de planification locale (plans d'affectation des zones) concerne indirectement la gestion des eaux (par exemple, par la nécessité d'équiper les secteurs affectés en zones à construire). Ces différents plans sectoriels ont en général donné de bons résultats. Il manque toutefois l'adoption d'un **plan directeur global en matière de gestion des eaux**, ce que les auteurs du rapport du SPE/SFH (1992) appellent un « Plan d'affectation et de gestion des ressources en eau » (PAGREau). Un tel plan permettrait de répartir dans le temps la réalisation des objectifs définis par la plate-forme de coordination cantonale et par les comités de bassin et de coordonner la réalisation des plans directeurs sectoriels. Les bases légales pour la création de tels plans directeurs n'existent pas : elles sont à créer dans le cadre de l'élaboration d'une loi cantonale sur la gestion des eaux.

## 8.5 Une meilleure information

---

La mise en oeuvre d'une telle démarche de planification à long terme nécessite toutefois de connaître avec une bonne précision le fonctionnement actuel du système. Mon étude a bien mis en évidence que tel n'est pas le cas dans les deux régions étudiées. Le constat est à peu près identique à l'échelle cantonale (SAT 1998). Ainsi, il manque actuellement une bonne gestion de l'information relative à la ressource en eau et à ses divers usages qui permette de prendre des décisions de gestion rationnelles. La mise sur pied d'un **système de récolte, de structuration, de gestion et de valorisation de l'information relative à l'eau** devient de plus en plus urgente, aux trois échelles de gestion définies ci-dessus. Je propose la mise en oeuvre d'un système d'information organisé autour de trois axes. L'**échelle régionale** étant destinée à devenir le niveau privilégié de définition des objectifs de gestion concrets, l'élaboration et la gestion à long terme d'un tel système d'information devrait se faire à ce niveau intermédiaire.

Le premier axe consiste à mettre sur pied un système rationnel de **collecte de l'information**. Il s'agit tout d'abord de définir clairement quels sont les paramètres utiles à une gestion globale de l'eau et quels sont les moyens de les mesurer (approche quantitative et qualitative). Il faut ensuite créer un réseau de collecte de l'information, viable sur le long terme. Afin de limiter les coûts d'acquisition, on tiendra compte autant que faire se peut des réseaux existants.

Le second axe consiste à mettre sur pied une **statistique thématique** permettant de comprendre l'évolution dans le temps des différents secteurs de la gestion des ressources en eau. Il s'agit ainsi de créer un annuaire statistique de l'eau, les annuaires statistiques existants étant beaucoup trop pauvres en la matière.

Le troisième axe consiste à intégrer ces données dans une **base de données géographiques (BDG)** et à les gérer au moyen d'un **système d'information géographique (SIG) et de systèmes d'aide à la décision** (cf. PRELAZ-DROUZ 1995, JOERIN 1998). Cette approche, qui se pratique déjà au sein du Service cantonal de l'aménagement du territoire (SAT) et dans certains services techniques communaux (cadastre, gestion des réseaux de distribution d'eau potable, etc.) permet de gérer de manière efficace les informations de type spatial et temporel et d'aider à la prise de décision rationnelle de la part des acteurs. L'interrogation de la BDG et la représentation cartographique par le SIG permettent tout d'abord de **décrire le système** et d'en **comprendre le fonctionnement**. La base de données peut être complétée par l'utilisation de modèles mathématiques permettant de simuler le fonctionnement (processus) (JOERIN 1998). A partir de cette description du système, on passe à une seconde phase, celle de la préparation de la décision. Au moyen de systèmes d'**aide à la décision** (ex. méthodes multicritères), il s'agit de définir des **scénarios** parmi lesquels les options de gestion pourront être prises par les acteurs. Il est important que ces derniers soient associés à la définition des critères à prendre en compte, notamment des facteurs subjectifs (JOERIN 1998), dont j'ai montré l'importance dans la gestion actuelle du système Eau dans les deux stations. A partir de ces scénarios, des décisions pourront

ensuite être prises par les organes décrits ci-dessus, principalement les comités de bassin et la plate-forme de coordination cantonale.

## 8.6 Conclusion

---

Les modifications climatiques actuelles et l'intensification de l'anthropisation du système montagnard alpin se combinent pour complexifier fortement la gestion du territoire et des ressources en eau. Même si les conséquences des conflits actuels se limitent pour l'instant à des surcoûts à la charge des consommateurs et des contribuables, il s'agit de jeter dès maintenant les bases d'une gestion plus rationnelle de la ressource en eau, permettant d'**anticiper les problèmes**, d'**élaborer des solutions** et de **choisir en connaissance de cause**, en évitant autant que possible les **conflits territoriaux et intersectoriels**.

Sur la base d'une triple approche, **par le territoire** (agrégation territoriale des organes de gestion), **par les acteurs** (création de nouvelles structures permettant d'intégrer tous les acteurs impliqués dans la gestion) et **par les scénarios** (planification et gestion de l'information dans la perspective de l'aide à la décision des acteurs), le modèle de gestion proposé, inspiré en partie des conclusions du rapport sur la gestion de l'eau dans le canton du Valais établi par le Service de l'aménagement du territoire (SAT 1998), me semble être un outil adéquat pour garantir une **gestion rationnelle, intégrée, patrimoniale et durable de la ressource en eau**. Il tient compte autant du **double volet, naturel** (gestion des ressources) et **anthropique** (gestion des utilisations) de la gestion de l'eau, de la nécessité d'intégrer plusieurs échelles de gestion, de la nécessité de professionnaliser la gestion de l'eau, de la planifier dans le temps et de gérer l'information. Sa mise en oeuvre nécessite peu d'ajustements légaux. Elle ne supprime pas des emplois, mais les réaffecte.

A l'image de ce qui est proposé au niveau cantonal, la réalisation d'un tel projet va dépendre surtout du comportement des élus politiques. Sauront-ils laisser tomber les considérations d'ordre partisan, historique et culturel pour passer à une véritable politique de gestion des eaux, rationnelle et efficace. La balle est dans leur camp !

# Bibliographie et cartes

## Cartes utilisées

Cartes topographiques au 1/25'000 (et feuilles au 1/10'000 correspondantes) :

- 1286 St-Léonard, 1287 Sierre, 1266 Lenk, 1267 Gemmi, 1306 Sion, 1326 Rosablanche

Cartes géologiques publiées :

- Atlas géologique de la Suisse au 1/25'000 :
  - Feuille 32, Gemmi, 1956
  - Feuille 35, St-Léonard, 1959
  - Feuille 41, Lenk, 1962
- Carte géologique spéciale au 1/50'000 N° 60, Hautes Alpes Calcaires, 1910.

Cartes géologiques non publiées (cf. bibliographie ci-dessous) :

- BRUNNER & BIANCHETTI (1984), échelle 1/10'000
- CALAME (1954), échelle 1/25'000
- DECORVET (1988), échelle 1/10'000
- PITTELOUD & GERBER (1988), échelle 1/10'000

Cartes géomorphologiques non publiées (cf. bibliographie ci-dessous) :

- BAUD & HAUSER (1997), échelle 1/10'000
- BRETZ & GIROUD (1993), échelle 1/10'000
- BROCCARD & REY (1997), échelle 1/10'000
- CRITTIN & JUNGO (1998), échelle 1/10'000
- FUMEAUX & GUIMERA (1998), échelle 1/10'000
- GASPOZ (1996), échelle 1/10'000
- GLASSEY (1996), échelle 1/10'000
- MARTINONI & TAMBURINI (1998), échelle 1/10'000
- POLETTI & WASER (1995), échelle 1/10'000
- REYNARD (1996a), échelle 1/10'000

Cartes touristiques :

- Crans-Montana-Aminona, Carte d'excursions, 1/25'000, éditée par les Offices du tourisme de Crans-Montana
- Nendaz, Promenades et excursions, 1/25'000, éditée par l'Office du tourisme de Nendaz

Autres cartes :

- Carte tectonique de la Suisse au 1/500'000, 1976.
- Atlas hydrologique de la Suisse (1992-)

## Références bibliographiques

- ABEGG B. (1996) : *Klimaänderung und Tourismus. Klimafolgenforschung am Beispiel des Wintertourismus in den Schweizer Alpen*, Schlussbericht NFP 31, Zürich, Vdf Hochschulverlag der ETH Zürich.
- ABEGG B., ELSASSER H. (1996) : Klimarisiken aus touristischer Sicht, in : Programmleitung NFP 31 (ed.) : *Klimarisiken - Herausforderung für die Schweizer Wirtschaft*, Zürich, Vdf Hochschulverlag der ETH Zürich, 115-125.
- ABEGG B., FROESCH R. (1994) : Climate change and winter tourism. Impact on transport companies in the Swiss canton of Graubünden, in : BENISTON M. (ed.) : *Mountain environments in changing climate*, London/New-York, Routledge, 328-340.
- ABEGG B., KÖNIG U., MAISCH M. (1994) : Klimaänderung und Gletscherskitourismus, *Geographica Helvetica*, 3, 103-114.
- AELLEN M. (1985) : Niederschlagsbestimmung im vergletscherten Hochgebirge, in SEVRUK B. (ed.) : *Der Niederschlag in der Schweiz*, Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie, Nr. 31, 97-105.
- AELLEN M. (1994) : Jährlich erfasste Gletscheränderungen in den Schweizer Alpen, in: *Gletscher im ständigen Wandel*, Zürich, Vdf Hochschulverlag, Publikationen der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften, 6, 123-146.
- AMMANN H.R. (1995) : Aperçu sur les documents relatifs aux canaux d'irrigation du Haut-Valais à l'époque médiévale (XIII-XVe siècles), *Annales valaisannes*, vol. 70 (1995), pp. 263-280.
- Annalen der Schweizerischen Meteorologischen anstalt*, Zürich, SMA, parution annuelle.
- ANONYME (1956) : Le nouvel aménagement hydroélectrique de la Lienne, *Bull. Murithienne*, 73, 44-55.
- ANTONIETTI T. (1993) : L'esthétique du tourisme. Manifestations de l'industrie des loisirs à Crans-Montana et Zermatt, in ANTONIETTI T., MORAND M.C. (ed.) : *Mutations touristiques contemporaines. Valais 1950-1990*, Sion, Musées cantonaux du Valais, .
- ARGAND E. (1911) : *Les nappes de recouvrement des Alpes Pennines et leurs prolongements structuraux*, Matériaux pour la carte géologique de la Suisse, Nlle série, 113.
- ARLETTAZ S. (1996) : *Transformations de l'agrosystème fullierain de 1915 à nos jours et mutations paysagères de la zone du vignoble de 1950 à 1996*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Mémoire de licence non publié.
- ASAE (1949) : *Guide de l'économie hydraulique et de l'électricité de la Suisse*, Zürich, Association suisse pour l'aménagement des eaux, 2 vol.
- Atlas hydrologique de la Suisse*, Berne, Service hydrologique et géologique national, 1992-.
- AVTP (1996) : *Sentiers valaisans : les Bisses, die Suomen, Sion*, Association valaisanne de tourisme pédestre.
- BABAIANTZ, C. (1993) : Le projet Cleuson-Dixence, *Industrie + Technique/Revue technique suisse*, 6, 37-52.
- BADER N. (1994) : *Les sources thermales exploitées dans le canton de Vaud et le Valais central : thermalisme et crénothérapie*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Mémoire de licence non publié.
- BADER S. (1990) : *Die Modellierung von Nettobilanzgradienten spätglazialer Gletscher zur Herleitung der damaligen Niederschlags- und Temperaturverhältnisse - dargestellt an ausgewählten Beispielen aus den Schweizer Alpen*, Zürich, Physische Geographie, vol. 31.
- BADER S., KUNZ P. (1998) : *Climat et risques naturels - La Suisse en mouvement*, Zürich, Vdf Hochschulverlag der ETH Zürich, Genève, Georg.
- BADOUX H. (1946) : *L'Ultra-helvétique au Nord du Rhône valaisan*, Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse, Nouvelle série, 85ème livraison.
- BADOUX H. (1963) : Les unités ultrahelvétiques de la Zone des Cols, *Eclogae geol. Helv.*, 56/1, 1-13.
- BADOUX H. (1982) : Des événements de Zeuzier et de la galerie du Rawyl RN6, *Bull. technique de la Suisse Romande*, SIA, 12, 155-167.
- BADOUX H., BONNARD E.G., BURRI M. (1959) : *Atlas géologique de la Suisse. Feuille 35, St-Léonard. Notice explicative*, Berne, Commission géologique suisse.
- BAERISWYL P.A., REBETEZ M. (1997) : Regionalization of precipitation in Switzerland by means of Principal Components Analysis, *Theor. Appl. Climatol.*, 58, 31-41.
- BAERISWYL P.A., REBETEZ M., WINISTÖRFER A., ROTEN M. (1997) : *Répartition spatiale des modifications climatiques dans le domaine alpin; Rapport final PNR 31*, Zürich, Vdf Hochschulverlag der ETH Zürich.
- BAGNOUD A., WERNLI R., SARTORI M. (1998) : Découverte de foraminifères planctoniques paléogènes dans la zone de Sion-Courmayeur à Sion (Valais, Suisse), *Eclogae geol. Helv.*, 91, 421-429.
- BAGNOUD C.A. et al. (1985) : *La fusion des communes, une utopie? La collaboration des communes, une nécessité!*, Crans-Montana, Jeune chambre économique.
- BAGNOUD M., BARRAS F.A. (1980) : *Crans-sur-Sierre, Montana-Vermala (Suisse)*, Sierre, CRA Ed.
- BANDYOPADHYAY J., RODDA J.C., KATTELMANN R., KUNDZEWICZ Z.W., KRAEMER D. (1997) : Highland waters - a resource of global significance, in : MESSERLI B., IVES J.D. (ed.) : *Mountains of the World. A global priority*, New York, The Parthenon Publishing Group, 131-155.
- BARDE J.P. (1994) : Douze critères pour choisir un instrument de politique environnementale, *Ecodécision*, 11, 32-35.

- BARGE O., JOLIVEAU T. (1996) : Démarche territoriale et systèmes d'information géographique pour une gestion concertée de l'eau, *Rev. de Géographie de Lyon*, 71, 297-309.
- BARRAS C.V. (1987) : *Le développement régional à motricité touristique. De la région polarisée à la région-système*, Fribourg, Ed. Universitaires, Série Documents économiques, N° 33.
- BARRAS D., CRETZAZ G., LEGER J.B., REY E. (1994) : *L'impact économique-social du « Canon European Masters » de Crans-Montana sur le tourisme régional*, Université de Lausanne, Ecole des HEC, Unité d'enseignement et de recherche en tourisme.
- BARRAS E. (1986) : La séparation des communes, in: DUC R., BARRAS E., BARRAS M. (Ed.) : *La Bourgeoisie de Chermignon. Son histoire*, Sierre, Impr. Schoechli, 29-41.
- BARRAS M. (1988) : *La communauté de Chermignon d'en Bas*, Montana, Impr. Bachmann.
- BARRAS M. (1995) : *Les bisses de l'Ancien Lens*, Sierre, Le livre à la Carte.
- BARRAS V. (1994) : Histoire d'une station climatérique, Montana, Canton du Valais, *Revue médicale de la Suisse romande*, 114, 361-371.
- BARROW C.J. (1995) : *Developing the environment. Problems and management*, Harlow, Longman.
- BARRUET J., GERBAUX F., ZUANON J.P. (1984) : La politique de la montagne: entre le changement et la continuité ?, *Revue de géographie alpine*, 72/2-3, 329-346.
- BARRY R.G. (1992) : *Mountain weather and climate*, London, Routledge, 2nd ed.
- BARRY R.G. (1994) : Past and potential future changes in mountain environments. A review, in : BENISTON M. (ed.) : *Mountain environments in changing climate*, London/New-York, Routledge, 3-33.
- BARSCHE D. (1977) : Nature and importance of mass-wasting by rock glaciers in alpine permafrost environments, *Earth Surface Processes*, 2, 231-245.
- BARSCHE D. (1987) : The problem of the ice-cored rock glaciers, in *Rock glaciers*, Boston, Allen & Unwin, 45-53.
- BARSCHE D. (1996) : *Rockglaciers. Indicators for the present and the former geocology in high mountain environments*, Berlin, Springer Verlag.
- BAUD M. (1998) : *Eau d'irrigation, eau atout touristique : les bisses valaisans à l'interface entre agriculture et tourisme. Perspectives de développement durable dans une région de montagne à l'aube du XXIe siècle*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Mémoire de licence (non publié).
- BAUD M., HAUSER K. (1997) : *Levé géomorphologique de la région de Cleuson (Val de Nendaz)*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Levé de terrain, non publié.
- BAUMGARTNER A., REICHEL E., WEBER G. (1983) : *Der Wasserhaushalt der Alpen*, München/Wien, Oldenburg Verlag, 2 vol.
- BAUMGARTNER M.F., APFL G. (1994) : Monitoring snow cover variations in the Alps using the Alpine Snow Cover Analysis System (ASCAS), in : BENISTON M. (ed.) : *Mountain environments in changing climate*, London/New-York, Routledge, 108-120.
- BENISTON M. (1994a) (ed.) : *Mountain environments in changing climate*, London/New-York, Routledge.
- BENISTON M. (1994b) : Climate scenarios for mountain regions. An overview of possible approaches, in : BENISTON M. (ed.) : *Mountain environments in changing climate*, London/New-York, Routledge, 136-152.
- BENISTON M. (1996) : Les impacts globaux des changements climatiques, in : Programmleitung NFP 31 (ed.) : *Klimarisiken - Herausforderung für die Schweizer Wirtschaft*, Zürich, Vdf Hochschulverlag der ETH Zürich, 25-38.
- BENISTON M., FOX D.G. (1996) : Impacts of Climate Change on mountain regions, in : IPCC (ed.) : *Climate Change 1995. Impacts, adaptations and mitigation of Climate Change : scientific-technical analyses*, Cambridge, Cambridge University Press, 191-213.
- BENISTON M., REBETEZ M. (1996) : Regional behavior of minimum temperatures in Switzerland for the period 1979-1993, *Theoretical and Applied Climatology*, 53, 231-243.
- BENISTON M., REBETEZ M., GIORGI F., MARINUCCI R. (1994) : An analysis of regional climate change in Switzerland, *Theoretical and Applied Climatology*, 49, 135-159.
- BENISTON M., TOL R.S.J. (1998) : Europe, in : WATSON et al. (ed.) : *The regional impacts of Climate Change. An assessment of vulnerability*, A special report of IPCC working group II, Cambridge, Cambridge University Press, 149-185.
- BENNETT R.J., CHORLEY R.J. (1978) : *Environmental systems : philosophy, analysis and control*, London, Methuen.
- BERNEY C. (1997) : *Evolution de l'enneigement dans les Alpes suisses au cours du XXe siècle*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Mémoire de licence (non publié).
- BERTHOD C. (1996) : *Aminona Réservoir. Etude géologique et avis hydrogéologique sur un emplacement envisagé pour la construction d'un bassin d'accumulation d'eau*, Téléminona SA, rapport non publié.
- BERTHOD C. (1997) : *Possibilité d'alimentation en eau pour l'enneigement artificiel, par accumulation d'eau de fonte*, Téléminona SA, rapport non publié.
- BETHEMONT J. (1977) : *De l'eau et des hommes. Essai géographique sur l'utilisation des eaux continentales*, Paris, Bordas.
- BIANCHETTI G. (1993a) : Hydrogéologie et géothermie des venues d'eau du tunnel du Rawil (Valais, Suisse), *Bull. du CHYN*, 12, 87-109.
- BIANCHETTI G. (1993b) : *Etude hydrogéologique des forages de Vermala*, Commune de Randogne, rapport non publié, novembre 1993.
- BIELER P.L. (1978) : Le paléoclimat de la région de Nendaz : nouvelles interprétations au sujet du réchauffement post-würmien, *Bull. Murithienne*, 95, 9-20.
- BILLET J. (1982) : L'eau dans la région grenobloise et son utilisation. Bilan et problèmes de conservation d'un patrimoine, *Rev. Géogr. Alpine*, 70/1-2, 181-194.

- BINER W., BITTEL P. (1992) : *Gemeinde Zermatt. Zahlen und Fakten*, Zermatt, Gemeindeverwaltung.
- BLACHE J. (1933) : *L'homme et la montagne*, Paris, Gallimard.
- BLOTNITZKI L. (1871) : *Über die Bewässerungskanäle in den Walliser-Alpen*, Bern.
- BONVIN J.M., DAYER G., BEZINGE A. (1992) : Glaciologie et production hydroélectrique en Suisse, *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 15, 59-66.
- BONVIN N. (1994) : *La lutte contre la tuberculose dans le canton du Valais (1928-1961). Freins et moteurs*, Université de Fribourg, Faculté des Lettres, Mémoire de licence, non publié.
- BONVIN V., BENDER D. (1998) : *Modifications anthropiques du territoire : les bisses d'Ayent, des Audannes et de Sion*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Levé de terrain, non publié.
- BOUËT M. (1948) : L'insolation en Valais, *Bull. de la Murithienne*, 65, 82-94.
- BOUËT M. (1950) : La pluie en Valais, *Bull. de la Murithienne*, 67, 1-22.
- BOUËT M. (1960) : Pluie, neige, brouillard et orage dans le Valais central, *Bull. de la Murithienne*, 77, 8-19.
- BOUËT M. (1978a) : La région du sud-ouest ou Romandie, in *Regionale Klimabeschreibung, 1. Teil : Gesamtübersicht, Westschweiz, Wallis, Jura und Juranordfuss sowie Mittelland*, Zürich, SMZ, Serie Klimatologie der Schweiz, Heft 18, 45-87.
- BOUËT M. (1978b) : Le Valais, in *Regionale Klimabeschreibung, 1. Teil : Gesamtübersicht, Westschweiz, Wallis, Jura und Juranordfuss sowie Mittelland*, Zürich, SMZ, Serie Klimatologie der Schweiz, Heft 18, 88-114.
- BOUËT M. (1985) : *Climat et météorologie de la Suisse romande*, Lausanne, Payot, 2ème éd.
- BOURBAN P. (1982a) : *Commune de Nendaz. Eaux potables 1965-1982*, Rapport Bureau technique André Bonvin, Sion, mars 1982, non publié.
- BOURBAN P. (1982b) : *Commune de Nendaz. Eaux potables : travaux prévus selon projet général*, Rapport Bureau technique André Bonvin, Sion, juillet 1982, non publié.
- BOURBAN P. (1989a) : *Approvisionnement en eau potable de la commune de Nendaz et des chantiers « EOS » dans le cadre du projet « Cleuson-Dixence »*, Rapports A à D, Bureau technique André Bonvin, Sion, mai 1989, non publié.
- BOURBAN P. (1989b) : *Approvisionnement en eau potable de la commune de Nendaz et des chantiers « EOS » dans le cadre du projet « Cleuson-Dixence »*, Rapport complémentaire, Bureau technique André Bonvin, Sion, juillet 1989, non publié.
- BRAS C., LE BERRE M., SGARD A. (1984) : La montagne, les géographes et la géographie. Contribution à l'étude du langage des géographes d'après la Revue de Géographie Alpine (1943-1982), *Rev. de géogr. alpine*, 72/2-3, 141-153.
- BRATT G. (1995) : *The bisses of Valais. Man-made watercourses in Switzerland*, Gerrards Cross, G. Bratt.
- BRAUN V., WEBER J. (1998) : *L'eau et les activités touristiques dans les Alpes : les stations thermales*, Lausanne, Institut de Géographie, Travail de séminaire, non publié.
- BREILING M., CHARAMZA P. (1994) : Localizing the threats of climate change in mountain environments, in : BENISTON M. (ed.) : *Mountain environments in changing climate*, London/New-York, Routledge, 341-365.
- BRETZ N., GIROUD M. (1993) : *Géomorphologie du Mont Gelé (Valais)*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Levé de terrain, non publié.
- BRIDEL L. (1970) : *Géographie du tourisme dans le canton de Vaud*, Lausanne, Office cantonal vaudois de l'urbanisme, Cahiers de l'aménagement régional, Vol. 8, 2 t.
- BRIDEL L. (1996) : *Manuel d'aménagement du territoire pour la Suisse romande*, Genève, Georg.
- BROC N. (1984) : Le milieu montagnard : naissance d'un concept, *Revue de géographie alpine*, 72/2-3, 125-137.
- BROC N. (1991) : *Les montagnes au siècle des Lumières : perception et représentation*, Paris, Ed. du C.T.H.S., 2ème éd.
- BROCCARD A., REY O. (1997) : *Levé géomorphologique de la région de la Tièche*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Levé de terrain, non publié.
- BROGGI M.F., WILLI G. (1990) : *Enneigement artificiel et conflits d'intérêts*, Vaduz/Chambéry, CIPRA/ICALPE, Petite série documentaire CIPRA N° 3/89.
- BRUNET R., FERRAS R., THERY H. (1993) : *Les mots de la géographie. Dictionnaire critique*, Montpellier-Paris, GIP RECLUS et La Documentation française, 3ème édition.
- BRUNNER P., BIANCHETTI G. (1984) : *Géologie de la région située au nord de Sierre (VS) entre Mollens et le Glacier de la Plaine Morte*, Université de Lausanne, Dipl. de géologie, non publié.
- BRUTTIN E. (1931) : *Essai sur le statut juridique des consortages d'alpages valaisans*, Université de Lausanne, Faculté de droit, thèse de doctorat.
- BURRI M. (1955) : La géologie du quaternaire aux environs de Sierre, *Bull. de géologie Lausanne*, 114.
- BURRI M. (1983) : Le front du Grand St-Bernard du Val d'Hérens au Val d'Aoste, *Eclogae geol. Helvetiae*, 76/3, 469-490.
- BURRI M. (1987) : *Les roches*, Martigny, Pillet, Coll. Connaître la nature en Valais.
- BURRI M. (1997) : Géologie récente de Finges et de ses environs (VS), *Bull. de la Murithienne*, 115, 5-27.
- CALAME J.J. (1954) : *Etude géologique de la région de Nendaz*, Université de Genève, Faculté des Sciences, Thèse, N° 1171.
- CAMPICHE M.P. (1986) : *Cartographie et étude des phénomènes périglaciaires dans les Hautes Alpes Calcaires*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Mémoire de licence, non publié.
- CANS R. (1994) : *La bataille de l'eau*, Paris, Le Monde-Editions.
- CARRARD M. (1990) : L'épuration des eaux usées en Suisse, *Mémoires of the 22nd Congress of IAH*, Vol. XXII, Lausanne, 1990, 1164-1172.



- CASANOVA M. (1995) : «Cum ergiaret...», scène d'irrigation à Bagnes au XIVe siècle, in: Actes du colloque international sur les bisesses, Sion, 15-18 septembre 1994, *Annales valaisannes*, 2ème série, 70, 315-322.
- CHADEFAUD M. (1987) : *Aux origines du tourisme dans les Pays de l'Adour. Du mythe à l'espace : un essai de géographie historique*, Université de Pau, Département de Géographie et d'Aménagement, N° spécial des Cahiers de l'Université.
- CHEVALLIER J.J. (1983) : *Une approche systématique des systèmes d'information du territoire et de leur intégrité*, Lausanne, EPFL, Thèse N° 502.
- CHORLEY R.J., KENNEDY B.A. (1971) : *Physical geography. A systems approach*, London, Prentice-Hall International.
- CIPRA (1998) : *Premier rapport sur l'état des Alpes. Données, faits, problèmes, esquisses de solutions*, Aix-en-Provence, Edisud.
- CLAVIEN F. (1981) : *Zones de protection provisoire des eaux souterraines de la Noble et Louable Contrée VS 1459*, Sion, Service de la Protection de du Canton du Valais, rapport non publié.
- CLAVIEN F. (1991) : *Zones de protection des sources alimentées par les bassins versants de Cry d'Er, Bella Lui, Petit Bonvin. Etude hydrogéologique régionale*, Sion, F. Clavien Géotechnique Hydrogéologie, rapport non publié.
- CLIVAZ C. (1995) : *Tourisme et environnement dans l'espace alpin à l'exemple de la station de Crans-Montana-Aminona*, Université de Genève, Faculté des Sciences économiques et sociales, Diplôme d'études supérieures en management et analyse des politiques publiques, non publié.
- CLIVAZ P. (1990) : *Histoire de l'Hôtel du Golf et des Sports, 1914-1990, Crans-Montana (Suisse)*, s.l.
- COLLIN J.J. (1991) : L'eau souterraine, un patrimoine à gérer en commun. Compte-rendu et synthèse du colloque organisé par le BRGM en 1990 à Paris, *Hydrogéologie*, 1991/2, 125-131.
- Comité d'initiative pour la remise en eau du Grand Bisse de Vex (1991) : *Aménagement du Grand Bisse de Vex. Dossier d'information*, Sion, non publié.
- Comité d'initiative pour la remise en eau du Grand Bisse de Vex (1996) : *Grand Bisse de Vex venant de Nendaz. Réalisation de la 1ère et de la 2e étapes - 6 km Mayens-de-Sion - Ojintse*, Sion, non publié.
- Comité d'initiative pour la remise en eau du Grand Bisse de Vex (1997) : *Grand Bisse de Vex venant de Nendaz*, Sion, non publié.
- Communauté des bureaux d'ingénieur MONTANI, RUDAZ, TEYSSIERE et CANDOLFI (1991) : *Aménagement des eaux de la Raspille. Eau potable: interconnexion des réseaux existants. Avant-projet*, Sierre,, non publié.
- Commune de Lens (1984) : *L'Ancien Lens. Le régime de ses eaux*, Lens, Commune de Lens.
- Commune de Nendaz, Service technique (1971) : *Projet général d'eau potable*, Dossier d'information envoyé aux citoyens de la commune, Nendaz, mai 1971, non publié.
- Commune de Nendaz, Service technique (1985) : *Réseaux d'eau potable. Prélèvements. Analyses bactériologiques*, Nendaz, juin 1985 (modifié en août 1991 et mars 1992), rapport non publié.
- CONNÉ O. (1991) : *La Contrée de Sierre, 1302-1914*, Sierre, Monographic.
- Consortium d'ingénieurs REY-FAVRE-BONVIN-CORDONNIER (1984) : *Etude de faisabilité aménagement hydraulique du vallon de l'Ertentse*, Crans-Montana, 1983-84, non publié.
- COPPEY B., MASSEREY P.A., ROUVINEZ G. (1986) : *Crans-Montana. Un siècle de développement*, Ecole polytechnique fédérale de Zürich, Dipl. d'architecture, non publié.
- COTRAO (1994) : *Bilan de l'hiver 1993/94 dans les Alpes occidentales*, Le Bourget, Mission Développement Prospective (Savoie).
- COURTHION L. (1920) : *Les bisesses du Valais*, L'Echo des Alpes, 7-8, 197-225.
- CRETTAZ B. (1991) : Découverte et manipulation de la Nature. Science et pratiques de la Nature et des Alpes du XVIIIe siècle à nos jours, in: *Gli uomini e le Alpi*, Atti del Convegno Torino 6-7 ottobre 1989, Torino, Regione Piemonte, 243-256.
- CRETTAZ B. (1993) : *La beauté du reste*, Genève, Zoé.
- CRETTAZ B. (1995) : Autour du bisse. Pour une problématique globale, in : Actes du colloque international sur les bisesses, Sion, 15-18 septembre 1994, *Annales valaisannes*, 2ème série, 70, 17-32.
- CRETTOL M. (1998) : *Gestion et préservation des bisesses du Valais*, Lausanne, IDHEAP, Travail de diplôme en administration publique, non publié.
- CRETTOL M., JEANNERET B. (1998) : *Les bisesses : une ressource traditionnelle en transition. Essai d'analyse d'un système de gestion*, Lausanne, IDHEAP, Mémoire de séminaire en politique de l'environnement, non publié.
- CRITIN C., JUNGO S. (1998) : *Levé géomorphologique de la région de la Dent de Nendaz*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Levé de terrain, non publié.
- CRIVELLI R. (1994) : Rationalité et vie quotidienne en montagne : un regard historique, *Revue de géographie alpine*, 82/3, 95-106.
- CROOK D.S. (1997) : *Sustainable mountain irrigation? The Bisesses of the Valais, Switzerland. A holistic appraisal*, University of Huddersfield, PhD.
- CROZIER M., FRIEDBERG E. (1977) : *L'acteur et le système*, Paris, Seuil.
- CUNHA A. (1993) : *Développement territorial, régions et centralité urbaine : le cas de la Suisse*, Thèse, Université de Lausanne.
- de CARMANTRAND (1991) : Gérer et économiser l'eau en agriculture : l'enseignement de la sécheresse 1989-90, in : ASPE C. (ed.) : *Chercheurs d'eau en Méditerranée*, Paris, Ed. du Félin, 151-163.
- de CHASTONAY P. (1942) : *Sierre et son passé*, Sierre, Impr. Amacker.
- de MONTGOLFIER J., NATALI J.M. (1987) : *Le patrimoine du futur. Approches pour une gestion patrimoniale des ressources naturelles*, Paris, Economica.
- de ROSNAY J. (1975) : *Le macroscopie. Vers une vision globale*, Paris, Seuil.
- de SAINTIGNON M.F. (1976) : Décroissance des températures en montagne de latitude moyenne : exemple des Alpes françaises du Nord, *Rev. de géographie alpine*, 64, 484-494.

- DEBARBIEUX B. (1988) : Chamonix vers 1860. Stratégies d'appropriation de la haute montagne, *Le Monde alpin et rhodanien*, 16/1-2, 197-204.
- DEBARBIEUX B. (1989) : « Au point où j'ai compris que les montagnes ne sont pas des montagnes... », *Revue de géographie alpine*, 77/1-2-3, 9-12.
- DEBARBIEUX B. (1995) : *Tourisme et montagne*, Paris, Economica.
- DECORVET R. (1988) : *La géologie de Cleuson. Etude stratigraphique, pétrographique et tectonique de la nappe du Mont Fort dans le versant Est du Val de Nendaz*, Université de Lausanne, Dipl. de géologie et minéralogie, non publié.
- DECORVET R. (1992) : Etude des sources de la région de Crans-Montana (Valais, Suisse) et rôle des calcaires du Malm dans leur alimentation, in: *Cinquième colloque d'hydrologie en pays calcaire*, Neuchâtel, 16-17-18 octobre 1992, *Annales scientifiques de l'Université de Besançon*, Mémoire hors série N° 11, 25-33.
- DECOUTERE S. (1994) : Gestion du PPP : l'intérêt d'une approche stratégique, in : RUEGG J., DECOUTERE S., MÉTTAN N. (ed.) : *Le partenariat public-privé. Un atout pour l'aménagement du territoire et la protection de l'environnement*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 245-260.
- DEFERT P. (1980) : Essai systématique d'un inventaire des ressources touristiques, *Revue de tourisme*, 1, 16-18.
- DEFILA C. (1984) : Mittlere jährliche Niederschlagsmengen, in *Atlas climatologique de la Suisse*, Wabern, Office fédéral de topographie, pl. 10.1.
- DELALOYE L. (1973) : L'ancien bisse de Saxon, *Annales valaisannes*, 2ème série, 48, 84-98.
- DELALOYE R., REYNARD E. (1998) : *Cartographie du pergélisol à l'aide de mesures géoélectriques. Chassoure/Les Lapires (Nendaz)*, 11-12 août 1998, Fribourg/Lausanne, Instituts de Géographie des Universités de Fribourg et Lausanne, rapport non publié.
- DELEZE G. (1996) : *L'influence du milieu naturel sur la pratique du ski de piste. L'exemple de Nendaz (VS)*, Université de Fribourg, Institut de Géographie, Travail de diplôme, non publié.
- DELEZE P. (1931) : Nendaz sous les Hauts-Valaisans, *Annales Valaisannes*, 2ème série, 3, 65-70.
- DESLARZES B. (1995) : *Verbier et Bagnes dans le deuxième tiers du XXe siècle : tourisme et mutations d'une vallée alpine*, Université de Fribourg, Faculté des Lettres, Mémoire de licence en histoire contemporaine, non publié.
- DESLARZES B. (1998) : *Verbier, tourisme et mutations 1930-1960*, Fribourg, Ed. Faim de Siècle.
- DORTHE-MONACHON C. (1993) : *Etude des stades tardiglaciaires des vallées de la rive droite du Rhône entre Loèche et Martigny*, Lausanne, Institut de Géographie, Série Travaux et Recherche, N° 10.
- DÖSSEGGER R., MÄDER F. (1985) : Daten und ihre klimatologische Bearbeitung, in SEVRUK B. (ed.) : *Der Niederschlag in der Schweiz*, Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie, Nr. 31, 50-64.
- DOUGUEDROIT A., de SAINTIGNON M.F. (1970) : Méthode d'étude de la décroissance des températures en montagne de latitude moyenne : exemple des Alpes françaises du Sud, *Rev. de géographie alpine*, 72/2-3, 225-240.
- DOUGUEDROIT A., de SAINTIGNON M.F. (1984) : Les gradients de température et de précipitations en montagne, *Rev. de géographie alpine*, 72/2-3, 225-240.
- DROSERA (1999) : *Pool des remontées mécaniques de Crans-Montana. Planification globale des installations d'enneigement artificiel*, Crans-Montana-Aminona, Pool des remontées mécaniques, rapport non publié.
- DUBUIS P. (1990) : *Une économie alpine à la fin du Moyen Age. Orsières, l'Entremont et les régions voisines*, Sion, Cahiers de Vallesia, N° 1, 2 vol.
- DUBUIS P. (1994) : *Le jeu de la vie et de la mort. La population du Valais (XIVe-XVIe siècles)*, Lausanne, Cahiers lausannois d'histoire médiévale, N° 13.
- DUBUIS P. (1995) : Bisse et conjoncture économique. Le cas du Valais au XVIe et XVIIe siècles, in: Actes du colloque international sur les bisses, Sion, 15-18 septembre 1994, *Annales valaisannes*, 2ème série, 70, 39-46.
- DUBULLUIT P., FIGLIOZZI F., ROSERENS C. (1998) : *L'eau et les paysages ruraux : les bisses du Valais*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Travail de séminaire non publié.
- DUC R. (1986) : Les temps anciens, in DUC R., BARRAS E., BARRAS M. (ed.) : *La Bourgeoisie de Chermignon. Son histoire*, Sierre, Impr. Schoechli, 17-28.
- DUCOS B. (1992) : La gestion des ressources en eau et la sécheresse de 1989 dans les Alpes du Nord : l'exemple des montagnes et vallées de l'Isère, *Rev. de Géog. alpine*, 80/1, 65-79.
- DUMONT C., GILBERT D., LESTOURNELLE R. (1995) : *Les canaux d'irrigation du Briançonnais. Première partie : techniques anciennes*, St-Chaffrey, Société géologique et minière du Briançonnais.
- DUPONT C. (1992) : Fondements théoriques de la négociation: dimensions et perspectives, in: RUEGG J., MÉTTAN N., VODOZ L. (ed.) : *La négociation. Son rôle, sa place dans l'aménagement du territoire et la protection de l'environnement*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 193-209.
- EGGS C. (1990) : *Etude de la gestion des déchets en Valais - Collectes communales*, Lausanne, EPFL-IGE, Rapport non publié.
- EICHENBERGER E. (1940) : *Beitrag zur Terminologie der Walliser « bisses »*, Aarau, Sauerländer.
- Ergebnisse der täglichen Niederschlagsmessungen an der Meteorologischen und Regenmess- Stationen der Schweiz (Valeurs journalières des précipitations)*, Zürich, SMA, parution annuelle.
- ERHARD-CASSEGRAIN A., MARGAT J. (1982) : *Introduction à l'économie générale de l'eau*, Paris, Masson.
- ESCHER A. (1988) : *Structure de la nappe du Grand Saint-Bernard entre le val de Bagnes et les Mischabel*, Berne, Service hydrologique et géologique national, Rapports géologiques N° 7.

- FALKENMARK M. (1977) : Water and mankind. A complex system of mutual interactions, *Ambio*, 6/1, 3-9.
- FATHI. (1991) : *L'hiver dans une station touristique d'altitude. Etude climatologique du cas de Montana (Valais)*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Mémoire de licence (non publié).
- FERRY L. (1992) : *Le nouvel ordre écologique. L'arbre, l'animal et l'homme*, Paris, Grasset.
- FITZHARRIS B.B. (1996) : The cryosphere : changes and their impacts, in : IPCC (ed.) : *Climate Change 1995. Impacts, adaptations and mitigation of Climate Change : scientific-technical analyses*, Cambridge, Cambridge University Press, 241-265.
- FÖHN P. (1985) : Besonderheiten des Schneeniederschlags, in SEVRUK B. (ed) : *Der Niederschlag in der Schweiz*, Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie, Nr. 31, 87-96.
- FÖHN P. (1990) : Schnee und Lawinen, in : *Schnee, Eis und Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre*, Internationale Fachtagung, 11. Mai 1990, Zürich, Mitteil. der VAW-ETH Zürich, 108, 33-48.
- FÖHN P. (1991) : Les hivers de demain seront-ils blancs comme neige ou verts comme les prés, *Arguments de la Recherche*, 3, 3-11.
- FOURNIER J.P. (1985) : *Vingt ans de tourisme à Haute-Nendaz : étude des incidences socio-culturelles*, Genève, Institut d'études sociales, Travail de diplôme, non publié.
- FUMEAUX D., GUIMERA J. (1998) : *Levé géomorphologique de la région St-Laurent - Rosablanche*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Levé de terrain, non publié.
- FURRER H. (1949) : Die Geologie des Mont Bonvin nördlich Sierre. Wallis, *Eclogae Geol. Helvetiae*, 42/1, 13-21.
- FURRER H. (1962) : *Geologischer Atlas der Schweiz. Blatt 32, Gemmi. Erläuterungen*, Bern, Schweizerische geologische Kommission.
- GANTAR P. (1998) : La Convention alpine - un contrat international pour un développement durable, in : CIPRA (ed.) : *Premier rapport sur l'état des Alpes*, Aix-en-Provence, Edisud, 374-381.
- GASPOZ A. (1996) : *Levé géomorphologique de la région de Siviez (Val de Nendaz)*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Levé de terrain N° 240, non publié.
- GASSER F. (1992) : *Commune de Randogne : adduction d'eau, rapport technique, note de calculs*, Diplôme Ecole d'ingénieurs de Fribourg, non publié.
- GENOUD A.F. (1997) : *Les faiseurs de patrimoine : vers une meilleure compréhension du phénomène de patrimonialisation. Le cas des bisses du Valais*, Université de Genève, Département de Géographie, Mémoire de licence (non publié).
- GERBAUX F. (1979) : Les discours de l'Etat et la montagne, in: *La Montagne. Espace délaissé, espace convoité*, Grenoble, Presses universitaires de Grenoble, 11-24.
- GERBAUX F. (1989) : La montagne comme lieu de la complexité, *Rev. Géogr. Alpine*, 76/1-2-3, 307-324.
- GERMANIER S. (1988) : *Nendaz à l'occasion des 30 premières années d'existence des Téléphériques de Nendaz S.A.*, Basse-Nendaz, Nendaz Editions.
- GESTER (1997) : *Telaminona SA. Projet d'enneigement artificiel « Région de la Tsat ».* Compatibilité avec la fiche D.10 du Plan Directeur Cantonal, Sion, décembre 1997.
- GESTER (1998) : *Domaine skiable d'Aminona. Enneigement artificiel. Concept d'approvisionnement en eau et principes hydrauliques*, Sion, décembre 1998.
- GIRARD N., KNOEPFEL P. (1996) : *Cleuson-Dixence. Tout est bien qui finit bien ?*, Lausanne, Etude de cas de l'IDHEAP, 8.
- GISIGER K. (1997) : Inventaire des bisses valaisans, in : Réédition de VAUTIER A. : *Au Pays des bisses*, Première édition 1928 (Lausanne, Spes).
- GLASSEY F. (1996) : *Levé géomorphologique de la région de Siviez (Nendaz/VS)*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Levé de terrain, non publié.
- GROSJEAN M. (1986) : *Untersuchung über die Grenzziehung zwischen den Kantonen Bern und Wallis im Gebiet des Glacier de la Plaine Morte*, Universität Bern, Geographisches Institut, Diplomarbeit (unpubliziert).
- GUERIN J.P. (1984) : *L'aménagement de la montagne. Politiques, discours et productions d'espaces*, Gap, Ophrys.
- GUERIN J.P., GUMUCHIAN H. (1978) : *Pourquoi les sports d'hiver ? Mythologies et pratiques*, Grenoble, Institut de Géographie Alpine.
- GUEx A. (1971) : *Le demi-siècle de Maurice Troillet. Essai sur l'aventure d'une génération*, Martigny/Lausanne, Biblioteca Vallesiana, 3 vol.
- GUICHONNET P. (1980) : L'homme devant les Alpes, in: GUICHONNET P. (dir) : *Histoire et civilisations des Alpes*, t. 2, 169-248.
- GUMUCHIAN H. (1984) : Images et partage de l'espace : le succès de la «moyenne montagne», *Revue de géographie alpine*, 72/2-3, 265-271.
- GUTERMANN T. (1996) : Extreme Wetterereignisse als Folgen für die Schweiz?, in : Programmleitung NFP 31 (ed.) : *Klimarisiken - Herausforderung für die Schweizer Wirtschaft*, Zürich, Vdf Hochschulverlag der ETH Zürich, 39-49.
- GUTERSON H. (1971) : *Geographie der Schweiz. Band II Alpen*, Bern, Kümmerly & Frey, 2. Auflage (erste Auflage 1961).
- HAEBERLI W. (1973) : Die Basis-Temperatur der winterlichen Schneedecke als möglicher Indikator für die Verbreitung von Permafrost in den Alpen, *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 9/1-2, 221-227.
- HAEBERLI W. (1975) : *Untersuchungen zur Verbreitung von Permafrost zwischen Flüelapass und Piz Grialetsch (GR)*, Mitteil. der VAW, ETH Zürich, 17.
- HAEBERLI W. (1983) : Permafrost-glacier relationships in the Swiss Alps today and in the past, in: *Permafrost : Fourth International Conference*, Proceedings, 415-420.
- HAEBERLI W. (1985) : *Creep of mountain permafrost: internal structure and flow of alpine rockglaciers*, Mitteil. der VAW-ETH Zürich, 77.

