



UNIL | Université de Lausanne

Institut de géographie
et durabilité

Valoriser le géopatrimoine par la médiation indirecte et la visualisation des objets géomorphologiques

Simon Martin



Les Diablerets
3210 m

Ah! il s'y reconnaît.
La même eau,
la même quantité d'eau,
sa même couleur,
son même bondissement
entre les mêmes pierres.

C.-F. Ramuz, *Derborence*



UNIL | Université de Lausanne

Institut de géographie
et durabilité

Valoriser le géopatrimoine par la médiation indirecte et la visualisation des objets géomorphologiques

Thèse de doctorat

présentée à la Faculté des Géosciences et de l'Environnement
de l'Université de Lausanne par

Simon Martin

Diplômé ès Lettres (Lausanne)

Jury

Président	Prof. François Bussy Vice-doyen de la Faculté des GSE, Université de Lausanne
Directeur de thèse	Prof. Emmanuel Reynard Institut de géographie et de durabilité, Université de Lausanne
Experts	Prof. Dominique Sellier Institut de géographie et d'aménagement régional, Laboratoire Géolittomer, Université de Nantes
	Dr. Fabien Hobléa (maître de conférences) Laboratoire EDYTEM, Université de Savoie / CNRS
	Dr. Christian Giusti (maître de conférences) UMR 8185 ENeC - Espaces, Nature et Culture, Université de Paris-Sorbonne
	Dr. Nicolas Kramar Ingénieur pédagogique, Faculté des GSE, Université de Lausanne

Lausanne 2012

IMPRIMATUR

Vu le rapport présenté par le jury d'examen, composé de

Président de la séance publique :	M. le Professeur François Bussy
Président du colloque :	M. le Professeur François Bussy
Directeur de thèse :	M. le Professeur Emmanuel Reynard
Expert interne :	M. le Docteur Nicolas Kramar
Expert externe :	M. le Professeur Dominique Sellier
Expert externe :	M. le Docteur Fabien Hobléa
Expert externe :	M. le Docteur Christian Giusti

Le Doyen de la Faculté des géosciences et de l'environnement autorise l'impression de la thèse de

Monsieur Simon MARTIN

*Licence ès Lettres/Master of Art
Université de Lausanne*

intitulée

**VALORISER LE GEOPATRIMOINE PAR LA MEDIATION
INDIRECTE ET LA VISUALISATION DES OBJETS
GEOMORPHOLOGIQUES**

Lausanne, le 09 novembre 2012

Pour le Doyen de la Faculté des géosciences et
de l'environnement



Professeur François Bussy, Vice-Doyen

Impressum

Manière de citer cet ouvrage :

Martin, S. (2013). *Valoriser le géopatrimoine par la médiation indirecte et la visualisation des objets géomorphologiques* (Géovisions n°41). Lausanne : Université, Institut de géographie et durabilité.

Directeur de la publication :

Christophe Lambiel

Image page de couverture :

Vue sur le lac de Derborence et les Diablerets. Dessins et photographie de l'auteur.

Maquette, mise en page et graphisme :

Simon Martin

Impression :

Multiprint SA
Avenue Beauregard
CH-1700 Fribourg

Publié par :

Institut de géographie et durabilité
Université de Lausanne
Géopolis
1015 Lausanne

<http://www.unil.ch/igd>

Publié avec le soutien de :

Le groupe de travail sur les géotopes en Suisse (Scnat).

Table des matières

Résumé	I
Abstract	II
Zusammenfassung	III
Riassunto	IV
Remerciements.....	V
1. Introduction et problématique	1
1.1. Le rôle de la médiation dans la valorisation du géopatrimoine	2
1.1.1. Patrimoine naturel et géomorphologie.....	2
1.1.2. Processus de patrimonialisation et éducation	4
1.2. Thèse centrale et cadre du travail	6
1.2.1. Problématique générale	6
1.2.2. Délimitation du champ d'étude.....	7
1.3. Objectifs, questions et méthodes de recherche.....	7
1.3.1. Les théories soutenant la médiation	7
1.3.2. Les objets de la médiation.....	8
1.3.3. Les publics de la médiation	9
1.3.4. Les supports visuels de la médiation	10
1.4. Plan de recherche.....	11
2. Cadre théorique de la médiation	13
2.1. La médiation en pratique	14
2.1.1. Le géotourisme.....	14
2.1.2. L'interprétation : une approche empirique	16
2.1.3. Constat d'un manque.....	18
2.2. La médiation, une forme de communication éducative	18
2.2.1. Des schémas de communication... ..	18
2.2.2. ... au concept de médiation.....	20
2.3. Des modèles didactiques pour guider la médiation	22
2.3.1. Apports de la didactique à la médiation	22
2.3.2. Limites de la didactique appliquée à l'éducation informelle	23
2.3.3. Communication éducative effective : quel modèle ?	24

2.4. Synthèse : démarches et méthodes de médiation pour la géomorphologie	31
2.4.1. Apports des sciences de la communication et de la didactique.....	31
2.4.2. Conception globale de la médiation	32
2.4.3. Interprétation et médiation : des synonymes ?.....	33
2.4.4. Implications du contexte géotouristique pour la médiation	33
3. Les objets de la géomorphologie et du géopatrimoine	35
3.1. L'approche épistémologique : concepts et méthodes de la géomorphologie	36
3.1.1. A la recherche d'une définition.....	36
3.1.2. Méthodes de la géomorphologie.....	38
3.1.3. Concepts de la géomorphologie.....	41
3.1.4. Proposition d'une typologie des approches en géomorphologie.....	46
3.1.5. Synthèse : objets théoriques et médiation.....	51
3.2. L'approche patrimoniale: les géomorphosites	52
3.2.1. Définition et évaluation des géosites.....	52
3.2.2. Caractéristiques visuelles et valeur esthétique	56
3.2.3. Valeur éducative, une notion à discuter	61
3.2.4. L'inventaire : un outil au service de la médiation ?	62
3.2.5. Synthèse : médiation de la dimension patrimoniale.....	63
4. Les publics potentiels de la médiation	67
4.1. Les publics du géotourisme	68
4.1.1. La portée limitée des caractéristiques démographiques.....	68
4.1.2. Attentes, intérêts et conceptions des visiteurs.....	69
4.2. S'adresser au public	75
4.2.1. Quelques bonnes pratiques	75
4.2.2. Effet du message éducatif sur le comportement	76
4.3. Quel public pour un tourisme virtuel ?.....	78
4.3.1. Les usages d'Internet et des supports numériques : état des lieux	78
4.3.2. Apports des médias numériques pour le public du géotourisme.....	79
4.4. Synthèse	81
5. Les médias visuels, supports de la médiation	83
5.1. Fonctions et techniques des médias visuels.....	84
5.1.1. La communication médiatisée	84

5.1.2. Fonctions et aspects des médias.....	85
5.1.3. Concepts centraux des NTIC	87
5.2. Codes et théories de la visualisation	90
5.2.1. Médiation visuelle.....	90
5.2.2. La géovisualisation.....	93
5.3. Médias visuels : spécificités et renouveau	96
5.3.1. Structurer et expliquer : les schémas	97
5.3.2. Représenter l'espace : les cartes	100
5.3.3. Représenter la troisième dimension.....	106
5.3.4. Synthèse.....	111
5.4. Médias visuels pour la communication éducative.....	112
5.4.1. Influence des médias sur l'apprentissage.....	112
5.4.2. Double encodage et multimodalité	113
5.4.3. Abstraction ou réalisme ?	115
5.4.4. Deux ou trois dimensions ?.....	116
5.4.5. Statique ou animé ?.....	117
5.4.6. L'interactivité	118
5.5. Synthèse : fonctions, types et usages des médias visuels pour la médiation indirecte	121
6. Analyse du contexte et potentiel des sites d'étude pour la médiation	123
6.1. Sites d'étude et objets géomorphologiques	124
6.1.1. Présentation générale des trois sites d'étude	124
6.1.2. Géomorphologie, paysage et géopatrimoine.....	130
6.1.3. Synthèse : objets et messages potentiels pour la médiation.....	145
6.2. Caractéristiques, intérêts et conceptions du public	147
6.2.1. Objectifs et méthodes d'enquête	148
6.2.2. Caractéristiques des visiteurs des trois sites d'étude	152
6.2.3. Supports préférés de la médiation et usages d'Internet	154
6.2.4. Questionnements et conceptions sur le relief naturel	156
6.2.5. Regards du public sur le géopatrimoine	165
6.2.6. Synthèse de l'analyse des publics, de leurs avis et conceptions	168
6.3. Evaluation des produits de médiation existants.....	169
6.3.1. Méthode d'évaluation des sentiers à thème	171
6.3.2. Evaluation des sentiers à thème du Valais	173

6.3.3. Analyse des produits proposés sur les trois sites d'étude	175
7. Applications interactives.....	181
7.1. Contenu et structure du site web	182
7.1.1. Structure générale.....	182
7.1.2. Applications interactives : médias et thèmes	183
7.1.3. Caractéristiques techniques	186
7.2. Description des applications	188
7.2.1. Applications d'explication.....	188
7.2.2. Applications d'expérimentation	190
7.2.3. Applications d'exploration	193
7.2.4. Facteurs pédagogiques mobilisés dans les applications	195
7.3. Test des applications : méthodes	197
7.3.1. Déroulement général.....	198
7.3.2. Pré-questionnaire	198
7.3.3. Exploration libre et <i>usertracking</i>	199
7.3.4. Post-questionnaire.....	200
7.3.5. Entretien collectif	201
7.4. Résultats et discussion	201
7.4.1. Types de public	201
7.4.2. Appréciation des applications interactives.....	202
7.4.3. Impact des applications sur les explications géomorphologiques	210
7.5. Synthèse	214
8. Conclusions et perspectives.....	217
8.1. Discussion des résultats obtenus et conclusions	218
8.1.1. Les théories soutenant la médiation.....	218
8.1.2. Les objets de la médiation	220
8.1.3. Les publics de la médiation.....	221
8.1.4. Les supports visuels de la médiation	224
8.2. Perspectives : développer la médiation du géopatrimoine	228
8.2.1. Objectif général et nouvelles méthodes	229
8.2.2. Potentiel des médias visuels interactifs.....	231
Références bibliographiques.....	235
Liste des annexes	275

Table des figures

Fig. 1.1 : Chercher son chemin. Méandres dans le lapiaz de Tsanfleuron.	1
Fig. 1.2 : Le patrimoine géomorphologique, une composante du patrimoine naturel à l'interface entre nature et culture.....	2
Fig. 1.3 : Composantes du patrimoine géomorphologique.	3
Fig. 1.4 : Acteurs, usages et instruments de gestion de la ressource patrimoniale géomorphologique.....	4
Fig. 1.5 : Processus de patrimonialisation selon Di Méo (2008) et relations avec les acteurs du patrimoine.....	5
Fig. 1.6 : Plan de recherche construit autour des quatre axes de la médiation et chapitres correspondants.....	12
Fig. 2.1 : Axe de la médiation traité par le chapitre 2.....	13
Fig. 2.2 : Schéma général d'un système de communication (Shannon, 1948).....	19
Fig. 2.3 : Modèle de la communication éducative d'après Peraya (1992).....	20
Fig. 2.4 : Situations d'apprentissage, entre constructivisme et objectivisme, selon Cronjé (2006).	26
Fig. 2.5 : Exemple d'aura conceptuelle pour l'écosystème (Dufлот, 2008).	28
Fig. 2.6 : Types de communication intervenant dans la médiation du géopatrimoine.	31
Fig. 2.7 : Schéma en quatre axes de la médiation.	32
Fig. 3.1 : Axe de la médiation traité par le chapitre 3.....	35
Fig. 3.2 : Valeurs attribuées aux géomorphosites (par catégorie, non exhaustif).	53
Fig. 3.3 : Deux approches pour l'évaluation et l'inventaire de géosites.	54
Fig. 3.4 : Exemple d'utilisation de vues esthétiques dans un produit géotouristique (stratigraphie de Lugeon & Argand, 1937; Schlup & Marthaler, 2009).	60
Fig. 4.1 : Axe de la médiation traité par le chapitre 4.....	67
Fig. 5.1 : Axe de la médiation traité par le chapitre 5.....	83
Fig. 5.2 : Modèle général de la communication médiatisée.....	84
Fig. 5.3 : Fonctions de visualisation dans un processus de recherche idéal (DiBiase, 1990). En trait-tillé : ajout du processus de consultation interactive par l'utilisateur final de la carte, selon Antoni et al. (2004).	94
Fig. 5.4 : Espace des usages de la carte : (1) le modèle conceptuel (<i>Cartography</i>) ³ original de MacEachren (1994a) et (2) sa version actualisée (MacEachren et al., 2004)...	95
Fig. 5.5 : Dessin schématique (lithographie) du glacier du Gorner (Agassiz, 1840).	99
Fig. 5.6 : a) Dessin sur photo, extension du glacier des Martinets en 1850 ; b) bloc-diagramme, formes d'une marge proglaciaire (Strahler, 1960).	99
Fig. 5.7 : a) Schéma par étapes de la formation d'un aven en chaudron (Salomon, 2006) ; b) schéma des processus agissant dans la formation d'un sédiment (Thomi, 2005).	100

Fig. 5.8 : Extrait de la carte des anciens cours du Mississippi (Fisk, 1944, 22-8).	102
Fig. 5.9 : a) Extrait de la carte d'évolution conjointe de la vigne et des bâtiments à Savièse (VS) ; b) Extrait d'une série de quatre cartes du vignoble de Chamoson (VS), (S. Martin & Reynard, 2007).....	103
Fig. 5.10 : Représentations cartographiques du relief : a) symboles (du Val d'Abbeville, 1680); b) hachures (Dufour, 1844); c) isolignes (Canton du Valais, 1955); d) ombrage (Swisstopo, 2007).	107
Fig. 5.11 : Trois exemples de vues en 2,5D : a) panorama en fausse perspective (Les Diablerets, Glacier 3000); b) bloc-relief (Derruau, 2004); c) orthophoto drapée sur un modèle numérique de terrain (S. Martin & Reynard, 2008a).	108
Fig. 5.12 : Répartition des vitesses de déplacement d'un glacier : a) schéma en perspective (Zryd, 2001) synthétisant b) deux schémas en plan et en coupe (Dorthe-Monachon, 1987).	108
Fig. 5.13 : Maquette du Bietschorn par E. Imhof (1939). Photo : S. Räber, 2006.	109
Fig. 5.14 : <i>Google Earth</i> , un exemple tout public d'environnement virtuel.	110
Fig. 5.15 : Modèle cognitif de l'apprentissage multimédia (Mayer & Moreno, 2002a, traduit).	114
Fig. 6.1 : Axes de la médiation structurant l'analyse du contexte.	123
Fig. 6.2 : Localisation des trois sites d'étude.	125
Fig. 6.3 : Périmètre du site du Vallon de Nant – les Martinets (14 km ²).	125
Fig. 6.4 : Périmètre du site du cirque de Derborence (35 km ²).....	126
Fig. 6.5 : Périmètre du site du lapiaz et glacier de Tsanfleuron (15 km ²).	126
Fig. 6.6 : Carte tectonique simplifiée (source : GéoCartes 500).	128
Fig. 6.8 : Carte simplifiée du relief. En pointillé : itinéraires des tours de randonnée.....	129
Fig. 6.9 : (a) Amont du vallon : glacier et moraines des Martinets ; (b) cascade de l'émissaire principal du glacier ; (c) lave torrentielle sous la Pointe des Savoleires ; (d) Grandes Moraines et pli secondaire dans la nappe de Morcles ; (e) cônes de déjection à l'amont de l'alpage de Nant.....	131
Fig. 6.10 : Carte géomorphologique simplifiée des dépôts du Vallon de Nant classés selon le processus principal de responsable du dépôt.....	133
Fig. 6.11 : Reconstitution de stades de retrait du glacier des Martinets d'après la forme et la position des moraines (étude de terrain de Perret et Martin, 2010-2011). Les stades ne sont pas datés. Sur l'image 3, les flèches indiquent la direction d'écoulement de la glace.	133
Fig. 6.12 : Carte géomorphologique simplifiée des dépôts et formes karstiques du cirque de Derborence classés selon le processus principal responsable de la formation. ...	136
Fig. 6.13 : (a) Pyramides de gypse de La Tour et, à l'arrière-plan, alternance de vires et parois ; (b) Lac de Derborence, avec remplissage sédimentaire, quelques blocs éboulés et forêt primaire au second plan ; (c) vue générale du site : à gauche, l'extension maximale de l'éboulement de 1714 correspond au derniers prés visibles dans vallée de la Lizerne ; (d) lapiés découverts à Montbas ; (e) cône de déjection, levées et blocs près du Godey.....	137

Fig. 6.14 : Carte géomorphologique simplifiée des dépôts et formes karstiques de Tsanfleuron classés selon le processus principal de formation.....	141
Fig. 6.15 : (a) Roches moutonnées au front du glacier ; (b) vue générale avec, de bas en haut : lapiés matures, moraines PAG, lapiés sur roches moutonnées et glacier ; (c) lapiés en marches d'escalier ; (d) encroûtements carbonatés au front du glacier ; (e) deux plaines d'épandages du Lachon entourées de moraines ; (f) lapiés sur les strates alternées de calcaire Crétacé et Eocène.	142
Fig. 6.16 : Question spécifique au questionnaire pour Derborence (annexe A1.1)	149
Fig. 6.17 : Trois formes à expliquer dans l'enquête C : (1) lapiés (lapiaz de Tsanfleuron), (2) éboulis (Pointe des Martinets, vallon de Nant), (3) moraines (Bylot Island, Canada).....	152
Fig. 6.18 : Profil comparé des visiteurs de chaque site d'étude.....	153
Fig. 6.19 : Provenance des visiteurs de chaque site d'étude (données SW de la Suisse).....	154
Fig. 6.20 : A gauche, nombre total d'éléments identifiés : plus la couleur est foncée, plus la zone a été entourée. A droite, nombre total de citations pour chaque catégorie d'élément. Résultats pour 390 éléments entourés par 76 personnes (annexe A2.1, 3).	158
Fig. 6.21 : Zones correspondant à la catégorie (a) torrent ; (b) éboulis ; (c) éboulement. Plus la couleur est foncée, plus la zone a été entourée sur la photographie.	159
Fig. 6.22 : Deux explications de la formation des éboulis (groupe 1, annexe C2.1).....	161
Fig. 6.23 : Deux explications de la formation des éboulis (groupe 2, annexe C2.1).....	161
Fig. 6.24 : Deux explications de la formation des éboulis (groupe 3, annexe C2.1).....	162
Fig. 6.25 : Deux explications de la formation des moraines (annexe B2).	162
Fig. 6.26 : Deux explications de la formation des moraines (groupe 1, annexe C2.1).....	163
Fig. 6.27 : Explication de la formation des moraines (groupe 2, annexe C2.1).....	163
Fig. 6.28 : Deux explications de la formation des moraines (groupe 3, annexe C2.1).....	164
Fig. 6.29 : Explication de la formation des lapiés (groupe 1, annexe C2.1).	164
Fig. 6.30 : Deux explications de la formation des lapiés (groupe 2, annexe C2.1).	165
Fig. 6.31 : Deux explications de la formation des lapiés (groupe 3, annexe C2.1).	165
Fig. 6.32 : Moyennes des évaluations de chaque partie pour 33 sentiers didactiques du Valais abordant une thématique des Sciences de la Terre (annexe D2). Score minimal = 1, score maximal = 3.	174
Fig. 6.33 : Moyennes des évaluations sur un choix de critères pertinents pour 33 sentiers didactiques du Valais abordant une thématique liée aux Sciences de la Terre (géologie, nature et paysage, glaciologie, climat, géomorphologie).....	175
Fig. 6.34 : (1) Panneaux à Tsanfleuron (Parrochet) ; (2) poste du sentier du vallon de Nant ; (3) deux schémas extraits de l'ancien panneau de Pro Natura sur le parking de Derborence (les schémas ont disparu de la nouvelle version).	176
Fig. 6.35 : Dispersion des avis des visiteurs sur les panneaux à thème du vallon de Nant et de Tsanfleuron (moyenne des deux) selon les deux premières composantes de l'ACM basée sur 48 variables.....	177

Fig. 6.36 : Evaluation partielle des sentiers à thème du ● vallon de Nant (uniquement les panneaux sur un sujet lié aux géosciences) et de ○ Tsanfleuron, comparé à △ la moyenne de 33 sentiers didactiques du Valais abordant une thématique liée aux Sciences de la Terre (cf. fig. 6.33).....	179
Fig. 7.1 : Axes de la médiation concernés par ce chapitre.	181
Fig. 7.2 : Structure générale du site web en trois calques. Les flèches blanches indiquent les liens permettant de passer de l'un à l'autre (exemple pour l'application D1)....	183
Fig. 7.3 : Application D1 : schéma, carte et vue en relief coordonnées.....	189
Fig. 7.4 : Application N1 : schéma animé.....	190
Fig. 7.5 : Application T1 : texte (avec quelques hyperliens).....	190
Fig. 7.6 : Application D2 : schéma interactif et dessin.	191
Fig. 7.7 : Application N2 : carte à fond variable (ici photo aérienne).....	192
Fig. 7.8 : Application T2 : vue en relief, schéma interactif et vidéo.	193
Fig. 7.9 : Application D3 : essais de modélisation 3D de l'éboulement avec Blender.....	193
Fig. 7.10 : Application N3 : vue en relief et visite guidée.....	194
Fig. 7.11 : Application T3 : carte interactive et photo commentée.	195
Fig. 7.12 : Trois exemples de modèles 3D manipulables texturés de lapiés.	195
Fig. 7.13 : Mini-formulaire pour l' <i>usertracking</i> placé sur la page d'accueil du site web.....	199
Fig. 7.14 : Profils comparés des trois groupes de l'enquête C. Pour permettre la comparaison variable par variable, les valeurs sont ramenées à une échelle similaire. A l'exception de l'âge, ils s'agit de données catégorielles sur 4 modalités ([0-3]) ou de proportion (pour-un [1])......	202
Fig. 7.15 : Trois types de parcours (données réelles d'utilisateurs du groupe 1 et 3).	203
Fig. 7.16 : Temps moyen passé sur les applications et leur page d'introduction.....	204
Fig. 7.17 : Appréciation globale du site web (échelle de 0 à 4).....	205
Fig. 7.18 : Rang moyen de chaque application (échelle de 0 à 1).	206
Fig. 7.19 : Appréciation générale de chaque application (moyenne des groupes).	206
Fig. 7.20 : Avis sur les usages des applications interactives liés à une visite <i>in situ</i>	210
Fig. 7.21 : Réponses ± correctes au pré-questionnaire (a), sans changement au postquestionnaire (1b, lapiés) ou avec amélioration (2b, éboulis).....	212
Fig. 7.22 : Réponses très lacunaires ou confusion dans le pré-questionnaire (a), avec amélioration (1b, éboulis) ou réponse très lacunaire (2b, lapiés) au post-questionnaire.....	213
Fig. 7.23 : Réponse lacunaire au pré-questionnaire (a), suivie d'une non-réponse (b).	214
Fig. 8.1 : « Lorsqu'il n'y a pas de véritable questionnement, on assiste à un arrêt dans la construction de la pensée » (Giordan & de Vecchi, 2010).....	217

Liste des tableaux

Tabl. 2.1 : Trois listes de principes d'interprétation ; tiré de Moscardo et al. (2007).....	17
Tabl. 2.2 : Trois principaux modèles didactiques, selon Pellaud et al. (2004) et Basque et al. (1998).....	25
Tabl. 2.3 : Quelques facteurs influençant positivement l'apprentissage (compilation de Marton, 1994). (*) Points sur lesquels se focalise le modèle allostérique (détail des moyens mis en œuvre dans le tableau 2.4).....	29
Tabl. 2.4 : Contexte et actions pour apprendre selon Giordan et Boudreault (publié dans Giordan & de Vecchi, 2010).....	30
Tabl. 3.1 : Diverses typologies des formes et reliefs utilisées en géomorphologie.	40
Tabl. 3.2 : Echelles dimensionnelles et temporelles des formes. Tiré de Peulvast et Vanney (2001), d'après Tricart (1965) et Baker (1986), modifié.	43
Tabl. 3.3 : Catégories d'objets géomorphologiques selon Grandgirard (1996).	44
Tabl. 3.4 : Deux approches du temps et quelques échelles temporelles associées.....	45
Tabl. 3.5 : Classification des approches en géomorphologie et exemples d'application.	47
Tabl. 3.6 : Exemples de médias courants utilisés pour chaque type d'approche. La graisse du cadre indique la plus-value potentielle que représentent l'animation et l'interactivité pour ces médias.....	50
Tabl. 3.7 : Concepts et méthodes de la géomorphologie et leur application au processus de médiation.	51
Tabl. 3.6 : Modèle mettant en lien les éléments physiques du paysage avec les catégories (en italique) de préférence paysagère selon Kaplan (1979).	59
Tabl. 3.8 : Propositions pour intégrer le potentiel éducatif des sites dans l'inventaire (approche intégrale) et l'évaluation (approche spécifique, cf. fig. 3.3).	62
Tabl. 4.1 : Typologies des publics du géotourisme ou tourisme culturel. Modifié de Berrebi (2006).....	70
Tabl. 4.2 : Caractéristiques des types de public et approches à privilégier pour la médiation (Origet du Cluzeau, 1998; Pralong, 2006b).....	71
Tabl. 4.3 : Influence des caractéristiques du public sur les autres axes de la médiation (aspects à prendre en compte pour la conception). Adapté de Martin et al. (2010).....	73
Tabl. 5.1 : Fonctions des médias comme supports à la communication.	86
Tabl. 5.2 : Aspects des médias, adapté de Weidenmann (2001).....	86
Tabl. 5.3 : Les quatre domaines d'interactivité, d'après Jensen (1998).....	90
Tabl. 5.3 : Extraits de l'échelle d'iconicité de Moles (1980).....	96
Tabl. 5.4 : Classification des médias selon Maarek (1986), exemples modifiés d'après Adam (1999).	97
Tabl. 5.5 : Variables visuelles pour l'animation selon DiBiase et al. (1992) et MacEachren (1995).....	105

Tabl. 5.6 : Fonctions interactives spécifiques à chaque type de représentation ; modifié d'après Verbree (1999).	111
Tabl. 5.7 : Principes de l'apprentissage multimédia (Mayer & Moreno, 2002a, 2002b, modifié).	114
Tabl. 5.8 : Usages efficaces des vues en 2D et 3D (Tory, 2004).	117
Tabl. 6.1 : Classement et protection du Vallon de Nant à l'échelle nationale et cantonale.	134
Tabl. 6.2 : Qualificatifs décrivant le site du Vallon de Nant dans diverses publications touristiques ((1) Clerc, 2001; (2) Staffelbach, 2005; (3) Office du Tourisme du Canton de Vaud, 2011; (4) Suisse Tourisme, 2012a).	135
Tabl. 6.3 : Classement et protection de Derborence à l'échelle nationale et cantonale.	139
Tabl. 6.4 : Qualificatifs décrivant le site de Derborence dans diverses publications touristiques ((1) Beerli, 1993; (2) Jaquiéry, 2001; (3) Communes d'Ardon, Conthey, Savièse, Sion et Vétroz, 2002; (4) Staffelbach, 2005; (5) Metzker, 2009; (6) Office du Tourisme du Canton de Vaud, 2011; (7) Suisse Tourisme, 2011, (9) 2012b; (8) Conthey Région, 2012).	140
Tabl. 6.5 : Classement de Tsanfleuron à l'échelle nationale.	143
Tabl. 6.6 : Qualificatifs décrivant le site de Tsanfleuron dans diverses publications touristiques ((1) Simond, 2001; (2) Communes d'Ardon, Conthey, Savièse, Sion et Vétroz, 2002; (3) Metzker, 2009; (4) Office du Tourisme du Canton de Vaud, 2011; (5) Suisse Tourisme, 2011, (7) 2012c; (6) Office du tourisme de Savièse, 2012).	144
Tabl. 6.7 : Exemple d'approches multiples de l'objet « Moraines du glacier des Martinets » dans le vallon de Nant. Dans les applications interactives réalisées, seules les approches marquées d'un astérisque n'ont pas ou peu été développées.	145
Tabl. 6.8 : Principaux objets physiques retenus pour chaque site et quelques objets théoriques associés.	146
Tabl. 6.9 : Exemples de messages à dimension patrimoniale liés aux objets retenus.	147
Tabl. 6.10 : Résumé de l'échantillon de l'enquête A (2010).	150
Tabl. 6.11 : Résumé de l'échantillon de l'enquête B (2011).	151
Tabl. 6.12 : Résumé de l'échantillon de l'enquête C (2012).	152
Tabl. 6.13 : Appréciation de six supports différents (intérêt exprimé, prix moyen et maximum que l'on est prêt à payer pour en disposer).	155
Tabl. 6.14 : Méthode d'évaluation des sentiers didactiques du Valais (projet Nature, Culture et Tourisme) ; tous les critères ne sont pas présentés ici. La partie 1, descriptive, est absente. * Critère évalué par un expert.	172
Tabl. 7.1 : Langages web standards utilisés pour programmer l'application web.	182
Tabl. 7.2 : Informations générales sur chaque application : le code la désignant ; le thème principal abordé ; les approches spatio-temporelles ; le média principal utilisé (multimédia = schéma, carte et 3D) et le caractère de celui-ci : animé ou statique, interactif ou non.	184
Tabl. 7.3 : Questions résumant, sur la page d'accueil, le contenu abordé par chacune des neuf applications.	186

Tabl. 7.4 : Principales bibliothèques et APIs JS utilisées dans l'application composite.....	187
Tabl. 7.5 : Bilan de la prise en compte, dans les applications interactives, de quelques facteurs influençant positivement l'apprentissage.	196
Tabl. 7.6 : Les quatre étapes du test des applications.....	198
Tabl. 7.7 : Applications citées par plus d'une personne comme ayant donné l'impression d'apprendre quelque chose et raisons évoquées.	211
Tabl. 7.8 : Différents cas de figures issus de la synthèse des comparaisons entre pré- et post-questionnaire des groupes 2 et 3. (*) Avec parfois quelques légères améliorations (1x) ou correction de la confusion de départ (2x), mais reste globalement incorrect.	213
Tabl. 7.9 : Etapes du processus de réalisation d'un système d'apprentissage multimédia interactif, d'après Marton (1994).	215

Résumé

Valoriser le géopatrimoine par la médiation indirecte et la visualisation des objets géomorphologiques

Simon Martin, Institut de Géographie et Durabilité, Université de Lausanne

Le géopatrimoine regroupe des objets géologiques *lato sensu* auxquels certaines valeurs sont attribuées, en fonction de leur intérêt pour la science, de leur rareté, de leurs particularités culturelles ou écologiques, etc. Valoriser le géopatrimoine signifie avant tout faire partager cette approche aux non-spécialistes, en expliquant ce qui fait la valeur de ces objets. Cette valorisation peut s'effectuer, entre autres, sous la forme d'une activité touristique et contribuer ainsi au développement régional.

Faire comprendre l'origine, la singularité et la valeur des formes du relief implique le recours à une communication éducative, désignée par le terme de médiation. Les implications de la dimension éducative du processus, comme la prise en compte des connaissances et attentes du public, la création d'un environnement favorable à l'apprentissage ou l'attractivité du contenu, sont souvent négligées.

Du point de vue conceptuel, un modèle de la médiation indirecte (c'est-à-dire au moyen de supports médiatiques) a été proposé et appliqué au développement empirique de produits de médiation et à leur évaluation. Ce modèle ne garantit pas la réussite de la communication éducative, mais contribue à créer un cadre favorable au processus. De plus, plusieurs lignes directrices pour le choix du type de média et sa mise en forme ont été définies sur la base d'une compilation de résultats de la psychologie cognitive sur l'usage des médias pour l'apprentissage.

Des méthodes qualitatives et quantitatives variées ont été mobilisées : enquêtes par questionnaire *ex situ* et *in situ*, auprès des visiteurs de géomorphosites de montagne, réalisation de médias interactifs testés ensuite auprès de divers publics (parcours enregistré, pré- et post-questionnaires) et entretiens collectifs.

Les résultats obtenus éclairent divers aspects de la problématique. L'étude du public a montré, par exemple, que le géotourisme possède un réel public parmi les visiteurs des sites de montagnes : trois-quarts d'entre eux expriment de l'intérêt pour des explications sur la géologie et l'évolution du paysage.

Cette thèse a exploré ces aspects liés au processus d'apprentissage en se focalisant sur les médias visuels, surtout interactifs. La plupart des médias visuels couramment utilisés en géomorphologie ont été considérés. Le développement de versions interactives de ces médias sous forme d'applications web a fourni un aperçu concret des possibilités des nouvelles technologies. Les utilisateurs apprécient en particulier la richesse du contenu, le haut degré d'interactivité et la variété de ces applications. De tels médias incitent à visiter le site naturel et semblent aussi répondre aux intérêts de publics variés.

Abstract

Geoheritage promotion through non-personal interpretation and visualisation of geomorphological features

Simon Martin, Institute of Geography and Sustainability, University of Lausanne

Geoheritage concerns all geological features *lato sensu* to which some values are attributed, according to their scientific interest, their rarity, their cultural or ecological dimensions, etc. Geoheritage promotion implies sharing this point of view with non-specialists, explaining what gives value to those objects. Geotourism is one of the many ways to achieve geoheritage promotion, while contributing also to regional development.

In order to make non-specialists understand the origin, the specificity and the value of landforms, educational communication is needed, that is called interpretation (French: *médiation*). This education dimension has several, and often neglected, implications, like taking into account public's knowledge and expectations, creating a favourable learning environment, attractive design, etc.

From the conceptual point of view, a model for non-personal interpretation has been proposed and applied for the empirical development and for the assessment of interpretive products. This model does not guarantee success of educational communication, but help creating a favourable environment for this process. Moreover, some guidelines were defined from a compilation of several results of cognitive psychology on media use for learning. They guide the choice of the kind of media and its design.

Several qualitative and quantitative methods were applied: survey questionnaires *ex situ* and *in situ* by mountain geomorphosites visitors, interactive medias developed and then tested by different kinds of users (with usertracking, pre- and post-survey questionnaires), group interviews.

The results answered different aspects of the research questions. Visitor surveys revealed for example that geotourism could attract many visitors of mountain areas: three quarters of them say they are interested in getting explanations about geology and landscape (in particular its dynamic dimensions).

This thesis examined those aspects with a focus on visual medias, both statics and interactive. Most of currently used medias in geomorphology were considered. Interactive versions of those medias were developed in web applications; they gave a concrete overview on the opportunities that new technologies offer. The content richness, the high interaction level and the diversity of the applications are the most liked aspects by the users. Such medias drive to visit the natural site and seem to correspond to the interests of various kinds of publics.

Zusammenfassung

Aufwertung des erdwissenschaftlichen Erbes durch mediale Vermittlung und Visualisierung von geomorphologischen Objekten

Simon Martin, Institut für Geographie und Dauerhaftigkeit, Universität von Lausanne

Das erdwissenschaftliche Erbe besteht aus geologischen Gegebenheiten *lato sensu*, denen entsprechend ihrer Bedeutung für die Wissenschaft, ihrer Seltenheit, ihrer kulturellen oder ökologischen Besonderheiten usw. bestimmte Werte zugeordnet werden. Das erdwissenschaftliche Erbe aufzuwerten bedeutet in erster Linie, diesen Ansatz Nichtspezialisten näher zu bringen, indem ihnen erklärt wird, was den Wert dieser Gegebenheiten ausmacht. Dies kann etwa im Rahmen eines touristischen Angebots geschehen und so die regionale Entwicklung unterstützen.

Um Entstehung, Besonderheit und Wert von Geländeformen verständlich zu machen, wird eine pädagogische Kommunikationsform verwendet, die als mediale Vermittlung (franz. *médiation*) bezeichnet wird. Die Bedeutung der pädagogischen Dimension des Vermittlungsprozesses wie etwa der Einbezug des Wissens und der Erwartungen des Publikums, die Gestaltung eines positiven Lernklimas oder die Attraktivität des Inhalts wird oft vernachlässigt.

Auf konzeptueller Ebene wurde ein Modell der indirekten Interpretation erarbeitet (d. h. anhand von Medien), das bei der empirischen Entwicklung der Interpretationsprodukte und ihrer Evaluation Anwendung fand. Dieses Modell garantiert zwar nicht den Erfolg der pädagogischen Kommunikation. Es trägt aber dazu bei, einen für den Prozess günstigen Kontext zu schaffen. Des Weiteren wurden mehrere Richtlinien für die Wahl des Medientyps und dessen Ausgestaltung anhand einer Zusammenstellung von Resultaten der kognitiven Psychologie über den Gebrauch von Medien in Lernprozessen definiert.

Es wurden verschiedene qualitative und quantitative Methoden eingesetzt: Befragung mittels Fragebogen der Besucher von geomorphologischen Geotopen im Gebirge – *ex situ* und *in situ* –, Erarbeitung von interaktiven Medien, die anschliessend anhand verschiedener Zielgruppen getestet wurden (Aufnahme des Besuchsparcours, Vor- und Nachfragebögen) sowie kollektive Interviews.

Die Ergebnisse geben Aufschluss zu verschiedenen Aspekten der Fragestellung. Die Befragung des Publikums hat zum Beispiel deutlich gemacht, dass der Geotourismus unter den Besuchern von Berggebieten tatsächlich auf eine Nachfrage stösst: drei Viertel von ihnen zeigen ein Interesse für Erläuterungen zur Geologie und der Landschaftsentwicklung.

Die vorliegende Doktorarbeit hat die genannten Aspekte der Lernprozesse untersucht, wobei der Fokus auf visuellen, insbesondere interaktiven Medien lag. Die meisten gängigen visuellen Medien der Geomorphologie wurden berücksichtigt. Die Entwicklung von interaktiven Versionen dieser Medien in

Form von Web-Anwendungen hat die Möglichkeiten der neuen Technologien veranschaulicht. Die Benutzer schätzten insbesondere die Vielfalt des Inhalts, die hohe Interaktivität und die Diversität dieser Anwendungen. Solche Medien laden dazu ein, ein Naturgebiet zu besuchen und scheinen den Interessen der verschiedenen Publikumsgruppen entgegenzukommen.

Riassunto

Valorizzare il geopatrimonio attraverso la mediazione indiretta e la visualizzazione degli oggetti geomorfologici

Simon Martin, Istituto di Geografia e Sostenibilità, Università di Lausanne

Il geopatrimonio comprende gli oggetti geologici in senso lato, a cui vengono assegnati determinati valori a seconda del loro interesse scientifico, della loro unicità, delle loro caratteristiche culturali o ecologiche, ecc. Valorizzare il geopatrimonio significa soprattutto divulgare questo approccio ad un pubblico non specializzato, spiegando ciò che contribuisce a dare valore a questi oggetti. Tale valorizzazione può essere proposta, tra l'altro, come attività turistica e contribuire allo sviluppo economico regionale.

Fare comprendere l'origine, l'unicità ed il valore delle forme del rilievo necessita una comunicazione a scopo didattico che chiamiamo "mediazione". Ciò che questo processo comporta, come la considerazione delle conoscenze e delle aspettative del pubblico o l'interesse suscitato dal contenuto, sono spesso trascurate.

Dal punto di vista concettuale, è stato proposto e applicato alla realizzazione dei prodotti di mediazione e alla loro valutazione un modello di mediazione indiretta (ossia tramite i media). Tale modello non garantisce il successo della comunicazione educativa, ma contribuisce a creare un ambiente favorevole all'apprendimento. Inoltre, sulla base di una raccolta di risultati di studi di psicologia cognitiva sull'uso dei media per l'apprendimento, sono state definite numerose linee guida per la scelta del tipo di supporto e il suo formato.

Sono stati applicati i seguenti metodi qualitativi e quantitativi: questionari *ex situ* ed *in situ* destinati ai visitatori dei geomorfositi di montagna, realizzazione di media interattivi testati su vari tipi di pubblico (questionari *ex-ante* ed *ex-post*, tracciamento dell'utente) e interviste di gruppo.

I risultati ottenuti hanno permesso di far luce su vari aspetti della problematica affrontata. L'analisi delle risposte del pubblico ai questionari ha mostrato, per esempio, che il geoturismo suscita molto interesse tra i visitatori dei siti di montagna: tre quarti di loro hanno espresso interesse per le spiegazioni riguardanti la geologia, il paesaggio e la dinamica di quest'ultimo.

Questa tesi ha esplorato i temi riguardanti il processo di apprendimento, concentrandosi sui mezzi di comunicazione visivi interattivi. Sono stati analizzati i media visuali più comunemente utilizzati in geomorfologia. Lo sviluppo di versioni interattive di questi media, sotto forma di applicazioni Web, ha fornito un panorama delle possibilità offerte dalle nuove tecnologie. La ricchezza del contenuto, l'elevato grado di interattività e la varietà di queste applicazioni sono aspetti molto apprezzati dagli utenti. Tali media incoraggiano le escursioni naturalistiche e sembrano rispondere agli interessi dei vari tipi di pubblico.

Remerciements

Ma plus profonde reconnaissance et mes chaleureux remerciements vont à toutes les personnes qui ont accompagné la réalisation de cette thèse et en particulier :

à Isaline, pour tant de choses ;

à ma famille, pour le soutien précieux et constant qu'elle m'a apporté ;

à mes relecteurs, attentifs et qui n'ont pas ménagé leurs efforts : Isaline Christinat, Géraldine Regolini, Gaël Grobéty, Philippe Martin, Daniel Peppicelli, Sébastien Rieben ;

à mes traducteurs, efficaces et bienveillants : Florence Babolat, Isaline Christinat, Milena Taddei, Mariano Bonriposi, Marc Butticaz, Luzius Thomi ;

à ceux qui ont donné de leur temps et usé leurs jambes pour ou avec moi sur le terrain : Laura Bernasconi, Isaline Christinat, Florence Dondénaz, Ruth Estrada, Eliane et Philippe Martin, Marc Butticaz, Richard Huck, Ramón Pellitero Ondicol, Claude-Alain Rechsteiner ;

à mon directeur de thèse, qui a su me guider et me (re)cadrer tout en me laissant une grande liberté dans mes recherches, pour la confiance renouvelée dont il a fait preuve à mon égard ;

à mes collègues de l'institut ou d'autres lieux, soutien humain et motivation nécessaire sur un chemin solitaire, pour m'avoir fourni tant d'occasions d'élargir mes horizons géographiques et de renouveler mes idées. Mention particulière à Lenka Kozlik, Géraldine Regolini et Amandine Perret pour les précieux échanges au sein de notre « groupe de réflexion sur le géopatrimoine » ;

au personnel administratif et technique de l'institut, Marcia, Manon, Gaston, pour leur soutien administratif et technique, bien sûr, mais aussi moral durant toutes ces années ;

à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin aux phases de tests, pour le temps consacré à cette recherche comme pour les pistes de réflexion et les encouragements offerts en supplément.

Je dédie cette thèse à mes grands-parents auprès de qui j'ai appris à découvrir et aimer la nature ainsi que le plaisir de s'exprimer par des mots et des images.

1. Introduction et problématique

Le règne minéral, quoique moins connu jusqu'à présent, n'est pas moins riche que le règne végétal : ce n'est que depuis quelques années que nos naturalistes s'occupent du premier avec quelque suite, et il est à présumer que d'importantes découvertes ne tarderont pas à récompenser leur diligence à étudier cette intéressante partie des Alpes.

(Bridel, 1820, à propos du Valais)

Ce chapitre se compose de deux parties distinctes. L'introduction définit ce que recouvre le vaste champ de recherche développé autour de la notion de géopatrimoine – auquel nous nous rattachons – et quel rôle la médiation – objet central de cette thèse – peut y jouer (section 1.1, fig. 1.1). La seconde partie expose la problématique, les principaux objectifs et questions de recherche, ainsi que le plan de la thèse (section 1.2).



Fig. 1.1 : Chercher son chemin. Méandres dans le lapiaz de Tsanfleuron.

1.1. Le rôle de la médiation dans la valorisation du géopatrimoine

1.1.1. Patrimoine naturel et géomorphologie

Le patrimoine désigne d'abord, et par étymologie, « les biens que l'on a hérité de ses ascendants » (Grand Robert, 2007), de ses pères. C'est un glissement sémantique qui a étendu ce terme à l'ensemble d'une communauté et inclus l'idée de la transmission de cet héritage reçu aux générations futures. Le patrimoine devient processus de don – don reçu, préservé puis transmis (Davallon, 2006).

Les premiers objets de patrimoine sont artistiques, architecturaux ou historiques. Ils forment concrètement le legs de nos ancêtres. Le concept de patrimoine naturel est moins évident, car il pose la question de la place de l'homme par rapport à la nature, mais aussi de ce que l'on définit comme « naturel ». L'homme est producteur de patrimoine naturel, en ce qu'il l'interprète, l'étudie, le contemple, le charge de signification. Le patrimoine naturel est donc situé à l'interface entre nature et culture (J.-M. Vincent, 1995; Micoud, 2005; Portal, 2010).

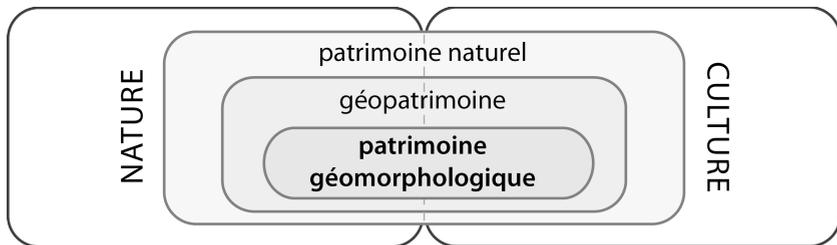


Fig. 1.2 : Le patrimoine géomorphologique, une composante du patrimoine naturel à l'interface entre nature et culture.

La convention sur la protection du patrimoine mondial (UNESCO, 1972) accueille trois catégories de sites : culturels, naturels et mixtes. La catégorie du patrimoine naturel regroupe les objets – monuments, sites, formations physiques et biologiques, zones naturelles – présentant des valeurs exceptionnelles du point de vue scientifique, esthétique (« beauté naturelle ») ou de la conservation des espèces vivantes. Deux enseignements peuvent être tirés de cette définition de l'UNESCO : (1) les objets du patrimoine naturel sont si divers qu'il n'est pas possible de les définir simplement ; (2) les valeurs qui font d'une portion de nature un patrimoine sont toutes d'ordre culturel. La possibilité d'intégrer des formes du relief au patrimoine mondial, la dimension patrimoniale des objets géomorphologiques et leur importance pour l'humanité demeurent par ailleurs sous-évaluées et méconnues (Migon, 2009a, 2009b).

Le patrimoine naturel se décline en catégories selon les différentes disciplines des sciences naturelles. En ce qui concerne les sciences de la Terre, on peut parler d'un géopatrimoine, ou patrimoine géologique *lato sensu* (fig. 1.2), qui regroupe

les patrimoines minéralogique, paléontologique, géomorphologique, etc. (Reynard, 2004a; Reynard et al., 2011).

Le patrimoine géomorphologique se compose des formes du relief et processus de surface qui méritent d'être protégés et transmis aux générations futures parce qu'ils permettent de comprendre l'histoire de la Terre (Reynard, 2009a) :

Comme un vieil arbre garde la mémoire de sa croissance et de sa vie dans son tronc, la Terre conserve la mémoire du passé... une mémoire inscrite dans les profondeurs et sur la surface, dans les roches, les fossiles et les paysages, une mémoire qui peut être lue et traduite.

(Collectif, 1994)

Comme le montre la figure 1.3, si on attribue une certaine valeur du point de vue scientifique, mais aussi culturelle, écologique ou esthétique à une portion du relief, celle-ci peut être qualifiée de géomorphosite (Panizza, 2001).

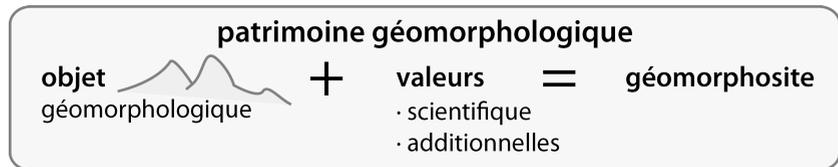


Fig. 1.3 : Composantes du patrimoine géomorphologique.

L'utilisation du concept de patrimoine géomorphologique n'est cependant pas simple si l'on quitte un instant le domaine du géomorphologue naturaliste. Il renvoie en effet à un nouveau regard porté sur les reliefs et ouvre un nouveau champ de recherche en géomorphologie (Portal, 2010). Selon Sellier (2009), le patrimoine géomorphologique relève de patrimoines autant naturel que culturel, social ou économique ; il s'applique en effet :

- à un objet d'étude scientifique (recherche en géomorphologie) ;
- à un élément du milieu naturel à préserver (conservation) ;
- à un savoir scientifique à transmettre (impliquant une pédagogie) ;
- à un cadre de vie pour les habitants d'un lieu (référence identitaire) ;
- à un objet de visite pour des touristes, donc ressource économique.

Cette diversité des champs d'application du concept renvoie à celle des usages du patrimoine géomorphologique. Il est possible en effet de considérer le patrimoine naturel comme une ressource au sens large (Hobléa et al., 2011; Reynard et al., 2011) au centre d'un système dynamique d'usages, d'acteurs et de modes de gestion en recherche constante d'équilibre (fig. 1.4).

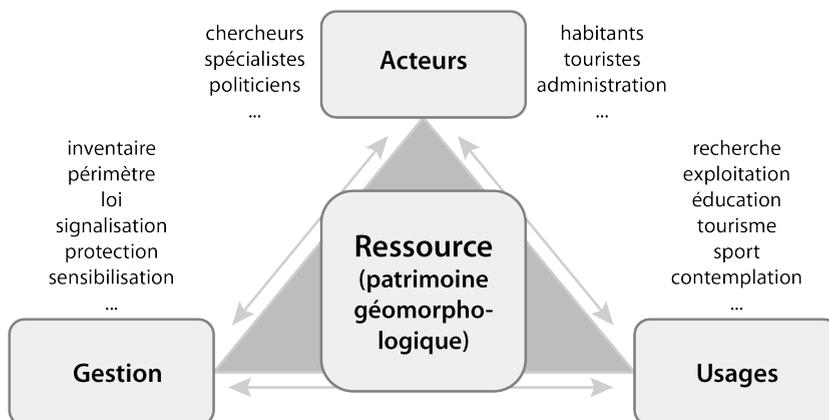


Fig. 1.4 : Acteurs, usages et instruments de gestion de la ressource patrimoniale géomorphologique.

On quitte ainsi la logique de la seule conservation, souvent à l'origine de la patrimonialisation (voir par exemple les constats et considérants de la convention de l'UNESCO de 1972) pour s'intégrer dans un contexte plus vaste.

1.1.2. Processus de patrimonialisation et éducation

On l'a vu, le patrimoine n'existe pas en tant que tel : il est une construction culturelle née d'un regard porté sur quelques objets. Mais un objet ne devient pas non plus patrimonial parce que quelqu'un y appose cette étiquette. La patrimonialisation est un processus qui suppose l'intervention de nombreux acteurs. Di Méo (2008) le détaille en cinq étapes : (1) la prise de conscience ; (2) les jeux d'acteurs : décision de patrimonialiser ; (3) l'inventaire et la sélection des objets ; (4) la protection et (5) l'exposition et la valorisation des objets patrimoniaux (fig. 1.5). Ainsi découpée, la patrimonialisation peut paraître très linéaire. En réalité, certaines étapes peuvent être interverties ou omises. De plus, le développement d'une vision patrimoniale n'est pas simultané pour tous les groupes d'acteurs concernés (population, administration, scientifiques, etc.).

Dans la première partie de sa thèse, Claire Portal (2010) retrace le long chemin qui a mené de la reconnaissance par les scientifiques de quelques objets (monuments naturels) à la patrimonialisation du territoire national ou de l'environnement en tant que bien commun à tous les habitants, voire à l'humanité entière.

Quels objectifs se cachent derrière cette volonté de patrimonialisation ? On remarque que ce processus naît souvent d'un constat de menace ou de crise identitaire, écologique, etc. Patrimonialiser, c'est former un rempart face au changement, à la destruction, à la disparition (Di Méo, 1995; Micoud, 2004). Considérer les formes du relief comme patrimoine est donc d'abord un moyen de les protéger. Le géomorphologue conserve ainsi ses objets de recherche, tandis que l'habitant ne verra pas « son » paysage bouleversé. Mais l'objet

patrimonial peut aussi être valorisé et devenir ainsi ressource touristique, culturelle, ou éducative.

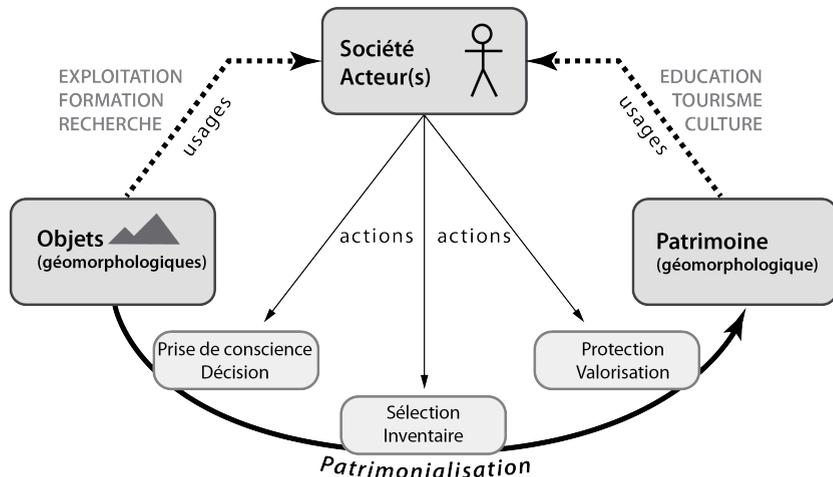


Fig. 1.5 : Processus de patrimonialisation selon Di Méo (2008) et relations avec les acteurs du patrimoine.

Les spécialistes, par expérience déjà conscients de la valeur de leurs objets d'étude, sont tentés de penser que cette valeur « va de soi » pour tout un chacun. En réalité, des processus d'apprentissage sont actifs tout au long du processus de patrimonialisation. Pour susciter auprès des différentes catégories d'acteurs la **prise de conscience** de la valeur d'héritage de certains sites il est nécessaire qu'ils comprennent – c'est-à-dire qu'on leur fasse comprendre par une forme d'apprentissage – ce qui fait cette valeur. De là pourra découler l'envie de protéger ou de valoriser car la **protection** d'un site passe souvent par l'éducation et la sensibilisation du public (Dowling & Newsome, 2006). Enfin, la **valorisation** d'un site patrimonial consiste essentiellement dans la publication, sous diverses formes, de ce que ce site peut nous enseigner : ses particularités, sa valeur scientifique ou culturelle.

A toutes ces étapes peut intervenir la **médiation**, terme qui désigne « l'ensemble des processus par lesquels une personne s'intercale entre le sujet apprenant et les savoirs à acquérir pour en faciliter l'apprentissage. » (Barbot & Lancien, 2003). La médiation se réalise soit directement, en présence du médiateur, soit indirectement, par l'intermédiaire de médias (texte, image, son) conçus pas le médiateur. Dans les deux cas, elle est réalisée par une personne ou un groupe de personnes :

Le médiateur est celui qui s'interpose entre deux catégories d'acteurs, soit pour remédier au décalage entre la culture savante du spécialiste et celle, lacunaire, du novice, soit entre l'œuvre ou le monument dont la complexité ou l'opacité rendent la perception esthétique laborieuse ou même impossible.

(Jacobi, 1999)

De nombreux contextes et supports de médiation existent dans notre société : dans le domaine de la formation, de l'école obligatoire aux études supérieures et aux formations continues, mais également dans les musées, les médias (journaux, radio, télévision) et les milieux touristiques. Parmi ces cadres variés pour l'éducation non formelle (Jacobi, Schiele & Cyr, 1990), nous avons choisi de focaliser cette recherche sur le géotourisme, une activité de loisir tenant à la fois du tourisme culturel et naturel (Pralong, 2006a; Cayla, 2009).

1.2. Thèse centrale et cadre du travail

1.2.1. Problématique générale

Bien qu'en constant développement, l'offre géotouristique est actuellement bien présente, notamment dans les Alpes, où l'on trouve déjà une abondance de musées, sentiers ou panneaux à thème (Cayla, 2009). Nous considérons cependant que la plupart de ces produits sont mal adaptés pour valoriser le patrimoine géomorphologique en amenant à la compréhension des particularités d'un site.

En premier lieu, les implications liées à la dimension éducative de tels produits sont souvent négligées. Pourtant, l'intérêt du géotourisme, au delà de la simple expérience culturelle, réside dans son potentiel à promouvoir la dimension patrimoniale du relief au sein de la société en favorisant une meilleure connaissance de l'environnement naturel abiotique. Les brochures et panneaux sont dits « didactiques », mais leur contenu relève avant tout du monologue savant. Pour la majorité, ils délivrent une grande quantité d'informations, sous forme d'un discours scientifique simplifié, sans souci de dégager un message central ou de s'adapter au lecteur. Explication et sensibilisation devraient prendre le pas sur la simple description.

Par ailleurs, le texte occupe partout une place prépondérante. Les images sont utilisées majoritairement comme illustrations (photographies), rarement comme support d'explication et ce, même sur les nouveaux supports multimédia. Le potentiel des médias visuels, en terme de communication et de motivation, est, à notre avis, sous-exploité dans le domaine du géotourisme.

Par cette thèse, nous nous proposons donc d'explorer divers moyens de renforcer l'efficacité des produits touristiques, à la fois en termes d'attractivité que de transmission de connaissances, en faisant appel, d'une part, aux ressources théoriques des sciences de l'éducation et, d'autre part, aux possibilités offertes par les nouvelles technologies, comme l'interactivité, l'animation et le multimédia, pour étendre les fonctions des médias visuels.

Nous nous interrogeons sur les **usages, les apports et l'intégration des supports visuels, en particulier interactifs, dans la médiation informelle de la géomorphologie et du géopatrimoine**. Nous estimons en effet que la majorité de l'offre actuelle en géotourisme ne rend que peu justice à deux grands atouts de la géomorphologie : elle est science du visible et bénéficie

d'une longue expérience dans l'usage de supports visuels, de la carte au bloc-diagramme, pour la recherche comme pour l'enseignement.

Celles que l'on nomme les « nouvelles » technologies de l'information ont un certain potentiel pour dépasser les nombreux obstacles sur le chemin d'une médiation réussie du patrimoine géomorphologique : un public hétérogène, aux intérêts divers, et non captif, qu'il s'agit d'attirer et de satisfaire ; des objets nouveaux et des messages souvent méconnus, qu'il s'agit de faire comprendre ; un savoir fondé sur l'expérience et l'observation, qu'il s'agit de partager par l'action.

Même si nous nous focalisons sur la question des supports visuels de la médiation, cette dernière est considérée dans son ensemble. La mise en place d'outils de médiation ne peut être en effet que subordonnée à la préexistence d'un contenu scientifique crédible et à une démarche didactique adaptée au public (Sellier, 2009).

1.2.2. Délimitation du champ d'étude

Nous avons choisi de développer cette recherche dans le cadre restreint d'un **géotourisme** intimement lié à un site défini, laissant de côté la médiation *ex situ*, en cadre scolaire ou muséal, ainsi que l'enseignement de la géomorphologie en temps que discipline scientifique. La restriction au cadre du géotourisme ne limite cependant ni la diversité des objectifs, ni celle des publics : la pratique du géotourisme concerne en effet autant les habitants de la région que les visiteurs lointains, et les amateurs éclairés comme les parfaits néophytes ou des élèves en excursion.

Par ailleurs, notre recherche se focalise sur la communication médiatisée et les supports visuels. Même si un guide a parfois recours à des supports pour illustrer son discours, nous traitons donc avant tout de **médiation indirecte** qui repose sur l'usage d'un média (texte, image, son, film etc.), par opposition à la médiation directe, réalisée par l'intermédiaire d'un médiateur humain.

1.3. Objectifs, questions et méthodes de recherche

Cette recherche poursuit quatre objectifs principaux, eux-mêmes déclinés en une série de questions de recherche.

1.3.1. Les théories soutenant la médiation

Le premier objectif est de composer le cadre pratique et théorique de la médiation et définir les objectifs de celle-ci.

Formaliser le processus

La médiation n'a pas seulement pour objectif de transmettre de l'information, elle veut aussi faire évoluer les conceptions et acquérir des connaissances. Elle est donc par essence un processus de communication éducative. Comprendre et

modéliser ce processus implique de s'intéresser à la fois aux sciences de la communication et à celles de l'apprentissage afin de trouver des éléments de réponse au questionnement suivant :

1.1 Quels modèles communicationnels et didactiques permettent de formaliser le processus de médiation et d'étayer les choix de forme et de contenu ?