- HAEBERLI W. (1990a) : Glacier and permafrost signals of 20th-century warming, *Annals of Glaciology*, 14, 99-101.
- HAEBERLI W. (1990b) : Scientific, environmental and climatic significance of rock glaciers, *Mem. Soc. Geol. It.*, 45, 823-831.
- HAEBERLI W. (1990c): Permafrost, in : *Schnee, Eis und Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre*, Internationale Fachtagung, 11. Mai 1990, Zürich, *Mitteil. der VAW-ETH Zürich*, 108, 71-88.
- HAEBERLI W. (1992) : Possible effects of climatic change on the evolution of alpine permafrost, *Catena Supplement*, 22, 23-35.
- HAEBERLI W. (1994) : Accelerated glacier and permafrost changes in the Alps, in : BENISTON M. (ed.) : *Mountain environments in changing climate*, London/New-York, Routledge, 91-107.
- HAEBERLI W. (1995) : Glacier fluctuations and climate change detection, *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 18, 191-199.
- HAEBERLI W., HOELZLE M. et al. (1996) : *Simulation der Permafrostverbreitung in den Alpen mit geographischen Informationssystemen*, Arbeitsbericht NFP 31, Zürich, Vdf Hochschulverlag der ETH Zürich.
- HAEBERLI W., HOELZLE M., KELLER F., SCHMID W., VONDER MÜHL D., WAGNER S. (1993) : Monitoring the long-term evolution of mountain permafrost in the Swiss Alps, *Permafrost Sixth International Conference*, 5-9 July 1993, Beijing, Proceedings, Vol. 1, South China University of Technology Press, 214-219.
- HERBIN J. (1980) : *Le tourisme au Tyrol autrichien ou la montagne aux montagnards*, Grenoble, Les Cahiers de l'Alpe.
- HERITIER J.N. (1998) : *Les eaux savoiésannes. Evolution du réseau d'irrigation et gestion de l'eau potable*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Mémoire de licence, non publié.
- HERITIER J.N., LORETAN V., MOUNIR E. (1996) : *Modifications anthropiques de la Raspille*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Levé de terrain, non publié.
- HERTL A. (1997) : *Die nacheiszeitliche natur- und kulturräumliche Entwicklung im Val de Nendaz (Wallis, Schweiz)*, Diplomarbeit, Philosophischer Fakultät, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, unpubliziert.
- HOELZLE M. (1994) : *Permafrost und Gletscher im Oberengadin. Grundlagen und Anwendungsbeispiele für automatisierte Schätzverfahren*, *Mitteil. der VAW, ETH Zürich*, No 132.
- HOPFNER M. (1898) : Notice sur les bisses du Valais, in: *Mémoires et documents du Vème Congrès international d'agriculture*, Lausanne, VIème section, 1-16.
- HORBER-PAPAZIAN K. (1992) : Mise en oeuvre de politiques à incidences spatiales : une entreprise difficile, in : RUEGG J. METTAN N., VODOZ L. (ed.) : *La négociation. Son rôle, sa place dans l'aménagement du territoire et la protection de l'environnement*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 31-48.
- IMHOF M. (1996a) : PERM - ein Programm für die automatisierte Kartierung von Permafrost in den Schweizer Alpen, in : *Simulation der Permafrostverbreitung in den Alpen mit geographischen Informationssystemen*, Arbeitsbericht NFP 31, Zürich, Vdf Hochschulverlag der ETH Zürich, 25-33.
- IMHOF M. (1996b) : Modelling and verification of the permafrost distribution in the Bernese Alps (Western Switzerland), *Permafrost and Periglacial Processes*, 7/3, 267-280.
- IPCC (1990) : *Climate Change. The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge, Cambridge University Press (Houghton J.T., Jenkins G.J., & Ephraums J.J. Eds).
- IPCC (1992) : *Climate Change 1992. The supplementary report to the IPCC Scientific Assessment*, Cambridge, Cambridge University Press (Houghton J.T., Callander B.A. & Varney S.K. Eds).
- IPCC (1996a) : *Climate Change 1995. The science of Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press (Houghton J.T., Meira Filho L.G., Callander B.A., Harris N., Kattenberg A., Markel K. Eds).
- IPCC (1996b) : *Climate Change 1995. Impacts, adaptations and mitigation of Climate Change. Scientific-technical analyses*, Cambridge, Cambridge University Press (Watson R.T., Zinyowera M.C., Moss R.H. Eds).
- JCE (1985) : *La fusion des communes, une utopie? La collaboration des communes, une nécessité!*, Crans-Montana, Jeune Chambre économique de Crans-Montana.
- JEANNERET P. (1971) : Montana-Crans, station aux prises avec le morcellement communal. Etude de géographie humaine, *Bull. Murithienne*, 88, 9-67.
- JOERIN F. (1998) : *Décider sur le territoire. Proposition d'une approche par utilisation de SIG et de méthodes d'analyse multicritère*, Lausanne, EPFL, Thèse N° 1755.
- KACZMAREK Z. (1996) : Water resources management, in : IPCC (ed.) : *Climate Change 1995. Impacts, adaptations and mitigation of Climate Change : scientific-technical analyses*, Cambridge, Cambridge University Press, 469-486.
- KAISER P. (1995) : Architectes et corvées dans la construction des bisses au XVe siècle, in: Actes du colloque international sur les bisses, Sion, 15-18 septembre 1994, *Annales valaisannes*, 2ème série, 70, 187-210.
- KAISER P. (1996) : Das Wasserrecht von Lens (VS), 15. bis 16. Jahrhundert, in: KÖRNER M., WALTER F. (ed.) : *Quand la montagne aussi a une histoire. Mélanges offerts à Jean-François Bergier*, Berne-Stuttgart-Vienne, Haupt, 87-97.
- KÄMPFEN W. (1965) : Les bourgeoisies du Valais, *Annales valaisannes*, 2ème série, 13, 129-176 (Traduction de G. Ghika, version originale en allemand 1942).
- KASSER P., AELLEN M., SIEGENTHALER H. (1986) : *Die Gletscher der Schweizer Alpen 1977/78 und 1978/79*, Jubiläumsband, 99. und 100. Bericht, Zürich, Gletscherkommission der SNG.
- KELLER F., FRAUENFELDER R., HOELZLE M., KNEISEL C., LUGON R., PHILLIPS M., REYNARD E., WENKER L. (1998) : Permafrost map of Switzerland, *Proceedings 'Permafrost, Seventh International Conference' June 23-27,*

- 1998, *Yellowknife, Canada*. Collection Nordicana, Centre d'études nordiques, Université Laval.
- KELLER P., FISCHER A. (1991) : *Installations d'enneigement. Nouvelle orientation de la politique fédérale*, Berne, Office fédéral de l'industrie, des arts et métiers et du travail/Office fédéral de l'aménagement du territoire.
- KIRCHHOFER W. (1982) : Températures moyennes annuelles, in : *Atlas Climatologique de la Suisse*, pl. 6.1, Wabern, Office Fédéral de Topographie.
- KIRCHHOFER W., SEVRUK B. (1992) : Hauteurs annuelles moyennes corrigées des précipitations 1951-80, *Atlas hydrologique de la Suisse*, Berne, Service hydrologique et géologique national, pl. 2.2.
- KNOEPFEL P. (1995) : L'écobusiness et l'Etat : analyse et scénarios, in: BENNINGHOFF M., JOERCHER B., KNOEPFEL P. (Ed.) : *L'écobusiness : enjeux et perspectives pour la politique de l'environnement*, Bâle/Francfort-sur-le-Main, Helbing & Lichtenhahn, Collection Ecologie & Société, 11, 335-369.
- KRIPPENDORF J. (1987) : *Là-haut sur la montagne... Pour un développement du tourisme en harmonie avec l'homme et la nature*, Berne, Kümmerly & Frey.
- KRIPPENDORF J., KRAMER B., MÜLLER H. (1986) : *Freizeit und Tourismus. Eine Einführung in Theorie und Politik*, Bern, FIF, Berner Studien zum Fremdenverkehr, 22.
- KUNZ P. (1996) : Dangers naturels : conséquences face au climat, in : Programmleitung NFP 31 (ed.) : *Klimarisiken - Herausforderung für die Schweizer Wirtschaft*, Zürich, Vdf Hochschulverlag der ETH Zürich, 51-59.
- KUONEN T. (1992) : Les pâturages de la région de Sion du Moyen-Age à nos jours, *Vallesia*, 47, 63-229.
- KÜTTEL M. (1979) : Räumliche und zeitliche Korrelation der « moraines intermédiaires » mit besonderer Berücksichtigung der Moränen der Alpage de Tortin (Nendaz, VS), *Bull. Murithienne*, 96, 71-83.
- Laboratoire cantonal de l'Etat du Valais (s.d.) : Commune de Nendaz. 1. Réseaux publics d'eau potable, 2. Registre d'installations privées d'eau potable, 3. Registre des sources et puits alimentant les réseaux publics d'eau potable, Sion, non publié.
- LACROIX J. (1988) : L'évolution du sentiment de la montagne dans la littérature des Lumières au Romantisme, *Le Monde alpin et rhodanien*, 16/1-2, 205-224.
- LACROIX M., BLAVOUX B. (1995) : Irrigation en basse Durance : effets bénéfiques de l'agriculture, *Hydrogéologie*, 1995/1, 13-20.
- LAMBERT R. (1994) : Savoir gérer le manque de neige : un art recherché, in : *Neige et climat*, Symposium de Genève, 22-23 septembre 1994, recueil de conférences, 3 p.
- LAMBIEL C. (1999) : *Inventaire des glaciers rocheux entre le Val de Bagnes et le Val d'Héremence (Valais)*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Mémoire de licence (non publié).
- LANG H. (1985) : Höhenabhängigkeit der Niederschläge, in SEVRUK B. (ed): *Der Niederschlag in der Schweiz*, Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie, Nr. 31, 149-157.
- LAUSCHER F. (1954) : Klimatologische Probleme des festen Niederschlags, *Arch. Meteorol. Geophys. Bioklimatol.*, 6, 60-65.
- LECOULTRE M.C., BORLOZ V. (1998) : *Zeuzier : histoires d'un barrage*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Levé de terrain, non publié.
- LEHMANN L. (1913) : *L'irrigation dans le Valais*, Thèse, Université de Fribourg, Faculté des Sciences, Paris, Delagrave.
- LEWKOWICZ A.G. (1988) : Slope processes, in: *Advances in periglacial geomorphology*, Chichester, Wiley & Sons, 325-368.
- LIEBERHERR F. (1979) : Grandeur et illusion socio-culturelle sur la scène suisse. Les programmes de développement régional en montagne, in : *La Montagne. Espace délaissé, espace convoité*, Grenoble, Presses universitaires de Grenoble, 59-75.
- LINK H. (1970) : *Bassins d'accumulation des Alpes*, No spécial de *Cours d'eau et énergie*, 62/9, 243-358.
- LIVER P., CARONI P. (1987) : *Rechtsprobleme der Nutzung des Raspille-Wassers*, Bern, Universität Bern, unpubliziert.
- LLAMAS J. (1993) : *Hydrologie générale. Principes et applications*, Boucherville, Gaëtan Morin, 2ème édition.
- LORETAN V. (1999) : *L'eau dans la Contrée d'Ayent. Eau d'irrigation et gestion de l'eau potable*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Mémoire de licence, non publié.
- LOUP J. (1971) : Aménagement hydro-électrique dans les Alpes : l'exemple du canton du Valais (Suisse), in : *L'aménagement de la montagne*, CR du 3<sup>e</sup> Colloque franco-polonais de géographie, mai 1969, *Ac. Pol. des Sc.*, Fasc. 87, 79-85.
- LUGEON M. (1914-18) : *Les Hautes Alpes Calcaires entre la Lizerne et la Kander (Wildhorn, Wildstrubel, Balmhorn, Torrenthorn)*. Explication de la carte spéciale N° 60, Berne, Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse.
- MABILLARD G. (1997) : *Le bisse du Rho et le tunnel du Mont Lachaux*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Levé de terrain, non publié.
- MAEDER U. (1985) : *Sanfter Tourismus : Alibi oder Chance ? Die Schweiz - ein Vorbild für Entwicklungsländer*, Zürich, Rotpunktverlag.
- MAIRE R. (1990) : *La haute montagne calcaire*, Karstologia Mémoires N° 3.
- MAISCH M. (1992) : *Die Gletscher Graubündens*, Zürich, Geographisches Institut der Universität Zürich, 2 vol.
- MANNFELD A. (1991) : *Hotellerie und Restauration in Crans-Montana heute und ihre Zukunftsaussichten*, Thun, Höhere Gastronomie-Fachschule SHV, Diplomarbeit, unpubliziert.
- MARCHAND J.P. (1986) : Les gradients pluviométriques moyens annuels dans les montagnes du Kerry, *Revue de géographie alpine*, 74/1-2, 43-53.
- MARET E. (1988) : *Le problème des volets clos*, Sierre, Ecole suisse de tourisme, Travail de diplôme, non publié.

- MARGAT J. (1992a) : Quel est le concept de surexploitation utile à la gestion des eaux souterraines ?, *Hydrogéologie*, 1992/4, 145-152.
- MARGAT J. (1992b) : *L'eau dans le bassin méditerranéen. Situation et prospective*, Paris, Economica, Les Fascicules du Plan Bleu, No 6.
- MARGAT J. (1995) : L'économie de l'eau dans le monde : ressources, besoins, problèmes, in: *Le grand livre de l'eau*, Lyon, La Manufacture et La Cité des Sciences et de l'Industrie, 277-283.
- MARIETAN I. (1948) : *Les bisses. La lutte pour l'eau en Valais*, Neuchâtel, Le Griffon.
- MARIETAN I. (1949) : *Le Rhône en Valais. Lutte entre l'homme et le fleuve*, Neuchâtel, Le Griffon.
- MARIETAN I. (1956) : La vallée supérieure de la Liène, *Bull. Murithienne*, 73, 105-121.
- MARION J. (1964) : *Etude de la conversion de stations de cure en difficulté en stations de tourisme à partir d'exemples suisses*, Grenoble, Association des Amis de l'Université de Grenoble.
- MARTINEC J. (1985) : Korrektur der Niederschlagsdaten durch Schneemessungen, in SEVRUK B. (ed.) : *Der Niederschlag in der Schweiz*, Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie, Nr. 31, 77-86.
- MARTINONI S., TAMBURINI A. (1998) : *Levé géomorphologique de la région de la Plaine Morte*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Levé de terrain, non publié.
- MASSEREY C. (1983) : *Un barrage de 1'500'000 m<sup>3</sup> sur la Tièche*, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Département de génie civil, Travail de diplôme non publié.
- MASSON H., HERB R., STECK A. (1980) : Excursion N° 1. Helvetic Alps of Western Switzerland, in TRÜMPY R. (ed.) : *Geology of Switzerland. A guide book*, Basel/New-York, Schweizerische Geologische Kommission/Wepf.
- MATHER A.S., CHAPMAN K. (1995) : *Environmental resources*, Harlow, Longman.
- MAURER J., BILLWILLER R., HES C. (1909) : *Das Klima der Schweiz auf Grundlage der 37jährigen Beobachtungsperiode 1864-1900*, 2 vol., Frauenfeld, Huber.
- MAYSTRE L., PICTET J., SIMOS J. (1994) : *Méthode multicritère ELECTRE: description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes.
- McBOYLE G., WALL G. (1987) : The impact of CO<sub>2</sub>-induced warming on downhill skiing in the Laurentians, *Cahiers de Géographie du Québec*, 31, 39-50.
- MERMET L. (1992) : *Stratégies pour la gestion de l'environnement. La nature comme jeu de société ?*, Paris, Harmattan.
- MESSERLI B., IVES J.D. (1997) (ed.) : *Mountains of the World. A global priority*, New York, The Parthenon Publishing Group.
- METTAN N. (1992) : Place de la négociation dans les processus d'aménagement du territoire, in : RUEGG J. METTAN N., VODOZ L. (ed.) : *La négociation. Son rôle, sa place dans l'aménagement du territoire et la protection de l'environnement*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 79-94.
- MICHELET C. (1977) : *Nendaz hier et aujourd'hui*, Sion, Impr. Valprint.
- MICHELET H. (1995a) : *Jalons dans l'histoire de Nendaz, des origines à 1990*, Nendaz, Université Populaire de Nendaz.
- MICHELET J. (1868) : *La montagne*, Paris, Lacroix, Verboeckhoven & Cie.
- MICHELET J.P. (1957) : *Le Livre du Souvenir*, St-Maurice, Impr. Rhodanique.
- MICHELET P. (1995b) : Les techniques d'entretien des bisses, in: Actes du colloque international sur les bisses, Sion, 15-18 septembre 1994, *Annales valaisannes*, 2ème série, 70, 163-174.
- MICKLIN P.P. (1996) : Man and the water cycle : challenges for the 21st century, *Geojournal*, 39/3, 285-298.
- MOOR P. (1994) : Définir l'intérêt public : une mission impossible?, in : RUEGG J., DECOUTERE S., METTAN N. (ed.) : *Le partenariat public-privé. Un atout pour l'aménagement du territoire et la protection de l'environnement*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 217-235.
- MOSIMANN T. (1987) : *Schneeanlagen in der Schweiz. Aktueller Stand, Umwelteinflüsse, Empfehlungen*, Basel, Materialien zur Physiogeographie, Heft 10.
- MOSIMANN T. (1998) : *Beschneigungsanlagen in der Schweiz. Weitere Entwicklung - Umweltverträglichkeit und Folgerungen für die Prüfung und Bewilligung von Beschneigungsanlagen*, Bubendorf/Hannover, Schweizerisches Verband der Seilbahnunternehmungen.
- Mountain Agenda (1992) : *An appeal for the mountains*, Bern, Institute of Geography, University of Bern.
- Mountain Agenda (1998) : *Mountains of the World. Water towers for the 21st century*, Bern, Institute of Geography, University of Bern.
- MOURARET A. (1997) : Les bisses en Valais. La culture de l'eau, *La Montagne & Alpinisme*, 1997/2, 26-30.
- MUDRY O. (1932) : Le Grand Bisse de Lens, *Annales Valaisannes*, 2ème série, 7/2, 103-104.
- MÜLLER F., CAFLISCH T., MÜLLER G. (1976) : *Firn und Eis der Schweizer Alpen. Gletscherinventar*, Zürich, Geographisches Institut der ETH, Publ. Nr. 57.
- MÜLLER G., JOSS, J. (1985) : Messnetze und Instrumente, in : SEVRUK B. (ed.) : *Der Niederschlag in der Schweiz*, Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie, Nr. 31, 17-47.
- MÜLLER H. (1946) : De quelques solutions nouvelles au problème de l'irrigation, *Bull. Murithienne*, 63, 33-40.
- MÜLLER H.N., KERSCHNER H., KÜTTEL M. (1980) : Gletscher- und Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen im Val de Nendaz (Wallis). Ein Beitrag zur alpinen Spätglazialchronologie, *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 16, 61-84.
- MÜLLER H.N., KERSCHNER H., KÜTTEL M. (1983) : The Val de Nendaz (Valais, Switzerland). A type locality for the Egesen advance and the Daun advance in the Western Alps, in : *Late- and postglacial oscillations of*

- glaciers : *glacial and periglacial forms*, Rotterdam, Balkema, 73-82.
- MUSY A., LAGLAINE V. (1992) : *Hydrologie générale*, EPFL, Institut d'aménagement des terres et de eaux, Cours photocopié.
- NOVERRAZ F., BONNARD C., DUPRAZ H., HUGUENIN L. (1998) : *Grands glissements de versants et climat*, Rapport final PNR 31, Zürich, Vdf Hochschulverlag der ETH Zürich.
- OCDE (1989) : *Gestion des ressources en eau. Politiques intégrées*, Paris, OCDE.
- OCDE (1991) : *L'état de l'environnement*, Paris, OCDE.
- OFEFP (1991) : *L'état de l'environnement en Suisse. Rapport 1990 sur l'état de l'environnement*, Berne, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage.
- OFEFP (1994) : *L'état de l'environnement en Suisse. Rapport sur l'état de l'environnement 1993*, Berne, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage.
- OLIVIER, R. (1970) : Discrétisation du relief de la Suisse romande, *Bull. de Géologie Lausanne*, No 187.
- OLSOMMER B. (1952) : Le Dr Stephani et la fondation de la station de Montana, *Hôtel-Revue*.
- OLSOMMER B. (1991) : *Petite histoire d'une grande oeuvre de santé. Du Sanatorium populaire du Valais au Centre valaisan de pneumologie, 1941-1991*, Sion, Impr. Valprint.
- OMM (1992) : *Conférence internationale sur l'eau et l'environnement : le développement dans la perspective du 21ème siècle*, Dublin, 26-31 janvier 1992, Déclaration de Dublin et rapport de la conférence, Genève, Organisation météorologique mondiale.
- ONDE H. (1953a) : Le château d'eau helvétique et valaisan, *Bull. Murithienne*, 70, 1-8.
- ONDE H. (1953b) : La Suisse, château d'eau de l'Europe, *Geographia*, 25, 28-33.
- ORTNER S. (1992) : *CIPRA 1952-1992. Documents, initiatives, perspectives. Pour un meilleur avenir des Alpes*, Vaduz, Commission internationale pour la protection des Alpes.
- ORY M. (1992) : La glace souterraine : un trésor qui s'évapore, *Les Alpes*, 68, 394-395.
- OSTROM E. (1990) : *Governing the commons. The evolution of institutions for collective action*, Cambridge, Cambridge University Press.
- OTT C. (1988) : *Circulation à Crans-Montana*, Sierre, Ecole suisse de tourisme, Travail de diplôme, non publié.
- PAPI G., BRUNILLI E. (1991) : *Le Bisse de Baar*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Levé de terrain, non publié.
- PAPILLOUD J.H. et al. (1998) : *Les Bisses du Valais*, Sierre, Monographic.
- PARRIAUX A. (1990) (ed.) : *Water resources in mountainous regions, Mémoires of the 22nd Congress of IAH*, Vol. XXII, Lausanne, 2 vol.
- PARRIAUX A., MANDIA Y., DUBOIS J.D. (1990) : The concept of protection zones in karstic mountains, *Mémoires of the 22nd Congress of IAH*, Vol. XXII, Lausanne, 1990, 1136-1143.
- PATZELT G., AELLEN M. (1990) : Gletscher, in : *Schnee, Eis und Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre*, Internationale Fachtagung, 11. Mai 1990, Zürich, *Mitteil. der VAW-ETH Zürich*, 108, 49-69.
- PAVONI N. (1977) : Erdbeben im Gebiet der Schweiz, *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 70/2, 351-370.
- PAVONI N. (1980) : Comparison of focal mechanisms of earthquakes and faulting in the Helvetic zone of the central Valais, Swiss Alps, *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 73/2, 551-558.
- PELET P.L. (1985) : Pissevache et Pisse-moulin. Recherche sur les usines hydrauliques traditionnelles du Valais, *Le monde alpin et rhodanien*, 13/4, 67-81.
- PELET P.L. (1988) : Turbit et turbines : les roues hydrauliques horizontales du Valais, *Vallesia*, 43, 125-164.
- PELET P.L. (1994) : Les usines traditionnelles à la retraite : l'exemple du Valais, *Vallesia*, 49, 233-257.
- PELET P.L. (1998) : *A la force de l'eau. Les turbines de bois du Valais*, Sierre, Monographic.
- PERRAUDIN KALBERMATTER R., MARIN H. (1995) : *Les sentiers du Grand Bisse*, Vercorin, Société de développement de Vercorin.
- PHILLIPS M., REYNARD E. (1996) : Influence régionale du climat et de la morphologie sur la distribution du permafrost : l'exemple des Hautes Alpes Calcaires, *Rapports de recherche UKPIK*, 8, 197-206.
- PHILLIPS M., REYNARD E. (1997) : Répartition du permafrost dans les Hautes Alpes Calcaires, *Arbeitsheft VAW ETH Zürich*, 19, 28-30.
- PILLET G. (1993) : *Economie écologique. Introduction à l'économie de l'environnement et des ressources naturelles*, Genève, Georg.
- PILLET G., BARANZINI A. (1993) : Entre écologie et économie : le dilemme de l'eau, *Bull. de l'ARPEA*, 176, 9-21.
- PITTELOUD E., GERBER C. (1988) : *Etude géologique et minéralogique des nappes de Siviez-Mischabel et du Mont Fort dans le Val de Nendaz (Valais)*, Université de Lausanne, Dipl. de géologie et minéralogie, non publié.
- PITTELOUD F. (1986) : *Le Valais touristique. Politiques fédérales et cantonales en matière de tourisme : théories-objets-réalités. Analyse critique de leur application dans un canton touristique en développement*, Université de Genève, Faculté des Sciences économiques et sociales, Mémoire non publié.
- POLETTI P., WASER P.A. (1995) : *Levé géomorphologique de la région du Mt Bonvin*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Levé de terrain, non publié.
- POUGATSCH H. (1990) : Le barrage de Zeuzier. Rétrospective d'un événement particulier, *Wasser, Energie, Luft*, 82/9, 195-208.
- PRAPLAN M., PRAPLAN J. (1991) : *Icogne*, Sierre, Monographic.
- PRAZ N. (1984) : *Le tourisme générateur de profondes mutations démographiques et socio-culturelles : l'exemple de la commune de Nendaz*, Université de Genève, Faculté des Sciences économiques et sociales, Mémoire de licence en géographie, non publié.

- PRELAZ-DROUZ R. (1995) : *Système d'information et gestion du territoire. Approche systématique et procédures de réalisation*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes.
- PRICE M.F. (1994) : Should mountain communities be concerned about climate change?, in : BENISTON M. (ed.) : *Mountain environments in changing climate*, London/New-York, Routledge, 431-451.
- PRICE M.F. (1995) : *Mountain research in Europe. An overview of MAB Research from the Pyrenees to Siberia*, Paris, UNESCO, Man and The Biosphere Series, Volume 14.
- PRIMAULT B., KUMMER W. (1992) : *Poids de la neige. Durée d'une couverture de neige de 1, 10, 30, 50 et 100 cm*, Zürich, SMA, Serie Klimatologie der Schweiz, Heft 29/F.
- QUAGLIA L. (1988) : *Le Mont de Lens*, Lens, Commune de Lens.
- QUIVY R., Van CAMPENHOUDT L. (1988) : *Manuel de recherche en sciences sociales*, Paris, Dunod.
- RABOUD L. (1992) : *Temps nouveaux, vents contraires. Ecône et le Valais*, Sierre, Monographich.
- RABOUD-SCHÜLE I. (1994) : Descendre à la vigne, monter le vin : des chemins qui se croisent en Valais, *Le Monde alpin et rhodanien*, 1994/1-2, 59-106.
- RABUT E. (1988) : L'évolution du regard sur la haute montagne au tournant du XVIIIe siècle et du XIXe siècle : l'exemple de la gravure, *Le Monde alpin et rhodanien*, 16/1-2, 133-141.
- RAFFESTIN C. (1992) : Propriété, espace et territoire, in : RUEGG J. METTAN N., VODOZ L. (ed.) : *La négociation. Son rôle, sa place dans l'aménagement du territoire et la protection de l'environnement*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 155-163.
- RAFFESTIN C., CRIVELLI R. (1992) : Blanche Neige et les Sept Nains ou la transformation des Alpes en patrimoine commun, *Rev. Géogr. Alpine*, 80/4, 215-224.
- RAUCHENSTEIN F. (1908) : *Les bisses du canton du Valais*, Sion.
- REBETEZ M. (1996) : Seasonal relationship between temperature, precipitation and snow cover in a mountainous region, *Theoretical and Applied Climatology*, 54, 99-106.
- REBETEZ M., LUGON R., BAERISWYL P.A. (1997) : Climatic change and debris flows in high mountain regions : the case study of the Ritigraben torrent (Swiss Alps), *Climatic Change*, 36, 371-389.
- REICHLER C. (1994) : Science et sublime dans la découverte des Alpes, *Revue de géographie alpine*, 82/3, 11-29.
- REY H. (en préparation) : *Montana. Etude historique, première partie : des origines au XIXème siècle*, Montana (en préparation).
- REY O., BROCCARD A. (1997) : *Levé géomorphologique de la région de la Tièche*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Levé de terrain, non publié.
- REYNARD E. (1995) : L'irrigation par les bisses en Valais. Approche géographique, in: Actes du colloque international sur les bisses, Sion, 15-18 septembre 1994, *Annales valaisannes*, 2ème série, 70, 47-64.
- REYNARD E. (1996a) : *Recherches géomorphologiques dans le Vallon de Tortin*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Rapport de travail (non publié), 14 p.
- REYNARD E. (1996b) : Glaciers rocheux et limite inférieure du pergélisol discontinu dans le vallon de Tortin (Nendaz-Valais), *Bull. de la Murithienne*, 114, 135-149.
- REYNARD E. (1996c) : Les bisses. Un élément du patrimoine alpin revalorisé par le tourisme, *Actes du Premier Séminaire Transfrontalier de la Vallée d'Aoste, St-Oyen, 18-19 octobre 1996*, 23-26.
- REYNARD E. (1997a) : L'épuration des eaux usées en zone rurale, in: BENNINGHOFF M., JOERCHER B., KNOEPFEL P. (Ed.) : *L'écobusiness : enjeux et perspectives pour la politique de l'environnement*, Bâle/Francfort-sur-le-Main, Helbing & Lichtenhahn, Collection Ecologie & Société, 11, 133-168.
- REYNARD E. (1997b) : I Bisses del Vallese. Fra irrigazione, cultura e turismo, *Riv. Geogr. Ital.*, 104, 113-119.
- REYNARD E. (1998a) : Réhabilitation de canaux d'irrigation de montagne à des fins touristiques. L'exemple des bisses du Valais (Suisse), *L'eau, l'industrie, les nuisances*, 213, 50-56.
- REYNARD E. (1998b) : Bisses, ghiacciai e rock glaciers nella valle superiore del Rodano (Vallese, Svizzera), *Terra Glacialis - Annali di cultura glaciologica*, 1, 11-20.
- REYNARD E., DELALOYE R., LAMBIEL C. (1999) : Prospection géoélectrique du pergélisol alpin : campagne de mesures dans le massif des Diablerets (VD) et au Mont-Gelé (Nendaz, Valais), *Bull. de la Murithienne*, 117, sous presse.
- REYNARD E., WENKER L. (1997) : Confrontation de modèles de répartition potentielle du permafrost et de données de terrain. Les cas du Mont Gelé et de la Cabane des Diablerets, *Arbeitsheft VAW ETH Zürich*, 19, 31-33.
- RIVIERE-HONEGGER A. (1990) : L'eau en Camargue. Contribution de la géographie culturelle à la définition de paramètres pour une gestion optimale de l'espace de l'eau, *Espace rural*, 23, 1-272.
- ROBERT E. (1925) : Les bisses de Saxon et du Levron (Valais), *Bull. Soc. Neuch. Sc. Nat.*, 34, 16-26.
- ROBYR J. (1993) : Quel bilan après 100 ans de tourisme ?, Communication au Colloque *Y a-t-il un avenir touristique pour les Alpes?*, Sion-Martigny, 7-8 octobre 1993.
- ROBYR J. (1994) : Alternatives à un réchauffement : diversifications possibles dans les stations de montagne. Le cas de Crans-Montana, in: *Neige et climat*, Symposium de Genève, 22-23 septembre 1994, recueil de conférences, 7 p.
- ROHRER M., LANG H. (1992) : *Equivalent en eau de la couche de neige*, Atlas hydrologique de la Suisse, Berne, Service hydrologique et géologique national, pl. 3.3.
- ROHRER M., STEINEGGER U., FISCHER A., JENSEN H. LANG H. (1992) : *Variations spatio-temporelles de l'équivalent en eau de la couche de neige*, Atlas hydrologique de la Suisse, Berne, Service hydrologique et géologique national, pl. 3.4.



- ROSSINI S. (1992) : *Aproz, petit village au pied du mur*, Charrat, Ed. Socialinfo.
- ROTEN M. (1990) : Climats et types de temps, in: RACINE J.B., RAFFESTIN C. (ed) : *Nouvelle géographie de la Suisse et des Suisse*, Lausanne, Payot, 71-98.
- ROUILLER S. (1998) : *Les bisses valaisans en baskets*, Université de Lausanne, Centre de formation des maîtres d'éducation physique, Travail de mémoire (non publié).
- SALGARO C. (1994) : Il « peso » della naturalità nella percezione e nello sviluppo della montagna, in : *L'evoluzione della Montagna italiana fra tradizione e modernità*, Bologna, Patron, 113-129.
- SAT (1993) : *Rapport Bisses / Suonen*, Sion, Département de l'environnement et de l'aménagement du territoire, Etude de base pour le Plan directeur cantonal, non publié, [Raumplanung und Umwelt J. Aufderegggen, Brig, Bureau d'environnement et d'aménagements forestiers C. Werlen, Sion].
- SAT (1996) : *Plan directeur cantonal. Fiche de coordination D.10. Etude sectorielle « Enneigement artificiel »*, Sion, Département de l'environnement et de l'aménagement du territoire, Service de l'aménagement du territoire [Communauté d'ingénieurs LAUBER/KRONIG, BUREAU D'INGÉNIEURS, CERT].
- SAT (1998) : *Gestion de l'eau*, Sion, Département de l'environnement et de l'aménagement du territoire, Etude de base pour le Plan directeur cantonal, non publié, [Bureau d'ingénieurs et de géomètres Jacques Bonvin, Sion ; ETEC, Bureau d'études en écologie appliquée, Bramois ; Pronat, Umweltingenieur, Brig].
- SAVARY B.P. (1979) : Evolution structurale du front de la zone du Grand St-Bernard aux environs de Sion, *Eclogae geol. Helv.*, 72/1, 271-278.
- SCHÄDLER B. (1985a) : *Der Wasserhaushalt der Schweiz*, Bern, Bundesamt für Umweltschutz, Landeshydrologie, Mitteilung Nr 6.
- SCHÄDLER B. (1985b) : Gebietsniederschläge, in SEVRUK B. (ed) : *Der Niederschlag in der Schweiz*, Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie, Nr. 31, 171-186.
- SCHÄDLER B., BIGLER R. (1992) : *Bilan hydrique des bassins fluviaux*, Atlas hydrologique de la Suisse, Berne, Service hydrologique et géologique national, pl. 6.1.
- SCHAER J.P. (1960) : *Géologie de la partie septentrionale de l'éventail de Bagnes (entre le Val d'Hérémence et le Val de Bagnes, Valais, Suisse)*, Université de Neuchâtel, Faculté des Sciences, Thèse.
- SCHNEIDER T.R. (1982) : Aspects géologiques du comportement extraordinaire du barrage de Zeuzier, *Wasser, Energie, Luft*, 74/3, 81-93.
- SCHNYDER T. (1924) : Das Wallis und seine Bewässerungsanlagen, *Schweiz. Landwirtschaftliche Monatshefte*, No 10-12, 214-218, 236-240, 261-266.
- SCHOENEICH P. (1995) : *Détermination de paramètres climatiques caractéristiques de la région Vallée des Ormonts - Vallées de l'Etivaz*, Lausanne, Institut de Géographie, non publié.
- SCHÜEPP M. (1960) : *Lufttemperatur*, Zürich, Schweizer. Meteorolog. Zentralanstalt, Serie Klimatologie der Schweiz, Heft 2, Band C, 1. Teil
- SCHÜEPP M. (1962) : *Sonnenscheindauer*, Zürich, Schweizer. Meteorolog. Zentralanstalt, Serie Klimatologie der Schweiz, Heft 3, Band I, 1. Teil.
- SCHÜEPP M. (1965) : Climat et temps 1, in : *Atlas de la Suisse*, pl. 11, Wabern, Service Topographique Fédéral.
- SCHÜEPP M. (1976) : *Niederschlag*, Zürich, Schweizer. Meteorolog. Zentralanstalt, Serie Klimatologie der Schweiz, Teil. 9-12, Heft 16/E, 335-483,
- SCHÜEPP M. (1978) : Die Stellung der Schweiz im europäischen Klimaraum und Gesamtüberblick, in : *Regionale Klimabeschreibung, 1. Teil : Gesamtübersicht, Westschweiz, Wallis, Jura und Juranordfuss sowie Mittelland*, Zürich, SMZ, Serie Klimatologie der Schweiz, Heft 18, 1-42.
- SCHÜEPP M., BOUËT M., BIDER N., URFER C. (1978) : *Regionale Klimabeschreibung, 1. Teil : Gesamtübersicht, Westschweiz, Wallis, Jura und Juranordfuss sowie Mittelland*, Zürich, Schweizer. Meteorolog. Zentralanstalt, Serie Klimatologie der Schweiz, Heft 18, Band II.
- SCHÜEPP M., GENSLER G., BOUËT M. (1980) : *Schneedecke und Neuschnee*, Zürich, Schweizer. Meteorolog. Zentralanstalt, Serie Klimatologie der Schweiz, Heft 24/F.
- SCHÜLE R.C. (1995) : Les bisses dans les récits traditionnels, in: Actes du colloque international sur les bisses, Sion, 15-18 septembre 1994, *Annales valaisannes*, 2ème série, 70, 341-350.
- SCHWARZ E. (1996) : Une brève introduction à l'approche systémique, in : SCHWARZ E. (ed.) : *La théorie des systèmes: une approche inter- et transdisciplinaire*, Colloque tenu à Sion, 4-6 avril 1995, Sion, Institut Kurt Bösch, 9-28.
- SCHWERY R. (1995a) : Inventaire, classement, politique de mise en oeuvre et mesures de protection des bisses en Valais, in: Actes du colloque international sur les bisses, Sion, 15-18 septembre 1994, *Annales valaisannes*, 2ème série, 70, 175-185.
- SCHWERY R. (1995b) : Aménagement du territoire et eau potable : la pratique valaisanne, *Aménagement du territoire*, 2/95, 32-33.
- Secrétariat du 100ème anniversaire de Crans-Montana (1993) : *Bisse du Roh. Rapport pour la remise en eau*, Crans-Montana, non publié.
- SELLERS W.D. (1977) : Water circulation on the global scale : natural factors and manipulation by man, *Ambio*, 6/1, 10-12
- SERVICE HYDROLOGIQUE ET GÉOLOGIQUE NATIONAL (1992-) : *Atlas hydrologique de la Suisse*.
- SEVRUK B. (1985a) (ed.) : *Der Niederschlag in der Schweiz*, Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie, Nr. 31, Bern, Kümmerly & Frey.
- SEVRUK B. (1985b) : Systematischer Niederschlagsmessfehler in der Schweiz, in SEVRUK B. (ed.) : *Der Niederschlag in der Schweiz*, Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie, Nr. 31, 65-75.
- SEVRUK B. (1985c) : Schneeanteil am Monatsniederschlag, in SEVRUK B. (ed.) : *Der Niederschlag in der Schweiz*, Beiträge zur

- Geologie der Schweiz - Hydrologie, Nr. 31, 127-137.
- SEVRUK B. (1996) : Correcting precipitation measurements in Switzerland, in: Proceedings of the workshop on the ACSYS solid precipitation climatology project, Reston (USA), 12-15.9.1995, WMO/TD, 739, 33-37.
- SEVRUK B. (1997) : Regional dependency of precipitation-altitude relationship in the Swiss Alps, *Climatic Change*, 36, 345-359.
- SEVRUK B., KIRCHHOFER W. (1992) : Corrections annuelles moyennes des précipitations mesurées 1951-1980, *Atlas hydrologique de la Suisse*, Berne, Service hydrologique et géologique national, pl. 2.3.
- SEVRUK B., ZAHLAVOVA L. (1994) : The effect of systematic error of precipitation measurement on vertical gradients of precipitation in Switzerland, in: 23. Internationale Tagung für Alpine Meteorologie, Lindau, 5-9.9.1994, *Annalen der Meteorologie*, 30, 48-51.
- SFH-VS (1998) : *Assainissement des prélèvements d'eau existants selon LEaux, art. 80ss. Etude pilote : Rapport d'assainissement provisoire Lienne*, Sion, janvier 1998 [Rebord SA, Ingénieurs en génie civil et hydraulique, vétroz, ECOTEC Environnement SA, Genève, GRENAT Sàrl, Sion].
- SIS (1991) : *Bisse de Sion 1901-1991*, Sion, Services industriels de la Ville de Sion.
- SMIRAGLIA C. (1994) : L'evoluzione recente dell'Alta montagna alpina. L'esempio del Gruppo Ortles-Cevedale (Alpi Retiche), in : *L'evoluzione della Montagna italiana fra tradizione e modernità*, Bologna, Patron, 225-243.
- SÖDERSTRÖM O. (1994) : *Le passé composé. Politique du patrimoine et aménagements conflictuels dans trois villes suisses*, Zürich, rapport 24 au PNR « Villes et transports ».
- SPE/SFH (1992) : *Gestion de l'eau : U.T.G.E. No 27.3, Dranse de Bagnes*, Sion, Service de la protection de l'environnement et Service des forces hydrauliques du Canton du Valais, Rapport de synthèse, non publié, [Bureau d'études géologiques, Vétroz ; Impact SA, Sion ; ETEC, Sion ; Rebord SA, Vétroz ; Bureau technique R. Rudaz, Sierre].
- SPECK C.K. (1994) : *Änderungen des Grundwasserregimes unter dem Einfluss von Gletschern und Permafrost*, Mitteil. der VAW, ETH Zürich, No 134.
- STEIGER J. (1993) : *Les Services Industriels de la Ville de Sion*, Sion, Gessler.
- SUMNER G. (1988) : *Precipitation. Process and analysis*, Chichester, John Wiley & Sons.
- TENTHOREY G. (1993) : *Paysage géomorphologique du Haut-Val de Réchy (Valais, Suisse) et hydrologie liée aux glaciers rocheux*, Université de Fribourg, Faculté des Sciences, Thèse.
- THURRE P. (1992) : *Crans Montana sur Sierre (Switzerland), 1893-1993, un autre regard*, Sierre.
- TIEN DUC N. (1994) : Les besoins en eau douce, *Futuribles*, 188, 39-56.
- TIETENBERG T. (1992) : *Environmental and natural resource economics*, New-York, Harper Colins, 3rd edition.
- TÖDTER U. (1998) : Exploitation durable dans les Alpes - qu'en est-il de l'avenir ?, in : CIPRA (ed.) : *Premier rapport sur l'état des Alpes*, Aix-en-Provence, Edisud, 138-145.
- TRINQUESSE D. (1914) : Une commune rurale suisse: Lens (Valais), *Rev. des sciences politiques*, 3ème série, 32, 60-82.
- TRÜMPY R. (1952) : Sur les Racines helvétiques et les « Schistes lustrés » entre le Rhône et la Vallée de Bagnes (Région de la Pierre Avoi), *Eclogae geol. Helv.*, 44/2, 338-347.
- TSCHOPP A. (1991) : *Création d'une SD du Haut-Plateau : utopie ou réalité*, Sierre, Ecole suisse de tourisme, Travail de diplôme, non publié.
- United Nations (1993) : *Report of the United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, 3-14 June 1992, Volume 1, Resolutions adopted by the Conference*, New York, United Nations Publications.
- UTTINGER H. (1933) : *Die Schneehäufigkeit in der Schweiz*, *Annalen der Schweiz. Meteorol. Zentralanstalt*, 70.
- UTTINGER H. (1949) : Les précipitations en Suisse 1901-1940, in *Führer durch die schweizerische Wasser- und Elektrizitätswirtschaft*, 2 vol., Zürich, Schweizerische Wasserwirtschaftsverbandes, vol. 2, 69-91.
- UTTINGER H. (1951) : Zur Höhenabhängigkeit der Niederschlagsmenge in den Alpen, *Archiv für Meteorolog. Geophys. und Bioklimatologie*, II, 4, 360-382.
- UTTINGER H. (1965) : *Niederschlag*, 1-3. Teil, Zürich, Schweizer. Meteorolog. Zentralanstalt, Serie Klimatologie der Schweiz, E.
- UTTINGER H. (1966) : *Niederschlag*, 4. Teil, Zürich, Schweizer. Meteorolog. Zentralanstalt, Serie Klimatologie der Schweiz, E.
- UVT (1996) : *Sentiers valaisans : les Tours, les Bisses*, Sion, Union valaisanne du tourisme.
- Valeurs journalières de précipitations*, Zurich, Institut suisse de météorologie, parution trimestrielle.
- VALIRON F. (1990) : *Gestion des eaux. Principes, moyens, structures*, Paris, Presses de l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées, 2ème éd.
- VALIRON F. (1991) : L'utilisation des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable. Compte-rendu du Séminaire des 23-24 janvier 1991 à Fontainebleau, *Hydrogéologie*, 1991/2, 141-145.
- VALIRON F. (1995) : L'eau : un bien économique, in: *Le grand livre de l'eau*, Lyon, La Manufacture et La Cité des Sciences et de l'Industrie, 289-292.
- VALLARCHÉ J. (1974) : La politique économique en faveur des régions de montagne, in: *L'aide aux régions de montagne*, Fribourg, Editions Universitaires, 3-12.
- VALLET J.M. (1950) : *Etude géologique et pétrographique de la partie inférieure du val d'Hérens et du Val d'Héremence (Valais)*, Université de Genève, Faculté des Sciences, Thèse.
- VARONE C.M. (1992) : *La gestion par le secteur public de la production et de la distribution de l'eau potable. Une étude de cas dans les communes d'Icogne, de Lens, de Chermignon et de Montana*, Université de Fribourg, Mémoire de licence en sciences économiques, non publié.

- VAUTIER A. (1942) : *Au pays des bisses*, Lausanne, Spes, 2ème édition (Première édition 1928). Voir également la réédition augmentée par les Editions Ketty & Alexandre (1997).
- VEITL P. (1994) : Raoul Blanchard : dire et faire les Alpes, *Revue de géographie alpine*, 82/3, 81-94.
- VERON F. (1989) : Eléments de réflexion sur la spécificité des systèmes spatiaux montagnards et leur gestion, *Rev. Géogr. Alpine*, 76/1-2-3, 211-226.
- VEYRET P., VEYRET G. (1962) : Essai de définition de la montagne, *Rev. Géogr. Alpine*, 50, 5-35.
- VEYRET P., VEYRET G. (1966) : Tourisme et vie rurale en montagne: à propos d'un colloque national, *Rev. Géogr. Alpine*, 54, 5-15.
- VINGERHOETS G.J. (1970) : *Commune de Nendaz. Adduction d'eau potable - superréseau. Condensé des études préliminaires*, Cormondèche, octobre 1970, non publié.
- VIVIAN H. (1986) : Le Rhône supérieur franco-suisse : fluctuations naturelles et artificielles du régime fluvial, *Rev. de Géogr. Alpine*, 74/1-2, 157-165.
- VODOZ L. (1992) : Enjeux et limites du recours à la négociation, in : RUEGG J. METTAN N., VODOZ L. (ed.) : *La négociation. Son rôle, sa place dans l'aménagement du territoire et la protection de l'environnement*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 279-296.
- VONDER MÜHLL D. (1993) : *Geophysikalische Untersuchungen im Permafrost des Oberengadins*, Mitteil. der VAW, ETH Zürich, No 122.
- VONDER MÜHLL D., HOLUB (1992) : Borehole logging in alpine permafrost, Upper Engadin, Swiss Alps, *Permafrost and Periglacial Processes*, 3/2, 125-132.
- WALTER F. (1992) : Lieux, paysages, espaces. Les perceptions de la montagne alpine du XVIIIe siècle à nos jours, in: *La découverte des Alpes*, Actes du colloque Latsis, Zurich, 1-2 novembre 1990, Basel, Schwabe, 14-34.
- WASSON J.G. (1992) : La rivière et l'homme : vers une gestion par bassin intégrant la dimension écologique, *Rev. de Géogr. de Lyon*, 67/4, 333-343.
- WATSON R.T., ZINYOWERA M.C., MOSS R.H. (1998) (ed.) : *The regional impacts of Climate Change. An assessment of vulnerability*, A special report of IPCC working group II, Cambridge, Cambridge University Press.
- WEINGARTNER R. (1992) : *Réseaux pluviométriques*, Atlas hydrologique de la Suisse, Berne, Service hydrologique et géologique national, pl. 2.1.
- WENKER L. (1997) : *Prédiction de la répartition spatiale du permafrost dans les Alpes suisses du sud-ouest. Comparaison entre les Diablerets (Vaud) et le Mont Gelé (Valais)*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Mémoire de licence non publié.
- WENKER L., REYNARD E. (1997) : Permafrost mapping in two regions of the western Swiss Alps : Les Diablerets and Verbier, *Proceedings of the workshop « Mountain permafrost and slope stability in the periglacial belt of the Alps »*, Zürich-Bormio, 22-27 August 1997, in press.
- WHITE I.D., MOTTERSHEAD D.N., HARRISON S.J. (1992) : *Environmental systems. An introductory text*, London, Chapman & Hall, 2nd edition (1st ed., 1984).
- WILDBERGER A. (1981) : *Zur Hydrogeologie des Karstes im Rawil-Gebiet*, Bern, Beitr. zur Geologie der Schweiz-Hydrologie, Nr 27.
- WILDBERGER A. (1984) : Karst du Rawil (Hautes Alpes calcaires helvétiques, Suisse occidentale). Matières dissoutes et en suspension emportées par les sources, *Karstologia*, 4, 29-34.
- WILDBERGER A., BADOUX H., NABHOLZ W. (1978) : *Zur Karst-Hydrogeologie im Gebiet des Rawilpasses (Berner Oberland und Wallis)*, *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 71/2, 277-292.
- WINDISCH U. (1970) : La communauté de Chermignon-d'en Bas : une collectivité locale passe d'une économie traditionnelle à une économie moderne, *Annales valaisannes*, 105-146.
- WINDISCH U. (1976) : *Lutte de clans, lutte de classe : Chermignon, la politique au village*, Lausanne, L'Age d'Homme.
- WINISTÖRFER A. (1995) : *Les événements météorologiques exceptionnels de 1901 à nos jours*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Mémoire de licence (non publié).
- WINISTÖRFER J. (1978) : *Paléogéographie des stades glaciaires des vallées de la rive gauche du Rhône entre Viège et Aproz*, Université de Lausanne, Faculté des Lettres, Thèse.
- WITMER U. (1986) : *Erfassung, Bearbeitung und Kartierung von Schneedaten in der Schweiz*, Geographisches Institut der Universität Bern, Serie Geographica Bernensia, G25.
- WITMER U. (1987) : Hauteur de la neige dans les Préalpes et les Alpes suisses, in : *Atlas climatologique de la Suisse*, 3ème livraison, Wabern-Berne, Office fédéral de topographie.
- ZIMMERMANN M. (1990) : Periglaziale Murgänge, in : *Schnee, Eis und Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre*, Internationale Fachtagung, 11. Mai 1990, Zürich, *Mitteil. der VAW-ETH Zürich*, 108, 89-107.
- ZUANON J.P. (1982) : Aménager la haute montagne. Pour qui ? Pourquoi ? Comment ? De quelques problèmes et contradictions, in : *Montagne et aménagement*, Actes du Colloque de Chamonix, 22-25 octobre 1981, Grenoble, Laboratoire de la Montagne alpine, Université de Grenoble, 13-21.
- ZUPPINGER B. (1998) : *Aménagements hydrauliques de la région de Beuson (Val de Nendaz, VS) : les anciens moulins et les bisses*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Levé de terrain, non publié.

*Université de Lausanne - Faculté des Lettres  
Institut de Géographie*

Emmanuel REYNARD

# **Gestion patrimoniale et intégrée des ressources en eau dans les stations touristiques de montagne**

Les cas de Crans-Montana-Aminona et Nendaz (Valais)

Vol. 2  
Annexes

*Thèse présentée à la Faculté des Lettres de l'Université de Lausanne  
pour l'obtention du grade de docteur ès lettres*

*Lausanne  
Institut de Géographie - Travaux et Recherches n° 17  
Avril 2000*



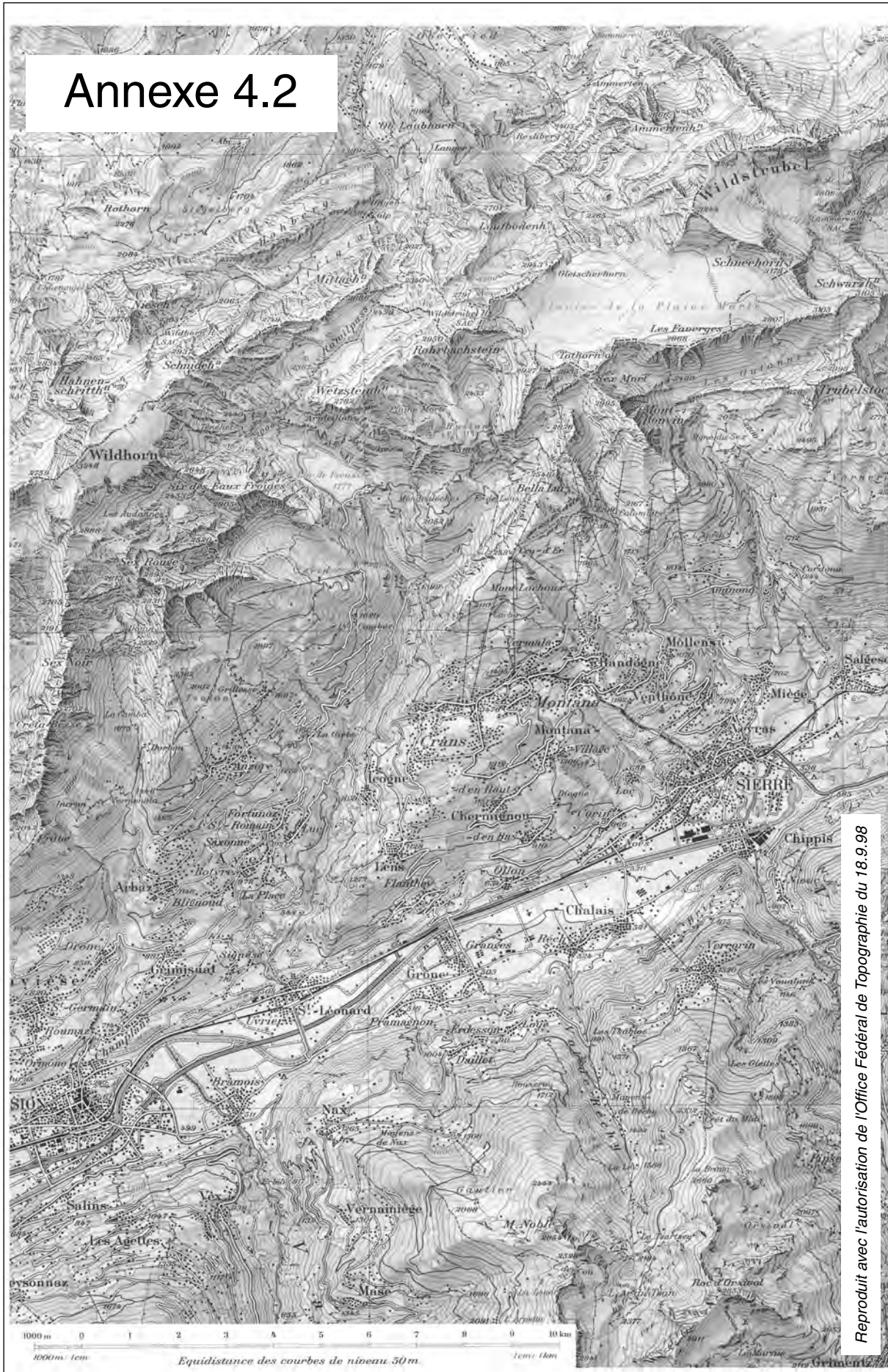
# Annexe 4.1



Reproduit avec l'autorisation de l'Office Fédéral de Topographie du 18.9.98

Annexe 4.1 : Extrait de la Carte Nationale au 1/100'000

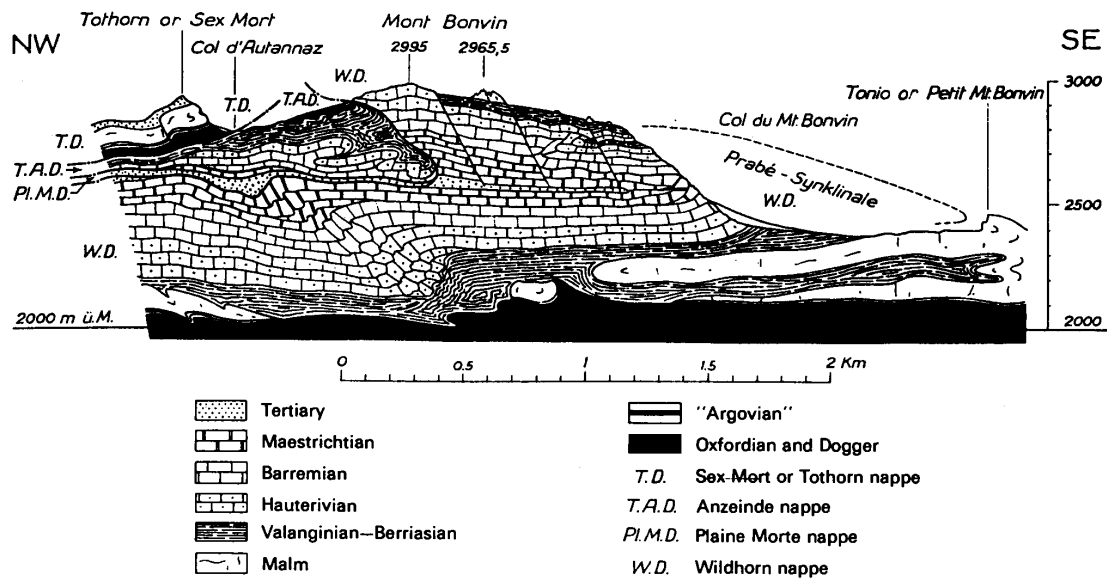
# Annexe 4.2



Reproduit avec l'autorisation de l'Office Fédéral de Topographie du 18.9.98

Annexe 4.2 : Extrait de la Carte Nationale au 1/100'000 (réduite)

# Annexe 4.3



Annexe 4.3 : Coupe géologique dans la région du Mont Bonvin (FURRER 1949)



# Annexe 4.4

## Sources de la Noble et Louable Contrée

Région	Communes	Débits moy. (l/min)	Débit min. (l/min)	Période	Débit max. (l/min)	Période	Alimentation
Boverèche	RAN 1	211	150	O	320	J	karst
Barmaz	RAN 8	173	120	N	200	J	karst/quat.
Pépinet-Houlès	RAN 9	279	225	O	900	M	karst
	RAN 10	122	100	N	150	M	karst
	MON 8	168	100	O	200	M	karst
Marolies	MON 9	288	100	O	400	M	karst/quat.
Vermala	MON 10+11	8	5.5	N	11	M	quat
Fallières	RAN 11+12	461	225	N	600	M	karst/quat.
Marolies	RAN 13	258	120	O/N	450	M	karst/quat.
Zaumiau	RAN 14	40	18	O	60	M	karst/quat.
Barzettes	RAN 17	295	225	O/N	225	M	karst/quat.
	RAN 18	221	150	O	400	Mars	karst/quat.
Moulins	RAN 19	432	360	N	450	M	karst/quat.
	RAN 20-21	327	176	N	600	J	karst/quat.
	RAN 22	296	212	N	507	M	karst/quat.
Raugéa	MOL 1	289	260	N	373	M	karst/quat.
	MOL2	1717	468	O	5850	M	karst/quat.
Boverèche	MOL 3	40	16	O	60	J	karst
	MOL 3-8	1400	800	N	2000	M	karst
Aminona	VEN 2	8	267	O	1200	Mars	karst/quat.
	VEN 3	464					karst/quat.
Er de Lens	ICO1	550	3520	O	4680	M	karst
	ICO 2	2160					karst
	ICO 13	116					karst/quat.
Laques	VEN 9-8	255					karst/quat.
	SIE 3-5	319	219	Mars	543	J	karst/quat.
Moffa	CHER 1	113	112.5	O	?		karst
Corbire	LEN 1-6	520	145	O	1200	M	karst/quat.
Débit tot. (l/min)		<b>11530</b>	Débit min (l/min)		<b>8094</b>		
Débit tot. (l/s)		<b>192</b>	Débit min (l/s)		<b>135</b>		

Sources des données : Clavien 1991

Remarques : les débits min. et max. correspondent aux débits mesurés durant la période de prospection (mai 1990 à juillet 1991, maximum : 8 jaugeages)

Abréviations : M = mai, J = juillet, O = octobre, N = novembre

## Sources de la région de Tseuzier

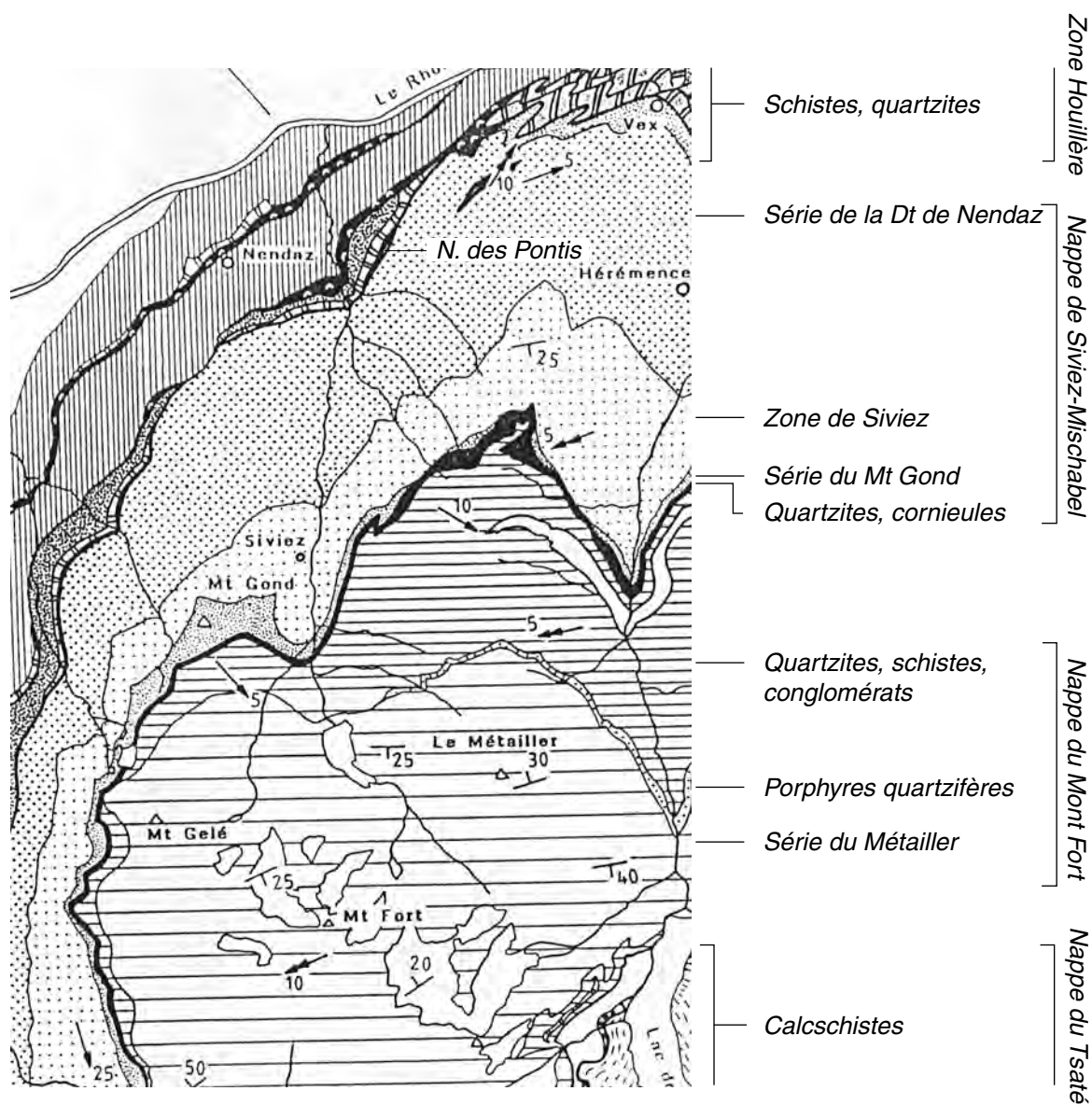
Source	Débits moy. (l/min)	Débit min. (l/min)	Période	Débit max. (l/min)	Période	Alimentation
Lienne	89400	0	D-F	243	M-O	karst
Loquesse	60000	0	D-A	153	M-N	karst
Lourantse	1200	0	D-A	4	M-N	karst
Six	24000	0	D-A	7	M-N	karst
Urgesses I	1200	0	D-F	3	Mars-N	karst
Urgesses II	1200	0		2		karst
Vatseret	3000	0		5		karst
<b>Débit total (l/min)</b>		<b>180000</b>	<b>Débit min (l/min)</b>	<b>0</b>		
<b>Débit total (l/s)</b>		<b>3000</b>	<b>Débit min (l/s)</b>	<b>0</b>		

Sources des données : Wildberger 1981

Moyennes des années hydrologiques 1973/74 à 1977/78

D'autres sources situées dans la région n'ont pas fait l'objet de mesures de débits.

# Annexe 4.5



Annexe 4.5 : Carte tectonique simplifiée du bassin versant de la Printze (d'après ESCHER 1988, simplifié)

## Annexe 4.6

### EVOLUTION DE LA POPULATION RESIDENTE DE NENDAZ ET DES COMMUNES DU HAUT-PLATEAU 1850-1990

(Comparaison avec des communes environnantes et/ou de même taille)

Communes	1850	1860	1870	1880	1888	1900	1910	1920	1930	1941	1950	1960	1970	1980	1990
Icogne							243	251	250	265	218	219	254	288	374
Lens	1784	1963	2096	2173	2251	2504	1111	1252	1382	1634	1660	1743	2052	2412	3059
Chermignon							848	950	1055	1214	1330	1520	1925	2170	2553
Montana							547	791	1485	1279	1715	1543	1725	1908	2189
Randogne	253	258	275	310	300	411	695	896	1360	1136	1616	1508	1937	1791	2838
Mollens	217	266	280	282	289	284	312	311	285	322	303	286	270	334	542
Chippis	166	185	218	241	269	282	887	776	813	1037	978	1054	1561	1606	1635
Venthône	397	393	395	401	463	492	477	470	476	507	499	469	479	634	821
Veyras	65	153	144	78	106	113	155	136	212	302	347	434	730	1004	1347
Miège	283	296	325	326	377	438	462	436	499	569	591	560	614	653	828
Salquenen	406	452	532	613	660	671	710	793	902	1082	1166	1150	1170	1089	1175
Sierre	875	1095	1285	1448	1335	1833	3076	3763	4956	6306	7161	8690	11017	13050	14143
Tot. Haut-Plateau	2254	2487	2651	2765	2840	3199	3756	4451	5817	5850	6842	6819	8163	8903	11555
Nendaz	1599	1871	2022	2129	2211	2289	2505	2748	3029	3427	3722	3838	4051	4372	4964
Veysonnaz	201	205	205	241	225	233	267	260	297	360	371	375	399	431	468

Source : Annuaire statistique du Canton du Valais 1992

Communes	Evol % 1850-60	Evol % 1860-70	Evol % 1870-80	Evol % 1880-88	Evol % 1888-1900	Evol % 1900-10	Evol % 1910-20	Evol % 1920-30	Evol % 1930-40	Evol % 1940-50	Evol % 1950-60	Evol % 1960-70	Evol % 1970-80	Evol % 1980-90	Evol % 1960-90
Icogne							3	0	6	-18	0	16	13	30	71
Lens	10	7	4	4	11		13	10	18	2	5	18	18	27	76
Chermignon							12	11	15	10	14	27	13	18	68
Montana							45	88	-14	34	-10	12	11	15	42
Randogne	2	7	13	-3	37	69	29	52	-16	42	-7	28	-8	58	88
Mollens	23	5	1	2	-2	10	0	-8	13	-6	-6	-6	24	62	90
Chippis	11	18	11	12	5	215	-13	5	28	-6	8	48	3	2	55
Venthône	-1	1	2	15	6	-3	-1	1	7	-2	-6	2	32	29	75
Veyras	135	-6	-46	36	7	37	-12	56	42	15	25	68	38	34	210
Miège	5	10	0	16	16	5	-6	14	14	4	-5	10	6	27	48
Salquenen	11	18	15	8	2	6	12	14	20	8	-1	2	-7	8	2
Sierre	25	17	13	-8	37	68	22	32	27	14	21	27	18	8	63
Tot. Haut-Plateau	10	7	4	3	13	17	19	31	1	17	0	20	9	30	69
Nendaz	17	8	5	4	4	9	10	10	13	9	3	6	8	14	29
Veysonnaz	2	0	18	-7	4	15	-3	14	21	3	1	6	8	9	25

## Annexe 4.7

### EVOLUTION DE LA POPULATION RESIDENTE PERMANENTE\* DE NENDAZ ET DU HAUT-PLATEAU 1983-93

(Comparaison avec des communes environnantes et/ou de même taille, état au 31 décembre de l'année concernée)

Communes	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Icogne	315	322	343	360	373	390	393	388	391	441	425
Lens	2627	2664	2660	2753	2760	2756	2831	2863	2964	3251	3287
Chermignon	2347	2328	2362	2447	2468	2517	2502	2548	2648	2703	2833
Montana	2046	2110	2133	2171	2259	2292	2283	2344	2336	2412	2451
Randogne	2183	2374	2391	2382	2408	2682	2720	2848	3025	3280	3320
Mollens	374	393	415	442	454	466	475	510	585	644	668
Chippis	1587	1593	1628	1600	1558	1583	1622	1655	1681	1721	1669
Venthône	718	740	778	803	803	848	875	879	916	946	959
Veyras	1136	1140	1184	1260	1284	1323	1326	1270	1356	1399	1418
Miège	706	722	727	751	775	811	836	882	896	907	921
Salquenen	1096	1094	1091	1090	1130	1129	1135	1165	1161	1216	1235
Sierre	13057	13094	13098	13063	13086	13226	13408	13464	13591	14004	13931
Tot. Haut-Plateau	9892	10191	10304	10555	10722	11103	11204	11501	11949	12731	12984
Nendaz	4663	4716	4741	4806	4843	4902	4959	5022	5128	5312	5349
Veysonnaz	447	443	462	475	487	473	485	474	493	360	371

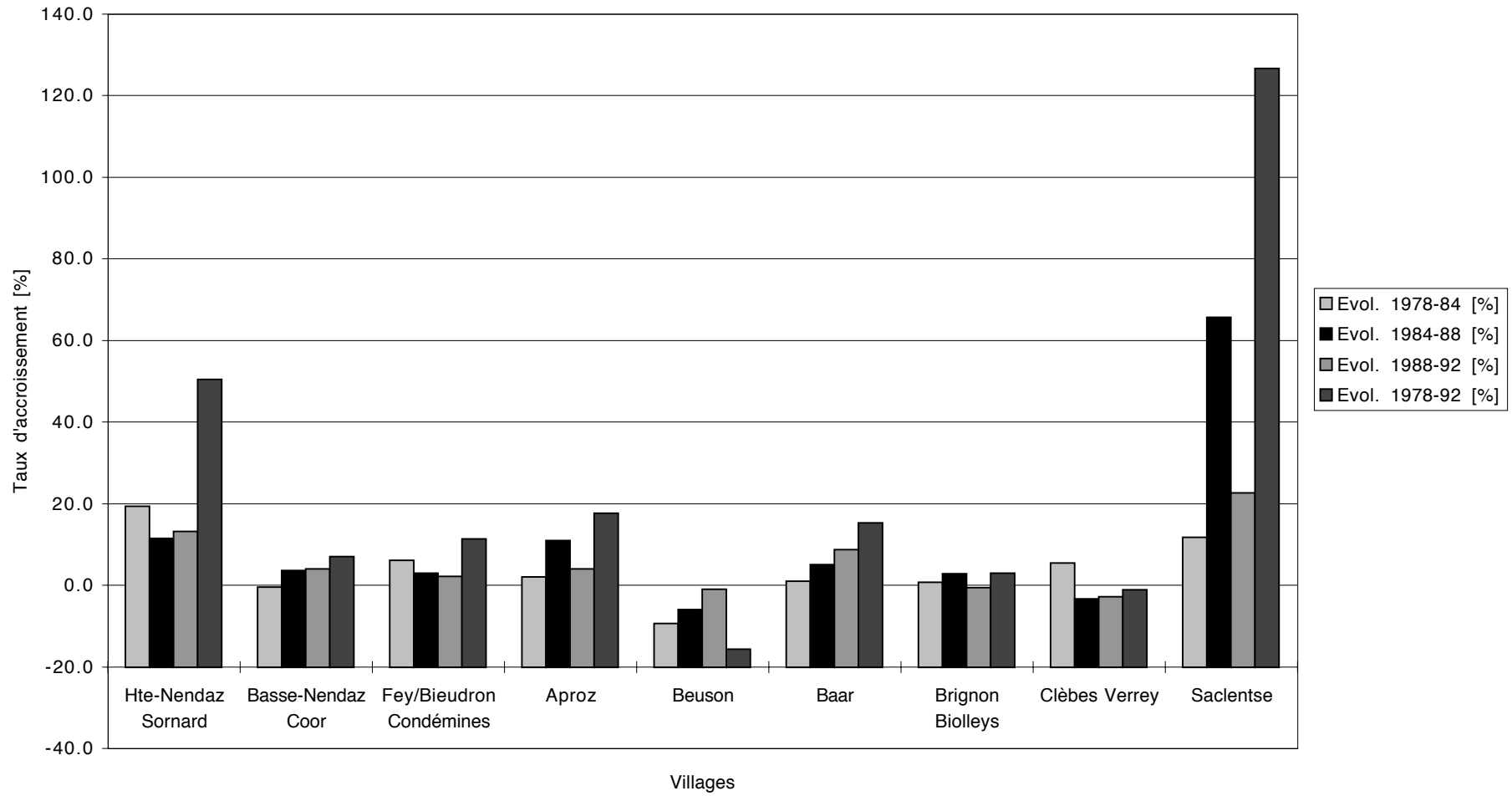
Source : Annuaire statistique du Canton du Valais 1990, 1992, 1994.

Communes	Evol % 1983-84	Evol % 1984-85	Evol % 1985-86	Evol % 1986-87	Evol % 1987-88	Evol % 1988-89	Evol % 1989-90	Evol % 1990-91	Evol % 1991-92	Evol % 1992-93	Evol % 1984-93
Icogne	2	7	5	4	5	1	-1	1	13	-4	32
Lens	1	0	3	0	0	3	1	4	10	1	23
Chermignon	-1	1	4	1	2	-1	2	4	2	5	22
Montana	3	1	2	4	1	0	3	0	3	2	16
Randogne	9	1	0	1	11	1	5	6	8	1	40
Mollens	5	6	7	3	3	2	7	15	10	4	70
Chippis	0	2	-2	-3	2	2	2	2	2	-3	5
Venthône	3	5	3	0	6	3	0	4	3	1	30
Veyras	0	4	6	2	3	0	-4	7	3	1	24
Miège	2	1	3	3	5	3	6	2	1	2	28
Salquenen	0	0	0	4	0	1	3	0	5	2	13
Sierre	0	0	0	0	1	1	0	1	3	-1	6
Tot. Haut-Plateau	3	1	2	2	4	1	3	4	7	2	27
Nendaz	1	1	1	1	1	1	1	2	4	1	13
Veysonnaz	-1	4	3	3	-3	3	-2	4	-27	3	-16

\*Population résidente permanente : Suisses établis et étrangers avec permis B ou C

## Annexe 4.8

### Taux d'accroissement de la population à Nendaz par villages



## Annexe 4.9

### Statistique des nuitées à Zermatt, 1983-1992

Année	H	P	T	H	P	T	H	P	T	H/(H+P)	H/(H+P)	H/(H+P)
	Hiver	Hiver	Hiver	Eté	Eté	Eté	Année	Année	Année	Hiver	Eté	Année
1983	525349	309388	834737	390275	159615	549890	915624	469003	1384627	0.63	0.71	0.66
1984	559773	349835	909608	392744	190387	583131	952517	540222	1492739	0.62	0.67	0.64
1985	534052	329304	863356	418235	175869	594104	952287	505173	1457460	0.62	0.70	0.65
1986	546065	338750	884815	433269	180328	613597	979334	519078	1498412	0.62	0.71	0.65
1987	554585	376733	931318	431936	172027	603963	986521	548760	1535281	0.60	0.72	0.64
1988	565395	389257	954652	455609	214861	670470	1021004	604118	1625122	0.59	0.68	0.63
1989	550283	361211	911494	507316	212804	720120	1057599	574015	1631614	0.60	0.70	0.65
1990	590704	362658	953362	538498	214525	753023	1129202	577183	1706385	0.62	0.72	0.66
1991	607255	353350	960605	475293	198830	674123	1082548	552180	1634728	0.63	0.71	0.66
1992	646504	355809	1002313	496870	200271	697141	1143374	556080	1699454	0.65	0.71	0.67
Moyenne	567997	352630	920626	454005	191952	645956	1022001	544581	1566582	0.62	0.70	0.65
Ecart-type	36879	22905	50287	49761	19507	66377	78345	38896	108318	0.02	0.01	0.01

Source : Kur- und Verkehrsverein Zermatt, Jahresbericht 1992

Abréviations

H = Hôtellerie

P = Parahôtellerie

T = Total

## Annexe 4.10

### Répartition mensuelle des nuitées hôtelières à Zermatt, 1983-1992

Mois	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	Moyenne
Novembre	12703	13432	13582	12914	13656	14807	17830	18468	18257	23533	15918
Décembre	71757	72868	78655	74982	68769	72855	74561	83627	81447	88898	76842
Janvier	96966	98936	82427	92071	82441	96065	103691	102921	108131	120314	98396
Février	110802	115968	116661	122393	118784	129183	120256	120871	132288	136562	122377
Mars	140803	144626	146897	169175	155831	157623	160779	157670	175083	163499	157199
Avril	75502	104790	86786	74530	115104	94862	73166	107147	92049	113698	93763
Mai	18645	17665	24818	30334	28057	26731	38751	34977	29891	34613	28448
Juin	46010	55482	55843	51497	58608	55402	60609	76018	55804	63700	57897
Juillet	98291	98989	106808	104402	106668	111364	125038	129575	112839	119390	111336
Août	105083	107412	119054	118986	114430	122724	134657	142985	136261	137963	123956
Septembre	79222	80230	89069	89489	85780	97755	107667	112795	100737	105905	94865
Octobre	23939	22347	28551	38561	38393	41633	40594	42148	39761	35299	35123
Total	879723*	932745*	949151*	979334	986521	1021004	1057599	1129202	1082548	1143374	1016120
Moyenne	73310	77729	79096	81611	82210	85084	88133	94100	90212	95281	84677

Source : Kur- und Verkehrsverein Zermatt, Jahresbericht 1992

\* Ces nombres diffèrent de ceux du tableau de l'annexe 4.9 déjà dans le document original.

## Annexe 4.11

### Répartition mensuelle des nuitées hôtelières à Zermatt, 1983-1992 [en %]

Mois	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	Moyenne
Novembre	1.44	1.44	1.43	1.32	1.38	1.45	1.69	1.64	1.69	2.06	1.57
Décembre	8.16	7.81	8.29	7.66	6.97	7.14	7.05	7.41	7.52	7.78	7.56
Janvier	11.02	10.61	8.68	9.40	8.36	9.41	9.80	9.11	9.99	10.52	9.68
Février	12.60	12.43	12.29	12.50	12.04	12.65	11.37	10.70	12.22	11.94	12.04
Mars	16.01	15.51	15.48	17.27	15.80	15.44	15.20	13.96	16.17	14.30	15.47
Avril	8.58	11.23	9.14	7.61	11.67	9.29	6.92	9.49	8.50	9.94	9.23
Mai	2.12	1.89	2.61	3.10	2.84	2.62	3.66	3.10	2.76	3.03	2.80
Juin	5.23	5.95	5.88	5.26	5.94	5.43	5.73	6.73	5.15	5.57	5.70
Juillet	11.17	10.61	11.25	10.66	10.81	10.91	11.82	11.47	10.42	10.44	10.96
Août	11.95	11.52	12.54	12.15	11.60	12.02	12.73	12.66	12.59	12.07	12.20
Septembre	9.01	8.60	9.38	9.14	8.70	9.57	10.18	9.99	9.31	9.26	9.34
Octobre	2.72	2.40	3.01	3.94	3.89	4.08	3.84	3.73	3.67	3.09	3.46
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Source : Kur- und Verkehrsverein Zermatt, Jahresbericht 1992



## Annexe 4.12

### Evaluation de la répartition mensuelle des nuitées parahôtelières à Zermatt, 1983-1992\*

Mois	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	Moyenne
Novembre	6772	7779	7229	6845	7596	8761	9677	9440	9312	11445	15918
Décembre	38256	42203	41863	39743	38253	43108	40468	42745	41544	43236	76842
Janvier	51695	57301	43871	48801	45858	56841	56279	52607	55155	58515	98396
Février	59071	67166	62091	64872	66075	76436	65269	61782	67477	66417	122377
Mars	75066	83764	78184	89668	86682	93264	87263	80592	89305	79518	157199
Avril	40252	60692	46191	39503	64027	56129	39711	54767	46952	55297	93763
Mai	9940	10231	13209	16078	15607	15816	21032	17878	15247	16834	28448
Juin	24529	32134	29722	27295	32601	32781	32896	38856	28464	30980	57897
Juillet	52401	57332	56847	55336	59335	65893	67865	66231	57556	58065	111336
Août	56022	62210	63365	63066	63653	72615	73085	73086	69503	67098	123956
Septembre	42235	46467	47406	47432	47716	57841	58437	57654	51383	51507	94865
Octobre	12762	12943	15196	20439	21356	24634	22033	21544	20281	17168	35123
Total	469003	540222	505173	519078	548760	604118	574015	577183	552180	556080	1016120
Moyenne	39084	45019	42098	43257	45730	50343	47835	48099	46015	46340	84677

\* Sur la base de la répartition mensuelle des nuitées hôtelières (tableau de l'annexe 4.11)

# Annexe 4.13

## Evaluation de la population journalière à Zermatt en 1992

Mois	Täsch-Zermatt	Zermatt-Täsch	Diff.(1)	Nuitées (2)	Trajets T (3)	Trajets P (4)	T (5)	P (6)	Pe (7)	S (8)	PT/jour (9)	PT/nuit (10)
Janvier	78885	81304	-2419	78885	11269	67616	2467	2181	4659	232	9539	7358
Février	102323	96347	5976	102323	14618	87705	3734	3024	4679	92	11530	8505
Mars	116597	116648	-51	116597	16657	99940	3760	3224	4699	63	11745	8522
Avril	103832	102433	1399	103832	14833	88999	3508	2967	4719	102	11295	8329
Mai	78428	77761	667	78428	11204	67224	2551	2169	4739	165	9624	7455
Juin	114363	102343	12020	114363	16338	98025	4213	3268	4759	304	12543	9276
Juillet	196324	178208	18116	196324	28046	168278	6917	5428	4779	225	17350	11921
Août	225168	221584	3584	225168	32167	193001	7379	6226	4799	65	18469	12243
Septembre	158101	152668	5433	158101	22586	135515	5451	4517	4819	47	14834	10317
Octobre	76737	76481	256	76737	10962	65775	2484	2122	4839	24	9468	7347
Novembre	40936	40851	85	40936	5848	35088	1367	1170	4859	207	7603	6433
Décembre	84213	70701	13512	84213	12030	72183	3152	2328	4879	1022	11382	9053

Sources : Office de statistique du Canton du Valais - Informations statistiques 4/1993

Fréquences voyageurs BVZ Zermatt-Bahn 1992

Jahresbericht Kur- und Verkehrsverein Zermatt 1992

1: personnes restant dormir sur place = résidents temporaires, employés temporaires

2: évaluation correspondant au nbre de nuitées hôtelières + nbre de nuitées parahôtelières (cf. annexes 4.10 et 4.12)

3: nuitées divisées par 7; correspond au nombre de trajets effectués par les résidents temporaires

4: trajets Täsch-Zermatt moins (3); correspond au nombre de trajets effectués par les touristes pendulaires

5: correspond au nombre de résidents temporaires par jour (moyenne), sur la base du nombre de nuitées (2) et du nombre de surplus de trajets Täsch-Zermatt (1)

6: (3) divisés par le nombre de jours par mois; correspond au nombre de pendulaires par jour (moyenne)

7: nombre d'habitants permanents de la commune en 1992 (selon l'ASV); en tenant compte de l'augmentation moyenne d'env. 20 hab/mois

8: données fournies par le Contrôle des habitants de la Commune de Zermatt

9: (5)+(6)+(7)+(8); évaluation de la population moyenne journalière pour chaque mois

10: (5)+(7)+(8); évaluation de la population moyenne par nuit pour chaque mois

Remarques : les nuitées de novembre et décembre correspondent à ces deux mois en 1991, le rapport annuel de l'Office du tourisme de Zermatt portant sur l'année touristique (novembre-octobre)

Abréviations	
T = Temporaires	S = Saisonniers
P = Pendulaires	PT = Population totale
Pe = Permanents	

## Annexe 4.14

### Evaluation de la population journalière à Zermatt en 1992

Proportion de population permanente, temporaire et pendulaire par mois en 1992

Mois	% Permanents (11)	% Temporaires	% Pendulaires
Janvier	51	26	23
Février	41	32	26
Mars	41	32	27
Avril	43	31	26
Mai	51	27	23
Juin	40	34	26
Juillet	29	40	31
Août	26	40	34
Septembre	33	37	30
Octobre	51	26	22
Novembre	67	18	15
Décembre	56	20	24
Moyenne	44	30	26

11: regroupe la population permanente et les travailleurs saisonniers

# Annexe 4.15

## Evaluation de la capacité d'accueil et de la fréquentation touristique à Crans-Montana-Aminona et Nendaz en 1992

Station	Hôtels ASV 94	Hôtels ITV 93	LH* ASV 94	LH OFS 94	LH ITV 93	LP ITV 93	LP**** OFS 94	LT ITV 93	LT OT	LH Eval. pers.	LP Eval. pers.	LT Eval. pers.	Nuitées OT	OLH [%] ASV 1994	PP 31.12.92 ASV 1994
Icogne	2		24**											( )	441
Lens	12		527											42	3251
Chermignon	19		601											45	2703
Montana	15		1085						14400	<b>1100</b>	<b>13300</b>	<b>14400</b>		49	2412
Randogne	18		872						14400	<b>900</b>	<b>13500</b>	<b>14400</b>		61	3280
Mollens	1		( )		34	2352		2386		<b>34</b>	<b>2300</b>	<b>2334</b>	25818	( )	644
Crans-sur-Sierre***	33		1152	1837			5035		15500	<b>1150</b>	<b>14350</b>	<b>15500</b>	598542		6395
Montana-Vermala***	33		1957	2043			7667		28800	<b>1950</b>	<b>26850</b>	<b>28800</b>	1087140		5692
Aminona	1	1			34	2352		2386		<b>34</b>	<b>2300</b>	<b>2334</b>	25818		644
Crans-Montana	66	55	3109	3880	3500	40310	12702	43810	44300	<b>3100</b>	<b>41200</b>	<b>44300</b>	1685682		12087
Haut-Plateau***	67	56	3143		3534	42662		46196		<b>3100</b>	<b>43500</b>	<b>46600</b>	1711500		12731
Nendaz	6	8	156	194	333	17871	7026	18204	16500	<b>150</b>	<b>16350</b>	<b>16500</b>	790159	34	5312
Zermatt	105		4952	6193	6464	12651	8943	19115		<b>6000</b>	<b>12650</b>	<b>18650</b>	1699454	63	4896

\* Ne prend en compte que les lits disponibles au moment du recensement

\*\* Non mentionné; info fournie par l'OT de Montana

\*\*\* Calculé par moi-même

\*\*\*\* Ne prend en compte que les lits loués à des tiers

Abréviations

LH = Lits hôteliers

LP = Lits parahôteliers

LT = Total des lits touristiques

PP = Population permanente

ITV = Inventaire du tourisme valaisan, 1993 (pour l'année 1993)

ASV = Annuaire statistique du Canton du Valais, 1994 (pour l'année 1992)

OFS = Offices fédéral de la Statistique, Le tourisme dans le Canton du Valais, Année touristique 1992-1993.