Expériences de médiation appliquée

La médiation est le quotidien de nombreux professionnels du tourisme et de la culture (guides, concepteurs de panneaux d'expositions, etc.). Ces pratiques sont soutenues par une abondante littérature de « bonnes pratiques » et de principes généraux basés avant tout sur l'expérience. Nous tentons de répondre à la question suivante à la lumière des pratiques de l'interprétation des sites naturels, mais aussi de la pédagogie :

1.2 Comment proposer un contexte propice à l'apprentissage dans le cadre spécifique du géotourisme ?

1.3.2. Les objets de la médiation

Le deuxième objectif consiste à identifier les contenus pertinents d'une médiation de la géomorphologie (objets et concepts) et du géopatrimoine (valeurs patrimoniales attribuées aux géomorphosites).

Objets et méthodes de la géomorphologie

La médiation scientifique est réalisée entre un corps de savoirs et de méthodes (une discipline scientifique) et un public. Il s'agit avant tout d'une communication éducative centrée sur le destinataire. Cependant, d'un point de vue objectiviste, un contenu scientifique solide reste essentiel. La géomorphologie, bien qu'elle soit une science surtout empirique (Panizza, 1996), fait usage de nombreux concepts explicatifs, d'un vocabulaire précis et détaillé et de méthodes d'exploration et d'analyse éprouvées.

De ce constat découlent plusieurs questions. La première trouve sa réponse dans une analyse historique et épistémologique de la géomorphologie :

2.1 Quels sont les objets d'étude, les concepts explicatifs et les approches de la géomorphologie ?

Les objets d'étude de la géomorphologie ont une grande étendue et variété, tant du point de vue spatial que temporel. Ceci implique le recours à une diversité d'approches qui contribuent chacune à la compréhension globale d'un site. Les approches du relief suivies par le géomorphologue pourraient, selon nous, soutenir également le processus de compréhension de ce même relief par les non-spécialistes.

Les concepts centraux et les approches identifiés dans la partie théorique guideront, dans l'analyse de nos terrains d'étude, la sélection des objets sur la base desquels seront réalisés les produits de médiation.

Géomorphosites

La notion de géomorphosite permet, en quelque sorte, de détailler en unités (formes simples ou objets géomorphologiques plus complexes) le géopatrimoine, terme générique qui s'applique, comme on l'a vu, à l'ensemble des objets géomorphologiques (et géologiques *lato sensu*) touchés par la patrimonialisation. Les valeurs attribuées à un site pour en faire un objet de patrimoine sont multiples et à présent bien documentées, quoique toujours en discussion (Reynard, 2009a). En ce qui concerne notre problématique, la question est :

2.2 Quel rôle jouent les valeurs d'un géomorphosite dans sa médiation auprès des non-spécialistes et quels messages peuvent soutenir le processus de patrimonialisation ?

Les objets sélectionnés sur nos terrains d'étude devront pouvoir être reliés à l'un ou l'autre de ces messages à dimension patrimoniale : valeur de témoin d'une forme, intérêt d'un processus actif pour la compréhension de l'évolution du relief, etc. En intégrant à son message une sensibilisation à la valeur patrimoniale des objets présentés, la médiation dépasse la seule explication vulgarisée des formes et processus. On peut alors réellement parler de médiation du géopatrimoine.

1.3.3. Les publics de la médiation

Le troisième objectif est de connaître les caractéristiques des publics potentiels de la médiation, dans le cadre du géotourisme : leurs attentes, intérêts et connaissances, leurs usages des médias d'interprétation et d'Internet.

Diversité du public : typologies et enquêtes de terrain

Le public du géotourisme constitue un groupe hétérogène. La connaissance de ses caractéristiques permet d'adapter les objectifs et la forme de la médiation. La question suivante sert donc à définir le contexte dans lequel s'inscrit la médiation de la géomorphologie et du géopatrimoine :

3.1 Quels sont les types de public du géotourisme, en général et sur nos sites d'étude ?

Outre l'analyse de la littérature, cette question est explorée au moyen de plusieurs enquêtes par questionnaire et d'observations sur le terrain.

Connaissances de la géomorphologie

Les caractéristiques socio-économiques et la pratique touristique ne sont pas suffisantes pour cibler la médiation. Il faut également que les objectifs éducatifs

de celle-ci répondent à un besoin et à un intérêt. Ces paramètres, actuellement encore très mal connus, font également l'objet de nos recherches :

3.2 Quel est l'intérêt du public pour l'explication géomorphologique et quels sont ses conceptions sur quelques processus géomorphologiques courants dans les sites d'étude ?

Nous tentons de répondre à ce double questionnement par (1) l'analyse de productions écrites donnant un aperçu des conceptions de leur auteur sur un choix de processus géomorphologiques ; (2) l'enquête par questionnaire.

1.3.4. Les supports visuels de la médiation

Le quatrième objectif consiste (1) à définir les fonctions de divers médias visuels, aussi dans leur version interactive, et leurs apports au processus d'apprentissage et de médiation ; (2) à évaluer concrètement les potentialités de ces médias et leur appréciation par divers publics.

Fonctions des médias

Chaque type de média est plus ou moins adapté à un type de message ou de contenu et exercera diverses fonctions : motiver le destinataire, l'aider à contextualiser l'information, à se créer une image mentale claire du phénomène, etc. : autant de champs explorés par la psychologie cognitive des médias et la didactique. La première étape est donc de définir quel média est adapté à chaque contexte et objectif de médiation :

4.1 Comment choisir et adapter un média selon le message et le public visé afin qu'il soutienne positivement le processus de communication éducative ?

Médias visuels pour la médiation de la géomorphologie

La géomorphologie se base depuis l'origine sur de nombreux outils visuels, tant dans un but d'exploration que de publication. Parmi les principaux (Portal, 2010), nous retenons la carte, la photographie, le bloc-diagramme et le schéma. L'usage de ces différents médias comme support de la médiation de la géomorphologie n'a pas encore été étudié systématiquement. De plus, les nouvelles technologies étendent les fonctions et les possibilités de visualisation des médias « classiques », en particulier par l'interactivité et l'animation. Notre dernière – et principale – question de recherche est donc la suivante :

4.2 Quelles sont les possibilités des médias visuels (en intégrant les nouvelles technologies) pour soutenir divers processus de médiation, en fonction des caractéristiques des objets géomorphologiques, du message et du public, et quelle appréciation en font les utilisateurs ?

Pour répondre à cette question complexe, un panel de médias visuels, principalement interactifs, sera réalisé. Ces médias seront ensuite testés auprès de différents publics. L'impact réel sur l'acquisition de connaissances est difficile

à quantifier. Cette question sera traitée de façon qualitative uniquement, à l'aide d'entretiens collectifs et de questionnaires. Les tests auprès des utilisateurs porteront principalement sur la satisfaction et l'intérêt trouvé dans les médias proposés et leur contenu.

1.4. Plan de recherche

La première étape de notre recherche (chap. 2) consiste à définir le concept de médiation et à proposer un modèle applicable tant dans l'analyse du processus que dans la réalisation de produits de médiation. Comme ce modèle structure à la fois nos objectifs de recherche et le plan de la thèse, nous le présentons déjà rapidement ici. L'**approche globale de la médiation** (fig. 1.6) que nous proposons tient compte de quatre axes principaux : (1) le site et les objets qui sont la source de la médiation avec (2) le contenu et le message qui en émanent, puis (3) le support, ou média, utilisé pour la communication du contenu et enfin (4) le public, destinataire et partenaire de la médiation, qui est amené – là est l'objectif – à changer le regard qu'il porte sur le site ou les formes du relief.

Notre approche globale de la médiation se traduit, dans la partie théorique de cette thèse, par l'exploration parallèle de quatre objectifs de recherche complémentaires, chacun couvrant un axe de la médiation (fig. 1.6) :

- **Comment ?** Composer le cadre pratique (géotourisme, interprétation) et théorique (sciences de la communication et de l'éducation) de la médiation et définir les objectifs de celle-ci : chapitre 2.
- **Quoi ?** Identifier les contenus pertinents d'une médiation de la géomorphologie, par l'étude des objets et concepts de cette discipline, et du géopatrimoine, en s'intéressant aux valeurs patrimoniales attribuées aux géomorphosites : chapitre 3.
- **A qui ?** Connaître les caractéristiques des publics potentiels de la médiation, dans le cadre du géotourisme : leurs attentes, intérêts et connaissances, leurs usages des médias d'interprétation et d'Internet : chapitre 4.
- **Par quels moyens ?** Définir les fonctions de divers médias visuels, aussi dans leur version interactive, et leurs apports potentiels pour le processus d'apprentissage et de médiation : chapitre 5.

La partie suivante, empirique, est composée de deux chapitres. Elle représente en quelque sorte une application à des terrains d'étude de notre approche globale de la médiation :

- L'analyse du **contexte** : géomorphologie des sites, publics, produits de médiation existants : chapitre 6.

- La réalisation d'un **produit** de médiation composé de plusieurs médias visuels interactifs, en adéquation avec le contexte préétabli, puis le test de ce produit auprès de différents publics : chapitre 7.

La thèse se conclut par une discussion synthétique des principaux résultats (chapitre 8) et quelques perspectives (chapitre 9).

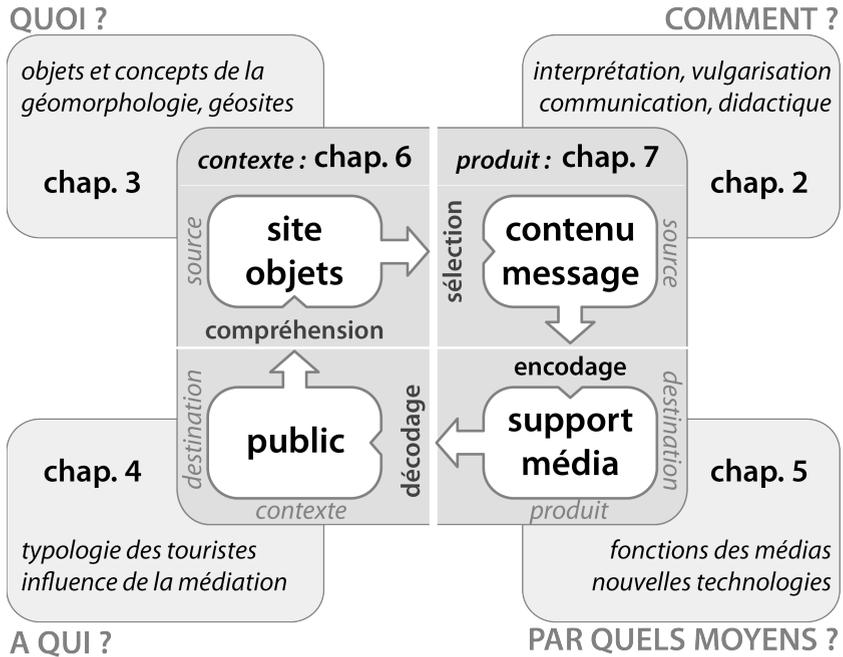


Fig. 1.6 : Plan de recherche construit autour des quatre axes de la médiation et chapitres correspondants.

2. Cadre théorique de la médiation

L'observateur se recueillant après cette contemplation s'efforce de comprendre, à l'aide de ces monuments qui marquent l'ère de la création, quelle puissance les a fait sortir des profondeurs de la terre pour les élever à la lumière. [...] Alors ces masses inertes s'animeront pour lui et lui révéleront un vaste champ d'idées nouvelles...

(Berlepsch, 1868)

Dans ce chapitre, nous tentons de définir en quoi consiste le processus de médiation. Nous nous intéressons d'abord à la pratique de la médiation, en particulier dans le contexte du géotourisme (section 2.1). Nous explorons ensuite ses dimensions communicationnelles (section 2.2) et éducative (section 2.3) avant de synthétiser l'ensemble en proposant une formalisation de la médiation en quatre axes (section 2.4).

En bref, ce chapitre traite de l'axe « Contenu et message » de la médiation, ou comment réaliser une médiation effective (fig. 2.1).

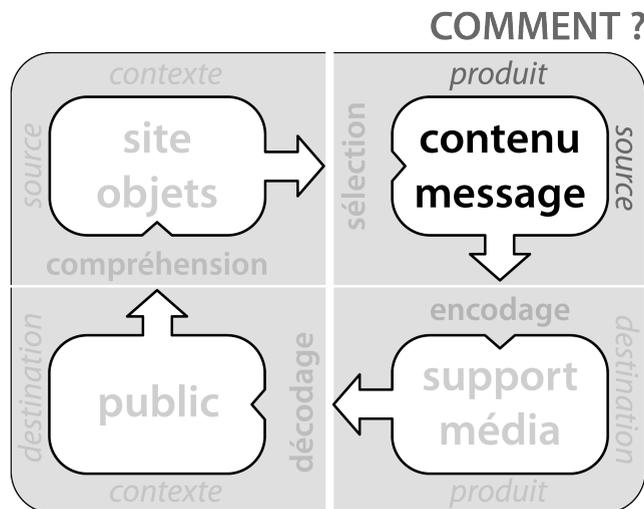


Fig. 2.1 : Axe de la médiation traité par le chapitre 2.

2.1. La médiation en pratique

2.1.1. Le géotourisme

Diversité des définitions et des objectifs

Comme l'expriment Dowling et Newsome (2006) au début de leur ouvrage sur le sujet, le géotourisme est une pratique touristique s'appuyant sur les ressources géomorphologiques et géologiques.

*... in our definition of geotourism the **geo** part pertains to geology and geomorphology and the natural resources of landscape, landforms, fossil beds, rocks and minerals, with an emphasis on appreciating the processes that are creating and created such features.*

*At the same time the **tourism** component of geotourism involves visitation to geosites for the purposes of passive recreation, engaging a sense of wonder, appreciation and learning.*

(Newsome & Dowling, 2006 – nous soulignons)

Tandis que ces auteurs voient le géotourisme comme une activité liée aux seules géosciences, Megerle (2008) propose une définition plus ouverte, incluant toutes les interrelations entre la végétation, la faune et l'homme :

*Geotourismus ist eine Sparte des Thementourismus, der auf einer Erfassung, Aufarbeitung, Inwertsetzung und Vermarktung des breiten Themenspektrums der Erd- und Landschaftsgeschichte inklusive ihrer Wechselwirkungen zu Vegetation, Fauna, Kulturlandschaftsgeschichte und zur heutigen Landschaftsnutzung durch den Menschen basiert. Mittels methodisch-didaktischer Formen der informellen Umweltbildung erfolgt eine ganzheitliche Vermittlung der regionalen Besonderheiten und Charakteristika, um hierdurch ein **Bewusstsein und Verständnis für die Schutzwürdigkeit** sowie ein **Regionalbewusstsein** zu schaffen. Ein qualitativ hochwertiger Geotourismus kann und sollte somit einen relevanten Beitrag zu einer **nachhaltigen Regionalentwicklung** leisten.*

(Megerle, 2008 – nous soulignons)

Cette approche du géotourisme vise deux objectifs principaux : amener à la prise de conscience et à la compréhension que certains objets sont dignes de protection et cultiver le sentiment d'identité régionale. La réalisation de ces objectifs contribuerait à un développement durable de la région.

Dans un esprit similaire, Hose (2003) place sur le même plan la conservation des sites et leur valorisation, tant culturelle qu'économique, et met en avant l'usage aussi bien éducatif que récréatif des sites dans sa définition du géotourisme :

*The provision of interpretative facilities and services to **promote the value and societal benefit** of geological and geomorphological sites and their materials, and to ensure their **conservation**, for the use of students, tourists and other casual recreationalists.*

(Hose, 2003 – nous soulignons)

De ces deux dernières définitions, il ressort que les objectifs du géotourisme correspondent à ceux de la patrimonialisation des objets géomorphologiques (chap. 1), même si, dans la pratique, la valorisation de sites se développe aussi hors de toute référence au concept de géopatrimoine (Sellier, 2009). Il a été proposé de choisir le développement du géotourisme comme « indicateur du degré d'appropriation des géopatrimoines par la société civile » (Cayla, 2009). Sans aller aussi loin, on peut affirmer que le géotourisme entretient effectivement une relation à double sens avec le géopatrimoine : d'une part, ce dernier nourrit l'offre touristique par sa valeur particulière exposée au public ; d'autre part, le géotourisme induit ou renforce au sein de la société un regard patrimonial sur le relief et élargit par conséquent le champ des acteurs concernés par la patrimonialisation de ces objets. Cette synergie entre pratique touristique et patrimoine a été clairement mise en avant par Lazzarotti (2003).

Diversité des pratiques

Les auteurs cités (Hose, 2003; Megerle, 2008) font référence aux supports nécessaires à la valorisation touristique des sites : « équipements et services d'interprétation des sites » et « outils méthodologiques et didactiques d'éducation informelle à l'environnement ». Les produits géotouristiques, compris comme « les diverses offres de médiation des sciences de la Terre dans un site particulier » (S. Martin et al., 2010) sont extrêmement divers : sentier à thème, panneau, brochure, carte, support multimédia fixe ou mobile, visite guidée, etc. Dans certaines structures de grande taille, telles que les géoparcs, on trouve une combinaison de plusieurs types de produits, accompagnés souvent de centres d'accueil des visiteurs et d'offres combinées (musées, ateliers, jeux, etc.).

Comme pour le support, le géotourisme n'est pas prisonnier d'un seul contexte. Il peut tout autant se superposer à une offre existante (utilisation de la Via Alpina pour réaliser la Via GeoAlpina : Cayla & Hobléa, 2011), compléter l'offre touristique d'été et d'entre-saisons dans les stations de montagne ou de plaine – *Gletschergarten* de Zermatt (VS, CH) ou de Lucerne (LU, CH) – ou représenter l'offre principale d'une région – les trois géoparcs *Nationaler Geopark Vulkanland Eifel* dans l'arrondissement de Vulkaneifel en Rhénanie-Palatinat (Frey et al., 2006). De nombreuses excursions guidées se déroulent également hors des structures institutionnelles.

Entre un simple panneau explicatif devant un « monument naturel » et un géoparc devenu produit touristique phare pour une région entière, les intérêts et retombées socio-économiques sont incomparables et le discours s'appliquant à un contexte est parfois difficile à transposer à l'autre. Tous les projets partagent cependant cette intention première :

The main tasks of geotourism are the transfer and communication of geoscientific knowledge and ideas to the general public.

(Dowling & Newsome, 2006)

Dans la pratique, le but principal du géotourisme est bien plus souvent économique : nouvelle offre d'entre-saison ou moyen d'attirer des touristes dans une région habituellement délaissée. Pourtant, l'envie de communiquer auprès de non-spécialistes demeure fondamentale. Indépendamment du support ou du contexte, nous exprimons cette intention générale par le terme de médiation. Le géotourisme valorise, explique et met en scène des objets naturels. En cela, comme l'a montré Pralong (2006b), il relève à la fois du tourisme de nature et du tourisme culturel.

2.1.2. L'interprétation : une approche empirique

L'interprétation trouve son origine dans les parcs naturels et sites historiques américains. Tilden (1957) est parmi les premiers à théoriser un peu ce concept ; il le présente ainsi :

You wish to know. You wish to understand. You desire to take home with you something more than the picture in the mind's eye, unforgettable as that may be. Where can you ask the question you would like to ask; where can you learn things you want know – not later, but now – in the full freshness of the adventure?

To serve you, in this most vital and enduring part of your park experience, is the service we call interpretation.

L'interprétation a connu un essor rapide dans les parcs américains, bien qu'elle ne fasse pas explicitement partie des missions de base confiées au *National Park Service* (NPS) par l'*Organic Act* fondateur (1916). Dès la fin des années 1930, l'appellation d'*interpreter* remplace fréquemment celle de guide (Beck & Cable, 1995). L'interprétation désigne avant tout une pratique professionnelle et même, pour certains, une simple activité, comme ont pu le déplorer ceux qui voulaient en théoriser la pratique (Tilden & Craig, 1977). Plusieurs décennies d'interprétation appliquée sur le terrain ne peuvent être ignorées. Qu'apporte cette expérience à la compréhension du processus de médiation et à sa formalisation ?

Buts et principes

Le but premier - presque étymologique - de l'interprétation est de révéler une vérité de plus large portée que les faits derrière lesquels elle est cachée (Tilden, 1957). Il s'agit de créer ou de renforcer le lien entre le public et le site visité pour augmenter l'attrait, l'intérêt et le plaisir de la visite.

Interpretation is a mission-based communication process that forges emotional and intellectual connections between the interests of the audience and the meanings inherent in the resource.

(NAI, 2011)

D'autres objectifs de plus haut niveau sont aussi mentionnés : susciter le respect de la nature et le désir de la protéger ; faire bénéficier de l'inspiration et du réconfort qu'apporte la contemplation de la nature ; par la compréhension et l'appréciation d'un patrimoine commun, renforcer l'identification à un pays et à la société qui l'habite (Tilden & Craig, 1977; Ham, 1992; Beck & Cable, 2002).

Enos Mills, guide dans les Rocheuses, publie en 1920 quelques règles pour une bonne pratique de l'interprétation (Mills, 1920). Dans les années 1950, le journaliste et écrivain Freeman Tilden tente de combler ce qu'il désigne comme le manque d'une « philosophie de base » de l'interprétation. Son ouvrage *Interpreting our heritage* (Tilden, 1957), considéré comme la « bible de l'interprétation », sous-tend la quasi totalité des écrits ultérieurs sur le sujet aux Etats-Unis.

Tilden (1957)	Ham (1992)	Moscardo (1999)
Any interpretation that does not somehow relate what is being displayed or being described to something within the personality or experience of the visitor will be sterile.	Interpretation is entertaining	Make personal connections to visitors and get them involved.
Information, as such, is not interpretation. Interpretation is revelation based upon information. But they are entirely different things. However, all interpretation includes information.	Interpretation is relevant.	Create clear content and tell a good story that makes sense.
Interpretation is an art that combines many arts whether the materials presented are scientific, historical or architectural. Any art is in some degree teachable.	Interpretation is organized.	Provide variety and encourage participation.
The chief aim of interpretation is not instruction, but provocation.	Interpretation is thematic.	Know and respect audiences.
Interpretation should aim to present a whole rather than a part and must address itself to the whole man rather than any phase.		Allow for alternative audiences.
Interpretation addressed to children should not be a dilution of the presentation to adults, but should follow a fundamentally different approach. To be at its best it will require a separate program.		

Tabl. 2.1 : Trois listes de principes d'interprétation ; tiré de Moscardo et al. (2007).

Le cœur de l'œuvre de Tilden (1977), comme chez ses successeurs (Ham, 1992; Widner Ward & Wilkinson, 2006; Moscardo et al., 2007), consiste en une série

de principes guidant la pratique de l'*interpreter* : sa manière d'être, de parler, la façon de planifier une expérience d'interprétation, la conception de médias visuels, etc. Ces ouvrages s'adressent principalement à des professionnels. Le tableau 2.1 présente trois séries de principes d'interprétation. Beck et Cable (2002) ont proposé récemment de moderniser les principes fondateurs de Tilden par quinze principes. Nous reprendrons certains d'entre eux dans la partie empirique de cette thèse.

Les règles détaillées et conseils pratiques sont le plus souvent basés sur l'expérience personnelle des auteurs, l'observation de pratiques et diverses études empiriques auprès du public de musées, de parcs naturels ou de visites guidées. Quelques articles tentent toutefois d'initier une réflexion plus fondamentale sur l'interprétation, en s'intéressant aux processus mentaux mobilisés (Hammit, 1984) ou à son influence réelle sur le comportement du public (Ham, 2007). Nous y reviendrons dans le chapitre 4.

2.1.3. Constat d'un manque

Nous avons pu définir les objectifs poursuivis par la pratique de la médiation dans le cadre du géotourisme. Derrière plusieurs d'entre eux transparait la dimension éducative de cette activité : prise de conscience, transmission d'idées et de connaissances, compréhension de la vulnérabilité des sites (Dowling & Newsome, 2006; Frey et al., 2006; Megerle, 2008). La mise en œuvre de ces idées est soutenue par de nombreux principes pratiques, inspirés de l'expérience (Tilden, 1957; Ham, 1992; Moscardo, 1999; Beck & Cable, 2002).

Cependant, la pratique de la médiation peine à s'inscrire dans un cadre de référence, d'où une relative absence de base théorique à ces principes. Ce manque empêche de valider et sélectionner certaines pistes ou outils ; il provoque également un certain flou autour de la pratique et de la définition même de l'interprétation, d'ailleurs régulièrement déploré par les spécialistes (Tilden & Craig, 1977). A la recherche de modèles pour définir ce cadre de référence théorique, un détour par les sciences de la communication et de l'éducation s'impose.

2.2. La médiation, une forme de communication éducative

2.2.1. Des schémas de communication...

Communiquer, c'est « établir une relation avec quelqu'un ou quelque chose » (Grand Robert, 2007). Terme général et très usité, la communication comporte en réalité « des aspects antagonistes et contradictoires » (Meunier & Peraya, 2004). Plusieurs modèles se sont succédés et coexistent partiellement ; comme chacun relève d'une sensibilité différente, la synthèse est ardue. Cependant, puisque la médiation est en premier lieu un acte de communication, déterminer les modèles pertinents – et ceux qui le sont moins – est une étape primordiale dans la constitution du cadre de référence de la médiation.

Le théorème de Shannon (1948), qui permet d'estimer la quantité d'information pouvant transiter dans un canal d'information en tenant compte du bruit et des interférences, est un jalon important pour les théories mathématiques de l'information, mais aussi pour les sciences de la communication (fig. 2.2). La vulgarisation – médiation ? – de ce théorème a donné naissance au modèle de Shannon et Weaver (1949) qui a connu une longue et fructueuse carrière, en particulier dans les sciences sociales.

Ce modèle, conçu pour répondre aux besoins des ingénieurs de la radio et du téléphone, ne peut pas être transposé directement dans d'autres contextes. Deux problèmes fondamentaux sont à relever : les acteurs réels de la communication (les interlocuteurs) sont exclus du modèle et ce dernier ne tient pas compte non plus du contenu des messages, de leur sens ou de leur signification (Meunier & Peraya, 2004). Le modèle de Shannon et Weaver offre une première structure conceptuelle pour la médiation, mais sans acteurs ni contenu défini.

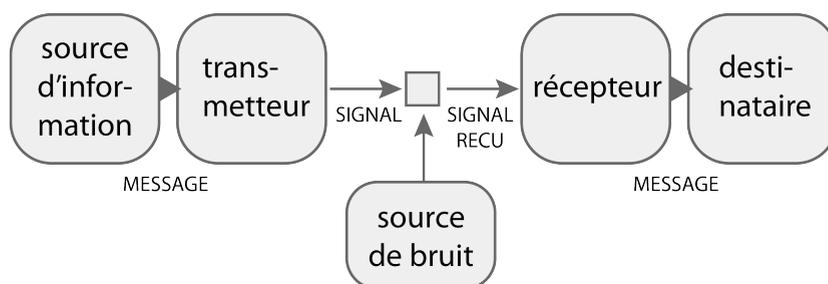


Fig. 2.2 : Schéma général d'un système de communication (Shannon, 1948).

Pour dépasser ces manques, d'autres modèles ont été proposés pour cerner la communication humaine. Celui de Schramm (1970) est un exemple précurseur. L'auteur introduit le fait que deux individus (ou deux groupes) communiquant doivent partager un minimum d'expériences communes pour pouvoir se comprendre. La communication n'a lieu que dans un espace de références partagées. Autre modification importante : le processus n'est plus linéaire. Chacun, au bout de la chaîne, est à la fois codeur et décodeur de messages ; chaque message reçu provoque en retour une modification de la réponse (*feedback*). Le modèle de Schramm intègre donc une nouvelle composante au cadre de référence de la médiation : le public.

Cette approche est complétée et approfondie par l'analyse linguistique de la langue (Saussure, 1916) ou des fonctions du langage (Jakobson, 1963) et par la sémiologie (Barthes, 1964), domaines que nous ne ferons qu'effleurer.

Peut-on dériver de ces modèles généraux un modèle spécialisé, adapté à la description du processus de médiation ? Un modèle de communication éducative (ou pédagogique) peut jouer ce rôle. En effet, comme nous l'avons montré, la médiation dans un but de valorisation du patrimoine est un processus d'apprentissage puisqu'elle tend à faire évoluer les perceptions et la compréhension du public sur certains objets.

« Considérer les processus d'enseignement et d'apprentissage [...] comme des actes de communication peut paraître évident et relever du strict bon sens. » (Meunier & Peraya, 2004), mais l'influence omniprésente du modèle de Shannon peut conduire à des simplifications incorrectes du processus de communication éducative « en réduisant le savoir à de l'information » et « en assimilant la communication pédagogique à une communication unidirectionnelle, de l'émetteur vers le récepteur » (Jacquinot-Delaunay, 2001). Enseigner (au sens large) ne peut se réduire à faire passer un message.

Le modèle de communication éducative proposé par Peraya (1992) prend en compte et détaille les caractéristiques personnelles, psychologiques et socio-culturelles de l'émetteur et du récepteur (fig. 2.3). A l'arrivée, le message est toujours décodé et interprété par le destinataire en fonction de ses capacités, de sa connaissance des normes établies et des codes, de son désir de le recevoir, selon une vision constructiviste de l'apprentissage.

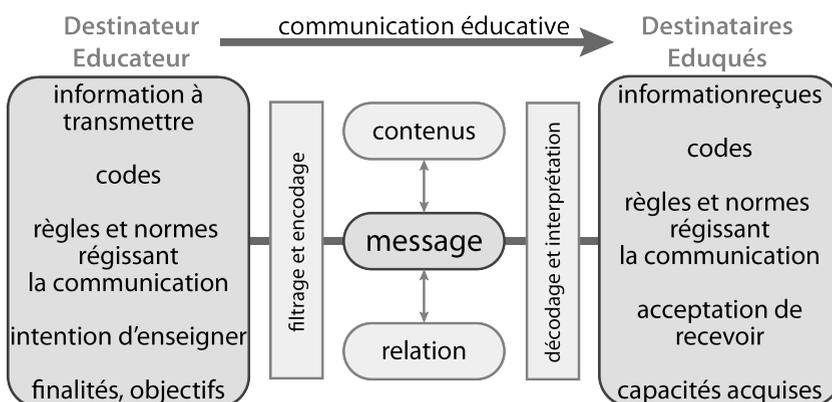


Fig. 2.3 : Modèle de la communication éducative d'après Peraya (1992).

Le modèle de communication éducative selon Peraya est particulièrement bien adapté pour définir la médiation, mais il doit être nuancé dans le contexte particulier du géotourisme. En effet, ce modèle est à sens unique, la communication dans une classe d'école étant « fondamentalement asymétrique » (Perrenoud, 1994), bien que de nombreuses interactions existent entre enseignant et apprenants (Schramm, 1969; Maulini, 2001). Dans la pratique du géotourisme, par contre, l'éducation est informelle – donc non-scolaire – et souvent très interactive. La médiation est avant tout un dialogue.

2.2.2. ... au concept de médiation

Le concept de médiation se situe à l'interface des sciences de l'information et de la communication et de celles de l'éducation (Jacquinot-Delaunay, 2001). Il recouvre « l'ensemble des processus par lesquels une personne s'intercale entre le sujet apprenant et les savoirs à acquérir pour en faciliter l'apprentissage » (Barbot & Lancien, 2003).

Choix du terme

Le terme de médiation demeure ambigu (Fauche, 2004), en particulier à cause de son abondant usage dans le domaine judiciaire comme synonyme de négociation ou de conciliation. Dès lors, pourquoi ne pas lui préférer le terme de vulgarisation, mieux connu et univoque ? La vulgarisation scientifique regroupe en effet l'ensemble des pratiques de diffusion de la culture scientifique et technique en dehors des cercles de spécialistes (Jacobi et al., 1990).

Le choix de parler de médiation relève avant tout d'une volonté de se couper d'une part de l'héritage de la vulgarisation (Eastes, 2009) : la position supérieure – par sa possession du savoir – et paternaliste adoptée souvent inconsciemment par le vulgarisateur par rapport à son public, l'usage de l'enseignement frontal et de la simplification du discours comme seules méthodes pédagogiques et le peu de place laissée à l'interaction avec le public. Parler de médiation, c'est également se distancer des modèles de transmission de l'information ou de la communication interpersonnelle (Jacquinot-Delaunay, 2001), le premier négligeant les acteurs et le second les supports de la communication (média, contexte).

La médiation se présente comme un projet en plusieurs points (Eastes, 2009) : la place du médiateur n'est pas en dessus du public, mais à côté, pour faciliter l'accès au savoir ; la médiation tient compte de l'évolution de la pédagogie dans les pratiques de communication (en particulier les approches constructivistes), mais aussi des processus interactifs et participatifs, donnant un rôle central et actif au public auquel on s'adresse ; elle requiert l'ouverture à des compétences nouvelles et diversifiées : didactique, sciences cognitives, sciences de la communication, psychologie, histoire des sciences, épistémologie, etc. Bien entendu, nombreux sont ceux qui se reconnaissent dans ce projet sans pour autant renoncer au terme de vulgarisation.

L'héritage de la vulgarisation

La pratique de la vulgarisation a été abondamment étudiée et questionnée depuis plus de trente ans, en particulier la forme de discours et l'usage des illustrations ; une excellente synthèse en est fournie par Jacobi et al. (1990). L'analyse formelle des discours de vulgarisation a montré que le discours scientifique primaire (article spécialisé) et son pendant vulgarisé ne diffèrent que sur des détails et utilisent les mêmes procédures de reformulation (Peytard, Jacobi & Petroff, 1984), selon le paradigme de la continuité (Jacobi et al., 1990). De nombreux procédés textuels ont été identifiés : la reformulation (paraphrases), l'usage de la forme narrative, la figurabilité (El Hadj & Bélisle, 1985; Mortureux, 1985; Jacobi, 1993; Lapeyre, 1994). Même si la simplification de la formulation n'est pas garante de la compréhension (Giordan & de Vecchi, 1990), la nécessité de dépasser la barrière d'un vocabulaire trop spécialisé reste d'actualité.

Deux autres thèmes de recherche en vulgarisation ont également produit des apports précieux qui ne sauraient être négligés dans une pratique plus moderne comme la médiation. Premièrement, la nécessité de capter l'attention du lecteur (Moucannas, 2007) a conduit à concevoir nombre de méthodes éprouvées sur la façon de s'adresser au public (Moscardo, 1999, 2003). Deuxièmement, l'étude des illustrations accompagnant les textes scientifiques montre leur variété et leur rôle de reformulation, d'exploration et de construction du savoir (Jacobi, 1985). L'effet de supériorité des images dans un texte sur l'attention, la compréhension et la mémorisation a aussi été très étudié (Tardy, 1975; D. L. Nelson, Reed & Walling, 1976; Reid, 1984). Nous y reviendrons plus en détail au chapitre 5.

2.3. Des modèles didactiques pour guider la médiation

La didactique a pour objet de « décrire et élaborer théoriquement les conditions du passage du savoir universitaire au savoir scolaire » (Demounem & Astolfi, 1996). De cette simple définition transparaissent tout à la fois les apports et les limites de la didactique pour la médiation.

2.3.1. Apports de la didactique à la médiation

L'apport théorique principal de la didactique consiste dans une conceptualisation des processus d'apprentissage et de transmission des connaissances, basée sur des recherches en psychologie. Faire référence à la théorie didactique permet de mieux comprendre – voire de résoudre – les problèmes pratiques d'une situation d'apprentissage comme l'est la médiation (Mann, 2004). Cette conceptualisation peut aussi déboucher sur une série de conseils et de méthodes (une pédagogie) visant à optimiser l'apprentissage.

Dans le monde des vulgarisateurs, en particulier de terrain, on affirme volontiers se passer de didactique et faire confiance à sa capacité d'adaptation ou à son *feeling* du public. Le participant, entraîné par la pétulance d'un communicateur passionné et dans un cadre naturel splendide, tirera grand plaisir de son expérience. Mais qu'en retiendra-t-il quelques semaines ou années plus tard ? Aura-t-il pris conscience en lui-même de la valeur de tel élément du paysage ou remis en question, par exemple, sa conception de l'érosion ?

Ces questions restent actuellement sans réponse claire, mais certaines études en didactique des sciences (Giordan & de Vecchi, 2010) permettent de douter que le discours d'un vulgarisateur, aussi passionné, intéressant et simplifié soit-il, puisse atteindre de tels objectifs. Ce qui peut encore être discuté dans le cas d'un guide présent physiquement – et donc capable de répondre à des questions et de s'adapter à son public – devient indéfendable lorsque la communication devient impersonnelle, par exemple par panneau thématique interposé.

Le recours à certaines pédagogies et modèles didactiques offre une certaine garantie *a priori* de l'efficacité éducative du processus de médiation. En incitant à réfléchir à quelques questions fondamentales – buts de la médiation, facteurs essentiels à prendre en compte – la didactique permet également de valider une

certaine conception de la médiation et donc, indirectement, les divers produits qui en découlent.

2.3.2. Limites de la didactique appliquée à l'éducation informelle

« Il est important de ne pas faire l'amalgame entre le modèle et son application pédagogique, ce qui reviendrait à confondre *apprendre* et *enseigner* » (Pellaud, Eastes & Giordan, 2004). Il ne faut donc pas attendre d'un modèle d'apprentissage des règles précises et directement applicables garantissant une transmission efficace du savoir, mais plutôt des principes généraux qu'il s'agit de traduire dans la pratique, en particulier dans les phases de sélection, de mise en forme du message et d'encodage du contenu. A notre question « comment ? », la didactique offrira en réponse un cadre dans lequel inscrire la médiation, des lignes directrices, mais le développement de solutions concrètes reste du ressort du médiateur.

La limite la plus importante apparaît lorsque l'on veut transposer un modèle didactique dans un cadre d'éducation informelle (non-scolaire). La plus grande part de la didactique ne s'intéresse en effet qu'au monde scolaire et se structure en fonction des branches enseignées à l'école. La pédagogie scolaire a endossé au fil du temps un rôle hégémonique :

Investie par ces pouvoirs – ceux de l'État, du Travail et du Savoir –, la pédagogie scolaire s'impose alors peu à peu comme une nouvelle pratique sociale institutionnalisée qui va se substituer progressivement aux autres modes de socialisation et d'éducation plus anciens (traditionnels, familiaux, locaux, communautaires, informels).

Bref, la pédagogie scolaire devient proprement hégémonique par rapport aux autres formes d'éducation et elle le demeure encore de nos jours.

(G. Vincent, 1994)

Cette prédominance du milieu scolaire pose trois problèmes principaux. Premièrement, la majorité des expériences didactiques sont menées auprès d'élèves, ce qui rend les résultats difficilement transposables à un public adulte et non captif comme des touristes. Le peu d'intérêt soulevé par les questions liées à la formation des adultes – par rapport aux nombreux débats sur l'école – encourage peu la recherche dans ce domaine et son financement (Stuart, Tondora & Hoge, 2004). Deuxièmement, les critères permettant d'évaluer l'efficacité d'une situation didactique ne sont pas adaptés au contexte de la médiation ou vulgarisation (Jacobi et al., 1990). Troisièmement, les pédagogies scolaires sont le plus souvent basées sur des séquences d'apprentissage réparties dans le temps et répétées auprès d'un même public. Il est difficile de viser les mêmes objectifs et d'appliquer les mêmes méthodes dans le cadre temporel très limité d'une excursion guidée ou de la consultation d'un site internet. De plus, comme la géomorphologie n'est pas inscrite dans les programmes d'enseignement obligatoire, il n'existe aucune didactique spécifique à cette

discipline. Le chapitre 3 tente très modestement de combler ce manque en proposant l'ébauche d'une didactique de la géomorphologie.

La didactique est certes logiquement centrée sur le monde scolaire. Mais depuis une vingtaine d'années, l'apprentissage informel ou expérientiel, basé sur les expériences de la vie courante (Dasen, 1987; Courtois & Pineau, 1991; Balleux, 2000), dans le monde professionnel (voir par exemple Garrick, 1998) ou des loisirs (Brougère, 2002; Pruneau & Lapointe, 2002; Roucous, 2007), est devenu un important thème de recherche en didactique. Ces études rappellent que l'apprentissage ne s'arrête pas au sortir de l'école et que l'environnement extra-scolaire est extrêmement riche d'enseignements pour tout un chacun, le défi étant – en particulier pour les adultes – de formaliser et valoriser cet apprentissage. Donner plus d'importance à l'éducation informelle permet également d'intégrer des groupes sociaux peu concernés ou mal adaptés au système scolaire.

Du point de vue du public justement, l'utilisation des termes « didactique », « éducatif » ou même « apprendre » renvoie directement à l'image de la classe d'école, image rarement associée à celle des loisirs et du plaisir, et au domaine de l'enfance, avec le risque par exemple que peu d'adultes se sentent concernés personnellement par un « sentier didactique » s'il ne sont pas en famille. C'est pourquoi nous avons choisi d'éviter le qualificatif « didactique » pour qualifier les démarches de médiation, même si celle-ci est principalement un processus éducatif.

Considérant les limites mentionnées, nous avons cherché, parmi les divers modèles didactiques, un cadre pouvant décrire le processus complexe de médiation tel que nous l'avons défini. Une fois fixé, ce cadre guide l'application pratique de la médiation et le choix des outils et méthode de communication éducative.

2.3.3. Communication éducative effective : quel modèle ?

Explorer la jungle des modèles

Fondamentalement, les modèles didactiques décrivant le processus d'apprentissage sont pour la plupart issus de courants de la philosophie ou de la psychologie peu conciliables, voire contradictoires (Bednar et al., 1992; Boutin, 2000). Empirisme, béhaviorisme, constructivisme(s) trouvent leur application dans une pédagogie spécifique qui peut se révéler pertinente dans certains types de situations et peu efficace dans d'autres. A l'heure actuelle, il est encore très difficile de trouver des preuves solides de la supériorité d'un modèle théorique sur un autre, à plus forte raison en dehors du milieu scolaire (Stuart et al., 2004).

Le tableau 2.2 présente de manière très synthétique les trois principaux courants pédagogiques et des exemples de situations pour lesquelles ils sont bien adaptés. Nous considérons que chacune de ces pédagogies apporte un regard pertinent sur l'un des axes de la médiation : le contenu pour l'approche empiriste, le

contexte d'apprentissage (support, média) pour les approches béhavioriste et constructiviste, le public (son expérience, ses intérêts) pour l'approche constructiviste.

Modèle	Conception de l'apprentissage	Domaine, situation d'application
Empirisme	Imprégnation et mémorisation d'expériences et de sensations.	Lecture, vidéo, conférence, enseignement frontal.
Béhaviorisme	Acquisition du savoir par conditionnement de type réflexe faisant appel à des stimuli positifs ou négatifs.	Découverte d'un logiciel inconnu (tutoriel), adaptation à un nouvel environnement.
Constructivisme	Découverte et intégration du savoir par un changement dans les structures mentales (par « construction »).	Traitement d'informations nouvelles en profondeur ; changement de conception, « mise à jour » de sa propre expérience ; résolution de problèmes pratiques.

Tabl. 2.2 : Trois principaux modèles didactiques, selon Pellaud et al. (2004) et Basque et al. (1998).

La pédagogie **empiriste** « permet de donner un maximum d'informations à un maximum de personnes et dans un minimum de temps » (Pellaud et al., 2004) mais ces informations ne suscitent le plus souvent pas de questionnement de la part des apprenants. Ceux-ci sont souvent décalés par rapport aux capacités et aux connaissances de l'enseignant. La pédagogie **béhavioriste** fonctionne sur le système de récompenses et punitions. « Excellente pour les apprentissages de gestes techniques et de savoir-faire, elle est extrêmement limitée dès qu'il s'agit d'acquérir des connaissances qui nécessitent réflexion et mises en relations » (Pellaud et al., 2004). La pédagogie **constructiviste** (ou **cognitivist**) encourage un « engagement mental actif » de celui qui apprend, en l'aidant à sélectionner, encoder et organiser les informations provenant de l'environnement et à les confronter avec ses connaissances antérieures (Basque et al., 1998). Notre définition de la médiation relève plutôt d'une vision constructiviste de la transmission du savoir, par rapport à l'empirisme de la vulgarisation.

La médiation des sciences est fondée sur une vision objectiviste du monde (Lakoff, 1987) : il existe une réalité structurée indépendante de l'individu qui l'observe. Il est donc possible de modéliser ou classifier les éléments réels et leurs relations. Par conséquent, on peut valider l'apprentissage grâce aux réponses correctes ou fausses fournies par l'apprenant : « *knowledge consists in correctly conceptualizing and categorizing things in the world and grasping the objective connections among those things and those categories* » (Vrasidas, 2000). Tout l'art de la pédagogie (de la médiation) consiste dès lors à mettre en forme et structurer le savoir objectif de manière à rendre son transfert efficace.

L'approche **constructivisme** invite cependant à prendre en compte aussi la dimension subjective inhérente à toute connaissance. Chez l'individu, celle-ci se

base sur l'accommodation continue de nouvelles expériences, perceptions ou interprétations du monde réel (Piaget, Claparède & Deslex, 1923) et l'interaction sociale (Vygotski, 1934). La pédagogie constructiviste propose des situations problèmes dont la résolution doit être en lien direct avec les intérêts et les besoins de l'apprenant (Bain, 2004). Les méthodes pédagogiques constructivistes sont particulièrement adaptées à un public adulte qui décide ce qu'il veut apprendre et dispose déjà d'une abondante expérience mobilisable comme ressource d'apprentissage (Knowles, 1973) : discussion en groupe, exercices de simulation, jeux de rôles, méthodes de laboratoire, projets appliqués, etc.

Réconciliation dans la pratique

Dans l'enseignement, il est le plus souvent fait un usage « éclectique et épisodique » des diverses pédagogies à disposition. Cette relative déconnexion entre théorie et pratique complique la validation ou l'évolution des modèles didactiques (Mann, 2004; Stuart et al., 2004). Le fait d'opposer l'objectivisme et le constructivisme comme extrêmes d'un continuum (Jonassen, 1991; Ertmer & Newby, 1993) amène à multiplier les positions médianes, ce qui, au final, n'a plus grand sens, puisqu'elles ne relèvent ni d'un modèle ni de l'autre (Cronjé, 2006). La solution ? Ne pas chercher à exclure l'une ou l'autre approche, ni la considérer comme incorrecte.

Toutes deux peuvent cohabiter, comme cela est le cas des méthodes quantitatives et qualitatives (Vrasidas, 2000). Selon Brooks (1990), les deux approches ne visent pas les mêmes buts : le constructivisme consiste surtout en une description des processus psychologiques d'apprentissage, tandis que l'objectivisme vise plutôt à structurer les pratiques et contenus de l'enseignement.

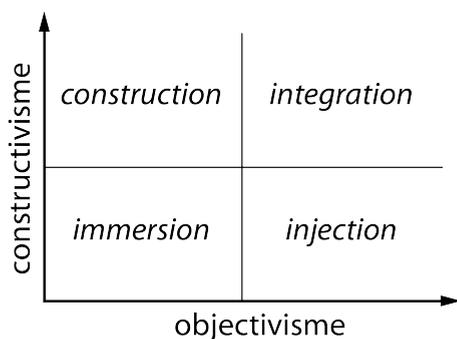


Fig. 2.4 : Situations d'apprentissage, entre constructivisme et objectivisme, selon Cronjé (2006).

En se basant sur ce point de vue, on peut classer les situations d'enseignement dans un espace à deux axes (fig. 2.4). Le quadrant « *injection* » accueille ce que nous avons défini comme la pédagogie empiriste (tabl. 2.2), tandis que le quadrant « *construction* » correspond sans surprise à la pédagogie constructiviste (tabl. 2.2), chacun présentant leurs avantages selon les objectifs et

les situations. L'immersion désigne des situations d'apprentissage imprévues et ne mobilisant pas des processus mentaux complexes : par exemple apprendre par expérience à baisser la tête en passant les portes dans un bateau. Le quadrant « *integration* » correspond à « *the combination of instruction and construction in appropriate conditions* » (Cronjé, 2006), ce qui pourrait, selon nous, être assimilé à des méthodes cognitivistes. Une pédagogie intégrative implique la définition d'objectifs d'apprentissage (objectivisme), la prise en compte des capacités et conceptions des apprenants (constructivisme) et la sélection de méthodes appropriées relevant des deux approches.

En plus de concilier deux courants jugés parfois inconciliables, cette approche intégrative permet de représenter l'ensemble des situations d'apprentissage et offre donc une vision correspondant à la réalité de la pratique.

L'approche allostérique : changer de conception

Située entre le cognitivisme et le constructivisme, l'**approche allostérique** (Pellaud, Eastes, & Giordan, 2005; Giordan & de Vecchi, 2010) est issue d'un double constat : (1) l'échec de la pédagogie empiriste ou béhavioriste comme unique méthode d'enseignement des sciences et (2) le fait que le constructivisme considère à tort le développement du savoir comme linéaire. De nombreux exemples (Giordan & de Vecchi, 2010; Ravachol Orange, 2011) montrent en effet que beaucoup de phénomènes naturels ne sont pas compris, ou sont expliqués de manière erronée, car ils ne s'accordent pas avec les représentations et modèles mentaux des apprenants.

Une représentation, ou **conception**, est « un modèle explicatif organisé, simple, logique, utilisé le plus souvent par analogie ». Chaque nouvelle expérience conduit à actualiser la (ou les) conceptions qui s'y rapportent : « tout à la fois, les conceptions antérieures filtrent, trient et élaborent les informations reçues et, en retour, peuvent parfois être complétées, limitées ou transformées, ce qui donne naissance à de nouvelles conceptions » (Giordan & de Vecchi, 2010). Les conceptions – ou représentations – sont « à la base de toute explication, de toute construction de connaissance », chez les enfants comme chez les adultes (de Vecchi, 1987). Le savoir évolue par transformation, en passant par plusieurs paliers d'intégration successifs, dans le sens d'une formulation toujours plus générale et enrichie de nouveaux concepts.

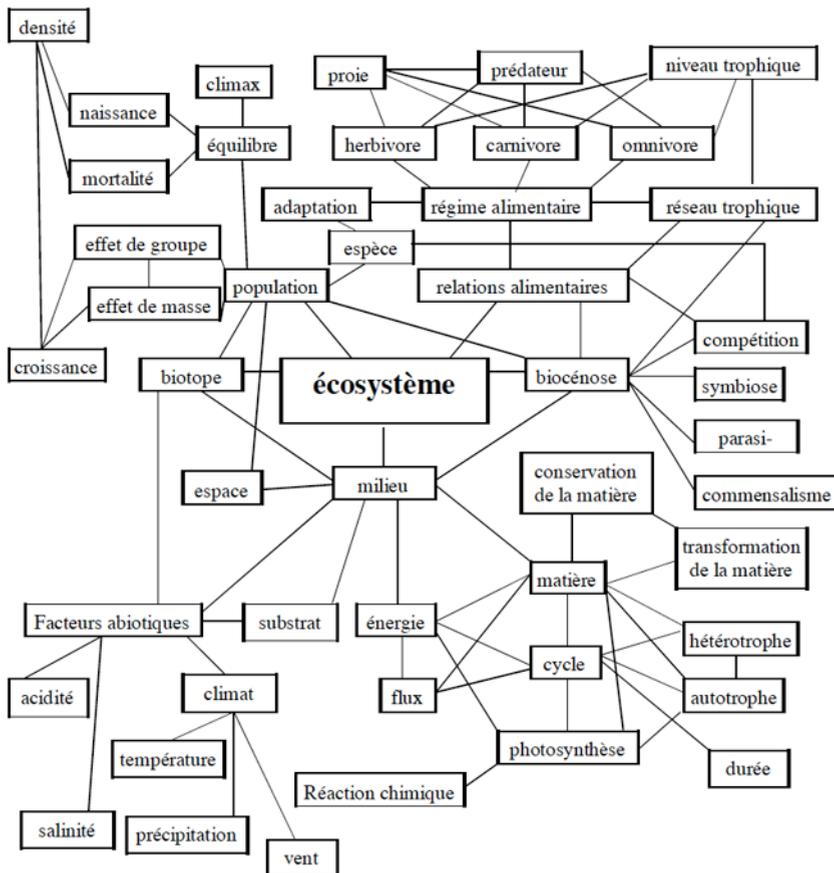


Fig. 2.5 : Exemple d'aura conceptuelle pour l'écosystème (Duflot, 2008).

Etudier les conceptions conduit également à définir, pour chaque objet présenté, une **aura conceptuelle** (exemple fig. 2.5) constituée de tous les concepts périphériques qui en permettent la compréhension et dont il doit être tenu compte. Partir des conceptions et questionnements de celui qui apprend permet de choisir les concepts qui posent problème et qui doivent être travaillés (de Vecchi, 1987; Duflot, 2008).

Des conceptions « fausses » du point de vue de la science sont souvent très résistantes ; elles perdurent même après un enseignement détaillé sur le sujet (Duit & Treagust, 2003; Reinfried, 2006). En effet, la modification d'une conception implique celle de nombreuses autres qui lui sont liées au sein de l'aura conceptuelle. De plus, de fausses conceptions organisées en un système cohérent peuvent s'accorder parfaitement avec notre perception du monde au quotidien : par exemple, une Terre plate. Pour faire évoluer la connaissance, il s'agit donc autant de « faire avec » que de « lutter contre » les conceptions, et de provoquer des situations favorables à la remise en question des certitudes, comme l'étude des éclipses, dont l'explication est difficile dans l'hypothèse d'une Terre plate...

La base théorique proposée par l'approche allostérique se révèle donc particulièrement adaptée à la médiation dans un domaine de loisir, puisqu'elle se centre sur la motivation et l'expérience du public et met l'accent sur le contexte d'apprentissage.

Facteurs influençant positivement l'apprentissage

La recherche sur l'apprentissage objectiviste débouche sur des facteurs universels qui influencent positivement l'apprentissage (tabl. 2.3) et qui devraient être pris en compte dans la conception de supports d'apprentissage (Marton, 1994).

Facteur positif	Implications pour le support d'apprentissage
Motivation *	Facteur le plus important : sans motivation, rien n'est entrepris.
Adaptation au rythme individuel	S'adapter aux différences individuelles (rythme de perception, de compréhension, d'assimilation).
Participation *	Susciter la participation active (mentale et physique) en donnant à observer, à analyser, à choisir, à s'interroger, etc.
Perception	Soutenir une bonne perception visuelle (sémiologie).
Organisation des messages	Combiner systématiquement et efficacement les messages (en particulier texte et image).
Structuration du contenu *	Faire apparaître les liens logiques entre les éléments.
Choix des méthodes pédagogiques	Sélectionner une méthode pédagogique adaptée aux objectifs de l'apprentissage.
Répétition d'activités et expériences variées	Proposer des expériences répétées de manipulation, de questionnements dans différents contextes.

Tabl. 2.3 : Quelques facteurs influençant positivement l'apprentissage (compilation de Marton, 1994). (*) Points sur lesquels se focalise le modèle allostérique (détail des moyens mis en œuvre dans le tableau 2.4).

Le modèle allostérique met particulièrement l'accent sur les facteurs de motivation et d'implication de celui qui apprend. La prise en compte de ces facteurs permet la création d'un contexte favorable à l'apprentissage (tabl. 2.4).

Pour apprendre, il faut...	Tâches de l'apprenant	Tâches de l'enseignant
Prendre appui sur ses conceptions	Partir de ses représentations	Présenter des activités qui ont du sens pour l'apprenant
Se laisser aller	Relever des défis stimulants	Maximiser les efforts et susciter l'intérêt de l'apprenant
Etre concerné, interpellé, questionné	Chercher des solutions à des problèmes qui ont du sens pour lui	Présenter des problèmes qui mobiliseront les efforts de l'apprenant
Trouver un plus	Découvrir le sens et l'utilité de l'objet à apprendre	Activer le besoin ou le désir d'apprendre l'objet d'apprentissage
Avoir confiance	Avoir la conviction de disposer des ressources nécessaires pour répondre à ses questions	Mettre à disposition les ressources didactiques nécessaires à l'apprentissage
Faire des liens	Interagir dans un contexte signifiant pour élaborer les savoirs	Mettre en place un contexte signifiant permettant à l'apprenant d'élaborer les savoirs
Ancrer les données	Chercher des réponses aux questions qui ont du sens pour lui	Susciter des questionnements auxquels l'apprenant trouvera un intérêt
Trouver des aides à penser	Elaborer des représentations pour les savoirs complexes	Présenter des situations qui favorisent la mise en œuvre des savoirs complexes
Prendre conscience du savoir	Planifier et organiser l'exécution des solutions aux problèmes à résoudre	Présenter des situations problèmes où l'apprenant sera l'auteur des solutions
Mobiliser son savoir	Relever des défis nouveaux et imprévus	Présenter des situations problèmes fortuites ou nouvelles qui font appel à des savoirs à construire ou à modifier
Se confronter	Mettre en œuvre ses solutions dans un contexte socio-cognitif signifiant	Provoquer des situations socio-cognitives signifiantes

Tabl. 2.4 : Contexte et actions pour apprendre selon Giordan et Boudreault (publié dans Giordan & de Vecchi, 2010).

Le but de celui qui enseigne est dès lors « *to allow individual constructions of contextualised knowledge instead of insisting on teaching de-contextualised factual knowledge* » (Reinfried, 2006). Une communication éducative efficace ne doit pas être soumise au contenu à transmettre, mais doit se concevoir globalement, en tenant compte du public et du contexte.

2.4. Synthèse : démarches et méthodes de médiation pour la géomorphologie

La médiation est le chaînon manquant pour étendre la conception patrimoniale des objets géomorphologiques du domaine des spécialistes à celui des non-spécialistes. Ce transfert est nécessaire à la conservation du géopatrimoine, puisque la décision de protéger certains objets est aussi du ressort des non-spécialistes. La médiation, telle que nous l'avons définie, est la formalisation de ce processus de transfert actif et orienté.

2.4.1. Apports des sciences de la communication et de la didactique

Nous avons montré que la médiation relève fondamentalement d'un processus complexe de communication et d'éducation. Chaque étape de la construction d'une vision patrimoniale (du site au géomorphosite) est soutenue par un mode particulier de communication entre spécialistes et non-spécialistes : transmission d'informations factuelles, enseignement concernant les formes et les processus (leur signification, leur histoire, leurs interrelations), sensibilisation aux valeurs particulières des sites et à leur éventuel besoin de protection (fig. 2.6). La médiation englobe ces différentes formes de communication. Elle assure le dialogue entre les deux domaines complémentaires du spécialiste (connaissance scientifique) et du non-spécialiste (valeurs complémentaires des géomorphosites, action individuelle ou politique, par exemple de géoconservation).

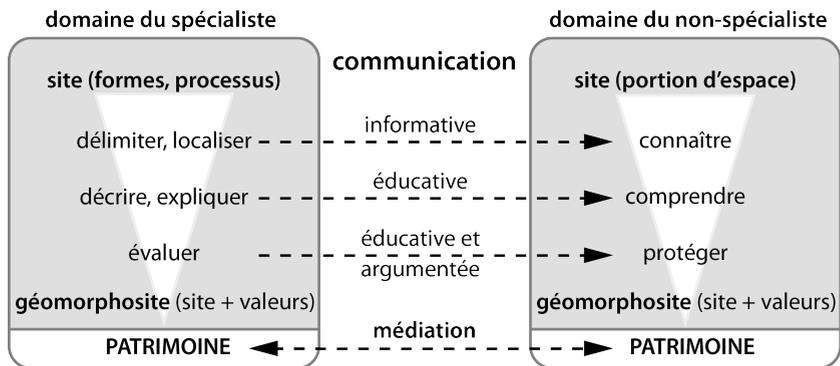


Fig. 2.6 : Types de communication intervenant dans la médiation du géopatrimoine.

La dimension éducative de ce processus est prépondérante. S'appuyer sur des **modèles didactiques** est donc indispensable si l'on veut offrir à la médiation une assise théorique qui permette de comprendre et d'appréhender la complexité du processus. Pour synthétiser, l'approche objectiviste offre des outils efficaces de transmission de connaissances pour autant que l'on tienne compte de plusieurs éléments nécessaires au processus d'apprentissage tels que révélés par le modèle constructiviste : la motivation des apprenants, la prise en compte de l'intérêt et des conceptions, etc. L'approche allostérique, inspirée du constructivisme et du cognitivisme, nous offre justement des outils concrets pour établir des contextes propices à l'acquisition de connaissances.

2.4.2. Conception globale de la médiation

La médiation est un processus intégratif qui ne se limite pas au médiateur et à sa production (texte vulgarisé, croquis ou schéma explicatif, etc.), mais englobe également une source (savoir scientifique, site à interpréter, objet théorique ou physique complexe, etc.) et un public.