OT = Offices du tourisme

OLH = Occupation des lits hôteliers

Sources : Annuaire statistique du Valais

Inventaire du tourisme valaisan

Offices du tourisme

Crans-sur-Sierre = regroupe les communes de Icogne, Lens, Chermignon

Montana-Vermala = regroupe les communes de Montana et Randogne

Aminona = statistiques de la commune de Mollens

Crans-Montana = regroupe les stations de Crans et Montana-Vermala (5 communes)

Haut-Plateau = Crans-Montana + Aminona (6 communes)

## Annexe 4.16

### Statistique des nuitées sur le Haut-Plateau

Année	Crans Hiver			Montana Hiver			Crans Eté			Montana Eté			Crans Année	
	H Hiv C	P Hiv C	H + P Hiv C	H Hiv M	P Hiv M	H + P Hiv M	H Eté C	P Eté C	H + P Eté C	H Eté M	P Eté M	H + P Eté M	H Crans	P Crans
1987	130446	204761	335207	149608	287862	437470	73896	139434	213330	93931	183689	277620	204342	344195
1988	130164	257332	387496	142675	300624	443299	73111	175100	248211	95743	182097	277840	203275	432432
1989	115991	210429	326420	137290	304362	441652	81288	215310	296598	111282	200488	311770	197279	425739
1990	105891	224718	330609	150452	272573	423025	73550	173583	247133	117336	201426	318762	179441	398301
1991	111720	235547	347267	154579	298722	453301	65804	176938	242742	116367	213990	330357	177524	412485
1992	109664	228723	338387	153489	293945	447434	67495	181705	249200	121392	213658	335050	177159	410428
1993	106868	242080	348948	158339	305809	464148	70197	182059	252256	122592	212400	334992	177065	424139
1994	107482	235912	343394	153028	306532	459560	70671	173741	244412	116350	216448	332798	178153	409653
1995	94779	223075	317854	135803	292240	428043	49712	164545	214257	106063	217352	323415	144491	387620
1996	87655	194622	282277	125874	285566	411440	51219	158028	209247	88744	183938	272682	138874	352650
Moyenne	110066	225720	335786	146114	294824	440937	67694	174044	241739	108980	202549	311529	177760	399764
Ecart-type	13448	18633	26548	10328	10720	16519	10002	19380	25545	12216	14490	25600	22014	30123

Source : Société de développement Montana, Rapports d'activité 1987 à 1996

Abréviations      H = Hôtellerie      C = Crans  
                          P = Parahôtellerie      M = Montana  
                          T = Total                      C-M = Crans-Montana

		Montana						Crans-Montana					
		Année											
Instituts Crans	Total Crans	H Mont.	P Mont.	Et. cure Montana	Instituts Montana	Groupes Montana	Total Montana	H Hiv C-M	P Hiv C-M	H Eté C-M	P Eté C-M	H C-M	P C-M
	548537	243539	471551					280054	492623	167827	323123	447881	815746
10369	646076	238418	482716	119246	100577	77093	1018050	272839	557956	168854	357197	441693	915153
11282	634300	248572	504850	112062	120066	49930	1035480	253281	514791	192570	415798	445851	930589
11150	588892	267788	473999	132867	132995	59614	1067263	256343	497291	190886	375009	447229	872300
11136	601145	270946	512712	119518	135626	52924	1091726	266299	534269	182171	390928	448470	925197
10955	598542	274881	507603	108038	143683	52935	1087140	263153	522668	188887	395363	452040	918031
10545	611749	280931	518209	120557	141999	51383	1113079	265207	547889	192789	394459	457996	942348
10887	598693	269378	522980	107253	148751	53420	1101782	260510	542444	187021	390189	447531	932633
		241866	509592	111739	127685*	51665		230582	515315	155775	381897	386357	897212
		214618	469504	102193	123970*	51836		213529	480188	139963	341966	353492	822154
10903	603492	255094	497372	114830		55644	1073503	256180	520543	176674	376593	432854	897136
335	29561	20931	20655	9220		8490	35222	19949	25450	18027	28015	34318	45747

\* Crans et Montana

				Nuitées calculées sur l'année			Part de l'hôtellerie					
H + P Hiv C-M	H + P Eté C-M	H + P C-M	Nuitées C-M	T-(H+P) Crans	T-(H+P) Mont.	T-(H+P) C-M	H/(H+P) Hiv Crans	H/(H+P) Hiv Mont.	H/(H+P) Hiv C-M	H/(H+P) Eté Crans	H/(H+P) Eté Mont.	H/(H+P) Eté C-M
772677	490950	1263627					0.39	0.34	0.36	0.35	0.34	0.34
830795	526051	1356846	1664751	10369	296916	307285	0.34	0.32	0.33	0.29	0.34	0.32
768072	608368	1376440	1669780	11282	282058	293340	0.36	0.31	0.33	0.27	0.36	0.32
753634	565895	1319529	1656155	11150	325476	336626	0.32	0.36	0.34	0.30	0.37	0.34
800568	573099	1373667	1692871	11136	308068	319204	0.32	0.34	0.33	0.27	0.35	0.32
785821	584250	1370071	1685682	10955	304656	315611	0.32	0.34	0.33	0.27	0.36	0.32
813096	587248	1400344	1724828	10545	313939	324484	0.31	0.34	0.33	0.28	0.37	0.33
802954	577210	1380164	1700475	10887	309424	320311	0.31	0.33	0.32	0.29	0.35	0.32
745897	537672	1283569	1574658				0.30	0.32	0.31	0.23	0.33	0.29
693717	481929	1175646	1453645				0.31	0.31	0.31	0.24	0.33	0.29
776723	553267	1329990	1646983	10903	305791	316694	0.33	0.33	0.33	0.28	0.35	0.32
39512	42470	70199	83707	335	13636	13617	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02

## Annexe 4.17

### Répartition mensuelle des nuitées hôtelières à Crans-Montana, 1988-1996\*

Mois	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Moyenne
Novembre	3891	3456	2887	5129	4452	5315	4292	4437	3007	4096
Décembre	34317	30749	33438	36797	34652	40011	33957	29861	26124	33323
Janvier	53230	54353	52778	52657	59780	63259	66568	55279	49014	56324
Février	83178	73250	71605	81151	70896	76555	77817	69581	58919	73661
Mars	74273	72056	70089	73535	77379	57581	57357	54783	58435	66165
Avril	28529	19417	25546	17030	18082	22486	20808	16641	18030	20730
Mai	5542	5440	6158	6122	6378	6115	6521	7119	3655	5894
Juin	18239	20066	21525	19440	15492	23869	25168	21705	17380	20320
Juillet	42632	52209	48477	49270	45810	51968	49132	41486	37052	46448
Août	60364	69419	71838	65167	72476	69319	63300	54040	46943	63652
Septembre	31962	33120	31995	30488	34493	31009	31079	21604	26153	30211
Octobre	10115	12316	10951	11684	12942	10509	11823	9821	8780	10993
<b>Total</b>	<b>446272</b>	<b>445851</b>	<b>447287</b>	<b>448470</b>	<b>452832</b>	<b>457996</b>	<b>447822</b>	<b>386357</b>	<b>353492</b>	<b>431820</b>

Source : Société de développement de Montana, Rapports d'activité 1987 à 1996

\* Il s'agit des nuitées hôtelières totales (Crans et Montana).



## Annexe 4.18

### Répartition mensuelle des nuitées hôtelières à Crans-Montana, 1988-1996 [%]\*

Mois	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Moyenne	Moyenne Zermatt 1983-92 cf. ann. 4.11
Novembre	0.9	0.8	0.6	1.1	1.0	1.2	1.0	1.1	0.9	0.9	1.6
Décembre	7.7	6.9	7.5	8.2	7.7	8.7	7.6	7.7	7.4	7.7	7.6
Janvier	11.9	12.2	11.8	11.7	13.2	13.8	14.9	14.3	13.9	13.0	9.7
Février	18.6	16.4	16.0	18.1	15.7	16.7	17.4	18.0	16.7	17.1	12.0
Mars	16.6	16.2	15.7	16.4	17.1	12.6	12.8	14.2	16.5	15.3	15.5
Avril	6.4	4.4	5.7	3.8	4.0	4.9	4.6	4.3	5.1	4.8	9.2
Mai	1.2	1.2	1.4	1.4	1.4	1.3	1.5	1.8	1.0	1.4	2.8
Juin	4.1	4.5	4.8	4.3	3.4	5.2	5.6	5.6	4.9	4.7	5.7
Juillet	9.6	11.7	10.8	11.0	10.1	11.3	11.0	10.7	10.5	10.8	11.0
Août	13.5	15.6	16.1	14.5	16.0	15.1	14.1	14.0	13.3	14.7	12.2
Septembre	7.2	7.4	7.2	6.8	7.6	6.8	6.9	5.6	7.4	7.0	9.3
Octobre	2.3	2.8	2.4	2.6	2.9	2.3	2.6	2.5	2.5	2.5	3.5
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Source : Société de développement de Montana, Rapports d'activité 1987 à 1996

\* Il s'agit des nuitées hôtelières totales (Crans et Montana).

## Annexe 4.19

### Evaluation de la répartition mensuelle des nuitées parahôtelières à Crans-Montana, 1988-1996\*

Mois	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Moyenne
Novembre	14515	12943	10690	19361	16573	20016	16298	18084	12366	15623
Décembre	128014	115160	123810	138900	128993	150683	128942	121703	107428	127095
Janvier	198567	203560	195419	198768	222533	238235	252773	225298	201557	214823
Février	310283	274333	265130	306326	263913	288309	295488	283588	242289	280948
Mars	277064	269861	259516	277578	288046	216852	217797	223277	240299	252358
Avril	106423	72720	94588	64284	67311	84683	79012	67823	74144	79065
Mai	20674	20374	22801	23109	23742	23029	24762	29015	15030	22482
Juin	68038	75150	79700	73382	57669	89891	95568	88462	71471	77503
Juillet	159032	195531	179494	185983	170529	195713	186565	169083	152367	177157
Août	225179	259985	265992	245990	269794	261058	240364	220248	193041	242771
Septembre	119229	124040	118467	115085	128401	116781	118014	88050	107547	115228
Octobre	37732	46125	40548	44104	48177	39577	44894	40027	36105	41930
Total	1664751	1669781	1656155	1692871	1685682	1724828	1700475	1574658	1453645	1646983

Source : Société de développement de Montana, Rapports d'activité 1987 à 1996

\* Il s'agit des nuitées parahôtelières totales (Crans et Montana), calculées en multipliant le total des nuitées annuelles par les pourcentages mensuels de l'annexe 4.18

## Annexe 4.20

### Statistique des nuitées à Nendaz

Année	Lits	Hiver	Eté	Forfaits	Total	Evolution [%]
1980	12000	253910	157129	89600	500639	
1981	13000	332159	187433	100000	619592	23.8
1982	13500	343380	163141	100000	606521	-2.1
1983	14000	327130	137328	120000	584458	-3.6
1984	14000	330223	149286	124000	603509	3.3
1985	14500	364589	154151	131880	650620	7.8
1986	14500	402609	170302	141480	714391	9.8
1987	15000	380894	162650	160080	703624	-1.5
1988	15000	386218	169248	163920	719386	2.2
1989	16500	334362	184313	176760	695435	-3.3
1990	16500	306070	178700	209280	694050	-0.2
1991	16500	382943	191930	223920	798793	15.1
1992	16500	371056	185703	233400	790159	-1.1
1993	16500	357150	163345	246720	767215	-2.9
1994		373023	149324	253440	775787	1.1

Source : Société de développement Nendaz, Rapport d'activité 1992-93, modifié

### Evolution des nuitées à Nendaz

Année*	Hiver			Eté			Forfaits	Total
	Hôtellerie	Parahôtellerie	Total hiver	Hôtellerie	Parahôtellerie	Total été		
1988	31844	354374	386218	7450	161798	169248	163920	719386
1989								
1990**	27265	278805	306070	9282	169418	178700	209280	694050
1991	26193	356750	382943	8551	183379	191930	223920	798793
1992	25203	345853	371056	6316	179387	185703	233400	790159
1993	19929	337221	357150	5309	158036	163345	246720	767215
1994	24358	348665	373023	4649	144675	149324	253440	775787

Source : Société de développement Nendaz, Rapport d'activité 1992-93, modifié

Remarque : "Parahôtellerie" regroupe les nuitées en chalets/appartements et colonies

\* L'année regroupe la période de novembre à octobre (ex. 1988 : nov. 1987 à octobre 1988).

\*\* Durant les intempéries de février 1990, aucune taxe de séjour n'a été encaissée

## Annexe 4.21

### Evolution mensuelle des nuitées à Nendaz

Mois	1991	1992	1993	1994	1991 [%]	1992 [%]	1993 [%]	Moyenne 1991-1993 [%]	Zermatt [%]* Moyenne 1983-92 cf. annexe 4.11
Janvier	58601	60280	53590	60739	10.1	10.6	10.4	10.4	9.7
Février	120795	120031	113255	129847	20.9	21.2	22.1	21.4	12.0
Mars	112066	89082	85479	99464	19.4	15.7	16.7	17.3	15.5
Avril	41741	48030	41870	27448	7.2	8.5	8.2	8.0	9.2
Mai	6535	7848	6045	5280	1.1	1.4	1.2	1.2	2.8
Juin	13071	15696	12089	10560	2.3	2.8	2.4	2.5	5.7
Juillet	78371	65012	64492	60250	13.5	11.5	12.6	12.5	11.0
Août	63597	69684	60700	53681	11.0	12.3	11.8	11.7	12.2
Septembre	20237	18309	13346	13035	3.5	3.2	2.6	3.1	9.3
Octobre	10119	9154	6673	6518	1.7	1.6	1.3	1.6	3.5
Novembre	5363	6296	5553		0.9	1.1	1.1	1.0	1.6
Décembre	48270	56660	49973		8.3	10.0	9.7	9.4	7.6

Source : Société de développement Nendaz, modifié

Remarque : les données des mois de novembre-décembre, mai-juin et septembre-octobre ayant été regroupées par la SD, j'ai réparti les nuitées de la manière suivante :

mai-juin (1/3, 2/3), septembre-octobre (2/3, 1/3), novembre-décembre (1/10, 9/10).

\* il s'agit de la moyenne des nuitées hôtelières entre 1983 et 1992.

## Annexe 4.22

### Evaluation de la population résidente temporaire à Crans-Montana et Nendaz en 1992, selon la statistique des nuitées

Mois	C-M	C-M	C-M	Nendaz	C-M	Nendaz
	Hôt. cf. annexe 3.17	Parahôt. cf. annexe 3.18	P.T.	P.T. cf. annexe 3.21	P.T. par jour (1)	P.T. par jour (1)
Novembre	4452	16573	21025	5363	701	179
Décembre	34652	128993	163645	48270	5455	1609
Janvier	59780	222533	282313	60280	9410	2009
Février	70896	263913	334809	120031	11160	4001
Mars	77379	288046	365425	89082	12181	2969
Avril	18082	67311	85393	48030	2846	1601
Mai	6378	23742	30120	7848	1004	262
Juin	15492	57669	73161	15696	2439	523
Juillet	45810	170529	216339	65012	7211	2167
Août	72476	269794	342270	69684	11409	2323
Septembre	34493	128401	162894	18309	5430	610
Octobre	12942	48177	61119	9154	2037	305

Sources : Sociétés de développement de Montana et Nendaz, modifié

Abréviations C-M = Crans-Montana  
P.T. = Population touristique temporaire (correspond à la population touristique dormant dans la station)

1: correspond à la population touristique mensuelle divisée par le nombre de jours du mois (moyenne de 30 jours)

## Annexe 4.23

### Evaluation de la population touristique journalière à Crans-Montana et Nendaz en 1992 selon la statistique des ordures ménagères

**Tabl. A : Quantités [en kg] de déchets de voirie (UTO Uvrier) en 1992**

Commune	Icogne	Lens	Chermignon	Montana	Randogne	Nendaz
Janvier	13790	162390	106100	138860	163150	208730
Février	10650	148940	97660	131170	154450	216540
Juillet	12000	141450	104340	133130	138250	230060
Août	16050	183970	127650	152180	173470	246690
Novembre	7430	92990	67920	89390	100810	154260

Source : Usine de traitement des ordures du Valais Central (UTO), Uvrier, modifié

**Tabl. B : Quantité moyenne [en kg] de déchets de voirie par jour (UTO Uvrier) en 1992**

Commune	Icogne	Lens	Chermignon	Montana	Randogne	Nendaz
Janvier	445	5238	3423	4479	5263	6733
Février	367	5136	3368	4523	5326	7467
Juillet	387	4563	3366	4295	4460	7421
Août	518	5935	4118	4909	5596	7958
Novembre	248	3100	2264	2980	3360	5142

**Tabl. C : Evaluation de la population journalière moyenne en 1992 (1)**

Commune	Icogne	Lens	Chermignon	Montana	Randogne	Nendaz	Crans	Montana	Crans-Mont.
Janvier	463	5457	3565	4666	5482	7014	9485	10148	19633
Février	383	5350	3508	4712	5548	7778	9240	10259	19500
Juillet	403	4753	3506	4473	4645	7731	8662	9119	17781
Août	539	6182	4289	5114	5829	8289	11010	10943	21953
Novembre	258	3229	2358	3104	3500	5356	5845	6604	12449

(1) Quantité de déchets produite/0.96 (Nombre de kilos par jour et par hab. moyen traité à l'UTO)

**Tabl. C : Evaluation de la population temporaire moyenne en 1992 (2)**

Commune	Icogne	Lens	Chermignon	Montana	Randogne	Nendaz	Crans	Montana	Crans-Mont.
Janvier	72	2493	917	2330	2457	1886	3482	4787	8269
Février	-8	2386	860	2376	2523	2650	3237	4898	8136
Juillet	12	1789	858	2137	1620	2603	2659	3758	6417
Août	148	3218	1641	2778	2804	3161	5007	5582	10589
Novembre	-133	265	-290	768	475	228	-158	1243	1085

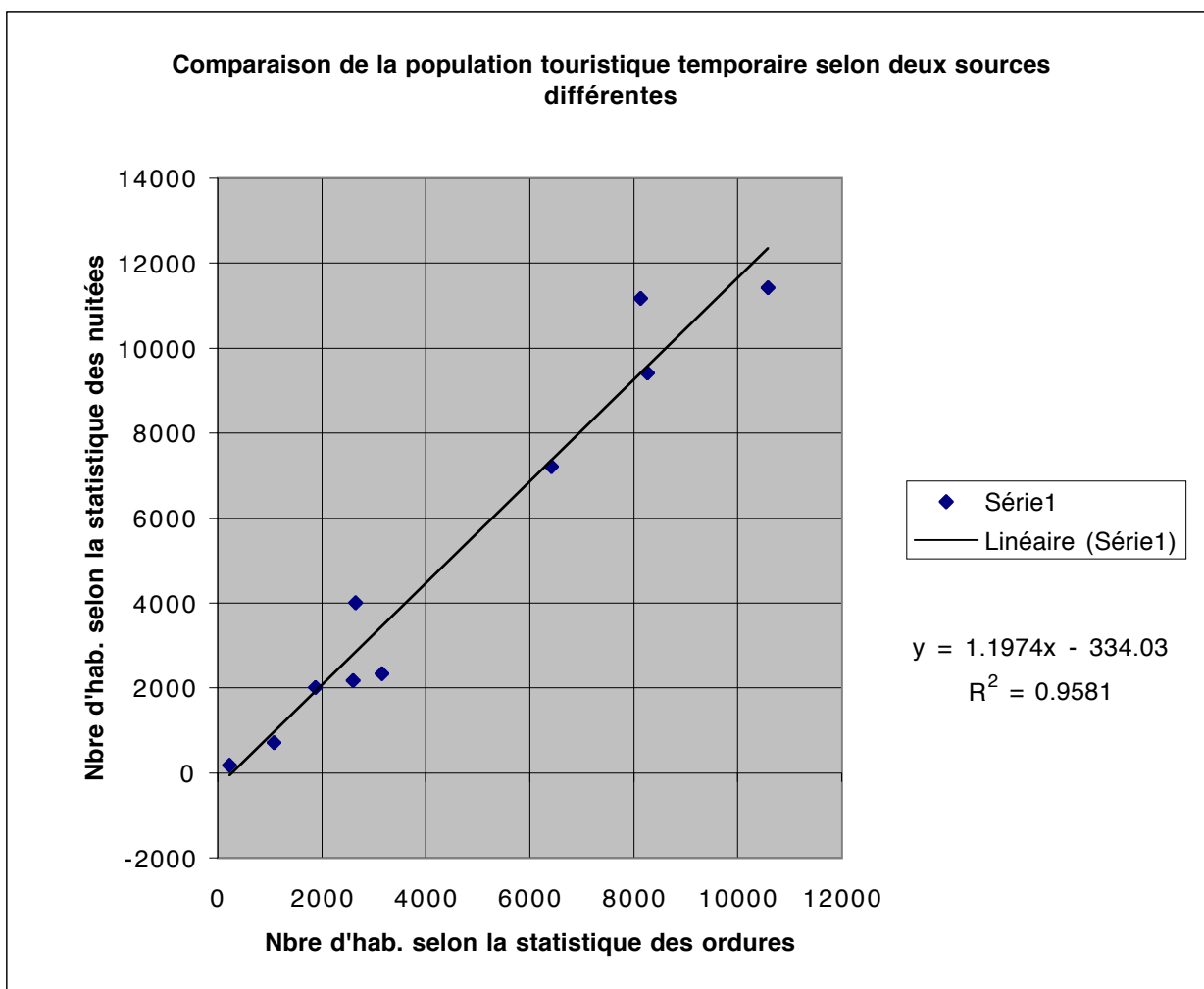
(2) Différence entre la population journalière moyenne calculée au tabl. précédent et la population résidente (31.12.91) selon l'ann. 4.7

# Annexe 4.24

## Comparaison des valeurs de population temporaire selon deux types de sources

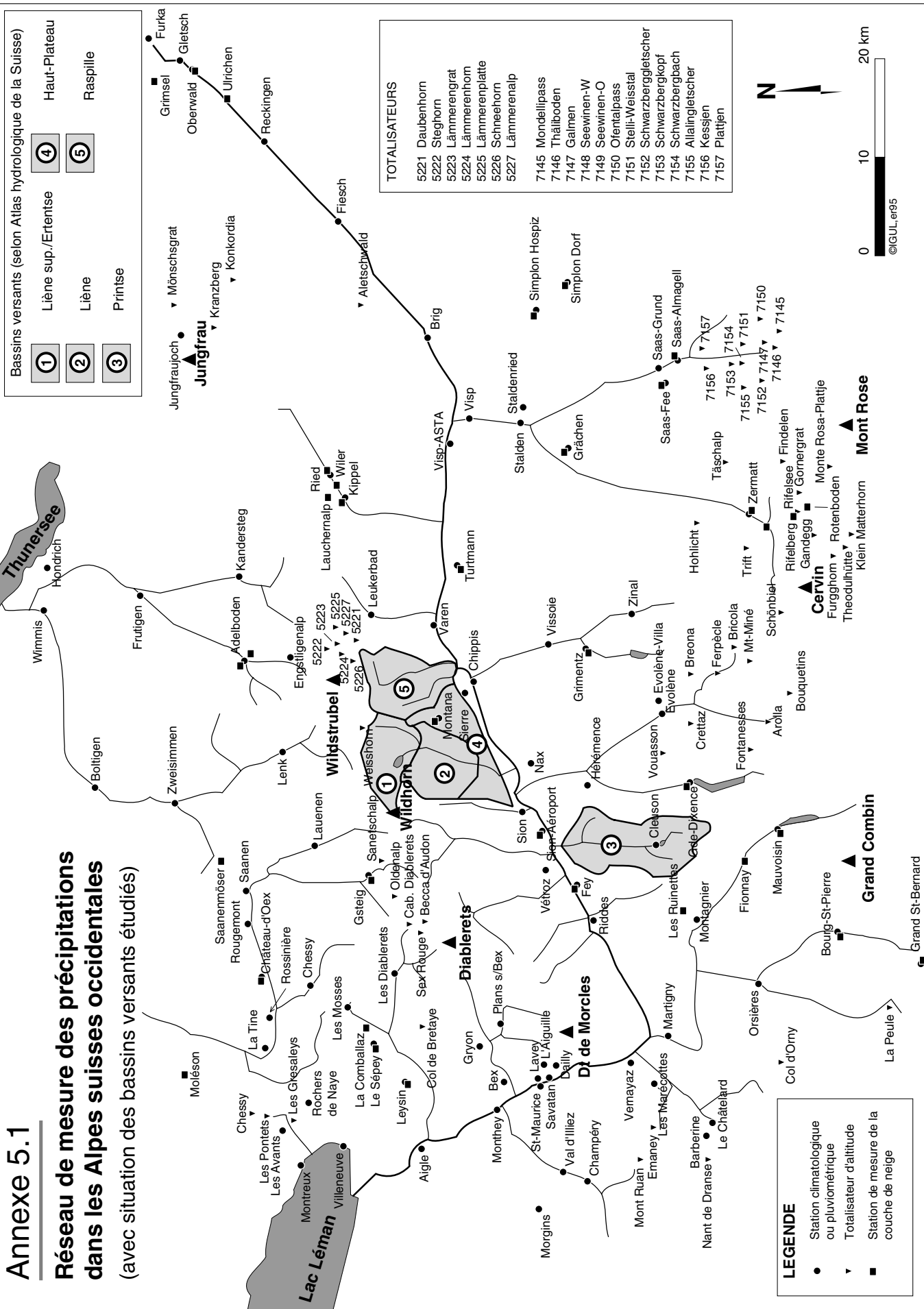
	1992	PT selon ann. 3.23	PT selon ann. 3.22
Nendaz	Janvier	1886	2009
	Février	2650	4001
	Juillet	2603	2167
	Août	3161	2323
	Novembre	228	179
C-M	Janvier	8269	9410
	Février	8136	11160
	Juillet	6417	7211
	Août	10589	11409
	Novembre	1085	701

PT = population touristique temporaire



# Annexe 5.1

## Réseau de mesure des précipitations dans les Alpes suisses occidentales (avec situation des bassins versants étudiés)





## Annexe 5.2

### Précipitations moyennes - Stations pluviométriques et climatologiques

Valeurs non corrigées

No	Lieu	Alt.	Période	PH [mm]	PP [mm]	PE [mm]	PA [mm]	P An [mm]	Source
5010	Grimsel-Hospiz	1980	1901-40	544	583	518	505	2150	UTTINGER 1965
5010	Grimsel-Hospiz	1980	1901-60					2225	Annalen SMA 1993
5010	Grimsel-Hospiz	1980	1971-80					2140	ISM/VJP, 1983/4
5010	Grimsel-Hospiz	1980	1981-90	682	584	421	426	2113	BCS/ER, 1995
7005°	Furka	2380	1901-40	579	517	367	485	1948	UTTINGER 1965
496°	Gletsch	1760	1901-40	429	455	379	432	1695	UTTINGER 1965
7020°	Oberwald	1375	1864-1903					1550	MAURER et al., 1909
7020	Oberwald	1375	1901-40	374	378	354	402	1508	UTTINGER 1965
7020	Oberwald	1375	1901-60	381	349	359	404	1493	UTTINGER 1966
7020	Oberwald	1375	1931-60	374	321	366	400	1461	UTTINGER 1965
7020	Oberwald	1375	1971-80					1450	ISM/VJP, 1983/4
7020	Oberwald	1375	1981-90					1610	Annalen SMA 1993
7040	Ulrichen	1345	1901-60					885	Annalen SMA 1993
7040	Ulrichen	1345	1981-90	344	357	237	275	1212	BCS/ER, 1995
7050°	Reckingen	1325	1864-1903					1100	MAURER et al., 1909
7050	Reckingen	1325	1901-40	237	295	264	299	1095	UTTINGER 1965
7050	Reckingen	1325	1931-60	249	234	267	294	1044	UTTINGER 1965
7050	Reckingen	1325	1901-60	246	266	265	298	1075	UTTINGER 1966
7050	Reckingen	1325	1971-80					1112	ISM/VJP/ER 1995
7070°	Fiesch	1054	1864-1903					965	MAURER et al., 1909
7070	Fiesch	1054	1901-40	212	255	209	269	945	UTTINGER 1965
7070	Fiesch	1054	1931-60	225	205	217	260	907	UTTINGER 1965
7070	Fiesch	1054	1901-60					925	ISM/VJP, 1990/4
7070	Fiesch	1054	1971-80					900	ISM/VJP, 1983/4
7070	Fiesch	1054	1981-90					1036	ISM/VJP/ER 1995
7080	Ernen	1000	1901-60					900	Annalen SMA 1993
7080	Ernen	1000	1971-80					902	ISM/VJP/ER 1995
7080	Ernen	1000	1981-90					983	ISM/VJP/ER 1995
7130°	Brig	671	1864-1903					709	MAURER et al., 1909
7130°	Brig	671	1901-40	179	197	151	198	725	UTTINGER 1965
7130	Brig	671	1901-60					723	Annalen SMA 1993
7130	Brig	671	1971-80					740	ISM/VJP, 1983/4
7130	Brig	671	1981-90					760	Annalen SMA 1993
9585°	Simplon-Hospiz	1795	1864-1903					1355	MAURER et al., 1909
9585°	Simplon-Hospiz	1795	1901-40	336	472	404	462	1674	UTTINGER 1965
9580°	Simplon-Dorf	1495	1901-40	229	384	279	360	1252	UTTINGER 1965
9580	Simplon-Dorf	1495	1971-80					1390	ISM/VJP, 1983/4
9580	Simplon-Dorf	1495	1981-90	211	425	229	300	1165	BCS/ER, 1995
7165	Saas Fee	1785	1901-40	157	247	210	252	866	UTTINGER 1965
7165	Saas Fee	1785	1931-60	154	202	220	256	832	UTTINGER 1965
7165	Saas Fee	1785	1901-60	156	225	211	255	847	UTTINGER 1966
7165	Saas Fee	1785	1931-68	154	200	212	256	823	BCS/ER, 1994
°	Saas-Grund	1562	1864-1903					772	MAURER et al., 1909
504	Saas-Grund	1562	1901-40	167	243	196	252	858	UTTINGER 1965
7160	Saas Almagell	1667	1901-60					847	Annalen SMA 1993
7160	Saas Almagell	1667	1971-80	138	238	211	230	817	BCS/ER, 1995
7160	Saas Almagell	1667	1981-90					760	Annalen SMA 1993
505°	Staldenried	1060	1901-40	113	141	133	145	532	UTTINGER 1965

7190°	Zermatt	1610	1864-1903					671	MAURER et al., 1909
7190	Zermatt	1610	1901-40	142	188	190	184	704	UTTINGER 1965
7190	Zermatt	1610	1931-60	141	150	198	187	676	UTTINGER 1965
7190	Zermatt	1610	1901-60	142	172	192	188	694	UTTINGER 1966
7190	Zermatt	1638	1960/71-82/93	154	166	183	185	688	BCS/ER, 1994
7190	Zermatt	1638	1971-80					770	ISM/VJP, 1983/4
7190	Zermatt	1638	1981-90					680	Annalen SMA 1993
7190	Zermatt	1638	1982-91	165	166	163	145	638	BCS/ER, 1995
7220°	Grächen	1629	1864-1903					528	MAURER et al., 1909
7220	Grächen	1617	1901-40	113	156	161	161	591	UTTINGER 1965
7220	Grächen	1617	1966-93	125	160	168	170	623	BCS/ER, 1994
7220	Grächen	1617	1901-60					512	Annalen SMA 1993
7220	Grächen	1617	1971-80					630	ISM/VJP, 1983/4
7220	Grächen	1617	1981-90	140	184	144	160	629	BCS/ER, 1995
7240°	Ackersand/Stalden	700	1901-40	124	143	119	144	530	UTTINGER 1965
7240	Ackersand/Stalden	700	1901-60					475	Annalen SMA 1993
7240	Ackersand/Stalden	700	1971-80					567	ISM/VJP/ER 1995
7240	Ackersand/Stalden	700	1981-90					543	ISM/VJP/ER 1995
7250	Visp	655	1901-40	164	173	127	172	636	UTTINGER 1965
7250	Visp	655	1931-60	176	125	138	177	616	UTTINGER 1965
7250	Visp	655	1901-60	169	149	131	176	625	UTTINGER 1966
7250	Visp-ASTA	640	1901-60					550	Annalen SMA 1993
7255	Visp-ASTA	640	1980-93	180	163	123	169	634	BCS/ER, 1994
7255	Visp-ASTA	640	1971-80					710	ISM/VJP, 1983/4
7255	Visp-ASTA	640	1981-90	185	172	112	158	626	BCS/ER, 1995
7270	Ried (Lötschen)	1480	1971-80					1180	ISM/VJP, 1983/4
7270	Ried (Lötschen)	1480	1981-90	345	265	239	256	1105	BCS/ER, 1995
7280°	Kippel	1376	1864-1903					1024	MAURER et al., 1909
7280	Kippel	1376	1901-40	257	232	217	230	936	UTTINGER 1965
7280	Kippel	1376	1931-60	303	183	236	243	965	UTTINGER 1965
7280	Kippel	1376	1901-60					957	ISM/VJP, 1970/4
7290	Turtmann	622	1971-82	183	158	163	174	678	BCS/ER, 1994
7290	Turtmann	622	1971-80	171	148	165	163	646	BCS/ER, 1995
7300°	Leukerbad	1415	1864-1903					1045	MAURER et al., 1909
7300	Leukerbad	1391	1901-40	272	241	287	247	1047	UTTINGER 1965
7300	Leukerbad	1391	1931-60	327	201	300	250	1078	UTTINGER 1965
7300	Leukerbad	1391	1901-60	293	215	293	248	1049	UTTINGER 1966
7300	Leukerbad	1391	1971-80					1180	ISM/VJP, 1983/4
7300	Leukerbad	1391	1981-90					1200	Annalen SMA 1993
7320°	Varen	750	1864-1903					622	MAURER et al., 1909
7320	Varen	750	1901-40	145	134	158	143	580	UTTINGER 1965
7320	Varen	750	1931-60	169	102	170	144	585	UTTINGER 1965
7320	Varen	750	1901-60					583	ISM/VJP, 1970/4
7320	Varen	750	1971-80					694	ISM/VJP/ER 1995
7405	Zinal	1678	1901-40	153	179	239	183	754	UTTINGER 1965
7400	Mottec	1560	1981-90					869	ISM/VJP/ER 1995
7410	Grimentz	1575	1901-40	163	188	232	184	767	UTTINGER 1965
7410	Grimentz	1575	1901-60					778	Annalen SMA 1993
7410	Grimentz	1575	1971-80					778	ISM/VJP/ER 1995
7410	Grimentz	1575	1981-90					811	ISM/VJP/ER 1995
515°	Vissoie	1200	1901-40	133	148	187	152	620	UTTINGER 1965
7340°	Chippis	522	1901-40	141	123	146	138	548	UTTINGER 1965
7340	Chippis	529	1959-70	170	114	158	123	565	BCS/ER, 1994
7360°	Sierre	552	1864-1903					571	MAURER et al., 1909
7360	Sierre	565	1901-40	147	129	154	145	575	UTTINGER 1965
7360	Sierre	565	1931-60	175	98	167	150	590	UTTINGER 1965
7360	Sierre	565	1901-60	162	117	160	148	587	UTTINGER 1966

7360	Sierre	565	1971-80					672	ISM/VJP/ER 1995
7360	Sierre	565	1981-90					693	ISM/VJP/ER 1995
518°	Montana/Grenon	1509	1901-40	235	213	230	210	888	UTTINGER 1965
519	Montana/Moubra	1453	1901-40	227	206	222	203	858	UTTINGER 1965
	Montana	1453	1901-40					840	UTTINGER 1949
7380	Montana	1495	1901-40					890	ISM/VJP, 1983/4
7380	Montana	1508	1931-93	302	190	231	215	938	BCS/ER 1994
7380	Montana	1508	1901-60					859	Annalen SMA 1993
7380	Montana	1508	1931-60	268	164	232	203	867	BCS/ER 1995
7380	Montana	1508	1971-80					970	ISM/VJP, 1983/4
7380	Montana	1508	1981-90	350	210	221	226	1006	BCS/ER 1995
7380	Montana	1508	1961-90					1001	BCS/ER 1995
7440°	Gde Dixence	2166	1901-40	171	223	276	230	900	UTTINGER 1965
7440	Gde Dixence	2166	1965-84	232	256	294	235	1016	BCS/ER 1994
7440	Gde Dixence	2166	1971-80	198	258	297	232	984	BCS/ER 1995
7465°	Evolène	1375	1864-1903					882	MAURER et al., 1909
7465°	Evolène	1375	1901-40	194	232	284	240	950	UTTINGER 1965
7465	Evolène	1375	1981-90					742	ISM/VJP/ER 1995
7464	Evolène-Villa	1825	1981-90					750	Annalen SMA 1993
7485°	Nax	1300	1864-1903					710	MAURER et al., 1909
7485	Nax	1260	1901-40	162	149	181	168	660	UTTINGER 1965
7470	Hérémece	1205	1901-40	148	157	205	169	679	UTTINGER 1965
7470	Hérémece	1205	1931-60	167	130	221	175	693	UTTINGER 1965
7470	Hérémece	1205	1901-60	157	144	211	172	684	UTTINGER 1966
7470	Hérémece	1260	1971-80					720	ISM/VJP, 1983/4
7470	Hérémece	1260	1981-90					820	Annalen SMA 1993
7500	Sion	542	1864-1903					630	MAURER et al., 1909
7500	Sion	549	1901-40	152	128	159	149	588	UTTINGER 1965
7500	Sion	549	1931-60	178	103	169	149	599	UTTINGER 1965
7500	Sion	549	1901-60	163	117	163	149	592	UTTINGER 1966
7500	Sion	542	1901-77	164	119	164	150	597	BCS/ER 1994
7500	Sion-Aéroport	482	1901-60					575	Annalen SMA 1993
7520°	Sion-Aéroport	482	1901-40	150	122	151	149	572	UTTINGER 1965
7520	Sion-Aéroport	482	1978-93	187	128	156	160	629	BCS/ER 1994
7520	Sion-Aéroport	482	1971-80					608	ISM/VJP/ER 1995
7520	Sion-Aéroport	482	1981-90	182	131	155	157	624	BCS/ER 1995
7570	Fey	780	1901-60					605	Annalen SMA 1993
7570	Fey	780	1960/79-85/93	159	128	175	157	620	BCS/ER 1994
7570	Fey	780	1971-80					638	ISM/VJP/ER 1995
7540°	Cleuson	2120	1901-40	197	216	264	223	900	UTTINGER 1965
°	Riddes	491	1864-1903					567	MAURER et al., 1909
527°	Riddes/Écône	491	1901-40	146	123	152	150	571	UTTINGER 1965
7590	Montagnier	845	1901-40	185	193	199	187	764	UTTINGER 1965
7590	Montagnier	845	1931-60	226	167	217	192	802	UTTINGER 1965
7590	Montagnier	845	1901-60	199	176	204	188	767	UTTINGER 1966
7590	Montagnier	845	1971-80					879	ISM/VJP/ER 1995
7590	Montagnier	845	1981-90					871	ISM/VJP/ER 1995
7580	Mauvoisin	1841	1972-93	287	302	301	286	1176	BCS/ER 1994
7580	Mauvoisin	1841	1972-81	281	310	302	299	1192	BCS/ER 1995
7580	Mauvoisin	1841	1981-90	318	321	288	264	1191	BCS/ER 1995
7620	Gd-St-Bernard	2479	1901-40	553	617	430	572	2172	UTTINGER 1965
7620	Gd-St-Bernard	2479	1931-60	547	538	442	539	2066	UTTINGER 1965
7620	Gd-St-Bernard	2479	1901-60	544	573	435	547	2099	UTTINGER 1966
7620	Gd-St-Bernard	2479	1961-90	613	623	429	537	2202	BCS/ER 1995
7620	Gd-St-Bernard	2479	1934-93	588	571	432	546	2138	BCS/ER 1994
7620	Gd-St-Bernard	2479	1971-80					2150	ISM/VJP, 1983/4
7620	Gd-St-Bernard	2479	1981-90	715	749	391	518	2373	BCS/ER 1995

7640°	Bourg-St-Pierre	1633	1864-1903					696	MAURER et al., 1909
7640	Bourg-St-Pierre	1620	1901-40	157	219	254	219	849	UTTINGER 1965
7640	Bourg-St-Pierre	1620	1931-60	208	200	270	233	911	UTTINGER 1965
7640	Bourg-St-Pierre	1620	1901-60	179	206	260	223	868	UTTINGER 1966
7640	Bourg-St-Pierre	1620	1971-80					840	ISM/VJP, 1983/4
7640	Bourg-St-Pierre	1620	1981-90					940	Annalen SMA 1993
7670°	Orsières	885	1864-1903					755	MAURER et al., 1909
7670	Orsières	885	1901-40	170	172	206	181	729	UTTINGER 1965
7670	Orsières	885	1931-60	222	143	209	178	752	UTTINGER 1965
7670	Orsières	922	1901-60					735	Annalen SMA 1993
7670	Orsières	922	1971-80					810	ISM/VJP/ER 1995
7670	Orsières	922	1981-90					810	Annalen SMA 1993
7700°	Martigny	480	1864-1903					716	MAURER et al., 1909
7700	Martigny-Ville	471	1901-40	198	172	206	195	771	UTTINGER 1965
7700	Martigny-Ville	471	1931-60	218	138	212	182	750	UTTINGER 1965
7700	Martigny-Ville	471	1901-60	206	154	209	190	759	UTTINGER 1966
7700	Martigny-Ville	471	1971-80					784	ISM/VJP/ER 1995
7710	Martigny-Bâtiaz	462	1901-40					770	Annalen SMA 1993
7710	Martigny-Bâtiaz	462	1981-90					890	Annalen SMA 1993
7730	Barberine	1822	1901-40	426	383	432	399	1640	UTTINGER 1965
7750	Le Châtelard	1130	1901-40	268	258	337	294	1157	UTTINGER 1965
7750	Le Châtelard	1130	1901-60					1077	Annalen SMA 1993
7750	Le Châtelard	1130	1971-80					1129	ISM/VJP/ER 1995
7750	Le Châtelard	1130	1981-90					1320	Annalen SMA 1993
7770	Les Marécottes	1040	1901-40	317	277	285	283	1162	UTTINGER 1965
7770	Les Marécottes	1040	1931-60	354	227	297	285	1163	UTTINGER 1965
7770	Les Marécottes	1040	1901-60					1160	Annalen SMA 1993
7770	Les Marécottes	1040	1971-80					1245	ISM/VJP/ER 1995
7770	Les Marécottes	1040	1981-90					1380	Annalen SMA 1993
7775	Vernayaz	453	1971-86	317	243	242	274	1068	BCS/ER 1994
7775	Vernayaz	453	1971-80	286	219	262	268	1035	BCS/ER 1995
536°	L'Aiguille	1446	1901-40	205	269	350	272	1096	UTTINGER 1965
7740°	Dailly	1240	1864-1903					1140	MAURER et al., 1909
7740	Dailly	1240	1901-40	219	292	367	285	1163	UTTINGER 1965
7786°	Savatan	700	1864-1903					1056	MAURER et al., 1909
7786	Savatan	700	1901-40	199	251	333	264	1047	UTTINGER 1965
539°	Lavey	444	1864-1903					1056	MAURER et al., 1909
539°	Lavey	444	1901-40	197	253	326	257	1033	UTTINGER 1965
540°	Pont de St-Maurice	420	1864-1903					996	MAURER et al., 1909
540°	Pont de St-Maurice	420	1901-40	199	236	331	249	1015	UTTINGER 1965
7860°	Bex	419	1864-1903					1015	MAURER et al., 1909
7860	Bex	419	1901-40	195	224	324	232	975	UTTINGER 1965
7860	Bex	419	1931-60	208	194	331	233	966	UTTINGER 1965
7860	Bex	419	1901-60	201	210	328	231	970	UTTINGER 1966
7860	Bex	419	1971-80					1049	ISM/VJP/ER 1995
7860	Bex	419	1981-90					1071	SCHOENEICH 1995
7820	Les Plans-sur-Bex	1070	1901-40	294	364	432	334	1424	UTTINGER 1965
7820	Les Plans-sur-Bex	1070	1901-60					1399	Annalen SMA 1993
7820	Les Plans-sur-Bex	1070	1901-60					1469	SCHOENEICH 1995
7820	Les Plans-sur-Bex	1070	1971-80					1429	ISM/VJP/ER 1995
7820	Les Plans-sur-Bex	1070	1981-90					1469	ISM/VJP/ER 1995
7800	Gryon	1085	1864-1903					1195	MAURER et al., 1909
7800	Gryon	1085	1901-40	284	332	410	311	1337	UTTINGER 1965
7800	Gryon	1085	1931-60	312	292	428	311	1343	UTTINGER 1965
7800	Gryon	1085	1901-60					1334	Annalen SMA 1993
7800	Gryon	1085	1971-80					1310	ISM/VJP, 1983/4

7800	Gryon	1085	1981-90					1380	Annalen SMA 1993
544°	Champéry	1052	1864-1903					1406	MAURER et al., 1909
544°	Champéry	1052	1901-40	355	407	519	405	1686	UTTINGER 1965
7880	Morgins	1365	1981-90					1918	ISM/VJP/ER 1995
7890	Val d'Illicz	870	1901-40	246	296	418	310	1270	UTTINGER 1965
7910	Monthey	395	1966-82	220	229	322	244	1015	BCS/ER 1994
7910°	Monthey	395	1901-40	200	219	329	226	974	UTTINGER 1965
7910	Monthey	395	1971-80	194	225	324	243	986	BCS/ER 1995
8005	Rochers de Naye	1982	1901-40	715	636	719	575	2645	UTTINGER 1965
8010°	Les Avants	982	1864-1903					1350	MAURER et al., 1909
8010	Les Avants	982	1901-40	319	412	530	405	1666	UTTINGER 1965
8010	Les Avants	982	1901-60					1660	Annalen SMA 1993
8010	Les Avants	982	1971-80					1700	ISM/VJP, 1983/4
8010	Les Avants	982	1981-90					1810	Annalen SMA 1993
8020°	Montreux-Clarens	405	1864-1903					1095	MAURER et al., 1909
8020	Montreux-Clarens	405	1901-40	212	267	398	277	1154	UTTINGER 1965
8020	Montreux-Clarens	405	1931-60	221	230	412	289	1152	UTTINGER 1965
8020	Montreux-Clarens	405	1961-90	256	312	415	312	1295	BCS/ER 1995
8020	Montreux-Clarens	405	1901-60	217	250	403	281	1151	UTTINGER 1966
8020	Montreux-Clarens	405	1971-80	241	282	439	307	1270	BCS/ER 1995
8020	Montreux-Clarens	405	1981-90	283	360	416	350	1409	BCS/ER 1995
554	Villeneuve	380	1901-40	202	259	369	280	1110	UTTINGER 1965
7940	Les Diablerets	1162	1901-40	372	358	450	350	1530	UTTINGER 1965
7940	Les Diablerets	1162	1901-60					1502	Annalen SMA 1993
7940	Les Diablerets	1162	1971-80					1540	ISM/VJP, 1983/4
7940	Les Diablerets	1162	1981-90					1690	Annalen SMA 1993
7950	Col des Mosses	1445	1981-90					1803	ISM/VJP/ER 1995
7958	Le Sépey	1267	1901-60					1396	Annalen SMA 1993
7958	Le Sépey	1267	1971-80					1760	ISM/VJP, 1983/4
7958	Le Sépey	1267	1981-90	459	369	429	366	1623	BCS/ER, 1995
7960°	Leysin	1320	1864-1903					1093	MAURER et al., 1909
7960	Leysin	1320	1901-40	309	327	436	324	1396	UTTINGER 1965
7960	Leysin	1320	1931-60	334	291	454	322	1401	UTTINGER 1965
7960	Leysin	1320	1901-60	321	309	443	323	1396	UTTINGER 1966
7970°	Aigle	420	1864-1903					920	MAURER et al., 1909
7970°	Aigle	420	1901-40	185	221	312	235	953	UTTINGER 1965
7970	Aigle-ANETZ	381	1901-60					881	Annalen SMA 1993
7970	Aigle-ANETZ	381	1981-90					1037	ISM/VJP/ER 1995
7970	Aigle-ANETZ	381	1982-91	216	242	303	245	1007	BCS/ER, 1995
5560°	Lauenen	1250	1864-1903					1115	MAURER et al., 1909
5560	Lauenen	1250	1901-40	288	303	431	294	1316	UTTINGER 1965
5560	Lauenen	1250	1931-60	300	267	443	293	1303	UTTINGER 1965
5560	Lauenen	1250	1901-60					1301	Annalen SMA 1993
5560	Lauenen	1250	1971-80					1400	ISM/VJP, 1983/4
5560	Lauenen	1250	1981-90					1450	Annalen SMA 1993
5570°	Gsteig	1195	1864-1903					1294	MAURER et al., 1909
5570	Gsteig	1195	1901-40	287	291	442	310	1330	UTTINGER 1965
5570	Gsteig	1195	1931-60	306	242	455	312	1315	UTTINGER 1965
5570	Gsteig	1195	1901-60	300	272	450	311	1333	UTTINGER 1966
5570	Gsteig	1195	1971-80					1500	ISM/VJP, 1983/4
5570	Gsteig	1195	1981-90					1750	Annalen SMA 1993
5590°	Saanen	1155	1864-1903					1125	MAURER et al., 1909
5590	Saanen	1155	1901-40	269	289	410	291	1259	UTTINGER 1965
352°	Rougemont	1003	1901-40	277	296	419	308	1300	UTTINGER 1965
5610°	Château-d'Oex	985	1901-40					1127	MAURER et al., 1909

5610	Château-d'Oex	985	1901-40	274	296	420	310	1300	UTTINGER 1965
5610	Château-d'Oex	985	1931-60	294	259	443	315	1311	UTTINGER 1965
5610	Château-d'Oex	985	1901-60	284	279	432	312	1307	UTTINGER 1966
5610	Château d'Oex	985	1981-90	347	334	409	341	1431	BCS/ER, 1995
355°	Rossinière	920	1901-40	291	298	446	340	1375	UTTINGER 1965
356°	La Tine	910	1901-40	371	384	496	409	1660	UTTINGER 1965
5340°	Lenk	1070	1864-1903					1138	MAURER et al., 1909
5340	Lenk	1070	1901-40	256	281	417	269	1223	UTTINGER 1965
5350°	Zweisimmen	960	1864-1903					1138	MAURER et al., 1909
5350	Zweisimmen	960	1901-40	285	304	416	294	1299	UTTINGER 1965
5350	Zweisimmen	960	1931-60	323	275	432	300	1330	UTTINGER 1965
5350	Zweisimmen	960	1901-60	300	289	419	293	1301	UTTINGER 1966
5350	Zweisimmen	960	1971-80					1290	ISM/VJP, 1983/4
5350	Zweisimmen	960	1981-90					1430	Annalen SMA 1993
5370°	Boltigen	855	1864-1903					1149	MAURER et al., 1909
5370	Boltigen	855	1901-40	283	306	423	309	1321	UTTINGER 1965
5370	Boltigen	855	1901-60					1320	Annalen SMA 1993
5370	Boltigen	855	1931-60	316	282	426	316	1340	UTTINGER 1965
5370	Boltigen	855	1971-80					1330	ISM/VJP, 1983/4
5370	Boltigen	855	1981-90					1430	Annalen SMA 1993
5430°	Wimmis	669	1864-1903					1149	MAURER et al., 1909
5430	Wimmis	669	1901-40	231	320	451	276	1278	UTTINGER 1965
5430	Wimmis	669	1901-60					1281	Annalen SMA 1993
5430	Wimmis	669	1931-60	261	293	458	288	1300	UTTINGER 1965
5430	Wimmis	669	1901-60	242	308	452	279	1281	UTTINGER 1966
5430	Wimmis	669	1971-80					1310	ISM/VJP 1983/4
5430	Wimmis	669	1981-90					1380	Annalen SMA 1993
5230	Kandersteg	1176	1901-40	213	281	400	255	1149	UTTINGER 1965
5230	Kandersteg	1176	1901-60					1135	Annalen SMA 1993
5230	Kandersteg	1176	1931-60	217	237	400	263	1117	UTTINGER 1965
5230	Kandersteg	1176	1901-60	216	262	400	257	1135	UTTINGER 1966
5230	Kandersteg	1176	1971-80					1240	ISM/VJP, 1983/4
5230	Kandersteg	1176	1981-90					1380	Annalen SMA 1993
5250°	Engstligenalp	1964	1901-40	344	428	607	391	1770	UTTINGER 1965
5270°	Adelboden	1320	1864-1903					1092	MAURER et al., 1909
5270	Adelboden	1320	1901-40	252	325	462	293	1332	UTTINGER 1965
5270	Adelboden	1320	1901-60					1312	Annalen SMA 1993
5270	Adelboden	1320	1931-60	274	282	462	306	1324	UTTINGER 1965
5270	Adelboden	1320	1901-60					1312	ISM/VJP 1993/4
5270	Adelboden	1320	1971-80					1340	ISM/VJP 1983/4
5270	Adelboden	1320	1981-90	321	321	435	280	1356	BCS/ER, 1995
5290°	Frutigen	890	1864-1903					1037	MAURER et al., 1909
5290	Frutigen	890	1901-40	226	279	413	257	1175	UTTINGER 1965
5290	Frutigen	890	1901-60					1176	Annalen SMA 1993
5290	Frutigen	890	1931-60	247	249	434	267	1197	UTTINGER 1965
5290	Frutigen	890	1971-80					1266	ISM/VJP/ER 1995
5290	Frutigen	890	1981-90					1296	ISM/VJP/ER 1995
5330	Hondrich	760	1901-40	208	292	455	277	1232	UTTINGER 1965
5330	Hondrich	760	1901-60					1220	Annalen SMA 1993
5330	Hondrich	760	1971-80					1300	ISM/VJP/ER 1995
5330	Hondrich	760	1981-90					1312	ISM/VJP/ER 1995

Rem. L'altitude prise en compte est généralement celle fournie par l'Atlas hydrologique de la Suisse, 1992.

- No Les numéros à 4 chiffres sont ceux publiés dans l'Atlas hydrologique de la Suisse; pour les stations non recensées dans cet atlas, les nombres à trois chiffres sont tirés de UTTINGER 1965.
- ° Stations avec extrapolation à partir d'une durée de mesure courte ou de séries non homogènes (pour MAURER et al. 1909 et UTTINGER 1965)

MAURER et al. 1909 = J. Maurer, R. Billwiller, C. Hess (1909) "Das Klima der Schweiz", Frauenfeld, Huber.

UTTINGER 1949 = H. Uttinger (1949) Les précipitations en Suisse, 1901-1940,

in "Führer durch die schweizerische Wasser- und Elektrizitätswirtschaft", Zürich.

UTTINGER 1965 = H. Uttinger (1965) Niederschlag, in "Klimatologie der Schweiz E", Zürich, SMA.

BCS/ER = données calculées par E. Reynard à partir de la Banque de données climatiques suisses de l'ISM.

Annalen SMA 1993 = Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt, 130ème année, 1993.

ISM/VJP = Institut suisse de météorologie : Valeurs Journalières des précipitations.

ISM/VJP/ER 1995 = données calculées par E. Reynard à partir des "Valeurs journalières des précipitations" de l'ISM.

SCHOENEICH 1995 = données calculées par SCHOENEICH 1995 à partir des "Valeurs Journalières des précipitations"

Rem. Pour la station Rochers de Naye, Uttinger (1965) publie 2 séries de valeurs interpolées à partir de durées de mesures courtes. Nous choisissons une série en suivant les considérations de Schoeneich (1995).

## Annexe 5.3

### Relevé de totalisateurs - Alpes Vaudoises, Bernoises et Pennines

Valeurs non corrigées

No	Lieu	Alt.[m]	MoyQ[mm]	MoyQ[mm]	MoyQ[mm]	MoyQ[mm]	MoyQ[mm]
			1961-70*	1971-80**	1981-90***	1941-70***	1961-90****
8007	Chessy	1627	1930	1830	2090	1880	1950
8008	Les Pontets	1369	2280	2100	2350	2190	2243
8009	Gresaleys	1293	1580	1560	1660	1560	1600
7920	Col de Bretaye	1815		1870	1930		
7936	Cab. Diablerets	2485			2780		
7934	Sex Rouge	2820		2130	2560		
5568	Sanetschalp	2043	1930	1730	1930		1863
5565	Oldenalp	1840	1870	1340	1340		1517
7935	Becca d'Audon	2870	1510			1540	
7652	Col d'Orny	3175	3740	2760	1120	3090	2540
7667	La Peule (Ferret)	2040			1260		
7720	Mont Ruan	2876			3190		
7727	Nant de Dranse	1953			1640		
7763	Emaney	1920			1980		
7455	Fontanesses	2800	1230	1320	1230		1260
7456	Arolla	2016		1070	1070		
7450	Ref. Bouquetins	2800	1160	1160	1320		1213
7453	Mt Miné	2650	970	1030	1030		1010
7457	Ferpècle	1893		980	980		
7458	Crettaz	2250		1000	1090		
7459	Breona	2240		860	900		
7460	Vouasson	2390		930	1070		
7461	Bricola	2780			1170		
7179	Riffelsee	2770		660	640		
7186	Schoenbiel	2700	1130	1070	1150		1117
7192	Trift	2625	1070	1060	1090		1073
7195	Hohlicht (Schali)	2220		1130	1110		
7176	Gandegg	2880	780	820	820		807
7170	Klein Matterhorn	3815			1090		
7169	Monte Rosa-Plattje	2880	930	980	900		937
7189	Findelen (Haupt)	2680	620	670	630		640
7193	Täschalp	2275	530	520	580		543
7172	Furgghorn	3390	3030	2750	2830	3020	2870
7178	Gornergrat	3082	1170	910	820	1210	967
7171	Theodulhütte	3327		2180			
7145	Mondellipass	2790	2260	2480	2710	2270	2483



7146	Thäliboden	2485	1200	1530	1170	1310	1300
7147	Galmen	2690	1000	1280	1210	1070	1163
7148	Seewinen-W	2850		1560	1360		
7149	Seewinen-O	2888		1160	1220		
7150	Ofentalpass	2772	1870	2350	2120	1970	2113
7151	Stelli-Weisstal	2620	1540	1830	1620	1650	1663
7152	Schwarzberggletscl	2930	1150	1430	1310	1270	1297
7153	Schwarzbergkopf	2603	1550	1960	1820	1700	1777
7154	Schwarzbergbach	2263		1210	1130		
7155	Allalingletscher	3368	1560	1770	1740	1670	1690
7156	Kessjen	2615	1090	1280	1200	1150	1190
7157	Plattjen	2228	1260	1590	1350	1330	1400
5332	Weisshorn	2910		2120	2440		
5223	Lämmerengrat	2615	1960	1660	1580		1733
5224	Lämmerenhorn	2806	1570	1270	1290		1377
5221	Daubenhorn	2600	1450				
5222	Steghorn	2889	1950				
5225	Lämmerenplatte	2468	2670				
5226	Schneehorn	2708	1990				
5227	Lämmerenalp	2325	1440				
7120	Mönschsgrat	3810	3250	2880	3050	3420	3060
7122	Kranzberg	3180	4140	4020	4220	4010	4127
7123	Konkordia	2880	910	820	1070	1080	933
7124	Aletschwald	2075	1170	1150	1250	1180	1190

\* Données provenant des "Valeurs journalières des précipitations", ISM, 1971

\*\* Données provenant des "Valeurs journalières des précipitations", ISM, 1981

\*\*\* Données provenant des "Valeurs journalières des précipitations", ISM, 1993

\*\*\*\* Moyenne arithmétique des moyennes décennales concernées

## Annexe 5.4

### Correction des précipitations par tranches d'altitude

Localisation	Altitude [m]	Valeur mesurée [mm]	Valeur corrigée [mm]	Correction [%]	Corr. moyenne [%]	Sect. altitudinal [m]
Varen	750	654	715	8.5	9.2	<1000 m
Fey	780	627	695	9.8		
Leukerbad	1391	1182	1283	7.9	10.5	1000-2000
Hérévence	1260	715	787	9.1		
Montana	1508	967	1080	10.5		
Grimentz	1575	758	887	14.5		
Sanetschalp	2043	1815	2033	10.7	14.4	2000-2500 m
Grande-Dixence	2166	985	1203	18.1		

Source : Atlas hydrologique de la Suisse, pl. 2.2 et 2.3, 1992

Pour les altitudes supérieures à 2500 m, j'applique une correction de 25 % (cf. SEVRUK & KIRCHHOFER 1992).

## Annexe 5.5

### Gradients verticaux de précipitations selon différents auteurs

#### Gradient vertical moyen des précipitations annuelles

Bassin versant du Rhône (pour des altitudes entre 500 et 2000 m)

Gradient [mm/100 m]	Altitude [m]	Gradient [mm/100 m]	Période de mesure
Brig-Reckingen	580-1330	51	1901-1940
Oberwald-Furka	1370-2400	43	1901-1940
Vallées de Saas et St-Nicolas	650-1610	15	1901-1940
Val d'Anniviers et d'Hérens	550-1680	14	1901-1940
Adret de Sierre	570-1450	45	1901-1940
Entremont	480-1630 ?	14	1901-1940
Lavey-Aiguille	440-1450	13	1901-1940
Avançon et Grande Eau	430-1350 ?	60	1901-1940
Montreux-Rochers de Naye	410-1990	93	1901-1940

Source : BOUET 1950

#### Gradient vertical moyen des précipitations annuelles en Suisse

Gradient [mm/100 m]	Altitude [m]	Gradient [mm/100 m]	Période de mesure
Nord des Alpes	380-1700	85	1901-1940
	1700-3810	57	1901-1940
	380-3810	75	1901-1940
Alpes internes	420-1700	27	1901-1940
	1700-3810	99	1901-1940
	420-3810	73	1901-1940
Tessin	280-2800	24	1901-1940

Source : UTTINGER 1951

#### Gradient vertical moyen des précipitations annuelles (massif des Diablerets)

Gradient [mm/100 m]	Altitude [m]	Gradient [mm/100 m]	Période de mesure
Aigle-Leyson	420-1320	49	1901-40
Bex-Gryon	427-1140	52	1901-40
Bex-Gryon	427-1140	43	1981-90
Aigle-Diablerets-cab. Diablerets	420-2485	83	1981-90
Bex-Pl. s/Bex-Bretaye-Sex Rouge	427-2820	70	1901-40
Bex-Pl. s/Bex-Bretaye-Sex Rouge	427-2820	62	1981-90

Source : SCHOENEICH 1995

### Gradient vertical moyen des précipitations

Gradient [mm/100 m]	Altitude [m]	Gradient [mm/100 m]	Période de mesure
Chaîne alpine	-	57	1931-60
Alpes centrales (CH/A) (Ostalpen)	-	62	1931-60
Alpes Valaisannes (région Zermatt)	1590-3330	126	1931-60
Zermatt/Saas Fee - Mattmark	1590-2830	98	1931-60
Staldenried - Mattmark	1060-2830	83	1931-60
Valais	-	87	1931-60

Source : BAUMGARTNER et al. 1983

### Gradient vertical moyen des précipitations

Gradient [mm/100 m]	Altitude [m]	Gradient [mm/100 m]	Période de mesure
Valais - saison d'été	350-2000	4	1951-80
	1500-3400	73	1951-80
Valais - saison d'hiver	350-3400	42	1951-80
	350-2000	5	1951-80
	1500-3400	88	1951-80
Valais - moyenne annuelle	350-3400	51	1951-80
	300-3800	93	1951-80

Source : SEVRUK & ZAHLAVOVA 1994

## Annexe 5.6

### Gradients de précipitation - Synthèse par tronçons de vallée (1901-40)

#### A partir de valeurs de précipitations corrigées

No	Station	Alt. [m]	P [mm] corrigé	Tronçon	Déniv. [m]	$\Delta P$ [mm]	Gradient P [mm/100 m]
<b>Vallée de la Dala</b>							
7300	Leukerbad	1391	1152	Varen-Leukerbad	641	520	81
7320	Varen	750	632				
<b>Val d'Anniviers</b>							
7405	Zinal	1678	829	Chippis-Vissoie	678	85	12
7410	Grimentz	1575	844	Vissoie-Grimentz	375	162	43
515°	Vissoie	1200	682	Vissoie-Zinal	478	147	31
7340°	Chippis	522	597	Chippis-Grimentz	1053	246	23
				Chippis-Zinal	1156	232	20
<b>Haut-Plateau</b>							
7360	Sierre	565	627	Sierre-Montana Grenon Sierre-Montana Moubra	944	350	37
518°	Montana/Grenon	1509	977				
519	Montana/Moubra	1453	944				
<b>Val d'Hérens</b>							
7440°	Gde Dixence	2166	1035	Sion-Nax	711	85	12
7465°	Evolène	1375	1045	Sion-Hérémente	656	106	16
7485	Nax	1260	726	Hérémente-Dixence	961	288	30
7470	Hérémente	1205	747	Sion-Dixence	1617	394	24
7500	Sion	549	641	Sion-Evolène	826	404	49
<b>Vallée de la Printse</b>							
7540°	Cleuson	2120	1035	Sion-Cleuson	1571	394	25
7500	Sion	549	641				
<b>Entremont</b>							
7590	Montagnier	845	833	Martigny-Montagnier	374	-8	-2
7620	Gd-St-Bernard	2479	2498	Martigny-Orsières	414	-46	-11
7640	Bourg-St-Pierre	1620	934	Orsières-Bourg St Pierre	735	139	19
7670	Orsières	885	795	Bourg St Pierre-St Bernard	859	1564	182
7700	Martigny-Ville	471	840	Martigny-Bourg St Pierre	1149	94	8
				Martigny-St Bernard	2008	1657	83

Source des données : UTTINGER 1965, modifié selon SEVRUK & KIRCHHOFER 1992

## Annexe 5.7

### Gradients de précipitation - Synthèse par tronçons de vallée (1931-60) Selon les valeurs de précipitations corrigées

No	Station	Alt. [m]	P [mm] Corrigé	Tronçon	Déniv. [m]	$\Delta P$ [mm]	Gradient P [mm/100 m]
<b>Lötschental, Vallée de la Dala</b>							
7280	Kippel	1376	1062	Visp-Kippel Varen-Leukerbad	721	391	54
7250	Visp	655	671		641	548	85
7300	Leukerbad	1391	1186				
7320	Varen	750	638				
<b>Haut-Plateau</b>							
7360	Sierre	565	643	Sierre-Montana	943	311	33
7380	Montana	1508	954				
<b>Val d'Hérens</b>							
7470	Hérémente	1205	762	Sion-Hérémente	656	109	17
7500	Sion	549	653				
<b>Entremont</b>							
7590	Montagnier	845	874	Martigny-Montagnier Martigny-Orsières Martigny-Bourg St Pierre Bourg St Pierre-St Bernard Martigny-St-Bernard	374	56	15
7620	Gd-St-Bernard	2479	2376		414	54	13
7640	Bourg-St-Pierre	1620	1002		1149	184	16
7670	Orsières	885	820		859	1374	160
7700	Martigny-Ville	471	818		2008	1558	78

Source des données : ISM, cf. annexe 5.2, modifié selon SEVRUK & KIRCHHOFER 1992

## Annexe 5.8

### Gradients de précipitation - Synthèse par tronçons de vallée (1901-60) Selon les valeurs de précipitations corrigées

No	Station	Alt. [m]	P [mm] Corrigé
----	---------	----------	-------------------

Tronçon	Déniv. [m]	$\Delta P$ [mm]	Gradient P [mm/100 m]
---------	---------------	--------------------	--------------------------

#### Vallée de la Dala

7300	Leukerbad	1391	1154
7320	Varen	750	635

Varen-Leukerbad	641	518	81
-----------------	-----	-----	----

#### Val d'Anniviers

7410	Grimentz	1575	856
7360	Sierre	565	640

Sierre-Grimentz	1010	216	21
-----------------	------	-----	----

#### Haut-Plateau

7380	Montana	1508	945
7360	Sierre	565	640

Sierre-Montana	943	305	32
----------------	-----	-----	----

#### Val d'Hérens et vallée de la Printse

7470	Hérémente	1205	752
7570	Fey	780	659
7500	Sion	549	645
7500	Sion-Aéroport	542	627

Sion-Hérémente	656	107	16
Sion A.-Hérémente	663	126	19
Sion A.-Fey	238	33	14

#### Entremont

7590	Montagnier	845	836
7620	Gd-St-Bernard	2479	2414
7640	Bourg-St-Pierre	1620	955
7670	Orsières	922	801
7700	Martigny-Ville	471	827

Martigny-Montagnier	374	9	2
Martigny-Orsières	451	-26	-6
Orsières-Bourg St Pierre	698	154	22
Bg St Pierre-St Bernard	859	1459	170
Martigny-St Bernard	2008	1587	79

Source des données : UTTINGER 1966, modifié selon SEVRUK & KIRCHHOFER 1992

## Annexe 5.9

### Gradients de précipitation - synthèse par tronçons de vallée (1971-80) Selon les valeurs de précipitations corrigées

No	Lieu	Alt.[m]	P [mm] Corrigé
----	------	---------	-------------------

#### Vallée de la Dala

7300	Leukerbad	1391	1298
7320	Varen	750	756
5332	Weisshorn	2910	2544
5223	Lämmerengrat	2615	1992
5224	Lämmerenhorn	2806	1524
7360	Sierre	565	732

#### Val d'Anniviers

7410	Grimentz	1575	856
7360	Sierre	565	732

#### Haut-Plateau

7360	Sierre	565	732
7380	Montana	1508	1067
5332	Weisshorn	2910	2544
5223	Lämmerengrat	2615	1992
5224	Lämmerenhorn	2806	1524

#### Val d'Hérens

7455	Fontanesses	2800	1584
7456	Arolla	2016	1231
7450	Ref. Bouquetins	2800	1392
7453	Mt Miné	2650	1236
7457	Ferpècle	1893	1127
7458	Crettaz	2250	1150
7459	Breona	2240	989
7460	Vouasson	2390	1070
7440	Gde Dixence	2166	1132
7470	Hérémente	1260	792
7520	Sion-Aéroport	482	663

#### Vallée de la Printse

7520	Sion-Aéroport	482	663
7570	Fey	780	695

#### Entremont

7590	Montagnier	845	958
7580	Mauvoisin*	1841	1311
7620	Gd-St-Bernard	2479	2473
7640	Bourg-St-Pierre	1620	924
7670	Orsières	922	883
7700	Martigny-Ville	471	855
7652	Col d'Orny	3175	3448

Tronçon	Déniv. [m]	$\Delta P$ [mm]	Gradient P [mm/100 m]
---------	---------------	--------------------	--------------------------

Varen-Leukerbad	641	542	84
Sierre-Leukerbad	826	566	68
Leukerbad-Weisshorn	1519	1246	82
Leukerbad-Lämmerengrat	1224	694	57
Lerkerbad-Lämmerenhorn	1415	226	16

Sierre-Grimentz	1010	123	12
-----------------	------	-----	----

Sierre-Montana	943	335	35
Montana-Weisshorn	1402	1477	105
Montana-Lämmerengrat	1107	925	84
Montana-Lämmerenhorn	1298	457	35

Sion A.-Hérémente	778	129	17
Hérémente-Gde Dixence	906	340	37
Sion A.-Gde Dixence	1684	469	28
Hérémente-Fontanesses	1540	792	51
Hérémente-Arolla	756	439	58
Hérémente-Bouquetins	1540	600	39
Hérémente-Mt Miné	1390	444	32
Hérémente-Ferpècle	633	335	53
Hérémente-Crettaz	990	358	36
Hérémente-Breona	980	197	20
Hérémente-Vouasson	1130	278	25

Sion A.-Fey	298	33	11
-------------	-----	----	----

Martigny-Montagnier	374	104	28
Martigny-Mauvoisin	1370	457	33
Montagnier-Mauvoisin	996	353	35
Martigny-Orsières	451	28	6
Orsières-Bourg St Pierre	698	41	6
Bourg St Pierre-St Bernard	859	1549	180
Martigny-St-Bernard	2008	1618	81
Orsières-Col d'Orny	2253	2565	114

\* Période 1972-81

• Totalisateurs

Source des données : ISM, cf. annexe 5.2, modifié selon SEVRUK & KIRCHHOFER 1992



## Annexe 5.10

### Gradients de précipitation - synthèse par tronçons de vallée (1981-90) Selon les valeurs de précipitations corrigées

No	Lieu	Alt.[m]	P [mm] Corrigé
----	------	---------	-------------------

#### Vallée de la Dala

7360	Sierre	565	755
7300	Leukerbad	1391	1320

#### Val d'Anniviers

7410	Grimentz	1575	892
7400	Mottec	1560	956
7360	Sierre	565	755

#### Haut-Plateau

7360	Sierre	565	755
7380	Montana	1508	1107
5332	Weisshorn	2910	2928
5223	Lämmerengrat	2615	1896
5224	Lämmerenhorn	2806	1548

#### Val d'Hérens

7520	Sion-Aéroport	482	680
7465	Evolène	1375	816
7464	Evolène-Villa	1825	825
7470	Hérémenche	1260	902
7455	Fontanesses	2800	1476
7456	Arolla	2016	1231
7450	Ref. Bouquetins	2800	1584
7453	Mt Miné	2650	1236
7457	Ferpècle	1893	1127
7458	Crettaz	2250	1254
7459	Breona	2240	1035
7460	Vouasson	2390	1231
7461	Bricola	2780	1404

#### Entremont

7710	Martigny-Bâtiatz	462	970
7590	Montagnier	845	949
7580	Mauvoisin	1841	1310
7620	Gd-St-Bernard	2479	2729
7640	Bourg-St-Pierre	1620	1034
7670	Orsières	922	883
7667	La Peule (Ferret)	2040	1449
7652	Col d'Orny	3175	1400

Tronçon	Déniv. [m]	Δ P [mm]	Gradient P [mm/100 m]
---------	---------------	-------------	--------------------------

Sierre-Leukerbad	826	565	68
------------------	-----	-----	----

Sierre-Mottec	995	201	20
Mottec-Grimentz	15	-64	-425
Sierre-Grimentz	1010	137	14

Sierre-Montana	943	351	37
Montana-Weisshorn	1402	1821	130
Montana-Lämmerengrat	1107	789	71
Montana-Lämmerenhorn	1298	441	34

Sion A.-Evolène	893	136	15
Sion A.-Evolène Villa	1343	145	11
Evolène-Evolène Villa	450	9	2
Sion A.-Hérémenche	778	222	29
Hérémenche-Fontanesses	1540	574	37
Hérémenche-Arolla	756	329	43
Hérémenche-Bouquetins	1540	682	44
Hérémenche-Mt Miné	1390	334	24
Hérémenche-Ferpècle	633	225	36
Hérémenche-Crettaz	990	352	36
Hérémenche-Breona	980	133	14
Hérémenche-Vouasson	1130	329	29
Hérémenche-Bricola	1520	502	33
Evolène-Fontanesses	1425	660	46
Evolène-Arolla	641	414	65
Evolène-Bouquetins	1425	768	54
Evolène-Mt Miné	1275	420	33
Evolène-Ferpècle	518	311	60
Evolène-Crettaz	875	437	50
Evolène-Breona	865	219	25
Evolène-Vouasson	1015	414	41
Evolène-Bricola	1405	588	42

Martigny-Montagnier	383	-21	-5
Martigny-Mauvoisin	1379	340	25
Montagnier-Mauvoisin	996	361	36
Martigny-Orsières	460	-87	-19
Orsières-Bourg St Pierre	698	151	22
Bourg St Pierre-St Bernard	859	1695	197
Martigny-St-Bernard	2017	1759	87
Orsières-La Peule	1118	566	51
Bg St Pierre-La Peule	420	415	99
Orsières-Col d'Orny	2253	517	23

•Totalisateurs

Source des données : ISM, cf. annexe 5.2, modifié selon SEVRUK & KIRCHHOFER 1992

# Annexe 5.11

## Comparaison des précipitations moyennes 1981/90 et 1901/40

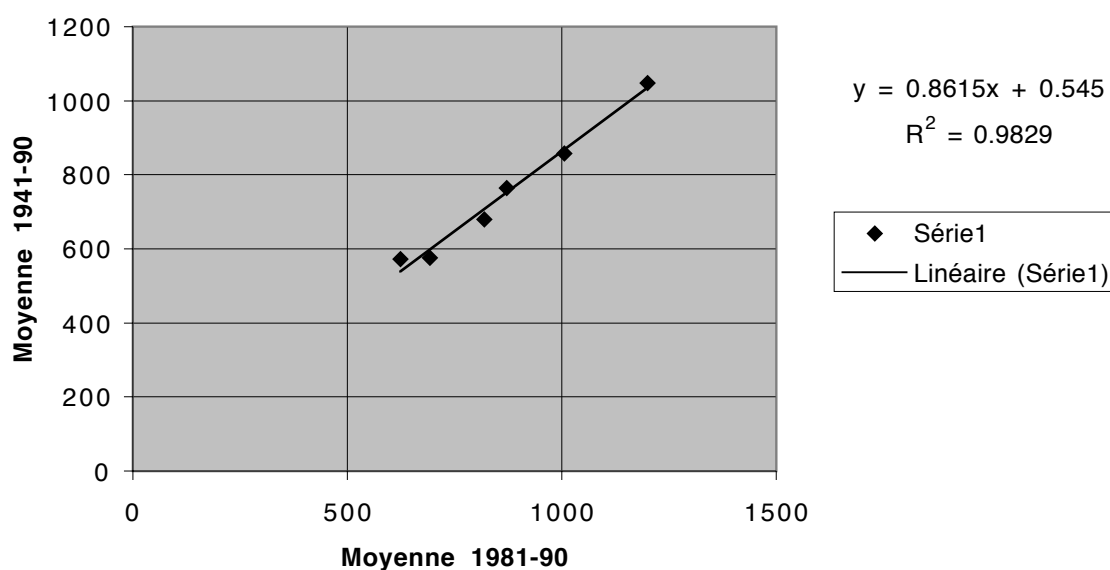
Valeurs non corrigées

Station	P 1981-90 [mm]	P 1901-40 [mm]
Sion-Aéroport	624	572
Sierre	693	575
Hérémente	820	679
Montagnier	871	764
Montana	1006	858
Leukerbad	1200	1047

Station	P 1981-90 * [mm]	P 1901-40 * [mm]
Sion-Aéroport	624	572
Vouasson	1070	922
Evolène Villa	750	647
Crettaz	1090	940
Breona	900	776
Ferpècle	980	845
Bricola	1170	1009
Mt-Miné	1030	888
Bouquetins	1320	1138
Arolla	1070	922
Fontanesses	1230	1060
Mauvoisin	1191	1027
Weisshorn	2440	2103
Lämmerenhorn	1290	1112
Lämmerengrat	1580	1362
Sierre	693	575
Hérémente	820	679
Montagnier	871	764
Montana	1006	858
Leukerbad	1200	1047

\* interpolation sur la base de l'équation de la droite de régression ci-dessous

### Covariation des précipitations annuelles



## Annexe 5.12

### Gradients de précipitation annuels dans les Alpes Pennines centrales Selon les valeurs corrigées de précipitations

1971-80

No	Lieu	Alt.[m]	P [mm] Corrigé
----	------	---------	-------------------

Tronçon	Déniv. [m]	Δ P [mm]	Gradient P [mm/100 m]
---------	---------------	-------------	--------------------------

7470	Hérémente	1260	792
7456•	Arolla	2016	1231
7457•	Ferpècle	1893	1127
7455•	Fontanesses	2800	1584
7450•	Ref. Bouquetins	2800	1392
7453•	Mt Miné	2650	1236
7460•	Vouasson	2390	1070
7540	Cleuson 1901-40	2120	1035
7440	Dixence 1901-40	2166	1035

Hérémente-Arolla	756	439	58
Hérémente-Ferpècle	633	335	53
<b>Moyenne des gradients</b>			<b>55</b>
Hérémente-Fontanesses	1540	792	51
Hérémente-Bouquetins	1540	600	39
Hérémente-Mt Miné	1390	444	32
Hérémente-Vouasson	1130	278	25
<b>Moyenne des gradients</b>			<b>37</b>
<b>Moyennes sans min/max</b>			<b>35</b>
Arolla-Fontanesses	784	354	45
Arolla-Bouquetins	784	162	21
Arolla-Mt Miné	634	6	1
Arolla-Vouasson	374	-161	-43
Ferpècle-Fontanesses	907	457	50
Ferpècle-Bouquetins	907	265	29
Ferpècle-Mt Miné	757	109	14
Ferpècle-Vouasson	497	-58	-12
<b>Moyenne des gradients</b>			<b>13</b>
<b>Moyennes sans min/max</b>			<b>16</b>

•Totalisateurs

# Annexe 5.13

## Gradients de précipitation annuels dans les Alpes Pennines centrales Selon les valeurs corrigées de précipitations

1981-90

No	Lieu	Alt. [m]	P [mm] Corrigé
----	------	----------	-------------------

Tronçon	Déniv. [m]	$\Delta P$ [mm]	Gradient P [mm/100 m]
---------	---------------	--------------------	--------------------------

7470	Hérémente	1260	902
7465	Evolène	1375	816
7464	Evolène-Villa	1825	825
7456	Arolla	2016	1231
7457	Ferpècle	1893	1127
7455	Fontanesses	2800	1476
7450	Ref. Bouquetins	2800	1584
7453	Mt Miné	2650	1236
7460	Vouasson	2390	1231
7461	Bricola	2780	1404
7540	Cleuson 1901-40	2120	1035
7440	Dixence 1901-40	2166	1035

Hérémente-Evolène Villa	565	-77	-14
Hérémente-Arolla	756	329	44
Hérémente-Ferpècle	633	225	36
Evolène-Evolène Villa	450	9	2
Evolène-Arolla	641	415	65
Evolène-Ferpècle	518	311	60
<b>Moyenne des gradients</b>			<b>32</b>
<b>Moyennes sans min/max</b>			<b>35</b>
Hérémente-Fontanesses	1540	1384	90
Hérémente-Bouquetins	1540	1492	97
Hérémente-Mt Miné	1390	334	24
Hérémente-Vouasson	1130	329	29
Hérémente-Bricola	1520	502	33
Evolène-Fontanesses	1425	660	46
Evolène-Bouquetins	1425	768	54
Evolène-Mt Miné	1275	420	33
Evolène-Vouasson	1015	415	41
Evolène-Bricola	1405	588	42
<b>Moyenne des gradients</b>			<b>49</b>
<b>Moyennes sans min/max</b>			<b>46</b>
Evolène Villa-Fontanesses	975	651	67
Evolène Villa-Bouquetins	975	759	78
Evolène Villa-Mt Miné	825	411	50
Evolène Villa-Vouasson	565	406	72
Evolène Villa-Bricola	955	579	61
Arolla-Fontanesses	784	245	31
Arolla-Bouquetins	784	353	45
Arolla-Mt Miné	634	5	1
Arolla-Vouasson	374	0	0
Arolla-Bricola	764	173	23
Ferpècle-Fontanesses	907	349	38
Ferpècle-Bouquetins	907	457	50
Ferpècle-Mt Miné	757	109	14
Ferpècle-Vouasson	497	104	21
Ferpècle-Bricola	887	277	31
<b>Moyenne des gradients</b>			<b>39</b>
<b>Moyennes sans min/max</b>			<b>39</b>

•Totalisateurs

## Annexe 5.14

### Evapotranspiration potentielle (ETP) journalière [mm] à Sion

Sion-Aéroport, alt. 483 m

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
1981	0.7	0.9	2.0	3.4	3.2	4.3	3.6	4.2	1.8	1.2	1.1	0.8	2.3
1982	0.7	1.3	2.1	4.1	4.0	4.2	4.2	2.8	2.3	1.1	1.4	0.5	2.4
1983	0.8	0.8	2.3	3.3	2.7	4.2	5.1	3.4	2.6	1.4	0.8	0.7	2.3
1984	0.9	1.1	2.4	4.0	3.7	4.8	5.2	3.6	2.4	1.6	1.3	0.6	2.6
1985	0.5	0.7	2.2	4.1	3.9	4.2	4.6	4.0	3.2	1.8	0.7	0.7	2.6
1986	0.9	1.2	2.0	2.7	3.9	4.9	4.6	3.6	2.4	1.8	0.9	0.5	2.5
1987	0.6	1.0	2.1	3.9	3.5	3.6	3.8	3.8	3.0	1.5	0.8	0.5	2.3
1988	0.9	1.3	1.9	3.5	4.0	4.2	5.3	4.1	2.8	1.4	0.7	0.5	2.6
1989	0.6	1.1	2.9	3.1	4.5	5.6	4.7	4.2	2.8	2.1	1.1	0.6	2.8
1990	0.9	1.8	2.7	3.4	4.5	3.8	5.5	4.8	3.0	1.7	0.9	0.5	2.8
1991	0.7	1.1	2.7	3.7	4.4	4.3	5.2	5.0	3.1	1.4	0.9	0.7	2.8
1992	0.6	1.3	2.9	3.7	4.9	3.6	4.5	4.7	2.7	1.1	0.6	0.5	2.6
1993	0.8	1.3	2.9	4.5	4.2	3.9	4.3	4.0	2.2	1.3	0.9	0.7	2.6
<b>Moyenne</b>	<b>0.7</b>	<b>1.1</b>	<b>2.4</b>	<b>3.6</b>	<b>4.0</b>	<b>4.3</b>	<b>4.7</b>	<b>4.0</b>	<b>2.6</b>	<b>1.5</b>	<b>0.9</b>	<b>0.6</b>	<b>2.6</b>

Source : ISM

# Annexe 5.15

## Gradients de température selon différents auteurs

### Gradient vertical moyen des températures

(Nord des Alpes suisses et Vallée du Rhône jusqu'au Léman)

Gradient [°C/100 m] 1864-1900	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Vallée du Rhône	0.410	0.492	0.603	0.649	0.666	0.654	0.628	0.575	0.571	0.521	0.459	0.430	0.555
Nord des Alpes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.510

Source : MAURER et al. 1909

### Gradient vertical moyen des températures (Nord des Alpes suisses)

Gradient [°C/100 m] 1901-1940	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Couche supérieure	0.54	0.56	0.58	0.61	0.63	0.63	0.63	0.61	0.59	0.57	0.55	0.54	<b>0.57</b>
Couche inférieure	0.24	0.33	0.50	0.61	0.63	0.63	0.63	0.61	0.49	0.39	0.33	0.26	<b>0.46</b>

Limite entre les deux couches : varie entre 1200 m et 1600 m.