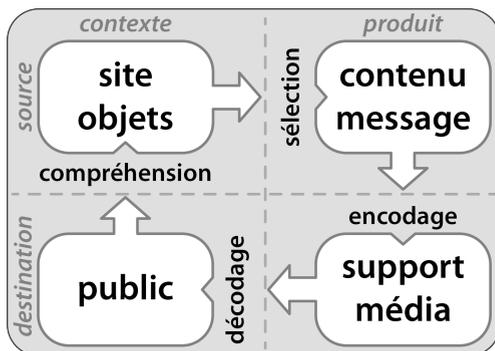


Fig. 2.7 : Schéma en quatre axes de la médiation.

Nous pouvons formaliser cette conception globale de la médiation à l'aide d'un schéma en quatre axes (fig. 2.7). Public et objets (théoriques et physiques) forment le contexte de la médiation : le médiateur n'a que peu de prise directe sur ces paramètres et doit essentiellement s'y adapter. Au contraire, le contenu et le support de la médiation constituent la production du médiateur.

Le schéma en quatre axes de la médiation (fig. 2.7) exclut volontairement le médiateur. Notre modèle est vu en effet comme un outil au service de ce dernier, d'une part pour guider la conception de produits de médiation et, d'autre part, pour analyser rationnellement le processus de médiation, son cadre, ses parties et leurs relations. Il est évident que la subjectivité et les caractéristiques personnelles du médiateur ont une forte influence dans les phases de sélection et de codage, selon le modèle de Peraya (1992).

Son action consiste tout d'abord en la **sélection**, parmi l'infinité des objets disponibles, des éléments autour desquels sera construit le contenu de la médiation. Cette sélection est guidée à la fois par le public (niveau de connaissance, attentes, questionnements), par la source (connaissances et données disponibles, présence et visibilité de certains objets physiques) et par le message choisi, sensé servir les objectifs de la médiation. La vulgarisation classique, telle que nous l'avons présentée, concentre la presque totalité de ses efforts sur cette seule étape. En cela nous considérons que la médiation ne s'oppose pas fondamentalement à la vulgarisation, elle l'englobe et en étend la portée.

La deuxième action du médiateur est le **codage** du contenu. Classiquement, il s'agit d'écrire un texte ou de tenir un discours de vulgarisation. Selon la nature du contenu, le codage peut également s'appuyer sur d'autres médias comme le schéma, le film ou la carte. Dans notre thèse, nous nous intéressons

principalement à ces deux étapes de sélection et de codage, en nous restreignant pour ce dernier aux médias visuels.

Le public est toujours l'élément le plus difficile à cerner puisqu'il n'existe pas dans une forme unique : il peut changer du tout au tout selon le contexte de la médiation. C'est pourtant autour du public que réside tout l'intérêt du processus car modifier, améliorer la **compréhension** des objets théoriques ou physiques par le public constitue l'objectif essentiel de toute médiation (Jacobi, 1999). Il est de la responsabilité du médiateur de mettre tout en œuvre pour garantir le meilleur **décodage** du message par le public. Cela passe entre autres par une prise en compte des processus d'apprentissage dans le codage du contenu de la médiation et dans la structuration du support de communication.

2.4.3. Interprétation et médiation : des synonymes ?

Dans la pratique, l'interprétation se révèle très proche de la médiation appliquée au géotourisme. Trois points communs peuvent être relevés. Développée auprès des visiteurs des parcs naturels ou sites historiques, l'interprétation prend clairement en compte la grande diversité des publics et la nécessité de s'y adapter (Tilden & Craig, 1977; Beck & Cable, 2002). Elle met aussi l'accent sur le besoin de susciter la curiosité et l'attention en fournissant un contenu pertinent et varié (Tilden & Craig, 1977; Moscardo et al., 2007), souci typique de qui veut s'adresser à un public non captif. Enfin, l'interprétation vise en premier lieu la compréhension d'un site réel et de ses particularités, non d'un thème abstrait.

La définition de Tilden et Craig (1977) est très proche de notre conception de la médiation. On relèvera en particulier la prise en compte du public, l'importance de créer des liens et l'aspect éducatif et communicationnel du processus :

Interpretation is an educational activity which aims to reveal meanings and relationships through the use of original objects, by first-hand experience, or by illustrative media, rather than simply to communicate factual information.

Ceci nous incline à considérer le terme *interpretation* comme la meilleure traduction anglaise de médiation. Les nombreux exemples d'interprétation peuvent donc être aussi utilisés comme modèles pour les démarches de médiation appliquées dans le cadre du géotourisme. Dans la mesure où ils s'intègrent de façon pertinente dans le contexte didactique, il est également possible de se référer aux divers principes d'interprétation fondés sur l'expérience pratique (Tilden & Craig, 1977; Ham, 1992; Moscardo, 1999), en particulier pour une médiation directe (excursion guidée).

2.4.4. Implications du contexte géotouristique pour la médiation

Nous avons montré la diversité des aspects du géotourisme. Certaines caractéristiques cependant sont récurrentes et influencent la pratique de la médiation. Tout d'abord, le géotourisme est une **pratique de loisir**. Cela implique premièrement que l'expérience doit procurer un minimum de plaisir, ne

serait-ce que celui d'apprendre quelque chose. Deuxièmement, contrairement aux élèves dans une classe d'école, **le public est non captif** : il garde habituellement la liberté de ne pas participer, de quitter l'activité commencée – en esprit sinon en personne – ou de ne pas revenir. Si l'on veut qu'il apprenne quelque chose de sa visite, il est nécessaire soit de conserver son attention le plus longtemps possible, par exemple par la variété ou l'interactivité du contenu (Moscardo, 1999), soit en concentrant tout l'effort de médiation sur un message bien défini (S. Martin et al., 2010). Ces deux moyens ne sont pas incompatibles.

Par ailleurs, le géotourisme se distingue par sa **relation directe avec des objets naturels**, réels. L'aspect unique et esthétique joue un rôle certain dans le choix des sites géotouristiques (NGS, s. d.). Dans ce contexte, la médiation devrait tirer avantage de cette relation au concret et ne pas se déconnecter des sites.

Selon notre modèle, la médiation du géopatrimoine se base sur ce que nous appelons les « **objets de la géomorphologie** ». Cela désigne deux types d'objets : les objets physiques (formes du relief, processus, sites) et théoriques (modèles d'explication historiques et actuels, concepts, conception patrimoniale : les valeurs des géomorphosites).

La médiation basée sur les **objets physiques** a pour but principal leur explication, ce qui implique en grande partie de transmettre un savoir objectif (dans les limites des connaissances actuelles) sur des objets réels.

Le cas de la médiation des **objets théoriques** est plus complexe. L'explication géomorphologique est vue d'abord comme une réalité objective, mais laisse une grande place à l'interprétation et aux hypothèses. Parmi les méthodes objectivistes, on privilégie donc une pédagogie cognitiviste pour faire évoluer les conceptions du public. Par contre, si la médiation soutient le développement individuel de rapports subjectifs au monde, comme la vision patrimoniale (fig. 2.6), l'apport des pédagogies constructivistes est prépondérant.

Dans un cas comme dans l'autre, la médiation dans le domaine du géotourisme, à l'instar de l'interprétation, se base sur des sites bien réels qu'il s'agit de décrire, d'expliquer, avant de les « faire parler » et ainsi toucher la subjectivité du visiteur.

Pour définir ce qui peut constituer le corps – le message, le contenu – de la médiation, le chapitre suivant fera le point sur les concepts utilisés en géomorphologie, sur la notion de géomorphosite et sur les méthodes et approches par le biais desquelles le géomorphologue appréhende le relief naturel.

3. Les objets de la géomorphologie et du géopatrimoine

Oh ! c'était bien la Suisse, avec ses vallons, ses contours, ses plis et ses replis, et dans chacun quelque souvenir !

(Rambert, 1866)

Dans ce chapitre, nous faisons rapidement le tour des différents objets théoriques (concepts) et physiques (formes, processus) sur lesquels peut se baser la médiation. Pour ce faire, nous explorons tout d'abord le champ disciplinaire de la géomorphologie, ses objets d'étude, ses concepts, ses méthodes et proposons une typologie générale des approches utilisées par le géomorphologue (section 3.1). Dans un second temps, nous discutons de l'intérêt du concept de géosite pour la médiation du géopatrimoine (section 3.2).

En bref, ce chapitre traite de l'axe « Site et objets » de la médiation, ou sur quels éléments développer une médiation de la géomorphologie et du géopatrimoine (fig. 3.1).

QUOI ?

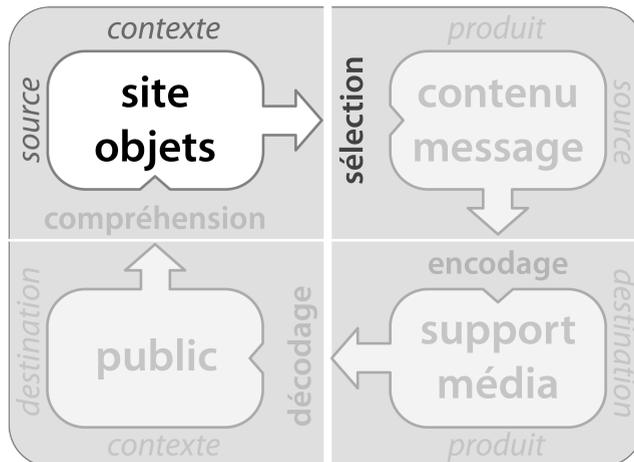


Fig. 3.1 : Axe de la médiation traité par le chapitre 3.

3.1. L'approche épistémologique : concepts et méthodes de la géomorphologie

La géomorphologie, en tant que science, possède un vaste champ disciplinaire composé d'objets théoriques – concepts, modèles explicatifs, méthodes – et d'objets physiques – formes, processus, « objets d'étude » – qu'il s'agit de définir. Cet ensemble constitue la source du processus de médiation, comme de celui de patrimonialisation. A partir des définitions classiques de la discipline et de son cadre conceptuel – souvent incertain –, ce chapitre présente la variété des objets géomorphologiques et leurs relations avec les méthodes et les concepts de la géomorphologie.

3.1.1. A la recherche d'une définition

Science géographique

La géomorphologie, que nous considérons comme une discipline de la géographie, est une science inscrite dans l'espace géographique. Dans une conception physique du terme, cela implique que les objets étudiés sont localisés. Ils peuvent être désignés par des coordonnées, une altitude, et être mesurés. Mais l'espace est aussi le produit des relations entre objets ou unités spatiales.

Depuis que l'homme agit sur son environnement, l'espace naturel au sens strict n'existe quasiment plus. Aujourd'hui, l'espace est géographique : il est produit social (Isnard, 1978). La géomorphologie est donc aussi concernée par les interactions entre ses objets d'étude et les autres entités participant à la construction de cet espace : la biosphère, l'atmosphère, l'hydrosphère, mais également la société humaine.

Science des formes du relief

La géomorphologie est la « science ou description des formes du relief terrestre; ces formes elles-mêmes. » (Brunet & Ferras, 1992).

L'étude des formes du relief terrestre est le domaine réservé étymologiquement à la géomorphologie. Si les formes restent un objet central de la discipline, la manière de les considérer a évolué : d'abord objet de description et d'explication, le relief est devenu facteur d'explication. Historiquement, la géomorphologie est centrée sur la compréhension du relief terrestre, particulièrement en lien avec la structure géologique (géomorphologie structurale). Cet aspect reste important pour faire la part entre causes naturelles et anthropiques ou identifier les facteurs de risque. Mais aujourd'hui prédominent les relations que le relief entretient avec l'atmosphère, l'hydrosphère et l'Homme (Reffay, 1996a). Selon ce point de vue, la géomorphologie se situe plus que jamais à l'interface entre les sciences de la Terre et la géographie humaine.

L'étude des formes du relief fait appel aux méthodes de **description** et d'**explication géomorphologique** et passe souvent par l'usage de **typologies**.

Le concept d'**emboîtement des échelles spatiales** exprime la complexité – toute naturelle – des formes.

Science des processus de surface

La géomorphologie est la « science de la formation et de l'évolution des formes du relief. » (Godron & Joly, 2008).

La reconstruction de l'histoire des reliefs terrestres était à l'origine le but central de la géomorphologie. L'évolution du relief était déduite de l'observation des formes, signes et témoins des processus passés ou en cours. Par la suite, la compréhension des processus est passée au premier plan, ce qui a permis, par déduction, d'observer leur influence sur les formes (Whittow, 1984). Dans les deux cas, l'intérêt de la géomorphologie consiste en la compréhension des relations entre formes et processus (géomorphologie dynamique). Ces relations ne sont pas seulement de cause (processus) à effet (forme), mais « *just as forms are influenced by process, so processes are influenced by form* » (Embleton & Thornes, 1979). A la fin du 20^e siècle, la discipline tend à se focaliser sur l'analyse fine des processus, par des mesures quantitatives des taux d'érosion ou de sédimentation, du modelé (morphométrie) ou des matériaux déposés (Goudie, 1994).

La compréhension des processus passe d'abord par l'usage de nombreuses **méthodes de mesure**, empruntées pour une bonne part à des sciences connexes telles la géophysique, l'hydrologie ou la climatologie. La **modélisation** permet par ailleurs d'explorer les interrelations et les facteurs d'évolution des processus. L'étude des processus se base tout d'abord sur diverses **théories de la physique** adaptées à la réalité observée : mécanique, thermodynamique, etc. Pour exprimer la dynamique des processus, la géomorphologie utilise également des concepts plus abstraits tels que les **seuils** ou les **échelles temporelles**.

Une définition des objets de la géomorphologie

De ce qui précède, il ressort que la géomorphologie ne s'est pas construite autour d'une définition précise de ses objets d'étude, mais plutôt d'une intention : la compréhension du relief terrestre. Cela ouvre la porte à une grande variété de méthodes et d'approches, tantôt inductives et descriptives, tantôt déductives et explicatives, centrées sur le temps long ou les évolutions rapides et appliquées à l'échelle continentale, régionale ou du détail, sans parler des approches privilégiant un facteur d'explication parmi d'autres : géomorphologie structurale ou géomorphologie climatique.

Certains auteurs étendent la définition de la géomorphologie au fond des océans (p. ex. Huber, Larkin & Peters, 1988) ou aux autres corps célestes solides (p. ex. Peulvast & Vanney, 2001). Quoique justifiée, nous n'intégrons pas ici cette extension qui ne correspond pas à notre champ d'étude. S'il faut les définir positivement, les objets de la géomorphologie recouvrent **l'ensemble des formes du relief observables à la surface de la Terre, ainsi que les**

phénomènes les influençant, sans distinction d'échelle spatiale ou temporelle. Nous mettons ainsi volontairement en avant le fait que les objets de la géomorphologie sont visibles directement par les être humains.

3.1.2. Méthodes de la géomorphologie

Pour plusieurs raisons, il est difficile – voire impossible – de définir des méthodes universelles en géomorphologie : « *Geomorphology is an empirical science, based on observation and experience, experimental research on the various processes and forms of landscape formation* » (Panizza, 1996). En tant que science naturelle, la géomorphologie ne peut se baser exclusivement sur des théories mathématiques ni se référer à un dénominateur commun, fondamental, comme peut l'être le code génétique en biologie.

De plus, comme on l'a montré, les objets physiques de la géomorphologie n'ont pas de définition propre, mais recouvrent l'ensemble des formes et phénomènes observables à la surface de la Terre. Les facteurs influençant l'évolution d'une forme sont si nombreux, variés et complexes que si des lois devaient être trouvées, elles relèveraient plutôt des théories du chaos (Brunet & Ferras, 1992). Par ailleurs, puisque les cas individuels sont choisis parmi cette infinie variété de phénomènes géomorphologiques, il est impossible, selon Panizza (1996), d'appliquer une méthode de classification systématique, comme en botanique. Par conséquent, toujours selon cet auteur, les modèles ne peuvent avoir qu'une portée descriptive ou illustrative et non génétique. Pour la même raison, il n'est pas possible de classer les formes ou les processus. Au mieux, ils peuvent être regroupés par analogie.

Ces constatations relativisent la portée de ce chapitre sur les méthodes. Ne seront abordées ici que les méthodes classiques de la géomorphologie et qui pourraient prétendre à cette difficile universalité : la description, fruit de l'observation des objets ou de leur mesure ; l'explication morphogénétique des objets ; les typologies et modèles descriptifs, presque aussi nombreux que les objets eux-mêmes.

La description

A la base de la géomorphologie se trouve l'observation (Panizza, 1996), suivie de près par la description des objets. Cette observation peut être plus ou moins méthodique et débouche sur la description systématique des formes du relief, appelée parfois (géo)morphographie. Cette description se base sur un vocabulaire détaillé. Elle est souvent accompagnée de mesures (géo)morphométriques : taille, pente ou volume. D'autres disciplines permettent d'enrichir la description de mesures moins géométriques, tel le débit, la granulométrie ou la vitesse de déplacement.

L'explication

« La géomorphologie ne se contente pas de décrire, de nommer et de classer ; elle aspire aussi, comme toute science, à expliquer » (Baulig, 1955). L'explication s'appuie sur la description ; elle est en fait une interprétation du relief (Derruau, 1974). Ce lien que le géomorphologue tisse entre l'observation de la forme et son explication ne va pas de soi. Il est justifié épistémologiquement par la théorie de l'actualisme, « postulant que les lois régissant les phénomènes géologiques actuels étaient également valables dans le passé » (Foucault & Raoult, 1980), théorie forgée entre le 18^e et le 19^e siècle par des géologues naturalistes, James Hutton et Charles Lyell.

Sur quoi fonder l'explication des formes du relief ? L'aspect général des paysages tout comme la taille et la répartition des formes sont principalement régis par la **structure géologique**, à savoir la tectonique et la distribution lithologique (Peulvast & Vanney, 2001). Le rôle du **climat** est également important, quoique surestimé selon certains (Twidale & Lageat, 1994) ; les différences de température, de quantité de précipitations et de la couverture végétale modifient l'action des processus morphogénétiques à l'échelle globale et locale (Tricart & Cailleux, 1965). L'Homme, enfin, est un modificateur actif du relief qui supprime certaines formes et en crée de nouvelles.

On constate que l'explication poursuit un double but de regroupement et de différenciation. En effet, l'identification des processus morphogénétiques permet de comprendre l'origine des formes, qui peuvent alors être nommées, donc classées. A l'opposé, l'intérêt idiographique pour les formes particulières et les combinaisons de différents processus offre une image de l'infinie diversité du relief terrestre.

Typologies et modèles

Reffay (1996b), affirme que, « contrairement à la description, l'explication géomorphologique est souvent sujette à discussion, voire contestation ». Dès lors, les classifications, qui sont une manière d'organiser les objets expliqués, ne peuvent jamais prétendre à l'unanimité. Bien au contraire, il faut partir de l'idée qu'à chaque problématique, à chaque échelle d'analyse correspond une – ou plusieurs – typologies. Selon l'échelle, la classification regroupe les formes, les sites ou les reliefs (régionaux).

Le tableau 3.1 présente une série non exhaustive de classifications utilisées en géomorphologie. On ne fera pas de différence ici entre ce qui relève de la classification, « distribution par classes de façon hiérarchique, analytique et si possible exhaustive de l'ensemble des individus, des objets ou des faits ayant des caractères communs », et ce qui relève plutôt de la typologie, « approche synthétique globale, qui choisit un exemple réel dans sa singularité, mais représentatif par la netteté de ses caractères d'un ensemble beaucoup plus vaste » (Broc & Giusti, 2007).

Classification	Exemples
Dimensionnelle	En fonction de la taille : unités structurales, formes, micro-formes,... (Tricart, 1965)
Structurale	Relief monoclinal, plissé, faillé,... (Coque, 1977)
Climatique	Zone équatoriale / ... / zone polaire (Büdel, 1963; Tricart & Cailleux, 1965)
Génétique	En fonction du processus principal : formes glaciaires, formes fluviales,...
Dynamique	Forme de dépôt / forme d'érosion Forme active / forme passive / forme fossile
Paléogéographique	Daté : moraine du Petit Age Glaciaire, moraine würmienne Relatif : forme ancienne, forme récente Cyclique : stades du relief (W. M. Davis, 1889, 1899; King, 1953)
De complexité (systémique)	En fonction du nombre et de la diversité des formes et des processus dans un site donné: forme isolée / ... / système géomorphologique (Grandgirard, 1997a)

Tabl. 3.1 : Diverses typologies des formes et reliefs utilisées en géomorphologie.

Ces classifications répondent à des modèles explicatifs. Certaines ne correspondent plus à la focalisation de la géomorphologie moderne sur les processus, comme les modèles cycliques ou climatiques, ou se limitent à un aspect de l'explication, comme la structure géologique. Le modèle systémique offre quant à lui une compréhension de la complexité naturelle des relations entre les unités physiques et les forces en présence, relations qui traduisent des processus. Enfin, certaines classifications se basent sur des modèles moins bien établis ou moins théorisés. Ainsi, la distinction entre dépôt et érosion varie fortement selon l'échelle (Theler, 2010) ; elle se base cependant sur trois phases clefs du modèle du processus érosif : érosion au sens strict, transport, dépôt. De même, une typologie morphogénétique ne peut prétendre classer les formes de manière étanche, d'où les catégories intermédiaires : fluvio-karstique, glacio-lacustre, etc.

Géomorphologie systémique ?

Un système, selon la définition classique – et volontairement très large – de Hall et Fagan (1956), est tout à la fois un ensemble d'objets et les relations entre ces objets et entre leurs attributs. Le concept a été transféré en géomorphologie par Strahler (1952), puis Chorley (1962). Jusqu'à la fin des années 1970, le modèle systémique est considéré comme idéal pour guider la compréhension globale des phénomènes géomorphologiques: « *many of the geomorphic processes operate in clearly defined systems that can be isolated* » (Strahler, 1952). On a pu croire que le modèle permettrait d'étudier le milieu naturel dans sa globalité, au-delà

des limites disciplinaires, grâce à un concept comme le géosystème (Beroutchachvili & Bertrand, 1978).

Cependant, l'application concrète du modèle systémique pose problème. La définition est si large que tout peut être considéré comme système. Le modèle devient donc surtout un « exercice de classification », non d'explication (Kennedy, 2004). L'auteur souligne également qu'il est presque impossible de délimiter précisément dans le monde naturel des systèmes uniques et qui ne se recouvrent pas. Le modèle a donc largement perdu de son attrait. Cependant, sans parler du mot système lui-même, de nombreux termes de la systémique perdurent dans l'explication géomorphologique : réponse, équilibre, seuils, tendances. En outre, dans nombre d'études géomorphologiques, les objets et leurs relations sont modélisés en un système, mais aujourd'hui plus dans un but de représentation simplifiée de la réalité que dans un but d'explication « par lui-même ».

3.1.3. Concepts de la géomorphologie

La géomorphologie est une science empirique, comme l'a rappelé Panizza (1996), et non de concepts. On constate du moins la rareté des définitions conceptuelles dans les ouvrages de la discipline. *L'Encyclopedia of Geomorphology* (Goudie, 2004) recense pourtant 97 entrées liées au thème « Concepts », dont une vingtaine de théories générales (*catastrophism*, etc.) et de branches de la discipline (*mountain geomorphology*, etc.) La plupart des concepts, comme l'érosion, le budget sédimentaire ou le niveau de base, sont avant tout utilisés dans un but explicatif. Même s'ils sont essentiels pour le choix, par exemple, des objectifs d'une didactique de la géomorphologie, ils ne seront pas détaillés ici, mais plus avant, au gré de leur utilisation dans les cas appliqués, au même titre que les formes, processus, facteurs ou agents morphogénétiques.

Certains termes sont cependant utilisés de manière récurrente dans la littérature de la discipline : l'espace et les échelles, le temps. Ces concepts généraux sont évidemment utilisés couramment dans bien d'autres sciences naturelles et humaines. Nous nous intéressons ici à l'usage spécifique qui en est fait en géomorphologie.

Emboîtement des échelles spatiales

Fille de la géographie, la géomorphologie est une science de l'espace, de la distribution des objets et des phénomènes, de mesure de la surface terrestre. Les questions spatiales sont donc omniprésentes, quelle que soit l'étape de la méthode géomorphologique : de la description à l'explication, les échelles sont indispensables pour structurer les observations et ordonner les facteurs.

Echelles de la description

Les objets de la description géomorphologique diffèrent selon l'échelle spatiale, « a fundamental characteristic of landforms » (Pitty, 1982). A une échelle régionale ou plus vaste, une description générale aborde les reliefs (Viers, 1967).

Les reliefs régionaux dépendant d'un certain climat sont aussi appelés modelés (Brunet & Ferras, 1992). Plus localement, le géomorphologue observe des formes topographiques (Cholley, 1952) ou les formes de terrain (Coque, 1977).

Par la suite, nous parlerons de **relief** à l'échelle d'une région et de **forme** lorsqu'un élément singulier est distingué dans le relief et de **micro-forme** pour l'aspect de détail d'une forme. Ces distinctions sont cependant difficiles car, comme le rappelle Reynaud (1971), « tout est forme », de la montagne entière au simple bloc erratique. L'échelle spatiale guide toutefois la description géomorphologique, qui procède traditionnellement du général au particulier.

La difficulté de classifier les objets augmente avec le niveau de détail de l'observation. Si les structures générales d'un relief peuvent être facilement appréhendées par une typologie simple, les structures de détail et les micro-formes présentent des variations infinies et relèvent de paramètres nombreux et complexes. L'échelle spatiale d'observation est en effet aussi une échelle de généralisation des formes.

Echelles de l'explication

L'étude des processus suit différentes approches selon l'échelle spatio-temporelle d'observation (Church, 1996). Selon cet auteur, la complexité est forte à petite échelle et faible à grande échelle. Les micro-processus ont souvent un comportement aléatoire (stochastique), tandis que les macro-processus sont chaotiques. Seul l'usage de statistiques pour les uns ou de modèles chaotiques pour les autres permet d'appréhender cette complexité. L'échelle moyenne (classique), par contre, permet d'appliquer des théories déterministes pour comprendre l'évolution de l'objet d'étude.

De par l'habitude de se baser sur des observations de terrain, les grande et moyenne échelles sont souvent privilégiées. Mais comme le signale Dolidon (2007), « cette habitude ne doit pas faire accroire que tous les faits sont pris en compte par cette dimension d'analyse ». Varier les échelles d'analyse modifie la hiérarchie des facteurs (Reynaud, 1989) et des processus (Embleton & Thornes, 1979) et permet ainsi de comprendre les grandes tendances et les dynamiques particulières d'un phénomène. Selon Dollfus (1970), en variant l'échelle, le phénomène change non seulement de grandeur, mais de nature. Comme le dit Reynaud (1971), le fait d'échelle supérieure n'est en effet pas constitué de la juxtaposition ou de l'addition des faits des échelles inférieures.

Une explication basée sur une seule échelle d'analyse présente certainement une complexité moindre. Elle ne permet cependant pas d'embrasser la multitude des causes et des interactions qui font l'intérêt des objets naturels. C'est cette – riche – complexité que révèle le terme « d'imbrication des échelles » couramment cité comme caractéristique des objets géomorphologiques.

Ordre	Superficie [km ²]	Caractéristiques des unités, avec exemples	Unités climatiques correspondantes	Mécanismes de base contrôlant le relief	Temps de persistance [ans]
I	10 ⁷	Continents, bassins océaniques	Grands systèmes azonaux (facteurs astronomiques)	Différenciation mantellique et crustale, tectonique des plaques	10 ⁹ à 10 ⁸
II	10 ⁶	Grandes entités structurales (boucliers, chaînes de montagnes...)	Grands climats généraux (influence de facteurs géographiques)	Tectonique des plaques : mouvements aux frontières des plaques	10 ⁸
III	10 ⁴	Unités structurales principales (Bassin parisien, Jura, Massif central)	Climats régionaux avec nuances inégalement significatives pour l'érosion	Unités tectoniques individualisées, avec paléogéographies distinctes ; grand rôle du bâti (tectonique, lithologique)	10 ⁷
IV	10 ²	Unités tectoniques de base : massifs montagneux, horsts, grabens...	Climats régionaux à influences orographiques, surtout dans les montagnes	Influence primordiale de la tectonique et, secondairement, de la lithologie	10 ⁷
V	10	Accidents tectoniques, cuestas, collines, deltas, piémonts	Climats locaux, à influences orographiques : adrets, ubacs...	Rôle prédominant de la lithologie, sauf chaînes très mobiles	10 ⁷ à 10 ⁶
V'	10 à 10 ⁻¹	Unités moyennes (cônes alluviaux, vallées...)			10 ⁶ à 10 ⁵
VI	10 ⁻²	Modelés : crêtes, terrasses, cirques, moraines, versants	Climats locaux liés aux modelés (niches de nivation)	Rôle prédominant de la lithologie	10 ⁵ à 10 ²
VII	10 ⁻⁶	Microformes : lobes de solifluxion, sols polygonaux, ravines...	Microclimat lié aux microformes (ex : lapiés)	Rôle prédominant de la lithologie et des formations superficielles (avec types de processus)	10 ²
VIII	10 ⁻⁸	Modelés microscopiques (détail de surface, polissage...)	Micro-environnement	Texture des roches, types de processus	

Tabl. 3.2 : Echelles dimensionnelles et temporelles des formes. Tiré de Peulvast et Vanney (2001), d'après Tricart (1965) et Baker (1986), modifié.

Echelles spatiales et classifications

Rares sont les classifications des objets géomorphologiques qui ne se fondent pas sur des différences de taille. Celle proposée par Tricart (1965) vise à l'universalité (théorique) : chaque palier de taille est mis en relation avec les facteurs d'influence du relief, avec la durée de persistance des éléments et avec les unités climatiques équivalentes (tabl. 3.2).

Tout comme les classifications cycliques ou morpho-climatiques, les classifications dimensionnelles n'ont que peu d'utilité à l'échelle habituelle des études de terrain. L'échelle spatiale constitue plutôt, comme l'indiquent Bavoux et al. (1998), un cadre de référence et de problématique, selon lequel le géographe rend compte de l'organisation de l'espace. En pratique, le choix d'un système de classification dépendra donc plutôt du choix préalable de l'échelle d'analyse.

Type	Définition
Forme isolée	Un processus dominant Un type de forme (une forme)
Ensemble de formes	Un processus dominant Un type de forme (plusieurs formes)
Complexe de formes	Un processus dominant Plusieurs types de forme
Système géomorphologique	Plusieurs processus dominants Plusieurs types de forme

Tabl. 3.3 : Catégories d'objets géomorphologiques selon Grandgirard (1996).

La classification de Grandgirard (1996) pourrait sembler liée à la taille des objets (tabl. 3.3). En effet, n'observer qu'une seule forme et un unique processus dans une vaste région, ou de nombreux processus en interaction dans un espace restreint paraît être plus rare que l'inverse. En réalité, cette classification traduit bien une échelle de complexité et non de taille, ce qui est confirmé par l'absence de corrélation significative entre la surface et le type (tabl. 3.3) des géomorphosites inscrits à l'inventaire du canton de Fribourg.

L'échelle spatiale est évoquée également pour distinguer ce qui relève de la géomorphologie structurale (approche historique), centrée sur les reliefs et leur évolution dans le temps géologique, et la géomorphologie dynamique (approche moderne), intéressée par les formes et les modelés formés à l'échelle temporelle humaine. A cette échelle, la structure du relief est un invariant, simple guide de l'érosion (Reffay, 1996b). En soulignant la difficulté de définir une limite temporelle entre ces deux approches, le même auteur propose les termes de macro-géomorphologie et de micro-géomorphologie, non sans exprimer certaines réserves quant à l'applicabilité de cette distinction.

Diversité des échelles temporelles

Pitty (1982) postule que, parmi les sciences de la Terre ou des distributions, seule la géologie donne la priorité au temps parmi les quatre dimensions de la réalité (longueur, largeur, hauteur/verticalité, temps). La géomorphologie – considérée ici comme indépendante de la géologie – et la géographie se concentreraient sur les mesures classiques de l'espace. Quoi qu'il en soit, seuls ceux qui jugent que la géomorphologie doit s'intéresser avant tout à la description et à l'interprétation des formes peuvent négliger totalement le facteur temporel. A la lumière de nombreuses définitions de la discipline et de ces objets, nous considérons au contraire que le temps y joue un rôle prépondérant ; que faire en effet de la récurrence de termes comme : origine, formation, évolution, changement ou modification ? La notion de temps recouvre plusieurs dimensions qui permettent d'appréhender différemment la réalité (tabl. 3.4). Le temps est tantôt chronologique – un moment ou un stade d'évolution (date, étape) – et tantôt dynamique – une durée ou une fréquence (taux de retour). Comme la taille, les échelles temporelles permettent de proposer diverses classifications des formes et processus.

Temps	Type	Extrêmes	Classement des éléments
chronologique	date	ancien / actuel	selon une datation relative ou absolue
	étape	stade originel / final	selon la phase d'un modèle d'évolution
dynamique	durée	court / long	selon la durée de leur activité ou de leur présence
	fréquence	rare / continu	selon la récurrence du phénomène

Tabl. 3.4 : Deux approches du temps et quelques échelles temporelles associées.

Le champ d'application de la géomorphologie est très large, tant du point de vue de la chronologie que de la durée des phénomènes étudiés. Lewin (1980) remarque que certains événements anciens, mais très brefs – comme un éboulement – ont une grande importance pour expliquer les formes actuelles. Or, on ne peut utiliser les mêmes techniques pour étudier une période de 500 ans à partir d'aujourd'hui qu'à partir de 2000 BP. Les techniques doivent être adaptées, mais également la manière d'aborder le phénomène : reconstitution du contexte paléo-environnemental et climatique ou prise en compte de l'incertitude.

Perceptions relatives

En fonction de l'échelle temporelle choisie, l'évolution des éléments d'un relief s'apprécie différemment. Prenant l'exemple de l'évolution d'un bassin versant, Schumm et Lichty (1965) montrent que les relations entre les éléments peuvent paraître soit indépendantes soit dépendantes selon le concept de temps : (1) le temps **cyclique** ou géologique (*cyclic time*) permet d'apprécier les changements à très long terme – dénudation, réduction progressive de la pente des cours

d'eau – dans un paysage considéré comme un système total ouvert, évoluant dans une seule direction à cause de la perte de masse. A cette échelle, d'un petit nombre d'invariants – le relief initial, la géologie, le climat – dépendent un grand nombre d'éléments : la végétation, le relief, l'hydrographie ; (2) un temps d'**équilibre dynamique** (*graded time*) représente une période du temps cyclique durant laquelle une portion du relief ou certains éléments ont atteint un équilibre dynamique. A cette échelle, le relief en dessus du niveau de base ou le réservoir sédimentaire ne semblent pas varier ; (3) enfin, un temps **stable** (*steady time*) désigne une période restreinte durant laquelle même les formes ne changent pas. Seules des variations (saisonnnières) de débit ou de charge sédimentaire existent.

L'indépendance des éléments d'un système est donc relative au cadre temporel. Mais l'activité apparente d'un processus dépend également du temps d'observation (Embleton & Thornes, 1979). En effet, un glacier peut paraître immobile durant les mois d'hiver, un glissement de terrain inactif durant des années, un volcan éteint durant des siècles.

Notion de seuil

Les différences de perception du temps posent déjà la question des limites : à partir de quelle durée, de quelle mesure peut-on parler de processus inactif ? à partir de quel âge une forme est-elle ancienne ? De même, l'évolution d'un relief n'est pas – seulement – continue, mais procède parfois par sauts. Les événements et processus peuvent se dérouler longtemps sans qu'une modification apparaisse, à l'exemple d'une altération progressive réduisant la solidité d'une paroi. Mais un seul événement extrême ou la variation très faible d'une seul facteur peuvent bouleverser l'équilibre du système (Reynaud, 1971; Schumm, 2004). La recherche de seuils géomorphologiques se concentre sur ces déséquilibres, ces périodes de changement et leurs causes externes – climatiques, tectoniques – et intrinsèques, liées à l'instabilité naturelle d'un système (Brunsden & Thornes, 1979). L'observation de seuils intrinsèques remet en cause l'idée que les grands changements morphologiques sont toujours le résultat de facteurs globaux tels que le climat ou le niveau de base (Schumm, 2004).

3.1.4. Proposition d'une typologie des approches en géomorphologie

A partir des enseignements théoriques qui précèdent, il est possible de construire une typologie des approches utilisées en géomorphologie (tabl. 3.5). L'application de cette typologie doit permettre à la fois de classer les contenus potentiels d'une médiation et d'encadrer le choix des médias, supports de la médiation.

La typologie proposée se base sur deux axes, le temps et l'espace, qui forment une grille permettant d'appréhender, comme le fait la géomorphologie, la réalité de ce qui nous entoure. Les subdivisions découlent directement du constat que la géomorphologie est – et se veut être – une science de l'observation de terrain. L'**espace** n'est donc pas organisé selon une logique métrique – micro-forme, macro-forme – qui relève de la typologie descriptive, mais selon le regard et les intentions de la personne qui l'aborde.

De même, l'approche du **temps** est directement dictée par les objectifs du géomorphologue. Ainsi, le temps est souvent simplement absent de l'étape de la description d'une forme, alors qu'il devient central dans sa datation ou la reconstitution de sa genèse dans la durée. Dans ce cadre, les notions de temps long ou temps court participent seulement d'une certaine approche du temps – le temps dynamique. Cette classification des approches est applicable tant sur les plans de la recherche que de la communication vulgarisée.

		TEMPS		
		Instantané / description	chronologique / analyse	dynamique / explication
ESPACE	focalisé	description de l'objet localisation	datation de l'objet	morphogenèse de l'objet
	sélectif	description de groupes d'objets délimitation	étapes de la mise en place d'un complexe de formes	morphogenèse d'un complexe de formes
	global	description de paysage	histoire du paysage	dynamique du paysage (multi-dynamique)

Tabl. 3.5 : Classification des approches en géomorphologie et exemples d'application.

Approches de l'espace

En géomorphologie, la dimension des objets peut être appréhendée directement par l'œil humain, au contraire par exemple de l'astronomie ou de la génétique. Pour cette raison, nous l'avons catégorisé en fonction du regard que l'on y porte. Le terme espace peut donc être entendu ici comme « mode d'observation ou d'appréhension de la réalité ».

L'espace **focalisé** est celui de l'observation rapprochée : un fragment de roche, une forme bien définie, un modelé. Dans cet espace, l'objet est en partie décontextualisé, du moins individualisé, et devient centre d'intérêt, de focalisation.

L'espace **sélectif** correspond à la manière la plus courante d'aborder la réalité. Celle-ci est découpée en unités distinguées selon une logique mouvante, s'adaptant aux intérêts du moment. Un panorama montrera ainsi, au gré des observations, une succession de plans, un certain nombre de sommets – connus et inconnus –, des zones avec ou sans végétation, des zones d'ombres ou de lumière, des villes, rochers, champs ou forêts. La logique d'organisation, de sélection de ce qui est vu se définit d'autant plus précisément que l'observateur poursuit un but précis : le promeneur repère les panneaux indicateurs et les traces de sentiers, le chasseur les prairies bien exposées et les points d'eau, le géomorphologue, quant à lui, se concentrera, selon ses objectifs, sur les moraines, les laves torrentielles ou les mouvements de terrain. La sélection peut aussi, plus prosaïquement, concerner une portion de l'espace étudié – amont ou aval, rive droite ou gauche, versant nord, pentes raides : autant de sélections basées sur des critères arbitraires, mais nécessaires à l'étude.

L'espace **global** s'approche de la réalité ; il n'en reste pas moins une abstraction. A vrai dire, il s'agit certainement de l'espace le plus abstrait, puisqu'à ce niveau, on tente l'exercice de comprendre l'environnement dans sa globalité, en prenant en compte la totalité des éléments qui le composent et leurs interactions. Cet exercice est bien entendu impossible à parachever, mais représente l'idéal de compréhension et d'explication que poursuit la science. Dans notre cas, le terme de global est abusif puisque seuls les éléments en lien avec la géomorphologie – l'explication du relief – sont pris en compte, ce qui, on en conviendra aisément, est déjà un objectif honorable.

Approches du temps

Le temps est, comme nous l'avons montré, une notion centrale en géomorphologie, intervenant à chaque fois qu'il est question de dynamique, d'activité ou d'inactivité, d'antériorité ou de postériorité, de formation, de transformation et d'évolution. De même que l'espace, nous avons ramené le temps aux usages de la géomorphologie et plus précisément aux phases de description, d'analyse (ou de mesure) et d'explication.

Le temps **instantané** est, en réalité, une non-temporalité. C'est celui du présent absolu, le moment de l'observation ou de la cartographie qui ne prend en compte que ce qui est visible à l'instant. Cet instant au temps arrêté est toutefois essentiel à la construction postérieure d'une chronologie et à la formulation d'hypothèses dynamiques. Le moment présent est en effet le seul état qui peut être appréhendé directement par le chercheur et l'observateur ; il représente la référence essentielle pour poser un avant et un après, pour parler d'évolution.

Le temps **chronologique** est le temps mesuré, daté. Il permet d'ordonner les éléments selon leur âge – de création, de développement, d'acmé, de disparition – et donc d'étiqueter les objets comme actuels, anciens ou très anciens. Les datations sont, selon les cas, relatives ou absolues ; l'approche de la temporalité des objets n'en est pas modifiée pour autant. Seule la précision de la chronologie change. Notons encore que les mesures de mouvement appartiennent à cette même catégorie puisqu'elles expriment une différence entre une position passée et une position actuelle. Si la position passée est datée de manière absolue, on peut en déduire la vitesse du mouvement. Étendu à des espaces plus vastes, le temps chronologique devient histoire (correspondance intéressante entre ce temps de l'analyse et l'étymologie du verbe grec *historein* qui signifie « chercher à comprendre »).

Le temps **dynamique** est celui de l'explication morphogénétique, après celui de la description et de l'analyse. Il ne s'agit plus ici de dates ni de chronologies, mais de durée, de seuils et d'évolution. Cette approche, qui constitue le cœur de la géomorphologie, part de l'observation actuelle (temps instantané), s'appuie sur la compréhension de la succession des objets et des événements (temps chronologique) pour aboutir à une prise en compte de la dynamique naturelle et à l'appréhension de l'évolution future. Ceci s'applique à nouveau à différentes échelles d'observation, de la micro-forme au paysage.

Applications

Ce tableau offre une classification des « faits géomorphologiques », c'est-à-dire des différentes façons d'aborder la réalité naturelle, dans ses parties ou sa globalité, dans son aspect actuel ou sa dynamique. Très souvent, une recherche porte sur une des dimensions – temps ou espace – tandis que l'autre est fixée. Par exemple, la reconstitution de stades glaciaires obéit au temps chronologique, mais progresse verticalement de la datation individuelle des moraines à la chronologie de leur formation. Pour une région donnée, cette reconstitution glaciaire contribue à la compréhension de l'histoire du paysage. À l'inverse, une étude peut porter sur une forme donnée, comme un glissement de terrain, et ainsi ne pas quitter l'espace focalisé, tandis que différentes approches de la temporalité permettront de décrire le glissement, mesurer son mouvement et comprendre les causes et modalités de son évolution.

Il est courant cependant que la recherche passe par de nombreuses étapes. Sans surprise, l'approche focalisée / instantanée se révèle souvent inévitable puisqu'il s'agit de l'étape de localisation et de description des formes. L'établissement et le calibrage d'un modèle se nourrissent également de données à diverses échelles spatiales et temporelles.

		TEMPS		
		Instantané / description	chronologique / analyse	dynamique / explication
ESPACE	focalisé	Photographie Carte d'inventaire	Repère temporel (date, série stratigraphique)	Schéma Schéma animé
	sélectif	Carte géomorphologique	Carte de stades Cartes animées	Schéma relationnel (systémique)
	global	Système d'information géographique (SIG)	SIG temporel Reconstitution paléoenvironnementale	Modèle

Tabl. 3.6 : Exemples de médias courants utilisés pour chaque type d'approche. La graisse du cadre indique la plus-value potentielle que représentent l'animation et l'interactivité pour ces médias.

Chaque approche spatio-temporelle s'accompagne d'outils particuliers permettant d'enregistrer l'information, mais également, en tant que médias, de la communiquer. Le tableau 3.6 propose une série non exhaustive des outils les plus courants. Il va sans dire que certains d'entre eux conviennent à plusieurs approches. Les systèmes d'information géographique sont par exemple indépendants de l'échelle et peuvent gérer à la fois des objets ponctuels et de larges surfaces.

L'approche instantanée du temps privilégie les outils statiques (carte, photographie) ; les deux autres approches requièrent des outils permettant d'intégrer le paramètre temporel. On constate cependant que des outils statiques conviennent également à la représentation du temps chronologique, comme les cartes de stades, qui ne sont qu'une série d'instantanés organisés chronologiquement, ou les schémas, qui représentent des évolutions à l'aide de symboles (flèches).

L'animation de la carte ou du schéma peut remplacer ces artifices, mais le procédé reste peu utilisé. De l'approche instantanée à l'approche dynamique du temps, l'abstraction des outils augmente. En effet, si la description de l'objet (ou des objets) se doit d'être minutieuse et détaillée, l'explication des processus tend à la simplification et à la généralisation. Dans le cadre d'une médiation, le niveau d'abstraction du média s'adapte à l'objectif et au contexte, en particulier le message à transmettre. En suivant cette fois l'axe spatial, du focalisé au global, la complexité des outils augmente. Cette augmentation reflète celle du nombre d'objets et de paramètres à prendre en compte. L'approche globale tend à intégrer l'ensemble des coordonnées, limites et attributs des objets (dans un SIG), leur date d'apparition ou de disparition (dans un SIG temporel), leurs interrelations et leur évolution passée voire future (dans un modèle).

3.1.5. Synthèse : objets théoriques et médiation

Pour appréhender la complexité du relief naturel, le géomorphologue jongle avec diverses **approches** du temps et de l'espace. De par leur portée universelle, ces concepts généraux permettent d'organiser les connaissances et d'ordonner les explications : « selon le champ que l'on se donne – dans l'espace comme dans la durée – pour définir l'objet de sa réflexion, ce sera tantôt tel ordre de facteurs tantôt tel autre qui deviendra prépondérant » (Reynaut, 1989). Tout processus de médiation doit en outre prendre en compte la question des **échelles**, au risque de brouiller la hiérarchie des processus ou de mettre en relation des objets en réalité indépendants.

Les nombreux **concepts explicatifs**, brièvement évoqués en début de chapitre, sont quant à eux utiles à la compréhension même des processus et de l'origine des formes. Ils forment la structure de base du message transmis. C'est pourquoi le processus de médiation doit à notre avis se construire autour ou à partir de ces concepts.

Concepts et méthodes	Contenu ou exemple	Application au processus de médiation
approche	temps espace	la médiation s'effectue dans un cadre spatio-temporel défini, pour lequel certains médias sont à privilégier
échelles spatio-temporelles	forme, site, région année, siècle, période géologique	matérialisation du cadre : l'échelle situe le cadre choisi relativement à d'autres cadres spatio-temporels
concepts explicatifs	profil d'équilibre, capacité de transport, niveau de base, antécédence, érosion...	explication des éléments : la médiation s'appuie sur ces concepts pour expliquer les éléments ; elle peut aussi viser à transmettre la concept lui-même (qu'est-ce que l'érosion ?)
méthodes	observation, description, explication, expérimentation mesures, cartographie...	construction du savoir : les méthodes utilisées par les géomorphologues peuvent servir également aux récepteurs de la médiation pour construire leur propre savoir
classifications et modèles	classification morphogénétique, etc. modèle systémique	organisation des connaissances : les classifications et modèles permettent d'ordonner les éléments avant, durant ou au terme de la médiation

Tabl. 3.7 : Concepts et méthodes de la géomorphologie et leur application au processus de médiation.

En résumé (tabl. 3.7), les concepts d'espace et de temps, matérialisés sous forme d'échelles, forment le cadre de la médiation. Ils peuvent par exemple être traduits dans un modèle didactique. Ce cadre permet de trier et d'ordonner les objets. Pour expliquer ensuite l'origine de ces objets ou leurs interrelations, on fera appel à des concepts géomorphologiques appliqués – l'érosion différentielle,

l'antécédence, le profil d'équilibre. Finalement, les méthodes et modèles décrits plus haut permettent de réaliser concrètement la médiation en guidant la construction du savoir (observation, description, explication) ou en l'organisant (classifications, modèle systémique).

3.2. L'approche patrimoniale: les géomorphosites

Parmi les nombreux objets physiques de la géomorphologie, certains ont acquis une valeur par leur rareté, leur importance pour la compréhension d'un processus ou leur aspect grandiose aux yeux de ceux qui s'y intéressent. S'ensuit la nécessité de les protéger et de les conserver : ces objets sont ainsi devenus patrimoine.

Pour aborder cette dimension patrimoniale, qui dépasse l'approche naturaliste classique, les géomorphologues ont développé de nouveaux outils, comme l'inventaire et l'évaluation. A la lumière de la médiation de la géomorphologie, ce chapitre discute des objets du géopatrimoine, des méthodes d'évaluation et de certaines valeurs en lien direct avec notre problématique, telles l'esthétique ou la valeur éducative.

3.2.1. Définition et évaluation des géosites

Depuis les années 1990, plusieurs scientifiques se sont intéressés à définir et mesurer la valeur particulière de certains sites et objets géologiques *lato sensu*. Il s'agissait au départ d'améliorer la protection de ces objets, en rendant possible leur prise en compte dans les études d'impact sur l'environnement (Grandgirard, 1997a; Rivas et al., 1997). Ces recherches ont porté à la fois sur la définition de la valeur de ces objets particuliers et sur le développement de nombreuses méthodes d'évaluation (pour une revue de celles-ci, voir Pereira, 2006; Reynard, Coratza, & Regolini-Bissig, 2009a).

Quelles valeurs pour évaluer les géosites ?

Ces objets géologiques *lato sensu* auxquels certaines valeurs ont été attribuées sont appelés géosites ou géotopes. Le choix entre ces deux termes relève essentiellement de l'aire linguistique des auteurs ; nous retiendrons pour notre part géosite, par cohérence avec le terme géomorphosite. Les géosites sont « *portions of the geosphere that present a particular importance for the comprehension of Earth history* » (Reynard, 2004b). Toute la difficulté de la définition réside dans cette « importance particulière ». Suivant les auteurs, il s'agit soit uniquement de la valeur scientifique de l'objet (Grandgirard, 1997a, 1999a), soit d'un ensemble de valeurs projetées sur l'objet en fonction de la perception ou de l'usage qu'on en a (Panizza & Piacente, 1993, 2003). Selon cette approche, on peut considérer que la valeur scientifique, centrale, est complétée par des valeurs additionnelles, intrinsèques au site (Reynard, 2004a, 2005), et des valeurs d'usage (Serrano Cañadas & González-Trueba, 2005; Pereira, 2006).

Les différentes méthodes d'évaluation ne se basent pas toutes sur la même organisation et le même nombre de valeurs ; la figure 3.2 représente une synthèse non exhaustive des valeurs les plus couramment proposées. Nous étudierons plus précisément les valeurs esthétique et éducative qui touchent de très près à notre sujet. L'évaluation des géosites géomorphologiques, que l'on appelle plus volontiers géomorphosites (Panizza, 2001), ne diffère que peu des méthodes générales. Leurs spécificités, relevées par Reynard (2009a) – esthétique, dynamique et échelle –, ne jouent en effet qu'un rôle secondaire dans l'évaluation.

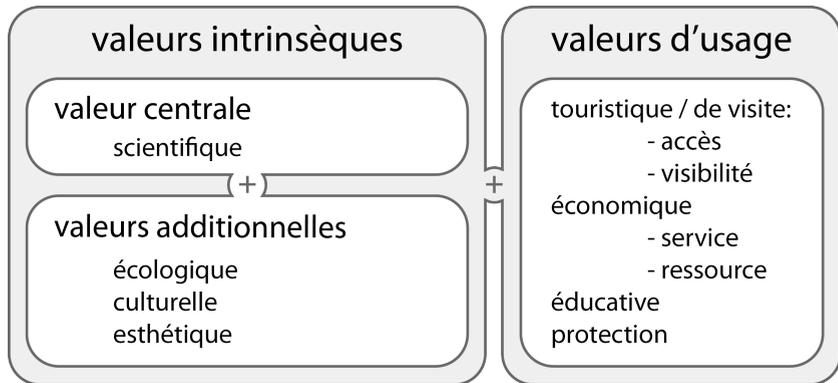


Fig. 3.2 : Valeurs attribuées aux géomorphosites (par catégorie, non exhaustif).

La plupart des méthodes d'évaluation proposent d'apprécier les valeurs – déclinées en critères – à l'aide de scores numériques. La moyenne ou la somme des scores, pondérée ou non, donne une appréciation globale du site. Si certaines méthodes se fondent uniquement sur une évaluation numérique (Rivas et al., 1997; Pereira, 2006), d'autres laissent plus de place à une évaluation qualitative, par exemple sous la forme de commentaires (Reynard et al., 2007), mais même dans ce cas, la synthèse de l'évaluation s'appuie surtout sur les scores numériques. Le plus souvent, les critères sont évalués sur des échelles qualitatives (p. ex. faible, moyen, fort) traduites en scores numériques (p. ex. 1, 2, 3). Cette manière de faire à l'avantage de réduire fortement les variations d'appréciation entre différents évaluateurs (Pereira et al., 2010), même si un haut degré de subjectivité demeure (Bruschi & Cendrero, 2005, 2009) pour toutes ces méthodes.

Place de l'évaluation dans la démarche d'inventaire

L'inventaire des sites et leur évaluation est un processus qui requiert plus ou moins d'investissement en fonction de la méthode choisie (importance des études de terrain, nombre de critères). Quoiqu'il en soit, ce travail reste long et difficile et il s'agit donc de garantir son efficacité. Nous pouvons distinguer deux approches en fonction de la place laissée à l'évaluation des sites (fig. 3.3) : l'**approche intégrale** évalue l'ensemble des sites d'une région, les sites étant identifiés à l'aide de cartes topographiques, géomorphologiques ou géologiques,

par une revue de littérature, ou considérés comme les mailles d'une grille orthogonale, tandis que l'**approche spécifique** définit au préalable les objectifs de l'évaluation (respectivement de l'inventaire), ce qui conduit à n'évaluer qu'une sélection de sites pertinents.

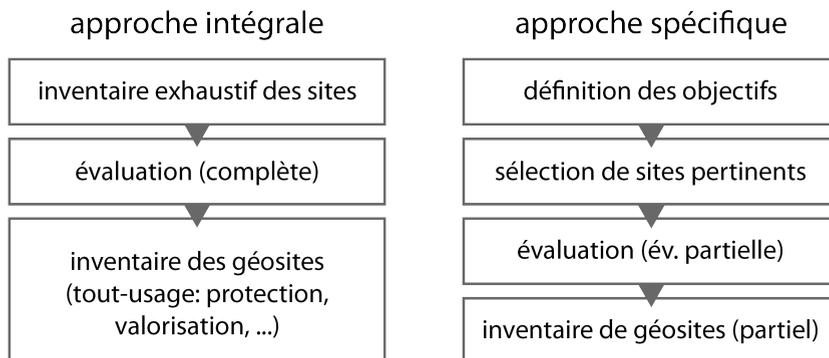


Fig. 3.3 : Deux approches pour l'évaluation et l'inventaire de géosites.

La première approche s'apparente aux évaluations de la qualité du paysage : divers paramètres sont évalués sur toute l'étendue du territoire, ce qui fait ressortir au final certaines zones particulières (voir par exemple Rivas et al., 1997). Elle est souvent appliquée aux inventaires régionaux. Une telle analyse ne nécessite aucune sélection préalable, mais requiert beaucoup de temps, ce qui pousse à automatiser une partie de l'analyse (Wiederkehr, Dufour & Piégay, 2010). Les résultats obtenus, comme des cartes de la vulnérabilité ou de l'intérêt scientifique, répondent à plusieurs objectifs (aménagement, sensibilisation, loi de protection), pour autant qu'ils soient couverts par la méthode d'évaluation. Pour réaliser un inventaire intégral des géomorphosites, on se base principalement sur la cartographie géomorphologique, l'information étant ensuite complétée par d'autres documents (González-Trueba & Serrano Cañadas, 2008). Cependant, l'inventaire n'est jamais complètement exhaustif à cause de la complexité du phénomène et de son caractère évolutif (Grandgirard, 1999b).

L'approche spécifique est bien plus légère ; selon les objectifs, on pourra renforcer dans la méthode d'évaluation les critères les plus pertinents par pondération (Reynard, 2004a) ou renoncer à ceux qui ne le sont pas. Elle n'est valide que si la définition des objectifs et la sélection préalable est transparente et motivée. Pour Grandgirard (1999a), toute évaluation doit poursuivre un objectif prédéfini (inventaire *per se*, étude d'impact ou valorisation) dont découle le choix de la méthode appliquée. On trouve également des inventaires qui se concentrent sur un type d'objet – les blocs erratiques – ou un type de valeur – les géomorphosites culturels ; on parle dans ce cas d'inventaires thématiques (Kozlik, 2006).

Dans sa thèse, Pereira (2006), propose une méthode mixte, les « lieux potentiels d'intérêt géomorphologique » étant sélectionnés *a priori*, non pas sur la base d'un objectif final défini, mais selon divers critères généraux : importance scientifique reconnue, esthétique, association à des éléments culturels ou

écologiques (voir aussi Pereira, Pereira & Alves, 2007; Pereira & Pereira, 2010). La phase de présélection, mal définie, représente certainement la plus grande faiblesse de cette méthode. Il signale d'ailleurs qu'elle implique une bonne connaissance préalable de la région.

Certainement aucune des deux approches présentées (fig. 3.3) ne permet de répondre à la question primordiale de toute évaluation (Grandgirard, 1999a) : quels sont les sites qui font l'objet de l'évaluation ? Mais l'approche spécifique a le mérite de clarifier cette présélection. Son autre avantage est d'éviter l'erreur qui consiste fréquemment à penser que c'est l'évaluation qui crée le géomorphosite. Si c'était le cas, toute variation de la méthode impliquerait un changement de définition de l'objet. En réalité, et tout simplement, « *a geomorphosite is a landform to which a value can be attributed* » (Panizza, 2001). Puisque les sites sont au préalable reconnus et sélectionnés, leur statut de géomorphosite précède souvent l'évaluation. Celle-ci ne sert que l'objectif d'application choisi : classer les sites selon leur importance, leur besoin de protection, leur potentiel pour une valorisation, etc. Tandis que l'usage du concept de géosite dans le contexte académique des inventaires et évaluations tend à en réduire la portée, la définition large de Panizza ouvre la porte à une grande variété de points de vue : valeur identitaire, culturelle ou patrimoniale.

Les géosites, unité du géopatrimoine ?

Le géopatrimoine « est la mémoire du passé de la Terre et une des clefs pour la compréhension de son présent et de son futur » (Grandgirard, 1997b). Dans ce sens, il concerne avant tout les géoscientifiques qui sont capables d'utiliser ces clefs de compréhension. Le géosite, défini par une valeur scientifique centrale, est bien l'unité de ce patrimoine de portée limitée. Les exemples sont nombreux de géosites inventoriés qui, malgré leur grande valeur, ne semblent pas soulever un grand intérêt pour le public. En plus du manque de visibilité ou d'esthétique, une moraine ancienne recouverte de forêt ou un stratotype seront négligés car leur intérêt pour comprendre l'histoire de la Terre reste inconnu pour la population.

Cette restriction semble se dissoudre peu à peu grâce à diverses initiatives géopatrimoniales, dans un but de conservation et de valorisation des sites (Reynard et al., 2011). En particulier, on a vu récemment se multiplier les offres géotouristiques dans les Alpes (Cayla, 2009). Il est intéressant d'observer la trajectoire patrimoniale (Portal, 2010) de certaines formes, comme les blocs erratiques ou les cascades, autrefois valorisées puis tombées dans l'oubli, qui retrouvent une nouvelle visibilité au delà du cercle des spécialistes. Les valeurs que la société attribue aux objets varient en effet avec le temps (Reynard, 2004c).

Les initiatives de promotion du géopatrimoine devraient renforcer cette évolution des points de vue du public par une médiation ciblée sur les valeurs des objets, en insistant en particulier sur leur valeur scientifique. Celle-ci reste en effet souvent au second plan dans l'attachement du public à certains sites, dans l'appréciation de leur importance patrimoniale. Le Cervin, Aletsch, Uluru ou le

Grand Canyon sont des sites patrimoniaux très connus et appréciés pour leur aspect grandiose, extraordinaire et symbolique, mais où est passée la valeur scientifique dite « centrale » par les scientifiques ?

Etendre le concept de géosite au-delà de la communauté des spécialistes implique aussi que sa définition intègre plus largement les valeurs non scientifiques : les dimension esthétique, culturelle ou identitaire sont essentielles. Par ailleurs certains critères participant à définir la valeur scientifique, comme la rareté ou l'intégrité, ont une portée dépassant le domaine académique.

Les initiatives de valorisation des géomorphosites se sont multipliées ces dernières années, non seulement à l'échelle locale, mais aussi à l'échelle internationale, avec la mise en réseau de spécialistes et la définition d'objectifs de recherche et d'application (Reynard, Coratza, & Regolini-Bissig, 2009b, 2009c; Giusti, 2010). Ces objectifs mettent en avant le rôle de l'éducation et du contexte touristique, en particulier dans les géoparcs. Mais les applications concrètes de ces principes se concentrent sur la valorisation des connaissances géomorphologique : faire connaître un site et ses particularités. Cet aspect est bien entendu positif et nécessaire, mais ne vise pas directement l'objectif principal : faire des géosites des unités d'un géopatrimoine adopté et défendu par le plus grand nombre. Plus d'efforts devraient selon nous être faits pour **centrer la médiation sur les valeurs patrimoniales** – expliquer pourquoi tel site a de la valeur pour tout un chacun et pourquoi il doit être conservé – et prendre en compte l'appréciation qu'en ont les non-spécialistes, habitants du lieu ou touristes de passage.

3.2.2. Caractéristiques visuelles et valeur esthétique

Certaines caractéristiques particulières distinguent les géomorphosites des autres géotopes ou des objets du patrimoine culturel et artistique. Reynard (2004a, 2009a) en identifie trois : l'esthétique, la dynamique et l'imbrication des échelles. Nous avons déjà discuté dans ce chapitre des multiples dimensions temporelles et spatiales qui caractérisent l'ensemble des objets de la géomorphologie, donc également les géomorphosites. L'aspect esthétique et, plus généralement, les caractéristiques visuelles des sites géomorphologiques requièrent une attention particulière pour qui cherche à les aborder à l'aide de médias visuels.

La visibilité des sites géomorphologiques

La perception par la vue des objets de la géomorphologie transparait souvent dans les définitions mêmes de cette science: « *Geomorphology is concerned with the units on the Earth's surface that are genetically linked to the **relief that can be observed at the present time*** » (Panizza, 1996 – nous soulignons). Comme on l'a vu, la discipline est fondamentalement attachée à l'observation visuelle directe, sur le terrain, mais aussi indirectement, par l'analyse de cartes, de photographies aériennes ou satellitaires, etc.

Cependant, la visibilité des formes du relief n'est pas un caractère continu, mais discret. Elle est en effet conditionnée par les obstacles naturels (relief environnant, végétation) et anthropiques (bâtiments) entre le site et l'observateur. Par conséquent, la visibilité permet de différencier, comparer et évaluer des sites (voir par exemple la méthode d'évaluation de Coratza & Giusti, 2005). Ce paramètre peut être modélisé et cartographié. Il se traduit pour chaque site en une valeur numérique, en fonction soit du nombre de points de vue (Brossard & Wieber, 1984) soit de l'aire (Rivas et al., 1997) d'où ce site est visible. Pour évaluer l'importance paysagère des formes du relief, Grandgirard (1997c) propose de prendre en compte, outre les points de vue, l'étendue et le développement vertical des formes, leur position (dominante ou dominée) et leur contraste (surtout de couleur) avec l'environnement.

Il faut se garder cependant de considérer la visibilité comme un caractère purement physique et mesurable. L'observateur ne voit pas le relief dans sa réalité objective, mais à travers un filtre perceptif (Brossard & Wieber, 1984), à l'instar du paysage. Ce filtre peut même empêcher de voir certains éléments s'ils ne correspondent pas aux attentes de l'observateur (Giordan & Vecchi, 1990). Ainsi :

*On perçoit un paysage en fonction d'un vécu, d'un langage, de ses sens.
[...] Les lectures subjectives ne sont pas moins authentiques. Elles
répondent à d'autres logiques que le géographe ne doit pas feindre
d'ignorer.*

(Clément, 1994)

En étudiant la perception du relief par différentes catégories de personnes, on a pu montrer que certaines formes du relief sont universellement identifiées, tandis que d'autres restent invisibles. L'influence cumulée de facteurs naturels et personnels permet en partie d'expliquer ces différentes perceptions (Regolini-Bissig, 2011; Regolini-Bissig & Martin, 2012). La sélection d'objets à utiliser pour la médiation devrait se baser sur une analyse non seulement de la visibilité objective, mais également, grâce à des enquêtes, de la visibilité subjective de ces objets.

Certains points de vue ou « lieux panoramiques » se distinguent par une visibilité étendue. Ils peuvent être également considérés comme lieux d'intérêt géomorphologique (Pereira, 2006) puisqu'ils donnent accès, par le regard, à une variété de géomorphosites dans le sens classique du terme. Ces lieux revêtent une importance particulières pour la médiation *in situ* de la géomorphologie.

La prédominance du caractère visuel des objets géomorphologiques est un grand avantage dans le cadre de la médiation. La visualisation des formes et processus n'est en effet pas un exercice basé sur les seules capacités d'imagination et d'abstraction de l'observateur, contrairement à la représentation de données statistiques ou même une coupe géologique. Au contraire, le support de médiation devrait permettre à l'observateur de faire des allers retours, parfois

différés, entre une réalité connue et visible et le média qui décrit ou explique cette réalité.

En outre, en partant d'objets géomorphologiques visibles, on peut aborder d'autres réalités cachées, comme la géologie ou le climat. Les formes sont souvent utilisées dans une démarche didactique visant à expliquer la géologie sur le terrain :

*[...] la géomorphologie offre une véritable porte d'entrée sur la géologie, comme nous l'ont confirmé de nombreux accompagnateurs en montagne. Ainsi, à cause de l'apparente difficulté d'approche de la géologie et de l'évidente présence de formes dans le paysage, une stratégie de vulgarisation consiste à **parler d'abord du modelé directement visible**, pour en arriver à l'explication des roches sous-jacentes et de leur mode de mise en place.*

(Pralong, 2003 – nous soulignons)

*...landforms and scenery are perhaps **more easily appreciated by untrained eye** than any other component of geo-heritage. Consequently, their educational potential as of a window into both the Earth's past and forces that shape the planet today is higher than that of rocks themselves.*

(Migon, 2009a – nous soulignons)

Ce qui est réalisé de cette manière sur le terrain peut être reproduit par des outils de visualisation. Pour transmettre une information *a priori* invisible – comme l'histoire géologique –, on peut rendre visible ses traces extérieures. Le média utilise et renforce ainsi deux liens essentiels dans ce processus de communication : premièrement, le lien entre la réalité du terrain et sa représentation virtuelle et, deuxièmement, le lien entre ce qui est visible (l'objet) et ce qui est invisible (l'explication, les causes, la structure, etc.).

L'esthétique, une qualité insaisissable

L'aspect esthétique et grandiose de certaines formes du relief est régulièrement signalé comme un facteur d'attraction et d'émerveillement (Goudie, 2002), un argument pour leur statut de patrimoine mondial (Migon, 2009a) ou encore une caractéristique essentielle des géomorphosites (Reynard, 2009a). Cela contredit Dagognet (1982) qui, citant Baudelaire, souligne qu'« un site naturel n'a jamais de qualité esthétique en soi, mais n'a de valeur que le sentiment que l'artiste sait y mettre ». Cette contradiction est inhérente à toute approche de l'esthétique, ce qui explique que, malgré plusieurs siècles de philosophie et bientôt 150 ans de psychologie expérimentale, on ne sait toujours pas définir ce qui fait le caractère esthétique d'un objet.

Deux approches de l'esthétique

On peut distinguer deux manières d'approcher le sujet (Hetherington, 1992). L'**approche spéculative**, qui recherche les lois philosophiques ou les normes artistiques de l'esthétique, reflète au final surtout l'opinion personnelle de l'auteur sur ce qui est beau ou pas. Les analyses esthétiques basées sur un avis d'expert reposent sur ce type d'approche. L'**approche empirique** relève plutôt de la psychologie : il s'agit de comparer l'appréciation esthétique donnée par un groupe d'individus sur divers objets (par exemple une série de paysages) et les caractéristiques de ces objets (naturalité, présence d'eau, diversité) ; on tente ensuite d'en induire des principes universels de la qualité esthétique : diversité (Hipple, 1957), sentiment de sécurité (Appleton, 1975) ou impression d'y trouver du sens (Kaplan & Kaplan, 1982).

Ces théories peinent cependant à dépasser le cadre spécifique de la méthode d'analyse utilisée (pour une revue critique, voir Hetherington, 1992) ; leurs résultats sont difficiles à transférer dans une méthode d'évaluation car ils sont par exemple souvent liés à des vues ponctuelles, donc difficilement cartographiables (Brown, Keane & Kaplan, 1986). Pour dépasser cet obstacle, il a été tenté de mettre en relation un modèle théorique sur la préférence des paysages (Kaplan, 1979) avec certains éléments physiques du paysage qui correspondent aux catégories du modèle (Brown, Itami & King, 1979) (tabl. 3.6).

	Making sense	Involvement
Land-form (3D)	<i>Legibility :</i> Slope + Relative relief	<i>Mystery :</i> Spatial diversity + Relief contrast
Land-cover	<i>Coherence :</i> Naturalism + Compatibility	<i>Complexity :</i> Height contrast + Internal variety

Tabl. 3.6 : Modèle mettant en lien les éléments physiques du paysage avec les catégories (en italique) de préférence paysagère selon Kaplan (1979).

Brown et al. (1986) ont pu montrer que le classement de divers paysages obtenu par ce modèle correspond à celui obtenu par enquête classique auprès du public. Cette validation peut encourager l'intégration des éléments proposés dans l'évaluation de la valeur esthétique des géomorphosites.

Esthétique et conservation de la nature

Comme la visibilité, le caractère esthétique des formes du relief et des paysages a joué, en Suisse comme ailleurs, un rôle moteur dans le développement des politiques de conservation (par exemple Le Dinh, 1992). Aujourd'hui, des critères plus rationnels guident les mesures de protection et les classements des sites : biodiversité, réseau écologique, intérêt scientifique. L'esthétique reste cependant au cœur de la législation européenne, fédérale et cantonale de protection de la nature, preuve de l'importance de ce critère.

Par exemple, dans le préambule à la convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (Convention de Berne, 1979), on

peut lire que « la flore et la faune sauvages constituent un **patrimoine naturel d'une valeur esthétique**, scientifique, culturelle, récréative, économique et intrinsèque, qu'il importe de préserver et de transmettre aux générations futures ». Un des buts de la loi sur la protection de la nature, des monuments et des sites du canton de Vaud (LPNMS, 1969) est « de ménager l'aspect caractéristique du paysage et des localités, les sites évocateurs du passé et les **beautés naturelles** » (article 1, but, al. 1b). Cette loi s'applique à « tous les objets immobiliers, soit tous les territoires, paysages, sites, localités, immeubles qui méritent d'être sauvegardés en raison de **l'intérêt général, notamment esthétique**, historique, scientifique ou éducatif qu'ils présentent » (article 4, définition, al. 1).

Plus concrètement, on constate qu'il est toujours plus facile de mobiliser la population pour protéger un panda qu'une espèce d'araignée, un lac de montagne plutôt qu'un cône d'éboulis. L'importance de l'esthétique ne peut donc pas être négligée dans la conservation du patrimoine géomorphologique. Cependant, son caractère relatif et sa non concordance avec la valeur scientifique des objets incitent à la prudence.

Médiation visuelle et esthétique

Les outils de visualisation permettent d'agir artificiellement sur la mise en évidence des formes, la lisibilité, le contraste ou de multiplier les points de vue, tout en conservant, si nécessaire, une grande part de l'apparence naturelle de l'objet (à l'exemple d'une photographie). Souligner ou révéler ainsi l'esthétique de certains objets peu visibles ou moins connus du public pourrait contribuer indirectement à une meilleure conservation de ceux-ci.

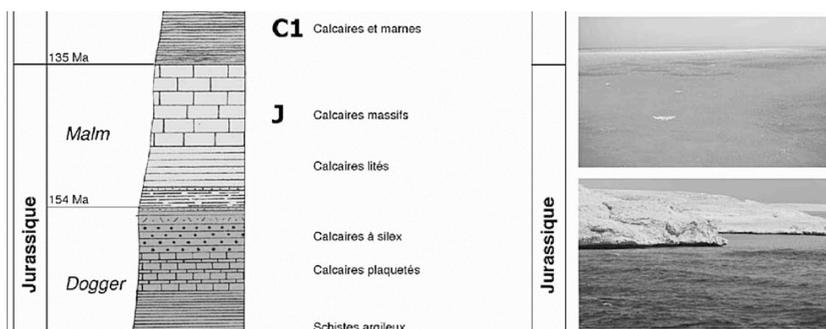


Fig. 3.4 : Exemple d'utilisation de vues esthétiques dans un produit géotouristique (stratigraphie de Lugeon & Argand, 1937; Schlup & Marthaler, 2009).

Comme on l'a vu, la dimension esthétique des éléments paysagers joue un rôle attractif indéniable et fait de certains sites des archétypes : le glacier d'Aletsch, les chutes d'Iguaçu, la baie d'Ha Long ou le volcan Mauna Loa en sont des exemples. En faisant mention de ces sites phares dans une communication sur un site comparable mais d'envergure locale, on transmet à ce dernier une part de leurs valeurs positives : imaginaire lié aux vacances, à la nature sauvage, à l'extraordinaire ou à l'exotisme. Ce procédé se rencontre fréquemment dans les produits géotouristiques (Pralong, 2006b) et permet de valoriser par comparaison

un objet peu esthétique ou invisible : une coupe stratigraphique du domaine helvétique sera par exemple associée à des photographies d'atolls et de récifs coralliens (fig. 3.4). L'esthétique d'un site constitue donc un apport positif, non seulement du point de vue de l'industrie touristique, mais aussi de la démarche de médiation.

3.2.3. Valeur éducative, une notion à discuter

Il serait intéressant de pouvoir appuyer la médiation de la géomorphologie d'une région sur quelques sites particulièrement adaptés à une telle démarche. C'est un des objectifs poursuivis par les méthodes d'évaluation des géomorphosites intégrant une valeur éducative ou didactique (Bruschi & Cendrero, 2005; Serrano Cañadas & González-Trueba, 2005).

La dimension éducative des géomorphosites est parfois intégrée aux valeurs intrinsèques (Panizza, 2001) et même à la valeur scientifique, centrale (Zouros, 2005). Pourtant, il s'agit clairement d'une valeur d'usage, au même titre que la valeur touristique ou économique. Toutes partagent une difficulté fondamentale d'évaluation car l'usage n'est pas toujours présent. Lorsqu'il existe, on peut relativement aisément en évaluer l'ampleur, la qualité ou les retombées économiques directes. Mais s'il n'existe aucun, est-ce un manque ou une plus-value, par exemple pour l'intégrité du site ? Il serait préférable d'évaluer les valeurs d'usage dans une approche spécifique (fig. 3.3) dans laquelle les objectifs de l'évaluation sont prédéfinis : veut-on obtenir un inventaire des sites préservés, des sites valorisés ou des sites ayant un fort potentiel de valorisation ?

Si certaines méthodes inventorient simplement la présence d'activités ou de produits de vulgarisation (Bruschi & Cendrero, 2005; Pereira, 2006; Pralong, 2006b), d'autres se basent sur divers critères liés au site – et donc faciles à évaluer – pour définir la valeur éducative (par exemple Migon, 2010). Les critères choisis pour ces méthodes le sont plus pour des raisons pratiques que pour leur capacité à cerner cette valeur éducative, notion qui reste malheureusement indéfinie. Selon la conception globale de la médiation que nous avons adoptée, il n'est pas possible de l'évaluer sur la seule base des caractéristiques physiques du site. Nous considérons que l'emploi dans ce contexte du terme éducatif ou didactique est abusif et que ces méthodes évaluent plutôt, quoique très partiellement, un certain potentiel pour valoriser le site (géotourisme, sorties scolaires).

Tout géosite, puisqu'il possède par définition une grande valeur scientifique, esthétique ou culturelle, a une certaine valeur éducative. Dès lors, l'évaluation du potentiel éducatif des sites n'a d'intérêt que si elle aide à définir pour quoi, pour qui et comment ce potentiel peut être exploité.

Par défaut, dans un inventaire général, une approche qualitative est à privilégier, par une description libre (p. ex. Reynard et al., 2007) ou guidée par quelques questions (p. ex. Duarte, 2004). Nous préconisons plutôt d'appliquer une méthode d'évaluation spécifique à cet aspect – comme d'ailleurs pour les autres

valeurs d'usage – qui permet d'obtenir des résultats précis et applicables dans un objectif prédéfini. Le tableau 3.8 présente quelques propositions à titre d'exemple, mais la question mériterait d'être approfondie.

Approche	Message	Support	Public
Intégrale (inventaire)	Quels types de message (ou quel grand thème) le site permet-il de développer facilement?	Quels sont les documents existants qui décrivent et expliquent le site ?	A quels publics le site est-il adapté (niveau de complexité, accessibilité) ?
		Quels sont les meilleurs points de vue ?	
Spécifique (évaluation)	Le site présente-t-il des objets particulièrement adaptés et contribuant au message choisi ?	Le site est-il facile à représenter sur le média choisi (taille, complexité, détail) ?	Le site est-il accessible (transport) et compréhensible pour le public-cible ?
		Nécessite-t-il une valorisation ex-situ (car inaccessible, ...) ?	

Tabl. 3.8 : Propositions pour intégrer le potentiel éducatif des sites dans l'inventaire (approche intégrale) et l'évaluation (approche spécifique, cf. fig. 3.3).

3.2.4. L'inventaire : un outil au service de la médiation ?

Dans la pratique de la médiation, la pertinence de la notion de géomorphosite ou de géosite s'exprime dans deux cas de figure. Premièrement, la notion même de géosite, ou du moins la dimension patrimoniale qu'elle exprime, peut être placée au centre de la médiation. Dans ce cas, elle n'est pas une donnée de départ, mais le **but visé** par la démarche : au public, par exemple, de « jouer à l'expert » et de mener le travail d'inventaire et d'évaluation pour prendre conscience de la valeur du site visité. Deuxièmement, le concept de géosite peut être mobilisé comme un **outil de planification** pour développer une démarche de médiation. Dans un parc par exemple, l'inventaire des géosites offre une sélection rigoureuse de sites présentant un fort intérêt scientifique et un bon état de préservation autour desquels plusieurs offres de visite peuvent être proposées. Cela implique d'utiliser une méthode d'inventaire et d'évaluation adaptée aux différents usages que l'on veut en faire. La situation paraît simple, mais ce second cas de figure soulève quelques questions problématiques : une question de définition et une question d'échelle.

Une question de définition

Un géosite se définit, on l'a vu, par une valeur scientifique centrale et diverses valeurs additionnelles et d'usage. Or, selon l'objet, le message ou le public, la valeur scientifique peut se révéler très secondaire dans le choix des sites adaptés à la médiation au profit, par exemple, de critères plus pratiques, comme l'accessibilité et la visibilité, ou plus généraux, comme la valeur culturelle ou

esthétique. On peut très bien imaginer, pour une médiation portant sur l'érosion régressive, choisir sur un cours d'eau local une cascade ni belle, ni rare, ni d'importance scientifique, culturelle ou écologique. Rien n'indique pour l'heure que cette médiation ne contribue pas tout autant à développer une vision patrimoniale sur le relief qui nous entoure et sa dynamique qu'une démarche similaire basée sur les chutes du Rhin, site inscrit à l'inventaire des géotopes suisses.

Dans sa définition courante, le concept de géosite n'est donc pas indispensable pour le développement d'une démarche de médiation. Il demeure toutefois un outil pertinent dans de nombreux cas, en particulier lorsque la valeur scientifique joue un rôle central : médiation auprès de spécialistes ou d'amateurs éclairés, sélection de sites rares et préservés.

Une question d'échelle

L'autre problème posé par l'application du concept de géosite est sa totale indépendance scalaire : la surface du site ne joue aucun rôle dans la définition. Le rapport entre le géosite et la zone couverte par le produit de médiation peut donc varier fortement. Il existe des produits de valorisation géotouristique qui relient plusieurs géosites, d'autres qui se basent sur la visite d'un site unique, tandis que d'autres encore couvrent seulement une partie d'un vaste géosite, souvent de type complexe, comme un système (Grandgirard, 1997a) ou un paysage géomorphologique (Reynard, 2004a).

D'un cas à l'autre, on ne peut faire un usage identique de l'outil d'inventaire. Ce dernier se révèle particulièrement utile à la planification d'activités de valorisation à l'échelle régionale, à l'exemple d'un parc (Genoud, 2008; Perret & Reynard, 2011) ou d'une vallée (Kozlik, 2006; Maillard & Reynard, 2011), lorsque plusieurs sites sont concernés. Le passage de l'échelle cantonale à celle d'un parc régional n'oblige pas à modifier l'approche (Reynard, 2004d). En revanche, dans le cas d'un site unique ou d'une portion de site, réaliser un inventaire de détail conduit à un découpage artificiel de l'espace. Cette fausse précision ne présente qu'un faible intérêt par rapport à l'évaluation de la valeur de l'ensemble du site, celle-ci correspondant très bien à la somme de chacune des parties. Une analyse fine à l'intérieur d'un géosite de grande taille devrait plutôt se baser sur des paramètres objectifs spécifiques à la médiation, par exemple à l'aide d'une carte des thèmes, des points de vue, de l'accessibilité ou de la visibilité.

3.2.5. Synthèse : médiation de la dimension patrimoniale

Les géomorphosites sont des objets géomorphologiques physiques auxquels on attribue **différentes valeurs** qui les distinguent du relief environnant comme les valeurs scientifique, culturelle, écologique, etc. Par ce biais, ces objets deviennent un **patrimoine** qu'il s'agit de préserver. La liste de ces valeurs, les critères choisis pour les évaluer et les cercles habilités à les conférer restent sujets à discussion.

La **valeur scientifique** de ces géomorphosites, centrale dans leur définition, est pourtant rarement perçue par le public. Une médiation soutenant la patrimonialisation devrait donc se fixer comme objectif de faire comprendre également aux non-spécialistes ce qui fait fondamentalement la valeur de ces sites.

A l'inverse, les géomorphosites possèdent des caractéristiques qui peuvent être mobilisées au service de la médiation. En particulier, le public est souvent attiré par l'**esthétique** du site : aspect grandiose, extraordinaire ou mystérieux. Il est ainsi possible de l'amener progressivement à découvrir des aspects moins visibles ou attrayants à l'aide de moyens visuels, par analogie ou mise en évidence de certains aspects cachés de l'objet.

On fait souvent l'amalgame entre la valorisation de la géomorphologie, la valorisation des objets de la géomorphologie (tels que définis plus haut) et la valorisation des géomorphosites. Même s'ils sont en partie liés, il s'agit d'objectifs de médiation bien différents.

La **valorisation de la géomorphologie** vise avant tout à promouvoir cette discipline scientifique auprès du public, faire connaître et comprendre l'utilité du travail des géomorphologues (voir par exemple Migon, 2009a). Dans cet objectif, la médiation pourrait par exemple montrer les liens entre la géomorphologie et les autres sciences naturelles ou mettre le visiteur dans la peau d'un géomorphologue chargé d'analyser un relief.

La **valorisation des objets de la géomorphologie**, que l'on peut assimiler à la vulgarisation géomorphologique (Sellier, 2009), est certainement la plus appliquée. L'objectif est ici de transmettre un savoir, de donner à comprendre les formes du relief, leur évolution, en bref : enseigner la géomorphologie à des non-spécialistes. Au cœur de la démarche se trouve un message choisi en fonction du site et du public et rattaché à certains objets physiques (formes, processus) ou théoriques (concepts, approches) qu'il s'agit d'expliquer. Nous reviendrons abondamment par la suite sur ce type de médiation.

Enfin, la **valorisation des géomorphosites** vise un but plus lointain : initier ou renforcer le processus de patrimonialisation d'objets géomorphologiques auprès d'un public de non-spécialistes. Dans ce sens, la médiation s'appuie bien entendu sur l'explication des objets concernés : difficile de parler de la valeur scientifique d'un bloc erratique si le public ne sait pas de quoi il s'agit. Cela ne suffit cependant pas : valoriser les géomorphosites ou le géopatrimoine implique de faire comprendre au public ce qui fait fondamentalement la valeur d'un site particulier. La médiation doit se focaliser sur la dimension patrimoniale du site, non sur l'explication de ses composantes géomorphologiques. Il semble que cette étape est rarement franchie dans les offres géotouristiques actuelles, malgré l'usage régulier de termes comme patrimoine ou géosite.

Pour résumer, l'approche épistémologique, liée aux objets de la géomorphologie, soutient l'approche patrimoniale et est nécessaire à la valorisation des géomorphosites. La valorisation des objets de la géomorphologie (vulgarisation)

peut par contre s'exercer indépendamment des concepts de géopatrimoine ou de géomorphosite. Ces deux types d'approche peuvent en outre contribuer indirectement à valoriser auprès du public la géomorphologie elle-même en tant que discipline scientifique.

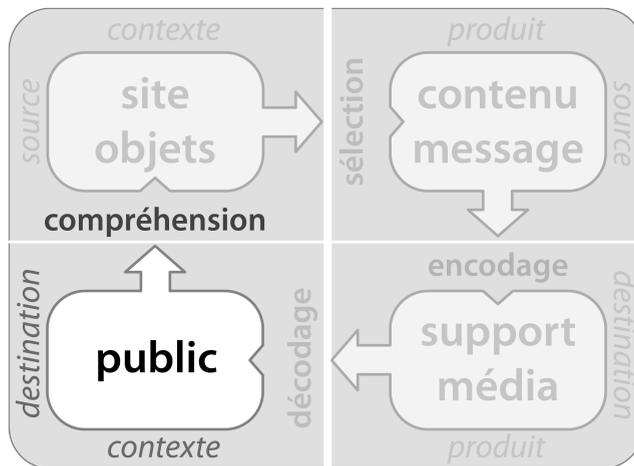
4. Les publics potentiels de la médiation

Les grandes Alpes, heureusement, ne sont plus aujourd'hui l'apanage exclusif du savant ou du téméraire ; plus d'un obscur mortel, désireux d'en fouler les parvis glacés, y parvient aisément, sans trop de risques, et réalise encore mieux ses plans modestes que l'homme de science, exposé dans ses recherches à mille chances d'insuccès.

(Maquelin, 1866)

Ce chapitre tente de mieux cerner qui sont les destinataires de la médiation. Nous passons en revue les différentes informations qu'il est possible d'obtenir sur le public : catégories démographiques, intérêts et connaissances, conceptions (section 4.1). Nous verrons ensuite comment et pourquoi s'adresser au public (section 4.2) avant d'explorer plus particulièrement la réception et les usages de médias numériques parmi les publics du géotourisme (section 4.3).

En bref, ce chapitre traite de l'axe « Public » de la médiation, ou à qui s'adresse la médiation dans le cadre du géotourisme (fig. 4.1).



A QUI ?

Fig. 4.1 : Axe de la médiation traité par le chapitre 4.

4.1. Les publics du géotourisme

L'axe de la médiation abordé dans ce chapitre est certainement le moins connu et le plus difficile à cerner. Le public demeure souvent une entité mouvante, qui change selon les lieux et les situations, et qui ne se laisse approcher qu'après des enquêtes laborieuses et souvent peu gratifiantes pour le chercheur. Cela explique la dispersion et souvent la superficialité des données à disposition, sauf peut-être en muséologie. Malgré ces difficultés, le public demeure au cœur de toute démarche de médiation ; son importance ne peut donc ni ne doit être négligée.

4.1.1. La portée limitée des caractéristiques démographiques

Il est très courant de distinguer les publics en terme d'âge ou de sexe. De telles données sont en effet faciles à récolter lors d'une enquête. Mais quel en est l'intérêt pour adapter le contenu ou la forme de la médiation ?

Hommes et femmes

Des différences entre le public masculin et le public féminin sont régulièrement mentionnées. Par exemple, du point de vue des **pratiques de loisir** en extérieur, une enquête le long de la rivière Savannah (Burger et al., 1998) montre que les hommes aiment la chasse, la pêche, la randonnée et le camping, tandis que les femmes préfèrent la photographie. Une autre étude, portant sur la pratique de la randonnée en Suisse (Lamprecht, Fischer & Stamm, 2009), indique que les femmes sont un peu plus nombreuses que les hommes à pratiquer la marche en général, mais toutefois moins en montagne.

L'usage des cartes accompagnant la randonnée et les préférences en terme de design fournit d'autres exemples de différences. Comme fond de carte, les femmes préfèrent les photos aériennes et les hommes les cartes topographiques (Regolini-Bissig, 2011). De plus, les femmes – comme d'ailleurs les gauchers ! – s'orientent mieux avec une vue en relief (2,5D) de la région qu'avec une carte en deux dimensions (Schobesberger & Patterson, 2008).

De telles différences seraient certainement relevées pour tous les axes de la médiation (contenu, forme, support), sur une infinie variété de combinaisons. Mais quelle application pratique peut-on trouver à ces résultats ? On imagine mal réaliser pour un même produit de médiation une version pour les femmes et une autre pour les hommes, le public étant souvent formé de couples et de familles. L'effet positif de l'adaptation au sexe du visiteur serait certainement annulé par l'incompréhension, voire le rejet d'une telle ségrégation par la majorité du public.

Enfants et adultes

Piaget (1923; 1969) a identifié chez l'**enfant** des stades de développement psychologique relativement réguliers qui permettent de proposer pour chaque âge une pédagogie adaptée. Comme exemple appliqué à la géographie, on peut citer l'apprentissage de la lecture de carte (Downs, Liben & Daggs, 2009). Au

delà de l'adolescence, l'évolution individuelle ne se laisse plus catégoriser, sans bien sûr qu'elle ne cesse pour autant. L'éducation des **adultes** – connue aussi sous le terme mal choisi d'andragogie – utilise une approche différente de la pédagogie (Knowles, 1973) : l'apprentissage est moins passif qu'en milieu scolaire car l'envie est forte de se cultiver ou d'atteindre un certain accomplissement personnel ; l'éducation pour adultes donne une grande indépendance à l'apprenant et une importance centrale aux expériences personnelles ; les adultes sont motivés à apprendre parce que et si cela leur permet de mieux gérer des situations quotidiennes :

Si bon nombre de travailleurs font l'effort de se former tout au long de leur existence, ils veulent alors acquérir des savoirs formels directement utiles, c'est-à-dire sélectionnés en fonction de contraintes et de besoins propres à chaque milieu professionnel. Aussi, les besoins de chacun en la matière sont spécifiques.

(Rasse, 2001)

En situation d'éducation non formelle, les enfants se montrent souvent plus curieux, attentifs et intéressés que les adultes (Tilden, 1957; R. L. Davis, 2002). A la suite de Rasse (2001), on peut faire l'hypothèse qu'« en dehors des situations professionnelles ou scolaires obligées, les gens refusent le rapport dissymétrique de domination maître / élève qui sous-tend la communication dans le musée », comme dans la majorité des sentiers à thèmes et visites guidées. La solution est double : (1) briser l'aspect scolaire de ces produits et situations de médiation et (2) présenter un contenu suscitant la curiosité des adultes également et répondant à certaines interrogations personnelles ou à une envie de se cultiver.

4.1.2. Attentes, intérêts et conceptions des visiteurs

Les attentes générales des visiteurs par rapport aux prestations touristiques sont diverses et évoluent dans le temps (Pralong, 2006b). On retiendra les actuels 3 R proposés par Rochette (2002) : ressourcement, rupture et retrouvailles. Par conséquent, les offres visant à apprendre ou à se cultiver, comme le géotourisme et le tourisme culturel en général, ne s'adresseront toujours qu'à des niches (Bergery, 2003), et non pas à la majorité des touristes.

Ce public de niche est certainement restreint en nombre, mais demeure très diversifié. Pour mieux l'appréhender, diverses catégories ont été proposées, non pas basées sur des critères démographiques, mais sur l'intérêt et le degré de spécialisation des personnes (Hose, 1994, 1998; Keene, 1994; Origet du Cluzeau, 1998; Cayla, 2009). Le tableau 4.1 présente quatre typologies ; les catégories sont classées de haut en bas selon le niveau de connaissance du public concerné.

Hose	Cayla	Keene	Origet du Cluzeau
Les géoscientifiques	Les scientifiques et les sociétés savantes	Les groupes éducatifs : écoles, universités, groupes d'adultes	Les spécialistes d'un thème (monomaniaques)
Les amateurs en géosciences	Les scolaires	Non-spécialistes intéressés et recherchant l'information	Les personnes aimant tout ce qui touche à la culture (boulimiques)
Les étudiants	La population locale	Méditatifs ne recherchant pas l'information	Public d'occasionnels et de curieux
Le grand public	Le grand public	Le grand public	

Tabl. 4.1 : Typologies des publics du géotourisme ou tourisme culturel. Modifié de Berrebi (2006).

On peut regretter, à la suite de Pralong (2006b), que la plupart des typologies intègrent une catégorie indéfinie, nommée « **grand public** », qui laisse dans l'ombre la majorité des personnes, sans éclairer leurs motivations ni leurs attentes. Même s'il a été répété que le grand public n'existe pas (Reynard & Berrebi, 2008), on constate dans la pratique que la plupart des produits visent explicitement le grand public. Est-ce par volonté de démocratiser la culture et la science ? Ou par peur de se couper d'une part de la clientèle ? Plus probablement, il s'agit d'une manière facile d'éviter la question du public, partenaire insaisissable de la médiation, et celle de l'adaptation du contenu et du message à son destinataire.

La typologie d'Origet du Cluzeau (1998) se révèle pourtant « fort utile » pour adapter l'offre au public car « elle semble correspondre à une réalité en terme de groupes cibles » (Pralong, 2006b). Les caractéristiques de chaque type guident le choix des approches à privilégier pour la médiation (tabl. 4.2).

Spécialistes et non-spécialistes

Le groupe des **spécialistes** englobe tant les géoscientifiques, les amateurs des sciences de la Terre et les étudiants du domaine. C'est un public qui n'a pas besoin d'être convaincu et qui, par son niveau de connaissances, peut dépasser la plupart des faiblesses didactiques ou communicationnelles. Adapter un produit de médiation à ce type de public n'est donc pas forcément nécessaire en terme d'efficacité éducative, malgré un gain certain en plaisir et en confort : un ouvrage scientifique est toujours plus agréable à consulter quand il est clair, structuré et bien illustré.

Il n'en va pas de même pour les **non-spécialistes**, qu'ils soient boulimiques de culture ou amateurs occasionnels de découvertes (tabl. 4.2). Ces personnes sont activement ou occasionnellement demandeuses d'information, mais n'ont ni les connaissances ni l'intérêt *a priori* pour se plonger dans la littérature scientifique. La médiation vise justement à créer ou favoriser ce lien entre connaissances

spécialisées et public non-spécialiste. Encore faut-il adapter forme, message et contenu aux attentes de l'un ou de l'autre type de public.

Types de public	Spécialistes monomaniques	Boulimiques de culture	Occasionnels et curieux
Caractéristiques	Très motivés, déjà conquis ; bonnes connaissances, souvent focalisées sur un sujet	Potentiellement intéressés, à condition d'être convaincus de l'intérêt culturel du sujet	Majoritaires sur les sites touristiques ; plus soucieux de divertissement que de savoir
Approches pour la médiation	Public satisfait par la littérature spécialisée	Approches historiques et culturelles, intégratives	Approches suscitant la curiosité et jouant sur les émotions et les sensations

Tabl. 4.2 : Caractéristiques des types de public et approches à privilégier pour la médiation (Origet du Cluzeau, 1998; Pralong, 2006b).

Le contenu proposé aux **boulimiques de culture** doit dépasser le champ restreint de la géomorphologie. Cela nécessite de créer des liens avec d'autres disciplines et intégrer les dimensions culturelles d'un site. On peut mobiliser des concepts intégratifs comme le paysage, la géohistoire (Panizza, 2003) ou l'histoire totale (Pralong, 2004). Mais il n'est pas pertinent de faire de la médiation culturelle pour tous et partout. Particulièrement dans les sites vus comme naturels, la demande pour du contenu culturel se révèle très limitée (Ryan, 2002; Ryan & Pike, 2003; Carr, 2004). Quoiqu'il en soit, le dépassement des limites d'une seule discipline répond à un désir clairement exprimé par les visiteurs (Pralong, 2006b). Il est aussi favorable au contexte d'apprentissage : celui qui apprend doit se sentir concerné et trouver un intérêt dans ce qu'il apprend (Giordan & de Vecchi, 2010).

Les **occasionnels et curieux** sont en quelque sorte le « grand public » de la typologie d'Origet du Cluzeau (1998) : ce type de public forme la majorité des touristes et visiteurs. Leur définition est cependant plus précise. Il s'agit de personnes venues sur un site « pour voir », sans intention d'apprendre et peut-être sans savoir réellement à quoi s'attendre, par curiosité. Il est donc nécessaire de capter leur attention et de créer chez eux l'envie de découvrir un sujet. Pralong (2006b) conseille de jouer sur les émotions et les sensations : comparaisons surprenantes ou exotiques, en évoquant par exemple les récifs coralliens pour parler du calcaire Urgonien. Pour la même raison, ce public sera particulièrement sensible aux aspects ludiques et interactifs de la médiation.

Autres catégories pertinentes

La typologie d'Origet du Cluzeau (1998), basée sur les attentes et les connaissances du public, fournit un cadre utile pour la définition du contenu et de sa mise en forme. Cependant, la conception d'un produit de médiation se base sur bien d'autres aspects du public : capacité physiques, connaissances des

lieux, intensité et modalités de la pratique de randonnée (tabl. 4.3). Selon que l'on doit définir le contenu, sa forme, l'itinéraire ou le support de la médiation, on se basera sur telle ou telle typologie (S. Martin et al., 2010).

On a vu que l'âge – entre autres – influence les **capacités cognitives** : à cinq ans, un enfant n'appréhende pas la réalité de la même manière qu'à douze ou quinze ans. Mais l'âge modifie aussi les **capacités physiques** (force, endurance, sens de la vue ou de l'ouïe). Aux deux extrêmes de la vie, le choix d'un itinéraire sûr et de difficulté modérée est primordial. Les capacités physiques varient aussi entre les individus indépendamment de l'âge. Adapter un produit de médiation aux enfants, aux personnes âgées, aux familles ou à divers types de handicap implique de réfléchir non seulement à l'itinéraire, mais également à la manière de transmettre l'information et d'offrir à chacun une expérience confortable et enrichissante.

Autre caractéristique importante, l'expérience des visiteurs revêt deux aspects. D'une part, l'**expérience de la pratique** (par exemple celle la randonnée en montagne), qui dépend de la fréquence et de l'intensité à laquelle l'activité est pratiquée, influence le comportement des visiteurs, leur capacité à s'orienter, à évaluer le danger, mais également leur connaissance du milieu (faune, flore, géologie et géomorphologie). Ces différences conditionnent particulièrement la forme et le contenu des aides à l'orientation fournies au visiteur.

D'autre part, l'**expérience du lieu**, qui distingue les habitants des touristes, implique la connaissance des particularités et histoires locales, des lieux-dits, mais aussi des pratiques différentes de l'espace (travail, visite d'amis ou de la famille) et des habitudes bien ancrées (transport, itinéraire, arrêts). Les personnes familières du site, mieux orientées et moins distraites par un environnement nouveau, donc plus attentives à la médiation, sont aussi plus susceptibles d'apprendre (Balling & Falk, 1980; Falk, 1983). L'expérience du lieu varie beaucoup parmi les touristes : excursionnistes venus de près ou de loin, résidents temporaires, visiteurs réguliers du site ou nouveau venu. Le rapport que le visiteur entretient avec le site influence en partie ses attentes par rapport au message, au niveau de détail et au choix des exemples (locaux ou non). La population locale est quelquefois aussi mobilisée comme ambassadrice d'un produit géotouristique (Cayla, 2009).

Il ne faut pas oublier non plus la part des visiteurs qui ne sont pas intéressés – du moins *a priori* – à recevoir ou consulter des informations. On trouve d'un côté ceux dont la présence sur le site vise d'autres buts que la découverte (famille en pique-nique ou sportifs) et, de l'autre, les méditatifs (Keene, 1994) qui se satisfont de la contemplation de la nature. Ces derniers rejettent parfois fortement la présence sur le site de supports de médiation comme les panneaux à thème.

Caractéristiques du public	Site	Support (hardware)	Média (software)	Contenu
Capacités physiques	Accessibilité Itinéraire (longueur, difficulté)	Emplacement des supports fixes Poids et encombrement	Lisibilité Accessibilité par d'autres sens que la vue	Conseils pratiques
Capacités cognitives	Facilité d'observation des objets Possibilité de manipulation des objets	Manipulation du support Difficulté d'emploi (navigation, abstraction)	Adaptation des cartes et schémas Liens entre texte, images et réalité	Complexité du texte Définitions et exemples
Expérience (de la pratique de randonnée / du site et de la région)	Itinéraire (balisage, exposition aux risques, accès)		Type de carte Aides à l'orientation	Règles de sécurité et de comportement Exemples (sites comparables)
Attentes et connaissances spécialisées	Complexité : nombre d'objets, complexité des processus	Type : technique, ludique, interactif, permettant plusieurs niveaux de lecture	Degré de complexité des illustrations, en particulier des cartes et schémas	Degré de vulgarisation (vocabulaire, exemples) Objectif : apprendre, divertir, sensibiliser

Tabl. 4.3 : Influence des caractéristiques du public sur les autres axes de la médiation (aspects à prendre en compte pour la conception). Adapté de Martin et al. (2010).

Connaissances et conceptions

Les modèles constructivistes et allostérique de l'apprentissage insistent comme on l'a vu sur la prise en compte, dans le choix des situations et contenus de la médiation éducative, des connaissances préalables et conceptions existant chez toute personne. En géomorphologie, cette exigence se heurte à une grande lacune : on ignore en général ce que les gens connaissent du sujet et quelles sont leurs conceptions en la matière. Pourtant, ces informations sont essentielles si l'on veut faire progresser la compréhension de certains concepts, formes ou processus.

Pour connaître les conceptions de quelqu'un sur un sujet, Giordan et de Vecchi (2010) conseillent de recourir en parallèle à plusieurs méthodes : questionnaires et entretiens, avec réponses sous forme de dessin et de commentaire, observation de la séquence d'apprentissage. Il faut en outre que la situation ne soit pas artificielle et que le sujet ait du sens pour celui qui apprend.

Même si les représentations sont hautement individuelles, des types identiques de conceptions émergent souvent rapidement dans un groupe ce qui, on en conviendra, favorise beaucoup le travail du chercheur.

Bien que rares, il existe des études menées sur les conceptions de certains groupes de personnes (surtout des élèves) sur divers sujets géoscientifiques : les types de temps géologique, en regard de l'histoire de la discipline (Ravachol Orange, 1999, 2003), la structure interne de la Terre (Lillo, 1994; J. G. Sharp, Mackintosh, & Seedhouse, 1995; Ketter Norris, 1999), l'océan et l'atmosphère (B. D. Nelson, Aron, & Francek, 1992).

En géomorphologie, diverses études similaires ont été conduites, soit sur la (re)connaissance des formes du relief et l'usage d'un vocabulaire spécifique, soit sur la compréhension des processus et morphogenèses (pour une revue partielle, voir Dove, 1998).

Chez les enfants en âge scolaire, le vocabulaire descriptif est souvent très riche, largement tiré du langage quotidien, mais n'a aucune connotation explicative (Regolini-Bissig, 2011). Malgré des descriptions très précises, l'explication d'une forme se révèle souvent erronée (Milburn, 1972). En comparaison, les adultes donnent plus fréquemment des explications correctes (bon processus associé à la forme). Pourtant, ils ne reconnaissent pas plus de formes différentes dans le paysage que les enfants. Il semble que la reconnaissance d'une forme dépend à la fois de caractéristiques géomorphologiques (saillance physique) et des caractéristiques de l'observateur lui-même (saillance cognitive : effet de popularité ou d'inconnu) (Regolini-Bissig, 2011; Regolini-Bissig & Martin, 2012).

Les conceptions liées aux processus évoluent avec l'âge comme l'a montré Piaget pour la formation des montagnes (1926) ou les cours d'eau (1927) : jusqu'à l'âge de neuf, voire onze ans, l'explication repose largement sur l'intervention divine puis sur l'action des hommes pour tailler les montagnes ou creuser lacs et rivières. Lorsque les objets d'étude sont cachés, les « fausses » conceptions perdurent plus longtemps : les aquifères sont formés de veines d'eau et de lacs souterrains (Reinfried, 2006), toutes les dolines se forment suite à un événement catastrophique, les grottes sont contemporaines de la roche où elles sont creusées, elles se forment par érosion, etc. (Kastning & Kastning, 2001).

On a pu montrer que certaines « fausses » conceptions ont parfois pour origine les manuels scolaires (Dove, 1998; Reinfried, 2006) ou les enseignants eux-mêmes (de Vecchi, 1987). Le nom donné au concept peut également être source d'erreur. Ainsi, malgré une bonne compréhension de la différence entre érosion et altération, plusieurs étudiants ont classé l'abrasion par le vent comme un mécanisme d'altération (*weathering*) parce que le vent est un phénomène météorologique (*weather*) (Dove, 1997). Le problème se pose plus généralement avec les homonymes, les concepts proches (poreux et perméable), mais aussi avec l'usage de mots du vocabulaire courant dans un contexte scientifique ou de trop grandes simplifications ou généralisations (Dove, 1998). L'auteur souligne encore deux autres obstacles fondamentaux pour la compréhension des objets de la géomorphologie : l'origine parfois différente de deux formes similaires est

rarement perçue (doline et cratère d'obus, vallée et tranchée artificielle) ; les notions d'évolution du paysage, de modification du relief, de formes fossiles sont également très difficiles à comprendre.

Nombre d'objets de la géomorphologie n'ont pas encore été abordés sous l'angle des conceptions. Le manque est encore plus flagrant en ce qui concerne les adultes. Construire une médiation adaptée à son public implique pourtant de connaître au moins partiellement ce que ce dernier sait et ce qu'il croit comprendre. Ces informations aideraient à identifier les thèmes et messages pertinents, mais également à choisir des médias pouvant soutenir la conceptualisation de certains aspects problématiques comme l'évolution des formes dans le temps.

4.2. S'adresser au public

Les publics se distinguent par leurs caractéristiques démographiques, leurs capacités physiques et cognitives, leur expérience du milieu en général, du site en particulier, leurs connaissances et leurs conceptions plus ou moins correctes sur le sujet présenté. On a vu plusieurs implications pratiques de ces différences quant au site, au support et au média. Reste la question du contenu et de sa communication : comment s'adresser au public ? Comme bien d'autres aspects, celui-ci ne peut se satisfaire de méthodes absolues. Nous puiserons donc dans la littérature sur l'interprétation quelques bonnes pratiques pour présenter un message à différents publics. Dans un second temps, nous verrons si, au-delà du gain de connaissances, la médiation peut également modifier les comportements du public auquel elle s'adresse.

4.2.1. Quelques bonnes pratiques

Face à un public hétérogène : l'exemple des familles

Les familles constituent un bon exemple de public hétérogène. Nous avons vu qu'enfants et adultes ne possèdent pas les mêmes capacités cognitives, connaissances ou expériences. Parmi ses principes de l'interprétation, Tilden (1957) souligne déjà l'importance – et la difficulté – de s'adresser différemment aux enfants et aux adultes, tout en notant que « *reading matter, oral presentation, and other media aimed at the intermediate school level has been definitely found to interest older children and even adults* ». Si les adultes lisent plus volontiers le texte de panneaux ou de brochures, les parents utilisent ce qu'ils ont lu pour l'expliquer ensuite à leurs enfants (MacManus, 1994). Des études similaires en musée (MacManus, 1987, 1988) suggèrent que les adultes modifient leur comportement pour s'adapter aux enfants, notamment en passant beaucoup de temps à discuter en famille et en faisant un grand usage des éléments interactifs, à l'opposé des visiteurs en couple. En famille, l'interaction sociale constitue une part essentielle de la visite (Moscardo et al., 2007) : conversation, questions, jeux partagés...

S'adresser à un public hétérogène implique de fournir, dans une certaine mesure, un contenu adapté à chaque catégorie. Dans le cas de la médiation directe, le guide peut adapter continuellement son discours à la diversité du public (Musy, 2009). La médiation indirecte doit par contre être conçue sur la base de ses publics potentiels. Un support statique peut accueillir par exemple différents niveaux de lecture (encadrés « en savoir plus », propositions d'activités ludiques pour les enfants, etc.) ou, dans le cas d'un support interactif, proposer une certaine personnalisation du contenu (S. Martin et al., 2010). Pour une famille, le contenu devrait être assez simple et structuré pour permettre aux parents de le traduire oralement pour leurs enfants rapidement et sans erreur (Moscardo et al., 2007).

Attirer, engager et conserver l'attention du visiteur

Nous avons déjà souligné l'importance, dans un contexte d'éducation informelle, de capter l'attention du public, de l'intéresser au contenu présenté et de l'engager dans un processus de réflexion. Les techniques graphiques – typographie, mise en page, illustrations – sont très efficaces dans ce domaine ; nous y reviendrons. La formulation du discours joue également un rôle essentiel.

Les touristes et visiteurs sont vite découragés par un texte trop long et renoncent souvent même à en entamer la lecture, surtout si le texte forme un bloc continu (Moscardo et al., 2007). Ce point est crucial en extérieur, lorsque la lecture se fait debout et au cours d'une marche (Spencer, 2002).

La variété du contenu influence positivement l'attention du lecteur. Par exemple, un texte séparé en paragraphes et entrecoupé d'illustrations est largement plus apprécié, mais aussi mieux compris qu'une page de texte traditionnelle (Woods, 1997). Il en va de même pour un texte formulé comme une conversation avec le lecteur. Le recours à l'humour, à des titres énigmatiques ou mystérieux, à des exemples concrets et à des questions adressées au lecteur le maintient mentalement actif et attentif (Serrell, 1996; Moscardo, 1999).

Cette interaction avec le lecteur relève de ce qu'on appelle parfois l'interactivité émotionnelle qui a pour but de « capter l'attention, d'intéresser le sujet, de créer une expérience positive » (Cayla, Hobléa & Gasquet, 2010), de produire des émotions. La médiation devrait également fournir un support à deux autres types d'interactivité (Wagensberg, 2003) : l'interactivité cognitive – base nécessaire à l'apprentissage dont nous avons abondamment parlé – et l'interactivité manuelle : manipulation d'objets, application pratique des méthodes du scientifique, etc.

4.2.2. Effet du message éducatif sur le comportement

Nous avons vu que le géotourisme, comme la médiation du géopatrimoine en général, vise un objectif qui va au-delà de la simple explication des formes et des processus : il s'agit de faire comprendre pourquoi certains objets sont dignes de protection afin d'assurer leur conservation à long terme (Megerle, 2008). On

espère en effet que le respect du site naît de sa compréhension (Bramwell & Lane, 1993; Orams, 1997). Bien réalisée, la médiation devrait donc produire des effets indirects, observables par exemple dans le comportement des visiteurs.

Une étude de Moscardo (2003) montre comment la communication permet de mieux gérer les visiteurs et réduire leurs impacts sur le site. Quatre moyens principaux sont utilisés : (1) influencer le parcours des visiteurs ; (2) proposer une expérience de substitution, par exemple la visite d'un aquarium à la place du récif menacé ; (3) informer les visiteurs sur les comportements corrects à adopter et (4) sensibiliser les visiteurs.

Agir sur le parcours des visiteurs est une solution simple et qui donne d'excellents résultats. Divers tests ont montré qu'en informant clairement les visiteurs des divers itinéraires possibles, ils se répartissaient mieux dans le site et avaient également une meilleure qualité de visite (Roggenbuck, 1992). Le support de la médiation revêt ici une importance particulière. Pour jouer leur rôle, en effet, les cartes fournies doivent être bien lisibles et permettre de s'orienter correctement. On a par ailleurs montré que les appareils mobiles fournissant de l'information au gré de la position du visiteur (grâce au GPS) encouragent à rester sur les chemins balisés bien plus efficacement que les cartes statiques ou le balisage lui-même (Dias, 2007).

En ce concerne les bons comportements et la sensibilisation, l'influence de la médiation peut s'exercer à trois niveaux (Ham, 2007) : (1) modifier une attitude existante ; (2) renforcer une attitude existante et (3) créer une nouvelle attitude.

Changer l'attitude du public impliquerait de connaître pour chaque personne les croyances sur lesquelles se fonde cette attitude. Rapporté aux multiples expériences personnelles qui ont construit et renforcé une certaine attitude chez l'individu, le temps très court d'une visite est insuffisant pour produire un impact fort et durable sur les comportements (Petty, MacMichael, & Brannon, 1992; Ham, 2007). Il est par contre possible d'obtenir une modification des comportements à court terme (pour la durée d'une visite), puisque cela n'implique pas d'effort mental conséquent ni de réel apprentissage. Pour cela, le thème doit être suffisamment pertinent pour attirer l'attention et le discours doit être convaincant (Petty & Cacioppo, 1986; Ham, 2007). Dans certains cas, les panneaux explicatifs semblent avoir autant d'effet sur le comportement des visiteurs que les menaces de sanctions (amendes), par exemple pour empêcher les feux en forêt (Duncan & Martin, 2002). A ce propos, Hughes et Morrisson-Saunders (2005) soulignent que ces messages complémentaires devraient être intégrés dès le départ dans la conception globale du produit de médiation.

Renforcer les bonnes attitudes permet de les ancrer plus fortement et durablement, même s'il peut paraître inutile de prêcher à des convaincus. Enfin, la médiation enrichit les visiteurs de nouvelles idées et manières de considérer leur environnement :

While they can only understand the interpreter's new ideas in the context of what they already know and think, the ideas themselves are new enough that the attitudes visitors form about them are, for all intents and purposes, a first impression.

(Ham, 2007)

Par leur nouveauté, ces idées entrent peu en conflit avec les préconceptions et peuvent conduire plus facilement à la **construction de nouvelles attitudes** qui devront ensuite être renforcées par d'autres expériences concordantes.

4.3. Quel public pour un tourisme virtuel ?

L'usage de dispositifs numériques interactifs dans les musées est devenu courant aujourd'hui, bien qu'il reste encore beaucoup à améliorer (Vidal, 2006). C'est encore loin d'être le cas pour le tourisme de site, sur le terrain, c'est-à-dire pour une grande part de l'offre géotouristique. Quels sont les publics potentiels pour de tels médias ? Au-delà de la recherche d'information, que peuvent-ils apporter aux visiteurs en termes de qualité d'expérience ?

4.3.1. Les usages d'Internet et des supports numériques : état des lieux

Les indicateurs de l'Office fédéral de statistique (OFS, 2011) montrent que l'utilisation d'Internet est toujours en croissance, en particulier à domicile ; en 2011, 77,5% de la population suisse recourt au web au moins plusieurs fois par semaine. Cependant, le taux d'utilisation n'est pas identique dans les différentes catégories socio-démographiques : il est nettement plus élevé chez les hommes, les jeunes, les personnes à haut niveau de formation ou haut revenu.

L'analyse statistique des activités effectuées sur Internet n'est bien sûr pas suffisamment détaillée pour répondre à nos besoins. On peut tout de même relever que plus de la moitié des internautes utilisent des services en relation avec les voyages – donc en lien avec le tourisme et les loisirs – et que la recherche et la consultation d'informations est une activité très fréquente : 73% des internautes s'informent sur l'actualité, 55% sur la santé et 32% sur la politique. L'étude PISA de 2006 portant sur les usages de l'ordinateur, à l'école comme ailleurs, des élèves de 9^e année scolaire (environ 15 ans), fournit quelques compléments intéressants : environ 60% des élèves utilisent l'ordinateur pour des recherches sur Internet et environ 10% pour des logiciels didactiques (OFS & OECD, 2006).

Plus proche de notre sujet, mais plus éloignée géographiquement, une étude sur l'usage des médias d'interprétation parmi les visiteurs des parcs nationaux américains révèle également des différences entre les types de public (Forist et al., 2003). Les utilisateurs des sites web des parcs sont pour les trois-quarts des familles et en majorité des visiteurs réguliers du parc. Les personnes les plus âgées ne sont qu'une minorité à fréquenter les sites web et préfèrent les présentations audio-visuelles, plus traditionnelles. Pour l'ensemble des visiteurs et parmi tous les médias d'interprétation pris en compte dans l'étude (visites guidées, brochures, panneaux, centres de visiteurs, journaux du parc, etc.), les

sites web des parcs sont les moins bien notés en terme de qualité (hormis les stations radios des parcs) et jugés moyennement importants (note de 3 sur 5). Il faut noter toutefois que seule la page d'accueil du site web du parc était évaluée, qui est plus un support d'information que d'interprétation.

Finalement, une étude du projet WebPark, préalable à la mise en place d'une offre de supports mobiles en location pour la visite du Parc national suisse, s'intéresse à l'usage des appareils et médias numériques (Abderhalden et al., 2002). Par exemple, plus de 80% des visiteurs utilisent leur téléphone portable durant les vacances, mais la majorité tout de même moins qu'habituellement ; plus de 60% y a recours pour des raisons de sécurité. Résultat marquant, Internet est le média préféré pour préparer sa visite dans le Parc national, juste devant les cartes. Par contre, pour trouver une réponse à leurs questions après la visite du parc, les visiteurs ont d'abord recours (dans l'ordre) aux livres et brochures, aux cartes, aux CD-ROM et à leurs amis ou famille avant de consulter Internet. Ces chiffres seraient probablement différents aujourd'hui.

Deux tendances se dégagent de ces divers résultats : (1) le recours à Internet varie selon les types de public, en particulier selon l'âge et (2) Internet est assez abondamment utilisé pour rechercher des informations factuelles et pratiques, mais se révèle moins intéressant comme média d'interprétation que les guides, brochures ou panneaux. Est-ce par désintérêt du public ou par manque d'offre adaptée ? Dans le domaine des sciences naturelles et du tourisme doux, les propositions innovantes se heurtent encore souvent à une certaine méfiance. L'expérience du projet WebPark dans le Parc national suisse montre par exemple que, malgré un écho public positif et l'absence de risque financier, les responsables du parc se sont longtemps montrés réticents et peu enthousiastes (Dias et al., 2004). Ce type d'offre présente cependant une série de potentialités pour le tourisme.

4.3.2. Apports des médias numériques pour le public du géotourisme

Nous laissons ici de côté les apports spécifiques des nouvelles technologies à la communication éducative et à l'apprentissage qui seront traités dans le chapitre 5 spécifique aux médias. Pour cette raison, nous parlons plus ici de géotourisme que de médiation.

Visiter un site sans le dégrader

On a vu que certains supports numériques mobiles peuvent aider à maintenir les visiteurs sur les itinéraires balisés (Dias, 2007), ce qui est particulièrement important dans un site fragile ou très fréquenté. Les supports numériques ont également l'avantage de ne pas marquer le paysage comme cela est le cas pour les panneaux explicatifs. Mais, comme ces derniers, ils peuvent présenter le contenu de façon séquentielle et en fonction de la position du visiteur, au contraire d'une brochure. Ces caractéristiques permettent de répondre aux besoins de certains publics : orientation, nature intacte, message transmis sous une forme suivie (histoire ou enquête).

Les médias numériques, cette fois plutôt fixes, peuvent également fournir une expérience alternative à la visite d'un site ou à la manipulation d'objets trop fragiles. De plus en plus de sites patrimoniaux bénéficient d'une copie numérique permettant leur visite virtuelle (Guttentag, 2010), une version plus dynamique des répliques « en durs » de monuments (Tour Eiffel de Las Vegas), sites (grottes de Lascaux ou d'Altamira) ou objets (fossiles) :

La visite virtuelle, offrant des informations à des degrés divers, prépare la visite réelle ou la complète. Elle devient une valorisation importante et permet des modes de diffusion des savoirs diversifiés.

(Gervereau, 2006)

Si la réalisation est suffisamment réaliste, elle peut remplacer, dans une certaine mesure, l'expérience réelle selon un grand nombre d'auteurs (pour une revue, voir Guttentag, 2010), d'autant plus que l'authenticité est une image construite, pas toujours objective (Wang, 1999). Toutefois, la réalité virtuelle sert également de publicité et encourage la visite du site réel. Ce qui est régulièrement évoqué comme but de ce type de médias (Refsland et al., 2000) se révèle contre-productif dans le cas de sites à protéger.