Source : BOUET 1978a

### Gradient vertical moyen des températures (Valais)

Gradient [°C/100 m] 1901-1940	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Couche supérieure	0.48	0.53	0.59	0.63	0.65	0.66	0.65	0.61	0.56	0.50	0.45	0.43	<b>0.56</b>
Couche inférieure	0.30	0.38	0.59	0.63	0.65	0.66	0.65	0.61	0.56	0.50	0.40	0.33	<b>0.56</b>

Couche inférieure (500-1500 m env.), couche supérieure (1500-3600 m).

Source : BOUET 1978b

### Gradient vertical moyen des températures (Suisse)

Gradient [°C/100 m] 1951-80	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année*
Températures minimales	0.52	0.57	0.58	0.57	0.55	0.55	0.56	0.53	0.51	0.46	0.49	0.50	<b>0.53</b>
Températures maximales	0.42	0.51	0.63	0.71	0.70	0.68	0.68	0.65	0.58	0.46	0.44	0.41	<b>0.57</b>

\* Les moyennes annuelles ont été calculées par moi-même.

Source : BAERISWYL et al. 1997

### Gradient vertical annuel moyen des températures

Selon BAUMGARTNER et al. (1983) : 0.525 °C / 100 m Pour l'ensemble des Alpes  
 $T = (H - 2230) / 190$

Selon MAIRE (1990) : 0.62 °C / 100 m Pour les Hautes Alpes  
 $T = 13.57 - 0.0061 H$  Calcaires suisses

où T = températures annuelles moyennes [°C] et H = altitude [m]

## Annexe 5.16

### Températures moyennes - Stations climatologiques

Lieu	Alt.	Période	T janv [°C]	T juillet [°C]	T An [°C]	Source
Saas Fee	1785	1931-60	-6.1	12.4	3.2	SCHÜEPP 1965
Saas Fee	1785	1931-68			3.1	BCS/ER 1995
Zermatt	1610	1931-60	-5.8	12.8	3.7	SCHÜEPP 1965
Zermatt	1638	1960-71/82-93			3.8	BCS/ER 1995
Grächen	1617	1931-60	-4.2	13.8	4.6	SCHÜEPP 1965
Grächen	1617	1966-93			4.7	BCS/ER 1995
Pian Rosa	3488	1931-60	-12.7	1.5	-6.0	SCHÜEPP 1965
Leukerbad	1391	1931-60	-3.1	14.4	5.6	SCHÜEPP 1965
Jungfrauoch	3579	1931-60	-14.5	-1.0	-8.0	SCHÜEPP 1965
Turtmann	622	1971-82			8.4	BCS/ER 1995
Sierre	573	1929-40	-0.9	18.9	9.1	SCHÜEPP 1960
Chippis	522	1931-60	-1.2	19.0	9.3	SCHÜEPP 1965
Montana	1509	1931-60	-2.5	14.9	6.0	SCHÜEPP 1965
Montana	1495	1931-93			5.8	BCS/ER 1995
Sion	549	1931-60	-0.3	20.0	10.2	SCHÜEPP 1965
Sion	542	1931-70			9.9	KIRCHHOFER 1982
Sion	542	1901-77			9.7	BCS/ER 1995
Sion-Aéroport	482	1931-60	-1.5	18.8	9.1	SCHÜEPP 1965
Gde-Dixence	2166	1965-84			1.2	BCS/ER 1995
Fey	780	1960-79/85-93			8.5	BCS/ER 1995
Mauvoisin	1841	1972-93			2.9	BCS/ER 1995
Gd-St-Bernard	2479	1901-40	-8.6	7.2	-1.2	SCHÜEPP 1965
Gd-St-Bernard	2479	1934-93			-1.0	BCS/ER 1995

Rem. L'altitude prise en compte est celle fournie par l'auteur de la publication de la donnée

SCHÜEPP 1960 = SCHÜEPP M. (1960) Lufttemperatur, 1. Teil, in "Klimatologie der Schweiz C", Zürich, SMA.

SCHÜEPP 1965 = SCHÜEPP M. (1965) Climat et temps 1, in "Atlas de la Suisse", pl. 11, Wabern, STF.

KIRCHHOFER = KIRCHHOFER W. (1982) Températures moyennes annuelles, in "Atlas climatologique de la Suisse", pl. 6.1, Wabern, OFT.

BCS/ER = données calculées par E. Reynard à partir de la Banque de données climatiques suisse de l'ISM.

# Annexe 5.17

## Insolation absolue en heures

Station	Alt. [m]	Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Hiv.	Print.	Eté	Aut.	Année
Château d'Oex	994	1931-60	93	115	156	171	188	197	228	213	174	147	98	85	293	515	638	419	1865
Leysin	1350	1931-60	103	113	152	162	179	185	215	197	162	137	103	100	316	493	597	402	1808
Monthey	405	1931-60	73	98	143	164	174	190	224	198	159	125	80	67	238	481	612	364	1695
Sion	549	1931-60	102	123	175	199	208	228	262	234	191	162	112	98	323	582	724	465	2094
Sion	549	1929-47	96	122	166	190	193	226	251	230	187	146	100	84	302	549	707	433	1991
Sion-Aéroport	482	1978-93	79	117	159	189	205	215	262	250	209	153	101	64	260	552	727	463	2002
Sierre	573	1931-60	96	109	162	187	203	215	243	223	174	146	101	84	289	552	681	421	1943
Chippis	522	1931-60	89	128	179	205	215	236	273	244	194	164	100	65	282	599	753	458	2092
Montana	1453	1931-60	119	131	180	193	206	224	256	236	196	173	124	115	365	579	716	493	2153
Montana	1453	1929-47	120	135	174	190	197	231	254	239	198	165	126	115	370	561	724	489	2144
Montana	1453	1978-93	128	135	155	166	188	193	249	241	206	167	136	119	381	509	682	509	2082
Evolène	1375	1929-47	66	78	104	128	148	174	192	165	123	97	71	61	205	380	531	291	1407

Source : Bouët 1948, Schüepp 1962, ISM/BCS

## Insolation relative [%]

Station	Alt. [m]	Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Hiv.	Print.	Eté	Aut.	Année
Château d'Oex	994	1931-60	45	49	52	51	51	54	60	59	56	54	45	46	47	51	58	52	53
Leysin	1350	1931-60	42	44	48	46	46	47	53	52	50	46	40	42	42	46	51	46	47
Monthey	405	1931-60	34	44	49	49	46	48	56	55	53	48	37	34	37	48	53	47	47
Sion	549	1931-60	43	50	56	56	51	54	63	60	59	57	46	44	45	54	59	55	54
Sion	542	1951-80																	53
Sion-Aéroport	482	1978-93	49	52	51	53	50	51	62	65	65	57	54	51	51	51	59	59	55
Sierre	573	1931-60	48	50	56	53	51	54	60	59	56	56	50	44	48	53	57	54	54
Chippis	522	1931-60	51	56	61	60	53	58	66	65	65	61	51	52	54	58	63	60	59
Montana	1453	1931-60	46	49	53	52	50	53	60	59	57	55	47	47	47	52	58	53	53
Montana	1495	1951-80																	52
Montana	1453	1978-93	49.9	50.1	45.6	45.3	46.7	48	60.6	61.6	59.9	53.7	53.1	48.8	50	46	57	56	52
Evolène	1375	1929-47	48	52	51	51	48	55	60	58	57	53	49	48	49	41	58	54	53

Rem. L'insolation relative d'Evolène a été calculée sur la base de BOUËT 1948.

Source : Bouët 1948, Schüepp 1962, BAERISWYL et al. 1997, ISM/BCS



# Annexe 5.18

## MESURES DE TEMPERATURES DE SOURCES - REGION DE NOVELLI

ETE 1996

No	Date	Heure	Coordonnées	Altitude	Type	T° [°C]	C [μs/cm]	Remarque
1	3.9.1996	13.40	591.600/109.615	2120	Source dans la moraine (zone marécageuse) / alpage	7.6	229	Zone très argileuse
2	3.9.1996	13.50	591.720/109.540	2170	Source dans la moraine (zone marécageuse) / alpage	5.0	270	
3	3.9.1996	13.55	591.775/109.545	2190	Source dans la moraine (zone marécageuse) / alpage	5.9	246	Sortie d'un tuyau de drainage
4	3.9.1996	14.00	591.800/109.315	2240	Source dans la moraine	4.2	199	
5	3.9.1996	14.05	591.700/109.120	2245	Source dans la moraine / Bisse de Chervé	4.5	66	
6	3.9.1996	14.15	591.675/109.050	2245	Source Glacier rocheux du Six Blanc	3.0	73	
7	3.9.1996	14.15	591.675/109.050	2245	Source Glacier rocheux du Six Blanc	3.3	74	
8	3.9.1996	14.15	591.675/109.050	2245	Source Glacier rocheux du Six Blanc	3.6	73	
9	3.9.1996	14.40	591.650/108.435	2255	Torrent de la Maretse	5.4	70	
10	3.9.1996	14.40	591.650/108.435	2255	Torrent de la Maretse	5.0	81	
11	3.9.1996	14.50	591.820/108.420	2300	Source dans la moraine	3.1	58	
12	3.9.1996	15.10	592.030/108.380	2365	Source au pied d'un cône d'éboulis	2.8	88	
13	3.9.1996	15.20	592.070/108.290	2380	Source dans la moraine	1.8	83	
14	3.9.1996	16.35	592.690/108.050	2590	Source dans la moraine	0.9	113	Moraine fluée, T° air = 8°C
15	3.9.1996	18.00	591.850/108.170	2385	Front de loupe de solifluxion	1.5	82	
16	3.9.1996	18.00	591.860/108.190	2385	Cours d'eau dans un marais	2.7	75	
17	3.9.1996	18.05	591.750/108.810	2370	Torrent de la Maretse	2.6	82	

\* Estimations

E.Reynard, IGUL, 9.1996

Météo : Beau temps, soleil

Temp. de l'air entre 8-10 °C

Rem. Thermomètre-conductivimètre WTW, modèle LF 320/Set, précision : ± 0.2 °C

**MESURES DE TEMPERATURES DE SOURCES - BASSIN VERSANT DE LA PRINTSE DE TORTIN**
**ETE 1995**

No	Date	Heure	Coordonnées	Altitude	Type	T° [°C]	Remarque
1	31.8.1995	11.15	590.010/108.010	1915	Torrent Bé	3.9	
2	31.8.1995	12.00	589.750/108.700	2030	Torrent Bé	5.4	
3	31.8.1995	12.00	589.750/108.700	2030	Affluent Torrent Bé	6.0	
4	31.8.1995	13.15	589.400/107.310	2090	Source Torrent Bé	2.5	2 mesures
5	31.8.1995	13.15	589.450/107.340	2090	Torrent Bé	7.1	
6	31.8.1995	13.30	589.310/107.120	2110	Torrent Bé (pont)	6.1	
7	31.8.1995	14.00	589.030/106.970	2190	Torrent Bé (pont)	7.7	
8	31.8.1995	14.00	589.030/106.970	2190	Affluent rive d. Torrent Bé	5.6	
9	31.8.1995	15.00	588.500/106.830	2300	Gl. rocheux de la Tsa, source A	1.9	T° air : 10°C
10	31.8.1995	15.00	588.500/106.870	2305	Gl. rocheux de la Tsa, source B	3.3	Plusieurs sources (5 au-moins), débits presque nuls
11	31.8.1995	15.00	588.500/106.870	2305	Gl. rocheux de la Tsa, source B	3.5	Plusieurs sources (5 au-moins), débits presque nuls
12	31.8.1995	15.30	588.450/106.940	2340	Gl. rocheux de la Tsa, source C	2.8	Débits faibles
13	31.8.1995	15.30	588.450/106.940	2340	Gl. rocheux de la Tsa, source C	2.9	Débits faibles
14	31.8.1995	16.00	588.370/107.070	2370	Gl. rocheux de la Tsa, source D	2.4	Débits faibles
15	31.8.1995	16.30	588.210/107.170	2410	Torrent de la Tsa, source aval	2.5	
16	31.8.1995	16.30	588.210/107.170	2410	Torrent de la Tsa, source aval	2.7	
17	31.8.1995	16.30	588.210/107.170	2410	Torrent de la Tsa	3.9	T° air : 6°C
18	31.8.1995	16.45	587.930/107.170	2490	Torrent de la Tsa, source amont	2.0	T° air : 4°C, limite neige tombée deux jours plus tôt
19	19.9.1995	9.00	589.560/106.220	2140	Source captée "L'Arpette"	3.2	Source au contact roche/moraine-éboulis
20	19.9.1995	10.45	588.950/106.730	2240	Gl. rocheux du Plan des Ouchelets : front	1.2	Temps pluvieux, sans neige
21	19.9.1995	10.45	588.950/106.730	2240	Gl. rocheux du Plan des Ouchelets : front	1.5	
22	19.9.1995	10.45	588.920/106.770	2240	Torrent à 10 m du gl. rocheux	2.8	
23	19.9.1995	11.00	588.790/106.480	2300	Ruisseau sous pilône téléphérique	2.9	
24	19.9.1995	11.15	588.630/106.380	2325	Torrent en bordure du Gl. roch. de l'Arête de Darbenet	3.1	Ce gl. rocheux ou protalus semble actif (observation)
25	19.9.1995	11.45	588.460/106.390	2365	Ruisseau au pied d'un lobe tranché par la piste de ski	2.3	T° air : 11°C
26	19.9.1995	12.15	588.630/106.640	2270	Gl. rocheux du Plan des Ouchelets, pied de lobe	1.3	T° air : 11°C
27	19.9.1995	12.15	588.630/106.640	2270	Idem, dans le méandre après 10 m d'écoulement	1.6	Ensuite écoulement sous les blocs
28	19.9.1995	12.30	588.810/106.720	2250	Idem, à l'aval de l'écoulement sous les blocs	1.8	
29	20.10.1995	15.15	588.510/105.100	2590	Gl. rocheux du Mt-Gelé	0.6	Débit très faible, névé 10 m à l'amont, T° air : 10°C

 Rem. Thermomètre Ultrahust, précision :  $\pm 0.2$  °C

E.Reynard, IGUL, 11.95

MESURES DE TEMPERATURES DE SOURCES - BASSIN VERSANT DE LA PRINTSE DE TORTIN

ETE 1996

No	Date	Heure	Coordonnées	Altitude	Type	T° [°C]	C [μs/cm]	Remarque
1	2.9.1996	11.55	589.310/107.120	2115	Torrent Bé (pont)	4.3	78	No 6/1995
2	2.9.1996	12.05	589.030/106.970	2190	Torrent Bé	4.5	85	No 7/1995
3	2.9.1996	12.05	589.030/106.970	2190	Affluent Torrent Bé	3.0	73	No 8/1995
4	2.9.1996	12.15	589.070/106.800	2230	Cours d'eau Jardin Japonais	2.5	74	
5	2.9.1996	12.20	588.915/106.770	2230	Source Glacier rocheux des Ouchelets	2.1	71	
6	2.9.1996	12.25	588.910/106.800	2230	Source Glacier rocheux des Ouchelets	2.3	70	
7	2.9.1996	14.40	588.950/106.730	2235	Source Glacier rocheux des Ouchelets	2.7	84	No 20 et 21/1995
8	2.9.1996	14.50	588.900/106.650	2250	Source Glacier rocheux des Ouchelets	1.6	86	
9	2.9.1996	13.10	588.305/106.380	2390	Source Protalus des Ouchelets	1.7	49	
10	2.9.1996	14.00	588.515/106.790	2300	Gl. rocheux de la Tsa, source	3.1	71	
11	2.9.1996	14.05	588.500/106.830	2300	Gl. rocheux de la Tsa, source	3.5	78	No 9/1995
12	2.9.1996	14.05	588.500/106.830	2300	Gl. rocheux de la Tsa, source	4.3	83	idem, mais une autre petite source
13	2.9.1996	14.15	588.405/106.980	2345	Gl. rocheux de la Tsa, source	3.3	75	
14	2.9.1996	14.25	588.510/106.860	2300	Cours d'eau, Gl. rocheux de la Tsa	4.6	73	
15	2.9.1996	16.00	589.080/105.915	2305	Gl. rocheux des Lués Rares, source	1.8	100	
16	2.9.1996	16.05	589.120/105.930	2300	Gl. rocheux des Lués Rares, cours d'eau	2.4	99	
17	2.9.1996	16.35	589.300/105.155	2490	Torrent des Yettes Condja	4.2	78	
18	2.9.1996	16.45	588.975/105.010	2495	Torrent des Yettes Condja, névé	1.3	65	
19	2.9.1996	17.30	588.510/105.100	2590	Gl. rocheux du Mt-Gelé, lobe B	0.3	39	No 29/1995

Météo : Mauvais temps, neige par intermittence (principalement de 12.00 à 14.30).

E.Reynard, IGUL, 9.1996

Temp. de l'air :

12.30	4.5 °C
14.00	3.0 °C
15.00	7.5 °C
16.00	3.5 °C
17.00	3.5 °C

Rem. Thermomètre-conductivimètre WTW, modèle LF 320/Set, précision : ± 0.2 °C

MESURES DE TEMPERATURES DE SOURCES - BASSIN VERSANT DE LA PRINTSE DE TORTIN

ETE 1997

No	Date	Heure	Coordonnées	Altitude	Type	T° [°C]	C [μs/cm]	Remarque
1	19.9.1997	13.45	589.038/106.960	2200	Torrent Bé	7.2	16	
2	19.9.1997	13.55	588.940/106.965	2205	Torrent de la Tsa	11.4	83	
3	19.9.1997	14.00	589.040/106.780	2225	Cours d'eau Jardin Japonais	5.8	74	Eau calme
4	19.9.1997	14.05	588.910/106.800	2230	Source Glacier rocheux des Ouchelets	2.3	72	No 6/1996
5	19.9.1997	14.20	588.795/106.500	2290	Torrent Bé	5.9	71	Eau calme
6	19.9.1997	14.40	588.500/106.870	2305	Source Glacier rocheux de la Tsa	5.1	88	Nos 10-11/1995
7	19.9.1997	14.50	588.405/106.980	2345	Source Glacier rocheux de la Tsa	3.3	76	No 13/1996
8	19.9.1997	15.10	588.430/106.405	2370	Torrent Bé	4.4	50	Affluent du Torrent Bé
9	19.9.1997	15.35	588.305/106.380	2390	Source Protalus des Ouchelets	1.7	49	No 9/1996
10	19.9.1997	16.40	588.630/105.065	2570	Torrent	1.9	32	
11	19.9.1997	16.55	588.510/105.100	2590	Source Glacier rocheux du Mt Gelé, lobe B	0.6	35	No 29/1995, No 19/1996

Météo : Soleil

E.Reynard, IGUL, 9.1997

Temp. de l'air : 14.00 10 °C

Rem. Thermomètre-conductivimètre WTW, modèle LF 320/Set, précision : ± 0.2 °C

## Annexe 5.19

### Part des précipitations sous forme de neige dans les deux stations à différentes altitudes

Coefficients nivométriques annuels		
Coeff. nivom. [%]	Coeff. nivom. [%]	Coeff. nivom. [%]
Uttinger 1933 (1)	Uttinger 1933 (2)	Bouët 1978a

Station	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année			
SION (542 m)	Températures [°C]	-0.4	1.6	5.9	9.9	14.5	17.6	19.2	18.2	15.0	9.9	4.4	0.4	9.7			
	Coeff. nivom. (1)	52	42	21	1	0	0	0	0	0	1	28	48	-			
	Coeff. nivom. (2)	39	36	12	5	-	-	-	-	0	2	18	33	-	21	15	13
FEY (780 m)	Températures [°C]	-0.6	1.1	4.3	7.7	12.4	15.5	17.6	16.8	13.7	9.3	3.7	0.3	8.5			
	Coeff. nivom. (1)	53	45	29	12	0	0	0	0	0	4	32	49	-			
	Coeff. nivom. (2)	40	41	27	22	-	-	-	-	0	9	24	33	-	28	22	19
NENDAZ-STATION (1300 m)	Températures [°C]	-2.2	-0.9	1.2	4.4	9.0	12.1	14.2	13.6	10.8	6.7	1.6	-1.4	5.6			
	Coeff. nivom. (1)	61	54	44	28	5	0	0	0	0	17	42	57	-			
	Coeff. nivom. (2)	54	59	54	45	-	-	-	-	8	23	40	50	-	43	37	33
SIVIEZ (1750 m)	Températures [°C]	-4.3	-3.3	-1.4	1.6	6.1	9.1	11.3	10.9	8.3	4.5	-0.4	-3.4	3.1			
	Coeff. nivom. (1)	72	66	57	42	20	5	0	0	9	28	52	67	-			
	Coeff. nivom. (2)	71	79	79	67	-	-	-	-	23	40	54	67	-	56	50	45
NENDAZ (2500 m)	Températures [°C]	-7.9	-7.2	-5.8	-3.1	1.2	4.1	6.4	6.3	4.1	0.7	-3.8	-6.6	-1.1			
	Coeff. nivom. (1)	90	86	79	66	44	29	18	18	30	47	69	83	-			
	Coeff. nivom. (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	77	73	65
NENDAZ (3000 m)	Températures [°C]	-10.3	-9.9	-8.8	-6.3	-2.0	0.8	3.2	3.3	1.3	-1.8	-6.0	-8.7	-3.9			
	Coeff. nivom. (1)	100	99	94	81	60	46	34	34	44	59	80	94	-			
	Coeff. nivom. (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91	88	78
MONTANA (1500 m)	Températures [°C]	-2.2	-1.7	1.0	4.4	8.8	12.1	14.5	13.9	11.3	6.8	1.9	-1.2	5.8			
	Coeff. nivom. (1)	61	59	45	28	6	0	0	0	0	16	41	56	-			
	Coeff. nivom. (2)	54	65	56	46	-	-	-	-	8	23	36	46	-	49	36	38
MONTANA (2500 m)	Températures [°C]	-7.0	-7.0	-4.9	-1.9	2.3	5.5	8.0	7.8	5.7	1.8	-2.6	-5.5	0.2			
	Coeff. nivom. (1)	85	85	75	60	39	23	10	11	22	41	63	78	-			
	Coeff. nivom. (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	77	66	65
MONTANA (3000 m)	Températures [°C]	-9.4	-9.7	-7.9	-5.1	-0.9	2.2	4.8	4.8	2.9	-0.7	-4.9	-7.7	-2.6			
	Coeff. nivom. (1)	97	98	89	75	55	39	26	26	36	54	74	88	-			
	Coeff. nivom. (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91	80	78

Gradients mensuels de T° selon Bouët 1978b, cf. ann. 5.15

0.48	0.53	0.59	0.63	0.65	0.66	0.65	0.65	0.61	0.56	0.50	0.45	0.43	<b>0.56</b>
0.30	0.38	0.59	0.63	0.65	0.66	0.65	0.61	0.56	0.50	0.40	0.33	<b>0.56</b>	

Source : ISM et élaboration personnelle

J'applique le gradient de T° de couche inférieure pour calculer les températures mensuelles de Nendaz-station et le gradient de couche supérieure (à partir de Nendaz-station) pour les altitudes 1750, 2500 et 3000 Pour le Haut-Plateau, j'applique le gradient de couche supérieure.

Coeff. nivom. (1) Part des précipitations neigeuses en % des précipitations totales, selon la formule de Lauscher 1954

Coeff. nivom. (2) Part des précipitations neigeuses en % des précipitations totales, selon le tableau de Sevruk 1985

Coeff. nivom. annuel selon Uttinger 1933 (1) : calculé à partir de l'altitude

Coeff. nivom. annuel selon Uttinger 1933 (2) : calculé à partir des températures moyennes annuelles

## Annexe 5.20

### Précipitations et températures moyennes mensuelles de quelques stations

Station	Paramètres (en mm et degré)	Mois												Année
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
MAUVOISIN (Alt. 1841 m)	Précipitations	91.0	86.8	105.0	101.2	95.8	110.5	101.6	88.9	84.1	108.2	93.9	109.0	1176.0
1972-1993	Températures	-3.8	-4.1	-2.0	-0.1	4.6	8.0	10.9	11.0	8.5	4.2	-0.4	-2.4	2.9
FEY (Alt. 780 m)	Précipitations	45.5	50.2	41.9	44.1	42.0	57.6	58.1	59.6	41.9	52.5	62.9	63.6	620.0
1960-1979, 1985-1993	Températures	-0.6	1.1	4.3	7.7	12.4	15.5	17.6	16.8	13.7	9.3	3.7	0.3	8.5
SION (Alt. 542 m)	Précipitations	51.8	49.9	40.7	38.7	39.2	49.1	51.2	63.8	45.0	46.4	59.0	61.9	596.7
1901-1977	Températures	-0.4	1.6	5.9	9.9	14.5	17.6	19.2	18.2	15.0	9.9	4.4	0.4	9.7
SION-AEROPORT (Alt. 483 m)	Précipitations	55.0	55.6	53.8	31.2	42.8	57.4	48.8	49.3	43.6	66.9	49.2	76.0	629.4
1978-1993	Températures	-0.8	1.1	5.7	9.2	13.8	16.9	19.5	18.6	14.8	9.4	3.3	0.2	9.3
GDE-DIXENCE (Alt. 2166 m)	Précipitations	75.8	72.7	86.0	71.7	98.3	98.7	91.8	103.0	71.9	74.2	89.3	83.3	1016.0
1965-1984	Températures	-5.9	-6.1	-4.3	-1.8	2.7	6.6	9.4	8.9	7.0	3.6	-1.6	-4.7	1.2
MONTANA (Alt. 1495 m)	Précipitations	100.8	95.4	72.7	56.5	60.9	77.3	71.4	82.5	59.2	67.2	88.7	105.5	938.2
1931-1993	Températures	-2.2	-1.7	1.0	4.4	8.8	12.1	14.5	13.9	11.3	6.8	1.9	-1.2	5.8
CHIPPIS (Alt. 529 m)	Précipitations	49.6	52.9	41.5	38.4	33.7	43.5	53.0	61.2	35.0	30.5	57.8	67.5	564.5
1959-1970	Températures	-1.0	1.8	5.7	10.2	14.4	17.9	19.2	17.7	14.9	10.0	4.4	-0.7	9.5
TURTMANN (Alt. 622 m)	Précipitations	60.9	49.4	77.8	32.9	47.3	61.8	50.1	51.0	33.4	68.4	71.8	72.8	677.7
1971-1982	Températures	-1.3	0.9	5.0	8.4	13.0	16.4	18.4	17.7	14.0	8.1	1.9	-1.4	8.4

Source : Elaboration personnelle à partir de ISM, Banque de données climatiques

### Températures annuelles moyennes dans les deux stations à différentes altitudes

Station	Altitude [m]	T° moy. an [°C]	Source (1)
Sion	540	9.7	Ann. 5.16
Montana-station	1500	5.8	Ann. 5.16
Montana	2500	0.2	Ann. 5.15
Montana	3000	-2.6	Ann. 5.15
Fey	780	8.5	Ann. 5.16
Nendaz-station	1300	5.6	Ann. 5.15
Siviez	1750	3.1	Ann. 5.15
Nendaz	2500	-1.1	Ann. 5.15
Nendaz	3000	-3.9	Ann. 5.15

(1) Pour les altitudes sans mesures, j'applique un gradient annuel de 0.56 °C / 100 m selon Bouët (1978b), cf. annexe 5.15, à partir des stations de Montana et Fey

## Annexe 5.21

### Nombre de jours avec une couverture de neige de 30 cm et plus à Montana

Alt. 1500 m

Années	Janvier	Février	Mars	Avril	Déc.	Saison	Années	Janvier	Février	Mars	Avril	Déc.	Saison
1931	31	28	31	12			1967	31	28	31	8	30	128
1932	0	0	11	0	0	11	1968	30	28	31	15	2	106
1933	0	0	4	0	0	4	1969	31	28	28	4	9	100
1934	17	19	23	0	0	59	1970	31	28	31	30	21	141
1935	30	28	31	18	8	115	1971	5	16	2	0	0	23
1936	31	28	25	0	29	113	1972	2	3	0	0	14	19
1937	25	28	31	9	23	116	1973	2	13	19	5	0	39
1938	31	28	15	0	26	100	1974	11	23	20	0	11	65
1939	25	10	21	3	0	59	1975	31	28	31	18	31	139
1940	0	13	0	2	4	19	1976	2	17	1	2	0	22
1941	31	28	31	10	25	125	1977	31	28	17	0	30	106
1942	8	28	30	0	0	66	1978	23	28	31	23	9	114
1943	30	28	8	0	0	66	1979	31	28	31	27	4	121
1944	10	28	31	7	6	82	1980	31	28	31	29	20	139
1945	31	28	30	0	27	116	1981	31	28	31	2	20	112
1946	26	28	28	0	2	84	1982	31	28	31	25	31	146
1947	18	0	24	0	23	65	1983	31	28	31	15	20	125
1948	25	5	0	0	12	42	1984	27	28	31	26	29	141
1949	0	0	12	0	0	12	1985	10	28	31	5	0	74
1950	14	19	5	0	4	42	1986	28	28	31	25	0	112
1951	13	15	12	0	17	57	1987	31	28	31	18	15	123
1952	21	28	22	0	0	71	1988	6	28	31	21	0	86
1953	31	28	20	0	18	97	1989	4	2	10	0	7	23
1954	20	28	17	0	0	65	1990	0	16	17	0	0	33
1955	31	28	27	0	16	102	1991	31	28	8	0	22	89
1956	31	28	11	0	14	84	1992	31	28	31	10	13	113
1957	0	16	7	0	0	23	1993	7	7	2	0	27	43
1958	24	20	31	2	0	77	1994	31	28	20	7	18	104
1959	28	22	0	0	16	66	A	21	22	21	7	11	82
1960	31	28	27	0	11	97	B	19	18	19	4	12	-
1961	19	28	25	0	0	72	C	19	19	20	2	9	70
1962	20	28	31	24	0	103	D	23	24	17	0	8	74
1963	31	28	31	27	22	139	E	24	25	27	14	12	102
1964	0	0	0	0	0	0	F	17	21	18	10	14	79
1965	15	28	31	4	4	82	G	20	24	28	14	12	98
1966	31	28	31	29	31	150	H	18	22	21	9	10	80

Décembre = année précédente

Source : ISM, Banque de données climatologiques

#### Abréviations

A	Moyenne 1932-94	E	Moyenne 1961-70
B	Moyenne 1932-40	F	Moyenne 1971-80
C	Moyenne 1941-50	G	Moyenne 1981-90
D	Moyenne 1951-60	H	Moyenne 1985-94

## Annexe 5.22

### Nombre de jours avec une couverture de neige de 50 cm et plus à Montana

Alt. 1500 m

Années	Janvier	Février	Mars	Avril	Déc.	Saison	Années	Janvier	Février	Mars	Avril	Déc.	Saison
1931	15	28	31	9			1969	31	28	15	0	8	82
1932	0	0	7	0	0	7	1970	25	28	31	30	15	129
1933	0	0	1	0	0	1	1971	2	0	0	0	0	2
1934	3	0	19	0	0	22	1972	0	0	0	0	3	3
1935	21	28	31	10	0	90	1973	0	5	1	0	0	6
1936	31	28	21	0	29	109	1974	0	23	18	0	0	41
1937	14	24	31	7	5	81	1975	31	28	31	14	11	115
1938	24	28	9	0	4	65	1976	0	9	0	0	0	9
1939	6	0	16	1	0	23	1977	31	28	10	0	30	99
1940	0	2	0	0	0	2	1978	9	28	31	17	0	85
1941	31	28	28	0	24	111	1979	31	28	31	15	1	106
1942	7	28	26	0	0	61	1980	31	28	31	18	17	125
1943	29	28	1	0	0	58	1981	31	28	30	0	10	99
1944	6	24	27	0	2	59	1982	31	28	31	18	31	139
1945	31	28	10	0	26	95	1983	17	28	26	7	5	83
1946	0	23	24	0	0	47	1984	17	28	31	23	4	103
1947	3	0	4	0	0	7	1985	9	17	31	1	0	58
1948	1	0	0	0	0	1	1986	20	28	31	18	0	97
1949	0	0	0	0	0	0	1987	31	28	31	15	13	118
1950	7	8	0	0	0	15	1988	1	28	31	18	0	78
1951	6	9	7	0	0	22	1989	0	0	3	0	0	3
1952	15	28	13	0	0	56	1990	0	8	11	0	0	19
1953	31	28	12	0	15	86	1991	27	28	4	0	6	65
1954	6	7	9	0	0	22	1992	31	28	31	8	11	109
1955	30	24	26	0	8	88	1993	0	0	0	0	6	6
1956	14	28	2	0	1	45	1994	31	28	13	0	13	85
1957	0	13	0	0	0	13							
1958	1	8	29	0	0	38	A	15	19	17	5	6	62
1959	26	6	0	0	4	36	B	11	14	17	3	6	
1960	31	28	23	0	8	90	C	12	17	12	0	3	45
1961	1	27	15	0	0	43	D	16	18	12	0	4	50
1962	19	28	31	23	0	101	E	21	24	23	11	9	89
1963	31	28	31	24	16	130	F	14	18	15	6	7	59
1964	0	0	0	0	0	0	G	16	22	26	10	6	80
1965	13	21	28	0	0	62	H	15	19	19	6	5	64
1966	31	28	31	26	31	147							
1967	31	28	18	0	24	101							
1968	28	28	31	6	0	93							

Source : ISM, Banque de données climatologiques

A	Moyenne 1932-94	E	Moyenne 1961-70
B	Moyenne 1932-40	F	Moyenne 1971-80
C	Moyenne 1941-50	G	Moyenne 1981-90
D	Moyenne 1951-60	H	Moyenne 1985-94

Décembre = année précédente



## Annexe 5.23

### Nombre de jours avec une couverture de neige de 70 cm et plus à Montana

Alt. 1500 m

Années	Janvier	Février	Mars	Avril	Déc.	Saison	Années	Janvier	Février	Mars	Avril	Déc.	Saison
1931	10	28	31	1			1968	25	28	31	1	0	85
1932	0	0	4	0	0	4	1969	10	17	3	0	8	38
1933	0	0	0	0	0	0	1970	1	26	31	30	3	91
1934	0	0	0	0	0	0	1971	0	0	0	0	0	0
1935	2	27	26	0	0	55	1972	0	0	0	0	0	0
1936	17	27	11	0	28	83	1973	0	0	0	0	0	0
1937	0	18	31	4	0	53	1974	0	12	1	0	0	13
1938	8	28	4	0	0	40	1975	24	28	8	2	0	62
1939	0	0	10	0	0	10	1976	0	3	0	0	0	3
1940	0	1	0	0	0	1	1977	22	28	4	0	22	76
1941	31	28	27	0	22	108	1978	7	28	31	9	0	75
1942	7	28	15	0	0	50	1979	21	28	31	14	0	94
1943	19	20	0	0	0	39	1980	31	28	31	15	11	116
1944	2	23	4	0	0	29	1981	28	28	26	0	0	82
1945	17	12	0	0	18	47	1982	31	28	31	14	27	131
1946	0	22	19	0	0	41	1983	13	28	16	4	1	62
1947	0	0	0	0	0	0	1984	12	28	31	21	0	92
1948	0	0	0	0	0	0	1985	1	14	21	0	0	36
1949	0	0	0	0	0	0	1986	18	28	31	4	0	81
1950	0	0	0	0	0	0	1987	31	28	31	9	11	110
1951	4	7	4	0	0	15	1988	1	26	31	15	0	73
1952	3	27	2	0	0	32	1989	0	0	1	0	0	1
1953	30	28	3	0	15	76	1990	0	3	2	0	0	5
1954	3	0	0	0	0	3	1991	3	12	0	0	0	15
1955	16	24	24	0	8	72	1992	23	28	19	4	2	76
1956	1	0	0	0	0	1	1993	0	0	0	0	0	0
1957	0	11	0	0	0	11	1994	31	28	9	0	6	74
1958	0	6	11	0	0	17							
1959	20	0	0	0	0	20	A	10	16	12	3	4	45
1960	31	26	14	0	8	79	B	4	13	12	1	5	
1961	0	26	10	0	0	36	C	8	13	7	0	2	31
1962	2	24	31	21	0	78	D	11	13	6	0	3	33
1963	31	28	31	21	16	127	E	13	21	18	10	8	69
1964	0	0	0	0	0	0	F	11	16	11	4	3	44
1965	0	1	1	0	0	2	G	14	21	22	7	4	67
1966	31	28	31	22	31	143	H	11	17	15	3	2	47
1967	31	28	9	0	21	89							

Source : ISM, Banque de données climatologiques

#### Abréviations

A	Moyenne 1932-94	E	Moyenne 1961-70
B	Moyenne 1932-40	F	Moyenne 1971-80
C	Moyenne 1941-50	G	Moyenne 1981-90
D	Moyenne 1951-60	H	Moyenne 1985-94

Décembre = année précédente

## Annexe 5.24

### Nbre de jours avec couverture neigeuse

Mauvoisin	Sol couvert	≥10 cm	≥30 cm	≥50 cm	≥100 cm
1972	205	187	118	90	26
1973	171	137	113	58	12
1974	252	246	229	213	0
1975	193	171	144	129	171
1976	214	200	174	165	85
1977	209	202	176	147	106
1978	195	183	152	139	105
1979	224	218	210	184	151
1980	226	215	188	165	123
1981	201	184	176	172	153
1982	216	194	169	154	103
1983	190	181	157	130	99
1984	190	163	144	121	43
Moyenne	208	193	167	146	95
Médiane	205	187	169	147	103

Fey	Sol couvert	≥10 cm	≥30 cm	≥50 cm	≥100 cm
1961	3	2	1	0	0
1962	7	1	1	0	0
1963	0	0	0	0	0
1964	52	14	0	0	0
1965	86	71	5	0	0
1966	58	15	0	0	0
1967	91	64	39	1	0
1968	71	8	0	0	0
1969	110	73	6	0	0
1970	33	0	0	0	0
1971	104	61	7	0	0
1972	77	35	4	0	0
1973	42	20	0	0	0
1974	53	7	0	0	0
1975	59	25	5	0	0
1976	79	70	14	1	0
1977	81	45	24	4	0
1978	44	26	2	0	0
1979	13	2	0	0	0
Moyenne	56	28	6	0	0
Médiane	58	20	1	0	0

Sion-Ville	Sol couvert	≥10 cm	≥30 cm	≥50 cm	≥100 cm
1931	13	2	0	0	0
1932	6	3	0	0	0
1933	48	13	0	0	0
1934	9	5	0	0	0
1935	40	25	5	0	0
1936	6	0	0	0	0
1937	23	5	1	0	0
1938	52	15	0	0	0
1939	27	4	2	0	0
1940	80	50	1	0	0
1941	91	40	25	7	0
1942	50	36	17	0	0
1943	47	17	0	0	0

1944	107	92	26	5	0
1945	42	0	0	0	0
1946	46	3	0	0	0
1947	19	2	0	0	0
1948	40	0	0	0	0
1949	19	2	0	0	0
1950	38	6	0	0	0
1951	52	27	0	0	0
1952	41	25	14	1	0
1953	17	6	1	0	0
1954	24	9	4	0	0
1955	27	4	0	0	0
1956	32	3	0	0	0
1957	35	14	0	0	0
1958	24	10	0	0	0
1959	13	2	0	0	0
1960	38	0	0	0	0
1961	19	3	0	0	0
1962	68	15	0	0	0
1963	4	0	0	0	0
1964	47	17	0	0	0
1965	73	68	26	0	0
1966	26	1	0	0	0
1967	62	56	37	5	0
1968	28	8	0	0	0
1969	76	46	4	0	0
1970	18	1	0	0	0
1971	67	35	6	0	0
1972	16	4	0	0	0
1973	26	8	0	0	0
1974	15	3	0	0	0
1975	19	8	1	0	0
1976	42	16	0	0	0
1977	44	31	2	0	0
Moyenne	37	16	4	0	0
Médiane	35	8	0	0	0

Dixence	Sol couvert	≥10 cm	≥30 cm	≥50 cm	≥100 cm
1971	207	200	180	124	1
1972	218	192	162	114	2
1973	214	178	164	95	4
1974	249	239	223	204	145
1975	217	195	169	94	1
1976	249	220	203	182	167
1977	220	211	204	154	116
1978	218	194	167	150	125
1979	234	224	214	184	147
1980	232	223	190	165	99
1981	204	187	180	173	153
1982	241	218	188	164	87
1983	209	199	170	143	92
1984	216	194	158	124	28
Moyenne	223	205	184	148	83
Médiane	218	200	180	152	96

<b>Zermatt</b>	<b>Sol couvert</b>	<b>≥10 cm</b>	<b>≥30 cm</b>	<b>≥50 cm</b>	<b>≥100 cm</b>
1960	160	143	101	45	4
1961	177	164	162	87	0
1962	167	141	129	123	0
1963	144	126	0	0	0
1964	140	130	67	1	0
1965	163	152	143	136	38
1966	166	161	124	83	0
1967	134	104	88	67	0
1968	161	121	102	92	7
1969	168	153	135	79	29
1970	147	112	60	8	0
Moyenne	157	137	101	66	7
Médiane	161	141	102	79	0

<b>Grächen</b>	<b>Sol couvert</b>	<b>≥10 cm</b>	<b>≥30 cm</b>	<b>≥50 cm</b>	<b>≥100 cm</b>
1971	150	147	127	67	1
1972	144	88	6	2	0
1973	122	110	38	16	0
1974	200	158	145	53	1
1975	167	147	107	22	0
1976	166	147	111	64	0
1977	162	157	98	82	6
1978	149	126	105	63	0
1979	161	137	124	108	8
1980	142	79	63	0	0
1981	145	133	122	112	0
1982	153	117	79	34	0
1983	150	128	93	68	0
1984	140	105	47	21	0
Moyenne	154	127	90	51	1
Médiane	150	131	102	58	0

1952 = hiver 1952/53

Source : Primault & Kummer 1992

## Annexe 5.25

### Hauteurs de neige pour les mois de novembre à avril

1960/61-1979/80 (Source ISM, WITMER 1986, 1987)

Lieu	Alt. [m]	Novembre		Décembre		Janvier		Février		Mars		Avril	
		Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane
		[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
Sion	548	1	0	4	0	7	0	4	0	0	0	0	0
Montana	1499	8	3	37	33	64	61	92	91	77	76	38	28
Montana	1495	8	0	34	19	62	57	88	90	72	64	36	9
Leukerbad	1393	8	3	36	32	61	58	81	80	63	61	32	21
Bourg-St-Pierre	1650	9	4	25	18	35	32	44	40	42	37	23	8
Fionnay	1500	14	19	46	41	75	72	100	99	109	109	82	78
Fey	780	1	0	5	1	9	7	9	6	3	0	0	0
Gde Dixence	2166	24	18	57	52	82	79	106	105	115	115	110	110
Grimentz	1580	8	0	31	25	49	48	64	70	56	55	23	5
Grächen	1617	10	4	26	22	38	35	49	46	37	34	12	0
Zermatt	1620	-	-	37	30	55	54	71	68	70	67	-	-
Zermatt	1632	-	-	34	30	51	50	65	64	57	55	-	-
Saas Fee	1800	-	-	39	35	57	55	73	70	75	70	-	-

Source des données : WITMER 1986, 1987.