Accéder à l'impossible et voir l'invisible

La vulnérabilité des sites géomorphologiques face à des menaces humaines comme la sur-fréquentation est plutôt rare : parmi les géosites d'importance nationale en Suisse, seuls 16% de ceux menacés d'altération et 6% de ceux menacés de destruction le sont pour des raisons anthropiques (S. Martin, 2011). Bien plus souvent, le risque concerne les visiteurs eux-mêmes : terrain escarpé ou glissant, chute de blocs, etc. Dans de tels cas, le risque peut déjà être réduit par la publication d'informations détaillées, à l'aide par exemple de symboles cartographiques (Pelfini et al., 2009; Brandolini & Pelfini, 2010). Le risque, la difficulté ou la durée d'accès peuvent interdire la visite à certains types de personnes : familles avec enfants en bas âge, personnes peu expérimentées ou handicapées, personnes âgées, etc. Tout particulièrement dans les régions de montagne, une majorité de sites de grande valeur restent inaccessibles à la plupart des gens. Cela est également le cas pour les sites lointains ou demandant des compétences techniques particulières (alpinisme, spéléologie, plongée). Pour toutes ces personnes, les médias numériques représentent une chance d'approcher d'une certaine manière des sites qu'elles ne pourraient jamais visiter autrement (Besnard, 2008). Faire bénéficier le plus grand nombre de la découverte d'un site est aussi l'objectif des visites virtuelles publiées sur Internet (Guttentag, 2010), à l'exemple de la grotte Chauvet ou du musée du Louvre.

Les médias numériques peuvent encore rendre visible ce qui demeurerait sinon invisible. Il peut s'agir d'éléments concrets, comme des formes disparues, des états passés d'un paysage ou des mouvements trop lents pour être perçus, mais aussi d'éléments abstraits, comme des liens de causalité ou de chronologie entre plusieurs formes, leur origine morphogénique ou la valeur patrimoniale d'un site. Ces fonctions peuvent être remplies par des illustrations traditionnelles, comme

le bloc-relief ou la carte, mais les médias numériques, surtout interactifs offrent en la matière des possibilités inégalables, comme celles de la réalité augmentée. Ce type de représentations peut à la fois toucher un public tant de spécialistes, à qui l'on donne à voir ce qu'ils ont toujours imaginé, que de non-spécialistes, dont on facilite ainsi l'accès à certaines représentations mentales.

4.4. Synthèse

A la suite de Pralong (2006b), nous considérons qu'il faut « penser l'offre géodidactique en fonction du public cible ». Alors que l'industrie touristique se base continuellement sur l'analyse du public pour profiler une campagne de promotion ou positionner un lieu ou une offre d'activité, ce type d'études demeure très rare dans le domaine de la médiation et du géotourisme.

Pourtant, en ne tenant pas compte des attentes et particularités des divers publics, on s'expose à deux risques : (1) proposer uniquement des produits de même niveau, plus souvent adressés malheureusement aux amateurs des géosciences qu'au grand public (pour reprendre les catégories de Hose, 1994) et (2) ne pas retenir l'attention ni se faire comprendre des visiteurs. On manque ainsi les objectifs de la médiation dans le géotourisme : éduquer, sensibiliser, divertir.

Le chercheur et le concepteur peuvent cependant recourir à certaines catégories de public qui ont prouvé leur utilité pratique (Origet du Cluzeau, 1998). Diverses méthodes d'enquête peuvent aussi être appliquées dans chaque cas particulier pour mieux connaître son public (Moscardo, 1999). Une réalisation adaptée au public permet non seulement de bâtir une situation favorable à l'apprentissage, mais aussi d'influencer le comportement des visiteurs pour améliorer la qualité de leur visite et assurer la protection du site. Dans ce même but de conservation, des visites virtuelles sont parfois mises en place pour diminuer la charge des visiteurs sur un site fragile. Ces mêmes technologies ouvrent aussi à un bien plus large public certains sites difficiles d'accès.

Lorsqu'on s'intéresse aux médias numériques, plus récents donc moins documentés, il faut s'interroger sur leur réception et leur usage parmi les visiteurs. On constate par exemple que ces dernières années, l'usage global des nouvelles technologies et d'Internet a progressé, mais que des différences demeurent au sein de la population. En particulier, l'intérêt pour les supports numériques et Internet restent anecdotiques et minoritaires auprès des personnes plus âgées face aux médias traditionnels comme les panneaux et brochures. La plupart des sites web servent avant tout à fournir des informations pratiques.

Bien mieux connues dans d'autres disciplines scientifiques comme la biologie ou la physique, les conceptions des destinataires de la médiation, enfants comme adultes, sont un terrain encore très peu exploré en géomorphologie. L'analyse des objets et approches de la géomorphologie nous a permis d'identifier un grand nombre de contenus potentiels pour la médiation. Mais c'est en

connaissant les besoins et questionnements du public auquel on s'adresse qu'il est possible de sélectionner les messages pertinents et d'en favoriser la compréhension.

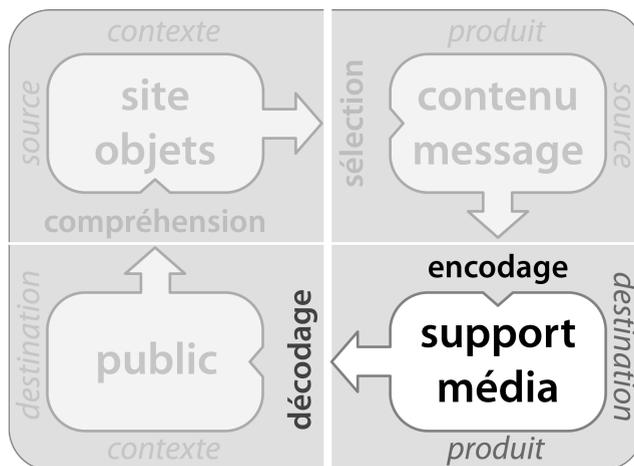
5. Les médias visuels, supports de la médiation

L'œil éclairé par l'art et par la science, ne saurait s'arrêter ici sans trouver une merveille qui l'arrête et qui l'étonne.

(Haller, 1752, à propos des Alpes suisses)

Ce chapitre aborde un aspect fondamental de la médiation indirecte : ses supports ou médias. Nous détaillons tout d'abord les fonctions qu'occupent les médias dans la médiation et quelles nouvelles techniques permettent aujourd'hui leur extension (section 5.1). Nous examinons ensuite comment les concepts théoriques de la visualisation et de la géovisualisation éclairent les usages des médias visuels pour l'exploration de données et la communication (section 5.2). Nous passons en revue quelques-uns des médias visuels les plus utilisés en géomorphologie : le schéma, la carte et les vues en relief, sans oublier leurs extensions récentes comme l'interactivité et l'animation (section 5.3). Enfin, nous cherchons à mieux comprendre comment et dans quelles conditions les médias visuels influencent l'apprentissage (section 5.4).

En bref, ce chapitre traite de l'axe « Support et média » de la médiation, ou par quels moyens réaliser une médiation effective (fig. 5.1).



PAR QUELS MOYENS ?

Fig. 5.1 : Axe de la médiation traité par le chapitre 5.

5.1. Fonctions et techniques des médias visuels

Le terme de média visuel utilisé dans cette recherche peut porter à confusion. Il ne doit en effet pas être assimilé aux médias audio-visuels (radio, télévision) qui désignent plus un ensemble de programmes et de contenus que le support même de l'information (son articulé, image animée). Pour être plus précis, les médias visuels correspondent pour nous à la catégorie des **images fonctionnelles**, selon la classification des graphies de Cossette (1983), « tout type de stimulus visuel à deux dimensions » étant considéré comme graphie. Nous verrons que ces représentations peuvent aujourd'hui être augmentées d'une troisième dimension, voire d'une quatrième si elles sont animées, sans que cela ne modifie leur qualité d'origine.

Les images fonctionnelles s'opposent aux images poétiques – créations d'artistes qui ne poursuivent pas un but de communication et ne sont donc pas des médias. Elles regroupent à la fois les **graphiques**, représentations de nombres ou de relations mathématiques (histogrammes, nuages de point) et les **graphismes** (schémas ou illustrations). Puisque nous nous intéressons spécifiquement aux représentations d'objets physiques et de concepts, il ne sera que peu question des graphiques par la suite. Ces précisions étant données, il est temps de s'interroger sur le rôle et les fonctions de ces médias visuels pour la médiation.

5.1.1. La communication médiatisée

Dans un contexte de **communication médiatisée** (fig. 5.2), l'émetteur du message transmet celui-ci au récepteur par l'entremise d'un dispositif médiatique (Peraya, 1991) que, par souci de simplification, nous nommerons média. Celui-ci est un support technique, un outil ; par conséquent, la diversité des médias croît avec l'évolution des technologies.

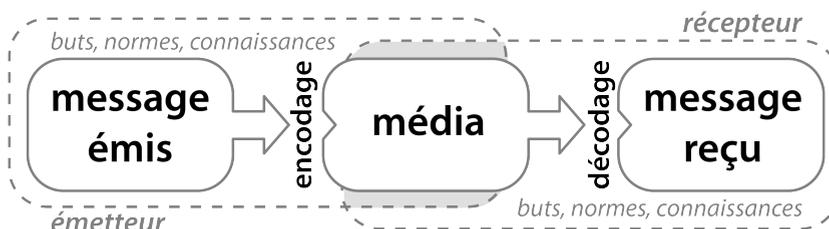


Fig. 5.2 : Modèle général de la communication médiatisée.

Du côté de l'**émetteur**, le contenu du message est filtré, sélectionné, préparé, adapté au média. Même une photographie, par le choix de son cadrage, induit une sélection de la réalité. La médiatisation du contenu implique aussi son encodage selon des règles qui varient en fonction du média, mais également de l'émetteur. Les codes cartographiques ne sont pas les mêmes, par exemple, que ceux de la peinture ; de même, les intentions et les objectifs de l'émetteur, tout comme les normes de communication qu'il utilise, varient d'une personne à

l'autre, d'une situation à l'autre. Cette modification de la réalité en fonction de la subjectivité de l'émetteur est un processus inhérent à toute médiation.

De son côté, le **récepteur** reçoit le message tel qu'il le décode et non pas tel qu'il a été transmis par l'émetteur. La qualité du décodage de l'information dépend en partie de son encodage : suit-il des règles connues du récepteur ? est-il adapté au message, au média ? Mais le décodage est aussi soumis à la subjectivité du récepteur, à ses motivations personnelles, à ses capacités cognitives, à ses connaissances du sujet et à son expérience – technique – du média et des codes de représentation. Si le média le permet, le récepteur peut interagir avec celui-ci et modifier dans une certaine mesure l'encodage du contenu (par exemple les couleurs de la légende d'une carte) afin de l'adapter à sa convenance.

Tant l'encodage que le décodage de l'information varient en fonction du type de média utilisé. Le schéma, la carte, la photographie obéissent chacun à des règles et à des contraintes précises. Le choix du média influence donc non seulement la manière dont le message sera transmis et perçu, mais également le type et la part du contenu qui peut être communiqué.

5.1.2. Fonctions et aspects des médias

Les fonctions des médias se rapportent d'une part aux processus cognitifs (comment soutenir la perception et le traitement des informations ?) et, d'autre part, aux objectifs de communication (quel média est adapté au message à transmettre ?). Comprendre ces fonctions est essentiel pour établir une communication efficace : « *only media which are designed according to their actual functions support human information processing in a satisfactory way* » (Dransch, 2000).

Le contexte d'utilisation de différents médias doit donc être bien défini au préalable. Les médias visuels servent en effet deux objectifs qui sont, comme on le verra, situés aux deux extrêmes d'un continuum : l'exploration de données et leur présentation – ou la communication (Dransch, 1999). Dans un contexte d'apprentissage, ces deux usages des médias sont complémentaires.

Les fonctions d'aide à l'**exploration** ou à la perception, regroupées sous le terme de visualisation, se rattachent à la psychologie cognitive. Nous les aborderons bientôt. En ce qui concerne la **communication**, quatre fonctions essentielles (tabl. 5.1) ont été identifiées (Dreher & Mack, 1996; Weidenmann, 1997). Dans la pratique, l'analyse de ces fonctions permet de fonder le choix des médias sur l'objectif de communication.

Fonction	Description et exemples de médias visuels adaptés
Démonstration	donner une vision claire de la réalité (aide à la perception directe). <i>photo, vidéo, environnement réaliste</i>
Contextualisation	replacer l'objet dans son contexte thématique et spatial. <i>carte, schéma systémique</i>
Construction	soutenir la création d'une image mentale claire (aide à l'abstraction) : concept, structure, éléments et relations. <i>texte, carte, schéma, animation abstraite</i>
Motivation	attirer l'attention et l'intérêt de l'utilisateur par l'aspect et la présentation du contenu ou par les possibilités de contrôle. <i>animation, vidéo (+ son), média interactif</i>

Tabl. 5.1 : Fonctions des médias comme supports à la communication.

Le terme média désigne tout ce qui permet le transport d'informations (Weidenmann, 2001) ; il s'agit donc d'une définition très inclusive. Pour clarifier le discours, il faut donc identifier les différents aspects d'un média (tabl. 5.2). Weidenmann (2001) considère également le message comme l'un des aspects des médias. Vu son importance, nous avons préféré en faire un axe à part entière de la médiation.

Selon notre problématique, nous nous concentrons sur le mode visuel, négligeons l'encodage textuel et ne traitons du support physique qu'à travers ses implications sur les fonctionnalités du *software* (par exemple l'animation ou l'interactivité). Dans cette recherche, le terme de média désigne principalement l'aspect *software*.

Aspect	Exemple
Hardware (support physique)	Feuille de papier, ordinateur, <i>beamer</i>
Software (programme, média <i>stricto sensu</i>)	Film, schéma, texte, carte...
Système symbolique (encodage ou code)	Caractères typographiques, légende cartographique, icônes...
Sens mobilisé (mode)	Vue, ouïe, toucher

Tabl. 5.2 : Aspects des médias, adapté de Weidenmann (2001).

L'évolution technique de ces dernières décennies concernent avant tout l'aspect *hardware* des médias mais influencent tous les autres aspects. Les *smartphones* par exemple sont de nouveaux supports à la fois numériques et aisément transportables. Un tel support étend les possibilités du *software*, du point de vue de l'accès aux informations (connexion à Internet, GPS), du code (affichage simultané de texte, d'images et de vidéos) et du mode (image, son, écran tactile). Plus que de découvertes fondamentales, il s'agit avant tout de nouvelles manières de combiner informations, modes, codes et médias qui caractérisent les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC).

5.1.3. Concepts centraux des NTIC

Multimédia

Le multimédia fait partie de ce que l'on appelle encore « nouvelles technologies de l'information et de la communication » (NTIC) apparues depuis les années 1960, mais le terme n'est usité qu'à la fin des années 1970 (Dransch, 1999). Cauvin et al. (2007) placent chronologiquement ce qu'ils nomment la révolution du multimédia entre celle du numérique et celle d'Internet. Le multimédia est, à l'instar de tout nouveau concept, encore mal défini. La plupart des définitions se contentent d'une lapalissade : le multimédia est la combinaison de plusieurs médias. La liste des médias concernés est longue – texte, graphique, image, son, narration, animation, vidéo – mais restreinte en réalité, comme le souligne Mayer (2003), aux paroles (écrites ou parlées) et aux images (statiques ou dynamiques). Le recours au toucher, aux odeurs ou aux sons non articulés est rare. Weidenmann (1997, 2001) critique ce manque de précision et propose d'utiliser un vocabulaire plus détaillé, basé sur les aspects des médias (tabl. 5.2) : **multicodal** (par exemple parole et musique, texte et image) et **multimodal** (par exemple image et son). Le média film (parlant) est par conséquent à la fois multicodal et multimodal. Le multimédia peut recouvrir indifféremment une combinaison de médias *stricto sensu*, de codes ou de modes.

Hyperliens

Pour passer d'une collection de médias distincts à du multimédia, les médias doivent être reliés. Avec le concept d'hypertexte, Nelson (1965) propose un modèle de mise en relation de diverses informations, permettant de naviguer entre elles. Raper (1992) définit ce modèle comme « un ensemble de nœuds connectés entre eux par des liens indifférenciés ». Avec l'évolution technologique, le concept a été étendu du texte à toute la gamme du multimédia, sous le terme d'hypermédia ou d'hyperlien.

Le multimédia n'existe que par la présence de ce réseau de liens. Celui-ci sous-tend également le réseau Internet ainsi qu'une bonne part des interfaces visuelles en informatique. Devenu, comme le multimédia, une norme et une habitude, le modèle des hyperliens conserve toutefois un grand potentiel pour enrichir la fonctionnalité des médias utilisés dans différentes disciplines, dont la géomorphologie.

On peut distinguer quatre types d'hyperliens (Vidal, 2006) :

- **externes**, qui renvoient l'utilisateur vers d'autres sources d'informations faisant du média une interface de référence ;
- **internes**, permettant la navigation entre les parties du média ;
- **communicationnels**, pour l'interaction entre personnes (mail, forum) et
- **informationnels**.

Ces derniers structurent l'interactivité entre l'utilisateur et le média :

L'hypertexte est une des marques du "pouvoir" de l'usager de multimédia auteur de son parcours et permet des liens que les usagers ne peuvent pas faire dans le musée, certes au détriment de l'imprévisible et de la surprise.

(Vidal, 2006).

A travers l'exposition d'un musée, comme pour tout autre média traditionnel, du livre à la télévision, le parcours de l'utilisateur est captif de l'organisation de des informations telle que l'a voulu l'émetteur. Les hyperliens rendent le contrôle à l'utilisateur, ce qui lui permet d'explorer le contenu de manière active (Cartwright & Peterson, 1999).

Interaction et interactivité

La communication médiatisée – et en particulier celle par ordinateur – fait un large usage des termes d'interactivité et d'interaction qui précèdent pourtant de longtemps l'informatique (Cauvin et al., 2007).

Les questions que soulève l'interactivité sont extrêmement intéressantes dans la mesure où elles amènent le concepteur, autrement appelé « émetteur » dans le schéma de la communication, à considérer que le produit culturel est destiné à un « récepteur », soit à un public, et que l'un ne va plus sans l'autre. [...] En ce sens, on peut se prendre à croire que c'est une méthode qui permet de travailler dans le sens d'une démocratisation plus grande du savoir et de la culture.

(Besnard, 2008)

Jensen (1998) montre que la signification du terme **interaction** change en fonction du domaine dans lequel il est employé. En **sociologie**, il définit la relation réciproque entre deux ou plusieurs personnes (toujours dans le cadre d'une communication) ; en science des médias et de la **communication**, l'interaction s'applique aussi bien à la relation entre un texte et son lecteur qu'à celle entre un téléspectateur et un présentateur de télévision (Horton & Wohl, 1956) – ou aux échanges entre individus au sein d'un modèle de communication médiatisée de masse ; en **informatique** enfin, toute relation entre homme et machine est qualifiée d'interaction ou, plus précisément, de *human-computer interaction*.

Le terme d'**interactivité** est directement relié aux nouvelles technologies et ne préexiste pas en sociologie. Cela permet de proposer la distinction suivante (Jensen, 1998; Vidal, 2006) :

L'interaction fait référence à une action réciproque entre émetteurs et récepteurs, alors que l'interactivité se définirait plutôt comme une activité de dialogue entre un être humain et un programme informatique, notion reliée à la simulation de relations inter-individuelles médiatisées par ordinateur.

(Vidal, 2006)

En anglais, les deux dimensions sont désignées par le terme *interactivity*, mais la distinction existe cependant : *interactivity-as-a-process* et *interactivity-as-a-product*, correspondent à « *interactivity between people and interactivity between people and computers or networks* » (Stromer-Galley, 2004). Ceci explique en partie la mise en garde de Jensen (1998) : *interactivity* est un *buzzword*, un mot qui semble se référer à quelque chose de très important, qui est constamment utilisé, mais dont personne ne semble connaître la définition...

Les formes d'interactivité

Par une revue de la littérature, Jensen (1998) classe les définitions du concept d'interactivité en trois catégories : (1) les médias interactifs sont définis par une liste d'**exemples-types** ; (2) les médias interactifs sont définis comme tels s'ils répondent à certains **critères** établis (par exemple la possibilité de contrôler la lecture d'une vidéo) ; (3) l'interactivité est une **variable** : le degré d'interactivité varie le long d'un continuum, ce qui permet d'aborder le concept sans limiter *a priori* le nombre et le type de médias auxquels la définition s'applique.

Selon cette dernière approche, l'interactivité se définit comme « *a measure of a media's potential ability to let the user exert an influence on the content and/or the form of a mediated communication* » (Jensen, 1998). Le degré d'interactivité augmente avec le nombre de possibilités offertes de sélectionner le contenu ou d'introduire ses propres données et avec la capacité du système à s'adapter et à répondre à l'utilisateur. On peut dès lors distinguer diverses dimensions de l'interactivité (pour une revue de celles-ci, voir Jensen, 1998) ; Jensen (1998) lui-même en propose quatre (tabl. 5.3).

Plusieurs domaines d'interactivité peuvent être intégrés dans le même média. La dimension de consultation est particulièrement importante lors d'une médiation scientifique choisie librement par le récepteur, par exemple dans le cadre de ses loisirs. Nous présenterons par la suite quelques exemples d'application, notamment pour la cartographie. Avec la multiplication des expériences interactives sur une grande variété de supports, un certain degré d'interactivité est aujourd'hui attendu par les utilisateurs. Comme le relève Vidal (2006), l'interactivité est devenue synonyme dans le public de rapidité et de simplicité, un vrai défi pour les concepteurs.

Domaine d'interactivité	Mesure de la capacité (potentielle) d'un média à...
Transmission	... laisser l'utilisateur choisir parmi un flux continu d'informations (sans pouvoir renvoyer lui-même de l'information). Exemple : télétexte
Consultation	... laisser l'utilisateur choisir par requête parmi une présélection d'informations (dans un média permettant les retours). Exemple : Internet, vidéo à la demande
Conversation	... laisser l'utilisateur produire et introduire sa propre information. Exemple : e-mail, vidéo-conférence
Enregistrement	... enregistrer des données sur un utilisateur et, par conséquent, s'adapter et répondre à ses besoins et actions (explicites ou non). Exemple : interface ou guides « intelligents ».

Tabl. 5.3 : Les quatre domaines d'interactivité, d'après Jensen (1998).

5.2. Codes et théories de la visualisation

5.2.1. Médiation visuelle

Sens et fonctions de la visualisation

En langage courant, la **visualisation** est la « mise en évidence de l'action et des effets d'un phénomène par des moyens visuels » (Petit Larousse illustré, 2008) ou simplement « l'action de rendre visible » ainsi que, sans contradiction, la « présentation d'information sur un écran » (Grand Robert, 2007). Ce dernier sens s'approche de l'usage scientifique du terme : « la visualisation d'information est l'utilisation de représentations visuelles interactives et informatisées de données abstraites pour amplifier la cognition » (Cartwright, Peterson & Gartner, 1999). Cette définition porte sur le cas particulier de la visualisation d'informations ; elle est restreinte aux seuls médias informatiques et interactifs. Elle exprime cependant l'essentiel : basée sur un ou plusieurs médias visuels, la visualisation est un outil servant à améliorer la compréhension – le décodage – et l'intégration d'une information.

La visualisation est depuis plusieurs décennies un domaine de recherche transversal, en lien avec plusieurs disciplines scientifiques : physique, médecine, chimie ou informatique. La recherche en visualisation se concentre principalement sur le développement technique et technologique: rendu d'image, interactivité, méthodes d'organisation et de représentation de l'information. Cela concerne d'une part le domaine de la **visualisation scientifique** (*scientific visualization* ou SciVi), qui cherche essentiellement à représenter au mieux des données dans un but d'analyse (médecine ou chimie moléculaire), et d'autre part la **visualisation d'informations** (*information*

visualization), intéressée particulièrement à permettre et faciliter l'exploration de grandes quantités d'informations (Kraak & Ormeling, 2003).

En parallèle à cet aspect technologique, la recherche en visualisation porte également sur la dimension cognitive des processus d'exploration des données : identification de structures, sélection, ordonnancement et mise en contexte des informations ou création de représentations mentales. Toutes ces opérations cognitives relèvent, selon Arnheim (1969), du **visual thinking** : elles sont inhérentes à la perception et « *are not the privilege of mental processes above and beyond perception* ». Dès lors, la visualisation vise non seulement à représenter l'information, mais également à amplifier la cognition (Card, Mackinlay & Shneiderman, 1999; Cartwright, 1999a) en facilitant ces opérations de *visual thinking*. En confiant une grande part des tâches de traitement des informations à la vision humaine, qui constitue en elle-même un outil cognitif extrêmement performant, il est possible de libérer l'esprit (les processus mentaux) pour d'autres tâches de réflexion. C'est là l'objectif global de la visualisation.

Avantages et inconvénients des médias visuels

La question n'est traitée ici que d'un point de vue général et sera reprise plus loin pour chaque média visuel – schéma, carte, vue réaliste – en particulier.

Les médias visuels tirent avant tout avantage de la puissance de la vision chez l'être humain. Notre œil perçoit et transmet au cerveau une **quantité immense d'informations**, de l'ordre de 10 millions de bits par seconde (Koch et al., 2006) : variations de couleurs et de luminosité, formes, textures. A cela s'ajoute tous les processus relevant du *visual thinking* (Arnheim, 1969). La *Gestalttheorie* (Guillaume, 1937) a montré la grande capacité de notre cerveau à identifier des structures ou à recréer des liens entre éléments visuels.

Contrairement à nos autres sens, celui de la vue permet de sélectionner ce qui est perçu et peut être interrompu simplement en fermant les yeux. Présenter des informations sous forme visuelle permet donc de tirer profit de ces grandes capacités d'absorption, d'analyse et de sélection (Jacobi, 1985).

A un niveau plus immédiat, les images vives et colorées ou animées, les formes grandes ou inattendues, les flashes lumineux **attirent l'attention** (pour une synthèse, voir Moscardo, 1999). Ces mécanismes sont largement utilisés dans la publicité. Les revues de vulgarisation font aussi usage de grandes et belles illustrations ou d'autres artifices visuels pour engager le lecteur à se plonger dans un article particulier (Jacobi, 1984). L'influence générale de la couleur, de l'orientation des éléments ou du mouvement sur la perception des images est un phénomène complexe, abondamment documenté (Wolfe, 2000; Goldstein, 2005). La conception d'un média utilisé comme support à une grande quantité d'informations pose donc des questions complexes de design et de structure (Chun & Wolfe, 2001) pour faire ressortir les éléments essentiels, faciliter la lecture et tirer au mieux parti du *visual thinking*.

Cette apparence de simplicité des médias visuels conduit souvent à en négliger les aspects fondamentaux. Or, la bonne lecture d'un média requiert, de la part du récepteur, la maîtrise au moins partielle de **règles implicites d'utilisation et de décodage**. On estime que c'est habituellement le cas pour les médias d'usage courant : photographie, schéma de montage, graphique en camembert, film ou dessin animé sont rarement accompagnés d'une légende complète ou d'un mode d'emploi. Les images peuvent toutefois paraître évidentes sans être pour autant correctement décodées ou interprétées. D'autres médias sont moins faciles d'accès, comme les environnements en 3D. Leur manipulation sera bien plus difficile pour qui n'a pas l'expérience de ce genre de représentations que pour un amateur de jeux vidéo (Nielsen, 2004).

Les médias à haut **niveau d'abstraction** (schéma, carte) répondent à des normes détaillées. Il ne faut cependant pas confondre la difficulté de lecture avec la complexité des règles de réalisation du média – dont le but est justement de normaliser l'encodage de l'information et, partant, son décodage par le récepteur. Si la construction d'une carte requiert une maîtrise de règles géométriques et sémiologiques complexes (sans parler des logiciels cartographiques) qui n'est pas partagée par tout un chacun, sa lecture est à la portée du public, largement familier de ce média et de ses codes (Debarbieux, 2002).

Médias visuels : et les autres sens ?

Par définition, les médias visuels ne sont pas accessibles aux aveugles et autres personnes souffrant de la vue. Dans ces cas, les autres sens – en particulier le toucher et l'ouïe – offrent des alternatives indispensables. Ces sens peuvent aussi compléter les médias visuels pour en pallier les inconvénients.

Lorsqu'il s'agit de représenter de nombreuses données différentes sur un même support (comme en cartographie multivariée), le son permet de décharger en partie le sens de la vue. Krygier (1994) distingue les sons réalistes des sons abstraits. Les premiers sont, par exemple, une narration, comme la « voix » d'un GPS, ou des sons rappelant un lieu ou une action, comme le son que fait entendre un ordinateur lorsque l'on « vide la corbeille », un principe nommé icône sonore (*auditory icon*, Gaver, 1986). Les sons abstraits sont utilisés comme simple alerte, pour attirer l'attention, ou pour transcrire une variable. Une liste des variables sonores abstraites a été proposée, à l'image des variables visuelles de Bertin (Krygier, 1994). Il existe des variables équivalentes pour le toucher, destinées à la cartographie pour malvoyants (Vasconcellos, 1996). Le son et le toucher ont par exemple été utilisés, en complément aux variables visuelles, pour retranscrire certains attributs dans un large jeu de données sur la structure géologique dans l'Océan Atlantique, à savoir l'âge de la croûte océanique et les changements de pente (Harding et al., 2002). D'autres exemples existent, en particulier pour représenter l'incertitude des données sans en altérer la représentation graphique (Fischer, 1994; Lodha, Wilson & Sheehan, 1996).

L'odorat et, dans une moindre mesure, le goût sont également utilisés. Le premier est intéressant pour son rôle d'aide à la mémorisation. La mémoire immédiate des odeurs semble aussi fiable et large que celle soutenue par l'audition (Miles & Jenkins, 2000). L'odeur permet également de recréer en partie le contexte de l'encodage du souvenir, ce qui favorise son rappel (Matlin & Brossard, 2001). De même, associer odeur et expérience personnelle renforce le souvenir, à l'exemple de la madeleine de Proust (Chu & Downes, 2000). Ces caractéristiques ont été exploitées en cartographie, pour pallier certains handicaps, explorer des données ou, par l'association de lieux cartographiés à leurs odeurs caractéristiques, améliorer la compréhension des phénomènes représentés (Cauvin et al., 2007).

5.2.2. La géovisualisation

Définitions

Le terme de **géovisualisation** – ou visualisation géographique – désigne la visualisation de données à référence spatiale. Si le plan ou la carte sont de très anciens moyens de géovisualisation de la surface terrestre, les dernières décennies ont vu naître quantité d'autres supports : carte dynamique, interactive ou interfaces visuelles pour les SIG. La recherche initiée dans ce sens a pour but d'adapter les outils et méthodes, développés dans le cadre de la visualisation scientifique ou d'informations, aux particularités des données à référence spatiale. Celles-ci constitueraient en effet l'immense majorité des données numériques produites aujourd'hui (MacEachren & Kraak, 2001). Il ne s'agit cependant pas seulement de données en rapport avec l'espace géographique ou même avec l'espace réel. Les outils de géovisualisation sont en effet utilisés pour la visualisation scientifique, en particulier la représentation de systèmes complexes : le système neuronal ou le réseau Internet.

La (géo)visualisation n'implique pas *a priori* l'usage de **technologies informatiques** (DiBiase, 1990; MacEachren, 1994a) : une carte en papier est un outil de visualisation, puisqu'elle permet d'explorer les informations et possède même une dimension interactive. D'autres auteurs (Taylor, 1991; Cartwright et al., 1999; Buckley, Gahegan & Clarke, 2000) relient directement la visualisation à l'usage de technologies numériques, comme le *web mapping* ou les interfaces immersives en trois dimensions (*virtual reality VR* ou *geospatial virtual environments GeoVE*). Dans ce sens, l'accent est mis sur les médias, supports de l'information, et leur relation avec les utilisateurs : la conception d'interfaces et leur adaptation à différents utilisateurs, le développement de méthodes d'interaction et de représentations novatrices de l'information.

Champs d'application et modèles

L'apparition de la géovisualisation dans le champ classique de la recherche en géosciences, et en particulier en cartographie, pose de nombreuses questions quant à sa place précise et, par conséquent, sa définition.

Pour certains auteurs (DiBiase, 1990; Taylor, 1991; Antoni, Klein & Moisy, 2004), la géovisualisation soutient différentes étapes de traitement de l'information dans un processus (idéal) de recherche scientifique (fig. 5.3). En amont, la visualisation facilite l'exploration des données et la confirmation des hypothèses ; elle permet ensuite la synthèse des résultats. A l'étape finale de la communication, scientifique ou vulgarisée, la visualisation améliore également la présentation des résultats ou des données synthétisées (DiBiase, 1990). Dans cette conception, la (géo)visualisation est une manière renouvelée de considérer la carte comme un **outil de recherche** entre construction visuelle et communication (MacEachren, 1994a). Selon ce modèle, le degré de liberté et d'interactivité est maximal lors de l'exploration des données, ce qui implique également un haut degré de responsabilité (risque de manipulation ou de détérioration des données). A l'inverse, la présentation au public des résultats implique un faible degré d'interactivité : pas de modification possible des données ou de leur synthèse.

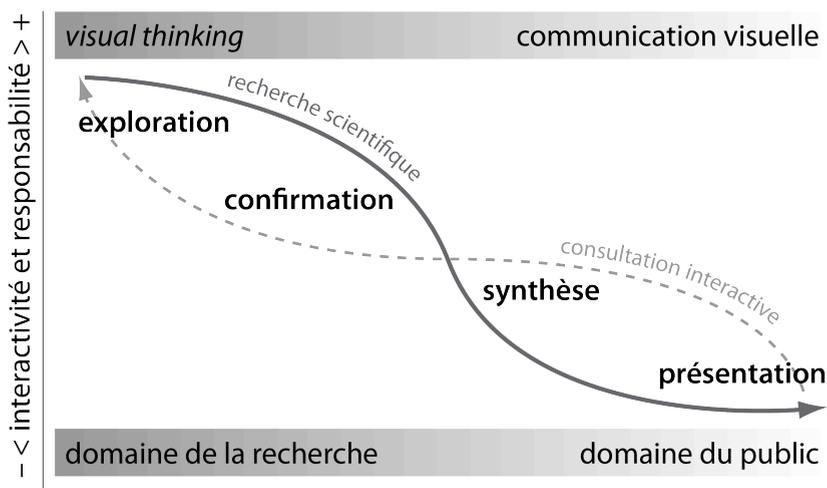


Fig. 5.3 : Fonctions de visualisation dans un processus de recherche idéal (DiBiase, 1990). En trait-tillé : ajout du processus de consultation interactive par l'utilisateur final de la carte, selon Antoni et al. (2004).

Ces étapes peuvent être mises en correspondance avec deux fonctions des médias selon Dransch (1999) : le support à la perception (exploration) et le support à la communication (décodage). Prenant en compte la troisième fonction des médias – le support à la création de connaissances (apprentissage) – Antoni et al. (2004) complètent le modèle en montrant la possibilité pour le public de parcourir à son tour le chemin suivi par le chercheur et remonter aux hypothèses et aux données primaires, grâce à des médias interactifs (fig. 5.3).

Contrairement à celui de DiBiase (1990), le modèle conceptuel des usages de la carte de MacEachren (1994a), nommé (*Cartography*)³, sépare la visualisation de la communication (fig. 5.4, 1). L'auteur considère en effet qu'inclure la communication dans la définition de la (géo)visualisation revient en fait à

assimiler le terme de géovisualisation à celui de cartographie. Dans le cadre du *working group on visualization* de l'ICA (*International Cartographic Association*), il propose de définir plutôt la visualisation comme **un des usages de la carte** ; la communication en est un autre. Ainsi, le concept ne s'éloigne que peu de la visualisation des données et exprimerait ainsi mieux le potentiel de nouveauté que ces méthodes représentent pour la cartographie.

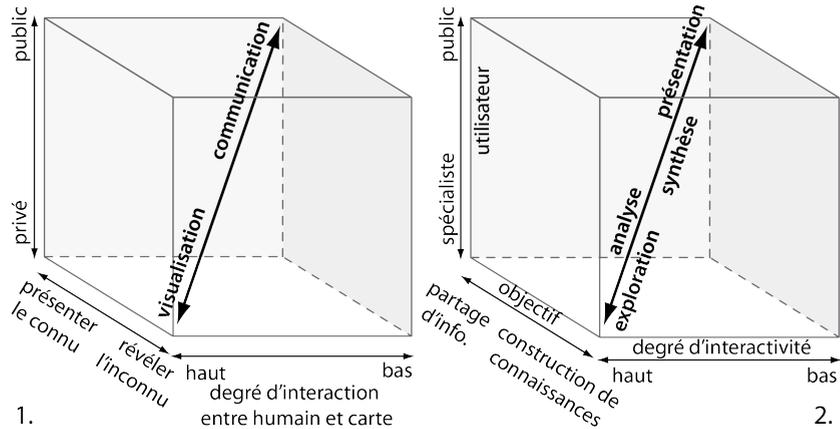


Fig. 5.4 : Espace des usages de la carte : (1) le modèle conceptuel (*Cartography*)³ original de MacEachren (1994a) et (2) sa version actualisée (MacEachren et al., 2004).

MacEachren (1994a) relève cependant que tout usage de la carte comprend une part de communication et qu'il n'y a pas de séparation nette entre les usages. Son modèle sera d'ailleurs modifié par la suite (MacEachren et al., 2004) pour intégrer le point de vue de DiBiase (1990) (fig. 5.4, 2).

Peterson (1996) considère que l'opposition conceptuelle entre une carte servant à communiquer (*presentation*) et une carte servant à visualiser (*analysis*) est largement artificielle et relève d'une vision élitiste de la visualisation, dans la tradition de l'analyse exploratoire de données statistiques. Nous adhérons à son point de vue que nous étendons de la carte à l'ensemble des médias visuels :

« *Every map can be used for analysis, even map on paper that are designed for 'presentation'. [...] Efforts should be instead be directed at improving all forms of map use. [...] Cartographic visualisation is not a higher form of map use usable by only an élite 'few'. Rather, it is a computer-assisted form of map use that incorporates interaction and animation in the display of maps.* »

(Peterson, 1996)

Nous retenons pour la suite une définition élargie de la (géo)visualisation : un ensemble de méthodes de représentation visuelle des informations (spatiales) renforçant les processus mentaux d'exploration, de décodage et d'apprentissage – trois fonctions fondamentales des médias (Dransch, 1999). La visualisation, telle que nous la définissons, fait usage de médias visuels, tant analogiques que

numériques, que nous nommerons également « outils de (géo)visualisation ». Les outils de géovisualisation numériques se distinguent essentiellement des médias visuels analogiques par un plus fort degré d'interactivité ou l'usage d'animation, « pierres angulaires » de la visualisation cartographique (Peterson, 1996).

5.3. Médias visuels : spécificités et renouveau

Divers classements des images ou médias ont été proposés. Leur usage est rendu difficile par deux problèmes : 1) l'ensemble des objets pris en compte est mal défini et varie d'un cas à l'autre ; 2) la liste des médias est datée et n'inclut pas les variantes modernes (Internet, multimédia, réalité virtuelle). Par conséquent, les classifications ouvertes et fonctionnelles sont préférables aux typologies basées sur la forme.

L'échelle d'iconicité de Moles (1980) classe les représentations visuelles en douze degrés d'abstraction, de l'objet lui-même (classé 12) à la description en mots ou en formules algébriques (classé 0). Le tableau 5.3 décrit le rang des principaux médias abordés ici.

Classe	Définition	Exemple
10	Schéma bi- ou tridimensionnel réduit ou augmenté	Mappemonde, carte géologique
9	Photographie ou projection réaliste sur un plan	Photographie, affiche
7	Schéma anatomique ou de construction	Carte topographique, plan en coupe d'une machine
5	Schéma de principe	Plan schématisé du métro
4	Organigramme	(les connections sont logiques)
3	Schéma de formulation	(les connections sont symboliques)

Tabl. 5.3 : Extraits de l'échelle d'iconicité de Moles (1980).

Nous retiendrons une autre classification des médias, moins détaillée que l'échelle d'iconicité. Potentiellement universelle, elle se base sur les dimensions de la réalité, du plus abstrait au plus réaliste, mais aussi sur les caractéristiques du média : fixe ou animé ; permettant ou non à l'utilisateur de contrôler sa vitesse de lecture (tabl. 5.4).

Nous n'aborderons que les médias possédant au moins deux dimensions – les graphies (Cossette, 1983) – en nous intéressant spécialement dans ce chapitre au passage entre la première colonne (médias imprimés classiques) et la deuxième (ajout d'une dimension temporelle, qui permet l'animation, et d'interactivité, qui garantit une certaine liberté de lecture).

Dimension	Média fixe Lecture libre	Média animé Lecture libre	Média animé Lecture non libre
1 D oral	---	Dialogue, enregistrement audio	Emission de radio en direct
1 D écrit	Texte déjà écrit (livre, affiche)	Ecriture au tableau noir Didacticiel (texte)	Nouvelles brèves sur un écran public
2 D	Plan, carte, schéma Dessin, croquis Photographie	Didacticiel avec graphismes Vidéo contrôlable	Diaporama automatique Film, dessin animé
3 D	Maquette ou objet Reconstitution figée	Maquette/objet animé contrôlable Situation simulée	Maquette / objet animé non contrôlable Cinéma 3D Situation réelle

Tabl. 5.4 : Classification des médias selon Maarek (1986), exemples modifiés d'après Adam (1999).

5.3.1. Structurer et expliquer : les schémas

La grande famille des schémas

Selon Cossette (1983), les schémas sont des **images fonctionnelles centrées sur les interrelations** entre les parties de la réalité présentée. Le terme regroupe donc une très grande variété de représentations. L'échelle d'iconicité (tabl. 5.3) montre clairement cette diversité des schémas entre le très abstrait (graphique vectoriel) et le presque réel (mappemonde). On notera que la carte, représentation structurée et simplifiée du monde, est un type de schéma. Par leur forme, les schémas se présentent « comme des **représentations visuelles intermédiaires** entre le texte linéaire et l'illustration, entre l'image et l'écrit » (Adam, 1999).

Dans une définition plus précise, le schéma est :

la représentation figurée d'une connaissance, utilisant formes et dimensions pour ne reproduire que les caractéristiques valables pour toute une catégorie d'objets (concepts concrets, installation...) ou de phénomènes, le schéma pouvant avoir un but descriptif ou explicatif.

(Vezin, 1972)

L'auteur en dégage les deux caractéristiques du schéma : la qualité de figure (au sens d'image construite) et la généralité. Selon que le but est descriptif ou explicatif, le schéma mettra plutôt en avant la **structure géographique** de l'objet (position relative des éléments) ou la **structure fonctionnelle**

(interrelations) (Fassina, 1969; Vezin, 1972). L'équilibre est parfois difficile à trouver, surtout lorsque le phénomène à expliquer possède une forte composante géographique.

Lisibilité et complexité

La plupart des schémas contiennent des éléments de décoration ou de contextualisation qui ne participent pas à l'explication du phénomène observé ; la bonne lecture d'un schéma nécessite donc de reconnaître les éléments pertinents et de comprendre le symbolisme utilisé (Fischbein, 1970). Mais avant de faire appel aux compétences du lecteur, il faut tenter de rendre le schéma plus efficace, c'est-à-dire à la fois plus lisible et moins complexe (Vezin, 1972).

La **lisibilité** devrait pouvoir être améliorée en suivant certains principes tirés de la théorie de la forme (*Gestalttheorie*), à savoir : la similarité graphique des objets identiques ou complémentaires, l'homogénéité d'ensemble, la proximité des objets et le nombre de coudes et de croisements parmi les liaisons (Fassina, 1969).

La **complexité** du schéma se caractérise par le nombre d'éléments, la probabilité d'apparition de chaque élément et le bruit, c'est-à-dire les éléments non pertinents pour la compréhension. On réduit la complexité en diminuant le nombre total d'éléments et le bruit ou en augmentant la symétrie et l'homogénéité des éléments (Fassina, 1969).

Les schémas en géomorphologie

La géomorphologie fait un usage abondant des schémas, tant dans un but didactique – il suffit de parcourir les nombreux manuels pour s'en rendre compte – que pour la communication scientifique. Malgré cela, le schéma n'est jamais cité comme outil du géomorphologue, à l'exception notable de la carte, à laquelle nous consacrons un chapitre particulier.

Le schéma joue un rôle certain dans l'exploration et la construction d'un raisonnement, par exemple par des croquis retraçant diverses évolutions hypothétiques d'un relief ou par des schémas systémiques de processus complexes. Ce sont cependant les schémas utilisés dans un but de communication qui ont retenu ici notre attention. Il est possible de les classer selon leur but premier : la description ou l'explication.

Décrire, situer

L'**image commentée** a un très faible degré de schématisation, elle est simple à mettre en œuvre et à interpréter. L'image de fond – photographie ou dessin – conserve en effet les avantages de sa grande proximité avec la réalité (classe d'iconicité 8 ou 9 sur l'échelle de Moles) et fournit un contexte spatial clair au texte ajouté. La mise en forme et le placement du texte permettent en outre de souligner ou de mettre en évidence certains éléments, comme les moraines médianes sur la gravure d'Agassiz (fig. 5.5).

Le **dessin sur photographie** (fig. 5.6a) participe de la même intention. Dans ce cas, les éléments ajoutés forment une figure à laquelle l'image de fond donne son contexte spatial. Les croquis panoramiques laissant apparaître la structure géologique sont un exemple du même type, qui vise à expliciter des informations concrètes, mais inaccessibles directement (Denis, 1989).

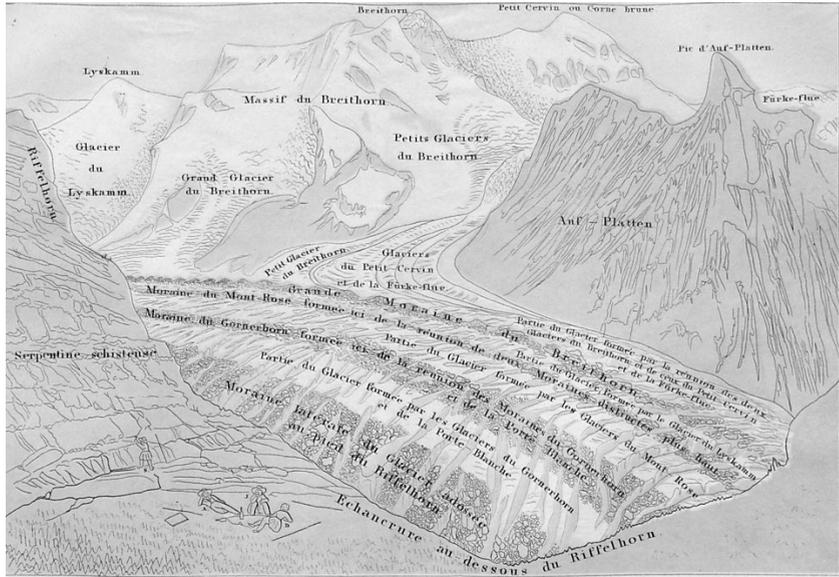


Fig. 5.5 : Dessin schématique (lithographie) du glacier du Gorner (Agassiz, 1840).

D'autres schémas utilisés dans un but descriptif s'abstraient de la réalité, mais conservent une représentation efficace de la situation relative des éléments. Il s'agit en particulier des **blocs-diagramme** (fig. 5.6b) sur lesquels nous reviendrons dans le chapitre sur la troisième dimension. Plus que les exemples précédents, ces schémas tendent à la généralité.

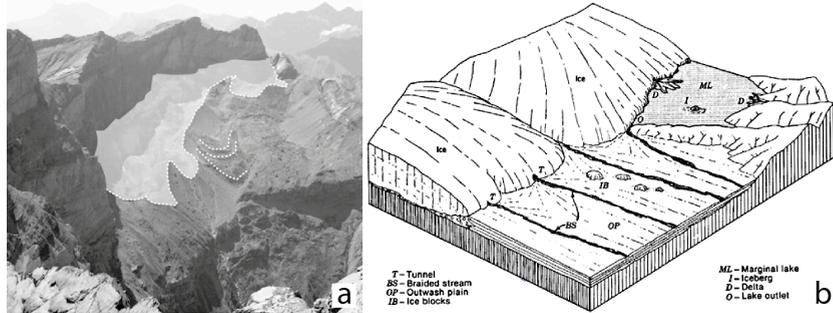


Fig. 5.6 : a) Dessin sur photo, extension du glacier des Martinets en 1850 ; b) bloc-diagramme, formes d'une marge proglaciaire (Strahler, 1960).

Expliquer, synthétiser

Les schémas sont également utilisés régulièrement pour soutenir l'explication d'un phénomène. Pour montrer l'évolution d'un relief, on recourt le plus souvent

à des **schémas en série**, un par étape (fig. 5.7a). L'autre possibilité fait intervenir flèches, trait-tillés ou transparence pour représenter simultanément différents états, ce qui diminue la lisibilité et augmente la complexité. En géomorphologie, ces schémas gardent un haut niveau de détail et de réalisme, parfois au détriment de la généralité.

Les concepts et processus complexes sont au contraire représentés de manière très abstraite, à l'aide de **schémas fonctionnels** (organigramme, système) ou de formulation. L'accent est mis sur les relations entre éléments : lien thématique, causalité, antériorité, hiérarchie, nature du flux, etc. De tels schémas permettent donc d'expliciter des informations abstraites, mais également de systématiser visuellement un ensemble d'éléments (Denis, 1989). A côté des éléments fonctionnels, on retrouve très souvent des éléments figuratifs reliant le schéma à la réalité qu'il représente : par exemple, le trait symbolisant un relief à pente décroissante sur la figure 5.7a b.

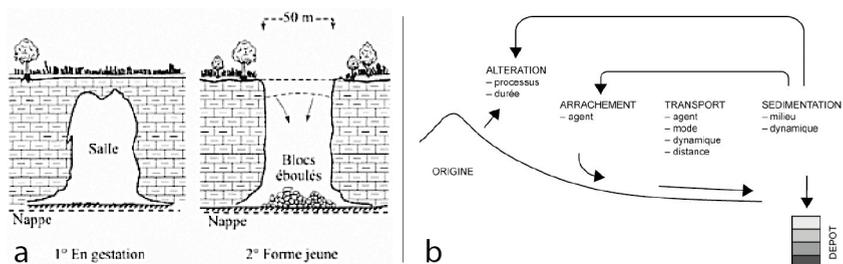


Fig. 5.7a : a) Schéma par étapes de la formation d'un aven en chaudron (Salomon, 2006) ; b) schéma des processus agissant dans la formation d'un sédiment (Thomi, 2005).

5.3.2. Représenter l'espace : les cartes

Par essence représentation schématique et abstraite du monde réel, la carte est l'outil de géovisualisation privilégié pour l'exploration, la synthèse et la communication en géomorphologie. Cela s'explique par des raisons historiques (méthodes héritées de la géologie et de la géographie), mais aussi pratiques car les données de base sont le plus souvent récoltées et stockées sous forme cartographique.

Offrant une vue zénithale (en plan) du territoire, la carte est depuis longtemps le mode de représentation idéal pour étudier la distribution spatiale d'un phénomène (Nardy, 1982). Aujourd'hui, la production de cartes à partir de systèmes d'information géographique (SIG) réduit les contraintes liées à leur réalisation manuelle (Vitek, Giardino & Fitzgerald, 1996). La carte peut désormais être mise à jour ou modifiée simplement : il est aisé de changer la légende ou même l'échelle.

L'outil cartographique améliore la compréhension spatiale et temporelle d'un phénomène (Vitek et al., 1996). Mais, dans sa version traditionnelle, il montre ses limites, en particulier lorsqu'il s'agit de combiner ces deux dimensions.

Les limites de la « carte réelle »

Le terme de carte réelle est emprunté à Clarke (1999) ; il désigne les cartes imprimées, tangibles et permanentes, par opposition aux cartes temporaires produites numériquement et à la demande par un SIG. Les limites de la carte réelle se déduisent d'un constat évident : « *The world is complex, dynamic, multidimensional; the paper is static, flat* » (Tufte, 1991).

Echelle

La carte est dessinée à **une seule échelle**. Celle-ci fait partie des choix fondamentaux du cartographe. L'échelle ordonne en effet les contenus et indique le rapport proportionnel entre la réalité et sa représentation cartographique (Cosinschi, 2009). Par conséquent, la carte réelle n'est pas le média le plus adapté à la représentation des liens transversaux entre les différentes échelles d'observation d'un phénomène. L'imbrication de cartes à des échelles différentes dépasse en effet rarement un objectif de localisation (carte-repère).

Légende et contenu

La carte n'a qu'**une seule légende** ; toute information thématique supplémentaire doit être ajoutée en tant que variable visuelle. Les cartes ne représentent classiquement qu'une seule variable à l'aide, par exemple, de la couleur (carte choroplèthe) ou de symboles proportionnels. La représentation bivariée complexifie la légende : symboles proportionnels colorés, combinaisons de textures et d'orientation, etc. Trois solutions permettent d'ajouter encore des variables (Béguin, Pumain & Pascard, 2000; Slocum et al., 2009) : la série de cartes comparables (chacune représentant une variable), la création de symboles ponctuels multivariés (histogrammes, figures de Chernoff) ou le traitement statistique préalable des données (par exemple, une analyse en composantes principales) dont seul le résultat est cartographié.

Représenter simultanément les entités spatiales et le temps revient donc le plus souvent à tenter le difficile exercice de la cartographie multivariée. Par exemple, une chronologie d'événements est traduite par une variation des couleurs ; cela limite non seulement le nombre d'états que l'on peut représenter simultanément, mais réduit également les possibilités d'ajouter d'autres informations thématiques (fig. 5.8).

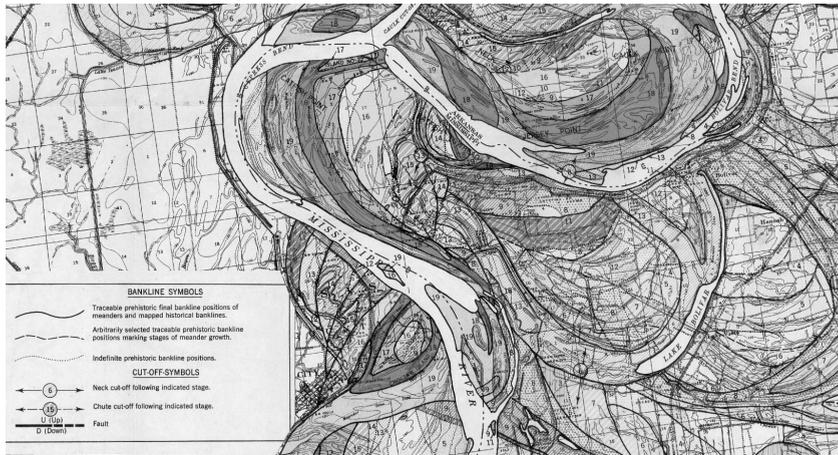


Fig. 5.8 : Extrait de la carte des anciens cours du Mississippi (Fisk, 1944, 22-8).

Représentation statique

La carte est **une vision statique de la réalité**. Différents états temporels peuvent cependant être représentés simultanément, mais seulement en nombre restreint et à condition que certains éléments restent fixes pour permettre de se repérer. Par ailleurs, une évolution non constante, comme l'alternance des phases d'avancée et de recul d'un glacier, pose des problèmes de représentation. Dans les cas les plus simples, une même carte permet de représenter trois possibilités d'évolution – augmentation, diminution, conservation – au prix d'une légende complexe (fig. 5.9, a). Sinon, le phénomène peut également être représenté par une série de cartes comparatives (fig. 5.9, b).

Cette méthode rend cependant plus difficile encore l'appréhension par le lecteur de la continuité d'un processus et risque de transformer une évolution en une succession d'états déconnectés les uns des autres. Comme le signale Peterson (1995) : « *what happens between each frame is more important than what exists on each frame* ».

Nous avons montré l'importance en géomorphologie de la dynamique et des relations spatio-temporelles entre les objets et ce, à plusieurs échelles. A première vue, les limites de la carte réelle, telles qu'exposées ci-dessus, rendent ce média totalement inadapté à la médiation de la géomorphologie. Le chapitre suivant explore les possibilités de dépasser ces limites en cartographie par la production de cartes temporaires : dynamiques, interactives ou animées.

La carte imprimée telle qu'on la connaît reste cependant un média adapté à de nombreux usages. Son « domaine de compétence » est très étendu, également en géomorphologie : synthèse des formes d'une région précise, à un moment fixé (carte géomorphologique) ; support d'orientation et de localisation des sites d'intérêt (carte géotouristique) ; représentation de limites thématiques à un moment fixé (carte de répartition du permafrost, carte des bassins versants). Peterson (1999) résume en trois points les avantages de la carte sur papier : (1) elle se transporte facilement ; (2) elle a une meilleure résolution d'image

qu'un écran ; (3) elle a une plus grande durée de vie. Mais, selon son bilan, « *while paper offers major advantages to cartography, it cannot compete with interactive media in addressing the essence of cartography – the representation and communication of the spatial and dynamic world* ».

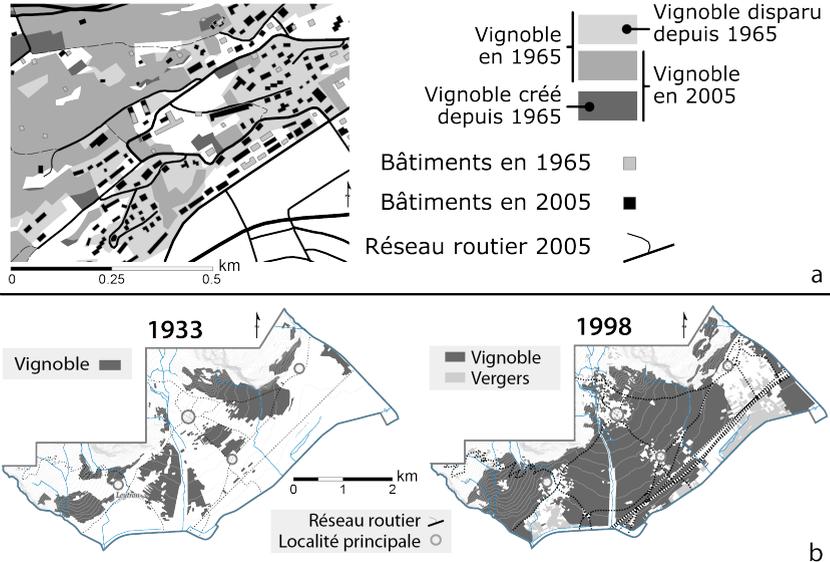


Fig. 5.9 : a) Extrait de la carte d'évolution conjointe de la vigne et des bâtiments à Saviesse (VS) ; b) Extrait d'une série de quatre cartes du vignoble de Chamoson (VS), (S. Martin & Reynard, 2007).

Nouvelle cartographie : chercher à dépasser les limites du papier

Cartographie multimédia et cartographie interactive

Pour Cartwright et Peterson (1999), une carte traditionnelle peut être, dans un certain sens, considérée comme un produit multimédia (multicodal) mêlant couleurs, textes et symboles, puisque ces différents éléments sont agencés de manière cohérente pour transcrire la réalité. Le terme de **cartographie multimédia** désigne plus particulièrement les cartes présentées sur un support informatique et qui regroupent ou donnent accès à différents médias. Une carte temporaire, au sens de Clarke (1999), peut en effet jouer le rôle d'interface pour accéder à d'autres informations, tout en conservant son rôle de média visuel (Meng, 2003).

Des exemples – devenus – classiques de cartes multimédias sont fournis par les interfaces graphiques des SIG, qui permettent d'afficher simultanément carte, métadonnées textuelles et graphiques statistiques, ou Google Maps, qui affiche non seulement la carte du monde, mais également des photographies ou des vidéos géolocalisées. Cette extension technique permet à la carte de mieux appréhender la complexité et la multidimensionnalité du monde.

La carte multimédia est souvent aussi **interactive** (les deux exemples ci-dessus en sont la preuve). On l'a vu, les deux concepts sont étroitement liés, l'interactivité pouvant même être considérée comme « une composante indissociable du multimédia » (Cauvin et al., 2007). Il s'agit donc avant tout d'une focalisation sur l'un ou l'autre attribut. Parmi d'autres caractéristiques, les cartes interactives sont pourvues d'une interface graphique intuitive, d'un système de pointage et d'une mise à jour de l'affichage quasi instantanée (Peterson, 1995).

Cartographie dynamique et animation

La cartographie dynamique reste dans un domaine très proche des formes décrites précédemment, mais apporte une distinction supplémentaire. On peut en effet parler de cartes multimédias – comme de sites Internet – statiques ou dynamiques. La distinction dépend de la source de ce qui est visualisé à l'écran. Dans le modèle statique, la carte est une image préexistante ; elle peut être affichée à la demande ou fournir des hyperliens vers d'autres informations. Dans le cas d'une **carte dynamique**, ce qui est affiché à l'écran est généré à chaque requête de l'utilisateur à partir d'une base de données. Il n'y a pas de cartes prédéfinies, mais une multitude de cartes possibles ou virtuelles, au sens de Muller et Laurini (1997).

Les avantages du modèle dynamique résident dans la production de cartes toujours actuelles (en fonction, bien sûr, de l'actualité des données de base) et la pleine interactivité potentielle, puisque la carte n'est pas réalisée par l'émetteur, mais au gré des besoins de l'utilisateur. Sur ce dernier point, il faut garder cependant quelque réserve car l'utilisateur n'agit qu'au sein d'un système préétabli ; il ne peut pas non plus dans tous les cas modifier la représentation des données.

L'**animation** est une méthode qui s'applique à un grand nombre d'objets et de représentations graphiques, dont la carte. On distingue l'animation temporelle de l'animation non temporelle (Dransch, 1995; Peterson, 1996). La première présente des modifications d'objets géographiques en relation directe avec l'écoulement du temps ; par exemple, l'étalement de l'agglomération de Lausanne entre 1850 et aujourd'hui ou le retrait supposé du glacier du Rhône entre 2007 et 2099. Dans le cas d'une animation non temporelle, il existe trois cas de figure : (1) l'animation s'applique à l'ensemble de la scène, sans modification des objets ; dans ce cas, l'animation traduit un mouvement de caméra (*fly-by*), un zoom ou un changement d'éclairage ; (2) l'animation est produite par l'usage du temps pour représenter un certain attribut des données, autre que la chronologie : en fonction de cette variable, on change soit l'ordre des différentes séquences, soit la durée de chaque séquence (plus la variable est grande, plus longtemps dure la séquence) ; (3) enfin, l'animation peut provenir d'une modification de la représentation des données ; il peut s'agir d'un zoom cartographique (le niveau de généralisation varie par sélection ou simplification) ou d'une variation de la mise en classe des données, soit en modifiant les seuils, soit en variant le nombre de classes.

Variable	Mesure
durée	durée d'affichage de chaque séquence (stade) dans l'animation
taux de changement	amplitude du changement (taille, position) divisée par le temps
ordre	ordre de succession des séquences dans l'animation (le plus souvent chronologique)
date d'affichage	apparition (début) du changement d'un élément
fréquence	nombre de stades identifiables par unité de temps
synchronisation	correspondance temporelle entre deux animations parallèles

Tabl. 5.5 : Variables visuelles pour l'animation selon DiBiase et al. (1992) et MacEachren (1995).

A l'aide d'un certain nombre de variables visuelles spécifiques (tabl. 5.5), l'animation permet de mettre en avant ou d'attirer l'attention sur différents points. DiBiase et al. (1992) proposent une catégorisation transversale des animations selon leur fonction : celles qui mettent l'accent sur les **changements** (animation temporelle, *fly-by*, etc.), celles qui mettent l'accent sur la **localisation** (icône clignotante, zoom, etc.) et celles qui mettent l'accent sur la **distribution spatiale** d'un attribut (affichage par séquence, ordre non chronologique des séquences, etc.).

Extension du concept de carte et de la sémiologie cartographique

Les évolutions du média cartographique – interactivité, animation, multimédia – ne remettent pas en question les principes fondamentaux de la cartographie. La généralisation par la classification, la simplification et la symbolisation de l'information, comme les questions de projection, restent toujours d'actualité (Slocum et al., 2009). Il s'agit plutôt d'une extension des usages et des fonctions de la carte. Avec l'apparition des cartes temporaires (Clarke, 1999) ou virtuelles (Muller & Laurini, 1997), la production des cartes s'est démocratisée (Morrison, 1997) : tout un chacun peut aujourd'hui créer ou personnaliser sa carte sans grand effort – ni méthode – sur Internet.

Contrairement aux cartes réelles, imprimées, les cartes temporaires peuvent s'adapter aux usages et aux utilisateurs, non seulement en matière de forme, mais aussi de contenu. Cette nouvelle cartographie a de fortes implications sur la manière de concevoir les cartes (Cartwright, 1997, 1999b). La carte temporaire a la capacité technique de répondre à de multiples besoins, mais n'est pas pour autant efficace et facile à utiliser. Méthodes et théories manquent encore pour guider les cartographes dans cette voie (Meng, 2003). Dans le domaine de la symbolisation, on a toutefois cherché à réformer ou étendre les variables tirées de la sémiologie de Bertin (1967) en utilisant la couleur (Brewer, 1994), divers autres effets graphiques (MacEachren, 1994b) ou même le son (Krygier, 1994) qui permettent de coder de nouveaux paramètres comme le temps (tabl. 5.5) ou l'incertitude des données (Fischer, 1994; Lodha et al., 1996; Harrower, 2003a).

Changement fondamental, on ne demande plus seulement aux cartes de répondre à la question « où », mais à toutes les autres questions qui permettent, à partir des informations cartographiées, de construire des connaissances et de prendre des décisions (Taylor, 1994; Cartwright & Hunter, 2001). La carte est également utilisée comme support à l'interaction entre personnes pour réaliser des tâches en collaboration (I. Brewer et al., 2000; MacEachren, 2001a). Ces nouvelles missions de la carte requièrent un volume accru d'informations qu'il s'agit de structurer et de rendre accessibles.

Hyperliens, interactivité et multimédias ont permis l'émergence du concept d'hypercarte (hypermap, Laurini & Milleret-Raffort, 1990; Kraak & Van Driel, 1997). La carte permet d'accéder à une grande collection d'informations spatiales ou non ainsi qu'à d'autres médias, soit directement sur la carte, soit au-delà (liens externes). Ormeling (1999) présente les rôles des cartes comme : « *organisers of the multimedia products; containers of links to other multimedia elements; interface to the geographical database; and vehicles for interaction* ». Il devient possible de rechercher les informations à la fois spatialement et par attribut. La carte dynamique de l'inventaire des géotopes suisses est un exemple d'hypercarte appliquée à la communication en géosciences (S. Martin & Ghiraldi, 2011).

5.3.3. Représenter la troisième dimension

Artifices graphiques : cartographie et 2,5D

La cartographie a été depuis longtemps confrontée au défi de représenter sur une surface plane le relief du terrain. Diverses méthodes ont été – et sont toujours – utilisées. La représentation des reliefs de manière symbolique (icônes de sommet, de crête ou de colline (fig. 5.10a) est satisfaisante sur un plan général, mais ne donne qu'une représentation abstraite et simplifiée de la réalité. Sur les cartes topographiques, le relief est alternativement ou simultanément représenté par des hachures (fig. 5.10b), des courbes de niveau (fig. 5.10c), ou un ombrage, renforcé parfois par une variation de couleur en fonction de l'altitude (fig. 5.10d) (Imhof, 1982; Patterson, 2002; Jenny & Hurni, 2006; Slocum et al., 2009). Chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients, en particulier quant à la précision du rendu et à la surcharge graphique de la carte.

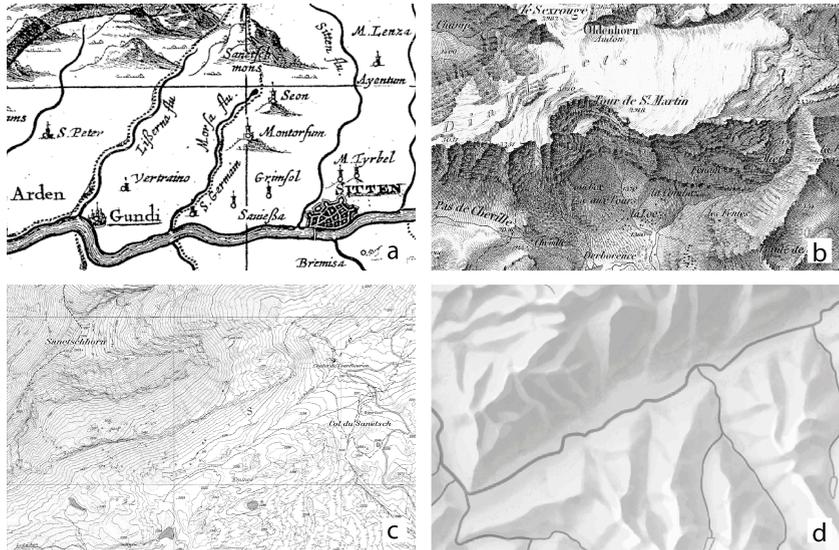


Fig. 5.10 : Représentations cartographiques du relief : a) symboles (du Val d'Abbeville, 1680); b) hachures (Dufour, 1844); c) isolignes (Canton du Valais, 1955); d) ombrage (Swisstopo, 2007).

Pour échapper à ces contraintes, on a depuis longtemps eu recours à la **perspective** cavalière pour reproduire le monde réel : par dessin, avec des vues paysagères à la géométrie souvent distordue (fig. 5.11a) ou, par ordinateur, avec des images drapées sur un modèle numérique de terrain (fig. 5.11c). Ces médias ne sont plus réellement considérés comme des cartes, puisque l'espace est déformé par la perspective et que la légende et le niveau de généralisation varient la plupart du temps entre l'avant et l'arrière-plan. Actuellement, on parle souvent de **représentations en 2,5D**. Par rapport à une image « à plat » (carte, dessin, photographie), ces représentations permettent d'obtenir la vision idéale de ce que l'on veut montrer : en choisissant le meilleur point de vue, équivalent sans frais d'une prise de vue aérienne (fig. 5.11c), ou en intégrant dans une seule image impossible de multiples points de vue (fig. 5.11a).

La 2,5D s'applique non seulement aux photographies et aux cartes, mais également aux schémas. En géomorphologie, on utilise depuis les origines le bloc-diagramme (voir par exemple W. M. Davis & Snyder, 1898) pour représenter synthétiquement les éléments d'un relief (fig. 5.11b). Il s'agit de la version en perspective d'un schéma concret dont les éléments sont disposés dans l'espace (Vezin, 1974). S'il est utilisé à bon escient, ce mode de visualisation permet d'afficher plus d'informations et surtout de révéler en partie les relations spatiales entre les données (fig. 5.12).

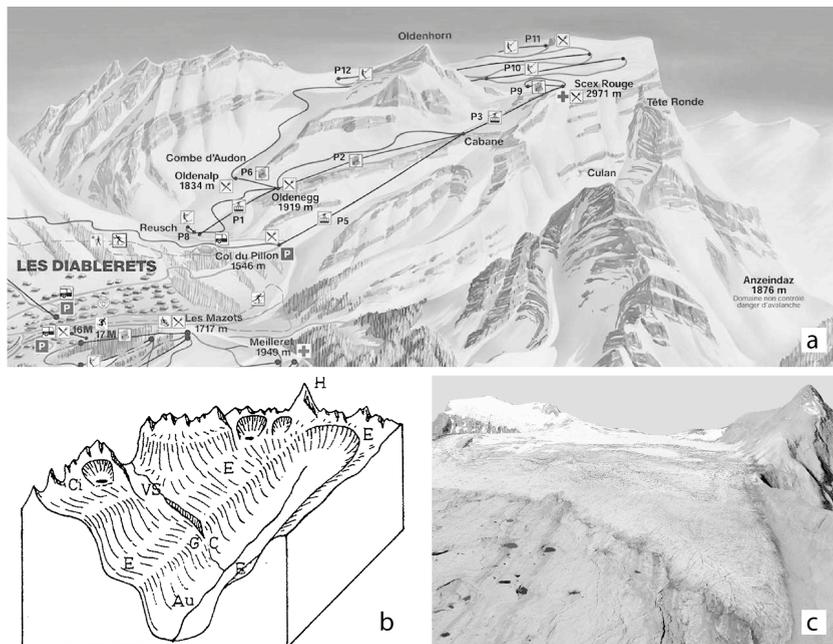


Fig. 5.11 : Trois exemples de vues en 2,5D : a) panorama en fausse perspective (Les Diablerets, Glacier 3000); b) bloc-relief (Derruau, 2004); c) orthophoto drapée sur un modèle numérique de terrain (S. Martin & Reynard, 2008a).

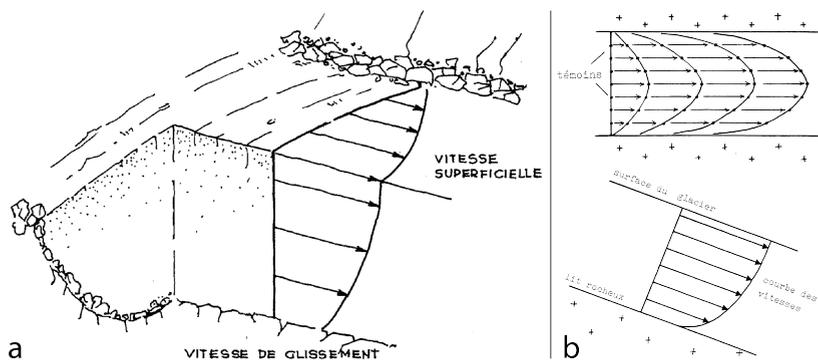


Fig. 5.12 : Répartition des vitesses de déplacement d'un glacier : a) schéma en perspective (Zryd, 2001) synthétisant b) deux schémas en plan et en coupe (Dorthe-Monachon, 1987).

La perspective est également utilisée dans les schémas abstraits, en particulier depuis la démocratisation des outils informatiques permettant de créer facilement des graphes et diagrammes « en 3D ». Ces transformations sont régulièrement décrites car elles nuisent à la lecture correcte des valeurs (distorsion géométrique) et surchargent inutilement le graphique (Klass, 2008). La perspective présente toutefois l'avantage de permettre la représentation de données trivariées, comme dans un graphe à trois axes (voir p. ex. la figure 5.4).

Vraie 3D : maquettes et réalité virtuelle

Des modèles réalistes du relief sont réalisés depuis des siècles grâce à des **maquettes** du terrain peintes et parfois agrémentées de miniatures de bâtiments et de végétation. Comme exemples historiques en Suisse, on peut citer la maquette des environs de Lucerne de Franz Ludwig Pfyffer, réalisé entre 1762 et 1786, ou les modèles de massifs montagneux d'Eduard Imhof pour l'exposition nationale de 1939 (fig. 5.13).



Fig. 5.13 : Maquette du Bietschorn par E. Imhof (1939). Photo : S. Räber, 2006.

Il est possible aujourd'hui de créer l'équivalent virtuel de ces maquettes sur la base d'un modèle physique en « 3D réelle » (Slocum et al., 2009). Dans ce cas, on peut parler de **cartes en 3D** car elles sont réellement perçues comme étant en trois dimensions et les objets sont arrangés spatialement dans l'espace en fonction des conventions cartographiques de symbolisation et de généralisation (Haeberling, 2002). Un support numérique est nécessaire pour visualiser l'objet car son impression le réduirait à nouveau à une simple image en perspective (2,5D).

Le terme de **réalité virtuelle** recouvre l'ensemble des simulations du monde réel, combinant les tentatives de « nourrir » le sens de la vue, mais parfois aussi l'ouïe, le toucher et même le goût et l'odorat. Le débat sur les différents concepts dans ce domaine est loin d'être clos : *virtual environment (VE)*, *geospatial VE*, *virtual reality (VR)*, *augmented reality* ou encore *augmented virtuality* ne sont de loin pas acceptés ni compris également par les différents auteurs. Nous retiendrons la définition proposée par Slocum et al. (2009) :

A virtual environment is a 3-D computer-based simulation of a real or imagined environment that users are able to navigate through and interact with. Normally, VEs are experienced visually, although ideally it would be possible to utilize the full range of senses.

Les environnements virtuels sont caractérisés par quatre facteurs, présents à des degrés divers (MacEachren & Edsall, 1999) : (1) **l'immersion** traduit l'impression de se trouver réellement à l'intérieur de l'environnement virtuel ; un haut degré d'immersion ne peut être atteint qu'à l'aide d'équipements technologiques complexes ; (2) **l'interactivité** permet à l'utilisateur de se déplacer, ce qui se traduit par un changement de point de vue, mais aussi de modifier les objets et leur représentation ; (3) **l'intensité de l'information** correspond à la qualité de résolution des objets virtuels, leur niveau de détail ; et (4) **l'intelligence des objets** représente la capacité d'adaptation et de réaction des objets au contexte et aux actions de l'utilisateur.

Depuis une quinzaine d'années, on tente d'intégrer les possibilités d'immersion et d'interaction de la réalité virtuelle avec la structure, la cohérence et la richesse des informations spatiales d'un SIG (Rhyne, 1997). Un tel environnement étend l'interactivité dans trois domaines : l'orientation et la navigation ; la sélection et la recherche ; la manipulation et l'analyse des données (Verbree, 1999). Classiquement, les objets stockés dans les bases de données spatiales d'un SIG ne sont pas en vraie 3D, mais utilisent des primitives en deux dimensions, ce qui pose des problèmes topologiques et d'efficacité dans l'affichage et l'analyse. Le premier défi est donc de créer un modèle de données en 3D adapté aux exigences des SIG (voir par exemple Scianna & Ammoscato, 2010). Il faut ensuite pouvoir intégrer SIG et réalité virtuelle dans un environnement interactif, comme Internet, à l'aide par exemple du langage VRML (Huang, Jiang & Li, 2001), aujourd'hui X3D (voir chapitre 7).

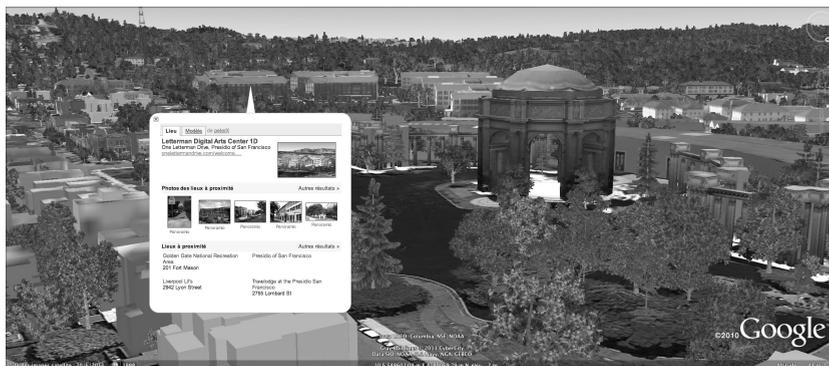


Fig. 5.14 : *Google Earth*, un exemple tout public d'environnement virtuel.

La création de ces environnements virtuels souffre encore de nombreuses limites : travail long et coûteux, données nécessaires peu disponibles (orthophotos et modèles de terrain de haute précision, objets en 3D) et un grand besoin en puissance de calcul. Ce dernier point peut être amélioré en utilisant différents niveaux de détail selon l'éloignement par rapport à l'observateur : un

premier plan très détaillé et un arrière plan presque flou (Lange, 2001; Pajarola & Widmayer, 2001). C'est pourquoi, malgré quelques ouvertures notables (fig. 5.14), les solutions proposées aujourd'hui demeurent peu accessibles au grand public.

5.3.4. Synthèse

L'inventaire des types de représentations visuelles qu'offre ce chapitre reste très partiel. Il laisse en particulier de côté les signes et symboles (Frutiger, 2000), de même que les reproductions réalistes, qu'elles soient mécaniques (photographie) ou artistiques (peinture, dessin, gravure).

Les médias de base – le schéma, la carte, l'image – peuvent être transformés par l'ajout d'une troisième dimension, soit suggérée par la perspective (2,5 D), soit intégrée au média (vraie 3D). Cette troisième dimension vise deux buts principaux : l'augmentation du réalisme ou l'ajout d'information.

En prenant comme exemple la cartographie, nous avons montré qu'un média, grâce au développement des supports numériques, peut être enrichi de caractéristiques et fonctions supplémentaires (tabl. 5.6) : interactivité et animation. Ce constat peut être étendu à tous les médias visuels.

	<i>Plan view (2D)</i>	<i>Model view (2,5D)</i>	<i>World view (3D)</i>
navigation	pan/zoom; specify position	view-point; zoom; centre of interest; flyto	walk-through; virtual guide
selection	pointing; query; distance	pointing; query; relation	pointing
manipulation	create; remove; translate; rotate	translate; rotate; scale; define relations	scenarios
analysis	buffer; overlay; network; proximity	line-of-sight; volumes; proximity (3D)	sound; sight; shadow

Tabl. 5.6 : Fonctions interactives spécifiques à chaque type de représentation ; modifié d'après Verbree (1999).

L'**animation** implique une modification totale ou partielle de la représentation visuelle. Dans les cas simples, elle permet la mise en évidence d'un élément (point clignotant) ou le passage d'une vue à l'autre (diaporama). Mais elle permet surtout la navigation (déplacement, zoom), part importante de l'interactivité du média, et la représentation de processus dynamiques ou d'évolutions temporelles.

Ces nouvelles techniques nécessitent des supports numériques, ce qui peut présenter dans certaines situations un inconvénient pratique. Par rapport à la version analogique des divers médias visuels, leur apport est cependant indéniable : extension des fonctions interactives et visualisation d'informations, en particulier lorsqu'elles sont complexes ou abondantes. La plus-value en terme d'apprentissage, qui fait l'objet de la section suivante, est bien plus difficile à évaluer.

5.4. Médias visuels pour la communication éducative

5.4.1. Influence des médias sur l'apprentissage

Pour répondre à la vaste question de l'influence des médias sur l'apprentissage, en l'absence d'accès direct aux processus cognitifs, il faut recourir à la recherche empirique. On ne peut cependant tester simultanément qu'un nombre limité de paramètres. Les résultats obtenus sont dès lors toujours difficiles à généraliser et dépendent du contexte et du média utilisé : un test avec un schéma n'est par exemple pas reproductible avec une photographie. Par ailleurs, la manière de mesurer l'influence des médias dépend des conceptions de l'auteur sur l'apprentissage (behaviorisme ou constructivisme par exemple) et le type de contenu (informations à mémoriser, raisonnement, etc.). Constatant la difficulté de définir le terme de média comme celui d'apprentissage, Edling (1968) conclut : « *A direct assessment of the effects of media on education is simply not feasible* ».

Les premiers tests comparaient en effet l'efficacité relative pour l'apprentissage de deux médias (par exemple texte et vidéo). Au final, aucun média n'est sorti « gagnant » de ces expériences (Cohen, Ebeling & Kulik, 1981) : on peut simplement en conclure que tous les médias permettent l'apprentissage (Weidenmann, 2001). En fait, les comparaisons entre deux médias (par exemple texte écrit et film) souffrent d'un biais fondamental : à moins de complètement sous-exploiter le potentiel d'un des deux, il n'est pas possible de présenter un contenu identique à travers des médias différents. On ne mesure donc pas réellement l'effet d'un média, mais la manière dont le contenu informatif a été aménagé, encodé. Clark, qui soulève ce problème fondamental, en conclut : « *Media will never influence learning* » (Clark, 1994), mais le débat fut vif durant plusieurs années (Carter, 1996). Quoiqu'il en soit, il ne faut pas oublier que l'apprentissage *sans* média se montre lui-même peu efficace dans de nombreuses situations :

There is also empirical evidence that the verbal-only method does not always work so well. Our research shows, on average, that students who listen to (or read) explanations that are presented solely as words are unable to remember most of the key ideas and experience difficulty in using what was presented to solve new problems.

(Mayer, 2003)

Ce constat encourage à poursuivre la recherche. Le développement de la psychologie cognitive a entraîné une nouvelle approche du rôle des médias dans l'apprentissage. On ne se focalise pas sur l'aspect du support, mais sur l'encodage et le message transmis et l'on redonne une place à l'utilisateur :

Der Lerner wird nicht als passiver Rezipient gesehen, auf den die Medien « wirken »; vielmehr versucht man herauszufinden, wie er das Symbolsystem entschlüsselt und die übermittelte Botschaft verarbeitet.

(Weidenmann, 2001)

La plupart des expériences récentes portent désormais soit sur les situations didactiques intégrant des médias, soit sur les usages du média par l'apprenant pour construire son savoir. En réponse à Clark (1994), qui considérait les médias comme n'étant que des transporteurs d'information, Jonassen et al. (1994) montrent l'influence indirecte qu'ont les médias sur l'apprentissage et résumant leur approche en une phrase : « *media afford attributes, which afford cognitive learning activities which afford thinking which affords learning* ».

Cette approche renouvelle l'analyse des différents médias, encodages ou modes. Comme il n'y a, semble-t-il, pas d'individus qui, par nature, apprennent mieux que d'autres avec les images (Aufenanger, 1999), la qualité de l'apprentissage est fortement influencée par la situation et le contexte, dont le média fait partie (Carter, 1996). Par exemple, la motivation procurée par un apprentissage médiatisé est un facteur positif. Il a aussi été montré que la mémorisation est d'autant plus efficace que les mécanismes cognitifs sont mobilisés, et ce de manière variée (Craik & Lockhart, 1972). Cela implique de structurer adéquatement le contenu et d'exploiter différents médias ou encodages. On en déduit également que les médias ne doivent pas être trop « simples » (Weidenmann, 2001), au risque de pousser à une certaine paresse cognitive qui se traduit au final par un moins bon apprentissage (exemple de la télévision, Salomon, 1984).

Sans prétendre réaliser une méta-analyse du sujet, les sections suivantes mentionnent quelques résultats pertinents guidant le choix du média visuel ou de l'encodage dans un contexte de communication éducative. Une attention particulière est portée aux nouvelles techniques d'information et de communication.

5.4.2. Double encodage et multimodalité

La psychologie cognitive a pu montrer que, dans certains cas bien définis, l'utilisation de médias visuels peut influencer positivement l'apprentissage. Comme on l'a vu, l'absence de théorie générale de la cognition empêche de généraliser les résultats, mais ceux-ci permettent peu à peu de limiter la portée de certains modèles ou d'en valider d'autres, comme le modèle du double-encodage (Paivio, 1986; J. M. Clark & Paivio, 1991). Ce modèle postule que différents codes (verbal, iconique) sont interprétés séparément par le cerveau. L'usage simultané de deux encodages ne surchargerait pas la cognition, mais permettrait au contraire de construire une meilleure image générale. Et en effet, « *an increasing body of research evidence supports the contention that student learning is affected positively by presenting text and illustrations together* » (Mayer & Sims, 1994).

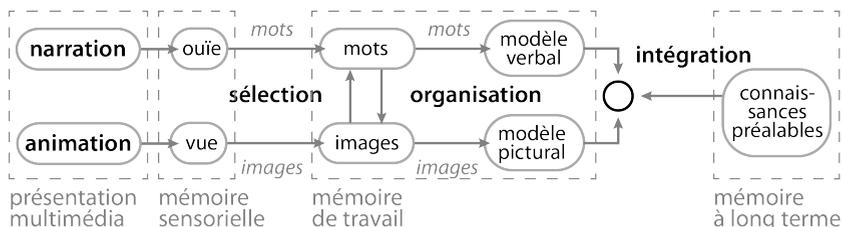


Fig. 5.15 : Modèle cognitif de l'apprentissage multimédia (Mayer & Moreno, 2002a, traduit).

Il apparaît cependant que de bonnes « habiletés spatiales » – « le processus cognitif qui exprime comment on apprend un environnement et les relations entre les objets » (Darken & Sibert, 1996) – sont nécessaires pour faire pleinement le lien entre texte et illustration (Mayer & Sims, 1994; Gyselinck et al., 2000). Par la suite, on a pu obtenir des résultats comparables avec la multimodalité, par exemple en expérimentant une séquence d'apprentissage basée sur des images animées (vue) accompagnées d'une narration (ouïe), ce qui a permis d'étendre le modèle de double-encodage au multimédia (Mayer & Sims, 1994; Mayer & Moreno, 2002b), comme le montre la figure 5.15.

Principe de...	Résumé des résultats
... contiguïté (spatiale et temporelle)	La présentation simultanée de textes et d'images / de narration et d'animation donne de meilleurs résultats, surtout pour les personnes non-spécialistes.
... cohérence	L'apprentissage est meilleur si le média exclut tous les éléments qui ne servent pas l'explication (détails anecdotiques, décorations, effets sonores, musique), surtout pour les personnes non-spécialistes.
... redondance	Utiliser deux médias basés sur le même code nuit à l'apprentissage. Par exemple : animation (image) + narration (mots) donne de meilleurs résultats qu'animation + narration + texte écrit (information codée deux fois avec des mots).
... personnalisation	L'apprentissage est meilleur si l'explication est présentée sous la forme d'un dialogue que dans un style plus formel (le discours semble s'adresser personnellement à l'utilisateur).

Tabl. 5.7 : Principes de l'apprentissage multimédia (Mayer & Moreno, 2002a, 2002b, modifié).

Outre ce principal « effet multimédia », les diverses expériences ont permis d'identifier plusieurs autres principes dont une sélection est proposée dans le tableau 5.7 (pour une liste complète et une synthèse des recherches, voir Mayer & Moreno, 2002a). Ces résultats trouvent directement leur application dans la réalisation de contextes d'apprentissage utilisant plusieurs médias, pour guider le choix des médias et la mise en forme du contenu.

5.4.3. Abstraction ou réalisme ?

Le niveau de ressemblance ou de similarité est hautement subjectif. Une image est jugée réaliste non quand elle est fidèle à la réalité, mais à la représentation qu'on se fait de la réalité (Salomon, 1994). Comme on l'a vu, les représentations visuelles peuvent être classées sur une échelle d'iconicité (tabl. 5.3) selon leur proximité avec l'objet réel. Les questions d'équilibre entre abstraction et réalisme ne sont pas équivalentes selon qu'on se trouve au sommet de l'échelle (environnements virtuels) ou plus près de la base (illustration explicative).

Degré de réalisme des environnements virtuels

A quel point une image peut-elle être perçue comme équivalente de la réalité ? La question est importante lorsque des images sont utilisées comme aide à la décision, par exemple pour l'aménagement du territoire ou pour des projets architecturaux (Walz et al., 2008), ou comme laboratoire virtuel, par exemple pour des expériences de physique (Shin, 2003). En effet, pour être valides, les décisions ou apprentissages issus d'un environnement virtuel devraient être similaires à ceux provenant de l'environnement réel. Par exemple, les objets virtuels doivent se comporter comme leurs pendants réels (MacEachren & Edsall, 1999).

Des environnements entièrement virtuels, n'utilisant par exemple pas de photographies, peuvent être perçus comme une image fidèle de la réalité par une majorité des utilisateurs (75% chez Lange, 2001; 70% chez Shin, 2003, dans deux contextes très différents). Un grand réalisme laisse croire que la compréhension est intuitive, mais cela peut cacher de graves problèmes d'interprétation (Bleich & Dykes, 2006). Pour diminuer ce risque, il a été proposé de combiner les vues réalistes et plus abstraites (MacEachren, Kraak & Verbree, 1999).

La réalité virtuelle suscite un grand intérêt car elle étend les possibilités des utilisateurs : « *users can not only see what would be visible in the real world, but also experience the normally invisible and control what is usually beyond human control* » (MacEachren & Edsall, 1999). Elle permet également de visualiser les résultats de modèles prédictifs. D'un point de vue général, on en craint parfois les effets pervers pour l'enseignement : « Mais quel drame si cette possibilité sert de prétexte ou d'excuse pour renoncer à tout travail réel sur le terrain ! » (Desbeaux-Salviat & Rojat, 2006).

Degré d'abstraction des illustrations explicatives

Pour expliquer un concept, un phénomène ou un système, on recourt essentiellement aux schémas. Les illustrations explicatives visent la généralité et mettent l'accent sur la structure fonctionnelle du contenu présenté (schéma de construction ou de principe, organigramme). Il a été montré clairement que ces illustrations explicatives sont plus efficaces que les illustrations non explicatives (photographie, dessin) pour améliorer la mémorisation d'une explication et la

résolution de problèmes et ce plus encore pour les personnes connaissant peu le sujet (Mayer & Gallini, 1990). Un schéma de construction serait supérieur à un texte décrivant le même objet parce qu'il organise et indexe les informations en conservant les relations topologiques et géométriques entre les éléments (Larkin & Simon, 1987). La recherche d'informations en est par exemple favorisée.

On l'a déjà évoqué, dans un contexte d'apprentissage, un schéma doit être simple et lisible (Veizin, 1972). Il faut entre autres limiter le nombre d'éléments et éviter ceux qui n'apportent rien à l'explication, selon le principe de cohérence (tabl. 5.7). Cela plaide pour un fort degré d'abstraction : les graphiques simples sont souvent plus efficaces que les plus réalistes. Cependant, le contexte et la structure spatiale jouent parfois un rôle aussi important que l'explication. Pour ces « schémas de l'entre-deux », comme le sont les cartes, l'équilibre est difficile à trouver entre efficacité et compréhension générale. Il a été suggéré par exemple d'utiliser des icônes et légendes figuratives pour réduire l'abstraction de la carte et en faciliter la lecture (Patterson, 2002). Les règles en la matière ne sont malheureusement que d'une aide limitée.

5.4.4. Deux ou trois dimensions ?

On a vu que Maarek (1986) classe les médias en fonctions du nombre de leurs dimensions (tabl. 5.4) et que passer de deux à trois dimensions offre plusieurs avantages. Pour les représentations abstraites (schémas, graphiques), l'ajout d'une troisième dimension élargit l'espace potentiel pour la visualisation (Card et al., 1999) ; un graphique en 3D possède plus d'axes et permet donc de montrer plus de données (Hicks et al., 2003). Pour les représentations à visée réaliste, représenter en 3D des objets qui sont naturellement en trois dimensions semble être une question de bon sens :

The common belief behind this trend is that realistic 3D representations of the real world allow a more direct connection between information environments and their electronic representations.

(Tavanti & Lind, 2001)

Lange (2001) postule par exemple que la planification territoriale en 3D plutôt qu'en 2D (cartes) pourrait permettre une prise de décision meilleure et mieux informée. Souvent, les utilisateurs indiquent préférer les vues en trois dimensions (Smallman et al., 2001). Ces représentations ne sont cependant pas toujours idéales. Bien qu'attractives au premier abord, on constate que les interfaces en 3D (comme un bureau virtuel) diminuent les performances des utilisateurs et sont jugées difficiles d'usage (Cockburn & MacKenzie, 2002). De même, les graphiques tridimensionnels se révèlent moins efficaces que leurs pendants classiques : il faut plus de temps pour trouver une information et plus d'erreurs sont commises (Hicks et al., 2003).

Les projections sur deux dimensions d'objets en trois dimensions (ce que nous avons appelé 2,5D) rendent toutes les dimensions ambiguës (Smallman et al., 2001) : il est difficile, par exemple, de mesurer une distance sur une image en

perspective. Des tests comparatifs sur les cartes de randonnée en 2 et 2,5D ont cependant montré que les utilisateurs de vues en 2,5D avaient une meilleure compréhension générale de la topographie et des distances relatives (Schobesberger & Patterson, 2008).

Compte tenu de ces inconvénients et des efforts qu'implique le passage à la 3D, tant du point de vue du concepteur (Walz et al., 2008) que de l'utilisateur (Rase, 2003), il est essentiel de définir les cas qui peuvent induire une plus-value en termes de communication et d'apprentissage. Le tableau 5.8 résume les usages pour lesquels les vues en 3D, respectivement en 2D, sont à préférer.

Usages efficaces des vues 3D	Usages efficaces des vues 2D
Obtenir un aperçu général ou s'orienter	Obtenir des informations ne dépendant que d'une ou deux dimensions
Comprendre la forme d'un objet	Comprendre des formes très complexes (non convexes, avec des parties masquées) à l'aide de coupes ou profils
Se positionner et naviguer de façon approximative	Se positionner et naviguer précisément (aussi quand cela implique la troisième dimension)

Tabl. 5.8 : Usages efficaces des vues en 2D et 3D (Tory, 2004).

Les vues en 3D se révèlent très performantes pour s'orienter approximativement et comprendre la forme générale d'un relief ou d'un objet. Au contraire, les vues en deux dimensions sont meilleures pour des tâches de précision ou de positionnement relatif des objets (St John et al., 2001; Tory et al., 2006). Une certaine précision est possible aussi en 3D, à condition d'offrir un point de vue idéal pour la tâche requise et des outils de mesures adaptés. La complémentarité des usages plaide pour des environnements mixtes. Ces derniers se révèlent efficaces pour l'ensemble des tâches de précision, de positionnement et d'orientation, offrent une navigation aisée et sont également appréciés des utilisateurs (Tory, 2004; Tory et al., 2006).

5.4.5. Statique ou animé ?

La classification de Maarek (1986) distingue les médias non seulement selon le nombre de dimensions, mais également selon qu'ils sont animés ou non (tabl. 5.4). L'animation est « *a dynamic visual statement that evolves through movement or change in the display* » (Peterson, 1996). Les animations sont soit temporelles, soit non temporelles (Dransch, 1995; Peterson, 1996). Les premières représentent une évolution des objets représentés, comme la migration d'un méandre ou le retrait d'un glacier. Les secondes font intervenir d'autres variables que le « temps réel » (Dransch, 1995) : au moyen de changements d'éclairage ou de point de vue, de zooms, de clignotements, d'un nouvel ordonnancement des objets, etc.

Le choix d'un média animé devrait toujours répondre au principe de **congruence** : les attributs, la structure et le contenu du média doivent

correspondre aux représentations mentales de l'utilisateur et aux exigences spécifiques de la tâche (Crinon & Legros, 2002; Tversky, Morrison & Betrancourt, 2002). Animer une image offre une plus-value en terme d'apprentissage uniquement si l'animation a du sens par rapport au message transmis ou à la tâche requise (Hasebrook & Gremm, 1999). Une animation peut par exemple aider à représenter le mouvement, à s'orienter dans l'espace et le temps (Tversky et al., 2002), mais également à « expliquer les relations structurelles ou fonctionnelles entre plusieurs composantes des systèmes complexes et aider ainsi les sujets à construire les modèles mentaux des domaines en question » (Crinon & Legros, 2002).

L'étude des influences des animations sur l'apprentissage fournit aujourd'hui encore des résultats « mitigés et contradictoires », ce qui peut s'expliquer par la complexité du sujet (Crinon & Legros, 2002), mais aussi par des problèmes méthodologiques et liés au choix des médias testés (Park & Hopkins, 1993).

Certains considèrent que les animations sur ordinateur ont un grand potentiel en tant que média visuel éducatif (Rieber, 1990; Mayer & Sims, 1994). D'autres en soulignent les limites, comme par exemple l'effet de distraction qui nuit à l'apprentissage (Schnotz, 2001) et réduit la perception des éléments non animés (MacEachren, 1995), ou encore la difficulté de percevoir les changements dans l'image, l'animation étant souvent trop rapide (Tversky et al., 2002; Harrower, 2003b).

On a vu qu'une animation est attractive et paraît facile d'accès. Mais, à la suite de Salomon (1984), Hoermann (2007) met en garde :

Oftmals ist eine Animation nicht unbedingt der statischen Abbildung vorzuziehen, auch weil sich gezeigt hat, dass die Animation oftmals als „leicht“ empfunden wird und somit vorschnell den Schluss zulässt, man hätte bereits alles verstanden.

Quelques-unes des limites exposées ici peuvent être nuancées par l'interactivité (MacEachren, 2001b; Tversky et al., 2002). En contrôlant le déroulement (pause, étapes, *replay*) ou la vitesse de l'animation, voire en zoomant, l'utilisateur peut améliorer sa perception de l'évolution et des changements présentés et adapter le message à ses besoins. La section suivante expose d'autres aspects de l'interactivité.

5.4.6. L'interactivité

Influence sur l'apprentissage

L'interactivité est certainement la composante des nouvelles technologies de l'information et de la communication qui a suscité le plus d'enthousiasme. Il s'agissait d'une nouvelle manière – supposée plus efficace – de communiquer, d'accéder à des informations et même d'apprendre. Sur ce dernier point cependant, l'optimisme doit être nuancé : comme l'animation, l'interactivité n'est pas le gage d'un apprentissage amélioré. Les environnements interactifs causent

certaines difficultés aux apprenants, comme le manque d'accompagnement ou de précision dans la définition des problèmes (pour une revue plus complète, voir Giardina, 1999).

Par ailleurs, le discours sur l'interactivité est souvent construit sur trois « mythes » (Dillon, 1996) : (1) la structure non linéaire et non contraignante de l'hypertexte serait plus favorable à l'apprentissage que celle d'un texte imprimé ; (2) la mise en réseau des informations correspondrait à la structure de la mémoire ; elle aurait donc l'avantage d'être naturelle pour l'esprit humain, et (3) pouvoir accéder directement à une grande quantité d'informations aiderait à l'apprentissage. Il s'agit toutefois d'assertions fausses ou non prouvées auxquelles on recourt pour encourager et valider souvent *a priori* les systèmes interactifs.

Mais l'interactivité ne doit pas être abandonnée pour autant. Aujourd'hui, par leur expérience d'autres médias, les utilisateurs revendiquent de l'interactivité, mais aussi des supports qui permettent « d'accéder à des contenus, pour l'étude ou le plaisir en peu de temps, à l'heure qui leur convient et en allant plus directement voir ce qu'ils désirent » (Vidal, 2006). Cette liberté, parmi d'autres facteurs (Giardina, 1992), place les utilisateurs dans une attitude positive face aux médias interactifs qui persiste au delà de l'effet de nouveauté.

[Die mediale Lernangebote] können dann Interesse aktualisieren, wenn sie ein hohes Maß an Interaktivität eröffnen, herausfordernde Probleme mit variablem Schwierigkeitsgrad stellen, ermutigendes und leistungsorientiertes individuelles Feedback anbieten, die Fantasie sowie Kreativität der Lernenden wecken.

(Weidenmann, 2001)

Susciter la créativité et la curiosité de l'utilisateur, rendre son expérience agréable ou amusante relèvent du *playfulness* (Ha & James, 1998). C'est là une des dimensions essentielles des sites web interactifs, et tout particulièrement des sites éducatifs (Chou, 2003). Nous l'avons déjà montré, l'intérêt et la motivation de celui qui apprend jouent un rôle essentiel dans l'apprentissage (Giordan & de Vecchi, 2010). L'interactivité peut soutenir avantageusement la construction d'un contexte favorable pour apprendre ; parmi les facteurs déjà présentés (tabl. 2.4), il s'agit par exemple de susciter l'intérêt de l'apprenant, d'activer le désir d'apprendre, de mettre en place un contexte permettant d'élaborer des savoirs (faire des liens) ou encore de présenter des situations qui favorisent la mise en œuvre des savoirs complexes (trouver des aides à penser).

Comme toute aide ou support de la médiation, l'interactivité doit être utilisée à bon escient et selon une structure préétablie. On a pu constater en effet que les environnements d'apprentissage sans contrainte ne sont pas performants pour comprendre des notions complexes ou des concepts fondamentaux (Goldman et al., 1999). Le web, système ouvert par excellence, n'est paradoxalement pas adapté pour trouver des réponses à des questions ouvertes, mais au contraire précises et spécifiques (Crinon & Legros, 2002). Ce phénomène est

particulièrement marqué pour les novices d'un sujet, qui préfèrent de loin suivre un chemin bien balisé dans l'information. Pour être utile et efficace, un média interactif nécessite donc une conception réfléchie du point de vue de l'apprentissage (Desbeaux-Salviat & Rojat, 2006).

Conception d'interface

L'interface donnant accès aux différents médias et contenus nécessite un soin particulier car « *a technology is not in itself interactive – it is the interface we design for it that is interactive* » (Wills, 1996).

La conception d'une application multimédia nécessite de réfléchir à plusieurs composantes (Asche & Herrmann, 1994; Sims, 1997) : la **cohérence** dans la représentation et la structure de l'information, également du point de vue éducatif lorsque c'est l'objectif de l'application ; le **degré d'interactivité**, défini en fonction de l'utilisateur ; la **navigation** qui doit être clairement guidée sans être trop contraignante. L'**interface graphique** organise l'ensemble et revêt une grande importance : « *ideally, screen design should attract, encourage and keep a diverse range of users engaged while operating an interactive application* » (Asche & Herrmann, 1994). En dehors des aspects techniques, concevoir une interface interactive implique une bonne connaissance des besoins et compétences de l'utilisateur (Sims, 1997). De fait, ce dernier retrouve une place centrale : il est lui-même une part de l'interactivité (Giardina, 1999).

A nouveau, il n'y a pas de règles ou de méthodes absolues en la matière, mais plusieurs lignes directrices permettant d'orienter les choix des concepteurs. Pour les applications éducatives, Borsook et Higginbotham-Wheat (1991) en proposent quelques-unes, modifiables selon le contexte (public, objectif) :

- proposer un nombre suffisant de choix et d'options ;
- accès non linéaire et non séquentiel à des informations ;
- réponse immédiate aux requêtes de l'utilisateur ;
- adaptabilité : le système peut gérer plusieurs utilisateurs et s'adapter à leurs différences (degré d'interactivité, contenu) ;
- feedback ;
- utiliser des canaux de communication bidirectionnels : les informations proviennent aussi de l'utilisateur ;
- bonne répartition du temps entre les moments où l'utilisateur peut interagir et les séquences non-interactives / possibilité d'interrompre les séquences.

De plus, l'interactivité peut permettre à l'utilisateur de suivre son propre parcours dans l'application (Ha & James, 1998) et d'être informé des diverses ressources à sa disposition à l'aide d'un *personal-choice helper* (Ghose & Dou, 1998).

La gestion de l'espace d'affichage est un autre défi de l'interactivité ; la multiplication des supports mobiles et leurs écrans de taille réduite oblige les concepteurs à trouver toujours de nouvelles solutions. Le principe est comparable à celui du couteau suisse (Meng, 2008) : on cache au maximum les informations (derrière des icônes ou autres artifices graphiques) et on n'accède qu'à quelques éléments à la fois. Ceci implique de distinguer la part d'informations prioritaires, affichée au départ ou continuellement à l'écran, et celle qui peut être masquée et affichée à la demande (Bétrancourt & Bisseret, 1998). Au bilan, on constate que les interfaces interactives offrent d'innombrables possibilités, tant au concepteur qu'à l'utilisateur, mais requièrent un très grand travail de réflexion préalable pour s'adapter à l'utilisateur et structurer le contenu et sa présentation graphique.

5.5. Synthèse : fonctions, types et usages des médias visuels pour la médiation indirecte

Les médias s'insèrent au centre du processus de médiation, entre l'émetteur et le récepteur. Si le média remplace la conversation naturelle, on parle de **médiatisation** de la communication : le message est encodé d'un côté, puis décodé de l'autre. La réussite de ce processus complexe implique le partage de références et codes communs par les deux protagonistes.

On peut répartir les médias selon le but d'utilisation sur un continuum allant de l'exploration de données et la présentation de résultats. La médiation a recours à l'un comme à l'autre.

L'**exploration** des données est habituellement du domaine du spécialiste ; le média doit fournir une grande liberté à l'utilisateur pour représenter les données de différentes manières. L'être humain possède en effet un puissant sens de la vue qui permet de repérer, sans effort de réflexion, des structures, formes ou images en mouvement ; c'est ce qu'on appelle le *visual thinking*. Les recherches en visualisation visent à améliorer les médias visuels afin de profiter au maximum de cet effet et libérer ainsi les capacités cognitives de l'utilisateur pour des tâches plus essentielles. Les principes de visualisation sont aussi applicables à des médias destinés à des non-spécialistes, particulièrement pour la construction de connaissances.

La **présentation** des résultats vise un certain public ; elle relève de la communication. Dans ce but, les médias jouent divers rôles très importants pour la médiation : donner une vision claire de la réalité (démonstration) ; replacer l'objet dans son contexte thématique et spatial (contextualisation) ; soutenir la création d'une image mentale claire (construction) et attirer l'attention et l'intérêt de l'utilisateur (motivation). Ces fonctions font écho aux aspects identifiés précédemment comme étant nécessaires à un bon apprentissage. Chaque fonction est remplie plus efficacement par certains types de médias.

Définir et distinguer les médias visuels est une tâche difficile. Les médias *lato sensu* se composent en effet d'un **support physique** ou *hardware* : p. ex.

une feuille ; d'un **média** *stricto sensu* ou *software* (p. ex. du texte) ; d'un système symbolique ou **code** (p. ex. verbal avec des caractères typographiques) ; et d'une destination sensorielle ou **mode** (p. ex. la vue). On peut classer les médias (au sens de *software*) visuels selon leur éloignement par rapport à la réalité (échelle d'iconicité) ou par le nombre de leurs dimensions, le degré de liberté laissé au récepteur et l'intégration d'une éventuelle dimension temporelle (animation).

La géomorphologie utilise principalement trois types de médias d'exploration et de présentation : le **schéma** (plus ou moins abstrait), la **carte** (qui est un type de schéma) et la **vue réaliste** (photographie, image en perspective, maquette). Chacun possède des inconvénients et des qualités dont il faut être conscient à l'usage. Hyperliens, multimédia et interactivité constituent ce qu'on appelle les **nouvelles technologies de la communication** qui étendent les fonctions de base des médias traditionnels. La carte imprimée devient ainsi carte multimédia, carte interactive ou carte dynamique et ses usages sont élargis. Elle se fait interface d'accès à des bases de données, permet l'exploration des informations, structure des contenus multimédias et favorise la construction de connaissances. Ces nouveaux usages appellent un renouvellement des théories et méthodes traditionnelles de la cartographie. Il en va de même pour les autres médias.

De grands espoirs sont fondés sur la capacité des médias visuels – et plus encore de leurs récentes extensions – à **influencer positivement la communication et l'apprentissage**. Cette question est difficile à trancher et beaucoup se contentent d'idées fausses en la matière : les images réalistes seraient spontanément compréhensibles, certains médias supposés simples d'accès, comme la vidéo, seraient idéaux pour apprendre, un média interactif laissant une liberté totale à l'apprenant serait également la panacée. Des expériences en psychologie cognitive ont pu contredire nombre de ces assertions, mais la diversité des médias, des contenus et des contextes d'apprentissage rend leur étude laborieuse.

La recherche en psychologie des médias et de l'apprentissage ne fournira jamais de méthode absolue pour choisir tel média plutôt qu'un autre, mais offre certaines pistes pour guider le concepteur. Nous avons présenté quelques résultats spécifiques aux aspects des médias qui nous intéressent : multimédia, abstraction, tridimensionnalité, animation, interaction. Ils permettent déjà de contredire les idées reçues et d'orienter les choix.

D'un point de vue général, les médias visuels, même mal utilisés, ne sont que très rarement néfastes à l'apprentissage. Indirectement, les médias peuvent contribuer à **créer un contexte favorable à l'apprentissage** en renforçant la motivation, l'intérêt, le plaisir et la confiance de l'utilisateur. Mais pour obtenir un effet positif direct, plutôt que de préférer un média à un autre, il est nécessaire de **réfléchir à sa fonction, à sa forme et structure et à la situation** dans laquelle il est utilisé. L'utilisateur joue également un rôle central dans la conception des médias, surtout interactifs. Ces constats correspondent parfaitement à notre conception de la médiation qui sert de trame à ce travail.

6. Analyse du contexte et potentiel des sites d'étude pour la médiation

Rien n'est moins fréquenté que ces lieux si imposants. Quelques bergers des montagnes voisines, quelques chasseurs de chamois, voilà presque les seuls hommes qui passent dans ces contrées... Peu d'étrangers, aucun peintre, aucun naturaliste, n'ont jamais visité les bords du lac de la Derborentze.

(A. Martin, 1835)

Sur la base de trois sites d'étude dans les Hautes Alpes Calcaires suisses, nous étudions, dans ce chapitre, le contexte dans lequel peut s'inscrire la médiation (fig. 6.1). Après un rapide survol de la géologie régionale, nous décrivons un peu plus en détail chacun des sites retenus afin d'identifier les objets physiques et théoriques de la géomorphologie sur lesquels peut se baser la médiation (section 6.1).

A l'autre bout de la chaîne, nous explorons plusieurs aspects du public (visiteurs effectifs ou potentiels) : intérêt pour le géotourisme, pratiques, usage des différents supports, dont le web, connaissances en géomorphologie alpine et avis sur la géoconservation (section 6.2).

Enfin, nous dressons un tableau de l'offre existante, par l'analyse des sentiers didactiques traitant des sciences de la Terre. Nous présentons et appliquons à cette fin une méthode d'évaluation découlant de notre approche globale de la médiation. L'évaluation est complétée par l'avis des visiteurs (section 6.3).

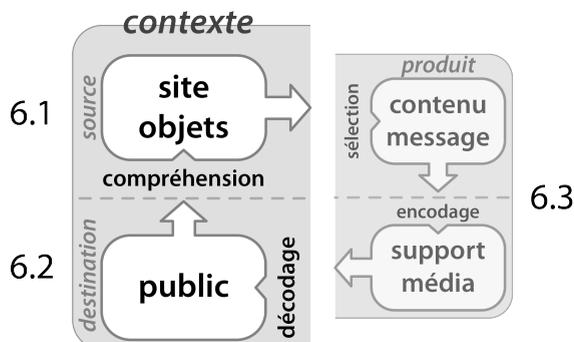


Fig. 6.1 : Axes de la médiation structurant l'analyse du contexte.

6.1. Sites d'étude et objets géomorphologiques

Le choix des sites et objets géomorphologiques sur lesquels construire la médiation peut paraître une question facile à traiter pour un géomorphologue. Pourtant, la sélection des objets pertinents à retenir ne se satisfait pas de méthodes simples. Ce processus est même parfois contradictoire avec l'approche exhaustive et détaillée adoptée habituellement sur le terrain.

Au delà de l'analyse du contexte physique des sites et de la sélection des objets, ce chapitre vise à donner au lecteur une vue générale des sites d'étude afin de mieux appréhender les médias interactifs qui en sont issus. La plupart des résultats de notre travail de terrain ne sont pas à chercher ici, mais directement dans les applications développées sur le web.

6.1.1. Présentation générale des trois sites d'étude

Les trois sites retenus appartiennent aux Hautes Alpes Calcaires de la rive droite du Rhône (fig. 6.2). Du point de vue des sciences de la Terre, ils partagent plusieurs points communs : même domaine tectonique (nappes helvétiques), même lithologie (alternance de roches argileuses et calcaires), proximité plus ou moins grande de glaciers, climat humide et grande extension verticale (de Pont de Nant, 1253 m, au sommet des Diablerets, 3209,7 m). Naturellement, les sites se distinguent aussi par leurs caractéristiques paysagères et morphologiques.

Vallon de Nant – les Martinets

Le **vallon de Nant** (fig. 6.3) est une vallée étroite et encaissée, parcourue par l'Avançon de Nant, un cours d'eau continuellement présent, sinon à l'œil, du moins à l'oreille. La forêt est dense jusqu'à l'alpage de Nant. Là, le chemin carrossable se termine dans une étendue ouverte et plane entourée de parois en gradins pouvant atteindre 1300 m de hauteur. Le vallon est barré à cet endroit par un escarpement rocheux. A l'amont, 400 m au-dessus de l'alpage, le paysage devient très minéral. Il est dominé par les moraines non végétalisées du glacier des Martinets et par les parois de la chaîne des Muverans. Comme l'accès aux Martinets est relativement long et peu engageant, cette partie du vallon reste très peu fréquentée.

Cirque de Derborence

Le **cirque de Derborence** (fig. 6.4) se trouve au fond de la vallée de la Lizerne, entouré des parois des Diablerets qui culminent 1700 m plus haut. Minéral dans les parties hautes, le site présente cependant un aspect général très vert avec des forêts, pâturages et prairies sur éboulis. Le fond du cirque est occupé par des amas de blocs, dépôts d'éboulements historiques aujourd'hui en partie recolonisés par la végétation. Le site compte plusieurs torrents et lacs, donc celui de Derborence, qui se découvrent en prenant de la hauteur.



Fig. 6.2 : Localisation des trois sites d'étude.

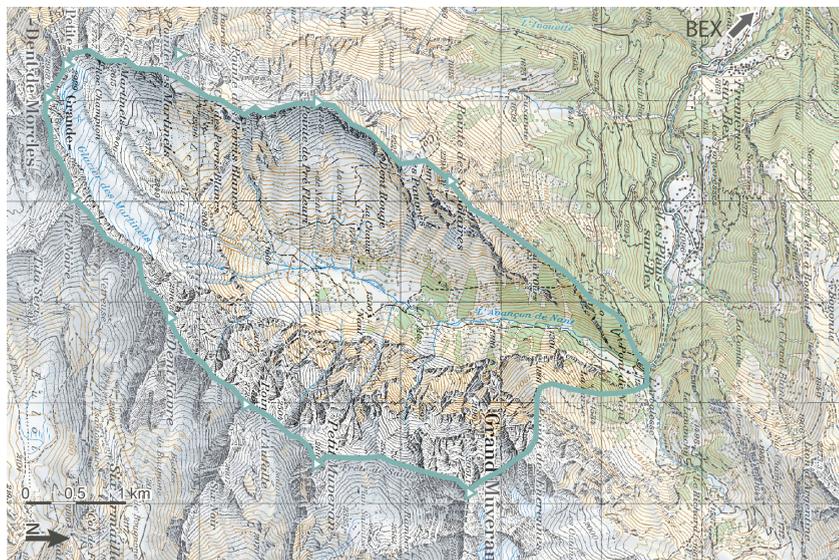


Fig. 6.3 : Périmètre du site du Vallon de Nant – les Martinets (14 km²).

Lapiaz et glacier de Tsanfleuron

Contrairement aux deux autres sites, le **lapiaz de Tsanfleuron** (fig. 6.5) offre un paysage très ouvert. Les sommets et parois qui le bordent au nord sont relativement peu élevés (700 m) et le regard a pour horizon, à l'amont, le glacier de Tsanfleuron et, au sud, les sommets des Alpes valaisannes, de l'autre côté de

la vallée du Rhône. Situé au-dessus de la limite des arbres, le site présente un aspect essentiellement minéral, à l'exception des pentes herbeuses aux abords du col du Sanetsch (à l'est) et dans le vallon des Cloujons (au sud-est).

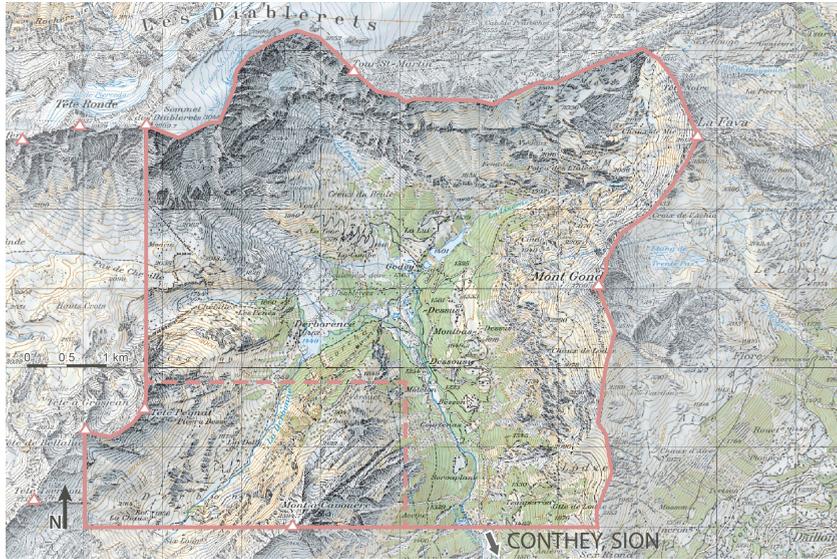


Fig. 6.4 : Périmètre du site du cirque de Derborene (35 km²).

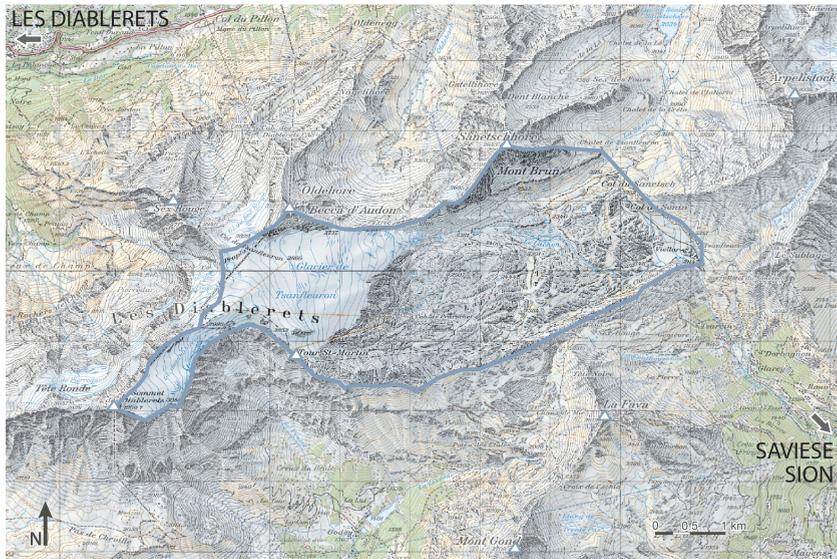


Fig. 6.5 : Périmètre du site du lapiaz et glacier de Tsanfleuron (15 km²).