## Annexe 5.26

### Valeurs médianes des hauteurs de neige dans les deux stations à différentes altitudes, 1960/61-79/80 [en cm]

Station	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
SION (542 m)	0	0	0	0	0	0
FEY (780 m)	0	1	7	6	0	0
FIONNAY (1500 m)	19	41	72	99	109	78
GDE-DIXENCE (2166 m)	18	52	79	105	115	110
NENDAZ-STATION (1300 m) (1)	13	23	31	37	38	51
NENDAZ-STATION (1300 m) (2)	14	32	63	87	94	58
SIVIEZ (1750 m)	25	52	84	114	128	104
NENDAZ (2500 m)	44	85	119	160	185	180
NENDAZ (3000 m)	57	107	143	191	223	231
MONTANA (1500 m)	0	19	57	90	64	9
MONTANA (2500 m)	38	71	123	171	193	195
MONTANA (3000 m)	57	97	156	212	258	288

Gradients mensuels des haut.	Valais N	3.8	5.2	6.6	8.1	12.9	18.6
de neige médianes selon Witmer 1986	Valais S	2.5	4.4	4.7	6.1	7.6	10.2

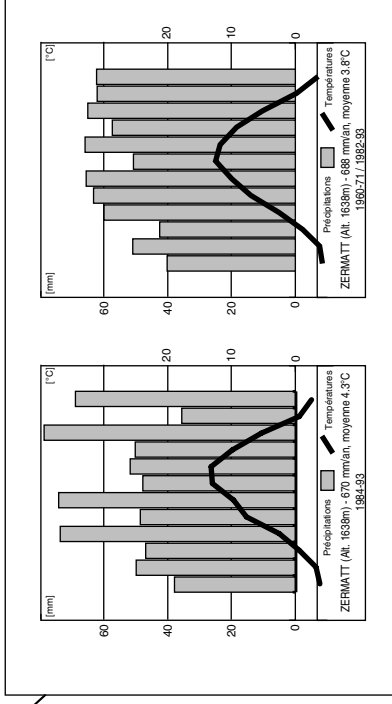
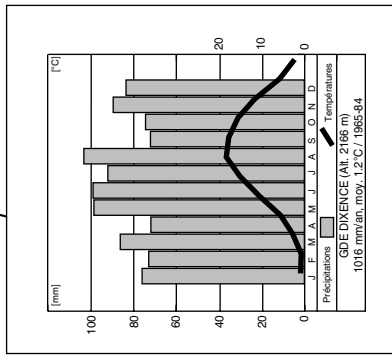
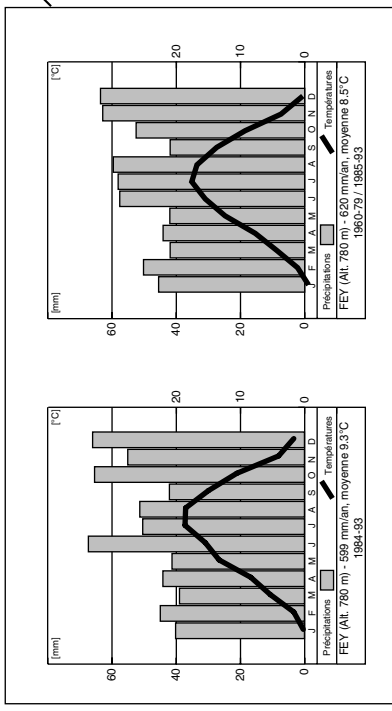
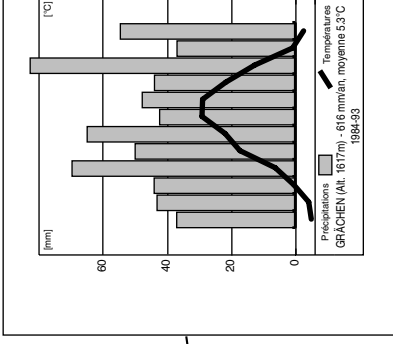
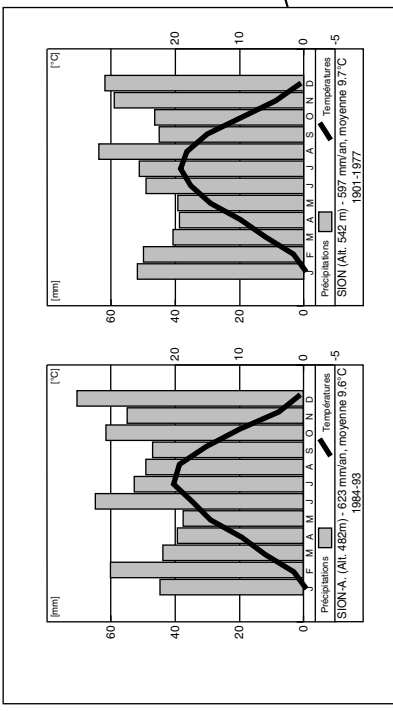
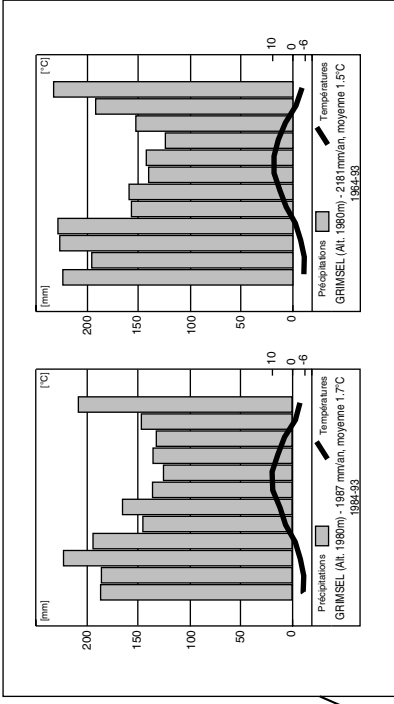
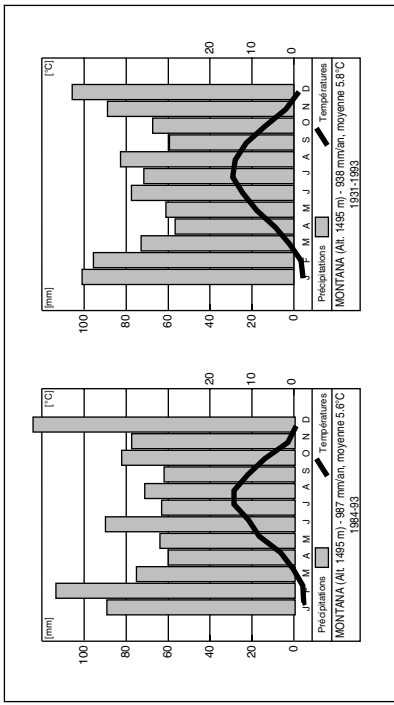
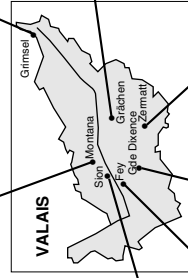
Source : WITMER 1986, 1987 et élaboration personnelle

Les valeurs de Sion, Fey, Fionnay, Gde-Dixence et Montana (1500 m) sont celles publiées par WITMER 1986, 1987.  
Les autres valeurs sont calculées en appliquant les gradients de WITMER (1986) à partir des stations de Fionnay et Montana.  
Pour Nendaz-station, je calcule un gradient depuis Fey (1) et un autre depuis Fionnay (2); voir le texte pour la discussion sur le choix du premier gradient.

# Annexe 5.27

## Précipitations et températures moyennes de quelques stations climatologiques du Valais

Données non corrigées



## Annexe 5.28

### Résumé des 6 scénarios de l'IPCC 1992

Scenario	Population	Economic Growth	Energy Supplies	Other	CFCs
IS92a	World Bank 1991 11.3 B by 2100	1990-2025 : 2.9 % 1990-2100 : 2.3 %	12'000 EJ Conventional Oil 13'000 EJ Natural Gas Solar cost fall to \$0.075/kWh 191EJ of biofuels available at \$70/barrel*	Legally enacted and internationally agreed controls on So <sub>x</sub> , No <sub>x</sub> and NMVOC emissions. Efforts to reduce emissions of So <sub>x</sub> , No <sub>x</sub> and CO in developing countries by middle of next century.	Partial compliance with Montreal Protocol. Technological transfer results in gradual phase out of CFCs in non-signatory countries by 2075.
IS92b	World Bank 1991 11.3 B by 2100	1990-2025 : 2.9 % 1990-2100 : 2.3 %	Same as « a »	Same as « a » plus commitments by many OECD countries to stabilize or reduce CO <sub>2</sub> emissions.	Global compliance with scheduled phase out of Montreal Protocol.
IS92c	UN Medium-Low Case 6.4 B by 2100	1990-2025 : 2.0 % 1990-2100 : 1.2 %	8'000 EJ Conventional Oil 7'300 EJ Natural Gas. Nuclear costs decline by 0.4 % annually	Same as « a »	Same as « a »
IS92d	UN Medium-Low Case 6.4 B by 2100	1990-2025 : 2.7 % 1990-2100 : 2.0 %	Oil and gas same as « c » Solar cost fall to \$0.065/kWh 272EJ of biofuels available at \$50/barrel	Emission controls extended worldwide for CO, No <sub>x</sub> , NMVOC and So <sub>x</sub> . Halt deforestation. Capture and use of emissions from coal mining and gas production and use.	CFC production phase out by 1997 for industrialized countries. Phase out of HCFCs.
IS92e	World Bank 1991 11.3 B by 2100	1990-2025 : 3.5 % 1990-2100 : 3.0 %	18'400 EJ Conventional Oil Gas same as « a » Phase out nuclear by 2075	Emission controls which increase fossil energy costs by 30 %.	Same as « d »
IS92f	UN Medium-High Case 17.6 B by 2100	1990-2025 : 2.9 % 1990-2100 : 2.3 %	Oil and gas same as « e » Solar cost fall to \$0.085/kWh Nuclear costs increase to \$0.09/kWh	Same as « a »	Same as « a »

\* Approximate conversion factor : 1 barrel = 6GJ



# Annexe 6.1

## Bisses des bassins versants de la Liène, de la Raspille et de la Printse

No	Bisse	Source	Alt. source [m]	Alt. min. [m]	Terrains irrigués	Long. [km]	Date constr.	Act.	Fct agr	Fct tour	Cult irr	Type irr	Type org	Cl.	Remarques
<b>Bassin versant de la Liène</b>															
227	Audannes	T. des Audannes	2520	1700	Ayent	8.5	1862	N	N	O					
226	Sion, Lienne	Liène	1820	1120	Sion	13.5	1903	O	O	O	V	A	A	C	Tuyau en 1972 (eau potable Anzère)
224	Ayent, Bisse Neuf, Gd Bisse	Liène	1520	940	Ayent, Arbaz, Grimisuat	15	1442	O	O	O	M	M	C	C	Encorbellements, boutsets.
223	Clavau, Clavoz	Liène	680	520	Ayent, Grimisuat, Sion	7.7	1453	O	O	O	V	A	A	C	Encorbellements, pont voûté.
221	Roh, Luyston	Ertentse	1733	1444	Icogne, Lens	9.5	Mi XV	N	N	O				R	Encorbellements
220	Gd Bisse de Lens, Riouta	Liène	1170	960	Icogne, Lens, Montana, Chermignon	13.8	1448	O	O	O	M	M	C	C	Encorbellements
222	Sillonin, St-Léonin	Liène	950	550	Icogne, St-Léonard, Lens	7.5	1368	O	O	O	PV	M	C	C	4.5 km sous tuyaux
<b>Bassin versant de la Raspille</b>															
219	Tsittoret, Zittoret	Tièche	1960	1720	Mollens, Randogne, Ventône, Veyras	8	Fin XV	O	O	O	PV	A	A	C	
	Planigettes	Raspille	930	800	Miège	0.5		O	O	N	V				
218	Planige, Bisse Neuf	Raspille	1100	920	Mollens, Venthône, Veyras	7.5	Fin XV	O	O	O	PV	M	A	C	
216	Marais	Raspille	620	540	Bernunes d'en bas	2.2	Début XV	O	O	O	V	M	C	L	
	Cordona	Pauja	1620	1325	Mollens	1.4		N	N	N					
162	Grosse Wasserleitu (B. Varone)	Raspille	1100	760	Salgesch, Varen	4.5		O	O	O	PV	M	A	C	
	Mengis (B. de Salquenen)	Raspille	980	740	Salquenen	3.1		O	O	O	P	G			Donne naissance à 2 b. secondaires
<b>Bassin versant de la Printse</b>															
244	Chervaix, Chervé	Printse	2370	2070	Nendaz, Veysonnaz, Les Agettes	15	1862	N	N	O				R	Boutsets
246	Vex	Printse	1520	1300	Nendaz, Veysonnaz, Agettes, Vex	12	1453	O	O	O	PC	A	C	C	
247	Salins, Gd Bisse de Salins	Printse	1210	600	Nendaz, Salins	12	1435	O	O	O	M	M	C	C	
	Tarin	Printse			Nendaz	3									
248	Baar	Printse	840	720	Nendaz, Salins, Sion	6	1456	O	O	O	PA	M	C	C	
252	Saxon	Printse	1850	1511	Nendaz, Isérables, Saxon, Riddes	32	1863-76	N	N	O				C	Encorbellements (début)
251	Vieux, d'En haut	Printse	1560	1400	Nendaz	7		O	O	O	PC	M	C	C	
250	Milieu	Printse	1440	1350	Nendaz	5	1700	O	O	O	A	M	C	C	
249	Bisse d'En Bas, de Dessous	Printse	1390	950	Nendaz	6		O	O	O	M	M	C	C	

Source : Inventaire des Bisses du Valais, Service de l'Aménagement du Territoire du Canton du Valais, 1993, HERITIER et al. 1996, BONVIN & BENDER 1998, modifiés.

**Liste des codes et abréviations**

Act = en activité en 1992 ?

O = oui

N = non

Fct agr = fonction agricole en 1992 ?

O = oui

N = non

Fct tour = fonction touristique en 1992 ?

O = oui

N = non

Cult irr = Types de cultures irriguées en 1992

P = prairies

V = vignes

C = champs

A = arbres fruitiers

PC = prairies et champs

PV = prairies et vignes

PA = prairies et arbres fruitiers

M = mixte (plus de 2 types de cult.)

T irr Type d'irrigation pratiquée

G = gravitaire

A = aspersion

M = mixte (gravitaire et aspersion)

T org Type de gestion du bisse

C = consortage

A = administration communale

P = privé, autres

Cl. Classification de l'inventaire SAT 1993

L = importance locale

R = importance régionale

C = importance cantonale

C = importance cantonale

## Annexe 6.1 (suite)

### Débits réservés pour l'irrigation

	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct
	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
Mt Lachaux	250	250	250	250	250	250	
Gd Bisse	300	300	300	300	300	300	60
Sillonin	200	200	200	200	200	200	40
Tsittoret*			122	113	79	44	24
En Haut	150	150	150	150	150	150	
Milieu	150	150	150	150	150	150	
En Bas	150	150	150	150	150	150	
Baar	100	100	100	100	100	100	
Tarin	100	100	100	100	100	100	
Salins	100	100	100	100	100	100	
Autres	100	100	100	100	100	100	

	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aot	Sept	Oct	Année
	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3
Mt Lachaux	324000	669600	648000	669600	669600	648000		3628800
Gd Bisse	388800	803520	777600	803520	803520	777600	160704	4515264
Sillonin	259200	535680	518400	535680	535680	518400	107136	3010176
Tsittoret			316800	303552	211296	115200	65472	1012320
En Haut	194400	401760	388800	401760	401760	388800		2177280
Milieu	194400	401760	388800	401760	401760	388800		2177280
En Bas	194400	401760	388800	401760	401760	388800		2177280
Baar	129600	267840	259200	267840	267840	259200		1451520
Tarin	129600	267840	259200	267840	267840	259200		1451520
Salins	129600	267840	259200	267840	267840	259200		1451520
Autres	129600	267840	259200	267840	267840	259200		1451520
Total HP	972000	2008800	1944000	2008800	2008800	1944000	267840	<b>12166560</b>
Total Lienne	972000	2008800	1944000	2008800	2008800	1944000	267840	11154240
Total Raspille	0	0	316800	303552	211296	115200	65472	1012320
Total Printse	1101600	2276640	2203200	2276640	2276640	2203200		<b>12337920</b>

\* Le Tsittoret a droit à 1/9 des débits de la Tièche

Communication orale de M. John Meichtry, garde du bisse

## Annexe 6.1 (Suite)

### Débits des bisses des deux stations étudiées en 1995 (selon Crook 1997)

Semaine	Tsittoret l/s	Sillonin l/s	Gd Bisse l/s	En Haut l/s	Milieu l/s	En Bas l/s
1	3	72		11	73	28
2	1	58	105	39	149	40
3	89	58	96	32	93	43
4	148	108	134	27	84	41
5	131	82	257	34	120	53
6	125	148	266	67	116	34
7	207	114	218	41	96	45
8	193	79	166	75	110	27
9	161	82	119	63	95	51
10	136	7	114	56	107	20
11	128	54	121	18	94	32
12	146	58	122	10	85	32
13	145		114	19	72	11
Moyenne	124	77	153	38	100	35

Semaine	Tsittoret m3/sem	Sillonin m3/sem	Gd Bisse m3/sem	En Haut m3/sem	Milieu m3/sem	En Bas m3/sem
1	1814	43546	0	6653	44150	16934
2	605	35078	63504	23587	90115	24192
3	53827	35078	58061	19354	56246	26006
4	89510	65318	81043	16330	50803	24797
5	79229	49594	155434	20563	72576	32054
6	75600	89510	160877	40522	70157	20563
7	125194	68947	131846	24797	58061	27216
8	116726	47779	100397	45360	66528	16330
9	97373	49594	71971	38102	57456	30845
10	82253	4234	68947	33869	64714	12096
11	77414	32659	73181	10886	56851	19354
12	88301	35078	73786	6048	51408	19354
13	87696	0	68947	11491	43546	6653
Total	975542	556416	1107994	297562	782611	276394

Estimation de la consommation selon Consortium d'ingénieur REY et al. 1984

Mt Lachaux	2.13 mios m3
Gd Bisse	1.65 mios m3

Estimation consommation totale	m3/an	
	valeur minimale	4769952
	valeur maximale	5311958
	moyenne	<b>5040955</b>
	mio m3/an	% de moyenne
Moyenne (1986-1995) de consommation au Grand Bisse de Lens (Crook 1997)	1.13	100
Consommation maximale au Gd Bisse de Lens (année 1989, Crook 1997)	1.67	148
Consommation minimale au Gd Bisse de Lens (année 1990, Crook 1997)	0.85	75

	m3/an
Extrapolation : consommation maximale Haut-Plateau	5.04 mios de m3 *1.5 <b>7561432.5</b>

## Annexe 6.1 (Suite)

---

### Consommation annuelle, Gd Bisse de Lens (Crook 1997)

Année	Débits (m3/an)	% de la moyenne
1986	1057536	94
1987	855360	76
1988	1325376	117
1989	1676160	148
1990	849312	75
1991	1287360	114
1992	1406592	125
1993	939168	83
1994	983232	87
1995	909792	81
Moyenne	1128989	100

## Annexe 6.2

---

### Tarification de l'alimentation en eau potable sur le Haut-Plateau<sup>1</sup>

Commune de Mollens<sup>2</sup> :

Tarification des habitations :	Réseau inférieur
Taxe de base	
• jusqu'à 2 pièces	Frs 90.-, pour 150 m <sup>3</sup> de forfait
• dès 3 pièces	Frs 120.-, pour 200 m <sup>3</sup> de forfait
• villa, chalet (habitation individuelle)	Frs 150.-, pour 250 m <sup>3</sup> de forfait
Taxe de consommation	
• jusqu'à 2 pièces	Frs 0.60 le m <sup>3</sup> dès 151 m <sup>3</sup>
• dès 3 pièces	Frs 0.60 le m <sup>3</sup> dès 201 m <sup>3</sup>
• villa, chalet (habitation individuelle)	Frs 0.60 le m <sup>3</sup> dès 251 m <sup>3</sup>
Tarification des habitations :	Réseau supérieur
Taxe de base	
• jusqu'à 2 pièces	Frs 120.-, pour 150 m <sup>3</sup> de forfait
• dès 3 pièces	Frs 160.-, pour 200 m <sup>3</sup> de forfait
• villa, chalet (habitation individuelle)	Frs 200.-, pour 250 m <sup>3</sup> de forfait
Taxe de consommation	
• jusqu'à 2 pièces	Frs 0.80 le m <sup>3</sup> dès 151 m <sup>3</sup>
• dès 3 pièces	Frs 0.80 le m <sup>3</sup> dès 201 m <sup>3</sup>
• villa, chalet (habitation individuelle)	Frs 0.80 le m <sup>3</sup> dès 251 m <sup>3</sup>
Entreprise artisanales et industrielles	
Taxe binôme	Frs 0.60 le m <sup>3</sup> mais au minimum Frs 120.- par exploitation

Remarque : la location du compteur est facturée à 10 % de la valeur.

<sup>1</sup> Il s'agit uniquement des taxes de consommation. Je ne traite pas de la taxe de raccordement, payable une seule fois, lorsque l'immeuble est raccordé au réseau.

<sup>2</sup> Selon l'annexe au *Règlement concernant la fourniture de l'eau* du 28 octobre 1992, approuvé par l'Assemblée primaire du 21 décembre 1992 et homologué par le Conseil d'Etat le 2 mars 1994.

Commune de Randogne<sup>3</sup> :

<p><b>Taxe de base :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>destinée à couvrir la moitié des frais de fonctionnement du service des eaux (ou au minimum les frais fixes), la taxe de base est calculée en fonction du volume des immeubles, multiplié par un coefficient (z)</li> </ul>	<p>Volume de l'immeuble multiplié par z, où z = 50% des frais du service divisé par le volume total des immeubles soumis à la taxe, mais au maximum Frs 0.35/m<sup>3</sup></p>
<p><b>Taxe de consommation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>destinée à couvrir l'autre moitié des frais de fonctionnement du service des eaux (ou les frais variables), la taxe de consommation est calculée selon la consommation effective de chaque abonné, selon le relevé de son compteur d'eau</li> </ul>	<p>Volume consommé multiplié par y, où y = 50% des frais du service divisé par le volume total consommé, mais au maximum Frs 0.65/m<sup>3</sup></p>

Remarques : Un forfait est prévu pour les immeubles pour lesquels le calcul de la taxe d'eau n'est pas possible (ex. mayens). La location annuelle du compteur est fixée à 10 % de la valeur d'achat du compteur.

Commune de Montana<sup>4</sup> :

<p><b>Taxe de base :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>destinée à couvrir la moitié des frais de fonctionnement du service des eaux (ou au minimum les frais fixes), la taxe de base est calculée en fonction du volume des immeubles, multiplié par un coefficient (z)</li> </ul>	<p>Volume de l'immeuble multiplié par z, où z = 50% des frais du service divisé par le volume total des immeubles soumis à la taxe, mais au maximum Frs 0.50/m<sup>3</sup></p>
<p><b>Taxe de consommation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>destinée à couvrir l'autre moitié des frais de fonctionnement du service des eaux (ou les frais variables), la taxe de consommation est calculée selon la consommation effective de chaque abonné, selon le relevé de son compteur d'eau</li> </ul>	<p>Volume consommé multiplié par y, où y = 50% des frais du service divisé par le volume total consommé, mais au maximum Frs 1.-/m<sup>3</sup></p>

Remarques : Un forfait est prévu pour les immeubles pour lesquels le calcul de la taxe d'eau n'est pas possible (ex. mayens). La location annuelle du compteur est fixée à 10 % de la valeur d'achat du compteur.

<sup>3</sup> Selon le *Tarif concernant la fourniture d'eau* du 5 octobre 1994, accepté par l'assemblée primaire de Randogne du 9 décembre 1994 et homologué par le Conseil d'Etat le 22 mars 1995.

<sup>4</sup> Selon le *Tarif concernant la fourniture de l'eau* du 6 avril 1993, accepté par l'assemblée primaire de Montana du 26 septembre 1993 et homologué par le Conseil d'Etat le 26 janvier 1994.

Commune de Chermignon<sup>5</sup> :

Taxe <b>forfaitaire</b> (en francs)	Infrastruct.	Consomm.
• Chambre indépendante	75	15
• Studio	75	60
• Appartement	150	90
• Habitation de luxe	300	180
• Lit d'hôtel	15	20
• Café, restaurant, bar	150	4.-/ m <sup>2</sup>
• Terrasse	150	2.-/ m <sup>2</sup>
• Commerce, bureau, atelier (petit)	150	10
• Commerce, bureau, atelier (moyen)	150	40
• Commerce, bureau, atelier (grand)	150	80
• Grande surface	150	120
• Blanchisserie, salon de coiffure	150	310
• Atelier mécanique, garage, carrosserie	150	90
• Station de lavage	150	400.-/box
• Dépôt d'entreprise	150	300
• Etable, écurie, bergerie	150	-
• Tour à béton	150	850
• Piscine privée	150	60
• Piscine ouverte	150	250
• Piscine couverte	150	500
• Mini-golf	75	25
• Usine à viande - selon consommation	150	selon cons.
• Cave (vigneron-encaveur)	150	300

Commune de Lens<sup>6</sup> :

Taxe <b>binôme</b> , comme suit :	
Taxe à la consommation mais au moins :	Frs 0.75 / m <sup>3</sup>
• appartements et commerces	Frs 250.-
• studios, appartements occupés par une personne seule	Frs 190.-
• piscines	Frs 125.-
• « mayens »	Frs 65.-

Remarque : ces tarifs comprennent la location du compteur.

Commune d'Icogne<sup>7</sup> :

Taxe <b>forfaitaire</b> pour les habitations :	
• appartements, chalets, villas	Frs 250.- par unité + 0.85 ‰ de la valeur fiscale
• studios, chambres	Frs 135.- par unité + 0.85 ‰ de la valeur fiscale
Taxe <b>binôme</b> pour les établissements publics, soit :	
• Etablissements publics	Frs 265.- + Frs 0.60 / m <sup>3</sup>
• Piscines et installations similaires	Frs 400.- + Frs 0.60 / m <sup>3</sup>

<sup>5</sup> Selon les tarifs communaux valables dès le 1er janvier 1998.

<sup>6</sup> Communication téléphonique par l'administration communale.

<sup>7</sup> Tarif adopté par l'Assemblée primaire du 21 décembre 1990.



## Annexe 6.3

---

### Tarification de l'alimentation en eau potable de Nendaz

Tarification selon le règlement communal de 1971 :

Taxe de base :	
• habitation à l'année	Frs. 100.-
• appartement de vacances	Frs. 160.-
• studio	Frs. 120.-
• hôtels	Frs. 20.- par lit
• restaurants, cafés, blanchisseries, bars, salons de coiffure, etc.	Frs. 200.-
• magasins, bureaux	Frs. 80.-
• piscines	Frs. 300.-
Taxe de consommation :	
• village	Frs. 0.50 / m <sup>3</sup>
• station, zone touristique	Frs. 0.60 / m <sup>3</sup>
• chantiers de construction, expositions, manifestations	Frs. 0.60 / m <sup>3</sup>
• utilisation agricole	Frs. 0.50 / m <sup>3</sup>

Tarification selon le règlement communal de 1982

<b>Tarification des logements :</b>	
Taxe de base	Frs 180.-, pour 200 m <sup>3</sup> de forfait
Consommation	Frs 0.50 le m <sup>3</sup> entre 200 et 500 m <sup>3</sup>
	Frs 1.50 le m <sup>3</sup> dès 501 m <sup>3</sup>
Dégrèvement	Frs 90.- par appartement

Remarques :

La taxe de base « eau potable » est réduite de 25 % pour les studios;

Le dégrèvement est accordé pour les logements utilisant l'eau pendant plus de 300 jours par année;

Ces taxes sont indexées au coût de la vie, sur décision du Conseil communal et après une variation d'au-moins 10 %;

Les piscines et les chantiers de construction sont équipés de compteurs et taxés à raison de Frs 1.- le m<sup>3</sup>

Une tarification à forfait (système de points) est maintenue pour certaines catégories de consommateurs (hôtels, cafés, restaurants, garages, commerces, ateliers d'artisans, etc.).

Source : *Nendaz-Panorama*, No 19/août 1982 (Tarif approuvé par l'Assemblée primaire du 15 juin 1982).

Tarification selon le règlement communal de 1995  
(adaptation du règlement de 1982) (en vigueur)<sup>1</sup> :

<b>Tarification des logements :</b>	
Taxe de base	Frs 200.-, pour 200 m <sup>3</sup> de forfait
Consommation	Frs 0.65 le m <sup>3</sup> entre 200 et 500 m <sup>3</sup>
Dégrèvement	Frs 1.95 le m <sup>3</sup> dès 501 m <sup>3</sup> Frs 125.- par appartement
<p>Remarques :</p> <p>La taxe de base « eau potable » est réduite de 25 % pour les studios; Le dégrèvement est accordé pour les logements utilisant l'eau pendant plus de 300 jours par année; Ces taxes sont indexées au coût de la vie, sur décision du Conseil communal et après une variation d'au-moins 10 %; Les piscines et les chantiers de construction sont équipés de compteurs et taxés à raison de Frs 1.- le m<sup>3</sup> Agriculture : forfait gratuit de 15 m<sup>3</sup> par tête de bétail recensée en avril de chaque année. Une tarification à forfait (système de points) est maintenue pour certaines catégories de consommateurs (hôtels, cafés, restaurants, garages, commerces, ateliers d'artisans, etc.) (voir ci-dessous).</p>	

<b>Tarification forfaitaire par points :</b>	
Taxe de base, selon une fourchette de Frs 10.- à 18.- par point (ex. tarif 1995 : Frs 13.50 par point). Chaque point donne droit à une livraison de 20 m <sup>3</sup> de forfait, par exemple :	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etablissements publics de moins de 50 places (les places de terrasses et carnotsets comptent pour moitié)</li> <li>• Etablissements publics de plus de 50 places (les places de terrasses et carnotsets comptent pour moitié)</li> <li>• Hôtels (jusqu'à 40 lits)</li> <li>• Hôtels de plus de 40 lits</li> <li>• Colonies de vacances</li> <li>• etc<sup>2</sup>.</li> </ul>	<p>20 points</p> <p>20 points + 10 points par 50 pl. supplémentaires</p> <p>10</p> <p>15</p> <p>30</p>
Taxe de consommation	Selon les tarifs « Logements » ci-dessus

<sup>1</sup> Selon le *Tarif d'utilisation du Service des Eaux*, approuvé par le Conseil communal le 19 janvier 1995.

<sup>2</sup> Il en est de même pour les ateliers, dépôts, bureaux et cabinets médicaux, les commerces, les garages, les blanchisseries.

## Annexe 6.4

### Distribution d'eau potable par la commune de Randogne [en m3] (réseaux Vermala et Tsaumiau = station)

Sem.	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
1	4206	5150	11884	6642	8119	8265	6600	16070	25673	20175	22118	16719	18405	17593	7220	25972	22102
2	3214	4505	9205	5030	6230	7060	5525	14210	18520	16396	18879	15316	15275	14480	5420	17560	17860
3	2402	3385	11101	4600	4900	11143	5420	13860	19660	16150	17950	15690	15450	14270	5570	17020	15830
4	3146	3440	6705	5995	4600	7370	6715	14669	16565	15295	18480	16935	16560	14500	5835	17320	16390
5	3214	3590	8860	6832	4860	6885	6450	15400	14780	16574	19710	17010	16080	14870	5890	18300	17530
6	3733	4250	12563	3605	6241	7694	7603	17856	15898	20000	20090	17875	18760	15303	5795	20210	16990
7	4162	4355	13307	5846	6859	9917	9561	17082	16914	27600	19745	20358	18448	18242	6721	18330	16860
8	4415	4180	11364	8608	6628	8370	8066	19576	17084	25154	22778	18870	17480	17470	14618	19750	18060
9	2393	4120	7780	8620	8289	8830	9429	22752	15385	26432	24859	18706	17060	17875	14360	20850	18255
10	3605	3985	7300	5920	8822	8120	8610	22860	15388	22198	23378	18238	17595	16925	14190	21215	16405
11	3436	4025	7870	5940	5650	8040	7365	23301	17242	17760	20900	17820	16335	18810	13650	18548	16645
12	2970	6444	5710	5605	5450	7330	7405	15526	15914	17410	20064	20070	18380	13610	12590	18317	15685
13	4025	6062	6860	6530	5100	7000	8200	16407	14257	19227	18770	16783	18340	14860	13780	16430	15080
14	4349	4425	6950	8750	4950	8140	7200	15138	17160	18705	20251	19091	15710	14410	14270	16230	15194
15	3233	4067	6515	5925	5830	10260	6130	15375	16405	15590	17637	15960	14955	15990	13700	16030	18526
16	2315	3133	3840	3275	6680	7170	5885	17865	13615	14713	21440	11610	14630	15020	13100	19779	12830
17	2198	3700	3910	2780	5580	7810	6135	11035	14540	14407	14255	11920	14915	13490	14090	14275	13240
18	2435	9369	3910	2680	4615	7750	5540	12015	11000	14200	16450	11700	14350	15010	13760	15310	12990
19	2044	11039	3325	3210	4360	6610	6420	11520	13190	15800	15165	11830	15035	15160	14040	15505	13480
20	2508	2960	4785	3690	4535	5620	9170	11745	13160	16740	15020	11640	15805	13305	16380	17070	12945
21		3975	4770	5435	5180	5570	5660	11625	13855	12450	15390	13600	17360	11055	12790	17190	14570
22		4330	5920	2805	4760	6860	7065	12085	15570	15880	16160	11860	16640	15120	18020	17720	15565
23		4300	4965	4140	6230	6095	7945	14940	13770	13230	18510	13390	16550	10390	14890	15050	14780
24	3902	4877	4665	3100	5035	6205	7380	12965	14851	15830	13870	14430	19645	12990	16270	13945	12910
25	4958	8435	4915	3720	5615	5730	7136	14285	13011	17801	15767	15690	20608	12668	14224	15998	13950
26	4638	3895	4840	3955	6865	5170	7034	14140	15175	21215	16464	15275	19134	10183	16107	15087	16214
27	4848	4110	6401	4215	5095	6113	7830	16530	16029	25840	17564	16930	18092	12524	19492	17690	12963
28	3083	4875	6694	5240	7000	7872	11145	19560	18805	19042	19935	19880	19497	14020	21576	17300	15668

29	5442	5860	7140	5520	7340	8825	13090	23715	19280	21383	20030	23425	25549	16595	19775	20530	15195
30	4845	7100	8418	5870	6695	8570	19814	21885	22779	23092	20060	20540	21606	22689	22257		16668
31	4878	7610	5640	7060	6880	7100	6935	22779	19906	29665	21090	19160	23862	21560	21401		21462
32	5630	6645	5960	7270	7765	7155	14314	22204	18694	24020	20520	24178	22296	19352	27185	26556	21065
33	3587	4755	5813	6115	6950	8059	14402	21988	19190	23751	22062	20760	23327	18426	21082	24470	20745
34	4055	5545	5100	6555	7974	6979	11491	23532	19491	24329	21703	19328	21725	19894	19594	29191	25150
35	3320	4245	4960	6120	9171	5985	10435	23435	16491	21710	14940	16322	18707	16432	25786	25057	16110
36	3795	5165	4840	6010	6862	6125	11250	21886	15616	23440	14055	17727	16738	15252	20799	18050	
37	3502	5156	4921	6010	8142	5865	11044	21485	15220	21273	15458	19756	17986	15005	22149	17220	
38	3058	6053	5316	4080	8029	6764	11217	18437	14317	20944	20356	18492	22932	14046	23958	17423	
39	3636	5095	5937	3116	8555	6006	11573	16895	16396	18095	15378	19395	15985	14995	21990	15356	
40	2914	5669	5649	4783	8674	6235	12305	16802	16153	21646	14089	15673	15296	10984	22859	16154	
41	3969	7554	5738	5403	7866	6067	9397	16782	15092	20184	13681	13900	15514	14152	22431	16115	
42	3900	888	5032	4263	7030	5729	6345	14180	15650	21467	14153	14030	16000	12430	20739	15317	
43	2614	1269	4132	4250	6910	5390	5436	13760	15800	17406	12339	14580	14033	12170	17620	14605	
44	5096	365	4546	3275	6020	6305	5093	13295	16655	11470	13579	13110	14158	12080	17125	16360	
45	285	4778	4842	3680	7290	4585	5676	12975	11902	14322	14611	13150	13059	6200	15650	8514	
46	2449	4590	3780	3605	7330	5250	4683	13125	14207	15863	16531	13770	12520	3550	15390	6290	
47	2387	4711	3605	3340	7155	4400	4805	13360	14045	15810	12197	12240	13205	3575	15355	6483	
48	2423	4420	3731	3635	7260	4815	5450	12985	14575	16505	11149	13148	13065	3520	15755	5497	
49	2608	4770	4174	5105	7235	4530	4530	13880	15259	19225	12416	14382	14410	4060	15140	8032	
50	2801	6893	4070	3140	8953	5835	5475	14230	16050	14720	12730	13415	14255	4050	16907	5550	
51	3788	6475	4365	4760	7025	4100	11610	15155	12255	16830	13310	15075	14733	4490	17413	6080	
52	5639	11190	6835	6998	7625	5925	18235	21075	19175	21140	17150	19590	19144	6810	23815	11794	
53						7800					20240						
Tot.	261782	321458	262656	344814	363398	439229	870237	837614	990104	925426	850342	897199	702460				

Source des données : Service technique de la commune de Randogne (Cahiers manuscrits de M. Vocat, employé communal)

Elaboration des données : Chaque valeur hebdomadaire correspond à la somme des quantités distribuées par les réseaux de Tsaumiau et de Vermala.

Les ventes d'eau à la commune de Montana (également comptabilisées par M. Vocat) ne sont pas prises en compte.

NB. Il s'agit des quantités distribuées par le réseau communal (et non des quantités réellement consommées).