Tectonique

Les trois sites d'étude se situent dans le domaine helvétique, caractérisé par une succession de plis couchés superposés (Badoux, 1971; Badoux & Gabus, 1991) : nappes de Morcles, du Doldenhorn, des Diablerets, du Mont Gond et du Sublage, les trois dernières formant ensemble la super-nappe du Wildhorn (fig. 6.6).

Les nappes helvétiques sont composées de sédiments déposés au Mésozoïque au sud de la plaque européenne. Elles se rattachent aux massifs des Aiguilles Rouges (AR) et du Mont Blanc (MB). On observe un fort contraste de plissement entre socle et couverture. Le déplacement des nappes est estimé de 30 à 50 km en direction du nord-ouest (Labhart & Decrouez, 1997).

La nappe de Morcles (M) est chevauchée par la nappe du Wildhorn (W). Entre deux sont pincés des sédiments plus récents (flyschs) et souvent déformés, affleurant par exemple dans le cirque de Derborence ou au vallon de Nant (fig. 6.6, coupe schématique).

Stratigraphie

Toutes les nappes helvétiques présentent une stratigraphie similaire, dont la figure 6.7 présente les unités générales. Dans le détail, le domaine helvétique rassemble une très grande variété de roches sédimentaires : principalement des calcaires, des grès et des marnes, mais aussi de la dolomie et des évaporites (Badoux, 1971; Badoux & Gabus, 1991).

Les sédiments du Trias sont peu épais, donc peu présents dans la zone, excepté le gypse affleurant à Derborence.

Le Dogger est également rare sur les trois sites d'étude ; il forme surtout la base de la paroi des Diablerets et le versant SE de la chaîne des Muerans. Le Malm et le Crétacé inférieur forment la plus grande part du relief, avec des alternances d'épais bancs de calcaires massifs et de niveaux schisteux ou marneux. Le Crétacé inférieur est terminé par des calcaires à faciès Urgonien qui forment le lapiaz de Tsanfleuron.

L'Eocène et Oligocène se présentent en lambeaux de grès et calcaires affleurant dans chacun des trois sites, mais notablement dans la partie aval du lapiaz de Tsanfleuron. S'y rattachent également des flyschs appartenant à la nappe de Morcles qui affleurent dans les zones de chevauchements (vallon de Nant, cirque de Derborence).

Le Quaternaire est surtout représenté par des dépôts des glaciers locaux, essentiellement sous forme de placage morainique. Vu la configuration des versants, les éboulis sont très nombreux, mais peu étendus, tout comme les cônes de déjection. Les tassements de versant et les éboulements sont favorisés par la présence de niveaux schisteux ou marneux, comme le Valanginien schisteux (Badoux & Gabus, 1991).

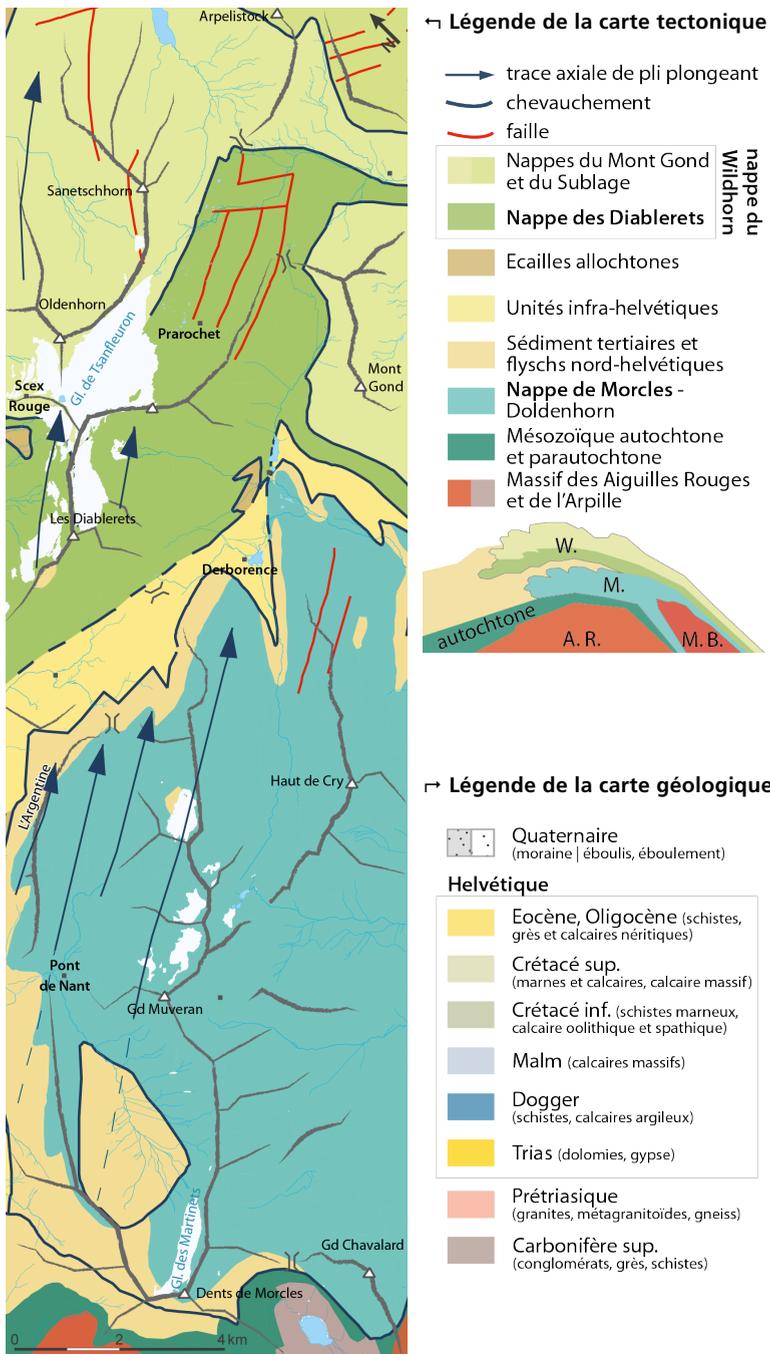


Fig. 6.6 : Carte tectonique simplifiée (source : GéoCartes 500).

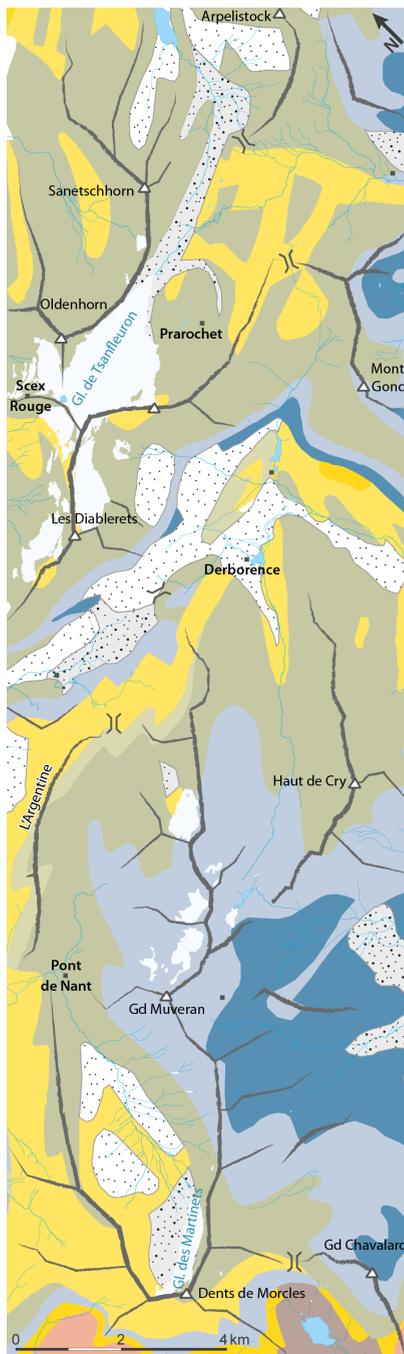


Fig. 6.7 : Carte géologique simplifiée (source : GéoCartes 500 ; modifié).

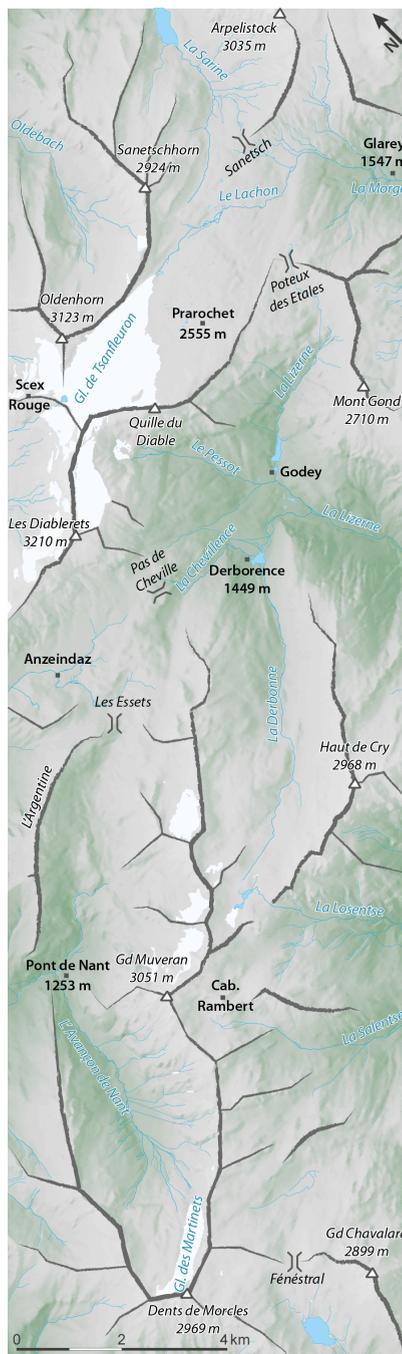


Fig. 6.8 : Carte simplifiée du relief. En pointillé : itinéraires des grands tours de randonnée.

Relief et topographie

La tectonique et la lithologie des nappes helvétiques influencent fortement le relief. Les principaux plis dans les sédiments mésozoïque forment les crêtes et sommets élevés (Dents de Morcles, Muveran, Haut de Cry, Diablerets, fig. 6.8) avec une alternance de barres rocheuses (calcaires massifs) et de vires (calcaires argileux). Le site de Tsanfleuron se distingue par une topographie plane sur plus de 12 km². Cela s'explique par sa position « à la surface » de la nappe des Diablerets et sa lithologie homogène (essentiellement des calcaires massifs du Crétacé inférieur).

Les zones de chevauchement ou situées entre les plis (fig. 6.6) sont composées principalement de flysch et constituent des zones de faiblesse, d'altitude plus basse : Vallon de Nant, Pas de Cheville, cirque de Derborence.

La zone se caractérise donc par de forts dénivelés entre fonds de vallées et parois environnantes, ce qui favorise les processus gravitaires et torrentiels. Au facteur du dénivelé s'ajoutent d'abondantes précipitations, avec plus de 2000 mm annuels sur les crêtes (Schwarb et al., 2001). On comprend dès lors le fort découpage et ravinement des versants.

Finalement, le relief régional est largement influencé par les glaciers. La chaîne des Muverans en particulier a accueilli un grand nombre de glaciers de cirque (Dorthe-Monachon, 1993; Dorthe-Monachon & Schoeneich, 1993) dont certains survivent encore à l'ombre des parois (les Martinets, Plan Névé, la Forcla, Tita Naire, Paneirosse, Tchiffa). Outre le façonnage de cirques et vallons, on doit aux glaciers l'accentuation du profil en escalier des vallées principales (Nant, Derbonne), soulignant la structure géologique.

6.1.2. Géomorphologie, paysage et géopatrimoine

Méthode et sources

Pour chacun des sites, le but de ce chapitre est double : familiariser le lecteur avec la géomorphologie locale et identifier les particularités géomorphologiques, patrimoniales et paysagères qui pourront servir de base à la médiation.

Géomorphologie. Une cartographie géomorphologique simplifiée, inspirée de la méthode de l'IGUL (Schoeneich, 1993; Schoeneich, Reynard & Pierrehumbert, 1998) est utilisée pour mettre en évidence les zones d'influence des processus morphogénétiques principaux, sans distinguer le type de forme. Les formes d'érosion ne sont pas cartographiées, à l'exception des formes karstiques.

A l'exception du Vallon de Nant, où nous avons réalisé nos propres relevés cartographiques, les données proviennent de cartes réalisées par les étudiants de l'Institut de Géographie de l'Université de Lausanne (travaux pratiques de géomorphologie ou mémoires de licence), parfois complétées par nos soins.

Pour chaque site, outre une description générale, on insistera sur les éventuelles particularités géomorphologiques, avec renvoi aux principales publications.



Fig. 6.9 : (a) Amont du vallon : glacier et moraines des Martinets ; (b) cascade de l'émissaire principal du glacier ; (c) lave torrentielle sous la Pointe des Savoleires ; (d) Grandes Moraines et pli secondaire dans la nappe de Morcles ; (e) cônes de déjection à l'amont de l'alpage de Nant.

Autres particularités. L'identification des particularités des sites ne peut se restreindre à la seule analyse des publications scientifiques, souvent lacunaires. L'état des lieux est complété premièrement par l'étude des éléments justifiant l'inscription des sites à l'inventaire fédéral des paysages ou à des inventaires de géotopes à l'échelle cantonale (Vaud) ou nationale. Deuxièmement, l'analyse d'une série de brochures touristiques a permis de relever certaines caractéristiques paysagères et les points d'intérêt mentionnés. A défaut de les connaître directement, cette information renseigne quelque peu sur les attentes des visiteurs et sur certaines représentations collectives des trois sites étudiés.

Vallon de Nant – les Martinets

Géomorphologie générale

La topographie du vallon est marquée par des versants très raides et élevés, entaillés de nombreux couloirs torrentiels ou d'éboulis, et d'avalanche en hiver. Le fond du vallon, relativement étroit, est donc rempli d'un complexe de dépôts entrecroisés : cônes de déjection, éboulis et blocs éboulés (fig. 6.9e).

La géomorphologie du vallon peut se découper en larges zones selon le processus dominant, ce qui la rend particulièrement simple et lisible (fig. 6.10). Cependant, une grande complexité existe à l'échelle des formes, particulièrement à cause de leur imbrication, à l'exemple des moraines des Martinets ou des cônes de déjection autour de l'alpage de Nant.

Le profil en long est irrégulier ; de l'aval vers l'amont, on trouve (fig. 6.10) :

- a. le replat de Pont de Nant, formé de dépôts glaciaires (présence de blocs dispersés) et probablement fluvio-glaciaires ;
- b. resserrement de la vallée et dominance des éboulis ;
- c. ressaut de 40 m marqué par un dépôt morainique avancé et un cône de déjection très actif, incisé par l'Avançon de Nant ;
- d. élargissement à la hauteur de l'alpage de Nant, avec développement de vastes cônes de déjection, principalement issus des torrents de la rive droite (fig. 6.9e) ;
- e. en rive gauche, le versant de la Chaux est occupé par de nombreux dépôts morainiques tardiglaciaires, dont un petit vallum bien conservé ;
- f. versant très raide sur 200-400 m de dénivelé, surmonté d'une barre rocheuse (fig. 6.9b). Plus qu'un verrou glaciaire, ce ressaut est d'origine structurale, situé au niveau du plan de chevauchement de la nappe de Morcles sur le Parautochtone (affleurant à Nant et à la Chaux) ;
- g. resserrement du vallon, entièrement cerné de crêtes rocheuses ; le glacier des Martinets occupe le pied des parois en rive droite, entouré d'un complexe morainique à l'aval et à l'ouest ; une partie des moraines est remaniée par un glacier rocheux (fig. 6.9a, à l'extrémité de l'ombre du nuage sur la photographie).

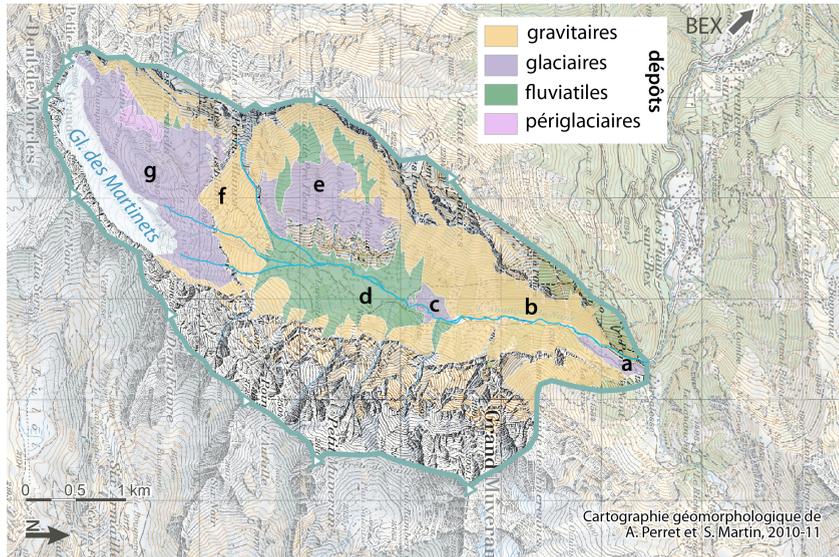


Fig. 6.10 : Carte géomorphologique simplifiée des dépôts du Vallon de Nant classés selon le processus principal de responsable du dépôt.

Le glacier des Martinets (fig. 6.9a), aujourd'hui mince bande allongée SW-NE à l'ombre des parois, n'a que peu reculé depuis le Petit Age Glaciaire (PAG). Les mesures des variations de longueur mesurées entre 1894 et 1975 indiquent un retrait d'à peine plus de 100 m (VAW & ScNat, 2012a). Des mesures sur les cartes topographiques montrent un recul du front aval de 170 m entre 1880 et 1999, ce qui reste faible. Toutefois, la dynamique de retrait apparaît clairement par les importants dépôts de moraine supraglaciaire et l'accroissement ces dernières années de la part de glace morte, bien visible sur les photos aériennes.

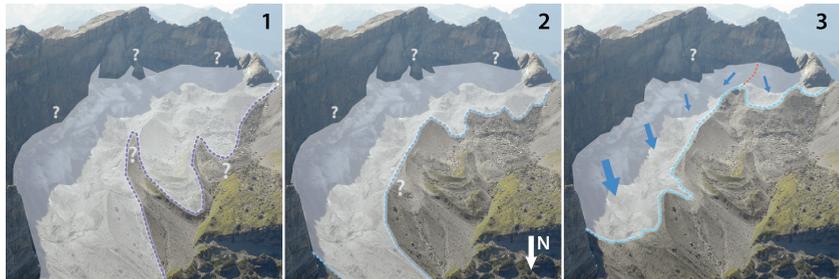


Fig. 6.11 : Reconstitution de stades de retrait du glacier des Martinets d'après la forme et la position des moraines (étude de terrain de Perret et Martin, 2010-2011). Les stades ne sont pas datés. Sur l'image 3, les flèches indiquent la direction d'écoulement de la glace.

L'écoulement du glacier est particulier (6.11, 3) : sa ligne d'équilibre est longitudinale. La grande moraine PAG longeant le glacier est donc plutôt une moraine frontale. Une langue secondaire s'est développée à l'ouest du glacier principal ; elle a aujourd'hui quasiment disparu. La séparation entre les deux se situe à la hauteur de la Petite Dent de Morcles (fig. 6.11, étape 3, trait-tillé).

Dans les phases anciennes d'avancée glaciaire (fig. 6.11, étapes 1 et 2), divers lobes ont progressé en direction du nord. On observe donc plusieurs séries de crêtes morainiques aux orientations variables, ce qui fait de la zone un cas particulièrement complexe de reconstruction glaciaire.

Le vallon a fait l'objet de deux levés de terrain par des étudiants de l'Université de Lausanne (Girardet & Zahnd, 1987; Phillips, 1993). Le recul du glacier des Martinets depuis 1850 a été également cartographié – quoique de manière discutable – par Maire (1976). Dans leur étude de la distribution du pergélisol dans le canton de Vaud, Lambiel et al. (2008) supposent la présence de glace dans le glacier rocheux développé en deux parties dans les dépôts de la langue secondaire et signalent un protalus rampart dans la grande moraine PAG. Pour l'heure, peu d'autres publications abordent la géomorphologie du vallon. Cela contraste avec l'abondante littérature en géologie et surtout en botanique. Cependant, le développement à l'UNIL de projets de recherche sur la climatologie locale, le transfert sédimentaire et la dynamique fluviale devrait changer cet état de fait.

Classement, inventaire	Année	Justification, motifs
Réserve naturelle LSPN	1969	Protection contre la création d'une zone d'exercices de tir de l'armée
Inventaire fédéral des paysages n°1503	1977	Vallée fermée, sauvage et pittoresque ; climat local, particulièrement froid et humide ; très riche flore (plus de 700 espèces, soit 40% de la flore suisse) et faune, particulièrement les oiseaux (59 espèces nicheuses)
Inventaire des monuments naturels et des sites du canton de Vaud n°188	1979	L'ensemble des Alpes vaudoises est classé à cet inventaire.
Inventaire des géotopes du canton de Vaud n°50	2008	Morphologie glaciaire et périglaciaire active ; particularité du glacier des Martinets (ligne d'équilibre longitudinale) ; glacier rocheux actif. Autres : formes fluviatiles et gravitaires, plissements, flysch
Inventaire des géotopes du canton de Vaud n°76	2008	Nappe de Morcles : formations inversées (Dt de Morcles) et plis bien visibles (paroi des Muverans) ; théories de l'orogénèse alpine
Inventaire des géotopes du canton de Vaud n°91	2008	Glaciers des Alpes vaudoises : rares ; rôle majeur dans le modelé du relief régional
Jusqu'en 2010 dans l'inventaire des géotopes suisses (ex n°466)	1996-2010	Idem géotope VD n°50 (voir ci-dessus)

Tabl. 6.1 : Classement et protection du Vallon de Nant à l'échelle nationale et cantonale.

Classement et particularités

A l'instar des marais de Rothenturm, la Vallon de Nant a reçu une protection légale suite à la menace de développement d'activités militaires (Grand Conseil du canton de Vaud, 1969). La richesse de la flore et, accessoirement, de la faune est le seul motif évoqué. Il faut attendre les inventaires de géotopes pour que soient mentionnés les éléments d'intérêt géoscientifique : nappe de Morcles, glacier des Martinets (tabl. 6.1).

Guides et descriptions touristiques

Le Vallon de Nant est traité souvent superficiellement par les guides et sites web touristiques. La mention de son statut de réserve naturelle est récurrente. Les visiteurs ne sont cependant que peu incités à s'engager dans le vallon, moins encore à monter jusqu'au glacier. Le col des Martinets est toutefois un passage obligé sur le tour des Muverans (pour l'itinéraire, voir fig. 6.8). Du point de vue touristique, l'attrait principal est constitué par le restaurant de Pont de Nant et ses environs proches où l'on trouve le jardin botanique alpin de la Thomasia.

Éléments récurrents	Qualificatifs, éléments associés, description
Vallon de Nant (en général)	Fraîcheur (1) Joyau de la région (2) Vallée alpine délicieusement pittoresque (2)
Glacier des Martinets	[Mentionné en tant que] source de l'Avançon (1, 2)
Avançon de Nant	Prend sa source au glacier des Martinets (1, 2) Torrent sauvage et indompté (2)
Autres éléments cités	Jardin botanique alpin de la Thomasia (1, 3, 4) Inversion géologique (2)

Tabl. 6.2 : Qualificatifs décrivant le site du Vallon de Nant dans diverses publications touristiques ((1) Clerc, 2001; (2) Staffelbach, 2005; (3) Office du Tourisme du Canton de Vaud, 2011; (4) Suisse Tourisme, 2012a).

On peut déduire de ce bref aperçu que les aspects géomorphologiques ne sont pas prédominants dans la protection du vallon de Nant. Dans les guides et descriptions touristiques du site, la présence du glacier est parfois mentionnée (tabl. 6.2), mais le site n'est jamais décrit ; on n'en conseille pas la visite. A la lecture de ces documents, tout l'intérêt du vallon se trouve dans le premier kilomètre au départ de Pont de Nant. Une des principales zones d'intérêt du point de vue géomorphologique – le glacier et les moraines des Martinets – est donc non seulement peu visible et difficilement accessible, mais demeure ignorée des visiteurs.

Cirque de Derborence

Géomorphologie générale

Le site de Derborence est limité, dans sa partie nord, par les hautes parois des Diablerets, à l'est, par celles du Mont Gond. Les éboulis occupent en abondance les vires et le pied des parois. Hormis le cirque du glacier de Tchiffa (fig. 6.12a) et la topographie générale des vallées, les formes glaciaires sont peu nombreuses. On note cependant du placage morainique dans les zones préservées des dépôts d'origine gravitaire : Cheville (fig. 6.12c), La Tour (fig. 6.12d), Montbas (fig. 6.12f), Servaplaine (fig. 6.12h). La forte dynamique torrentielle se marque dans la partie centrale, plus plane, par des cônes de déjection actifs : Godey (fig. 6.12e et 6.13e), Derborence (fig. 6.12g). Les versants sont entaillés de nombreux couloirs et ravines. Les processus karstiques se manifestent par des lapiés (fig. 6.13d) en partie couverts dans les calcaires du Crétacé, principalement les lapiés de Mié (fig. 6.12b). Le gypse triasique affleurant autour de La Tour (fig. 6.12d et 6.13a) présente des reliefs ruiniformes, partiellement sous forme de pyramides.

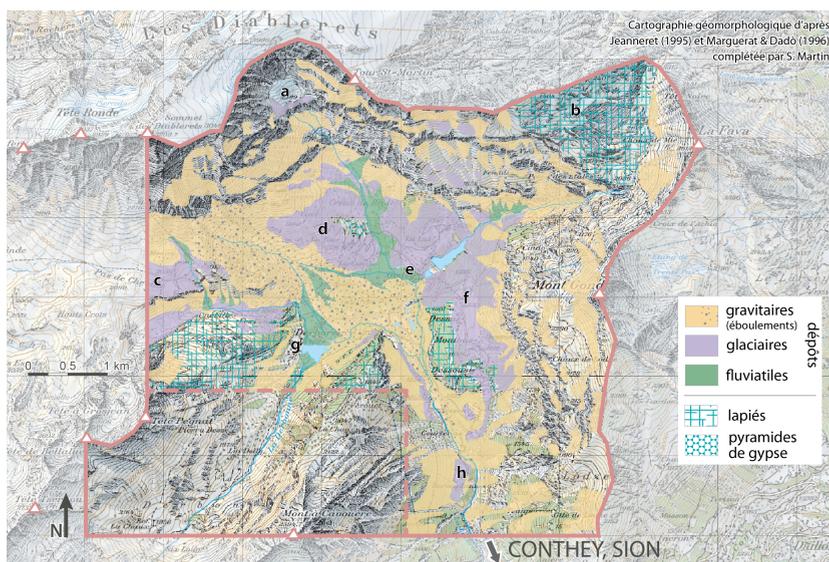


Fig. 6.12 : Carte géomorphologique simplifiée des dépôts et formes karstiques du cirque de Derborence classés selon le processus principal responsable de la formation.

Les dépôts de deux éboulements occupent le fond du cirque de Derborence et l'amont de la vallée de la Lizerne pour un volume total estimé entre 45 et 67 millions de m³ (Garazi & Moret, 1999). Un premier éboulement s'est détaché en 1714 dans la partie inférieure de la paroi (Malm, Berriasien, Valanginien calcaire) sous la Tête de Barne, probablement déstabilisée par un fort séisme deux ans plus tôt. Les blocs ont roulé sur près de 5 km jusqu'à Servaplaine (fig. 6.12h), bouleversant la topographie et l'hydrographie. Le cours de la Lizerne fut temporairement interrompu et plusieurs petits lacs créés (fig. 6.13c).



Fig. 6.13 : (a) Pyramides de gypse de La Tour et, à l'arrière-plan, alternance de vires et parois ; (b) Lac de Derborence, avec remplissage sédimentaire, quelques blocs éboulés et forêt primaire au second plan ; (c) vue générale du site : à gauche, l'extension maximale de l'éboulement de 1714 correspond au derniers prés visibles dans vallée de la Lizerne ; (d) lapiés découverts à Montbas ; (e) cône de déjection, levées et blocs près du Godey.

En 1749, la partie supérieure de la paroi (Kieselkalk de l'Hauterivien et schistes du Drusberg, d'âge Barrémien) s'effondre, conséquence du précédent événement. Vraisemblablement guidés par les dépôts du premier éboulement, les blocs suivent une ligne plus directe et s'arrêtent contre le versant dominant le lac de Derborence qui se forme à cette occasion par le barrage du cours de la Derbonne.

Le site a été couvert par deux travaux de cartographie géomorphologiques d'étudiants de l'Université de Lausanne (Jeanneret, 1995; Marguerat & Dadò, 1996). Outre les nombreux écrits basés sur des sources historiques (pour une synthèse, voir Spiro, Seylaz, & Mariétan, 1956; Kuonen, 2000), les éboulements ont été analysés dans un travail de diplôme en géologie (Garazi & Moret, 1999), avec une intéressante tentative de reconstitution de la paléo-topographie de la paroi ainsi qu'une analyse lithologique des blocs éboulés. Bien que discrets, les phénomènes karstiques sont actifs à Derborence et font l'objet de plusieurs études : hydrogéologie des sources de la Lizerne (Gremaud & Nessi, 2006; Savoy, Favre & Masotti, 2008), prospection spéléologique par le Spéleo-Club Jura (Weber, 2005), sans parler du lapiaz de Mié, relié à celui de Tsanfleuron. Grâce à sa grande diversité géomorphologique, Derborence a été choisi comme terrain d'étude durant un workshop international sur la cartographie du géopatrimoine (Regolini-Bissig et al., 2009). Le site reste cependant plus connu pour sa flore particulière : végétation pionnière ; forêt vierge de sapins blancs préservée de l'exploitation par l'éboulement ; végétation singulière pour le Valais central (hêtraie), favorisée par un climat plus frais et humide (Mariétan, 1960; Droz, 1989; Kuonen, 2000).

Classement et particularités

Le lac de Derborence et le versant qui le domine au sud et qui comprend la forêt primaire sont classés en réserve naturelle. Le reste du site ne bénéficie que de la protection toute relative de l'inventaire fédéral des paysages (tabl. 6.3). Dans le reste de la haute vallée de la Lizerne, toute nouvelle construction est interdite. Le cirque de Derborence est un géotope d'importance nationale, principalement pour son intérêt géomorphologique. Il n'existe pas d'inventaire à l'échelle cantonale en Valais.

Classement, inventaire	Année	Justification, motifs
Réserve naturelle LSPN (Pro Natura)	1959	Protection d'une des trois dernières forêts vierges de Suisse (260 ha au sud du Lac de Derborence, en particulier 25 ha de forêt de sapins blancs)
Décision de protection par l'Etat du Valais n°451.114	1961	Conséquence du précédent
Inventaire fédéral des paysages n°1713	1977	Petit lac de montagne et masses de blocs provenant des éboulis (sic) des années 1714 et 1749 ; forêt vierge subalpine jamais exploitée, la seule en Suisse où domine le sapin blanc ; forêt de hêtres la plus orientale du Valais central dans la vallée de la Lizerne
Inventaire des géotopes suisses n°116	1996	Un des plus grands éboulements historiques de Suisse ; représentatif de l'évolution des parois calcaires ; formes gravitaires, glaciaires et torrentielles

Tabl. 6.3 : Classement et protection de Derborence à l'échelle nationale et cantonale.

Guides et descriptions touristiques

Bien qu'éloigné des grandes stations touristiques, Derborence est une destination phare que l'on peut retrouver aux côtés du Val Verzasca, du glacier d'Aletsch ou des chutes du Rhin dans la promotion touristique nationale (www.myswitzerland.com). Le lac est principalement mis en avant (aussi par les photos), mais l'éboulement et les imposantes parois rocheuses ne sont pas oubliées. Derborence est probablement l'un des sites touristiques suisses dans la promotion duquel l'activité géomorphologique est la plus souvent évoquée (tabl. 6.4). Par ailleurs, le roman éponyme de Ramuz (1934), construit sur la légende d'un berger qui aurait survécu plusieurs mois recouvert par l'éboulement avant d'en sortir, et le film de Francis Reusser en 1985 qu'il a inspiré, ont fait beaucoup pour la renommée du site.

Les éboulements de 1714 et 1749 sont la cause directe ou indirecte de la plupart des intérêts ou particularités du site : les lacs, la forêt vierge, l'aspect sauvage, les légendes, la célébrité par le roman de Ramuz. La plupart des guides ne s'arrêtent cependant pas sur la géomorphologie (causes et conséquences des éboulements), mais plutôt sur le paysage et la végétation.

Derborence est traversé à la fois par le tour des Muverans et celui des Diablerets (pour l'itinéraire, voir fig. 6.8). C'est aussi une étape de la Via GeoAlpina. Cependant, la majorité des très nombreux visiteurs du lieu y accède par la route pour se concentrer ensuite autour du lac de Derborence.

Eléments récurrents	Qualificatifs, éléments associés, description
Cirque de Derborence (en général)	Attirant et mystérieux (1) Un des plus beaux paysages de Suisse (2) Site célèbre, modelé par les éboulements (3) Vallée mythique au destin dramatique, splendide, beauté sauvage ; nature encore vierge (6) Magnifique paysage sauvage (7) Nature sauvage, grandioses paysages ; chargé de légendes (8)
Eboulements	Tragiques (2, 7) Gigantesques, meurtriers (7) Célèbres (8) Œuvre du Diable (9)
Diablerets (parois)	Parois aux nappes doucement relevées (1) S'imposent, finissent par vous obséder (1) Altiers, dominent le promeneur (2) Apre et sauvage (5)
Lac de Derborence	Miroir bleuté ; vision idyllique (2) Le plus jeune lac alpin d'Europe (3) Sombre, qui semble frappé du mauvais sort, enchanté (4) A longtemps passé pour maudit (9)
Forêt vierge	Derborence, abandonnée par les hommes, appartient désormais à la forêt (1) Le sous-bois le plus riche en espèces végétales de notre pays (3) Joyau de la région, féérique (4) Unique (7, 9)
Autres éléments	Les torrents (Lizerne, Chevillence, Derbonne) (1, 2, 4) Glacier (Tsanfleuron, Tchiffa) (1, 5, 7)

Tabl. 6.4 : Qualificatifs décrivant le site de Derborence dans diverses publications touristiques ((1) Beerli, 1993; (2) Jaquiéry, 2001; (3) Communes d'Ardon, Conthey, Savièse, Sion et Vétroz, 2002; (4) Staffelbach, 2005; (5) Metzker, 2009; (6) Office du Tourisme du Canton de Vaud, 2011; (7) Suisse Tourisme, 2011, (9) 2012b; (8) Conthey Région, 2012).

Lapiaz et glacier de Tsanfleuron

Géomorphologie générale

D'un point de vue général, la géomorphologie de Tsanfleuron est très homogène et dominée par les processus karstiques (fig. 6.14). Le glacier de Tsanfleuron (fig. 6.14a), en constant retrait depuis la fin du Petit Age Glaciaire (PAG) recouvre l'amont du site. Il a laissé quelques moraines construites formant un arc bien visible (fig. 6.14b ; 6.15b). Les dépôts sont particulièrement abondants dans la vallée du Lachon, là où une langue glaciaire a pu se développer. Le Lachon s'écoule sur les dépôts morainiques en s'étalant dans une série étagée de petites plaines d'épandage (fig. 6.14c ; 6.15e) souvent limitées par des vallums de faible ampleur marquant un stade de retrait de la langue du glacier. Fait étonnant, le Lachon poursuit son cours à travers les lapiés, formant même une petite gorge, avant de rejoindre d'autres cours d'eau à la limite entre calcaires et marnes. Il faut encore noter les voiles d'éboulis actifs sous les parois rocheuses de calcaire siliceux de la nappe du Mont Gond qui dominent le site (Sanetschhorn).

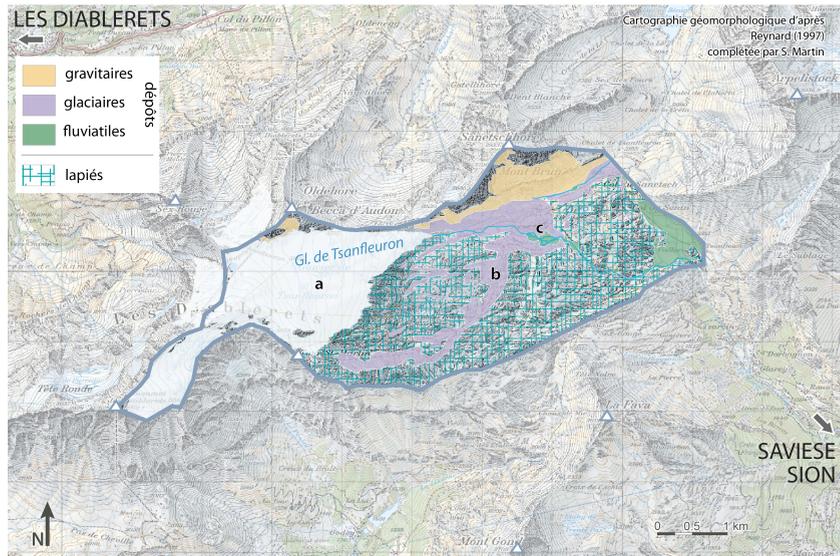


Fig. 6.14 : Carte géomorphologique simplifiée des dépôts et formes karstiques de Tsanfleuron classés selon le processus principal de formation.

Le karst de Tsanfleuron a été intensément étudié durant ces dernières décennies. On trouvera une revue détaillée de la littérature dans Reynard (2003; 2008) qui fait aussi le point sur la question de la protection et de la valorisation du site.

Du point de vue de la **géomorphologie exokarstique** tout d'abord, la région a été cartographiée par Reynard (1992, 1997). Dans sa thèse, Maire (1976) s'est basé sur les lapiés de la région (y compris Genièvre et Tsarein, au sud-est du site) pour établir une classification des karsts de montagne ; il a également décrit la différence de morphologie des lapiés entre l'amont et l'aval des moraines du Petit Age Glaciaire (fig. 6.15b).



Fig. 6.15 : (a) Roches moutonnées au front du glacier ; (b) vue générale avec, de bas en haut : lapiés matures, moraines PAG, lapiés sur roches moutonnées et glacier ; (c) lapiés en marches d'escalier ; (d) encroûtements carbonatés au front du glacier ; (e) deux plaines d'épandages du Lachon entourées de moraines ; (f) lapiés sur les strates alternées de calcaire Crétacé et Eocène.

La grande diversité morphologique du lapiaz de Tsanfleuron a aussi permis à Tóth (2006, 2008) de développer sa nouvelle méthode de classification des lapiés de haute montagne, basée sur l'analyse de cellules lapiazées : situation, morphologie, état de développement et complexité de structure. Cette méthode permet de distinguer quatre zones dans le lapiaz, une à l'amont et trois à l'aval des moraines (Tóth & Reynard, 2011).

La région a fait également l'objet de diverses **études hydrogéologiques** (Masotti, 1997; Gremaud & Nessi, 2006; Savoy et al., 2008; Gremaud et al., 2009; Gremaud, 2011) qui ont permis de mieux comprendre les écoulements d'eau à travers le karst, vers les sources de Glarey (vallée de la Morge), de la Sarine (au col du Sanetsch) et de Tchoetre (vallon de la Lizerne à Derborence), en relation avec la structure géologique particulière du site, à la limite entre les nappes des Diablerets et du Mont Gond, et avec le recul progressif du glacier. Les innombrables cavités de la région, souvent peu étendues, sont toujours en cours d'exploration.

Finalement, la dynamique du glacier de plateau de Tsanfleuron (VAW & ScNat, 2012b), mais surtout les relations physiques et chimiques entre la base du glacier et le bedrock calcaire (fig. 6.15a et d) ont retenu l'attention de plusieurs chercheurs (Lemmens, Lorrain, & Haren, 1982; Souchez & Lemmens, 1985; M. Sharp, Campbell Gemmel, & Tison, 1989; Hubbard et al., 2000, 2003; Hubbard, 2002).

Classement et particularités

A cause d'une possible concurrence avec l'exploitation touristique du glacier (ski et autres activités de Glacier 3000) et malgré d'indéniables qualités esthétiques, le site de Tsanfleuron n'a pas été intégré au périmètre « Diablerets-Vallon de Nant-Derborence » de l'inventaire fédéral des paysages. A part certaines activités de loisirs (sports motorisés), récemment interdites par la commune de Savièse, le site ne bénéficie pas pour le moment d'une protection spéciale : le plan d'affectation des zones, prévoyant le classement du lapiaz en zone naturelle, n'est pas encore effectif. Le site est par contre inscrit à l'inventaire des géotopes suisses (tabl. 6.5).

Classement, inventaire	Année	Justification, motifs
Inventaire des géotopes suisses n°615	1996	Un des seuls lapiaz glacio-karstiques de Suisse ; toute la gamme des formes de lapiés de montagne ; nombreuses études sur le karst, le glacier et leurs interactions ; zone alluviale du Lachon (émissaire glaciaire traversant le lapiaz)

Tabl. 6.5 : Classement de Tsanfleuron à l'échelle nationale.

Guides et descriptions touristiques

Plus alpin que les deux autres sites d'étude, Tsanfleuron n'est pas pour autant négligé par les guides touristiques (tabl. 6.6). Comme la végétation est presque absente du site, l'intérêt du monde abiotique est pour une fois mis en avant : lapiés, glacier, lacs (dans les dolines), etc. Cependant, à une exception près

(Metzker, 2009), les textes rencontrés ne dépassent pas le niveau de la description esthétique (tabl. 6.6).

Éléments récurrents	Qualificatifs, éléments associés, description
Lapiaz de Tsanfleuron (en général)	Prairie verdoyante changée en un désert de glace par la volonté des diables ; panorama splendide ; paysage désolé ; monde minéral (1) Région superbe (2) Vue à couper le souffle (4) Magnifique paysage alpestre (5) Paysage de montagne à la beauté intacte et brute (7)
Quille du Diable (Tour St. Martin)	Aisément reconnaissable, se dresse fièrement ; vue saisissante (1) Célèbre piton rocheux ; le diable y lance des pierres (5) Eperon rocheux ; les démons y jettent des pierres (7)
Lapiés (et dolines)	De petits lacs se forment en recueillant les eaux de fonte ; fissures creusées dans le roc par l'écoulement des eaux (1) Petites gouilles ; magnifiques lapiés (2) Les plus étendus et les plus beaux des Alpes suisses ; résultant du ruissellement des eaux dans les roches calcaires ; laissés à découvert par le retrait du glacier (3) Petits lacs (4)
Glacier de Tsanfleuron	Moraine, où le glacier a autrefois déposé son gravier ; retrait estimé à 5 m par an (1) Cirque glaciaire impressionnant (2)
Autres éléments cités	Les cours d'eau (Lachon, Sarine) (1, 4, 5, 7) Richesses glaciologiques et géomorphologiques (indéfinies) (6)

Tabl. 6.6 : Qualificatifs décrivant le site de Tsanfleuron dans diverses publications touristiques ((1) Simond, 2001; (2) Communes d'Ardon, Conthey, Savièse, Sion et Vétroz, 2002; (3) Metzker, 2009; (4) Office du Tourisme du Canton de Vaud, 2011; (5) Suisse Tourisme, 2011, (7) 2012c; (6) Office du tourisme de Savièse, 2012).

On remarque que, contrairement aux deux autres sites en fond de vallée, le vaste panorama offert depuis Tsanfleuron joue un grand rôle dans son attrait. Pourtant omniprésents, les lapiés n'occupent pas le premier rang dans les descriptions, sauf dans le guide du Club Alpin Suisse (Metzker, 2009).

Du point de vue touristique, Tsanfleuron est un site à deux entrées : le glacier, haut lieu pour les touristes étrangers, aisément accessible via le téléphérique de Glacier 3000, et le lapiaz, plus souvent parcouru depuis le col du Sanetsch par des excursionnistes, ou traversé par des randonneurs sur le tour des Diablerets

(pour l'itinéraire, voir fig. 6.10). Le passage entre les deux transforme la petite excursion en une journée de marche.

6.1.3. Synthèse : objets et messages potentiels pour la médiation

A partir d'une analyse superficielle des sites, comment sélectionner les objets physiques et théoriques qui pourraient faire l'objet d'une médiation ? La médiation du géopatrimoine s'ancrant dans la compréhension des formes et processus géomorphologiques, nous proposons de conserver une double approche des sites : géomorphologique et patrimoniale.

Approche géomorphologique

Pour des sites locaux et peu étendus comme les trois retenus ici, la richesse de la littérature scientifique n'est pas un critère suffisant pour définir les objets intéressants ou originaux. L'analyse bibliographique doit se doubler d'une analyse géomorphologique du terrain. Une carte géomorphologique simplifiée mettant en évidence les processus principaux peut guider le choix de thèmes pertinents pour un site donné.

Dans un cadre géotouristique, la médiation peut difficilement se disperser sur un trop grand nombre d'objets différents. Il est plus pertinent de retenir quelques objets clefs et de multiplier les points de vue en se basant, par exemple, sur la classification spatio-temporelle des approches en géomorphologie proposée au chapitre 3 (tabl. 3.5). Le tableau 6.7 présente un exemple d'application de cette méthode aux moraines des Martinets (vallon de Nant).

		temps		
		Instantané / description	chronologique / analyse	dynamique / explication
espace	focalisé	description de chaque type de moraine localisation ou illustration de chaque type	datation des différents stades *	explication du processus de construction des moraines
	sélectif	description des moraines du glacier des Martinets carte de localisation des dépôts glaciaires	chronologie relative des stades glaciaires identifiés par leurs moraines	morphogenèse du complexe morainique : emboîtement, évolution du glacier
	global	description du paysage du Vallon de Nant, y compris la zone des Martinets	étapes de l'évolution du vallon : histoire glaciaire, puis processus gravitaires et fluviaux *	morphogenèse du vallon : remaniement des dépôts, cascade sédimentaire *

Tabl. 6.7 : Exemple d'approches multiples de l'objet « Moraines du glacier des Martinets » dans le vallon de Nant. Dans les applications interactives réalisées, seules les approches marquées d'un astérisque n'ont pas ou peu été développées.

La médiation devrait privilégier les objets physiques auxquels il est aisé d'appliquer une grande variété d'approches. Cela revient à choisir de préférence des objets relativement complexes (groupes ou complexes de formes) pour lesquels la dynamique ou la chronologie prennent le pas sur la simple description. Cela permet de mobiliser plus facilement des concepts explicatifs et d'aborder également les méthodes de la géomorphologie, deux aspects importants pour une médiation scientifique.

Le tableau 6.8 présente les divers objets physiques (formes et processus) retenus pour chacun des trois sites. Certains concepts associés font le lien entre les sites, comme l'évolution glaciaire (Vallon de Nant, Tsanfleuron) et les processus d'érosion (Derborence, Vallon de Nant).

Site	Objets physiques retenus (processus)	Objets théoriques associés (non exhaustif)
Derborence	Eboulements (gravitaire), formation du lac	Morphogenèse complexe, causalité, explication
	Remplissage du lac (fluviale)	Erosion, explication
Vallon de Nant	Complexe morainique des Martinets (glaciaire)	Evolution glaciaire, méthodes de reconstruction chronologique
	Formes de dépôts (multiples)	Morphogenèse, observation
Tsanfleuron	Formes (glacio-)karstiques (karstique, glaciaire)	Observation, description, classification, multi-processus
	Retrait du glacier (glaciaire)	Ligne d'équilibre, évolution glaciaire

Tabl. 6.8 : Principaux objets physiques retenus pour chaque site et quelques objets théoriques associés.

Approche patrimoniale

La valeur scientifique des sites, centrale dans leur classement comme géomorphosites, est déjà largement prise en compte dans la partie scientifique de la médiation. Comprendre la genèse et l'évolution des formes, leur rareté, leur valeur de témoin pour l'histoire de la Terre devrait découler de la prise en compte des concepts théoriques liés aux objets choisis (tabl. 6.8) et du recours à une diversité d'approches (tabl. 6.7). Dans une médiation visant à renforcer le processus de patrimonialisation, ces aspects doivent être particulièrement mis en avant.

D'autres valeurs pourraient être prise en compte, comme l'esthétique, la visibilité ou l'accessibilité. Fortement dépendantes du site, ces valeurs nécessitent également une analyse de terrain. Cela est particulièrement important pour le développement de produits de médiation *in situ* : sentier à thème, visite guidée. Par contre, les médias visuels virtuels sont détachés de ces contraintes physiques. Au contraire, ils permettent de rendre visible et accessible ce qui ne l'est pas naturellement. Points de vue, esthétique et accessibilité restent cependant

centraux dans la conception de tels médias, mais relèvent alors de la sémiologie, de la mise en forme du contenu et de la structure de navigation.

Finalement, la perception des objets par le public joue également un rôle dans la sélection : qu'est-ce qui est vu, qu'est-ce qui est ignoré (Regolini-Bissig & Martin, 2012), qu'est-ce qui possède une forte valeur identitaire ? Pour aborder ces questions, l'analyse de terrain fait place à des enquêtes auprès des visiteurs ou des habitants.

L'évaluation méthodique (inventaire) des valeurs patrimoniales d'un site peut guider dans une certaine mesure la sélection des objets à intégrer dans la médiation. Cependant, le manque de connaissances géomorphologiques constaté parmi les non-spécialistes oblige à laisser une grande place à l'explication. Comment en effet sensibiliser à la valeur de témoin d'une moraine si le lien entre la présence de celle-ci et l'évolution d'un glacier – et donc du climat – n'est pas comprise ? Parcourir l'ensemble du processus de patrimonialisation (fig. 2.6) prend du temps et, pour être efficace, doit se concentrer sur un message précis et un nombre limité d'objets (physiques et théoriques). Or, l'évaluation des valeurs d'un géomorphosite tend plutôt à lister exhaustivement tout ce qui peut faire l'intérêt du site. Par conséquent, du point de vue de la médiation, plutôt que de s'appuyer sur un inventaire des géomorphosites, il est plus approprié de sélectionner les objets sur la base d'objectifs de communication éducative et de critères physiques (présence d'objets pertinents). Dans un second temps, les objets sélectionnés sont analysés d'un point de vue patrimonial pour en dégager un message pouvant contribuer au développement d'une telle conception parmi le public. Le tableau 6.9 propose pour chacun des thèmes retenus un message pouvant renforcer la dimension patrimoniale des objets auprès du public.

Objets physiques et théoriques	Message potentiel lié à la dimension patrimoniale
Evolution des glaciers, moraines	Les moraines sont un témoin de l'évolution des glaciers et du climat. Les glaciers sont dynamiques et n'ont pas toujours reculé.
Processus d'érosion, dépôts gravitaires et fluviaux	L'érosion modifie constamment et parfois profondément le paysage. Ce que nous voyons aujourd'hui est le résultat de la combinaison de nombreux processus naturels au cours du temps.
Formes karstiques	Développé librement, un même processus peut produire une très grande variété de formes à haute valeur esthétique.

Tabl. 6.9 : Exemples de messages à dimension patrimoniale liés aux objets retenus.

6.2. Caractéristiques, intérêts et conceptions du public

Le public demeure une grande inconnue dans l'équation d'une médiation réussie. Nous avons d'abord tenté de mieux connaître les visiteurs de nos sites d'études, espérant pouvoir identifier des catégories et, partant, définir des

publics-cibles. Les questions les plus intéressantes – questionnements, conceptions, motivations – restaient cependant dans l'ombre. Deux autres enquêtes, déconnectées des sites, ont fourni quelques réponses. Toutefois, d'autres recherches focalisées sur ces aspects seraient encore nécessaires pour en induire quelques généralités et étendre les résultats à des contextes géomorphologiques différents. Nos données offrent malgré tout un éclairage intéressant sur les visiteurs des sites alpins d'importance régionale, leur intérêt pour le géotourisme et certaines de leurs conceptions sur la géomorphologie.

6.2.1. Objectifs et méthodes d'enquête

Enquête A par questionnaire in situ

Une enquête de terrain par questionnaire a été conduite en 2010 auprès des visiteurs de chaque site d'étude. Elle a accompagné à la fois le cheminement théorique et la préparation des applications interactives. Le questionnaire est volontairement éclectique puisqu'il vise à compléter des points précis de connaissance dans un thème déjà en partie exploré (Berrebi, 2006; Pralong, 2006b; Reynard & Berrebi, 2008; Regolini-Bissig, 2011). Cinq questions principales sont abordées.

Q1 : Quelle proportion et quel type de personnes est intéressé à recevoir des informations et explications sur un site naturel ? Sur quels thèmes ?

Il est toujours très difficile de savoir quelle proportion de personnes se sent concernée par les thèmes des géosciences et serait intéressée à trouver des informations dans ce domaine lors d'une excursion en montagne. Cette question est fondamentale pour éviter le paradoxe évident, tant du point de vue économique que didactique, de vouloir proposer des informations qui ne répondent ni à un besoin, ni à une envie.

Dans la même optique, il est important de détailler l'intérêt par grands thèmes (biologie, géosciences, histoire) afin de repérer les sujets les plus populaires, mais aussi de savoir si les personnes sont plus intéressées par un sujet précis ou à une diversité de thèmes.

Q2 : Quel est l'intérêt soulevé par chaque type de support d'information ?

Les préférences pour certains types de supports de médiation renseignent sur le potentiel des nouvelles technologies, mais aussi sur la manière de concevoir un produit de médiation (transportable, interactif ?). Dans sa thèse, Jean-Pierre Pralong (2006b) étudie déjà la question sans trop entrer dans les détails. Nous avons repris certaines de ses hypothèses pour établir le questionnaire.

Q3 : Quel est l'intérêt soulevé par le support web en fonction des informations fournies et du moment de consultation ?

En plus des supports-objets et des visites guidées, nous nous intéressons au possible usage d'Internet comme complément à d'autres offres. Dans le cadre du

géotourisme, ce sujet n'a pas encore été traité. Si certains auteurs analysent ou relèvent l'offre existante (Frater, 2006; Cayla, 2009), ils ne détaillent pas le contenu, ni ne s'intéressent au public potentiel de ces sites. Il s'agit donc d'une première exploration de cette question.

Q4a : quel est l'avis des visiteurs sur l'offre existante (sentiers didactiques du vallon de Nant et de Tsanfleuron) ?

Il est très rare aujourd'hui de disposer d'évaluations sur l'usage des produits géotouristiques et des sentiers didactiques en particulier. Le manque d'information dans ce domaine ne pousse pas à l'amélioration des produits existants, mais à leur reproduction. Le projet d'évaluation globale de la qualité des sentiers didactiques en Valais (Bernard & Kunz, 2009), dont il sera question par la suite, ne prend pas non plus en compte l'avis du public.

Quatre sentiers didactiques ont été évalués par Berrebi (2006) par le biais de questionnaires auprès de 20 personnes au profil similaire, étudiants ou enseignants, non-spécialistes des géosciences. Le sentier de Tsanfleuron, lié à la brochure « Tsanfleuron, entre roche et glace » (Reynard, 2004e), est jugé dans l'ensemble positivement comme étant plutôt instructif et assez attractif, mais reste (comme les trois autres offres évaluées) d'une qualité et d'un intérêt moyen. Le sentier du Vallon de Nant n'a pas été évalué à notre connaissance.

Q4b : Quel est le regard et la compréhension des visiteurs sur le paysage (de Derborence) : éléments principaux, nomenclature, chronologie ?

La question 4a n'est pas pertinente pour le site de Derborence qui n'offre pas de sentier didactique à proprement parler. Pour le moment, aucun panneau ne marque l'arrivée du parcours suisse romand de la Via GeoAlpina.

L'espace à disposition dans le questionnaire a permis d'appliquer à ce site une méthode semblable à celle utilisée par Regolini-Bissig (2011), dans le but de vérifier quelques-uns des résultats obtenus sur la lecture du relief par les non-spécialistes, mais en étendant aussi la recherche à la notion d'histoire du paysage (fig. 6.16).

n°	nom de l'élément	ordre	Sur l'image ci-dessous, délimitez et numérotez tous les éléments naturels qui selon vous constituent le paysage alpin représenté. Indiquez à droite de l'image le nom de chacun des éléments numérotés. Enfin, essayez de les classer dans l'ordre chronologie de leur apparition ou mise en place dans le paysage. (utilisez la colonne «Ordre» pour re-numéroter les éléments ; 1 pour le plus ancien, 2 pour le suivant, etc.)
			

Fig. 6.16 : Question spécifique au questionnaire pour Derborence (annexe A1.1)

Q5 : Quels types de personnes visitent chacun des trois sites ?

Le dernier objectif à signaler, toujours lié au développement de médias et de contenus visuels liés à ces sites, concerne le public potentiel dans chacun d'entre eux. Le talon du questionnaire permet de cerner la personne répondant à

l'enquête afin non seulement d'approfondir les questions de recherche 1 à 4, mais aussi de dresser un profil des visiteurs de chaque site.

Déroulement de l'enquête

Les données ont été récoltées en 14 jours de bonne affluence (météo favorable, durant les vacances ou le week-end). Durant un temps donné, l'ensemble des personnes adultes présentes à un endroit précis étaient abordées : cabane de Prarochet pour Tsanfleuron, auberge du Lac / zone de pique-nique à proximité du lac pour Derborence. Au vallon de Nant, la même stratégie n'a pas pu être appliquée car la majorité des clients fréquentant l'auberge de Pont de Nant ne parcourent pas le vallon. Les personnes étaient interrogées sur le chemin menant à l'alpage de Nant. Au total 313 questionnaires valides ont été récoltés (tabl. 6.10, annexes A).

	Questionnaires valides (N)	Hommes [%]	Femmes [%]	Age moyen [ans]
Derborence	112	51.3	48.7	45.8
Vallon de Nant	67	40.1	60.9	46.2
Tsanfleuron	134	49.2	50.8	48.0
Total	313	47.8	52.2	46.8

Tabl. 6.10 : Résumé de l'échantillon de l'enquête A (2010).

Enquête B par questionnaire auprès d'amateurs de géosciences

En 2011, un questionnaire a été envoyé à des personnes ayant participé à une ou plusieurs excursions géologiques. Il vise à connaître plus en détail les intérêts du public pour divers thèmes liés aux sciences de la Terre, leurs questionnements, leur manière de s'informer sur ces thèmes ainsi que leur connaissance de la géomorphologie. Trois objectifs généraux peuvent être distingués.

Pratique du géotourisme et type de public

Le premier objectif du questionnaire est de mieux cerner le type de public participant à des excursions guidées, peu souvent étudié (Musy, 2009). Outre leurs caractéristiques personnelles (âge, formation, profession, etc.), on s'interroge sur leurs motivations, leur fidélité à ce type d'activité, leur intérêt pour le sujet en dehors des excursions.

Sciences de la Terre et thèmes favoris

L'enquête A fournit des données très générales sur les intérêts des visiteurs. L'objectif ici est d'étudier plus en détail les thématiques jugées les plus intéressantes en sciences de la Terre, les questions récurrentes face à un paysage alpin, les éléments qui attirent l'attention. A l'opposé, les participants sont aussi interrogés sur ce qui ne les intéresse pas, ce qu'ils trouvent difficile à

comprendre. On leur demande également de définir ce que sont pour eux la géologie et la géomorphologie.

Représentations et connaissances

Le dernier objectif de l'enquête est de récolter des informations, d'une part sur la perception qu'ont les randonneurs du milieu de montagne, des Alpes et du Jura, et d'autre part sur trois processus géomorphologique qui correspondent aux trois thèmes retenus pour nos applications interactives : les mécanismes d'érosion, la formation des lapiés et celle des moraines. Pour les moraines, il est demandé de répondre à l'aide de dessins et schémas afin d'identifier plus aisément d'éventuelles conceptions alternatives.

Déroulement de l'enquête

Le questionnaire a été envoyé par e-mail ou courrier à 150 personnes ayant participé à une activité guidée par Thierry Basset, volcanologue et médiateur : excursion d'un ou plusieurs jours, voyage. Il s'agit donc déjà d'un public intéressé par ces questions. 33 réponses sont revenues (tabl. 6.11, annexes B). Le questionnaire a été établi conjointement avec Lenka Kozlik qui exploite aussi une partie des résultats dans sa thèse (Kozlik, en cours), d'où la présence d'éléments plus liés à la géologie des Alpes et du Jura ou à la pratique d'excursions guidées.

	Questionnaires valides (N)	Hommes [%]	Femmes [%]	Age moyen [ans]
Total	33	36.4	63.6	61.3

Tabl. 6.11 : Résumé de l'échantillon de l'enquête B (2011).

Enquête C par questionnaire et entretien

Une partie des tests réalisés en 2012 a porté à nouveau sur les connaissances en géomorphologie de différents publics, afin de compléter les résultats de l'enquête B focalisée sur un public relativement homogènes d'amateurs de sciences de la Terre. Les réponses ont permis de poursuivre l'exploration des conceptions du public sur trois types de formes (lapiés, éboulis, moraines) et leur morphogenèse. D'autre part, quelques avis divers sur la géopatrimoine et sa protection ont été recueillis lors d'un entretien.