# Annexe 6.5

## Distribution d'eau potable par la commune de Randogne [en m3]

### Réseaux de Randogne-village et Loc

Date du relevé	Heure	Relevé [m3]	Consommation [m3]	Nbre jours	Cons. journ. [m3]	Remarques
26.12.1983	9.30	-175				
29.12.1983	12.00	-84				
2.1.1984	14.30	1445	1529	4	382	
6.1.1984	13.30	2695	1250	4	313	
13.1.1984	16.00	4855	2160	7	309	
22.2.1984	14.30	17120	12265	40	307	
26.3.1984	9.30	26865	9745	33	295	
2.4.1984	15.00	29540	2675	7	382	
3.4.1984	14.00	29920	380	1	380	Le 3.4 incendie
4.4.1984	16.00	30500	580	1	580	
5.4.1984	16.00	30890	390	1	390	
9.4.1984	11.00	32400	1510	4	378	
19.4.1984	17.00	36415	4015	10	402	
7.5.1984	15.00	44700	8285	18	460	
30.5.1984	9.00	55580	10880	23	473	
23.7.1984	7.30	88495	32915	54	610	
26.7.1984	9.00	90075	1580	3	527	Pluie
3.8.1984	8.30	91975	1900	8	238	
6.8.1984	17.00	93695	1720	3	573	
16.8.1984	16.30	98450	4755	10	476	
27.8.1984	14.30	103800	5350	11	486	
1.10.1984	9.00	121446	17646	35	504	
15.10.1984	10.30	128432	6986	14	499	
12.11.1984	15.00	140560	12128	28	433	
6.12.1984	14.00	150117	9557	24	398	
27.12.1984	11.00	158840	8723	21	415	
16.1.1985	16.00	168579	9739	20	487	Rupture conduite
26.1.1985	8.00	173816	5237	10	524	
31.1.1985	8.00	175172	1356	5	271	
1.2.1985	10.15	175675	503	1	503	
4.2.1985	8.30	177023	1348	3	449	
18.2.1985	11.30	183761	6738	14	481	
11.3.1985	9.00	193517	9756	21	465	
21.3.1985	13.15	198380	4863	10	486	
29.3.1985	9.30	202228	3848	8	481	
2.4.1985	15.00	204375	2147	4	537	
9.4.1985	10.00	207778	3403	7	486	
25.4.1985	10.00	211920	4142	16	259	
9.5.1985	9.30	222880	10960	14	783	
17.6.1985	10.00	238800	15920	39	408	
15.7.1985	16.00	238822	22	28		
26.7.1985	6.00	238822	0	11		Panne
29.7.1985	13.30	238830	8	3		Réparation
6.8.1985	14.30	243975	5145	8	643	
21.8.1985	11.15	252850	8875	15	592	
9.10.1985	16.30	283440	30590	49	624	
20.11.1985	16.00	309563	26123	42	622	
12.12.1985	11.00	318284	8721	22	396	
30.12.1985	14.30	325677	7393	18	411	
31.12.1985	9.30	326020	343	1	343	
3.1.1986	13.30	327470	1450	3	483	
11.2.1986	11.00	345650	18180	39	466	
12.2.1986	14.00	346260	610	1	610	
14.2.1986	10.00	347180	920	2	460	
18.2.1986	8.00	348860	1680	4	420	
27.2.1986	14.00	352837	3977	9	442	
25.3.1986	8.00	363770	10933	26	421	
1.4.1986	17.00	367715	3945	7	564	
7.4.1986	10.00	369685	1970	6	328	
1.5.1986	11.00	380055	10370	24	432	

Date du relevé	Heure	Relevé [m3]	Consommation [m3]	Nbre jours	Cons. journ. [m3]	Remarques
4.6.1986	8.15	398010	17955	34	528	
7.7.1986	9.00	422005	23995	33	727	
18.7.1986	14.00	429490	7485	11	680	
5.8.1986	7.00	443102	13612	18	756	
7.8.1986		444490	1388	2	694	
11.8.1986	13.30	445860	1370	4	343	
20.8.1986	11.30	451100	5240	9	582	
2.9.1986	13.30	459020	7920	13	609	
15.10.1986	7.00	487022	28002	43	651	
14.11.1986	16.30	506910	19888	30	663	
3.12.1986	8.00	518858	11948	19	629	
24.12.1986	10.30	529990	11132	21	530	
31.12.1986	8.00	533014	3024	7	432	
2.1.1987	9.30	533710	696	2	348	
8.1.1987	11.30	535658	1948	6	325	
20.1.1987	9.00	539388	3730	12	311	
6.2.1987	16.00	544607	5219	17	307	
18.2.1987	11.15	548155	3548	12	296	
26.2.1987	17.00	550700	2545	8	318	
4.3.1987	14.00	552862	2162	6	360	
26.3.1987	15.00	559385	6523	22	297	
13.4.1987	16.00	564800	5415	18	301	
14.5.1987	16.00	575764	10964	31	354	
14.7.1987	10.30	593130	17366	61		Panne
31.7.1987	17.00	594870	1740	17		Panne
14.8.1987	9.00	600850	5980	14	427	
24.8.1987	10.15	605900	5050	10	505	
6.10.1987	7.30	625940	20040	43	466	
9.10.1987	16.00	627295	1355	3	452	
16.11.1987	11.00	642360	15065	38	396	
20.11.1987	14.00	643690	1330	4	333	
4.12.1987	10.00	648180	4490	14	321	
16.12.1987	10.00	653675	5495	12	458	
31.12.1987	11.30	659280	5605	15	374	
14.1.1988	11.00	664660	5380	14	384	
22.3.1988	13.30	692260	27600	68	406	
29.3.1988	14.30	694930	2670	7	381	
11.4.1988	16.00	700360	5430	13	418	
16.5.1988	8.15	736875	36515	35	1043	Erreur de report / ER
13.7.1988	16.15	756839	19964	58	344	
4.8.1988	9.00	771230	14391	22	654	
16.8.1988	10.15	779063	7833	12	653	
24.8.1988	10.30	783615	4552	8	569	
2.9.1988	9.30	788460	4845	9	538	
12.10.1988	9.00	809950	21490	40	537	
25.10.1988	14.00	817190	7240	13	557	
16.11.1988	10.30	828945	11755	22	534	
5.12.1988	10.00	838383	9438	19	497	
14.12.1988	15.00	842925	4542	9	505	
19.12.1988	16.00	845410	2485	5	497	
23.12.1988	13.30	847241	1831	4	458	
28.12.1988	16.00	849785	2544	5	509	
18.1.1989	14.30	860300	10515	21	501	
25.1.1989	13.30	863245	2945	7	421	
28.1.1989		865255	2010	3	670	
20.2.1989		877195	11940	23	519	
10.3.1989	13.30	886450	9255	18	514	
21.3.1989	14.30	892160	5710	11	519	
31.3.1989	14.30	897670	5510	10	551	
18.4.1989	14.45	907355	9685	18	538	
16.5.1989	14.30	916245	8890	28	318	
15.6.1989	8.30	928015	11770	30	392	
22.6.1989	9.45	932351	4336	7	619	
17.7.1989		945192	12841	25	514	
21.7.1989	14.15	947805	2613	4	653	
28.7.1989	11.45	951397	3592	7	513	
3.8.1989	14.00	954180	2783	6	464	
16.8.1989	11.00	960120	5940	13	457	
29.8.1989	10.15	966171	6051	13	465	

Date du relevé	Heure	Relevé [m3]	Consommation [m3]	Nbre jours	Cons. journ. [m3]	Remarques
12.9.1989	15.30	972355	6184	14	442	
24.9.1989	13.15	976054	3699	12	308	
4.10.1989	13.15	982563	6509	10	651	
23.10.1989	9.00	990965	8402	19	442	
16.11.1989	9.30	1001360	10395	24	433	
8.12.1989	7.00	1009424	8064	22	367	
19.12.1989	15.00	1013323	3899	11	354	
29.12.1989	14.00	1016910	3587	10	359	
5.1.1990	14.30	1019683	2773	7	396	
15.1.1990	11.30	1023370	3687	10	369	
18.1.1990	9.00	1024267	897	3	299	
22.1.1990	10.00	1025570	1303	4	326	
6.2.1990	13.30	1030585	5015	15	334	
14.2.1990	21.30	1033309	2724	8	341	
26.2.1990	9.30	1037280	3971	12	331	
6.3.1990	9.30	1041050	3770	8	471	
24.4.1990	8.00	1056860	15810	49	323	
30.5.1990	16.00	1072996	16136	36	448	
5.6.1990	10.15	1075725	2729	6	455	
25.6.1990	13.00	1084400	8675	20	434	
16.7.1990	10.30	1093579	9179	21	437	
18.7.1990	9.00	1094548	969	2	485	
7.8.1990	9.00	1109025	14477	20	724	
15.8.1990	8.00	1114100	5075	8	634	
17.9.1990	9.00	1132938	18838	33	571	
16.10.1990	10.00	1149128	16190	29	558	
15.11.1990	10.30	1166303	17175	30	573	
30.11.1990	14.00	1171550	5247	15	350	
21.1.1991	14.00	1193900	22350	52	430	Mise en service réseau Loc
28.2.1991	16.00	1212080	18180	38	478	
12.3.1991	17.00	1218130	6050	12	504	
4.4.1991	14.00	1229530	11400	23	496	
11.7.1991	10.30	1284270	54740	98	559	
23.7.1991	14.00	1292270	8000	12	667	
2.8.1991	11.30	1297865	5595	10	560	
13.8.1991	10.45	1305500	7635	11	694	
23.8.1991	15.00	1313500	8000	10	800	
2.9.1991	11.15	1321450	7950	10	795	
6.10.1991	14.00	1343080	21630	34	636	
12.11.1991	21.30	1367080	24000	37	649	Fuite 3 l/s Loc
18.11.1991	8.30	1369870	2790	6	465	
22.11.1991	10.00	1371750	1880	4	470	
9.12.1991	10.00	1380200	8450	17	497	
11.12.1991	10.00	1381189	989	2	495	Fuite 2 l/s
17.12.1991	16.00	1383775	2586	6	431	
27.12.1991	14.15	1388025	4250	10	425	
20.1.1992	14.00	1398900	10875	24	453	Fuite 6 l/s
4.2.1992	14.00	1405262	6362	15	424	
21.2.1992	15.00	1412510	7248	17	426	
26.2.1992	15.15	1414725	2215	5	443	
2.3.1992	16.00	1416930	2205	5	441	
6.4.1992	11.30	1432450	15520	35	443	
17.6.1992	11.00	1470940	38490	72	535	
16.7.1992		1487090	16150	29	557	
22.7.1992		1490613	3523	6	587	
5.8.1992	10.00	1500050	9437	14	674	
10.8.1992	21.45	1503941	3891	5	778	
17.8.1992	14.00	1508140	4199	7	600	
8.9.1992	11.00	1521455	13315	22	605	
10.9.1992	10.30	1522377	922	2	461	
14.9.1992	9.30	1524400	2023	4	506	
28.9.1992	9.30	1533237	8837	14	631	
30.10.1992	8.30	1549010	15773	32	493	
11.11.1992	11.00	1554910	5900	12	492	
23.12.1992	9.00	1576562	21652	42	516	
30.12.1992	15.00	1580730	4168	7	595	
14.1.1993	10.15	1589970	9240	15	616	
28.1.1993	9.00	1598150	8180	14	584	
5.2.1993	9.00	1603740	5590	8	699	

Date du relevé	Heure	Relevé [m3]	Consommation [m3]	Nbre jours	Cons. journ. [m3]	Remarques
5.3.1993	10.30	1619830	16090	28	575	
17.3.1993	14.30	1627400	7570	12	631	
23.3.1993	9.45	1630870	3470	6	578	
31.3.1993	9.00	1635690	4820	8	603	
12.7.1993	16.00	1705240	69550	103	675	
3.8.1993	9.00	1717550	12310	22	560	
18.8.1993	11.00	1727670	10120	15	675	
24.8.1993	16.00	1732670	5000	6	833	
14.9.1993	10.00	1743682	11012	21	524	
1.10.1993	9.00	1752414	8732	17	514	
26.10.1993	14.00	1765870	13456	25	538	
23.11.1993	8.00	1780370	14500	28	518	
16.12.1993	15.30	1792228	11858	23	516	
20.1.1994	14.00	1810690	18462	35	527	
14.2.1994	14.30	1824205	13515	25	541	
1.3.1994	8.30	1832564	8359	15	557	
14.3.1994	13.30	1840250	7686	13	591	
16.5.1994	15.30	1876900	36650	63	582	
11.7.1994	18.30	1920275	43375	56	775	Très chaud
13.7.1994	11.30	1921920	1645	2	823	Très chaud + 3 fuites
15.7.1994	6.00	1923110	1190	2	595	
19.7.1994	7.30	1925511	2401	4	600	
20.7.1994	8.00	1925970	459	1	459	Pluie
27.7.1994	11.30	1930170	4200	7	600	Très chaud
4.8.1994	15.30	1934980	4810	8	601	Très chaud
9.8.1994	8.00	1937540	2560	5	512	
16.8.1994	14.30	1941100	3560	7	509	Chaud
7.9.1994	15.00	1952650	11550	22	525	Chaud
18.10.1994	9.00	1968290	15640	41	381	
25.10.1994	10.00	1970590	2300	7	329	
21.12.1994	10.30	1988050	17460	57	306	
29.12.1994	15.30	1990650	2600	8	325	
12.1.1995	6.00	1997279	6629	14	474	
3.2.1995	8.30	2001627	4348	22	198	
17.2.1995	10.45	2005798	4171	14	298	
8.3.1995	14.00	2011790	5992	19	315	
16.5.1995	15.00	2039170	27380	69	397	
24.7.1995	8.30	2069471	30301	69	439	
27.7.1995	16.15	2071430	1959	3	653	
20.10.1995	9.30	2105210	33780	85	397	
20.12.1995	10.30	2126690	21480	61	352	
29.12.1995	10.30	2130100	3410	9	379	
5.1.1996	14.30	2132670	2570	7	367	
1.2.1996	11.30	2141660	8990	27	333	
21.3.1996	15.00	2158850	17190	49	351	
2.4.1996	14.30	2165370	6520	12	543	
11.6.1996	20.45	2193801	28431	70	406	
15.7.1996	14.00	2211550	17749	34	522	
29.10.1996	11.00	2258793	47243	106	446	
6.12.1996	16.00	2273772	14979	38	394	
11.12.1996	15.30	2276220	2448	5	490	
2.1.1997	11.00	2283880	7660	22	348	
8.1.1997	14.00	2286100	2220	6	370	
23.1.1997	14.00	2291240	5140	15	343	
27.3.1997	14.00	2307470	16230	63	258	
3.4.1997	14.30	2318266	10796	7		Panne
4.4.1997	10.00	2318266	0	1		
23.4.1997	8.30	2327320	9054	19	477	
4.6.1997	14.30	2347144	19824	42	472	
31.7.1997	8.00	2373050	25906	57	454	
14.10.1997	15.15	2411288	38238	75	510	
25.11.1997	15.30	2431630	20342	42	484	
30.12.1997	14.00	2445630	14000	35	400	

Source des données : Service technique de la commune de Randogne (Cahiers manuscrits de M. Vocat, employé communal)

NB. Il s'agit des quantités distribuées par le réseau communal (et non des quantités réellement consommées).



## Annexe 6.6

### Distribution d'eau potable par la commune de Montana [en m3] (mesurés à la sortie de la station de traitement)

Mois	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Janvier	90304	84520	87843	97359	94997	123597	108229	84645	84305	92540	77215
Février	88660	87115	81369	82227	91468	114915	90554	81745	78240	89390	72290
Mars	86758	84473	89065	90993	98588	114701	95795	91075	88375	95750	72305
Avril	92322	93530	76047	84535	92020	109047	94918	87775	82630	89290	62950
Mai	86528	104992	73800	90292	100563	120265	115540	80715	65820	90886	63740
Juin	98406	99688	84034	94408	103321	114127	107447	85040	90540	99275	66158
Juillet	92761	117149	101532	116389	125097	136468	121780	108510	112050	104392	76040
Août	105613	106787	126480	119793	142876	141959	123218	105850	106275	103740	85446
Septembre	105559	91525	91744	78066	124105	125358	92753	81840	87680	89820	69165
Octobre	98835	86194	77206	93694	122911	114763	96426	79355	88275	90820	67730
Novembre	81271	75554	62155	85638	91816	115251	78131	66165	79495	80550	64235
Décembre	80074	86649	81200	82549	95356	108886	81469	76275	84830	76405	66655
<b>Total</b>	<b>1107091</b>	<b>1118176</b>	<b>1032475</b>	<b>1115943</b>	<b>1283118</b>	<b>1439337</b>	<b>1206260</b>	<b>1028990</b>	<b>1048515</b>	<b>1102858</b>	<b>843929</b>

### Distribution journalière moyenne d'eau potable par la commune de Montana [en m3] (mesurés à la sortie de la station de traitement)

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Janvier	2913	2726	2834	3141	3064	3987	3491	2730	2720	2985	2491
Février	3166	3004	2906	2937	3267	3963	3234	2919	2794	3082	2582
Mars	2798	2729	2873	2935	3180	3700	3090	2938	2851	3089	2332
Avril	3077	3118	2535	2818	3067	3635	3164	2926	2754	2976	2098
Mai	2791	3387	2381	2913	3244	3880	3727	2604	2123	2932	2056
Juin	3280	3323	2801	3147	3444	3804	3582	2835	3018	3309	2205
Juillet	2992	3779	3275	3754	4035	4402	3928	3500	3615	3367	2453
Août	3407	3445	4080	3864	4609	4579	3950	3415	3428	3346	2756
Septembre	3518	3051	3058	2602	4137	4179	3092	2728	2923	2994	2306
Octobre	3188	2780	2490	3022	3965	3702	3111	2560	2848	2930	2185
Novembre	2709	2518	2072	2855	3061	3842	2604	2206	2650	2685	2141
Décembre	2583	2795	2619	2663	3076	3512	2628	2460	2736	2465	2150
<b>Moyenne</b>	<b>3035</b>	<b>3055</b>	<b>2827</b>	<b>3054</b>	<b>3512</b>	<b>3932</b>	<b>3300</b>	<b>2818</b>	<b>2872</b>	<b>3013</b>	<b>2313</b>

Source : Commune de Montana, Service technique

## Annexe 6.7

### Distribution d'eau potable par la commune de Lens [en m3] (mesurés à la sortie de la station de traitement)

Mois	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Janvier	116574	96177	112380	93054	83078	107744	119273	100977	97927
Février	106558	93268	108637	97000	89582	104770	93258	85438	85490
Mars	100000	87087	102580	90680	93029	104138	89303	103326	75760
Avril	101590	95442	89730	92360	87927	86147	79114	98838	87634
Mai	117578	119684	90100	110780	99468	90985	104256	97430	87965
Juin	135711	110572	104340	92338	109746	102894	101562	125711	86310
Juillet	152658	151680	139316	128719	98715	136805	146641	120650	101000
Août	156068	178835	173992	162133	167934	141141	128072	115083	126112
Septembre	131847	111682	104560	96426	108506	89347	90640	95780	93904
Octobre	108791	102645	93180	73308	100730	79854	94399	76372	85389
Novembre	97760	89014	82342	72180	89542	74264	74721	74917	70515
Décembre	99750	103812	81122	92981	103025	88511	97095	81140	83005
Total	1424885	1339898	1282279	1201959	1231282	1206600	1218334	1175662	1081011

### Distribution journalière moyenne d'eau potable par la commune de Lens [en m3] (mesurés à la sortie de la station de traitement)

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Janvier	3760	3102	3625	3002	2680	3476	3848	3257	3159
Février	3806	3331	3880	3345	3199	3742	3331	2946	3053
Mars	3226	2809	3309	2925	3001	3359	2881	3333	2444
Avril	3386	3181	2991	3079	2931	2872	2637	3295	2921
Mai	3793	3861	2906	3574	3209	2935	3363	3143	2838
Juin	4524	3686	3478	3078	3658	3430	3385	4190	2877
Juillet	4924	4893	4494	4152	3184	4413	4730	3892	3258
Août	5034	5769	5613	5230	5417	4553	4131	3712	4068
Septembre	4395	3723	3485	3214	3617	2978	3021	3193	3130
Octobre	3509	3311	3006	2365	3249	2576	3045	2464	2754
Novembre	3259	2967	2745	2406	2985	2475	2491	2497	2351
Décembre	3218	3349	2617	2999	3323	2855	3132	2617	2678
Moyenne	3904	3671	3513	3284	3373	3306	3338	3212	2962

Source : Commune de Lens, Service des eaux

## Annexe 6.8

### Distribution d'eau potable par la commune de Nendaz [en m3] en 1996 (mesuré à la sortie de la station de traitement)

1996	Livraison totale	Livraison Téléndaz	Livraison au forfait*	Livraison EOS	Livraison rive dr.+g.	Cons. par jour rive dr.+g.
J	173554	5647	3700	15434	148773	4799
F	168386	1740	3700	13782	149164	5144
M	164957	1430	3700	13382	146445	4724
A	137171	0		5959	131212	4374
M	136722	0		2257	134465	4338
J	156740	0		4393	152347	5078
J	149594	0		4978	144616	4665
A	148393	0		4079	144314	4655
S	123615	0		3416	120199	4007
O	131044	0		4807	126237	4072
N	127237	3222		5141	118874	3962
D	151189	1716		4831	144642	4666
<b>Total</b>	<b>1768602</b>	<b>13755</b>		<b>82459</b>	<b>1672388</b>	
					Moyenne	<b>4582</b>

\*11100 m3 répartis en trois parts égales (3700) durant les mois de janvier, février, mars

### Distribution d'eau potable par la commune de Nendaz [en m3] en 1997 (mesuré à la sortie de la station de traitement)

1997	Livraison totale	Livraison Téléndaz	Livraison EOS	Livraison rive dr.+g.	Cons. par jour rive dr.+g.
J	163635	1943	5806	155886	5029
F	153907	414	4310	149183	5328
M	151722	4650	4660	142412	4594
A	139191	0	3450	135741	4525
M	152625	0	4530	148095	4777
J	145220	0	5534	139686	4656
J	164027	0	7061	156966	5063
A	167768	0	5198	162570	5244
S	137163	0	5587	131576	4386
O	139509	17	4214	135278	4364
N	144028	832	4123	139073	4636
D	174285	6460	7589	160236	5169
<b>Total</b>	<b>1833080</b>	<b>14316</b>	<b>62062</b>	<b>1756702</b>	
				Moyenne	<b>4813</b>

Source : Service des eaux de la commune de Nendaz

## Annexe 6.9

---

### Acte du 10 septembre 1490 concernant les Eaux de la Raspille

Document non publié traduit du latin par M. G. Ghika, ancien archiviste cantonal

Nous Jost de Sillinen, par la Grâce de Dieu et du Saint-Siège, Evêque de Sion, comte et préfet du Valais...<sup>1</sup>), déclarons que notre Tribunal a eu à juger un différend d'ordre purement civil, qui a surgi entre le noble et modeste François de Platea de Venthône, le gentilhomme Petermann de Platea, Peter im Steinhuss, Henslin Watyr, Mathé Clavyen et Thomas Loy, tous de la contrée de Sierre, ... procuration écrite et signée par ... Hugonnet de Mellis, notaire, l'an du Seigneur 1483, le 14 août plaignants, d'une part, et Jean de Vico, Bazarod Rottoz et Pierre de Vico comme représentants des communes de Salgesch et Varone, selon ... procuration écrite ... par Nocolet Olliverim notaire en 1484, le 23 août, accusés d'autre part, du fait que les dits plaignants ont reçu de notre Tribunal en exploit de défense dont la ter[...] est la suivante :

Jost de Sillinen ... évêque de Sion, comte et préfet du Valais, au curé ou au vicaire de Loèche, salut et bénédiction! Le noble ... Franz de Platea, Peter im Steinhuss, Rudaz/Zender, Jean Perrini, Henslin Wathyr, Monet Viset, Jean Nyclas, Petrus Eschellyr, en qualité de représentants de toute la commune de la contrée de Sierre, à l'exception des villages de Miesoz et Cordona, nous exposent qu'une eau surgit dans la juridiction et le territoire de Sierre, qui s'appelle depuis sa source jusqu'à son embouchure dans le Rhône, la Raspille; ils ne peuvent cependant utiliser cette eau sans difficultés, à cause de l'opposition de quelques uns de leurs adversaires; c'est pourquoi les représentants ci-dessus, au nom qu'ils agissent, demandent qu'il soit remédié à l'état de choses signalé. Et comme on ne peut refuser de faire droit à ceux qui demandent des choses justes et sur les instances des représentants sus-

nommés qui nous ont donné suffisamment des preuves de leur loyauté par ... Henri Warner notaire et bourgeois de Sion, nous vous intimons l'ordre, à vous curé ou vicaire prénommé, d'interdire à notre place, comme nous le faisons nous-même, en vertu de la présente, à toute personne, à vos paroissiens des deux sexes, sous menace de punition en cas de désobéissance, de se mêler de cette eau ou d'essayer de s'y mêler ni personnellement ni par l'intermédiaire d'autrui aussi longtemps que jugement définitif n'a pas été rendu par nous sur la question de la propriété de l'eau de la Raspille.

Si toutefois quelqu'un devait se sentir lésé par notre défense, nous le citons irrévocablement à comparaître devant nous mercredi prochain à l'heure des vêpres, pour exposer le motif de sa réclamation [et] le tort qui lui aurait été injustement causé.

Fait à Sion, le 7 août 1480. Sur ordre de l'évêque prénommé, publié à Loèche, le 8 août de la même année.

En lieu et place de leur requête, les plaignants présentèrent cet exploit de défense devant le tribunal, en demandant que selon les termes du dit exploit, justice leur soit rendue.

Les accusés firent opposition à cet exploit, ils demandèrent que celui-ci soit considéré comme un simple avis et répondirent, le jour qui leur avait été désigné pour la réponse, en vue de contester le différend, que les plaignants n'ont pas le droit d'en appeler au tribunal de la façon dont ils le font et qu'il leur est dénié toute compétence à cet effet.

Invités à présenter point par point ce qu'ils voulaient, les plaignants exposèrent comme suit leur réclamation : L'eau, appelée La Raspille, surgit et a sa source

---

<sup>1</sup> Les points indiquent des passages supprimés (note du traducteur). Les [...] indiquent des parties non lisibles sur le document traduit.

sur le territoire de la dite commune de Sierre, c'est un fait acquis, notoire et manifeste. Après remise de la copie à la partie accusée, celle-ci demanda que la partie plaignante déclare, si l'eau de la Raspille surgit en tout ou en partie sur le territoire de Sierre et les plaignants répondirent spécialement que toute l'eau de la Raspille surgissait sur le territoire de Sierre; ce point fut contesté par les accusés.

Après que les plaignants furent invités à prouver ce qu'ils avaient avancé et que chaque partie eut reçu notification de ce qui précède, la partie plaignante remit, à une date qui lui avait été fixée, dans un pli fermé et cacheté un certain nombre de dépositions. Témoins, dont elle demanda l'ouverture et la publication, toujours sous garantie de procéder à une vision locale en temps utile. Après ouverture et publication de cette pièce, la partie accusée déposa un billet de papier, qui fut annexé aux pièces du dossier, et qui commence : « excipiendo ... etc. ».

Après de longues discussions, la partie accusée présenta ses points juridiques, dont le contenu dit textuellement ce qui suit : Pour combattre et infirmer certaines prétentions et dépositions de témoins de la part de gens de la commune de la contrée de Sierre, qui sont plaignants dans ce conflit, et pour prouver les droits et les titres des gens des communes de Salquenen et de Varone, accusés, et ceux-ci soumettent les points suivants auxquels la partie plaignante doit répondre par oui ou par non, en demandant pour eux-mêmes le droit d'apporter des preuves en cas de contestation.

Tout d'abord, les accusés affirment et ils sont disposés à le prouver, si le fait devait être contesté par les adversaires que les gens des dites communes de Salquenen et de Varone avec ceux du village de Miesoz eurent l'usage, la possession et la jouissance de la dite eau de la Raspille sans empêchement judiciaire pour la conduire sur leurs parcelles de terrain et arroser les prés, les vignes et leurs autres bien-fonds et pour la conduire sur leurs moulins pour la mouture, pour l'utiliser pour l'abreuvement du bétail en toute saison et pour employer cette eau pour leurs

besoins en propriété, et cela pour 10, 20, 30, 40, 50 ans ou plus, soit de mémoire d'homme, c'est la vérité.

En outre, ils affirment que cette même eau de la Raspille provient de plusieurs torrents ou ruisseaux, dont l'un s'appelle le Stroble qui se jette également dans la Raspille et qui prend sa source au glacier du Stroble, situé dans les montagnes de la paroisse de Loèche, c'est la vérité.

En outre, que le torrent de la Posaz provient des montagnes de ceux de Varone, dont l'eau est utilisée dans leurs alpages, le surplus descend de l'alpage et se dirige vers Cordona, et ce qui coule au-delà de Cordona descend pour se jeter dans la Raspille au-dessus de la prise des bisces de Salquenen et Varone, c'est la vérité.

En outre, que la Raspille est formée par la réunion de tous ces torrents, de quelque côté qu'ils descendent, c'est la vérité.

En outre, que la dite eau de la Raspille, dans cet espace de 10, 20, 30, 100 ans et plus personne ne peut se souvenir du contraire a été conduite de cette façon spécialement et en général par les bisces de ceux de Salquenen, de Varone et de Miesoz à l'exception de la partie de l'eau, que les gens de la Forchex prennent dans une mesure déterminée comme c'est indiqué dans leurs documents.

En outre, que les dites gens du village de Miesoz ne doivent utiliser que le tiers de ce qu'ils reçoivent et qu'ils ont l'habitude de recevoir l'eau de la Raspille, mais seulement pour leur usage et leurs besoins; ils doivent diriger le surplus de ce tiers, à la prise de leur bisse, dans le lit même de la Raspille, pour que ce surplus puisse servir pour les commodités et les besoins de ceux de Salquenen, comme indiquent les documents établis.

En outre, que les bisces de ceux de Salquenen et de Varone conduisant cette eau de la Raspille ont été créés et entretenus sur le territoire depuis les temps les plus reculés, et que cette eau paraît avoir été en possession des communes de Salquenen et de Varone, de sorte que personne ne se souvient qu'il en fut

autrement et il n'existe pas de documents prouvant le contraire: la vision locale le prouve d'une façon manifeste, soit la présence de vieux arbres au bord de ces bisses, les entailles dans les rochers, la présence de tous ces vieux murs et d'autres signes manifestes.

En outre, si cette eau de la Raspille que les communes de Salquenen et Varone ont toujours entretenue et ont possédée depuis les temps les plus reculés, leur était enlevée, à eux les accusés, ce serait certainement absurde, ils ne pourraient abreuver leur bétail, leurs moulins et leurs ateliers seraient anéantis et les habitants de Salquenen et Varone seraient forcés d'abandonner ces lieux et de laisser leurs habitations et leurs biens déserts et improductifs.

En outre, les communes précitées de Salquenen et de Varone payent régulièrement et selon l'usage chaque année, au référendissime Evêque de Sion, en qualité de préfet et comte du Valais, pour cette eau et pour d'autres biens communs des dites communes 6 livres et 5 schelles monnaie valaisanne, c'est la vérité.

En outre, tout ce qui précède est notoire et vrai etc.

Après qu'une copie de ces déclarations eut été remise à la partie plaignante avec un délai d'examen, celle-ci répondit que ces divers points ne devaient pas être admis, parce que présentés trop tard. Comme ils furent admis, la partie plaignante déposa comme une réponse une pièce commençant par « satisfaciendo... etc. ...comme inscrit dans les actes de procédure, Après qu'il fut accordé à la partie accusée des délais et des prolongations de délais pour prouver ce qu'ils ont avancé, celle-ci déposa au jour qui lui avait été fixé selon entente et compromis passa devant ... pli fermé et cacheté avec les autres documents mentionnés dans les actes de procédure.

Après qu'une copie fut remise à la partie plaignante, celle-ci déposa comme réponse, afin de mieux éclairer son droit, divers documents mentionnés dans les actes de procédure.

Enfin, une visite minutieuse des lieux, où l'eau de la Raspille prend sa source fut faite par l'excellent vicaire et nos assistants ci-après nommés, avec le consentement des deux parties, et après visite locale et citation des parties à ce jour pour entendre notre jugement définitif au sujet de ce litige, comparurent devant nous les nobles François et Peterman de Platea frères, Georges Maioris, notaire, Rieder Zender, Peterman de Platea, châtelain de Sierre, Peter Guysini, Thomeli Venetz, Hans Bruder, Jacob Mayour, Matheus Clavien, Henslin Wathyr, Peter im Steinhuss, Monet Viset, Petrus Pot, Antoine Jullienan, notre métral, Barholome de Dorbon, Hugonet de Mellis, notaire, Hans Rittiner huissier, tous de la contrée et de la Chatellenie de Sierre; et Johannes Tiebaud, Peter Tiebaud, Bazarod Rottoz, Petrus de Aula, Johannes Warneri, Johannes de Lapide, Hugonet Blayer, Joh. Magnyour, Joh. Ferryr ou de Vico, Thomas Morenchie, de Salquenen et Varone de la paroisse de Loèche, avec les avocats des intéressés, qui présentèrent à nouveau les actes, droits et documents des parties déjà citées et insistèrent pour qu'un jugement définitif soit rendu,

C'est pourquoi ...

Nous Jost, Evêque de Sion prénommé vu l'état du litige depuis le commencement jusqu'à la fin, soit la demande des plaignants et la réponse des accusés, non moins les dépositions des témoins et les documents et titres apportés de part et d'autre, après avoir entendu le rapport exact sur la visite de l'objet du litige, vu ce qu'il y a à voir d'autre part, considérant ce qu'il y a à considérer en ce qui concerne ce qui précède, exerçant les fonctions de juge, en invoquant le nom du Christ de qui émane tout jugement juste, ne penchant ni à gauche ni à droite, mais cherchant une décision équitable, après que nous eûmes consulté et demandé l'approbation des délégués des 5 dizains du pays, soit des hommes respectables et avisés Petermann de Platea, capitaine, François Grolli châtelain, Jacob Zen Zuben, vice-capitaine du pays, Antoine Perrer, bourgeois de Sion Jannin Maioris d'Hérens, notre métral, Pierre Clayon châtelain de Savièze pour le dizain de Sion. Rodolphe Zen Triegen de Rarogne, Nycod Walker de Mörel pour le

district de Rarogne, Peterman de Ryedmatten, Anton Zen Zuben pour le district de Viège, Zans Bergman banneret, Pierre Metzilton, pour le district de Brigue, Martin Borger ancien fermier, Peter Nesler pour le district de Conches, nommés par eux comme par nous et d'entente pour rendre ce jugement, sans que personne ne fut d'avis contraire, mus par des motifs et des considérations déterminées, nous rendons notre jugement définitif comme suit :

D'abord, les consorts et les intéressés des dits alpages de Salquenen et de Varone peuvent utiliser à l'avenir en toute tranquillité le bisse de la Posaz existant sur les dits alpages et l'eau qui est conduite habituellement par ce bisse pour l'abreuvement de leur bétail et pour les besoins de ces alpages, comme ce fut l'habitude jusqu'ici.

En outre, l'eau que les honorables gens de Cordona et de la Forchex, ont reçue jusqu'ici dans une mesure déterminée leur restera à perpétuité. **En outre, tout le reste de l'eau de la Raspille, qui descend par la Raspille jusqu'aux grands bisses de Salquenen et de Varone, y compris Miesoz, doit être partagé en deux parts égales, dont l'une appartient désormais, à perpétuité sans obstacle ou opposition d'une partie quelconque aux communes de Salquenen et Varone, et l'autre partie à ceux de la contrée de Sierre et de**

**Miesoz de telle sorte que ceux de Sierre peuvent prendre leur part de dite eau où cela leur paraît convenir, plus haut ou plus bas.**

En outre, ceux de Sierre accordant solidairement, en toute tranquillité, sans qu'on leur fasse obstacle, et à perpétuité, toute l'eau qui descend par la Raspille en dessous des grands vieux bisses de ceux de Salquenen, Varone et Miesoz.

En outre, chacune des dites parties prendra à sa charge les frais occasionnés par ce litige, ainsi que les honoraires des délégués des dizains et du présent jugement : chaque partie paye la moitié.

En vertu de ce qui précède, le litige entre ces deux parties est entièrement réglé, les parties considérant la chose comme une **sentence**. C'est notre jugement définitif, rendu et lu à Sion, dans notre château de la majorité, le 10 du mois de septembre de l'an du Seigneur 1490, en présence des honorables Peter Fontaner de Viège, Johannes Gettier, de Brigue, Barth Offner de Conches, Samiliar en capitaine du pays, qui ont été requis spécialement comme témoins de ce qui précède ...

En foi de tout ce qui précède ... signature de nos secrétaires assermentés ... et apposition de notre sceau habituel ...  
Communication aux parties.

## Annexe 6.10

---

### Convention concernant l'enneigement artificiel sur le Haut-Plateau, 20 août 1997

Entre d'une part,

La société **Téléphériques de Crans-Montana S.A.**, à Crans, valablement représentée par Bernard Emery, Président et selon extrait du RC annexé, Victor Lamon, Directeur

La société **Télécabine de Montana, Grand-Signal S.A.**, à Montana, valablement représentée par Jérémie Robyr, Président et selon extrait du RC annexé, René-Pierre Robyr, Directeur

La société **Téléphérique des Violettes et de la Plaine Morte S.A.**, à Montana, valablement représentée par Paul-Albert Clivaz, Président et selon extrait du RC annexé, Fernand Crettol, Directeur

La société **Télé-Aminona S.A.**, à Aminona, valablement représentée par Armand Berclaz, Président et selon extrait du RC annexé, Jean-Claude Amos, Directeur

Et d'autre part,

La fondation **WWF Suisse**, à Zurich, et l'association **WWF Valais**, à Sierre, représentées par Mme Marie-Thérèse Sangra, secrétaire régionale et M. Raphaël Dallèves, avocat à Sion.

\*\*\* \*\*

- a. Depuis une dizaine d'années, les stations de Crans, Montana-Vermala équipent petit à petit leur domaine skiable d'installations d'enneigement artificiel.
- b. Le 24 juin 1996, le WWF Suisse et sa section cantonale WWF Valais ont déposé une opposition à la demande d'autorisation de construire présentée par la société des Téléphériques des Violettes et du Glacier de la Plaine Morte S.A. et par la société de la

Télécabine du Grand Signal S.A. pour l'enneigement artificiel de la piste de « descente Dames », secteur Mont-Lachaux - Tsaumiau.

Le 26 mai 1997, le WWF Suisse et le WWF Valais ont déposé une opposition à la demande d'autorisation de construire présentée par la société des Téléphériques de Crans-Montana S.A. pour installer un enneigement artificiel au lieu-dit Chetseron.

Le 2 août 1997, le WWF Suisse et le WWF Valais ont déposé une opposition à la demande d'autorisation de construire présentée par la société des Téléphériques des Violettes et du Glacier de la Plaine Morte S.A. pour prolonger une installation d'enneigement artificiel sur la piste Nationale, secteur Cry d'Err-Pépinet.

Aucune autorisation de construire n'a encore été délivrée à ce jour à la suite des trois demandes susmentionnées.

- c. Le 20 août 1997 a eu lieu une rencontre entre les représentants des sociétés requérantes et le WWF Suisse, respectivement sa section valaisanne, lesquels conviennent de ce qui suit :
  1. Les quatre sociétés requérantes s'engagent à établir une planification globale du domaine skiable pour toutes les installations d'enneigement artificiel existantes et prévues. La fiche de coordination D.10 du plan directeur cantonal servira de référence pour l'élaboration de cette planification.

Dans cette planification globale seront notamment exposés et étudiés :

    - La conformité du domaine skiable avec les règles de l'aménagement du territoire sur les plans fédéral, cantonal, régional et communal;



- La délimitation des surfaces à enneiger sur l'ensemble du domaine skiable de Crans-Montana-Aminona et le plan d'équipement des pistes;
  - La justification du besoin global de cet enneigement artificiel et du besoin de chaque installation en particulier; cette justification du besoin doit être examinée tant sous l'angle régional (Valais central) que sous l'angle local;
  - La conformité de chacune de ces installations avec les exigences de la législation sur la protection de l'environnement (protection du sol, bruit, etc.), et avec les exigences de la loi sur la protection de la nature et du paysage (faune, flore, biotopes, etc.), de la loi sur la protection des eaux, de la loi sur la chasse, etc.;
  - Le **bilan hydrique** : la consommation en eau nécessaire au fonctionnement des installations d'enneigement artificiel ainsi que les sources d'approvisionnement existantes ou prévues; la preuve de l'absence de conflit avec les besoins actuels et futurs des communes et stations concernées doit être apportée;
  - Le **bilan énergétique** : la consommation d'énergie et sa conformité avec l'arrêté fédéral sur les économies d'énergie;
  - La délimitation de grandes zones « tabous » en dehors du domaine skiable, non équipées, qui serviront de surfaces de compensation pour la faune et la flore;
  - Les problèmes liés au ski hors piste et les solutions pour y remédier;
  - Les conflits avec le tourisme d'été et avec l'agriculture et les solutions pour y remédier.
2. Une première rencontre en vue de la réalisation de cette planification globale est prévue pour fin septembre 1997 entre les quatre sociétés de remontées mécaniques et l'expert qu'elles auront mandaté, et le WWF, pour approuver un cahier des charges;
- le WWF sera ensuite périodiquement tenu au courant de l'avancement du travail de planification.
- Le projet de planification globale devra être établi dans un délai d'un an environ.
3. Une fois établis, cette planification globale et le plan d'équipement des pistes de ski au sens de l'article 14 LcAT feront l'objet des adaptations nécessaires au niveau du plan d'affectation des zones et du règlement des constructions des communes d'Icogne, Lens, Chermignon, Montana, Randogne et Mollens.
- Ces adaptations dans les six communes seront coordonnées, et homologuées simultanément par le Conseil d'Etat.
4. Après cette homologation, les installations d'enneigement artificiel déjà existantes mais non valablement autorisées feront l'objet de procédures d'autorisation de construire de régularisation; pour le surplus les quatre sociétés parties à la présente convention s'engagent à renoncer à soumettre à enquête publique et à réaliser toute nouvelle installation d'enneigement artificiel avant l'homologation mentionnée en chiffre 3 ci-dessus; les procédures déjà ouvertes (cf. lettre b ci-avant) seront suspendues dans l'intervalle, à l'exception de celle relative à la prolongation d'enneigement artificiel sur la piste Nationale Cry-d'Err - Pépinet.
5. Les quatre sociétés requérantes s'engagent à mandater un bureau spécialisé pour étudier les potentialités et les possibilités d'une couverture de la consommation énergétique des installations d'enneigement artificiel par des énergies propres et renouvelables (solaire, éolienne). Dans la mesure où les coûts ne sont pas excessifs, elles s'engagent à assurer cette couverture à leurs frais dans un délai de 10 ans en

ce qui concerne les installations déjà existantes; cette couverture de la consommation énergétique des nouvelles et éventuelles installations futures devra être garantie au moment de la mise à l'enquête publique des projets déjà.

6. La réalisation des travaux sur le tronçon Cry d'Err-Pépinet de la piste Nationale se fera sous le contrôle d'un biologiste, en particulier en ce qui concerne les atteintes aux pelouses alpines et la question du réensemencement artificiel.

7. La mare des Houlès sera protégée pendant les travaux par une barrière.

8. Après signature de la présente convention par les quatre sociétés, le WWF retirera immédiatement son opposition du 2 août 1997 (prolongation de l'installation d'enneigement artificiel sur la piste Nationale).

*La convention est signée par le président et le directeur de chacune de quatre sociétés de remontées mécaniques et par les deux représentants du WWF.*

# Annexe 6.11

## Enneigement artificiel sur le Haut-Plateau : équipement (état : janvier 1999)

Piste	Société	Commune(s)	Canons	Longueur [m]	Surfaces [ha]	Alt. max. [m]	Alt. min. [m]	Alimentation en eau	Consommation en eau moyenne [m3/an]
Cry d'Er - Arnouva	Grand Signal	Montana Lens	RIE: 54 HP(B)	RIE: 2560	RIE: 8.8	2300	1700	Forage privé	76'700 (y-c.Daille/Mt Lach.)
Parc de la Daille	Grand Signal	Montana	RIE: 13 BP	RIE: env. 1300	RIE: 1.5	1710	1530	Forage privé	compris ds Arnouva
Descente Dames (Mt Lachaux)	Grand Signal	Randogne Montana Lens	RIE: 41 HBP	RIE: env. 2800	RIE: 3	2210	1445	Forage privé	compris ds Arnouva
Plans-Mayens	STCM	Montana Lens	RIE: 4 BP	RIE: env. 2'000	RIE: 4.5	1700	1480	?	?
Chetseron	STCM	Montana Lens	19		?	?	?	?	?
Nationale	TVPM	Randogne	RIE: 8 BP	RIE: env. 1200	RIE: 5 SAT 1996 : 8.8	2270	1890	Eaux surf. Tièche Barrage Tseuzier	80'000
Nationale/Croux-Zaumiau (CM 87)	?	Randogne	?	?	?	1890	1500	?	?
Mt-Bonvin (projet)	Téléaminona	Mollens	10-20?	3500 à 5700	16.6 à 12.8	-	-	Eaux surf. Tièche Eaux nivales	40'000-100'000 (projet)
Violettes/Colorado (projet)	TVPM	Randogne	?	?	?	-	-		?

RIE : Rapport d'impact sur l'environnement    HP : canons à haute pression    BP : canons à basse pression  
 SAT 1996 : Plan directeur cantonal. Fiche de coordination D.10, Etude sectorielle "Enneigement artificiel"

Sources : GESTER 1997, 1998, DROSER 1999, divers rapports d'impacts sur l'environnement, SAT 1996.

## Annexe 6.12

### Enneigement artificiel à Nendaz : équipement (état : janvier 1999)

Piste	Société	Commune	Canons	Longueur [m]	Surfaces [ha]	Alt. max. [m]	Alt. min. [m]	Alimentation en eau	Consommation en eau moyenne [m3/an]
Tracouet	Téléwendaz	Nendaz	20 BP	3500	2.8	2210	1410	Eau potable (st. Pra Mounet)	50'000
Tortin	Téléwendaz	Nendaz	6 BP	4000	3 ?	2045	17730	Eau brute (Cleuson)	50'000 (y-c. Novelli)
Novelli	Téléwendaz	Nendaz	20 BP	4000	2.9	2230	1730	Eau brute (Cleuson)	50'000 (y-c. Tortin)
Prarion (projet)	Téléwendaz	Nendaz	?	?	?	?	?	Eau brute (Gde Dixence)	?
Plan du Fou (projet)	Téléwendaz	Nendaz	?	?	?	?	?	Eau brute (Cleuson)	?

BP : canons à basse pression

Sources : Téléwendaz 1998 (M. D. Mariéthoz, chef technique), SAT 1996, Délèze 1996.

## Annexe 6.13

### Bilan des ressources et des usages de l'eau sur le Haut-Plateau

	Moy. annuelle (l/s)	Total annuel (m3)	Moyenne nov. (m3/jour)	Pointe déc/jan (m3/jour)	Pointe fév/mar (m3/jour)
<b>Ressources</b>					
Eaux de surface Raspille	376	11915424	10368	8640	4320
Eaux de surface Ertentse	312	9891245	3456	2592	1728
Sources Haut-Plateau	192	6054912	11664	11664	5832
Eaux thermales	20	630720	1728	1728	1728
Forages	15	473040	1296	1296	1296
<b>Total des ressources</b>		<b>28965341</b>	28512	25920	14904
<b>Usages année normale</b>					
Eau potable		4655210	9691	18150	18150
Eau d'irrigation		5040955	0	0	0
Thermalisme		630720	1728	1728	1728
Débits résiduels		2926541	7776	6912	6048
Enneigement artificiel	Evaluation	250000			
<b>Total des usages</b>		<b>13503426</b>			
Total des usages (sans enneigement)			19195	26790	25926
<b>Bilan des ressources - usages</b>					
Ressources - usages (s. enneig.)		<b>15461915</b>	9317	-870	-11022
<b>Usages année sèche</b>					
Eau potable (moyenne*1.15)		5353492	9691	18150	18150
Eau d'irrigation (moyenne*1.5)		7561433	0	0	0
Thermalisme		630720	1728	1728	1728
Débits résiduels		2926541	7776	6912	6048
Enneigement artificiel	Evaluation	250000			
<b>Total des usages</b>		<b>16722185</b>			
Total usages sans enneigement			19195	26790	25926
<b>Bilan des ressources - usages</b>					
Ressources - usages (s. enneig.)		<b>12243156</b>	9317	-870	-11022
<b>Bilan sans les eaux de la Raspille</b>					
Ressources sans Raspille		17049917	18144	17280	10584
Usages année normale		13503426	19195	26790	25926
Usages année sèche		16722185	19195	26790	25926
Bilan des ressources - usages année normale		3546491			
Bilan des ressources - usages année sèche		327732			
Idem, sans enneigement, année normale			-1051	-9510	-15342
idem, sans enneigement, année sèche			-1051	-9510	-15342

Source : DROSERA 1999.