Déroulement de l'enquête

Dans le cadre des séances de test des applications interactives (pour plus de détails sur cette enquête, voir chap. 7), trois questions similaires à celles de l'enquête B ont été posées par questionnaire (annexes C). Trois groupes de personnes étaient concernés : des spécialistes (enseignants, étudiants et chercheurs en géographie), des non-spécialistes jeunes (20-35 ans) et des plus âgés (plus de 50 ans). Le 20 personnes interrogées (tabl. 6.12, annexes C) devaient expliquer, à l'aide de dessins ou de schémas commentés, comment se forment les lapiés, les éboulis et les moraines (fig. 6.17).



Fig. 6.17 : Trois formes à expliquer dans l'enquête C : (1) lapiés (lapiaz de Tsanfleuron), (2) éboulis (Pointe des Martinets, vallon de Nant), (3) moraines (Bylot Island, Canada).

A la fin des tests, un entretien collectif avec l'ensemble du groupe a permis de discuter, entre autres, de la vision patrimoniale des objets géomorphologiques. Faut-il protéger ces objets ? sur la base de quelles valeurs ? La question de l'avenir du lac de Derborence a aussi été débattue : faut-il draguer les sédiments du lac pour le préserver ? L'exemple est utilisé pour identifier la présence de certaines conceptions – souvent conflictuelles – sur la beauté d'un site, sa naturalité, la préservation d'un processus naturel. Finalement, on s'est interrogé sur l'utilité de la sensibilisation et sur le rôle que peut y jouer la médiation.

	Questionnaires valides (N)	Hommes [%]	Femmes [%]	Age moyen [ans]
Groupe 1	6	66	33	31.8
Groupe 2	6	50	50	27.5
Groupe 3	8	50	50	61.3
Total	20	55	45	42.4

Tabl. 6.12 : Résumé de l'échantillon de l'enquête C (2012).

6.2.2. Caractéristiques des visiteurs des trois sites d'étude

Les résultats présentés ici sont tirés de l'enquête A (annexes A).

Profil comparé des visiteurs de chaque site

Le profil des visiteurs est relativement similaire entre chacun des trois sites (fig. 6.18), mais montre quelques divergences. Un test du Khi-carré (χ^2) permet de savoir si ces différences entre les sites sont dues au hasard ou non. Elles sont significatives pour :

- l'habitude de se promener avec des amis : χ^2 (4, N=311)=17,21 p=.002
- la fréquence de promenade dans la nature : χ^2 (6, N=301)=21,67, p=.001
- le niveau de formation : χ^2 (8, N=295)=19,95, p=.010
- le lieu de domicile (en Suisse ou non) : χ^2 (2, N=312)=10,18 p=.006
- l'intérêt exprimé pour des explications : χ^2 (2, N=313)=10,69 p=.005
- le fait d'être en vacances en résidence secondaire : χ^2 (2, N=312)=14,86 p=.001

Pour les autres variables, les scores ne sont pas significativement différenciés selon le site (annexe A4).

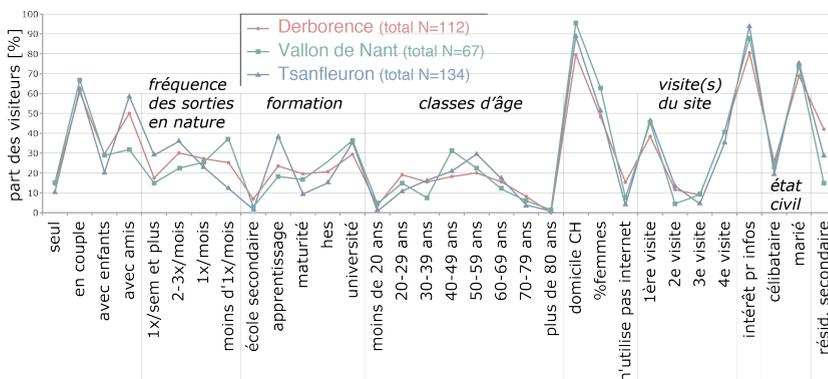


Fig. 6.18 : Profil comparé des visiteurs de chaque site d'étude.

Tsanfleuron, seul site de haute montagne, se distingue légèrement : par rapport aux deux autres sites, les visiteurs y viennent moins avec des enfants, mais plus avec des amis, sont plus souvent de sortie (29% sortent dans la nature au moins une fois par semaine), en moyenne un peu plus âgées (48 ans) et ont fait plus souvent un apprentissage professionnel que des études supérieures. L'échantillon interrogé au **Vallon de Nant** présente la plus forte proportion de promeneurs (très) occasionnels (plus de 36% font moins d'une sortie par mois dans la nature). Celui de **Derborence** se situe dans la moyenne, avec une part un peu plus importante de visiteurs étrangers (20,7%) et de personnes ne se déclarant pas intéressées à recevoir des informations sur le site (13%, contre seulement 6% à Tsanfleuron) (annexes A3, A5).

Le nombre de visites dans le même site fait ressortir clairement deux groupes : les visiteurs découvrant le site et les habitués, avec quatre visites et plus (fig. 6.18). C'est probablement le plus important facteur d'hétérogénéité dans l'échantillon, même si cet aspect ne semble que très rarement corrélé significativement aux autres variables de l'enquête (annexe A4).

Les trois sites se différencient par la provenance des visiteurs (annexes A3, A5). **Derborence** attire un taux élevé de visiteurs venant d'une résidence secondaire, que nous appelons ici vacanciers (fig. 6.18) ; certains habitent même sur place. Le site a un bassin d'attraction assez vaste, avec 35% de visiteurs vacanciers logeant à plus de 15 km (contre 20% pour les autres sites) et un rayon moyen de provenance des excursionnistes (visiteurs venant de leur habitation principale) particulièrement large (60 km). Les lieux de provenance sont bien répartis en Valais et sur l'arc lémanique (fig. 6.19). Le **Vallon de Nant** se distingue par un bassin de provenance réduit : le Chablais et les rives vaudoises du Léman. Les excursionnistes habitent en moyenne dans un rayon de 40 km. A **Tsanfleuron**, la majorité des visiteurs provient du Valais. Cela explique que le rayon d'attraction moyen pour les excursionnistes soit faible (20 km), malgré un bassin de provenance bien étendu (fig 6.19).

Les visiteurs proviennent principalement de localités et des stations touristiques environnantes (Anzère, Ovronnaz, Villars-Gryon). La faible proportion de visiteurs étrangers (12,5%) et, en général, de visiteurs venant de loin tend à montrer l'importance plutôt régionale de ces trois sites touristiques.

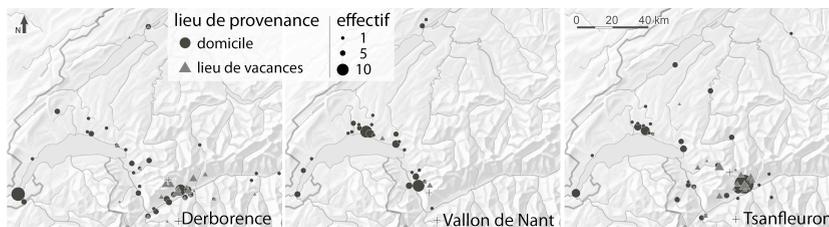


Fig. 6.19 : Provenance des visiteurs de chaque site d'étude (données SW de la Suisse).

Intérêt pour le tourisme thématique

A la question « en général, dans un site naturel, désirez-vous des explications concernant le site ? », plus de 87 % des personnes se sont déclarées intéressées. Parmi les excursionnistes en montagne, une majorité serait de potentiels clients pour des offres d'interprétation ; encore faut-il que celles-ci soient adaptées à leurs besoins et à leurs préférences. Les 12 % de personnes non intéressées le sont essentiellement pour trois raisons : « je suis déjà informé, je m'informe par mes propres moyens », « la nature suffit par elle-même, un site ne s'explique pas : c'est une poésie » et « je n'en ai pas besoin, je préfère rester tranquille » (annexe A3). On peut reconnaître, dans les deux derniers groupes, les méditatifs ne recherchant pas l'information, selon la catégorie de Keene (1994, tabl. 4.1).

Parmi les thèmes proposés, la géologie et le paysage intéressent les trois quarts des visiteurs, autant que la faune et la flore. Malgré le fait que l'on se trouve dans des sites essentiellement naturels, le thème « culture et traditions » suscite l'intérêt de la moitié des personnes interrogées. Deux tiers sont intéressés par plus d'un thème. Cela confirme les résultats obtenus par Pralong (2006b), qui encourage par ailleurs le développement de médiations multi-thématiques et transdisciplinaires (Pralong, 2004).

6.2.3. Supports préférés de la médiation et usages d'Internet

Les résultats présentés ici sont tirés des enquêtes A et C (annexes A, C).

Supports de médiation

Le tableau 6.13 présente l'appréciation des différents supports d'information et le prix que les personnes interrogées seraient prêtes à payer pour chacun. On constate que les supports les plus courants (panneaux, brochures) sont largement préférés aux supports électroniques. Les panneaux didactiques sont un support plébiscité, suivis par les cartes touristiques illustrées et les brochures illustrées.

A l'opposé, les appareils numériques portables (p. ex. *smartphones*) soulèvent très peu d'intérêt, tandis que les bornes interactives et visites guidées font un

score un peu moins mauvais. Les prix moyens suivent un ordre similaire, à l'exception de la visite guidée : les personnes, même peu intéressées, sont prêtes à payer plus pour un guide que pour une carte (100 CHF au maximum pour une demi-journée avec un groupe composé de 5 à 10 personnes).

Support	Intérêt moyen [-1 ; +1]	Prix moyen [CHF]	Prix max [CHF]
Panneau didactique	+0.58	(gratuit)	(gratuit)
Carte illustrée	+0.20	9.80	30.—
Brochure illustrée	+0.06	7.50	20.—
Borne interactive	-0.47	3.50	20.—
Visite guidée	-0.49	28.90	100.—
Appareil numérique	-0.66	6.80	25.—

Tabl. 6.13 : Appréciation de six supports différents (intérêt exprimé, prix moyen et maximum que l'on est prêt à payer pour en disposer).

Les réponses à cette question sont rarement assorties de remarques (8), ce qui n'éclaire pas beaucoup la raison des choix. L'appareil numérique est jugé « pas nécessaire » et la borne comme quelque chose de « bizarre dans la nature ». Un troisième relève la contrainte qu'impose la location d'un appareil mobile sur l'itinéraire d'excursion puisqu'il faut le rendre à un point défini.

On n'observe aucun lien statistiquement significatif entre les variables individuelles (âge, intensité de la pratique de randonnée) et l'intérêt pour l'un ou l'autre support. Selon nos remarques au chapitre 4, le genre n'est pas considéré comme une variable pertinente. Seul le désintérêt pour les visites guidées diminue proportionnellement à la familiarité avec le site (nombre de visites) : $r_{\text{Spearman}}(262) = -0,119$, $p = .054$, les variables étant en relation significative : $\chi^2(12, N=262) = 23,11$, $p = .027$ (annexe A4).

Usages d'Internet

L'usage le plus fréquent d'Internet qui ressort de l'enquête A est la consultation d'informations pratiques pour planifier sa visite (usage cité par 81% comme assez ou très intéressant. Parmi les usagers d'Internet, 78,7% pourraient y recourir pour consulter des informations ou explications concernant le site. Nous avons posé l'hypothèse que l'intérêt est plus grand pour une consultation d'Internet visant la découverte plutôt que l'apprentissage. L'hypothèse est vérifiée : les usages visant à « comprendre » ou « acquérir des connaissances » récoltent les plus mauvais scores : entre 22 et 30% des sondés n'expriment aucun intérêt et la même proportion un faible intérêt. Par contre, près de la moitié des personnes ont un très fort intérêt à découvrir les particularités du site sur Internet (annexe A3).

Il faut noter que près du tiers des personnes se disent très fortement intéressées à « acquérir des connaissances sur un sujet » après leur visite grâce à Internet et entre 20,6% et 26,4% à « comprendre les particularités du site à l'aide d'explications scientifiques » (annexes A3).

Sur ce thème, le pré-questionnaire de l'enquête C (annexe C1.1) reste plutôt superficiel, le but étant essentiellement d'estimer l'expérience des utilisateurs et de définir le potentiel d'utilisation, pour chaque groupe, d'applications mobiles de loisir. Sans surprise, les personnes de plus de 50 ans se distinguent par un usage moins fréquent d'Internet (« quelques fois par semaine » contre « chaque jour » en moyenne pour les autres). La moitié d'entre eux possèdent cependant un appareil mobile avec accès à Internet et l'utilisent durant leurs vacances, données comparables à celles des sondés plus jeunes (20-35 ans).

Les types d'usage ne diffèrent que peu selon l'âge. Pour les plus jeunes, l'usage de l'e-mail est très courant, suivi par la recherche d'informations pratiques. Les utilisateurs plus âgés ont un recours moins fréquent mais plus diversifié à Internet : proportionnellement, se documenter sur un sujet particulier est plus courant que chez les internautes plus jeunes. Les autres usages ne varient guère selon le public : achat en ligne, jeu, réseau sociaux, etc. (annexe C3).

Certaines personnes se sentent encore mal à l'aise devant un ordinateur, mais sur les vingt personnes ayant passé les tests de l'enquête C, seule une a eu de la peine à réaliser les tâches demandées. On voit que, parmi le groupe 3 (plus de 50 ans), la moitié utilise un *smartphone* (annexe C3) ; la manipulation 3D, réputée difficile car peu courante, n'a posé de problème à personne.

Dans nos régions, le recours à Internet ne peut ainsi plus être considéré aujourd'hui comme handicapant ou élitiste. Il est probable également que le nombre d'utilisateurs d'appareils mobiles connectés au réseau continuera de croître ces prochaines décennies. Le web est donc un support d'information accessible à un grand nombre de personnes et au coût de développement et de maintenance comparable aux supports classiques de médiation. Ces possibilités, si elles demeurent complémentaires par rapport à l'offre existante, ne doivent donc pas être négligées par les concepteurs de produits géotouristiques.

6.2.4. Questionnements et conceptions sur le relief naturel

Les résultats présentés ici sont tirés des enquêtes A, B et C (annexes A, B, C).

Thèmes et questions liées aux sciences de la Terre

Parmi les visiteurs des trois sites d'étude, une majorité de 43% (N=116) déclare avoir un intérêt ou un fort intérêt pour chacun des quatre sujets géoscientifiques proposés : les roches et leur aspect ; la formation des Alpes ; l'évolution du paysage ; la compréhension des formes du relief. Seuls 8% des personnes n'expriment d'intérêt pour aucun des sujets (annexes A3).

L'évolution du paysage est le sujet qui soulève le plus d'intérêt (0,6 sur une échelle de -1 à 1), suivi par la compréhension des formes du relief (0,3). Les

thèmes de géologie (les roches et leur aspect, la formation des Alpes) ont tous deux un score de 0,2. Les quatre sujets géoscientifiques proposés soulèvent donc, en moyenne, l'intérêt des personnes intéressées à recevoir des explications sur le site (annexes A3).

Les participants aux excursions de Thierry Basset (enquête B) sont naturellement intéressés en priorité par les thèmes de prédilection de leur guide : volcanologie, tectonique, histoire de la Terre sont les sujets les plus souvent cités au premier rang. Les thèmes relevant de la géomorphologie occupent cependant une bonne place (15 citations sur les 81 réponses, tous rangs confondus). Les thèmes mal-aimés, souvent jugés trop compliqués, sont la minéralogie et la chimie.

Les questions relatives à l'histoire du paysage sont de loin les plus nombreuses (17 fois sur 31 personnes) : « Comment les paysages se sont-ils formés ? Qu'est-ce qu'il y avait avant ? Quelle a été l'évolution du site depuis sa formation ? ». Viennent ensuite les questions liées à la composition et l'histoire des roches (8), ainsi qu'à la chronologie et à la datation (8). On peut encore relever un intérêt pour l'avenir du paysage (4) : « Comment va-t-il évoluer ? », pour l'érosion (4) : « Quel est l'impact de l'érosion sur une montagne ? », pour le lien avec les hommes : les risques et impacts (3), pour la paléogéographie (2) et pour la durée des transformations du paysage (2) (annexes B3).

On constate que tous les questionnements relevés dans l'enquête B touchent de près ou de loin aux changements, processus et évolutions, soit à l'échelle du paysage, soit à celle des roches. Ce thème d'un environnement terrestre en mouvement constant, tant dans le passé que dans le futur, a été proposé comme « objectif de communication prioritaire et central » par Kramar (2011) car il permet d'offrir au public une expérience de décentration culturelle. On voit en effet la curiosité *a priori* qui existe par rapport à ce thème. Il ressort également du questionnaire un grand désir de comprendre et d'interpréter ce qui est visible sur le terrain plutôt que d'acquérir un savoir théorique général, c'est à dire une préférence pour un apprentissage expérientiel et concret.

Ce type d'enquête devrait être répété, aussi sous la forme d'entretiens, car de telles données permettent d'encadrer et de guider les choix du médiateur. En effet, « les questions posées permettent de caractériser le niveau de pensée et les préoccupations de l'apprenant ; elles mesurent aussi son écart par rapport au savoir qu'on prétend lui enseigner » (Giordan & de Vecchi, 2010).

Lecture du paysage par les visiteurs de Derborence

Les éléments composant le paysage, et en particulier les formes du relief, ne sont pas tous également perçus par l'observateur. Ces différences de perception – voire l'invisibilité de certains éléments – peuvent pour partie être attribuées à des caractéristiques physiques : les formes dénudées ou actives seront par exemple plus souvent identifiées (Regolini-Bissig, 2011). Mais les facteurs individuels jouent également un rôle. On voit plus facilement ce que l'on connaît. Etudier comment le paysage est lu par les visiteurs du site renseigne donc aussi, bien qu'indirectement, sur leur connaissances et leur familiarité avec les formes.

Parmi les personnes interrogées pour l'enquête A à Derborence, 75 ont dessiné ou placé des indications sur la photographie (fig. 6.20) ; les données incluent en plus la réponse d'un enfant. Les dessins ont été numérisés dans un logiciel SIG puis analysés à travers une grille de 50 pixels de résolution permettant de calculer des sommes d'effectifs et des moyennes arithmétiques sur environ 1400 cases.

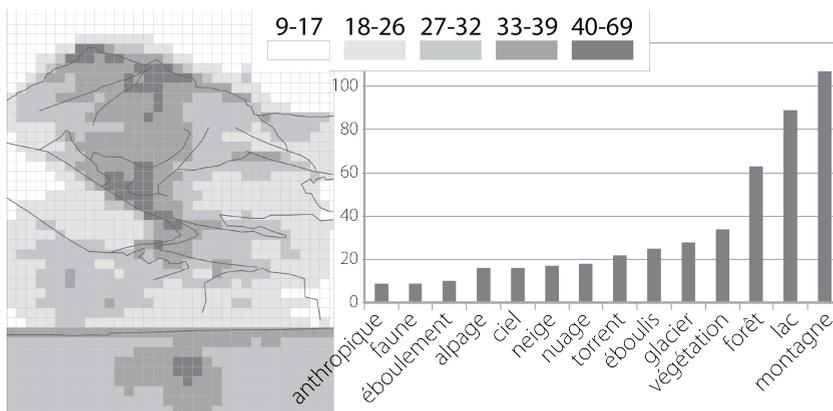


Fig. 6.20 : A gauche, nombre total d'éléments identifiés : plus la couleur est foncée, plus la zone a été entourée. A droite, nombre total de citations pour chaque catégorie d'élément. Résultats pour 390 éléments entourés par 76 personnes (annexe A2.1, 3).

Les éléments les plus souvent signalés sont la montagne, le lac et la forêt (fig. 6.20). Les contrastes de forme et de couleur, ainsi que l'attractivité du plan d'eau, semblent jouer leur rôle habituel (Kaplan & Kaplan, 1982; Herzog, 1985). Les éléments assimilables à des objets géomorphologiques (éboulement, torrent, éboulis, glacier) sont moins cités que la végétation et la forêt, soit parce que ces dernières les masquent (Regolini-Bissig, 2011), soit parce qu'il s'agit d'éléments bien connus et facilement identifiables par leur couleur verte, donc facile à entourer sur la photographie. Ces résultats confirment en tout cas la meilleure reconnaissance des formes sans végétation.

Les résultats détaillés (fig. 6.21 ; annexe A2.1, 3) laissent transparaître quelques conceptions étonnantes par rapport à l'analyse du relief. Si les zones sous l'influence des cours d'eau sont assez correctement délimitées, il n'en va pas de même pour les éboulis et éboulements. Pour certains, toute la partie inférieure des versant ainsi que le fond de la vallée sont couverts d'éboulis, probablement associés à des blocs (tant ceux de l'éboulement que les dépôts morainiques sur l'épaulement à gauche de la photographie). Quant au terme éboulement, il est utilisé pour désigner tant un couloir, que les dépôts d'éboulement ou un seul bloc éboulé (au premier plan).

Treize éléments au maximum ont été signalés sur la photo, mais la moyenne avoisine plutôt quatre éléments. Le nombre d'éléments mentionnés augmente conjointement avec le niveau de formation comme le montre la corrélation: $r_{\text{Spearman}}(102)=0,225$, $p=.016$; mais les variables ne sont pas significativement indépendantes (Khi-carré avec $p=.195$).

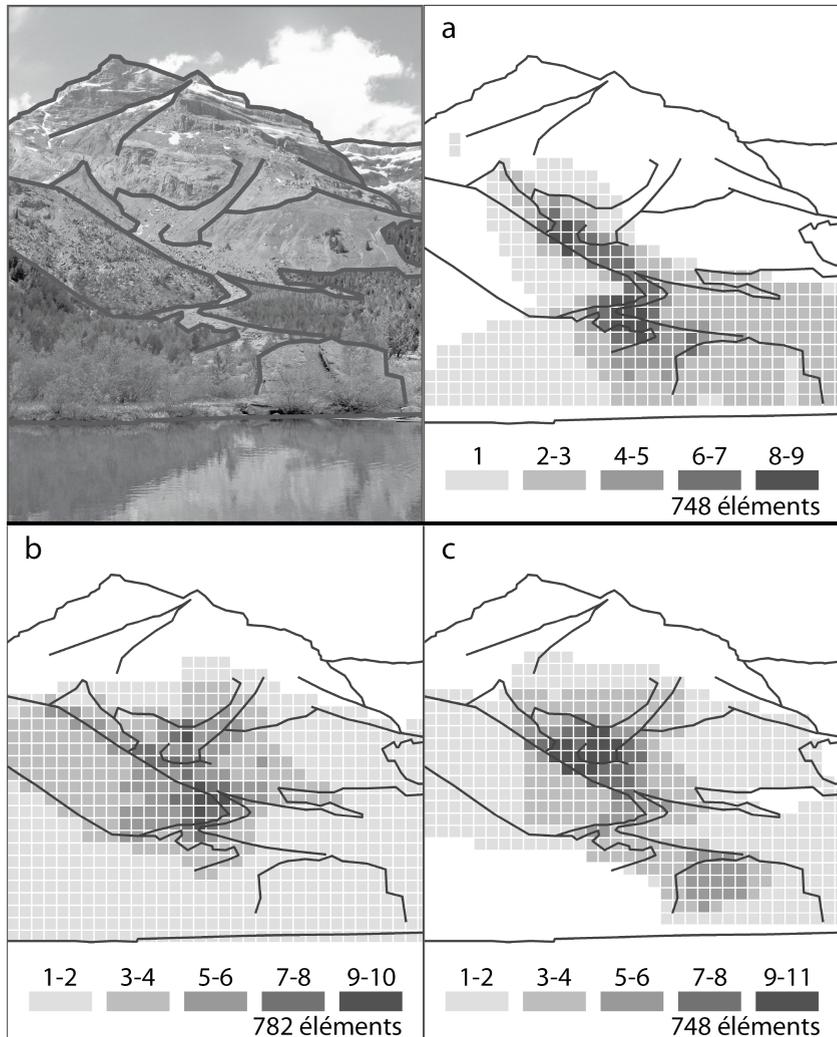


Fig. 6.21 : Zones correspondant à la catégorie (a) torrent ; (b) éboulis ; (c) éboulement. Plus la couleur est foncée, plus la zone a été entourée sur la photographie.

Cette méthode d'enquête permet d'observer quelle lecture les visiteurs ont du paysage en général ou des formes du relief d'un site. De telles données pourraient valider ou orienter la sélection des objets de la médiation en fonction des objectifs de celle-ci (Regolini-Bissig & Martin, 2012). Les résultats obtenus dans l'enquête A, obtenus sur la base d'une seule photographie, sont insuffisants pour valider ou invalider les interprétations proposées par Regolini-Bissig (2011). Nous soupçonnons cependant que les facteurs individuels jouent un rôle bien plus important qu'imaginé. Les méthodes d'enquête devraient être adaptées pour permettre leur expression dans l'analyse statistique.

Etude de quelques conceptions en géomorphologie

Les connaissances de non-spécialistes sur les trois thèmes retenus pour nos sites d'étude – érosion, moraines et glacier, lapiés – ont été explorées par questionnaire dans les enquêtes B et C. Pour l'étude des conceptions, Giordan et de Vecchi (2010) conseillent de recourir en parallèle à plusieurs méthodes d'enquête, en particulier le questionnaire (en demandant de répondre avec des dessins commentés) complété par un entretien individuel afin de clarifier les éléments du dessin. Malheureusement, ni l'enquête B (questionnaires envoyés par la poste), ni l'enquête C (questionnaire intégré à un groupe de tests) n'ont permis d'appliquer correctement cette méthode. Les questionnaires permettent d'obtenir un aperçu des connaissances du public sur certaines formes fréquentes dans les trois sites d'étude et de relever quelques récurrences de « fausses » conceptions dont il faudrait tenir compte en abordant les sujets retenus.

Dans le questionnaire B (annexe B1), il était demandé d'expliquer par écrit l'action de l'érosion (dans les Alpes) ainsi que la formation des lapiés (exemple en photo), en indiquant les facteurs qui influencent leur aspect (forme, profondeur). L'explication de la formation d'une moraine devait se faire à l'aide de dessins ou de schémas : sur 26 personnes ayant répondu à cette question, 14 ont dessiné leur réponse, souvent abondamment commentée textuellement (annexe B2).

Dans le pré-questionnaire de l'enquête C (annexe C1.1), la formation d'éboulis, de lapiés et de moraines construites (à chaque fois, exemple en photo) devait être expliquée à l'aide de dessins ou schémas commentés. Sur les 20 questionnaires récoltés, 15 contiennent des réponses illustrées (annexe C2.1). Les résultats du post-questionnaire ne sont pas utilisés ici, car potentiellement influencés par l'utilisation des applications interactives (voir chap. 7).

L'érosion et les éboulis

Pour ce thème, nous nous intéressons particulièrement aux facteurs et agents actifs dans le processus d'érosion *lato sensu* et à ses différentes phases (météorisation/érosion, transport, dépôt) :

Expliquez avec vos mots comment agit l'érosion : « Par l'eau qui dissout, le gel qui fractionne, les glaciers qui rabotent, le torrent qui emporte. »

(une réponse à l'enquête B)

Les réponses à l'enquête B sont souvent des listes de facteurs ou d'agents d'érosion, parfois très complètes : eau, pluie, vent (abrasion), glacier, gel, dégel gélifraction, fonte des neiges, travaux effectués par l'homme, glissements de terrain, tempêtes, foudre, dissolution, gravité. L'eau occupe le premier rôle. Le transport du matériel est très rarement mentionné (1x/30). En général, l'érosion est décrite avec un vocabulaire souvent négatif – détruit, use, fait disparaître nos montagnes – et comme un adversaire de la tectonique qui crée les montagnes et le relief. Cette action est placée dans un temps long ; seule une réponse mentionne qu'elle modifie aussi parfois brutalement le paysage : chute de pierres, mouvements de terrain (annexe B3).

Dans l'enquête C, c'est l'explication des éboulis qui permet d'obtenir un aperçu des conceptions de différents publics sur l'érosion. Pour rappel, le groupe 1 est composé de spécialistes (chercheurs ou enseignants en géographie), le groupe 2 de non-spécialistes entre 20 et 35 ans et le groupe 3 de non-spécialistes âgés de plus de 50 ans. Contrairement aux moraines et aux lapiés, les éboulis sont la seule forme que tous semblent connaître et ont essayé d'expliquer.

Les réponses du groupe 1 se distinguent par la mention, dans la majorité des cas, des trois étapes : érosion *stricto sensu*, transport, dépôt (fig. 6.22). Les spécialistes sont les seuls aussi à décrire les dépôts (granoclassement, pente). L'explication privilégie les processus de gélifraction (surtout), fluviaux et gravitaires.

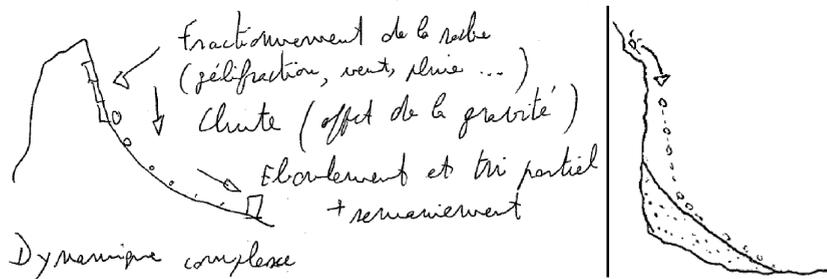


Fig. 6.22 : Deux explications de la formation des éboulis (groupe 1, annexe C2.1).

Parmi le groupe 2, on parle deux fois de gélifraction, mais sinon, les mécanismes de transport et d'érosion *stricto sensu* (« effritement »), réduisant progressivement la taille des pierres, ne sont pas clairement exposés (fig. 6.23). A part l'eau et le gel, d'autres agents sont proposés : mouvement des plaques, séisme, tempête. Même si on ne le voit pas dans l'exemple en photo (fig. 6.17), une réponse met en avant le rôle de la lithologie (« la roche plus friable s'effrite et se met sur la roche plus dure »).

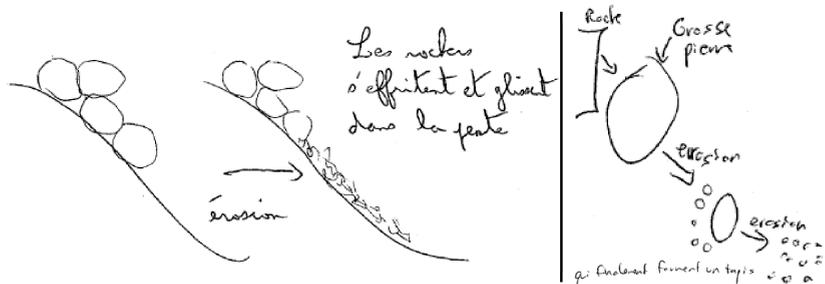


Fig. 6.23 : Deux explications de la formation des éboulis (groupe 2, annexe C2.1).

Plus de la moitié des personnes du groupe 3 expliquent la formation d'éboulis par gélifraction, parfois avec beaucoup de détails (fig. 6.24). L'eau, le vent et la neige semblent aussi jouer un rôle dans l'érosion et le transport, de même que la gravité. Pour certains, les fragments de roche sont de taille variable, pour

d'autres pas (gravier, amas de cailloux). Par le côté pertinent et complet de ses réponses, le groupe 3 se trouve à mi-chemin entre les deux autres groupes.

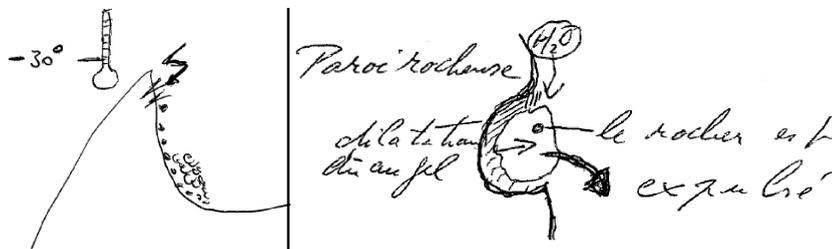


Fig. 6.24 : Deux explications de la formation des éboulis (groupe 3, annexe C2.1).

Les moraines

Au sujet des moraines, nous nous intéressons surtout aux mécanismes de transport et de dépôt des débris par la glace et à la valeur de témoin qu'ont les moraines par rapport à l'évolution des glaciers :

Expliquez comment se forme un moraine : « Une moraine se forme lorsqu'un glacier se retire, qu'il fond et laisse sa trace sur le sol. »

(une réponse à l'enquête B)

Les réponses à l'enquête B expliquent parfois l'origine des débris : arrachés à la montagne par la pression et le mouvement du glacier, tombés des parois qui bordent le glacier, rabotés au fond par la glace ou par l'eau sous-glaciaire. Dans plusieurs réponses, aucun débris ne se trouve ni dans, ni parfois même sur le glacier : blocs, pierres et graviers sont poussés ou tombent sur les bords, puis sont traînés par le glacier qui avance (fig. 6.25). Une personne imagine que les débris transportés se concentrent au milieu du glacier, hypothèse que l'on retrouvera dans l'enquête B ; une autre pense qu'ils se déposent au bord car ils avancent moins vite que le glacier.

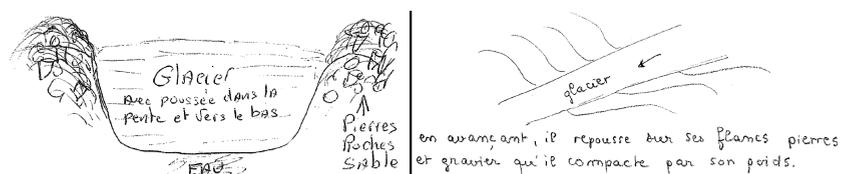


Fig. 6.25 : Deux explications de la formation des moraines (annexe B2).

Le rapport entre la dynamique ou l'évolution du glacier et ses moraines n'apparaît pas. Par contre, les blocs erratiques déposés lors des glaciations sont plusieurs fois mentionnés. Une personne considère que les moraines sont non seulement visibles à côté des glaciers, mais aussi présentes – de manière invisible – partout où les glaciers sont passés.

Parmi les spécialistes interrogés dans l'enquête C, on fait la distinction entre le matériel transporté sur ou dans le glacier et celui qui est poussé (fig. 6.26, à gauche). On énumère également les types de moraine : frontale, latérale, de fond. Sur six personnes, deux semblent penser que le matériel n'est que poussé

ou charrié latéralement, mais pas transporté par le glacier lui-même. Certains dessins (fig. 6.26, à droite) rappellent clairement les illustrations des manuels scolaires. Le lien avec une période d'équilibre du glacier n'apparaît que deux fois sur six. Un autre prétend que les moraines sont construites lors des avancées glaciaires.

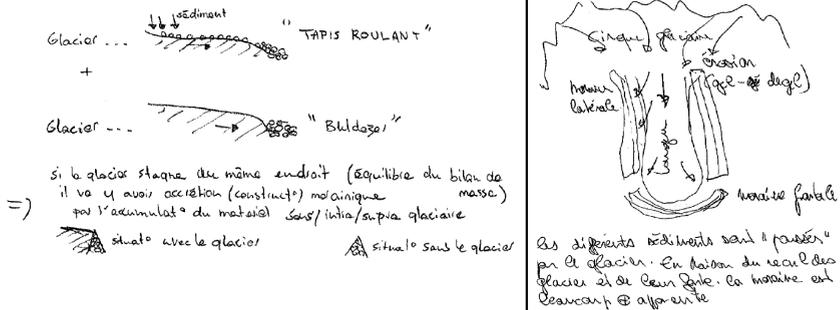


Fig. 6.26 : Deux explications de la formation des moraines (groupe 1, annexe C2.1).

Malgré le fait que la majorité des personnes du groupe 2 se rend en moyenne chaque mois en montagne, quatre personnes sur six ne savent pas ce qu'est une moraine, la confondant avec le glacier lui-même : « accumulation de neige qui se transforme en glace ». Dans l'une des autres réponses, on voit reparaître l'idée que les débris pris dans la glace sont regroupés au centre par le glacier et remontent ensuite à la surface (fig. 6.27).

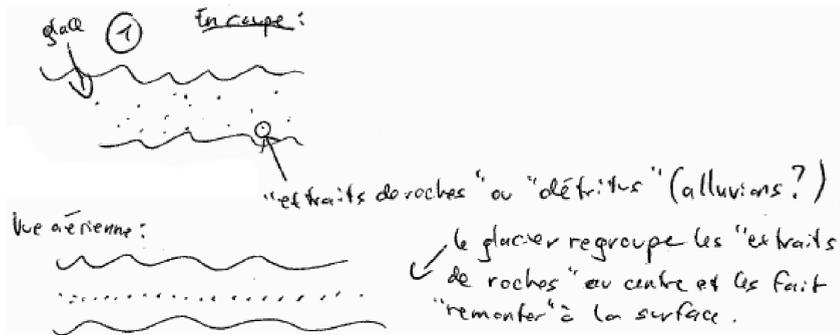


Fig. 6.27 : Explication de la formation des moraines (groupe 2, annexe C2.1).

On retrouve, parmi les huit personnes du groupe 3, les hypothèses d'un transport des débris dans et sur le glacier (2x), des dépôts repoussés sur les côtés (2x ; fig. 6.28, à gauche), ainsi qu'une nouvelle hypothèse, citée à trois reprises : les moraines seraient du matériel sédimentaire (ou de la roche), caché sous la glace qui est mis au jour par la fonte du glacier (fig. 6.28, à droite). Sur l'ensemble des réponses, les moraines sont mises en lien avec la fonte du glacier ; la notion de stade est absente, comme chez tous les non-spécialistes interrogés.

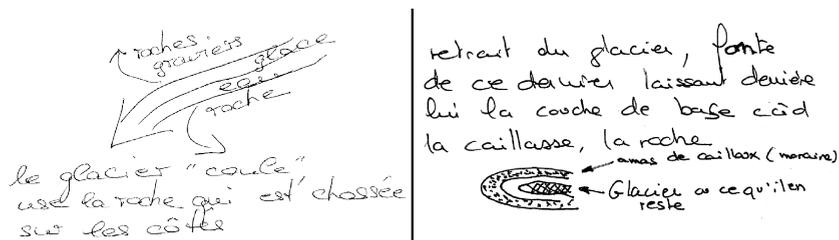


Fig. 6.28 : Deux explications de la formation des moraines (groupe 3, annexe C2.1).

Les lapiés

Le thème des lapiés permet d'obtenir des indications sur la compréhension d'un phénomène d'érosion particulier car chimique (bien plus que physique), lent et continu (donc à l'action moins visible que ses résultats) :

Expliquez comment se forment les lapiés : « Peut-être que la dureté de la pierre est inégale et le travail de l'eau forme les lapiés là où la pierre est plus tendre ? »

(une réponse à l'enquête C)

Parmi les réponses fournies dans l'enquête B, l'eau est toujours citée comme agent d'érosion. Le processus de dissolution par l'eau et le CO₂ (parfois associé aux pluies acides) est très souvent mentionné, même si son action dans la morphogénèse des trous et rigoles n'est pas toujours très claire. Pour certains en effet, les fissures apparaissent et sont approfondies par l'action du gel-dégel.

Parmi les facteurs influençant le processus et la forme des lapiés, on trouve le climat, le froid (favorable), l'exposition, l'acidité de l'eau, l'absence de végétation (le fait que l'eau ne soit pas retenue accentue le processus), la fissuration de la roche (favorable) et la pente. Les différences de lithologie (« roche tendre », calcaire) ou dans la composition du calcaire lui-même entraînent une érosion différentielle : « Par endroit le calcaire est plus présent qu'à d'autres endroit. Le calcaire est tendre et l'érosion s'y fait plus vite sentir. » Ces réponses mélangent souvent un exposé théorique sur la dissolution chimique avec une explication pratique basée sur l'érosion mécanique de l'eau.

Les spécialistes du groupe 1 (enquête C) mentionnent tous la présence de calcaire, la moitié celle du CO₂. Dans cinq des six réponses, l'eau dissout (ou attaque) la roche ; dans la dernière, elle creuse. On signale en outre l'influence positive des précipitations, de la végétation et des diaclases sur le processus (fig. 6.29).

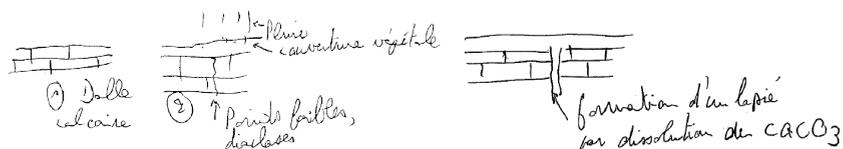


Fig. 6.29 : Explication de la formation des lapiés (groupe 1, annexe C2.1).

La moitié du groupe 2 ne connaît pas le terme de lapiés puisque les formes en photos sont attribuées à un glacier, compressé ou étiré (fig. 6.30, à droite) ou à de la neige qui fond. Pour l'autre moitié, c'est l'eau qui « creuse » la roche, celle-ci étant calcaire (1x) ou très fragile (1x, voire fig. 6.30, à gauche).

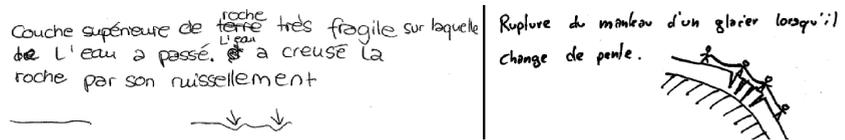


Fig. 6.30 : Deux explications de la formation des lapiés (groupe 2, annexe C2.1).

A nouveau, pour le groupe 3, les lapiés sont méconnus : deux personnes pensent qu'il s'agit de glace, une n'a pas d'avis. Le calcaire n'est mentionné qu'une seule fois sur huit (fig. 6.31, à droite). La morphogenèse se ferait par l'érosion de l'eau s'infiltrant dans la roche (2x) ou par le ruissellement des pluies acides creusant progressivement la roche (1x). Dans deux réponses, on retrouve l'idée de l'érosion différentielle, la roche étant plus résistante soit à l'érosion (mécanique) soit à la dissolution (fig. 6.31, à gauche).

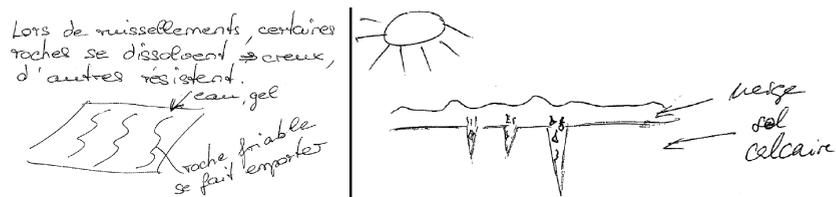


Fig. 6.31 : Deux explications de la formation des lapiés (groupe 3, annexe C2.1).

6.2.5. Regards du public sur le géopatrimoine

Les résultats présentés ici sont tirés de l'enquête C (annexe C2.4).

Le court entretien collectif clôturant chacune des trois sessions de test de l'enquête C était accessoirement l'occasion de recueillir l'avis de différents publics sur des questions liées au géopatrimoine (annexes C1.4, C2.4). Les personnes présentes étaient sondées sur leur sensibilité par rapport à la composante abiotique de l'environnement naturel – valeurs attribuées aux objets, pertinence d'une protection. L'entretien se terminait par la question de l'utilité d'une sensibilisation à la dynamique naturelle du relief.

Groupe 1

Parmi les spécialistes, on observe une nette différence entre les enseignants en géographie et les chercheurs de l'Institut de Géographie de l'Université de Lausanne. Les premiers peinent à comprendre la nécessité de protéger des objets abiotiques, souvent déjà préservés par leur emplacement (en montagne) ; il ne leur paraît pas utile de protéger tous les géosites. La protection de ces objets paraît également plus difficile que celle de la faune ou de la flore : leur intégrité est avant tout menacée par des processus naturels. Les enseignants interrogés se sentent toutefois concernés par ces questions. Parmi les chercheurs, la réflexion

est déjà avancée et le discours bien rôdé (vision de la nature comme un tout, avec des liens clairs entre géodiversité et biodiversité). S'il n'est pas nécessaire de tout protéger, surtout s'il existe déjà une protection pour d'autres motifs, il faut en tout cas, selon eux, conserver certains sites particuliers pour les géosciences.

Dans ce domaine, pour tous les membres du groupe 1, la sensibilisation est plus importante que la protection ; il est fondamental de faire prendre conscience aux gens de la valeur des objets géologiques et géomorphologiques.

Groupe 2

La question sur la géoconservation suscite d'abord l'incompréhension : qu'est-ce que ça veut dire protéger ? qu'est-ce qui peut nécessiter une protection ? A nouveau, la plupart des formes paraissent protégées par leur situation. La valeur esthétique étant jugée trop subjective, c'est essentiellement la rareté de la forme qui inciterait à sa protection. L'exemple évoqué à ce propos – les Pyramides d'Euseigne, cheminées de fée du Val d'Hérens, VS – est pourtant tout autant esthétique que rare. Les spécialistes sont interpellés : « Les géologues voient des objets là où nous n'en voyons pas » ; « si tu arrives à me prouver que cet éboulement est unique au monde, alors oui, protégeons-le ! ».

Il paraît utile de développer des explications sur le relief et son évolution : auprès des enfants, pour renforcer leur contact avec la nature, comme des adultes, qui ont souvent oublié ce qu'ils ont appris à l'école. « Ce sont des phénomènes qui sont devant nos yeux, donc je trouve dommage de ne pas comprendre, de ne pas s'intéresser à ça ». Cependant, ces sujets ne sont peut-être pas les plus importants à enseigner à tous les enfants. Le contexte joue aussi un rôle : on n'est pas toujours intéressé à recevoir des informations durant ses loisirs.

Groupe 3

A nouveau, les participants à l'entretien peinent à comprendre ce qui peut menacer des formes du relief. On fait remarquer que ces objets sont souvent déjà dans des zones protégées pour la faune ou la flore, à l'exemple du vallon de Nant. Certains aspects patrimoniaux apparaissent cependant dans la discussion : « Il faut voir ça dans un ensemble [...] Ces moraines glaciaires, c'est un intérêt capital pour savoir d'où vient notre Terre, comment elle a évolué dans le passé, intéressant dans l'optique de l'appréhension – dans tous les sens du terme – de notre futur ». Ce sont essentiellement les menaces d'origine humaine qu'il s'agit d'empêcher : « Eviter les prélèvements de roche, comme pour les fleurs, de manière à ne pas éliminer les choses. Par contre, si c'est un truc naturel, il faut laisser faire parce que ce serait mal fait de mettre un capuchon pour protéger, pour que ça ne s'érode plus. ».

Les participants à l'entretien peinent à proposer des critères justifiant la géoconservation. Pour quelqu'un, ce serait surtout « un critère d'ancienneté et didacticiel. Les Pyramides d'Euseigne, ça a quelque chose de fascinant et on ne peut pas être là devant sans se poser des questions. Il y a comme une introduction didactique quasi naturelle devant ce phénomène. C'est tellement insolite que ça vaut la peine de les bétonner rien que pour toutes les

questions... ». Pour un autre, « le bétonnage des Pyramides [d'Euseigne] est aussi une preuve que quelques-uns ont pris conscience du phénomène et du monument qui s'était créé là », remarques où transparait l'importance de la rareté et de l'esthétique, premiers moteurs de la conservation de la nature. Ces réflexions sur le bétonnage des cheminées de fée nous amènent à la dernière question explorée lors de ces entretiens.

Le cas du lac de Derborence : protéger la forme ou le processus ?

Le cas du lac de Derborence est posé comme un dilemme : faut-il draguer les sédiments accumulés pour sauvegarder le lac (la forme et son esthétique) ou laisser se poursuivre le processus naturel d'atterrissement ? Cet exemple permet de lancer une discussion sur ce qui est naturel, de confronter diverses valeurs – esthétique, intégrité – et de questionner l'importance de la valeur sentimentale d'éléments paysagers.

Le nombre de personnes soutenant la solution de maintenir artificiellement le lac va croissant du groupe 1 au groupe 3. « Je trouve très joli cet endroit avec le lac et je pense que ce serait moche sans. Ça compte pour moi qui vais souvent me promener là-bas » (groupe 2) ; « Qu'est-ce qu'on ferait à Derborence s'il n'y a plus de lac ? », « L'intérêt touristique du site pourrait en prendre un coup », « Faut tricher avec la nature des fois » (groupe 3). Les avis sont cependant moins tranchés que ce billet publié sur le web et qui montre à quel point le débat sur la géoconservation peut être passionné (et parfois peu rationnel) :

A entendre un de ces diseurs de Pro Natura, le lac de Derborence se comble, les sédiments amenés dans cette magnifique gouille par les nombreux ruisseaux ayant déjà programmé son remplissage complet.

Comme il s'agit d'une réserve "absolue", pas question d'intervenir !

Et là, précisément, je m'insurge ... je m'indigne !

Ce petit lac est un joyaux, ses rives sont magnifiques et j'adore aller m'y promener avec mon petit "toutou" [...]

Alors, j'espère qu'il y aura une grosse bagarre pour conserver ce petit lac, j'espère que les gens de bonne volonté diront "stop" et demanderont que l'on fasse tout ce qui est possible, même des travaux d'excavation ou de drainage pour que la gouille perde.

Personnellement, j'apprécie énormément que l'on conserve la nature intacte, qu'on la protège, pas simplement pour elle-même, mais bien plutôt pour les générations futures, parce que cette nature reste la soupape contre les multiples agressions que nous subissons quotidiennement.

(hamifr, 2011, blog personnel)

Pour plusieurs personnes, le critère économique serait prépondérant pour trancher : l'activité de restauration à Derborence justifie-t-elle de tels travaux ? La question de la fréquentation touristique liée à l'esthétique du site est souvent

posée. Pour un spécialiste, le défi serait justement de communiquer sur la disparition du lac pour faire accepter, voire apprécier cette évolution naturelle. Pour une personne du groupe 3, le fait de maintenir artificiellement l'attractivité du site permet ensuite de proposer aux visiteurs d'aller plus loin à la découverte d'autres formes du relief environnant ; personne ne se déplacerait seulement pour voir des moraines...

Les avis non interventionnistes apparaissent souvent en premier dans la discussion et sont donc relativement peu nuancés : « un total non-sens » d'un point de vue géomorphologique (groupe 1) « c'est pas le but que ce soit joli » (groupe 2). L'aspect de protection de la nature est aussi important : « Du moment où on le fait, on ne peut plus protéger comme une zone naturelle » (groupe 2) et il faudrait bien évaluer les impacts pour ne pas déséquilibrer la nature (groupe 3).

Tous s'accordent au final à trouver la question difficile, mais intéressante. « C'est assez compliqué comme question. C'est hyper paradoxal notre rapport à la nature, à la beauté, ce qu'on recherche quand on y va... » (groupe 1).

6.2.6. Synthèse de l'analyse des publics, de leurs avis et conceptions

Les différentes enquêtes ne facilitent pas le classement du public en catégorie de touristes, comme celle d'Origet du Cluzeau (1998, tabl. 4.1). Il aurait fallu pour cela analyser plus en détail les pratiques. En effet, de par leurs motivations et leurs activités variées, les visiteurs des sites, comme les participants des groupes 2 et 3 de l'enquête C, représentent plutôt un public d'occasionnels et de curieux. Cependant, comme les « boulimiques de culture », ils fréquentent les sentiers didactiques (enquête C) et se montrent aussi en grande majorité très intéressés à recevoir des explications (enquête A). Ce dernier élément ainsi que le fait que la plupart des visiteurs sont attirés par une grande variété de thèmes, dont la géomorphologie, confirment les résultats de Pralong (2006b).

Dans l'ensemble, nos résultats sont relativement similaires à ceux de Pralong (2006b), avec quelques différences notables cependant. Généralement, les profils des visiteurs sont comparables, surtout avec les sites naturels de rayonnement local, comme Finges ou les gorges de la Diosaz : profil de formation, prédominance des visiteurs régionaux. Notre échantillon est cependant plus équilibré en ce qui concerne les catégories d'âges (surtout à Derborence) un peu plus âgé (majorité de 50-69 ans) et comporte plus de couples et de groupes d'amis que de familles. Ce dernier point est probablement biaisé par la méthode d'enquête, les familles préférant, pour partie, pique-niquer à l'écart des terrasses. En ce qui concerne les médias d'interprétation, les avis sont comparables : grand intérêt pour les panneaux à thème, un peu moins pour les brochures et très faible intérêt pour les outils interactifs. Par contre, les visites guidées, demandées selon les sites par 15-40% des visiteurs dans l'étude de Pralong (2006b), sont appréciées négativement dans notre étude.

Comme toutes les catégories, celle des touristes n'est pas formée de groupes étanches et bien distincts. Au final, on en reste aux deux groupes pertinents pour définir la médiation : les spécialistes et les non-spécialistes. Mais le second n'est pas un « grand public » indéfini : on y distingue ceux qui visitent régulièrement le même site et ceux qui le découvrent, des jeunes couples sans enfants, des familles et des visiteurs de plus de 50 ans venus avec des amis, les excursionnistes venus de la région et les vacanciers étrangers. Tous ne fréquentent pas les mêmes sites.

Mais ce sont les analyses les plus fines, centrées sur les connaissances et questionnements des individus, qui fournissent les meilleures pistes pour définir le contenu de la médiation. L'intérêt marqué pour tous les sujets relevant de la géomorphologie (enquête A) se traduit par de nombreuses questions sur l'origine et l'évolution du paysage (enquête B), intérêt déjà partiellement mis en avant par Reynard et Berrebi (2008). Même si la définition de la géomorphologie demeure parfois incertaine (enquête B), une partie des visiteurs sait reconnaître certaines formes dans le paysage (enquête A) et plus de la moitié est capable d'expliquer la formation d'éboulis, de lapiés, de moraines, même si c'est avec beaucoup d'imprécisions. Les études dans ce sens, presque inexistantes dans le domaine du géotourisme, devraient être répétées pour en étayer les résultats.

L'étude des conceptions sur l'origine de ces formes, sur la base d'explications et de dessins permet d'orienter en partie la sélection des objets et le choix du message de la médiation. On en retire par exemple qu'il faut travailler le lien entre moraine et stade glaciaire ou différencier les agents d'érosion et de transport dans l'explication des processus. La réalisation de produits de médiation *in situ* pourrait être accompagnée d'une enquête sur le terrain afin d'analyser ce que les visiteurs voient, ce qui les interroge et comment ils l'expliquent. La médiation jouerait ainsi son rôle éducatif et de lien entre connaissances scientifiques et représentations personnelles du public.

6.3. Evaluation des produits de médiation existants

Un inventaire de l'offre géotouristique à l'échelle de l'arc alpin (Cayla, 2009) montre que les sentiers à thème sont les produits les plus courants dans les Alpes suisses, autrichiennes et allemandes. Globalement, ils forment l'essentiel de l'offre *in situ*. Cet inventaire ne prend pas en compte les très nombreux autres sentiers qui abordent la géologie ou la géomorphologie de façon secondaire, par exemple pour décrire le contexte lithologique d'un biotope. Tous ces sentiers représentent de multiples occasions pour le public d'accéder à des informations géoscientifiques et de mieux comprendre leur environnement. Malgré son abondance et son fort potentiel en terme de médiation des géosciences, les caractéristiques de l'offre en sentiers à thème restent plutôt méconnues. Quel type de contenu est proposé au public non-spécialiste ? Répond-il aux nécessités d'une communication éducative dans un cadre de loisirs ? Ces questions demeurant souvent sans réponse, il est difficile de dessiner le contexte général

des offres de médiation des sciences de la Terre dans le domaine du tourisme doux.

Les quelques études portant sur les sentiers à thème s'intéressent soit à l'avis du public, soit aux possibles retombées socio-économiques. Les premières, contraintes par la difficulté de récolter les avis de nombreux randonneurs dispersés, s'appliquent le plus souvent à un nombre restreint de sentiers (par exemple Berrebi, 2006) ; les deux sentiers présents sur nos sites d'étude ont fait l'objet d'une telle enquête (annexes A).

L'étude des retombées socio-économiques du tourisme est le plus souvent menée à l'échelle d'un pays ou d'une grande région à l'aide de méthodes d'analyse complexes (Zhou et al., 1997; Dwyer, Forsyth, & Spurr, 2004). L'échelle locale implique le recours à des méthodes plus basiques, comme des modèles Input-Output, dont les résultats ne sont pertinents qu'à cette échelle (Stynes, 1997; Dwyer et al., 2004). L'évaluation est relativement aisée lorsqu'on a affaire à des structures touristiques classiques, avec paiement de services bien définis. Par exemple, les parcs nationaux américains, par leur taille et leur organisation, sont des entités bien définies, relativement indépendantes de l'économie extérieure au parc. Ce constat peut être étendu à l'ensemble des grands espaces protégés soumis à un droit d'entrée. En comparaison, l'impact économique des géoparcs est plus difficile à mesurer (Härtling & Meier, 2010), mais semble positif, particulièrement à l'échelle locale et dans les régions rurales (Eder & Patzak, 2004; Farsani, Coelho & Costa, 2011).

Le problème de l'échelle devient très limitant dans l'évaluation socio-économique de sentiers à thème. Parce que leur accès est le plus souvent gratuit, les bénéfices directs sont nuls. Les bénéfices indirects sont difficiles à distinguer de l'ensemble de l'économie touristique locale : la seule présence d'un sentier à thème ne suffit que très rarement à motiver la visite. Quelques rares offres exceptionnelles, au bénéfice d'une bonne promotion, sortent du lot (Rohn-Brossard, 2006). Les retombées économiques des sentiers à thème sont surtout liées aux services annexes (restauration, hébergement), ce qui plaide pour une participation active de la population locale dans de tels projets (Rohn-Brossard, 2006). Au final, on constate que les retombées socio-économiques varient énormément d'un sentier à l'autre. Ces résultats sont surtout intéressants pour les acteurs locaux. Pour ceux qui poursuivent un objectif de rentabilité directe, ces résultats montrent cependant l'importance de réaliser un produit original, attractif et relié à des offres existantes d'hébergement et de restauration.

En ce qui concerne le style de communication, la qualité du contenu, l'usage des illustrations, aucune étude à large échelle n'existe à notre connaissance. La participation à un projet cantonal de valorisation des sentiers à thème (Bernard & Kunz, 2009) nous a fourni l'occasion à la fois de développer une méthode d'évaluation basée sur le modèle global de médiation (Regolini-Bissig & Martin, 2010) et d'obtenir un aperçu régional de l'offre en la matière. En complément à l'avis des visiteurs, la méthode d'évaluation a été également appliquée aux sentiers à thème du vallon de Nant et de Tsanfleuron.

6.3.1. Méthode d'évaluation des sentiers à thème

Proposition de méthode basée sur le modèle global de médiation

Dans un article commun à quatre chercheurs de l'Université de Lausanne, nous avons posé quelques fondements pour guider la démarche de réalisation et l'évaluation de produits de médiation indirecte (S. Martin et al., 2010). Ces propositions sont basées sur le modèle global de la médiation, décrit au chapitre 2. La qualité d'un produit repose avant tout sur sa cohérence : l'ensemble des domaines (public, site, message, support) est pris en compte et des solutions originales sont trouvées pour faire correspondre les exigences de chacun des domaines.

Une évaluation complète devrait considérer non seulement les aspects directement liés au produit (qualité scientifique et didactique), mais aussi vérifier si celui-ci atteint ses objectifs (efficacité didactique : le public visé reçoit-il correctement le message ?) et exerce une influence positive sur la société et l'économie locale (retombées socio-économiques). Les deux premiers aspects peuvent être évalués relativement facilement, sur la base du seul produit de médiation. Les autres aspects requièrent des études plus complexes, par enquêtes auprès des visiteurs (questionnaires, observation, entretiens) et par analyse socio-économique auprès des acteurs concernés : public potentiel, habitants, propriétaires et gestionnaires des sentiers.

Application partielle de la méthode

En ce qui concerne la qualité scientifique et didactique, ces propositions théoriques ont trouvé leur application dans le cadre d'un projet cantonal de valorisation des sites et sentiers didactiques en Valais (Bernard & Kunz, 2009). Ce projet a été initié en 2009, soutenu par plusieurs services cantonaux et porté au départ par la Société valaisanne des sciences naturelles (La Murithienne), puis par une association dédiée au projet (Nature, Culture, Tourisme). Il poursuit le double objectif de « valoriser les sites et sentiers didactiques transmettant des connaissances sur les patrimoines naturels et culturels en Valais » (site web du projet, nct-valais.ch) et d'améliorer la qualité de ce type d'offre par des soutiens aux concepteurs et gestionnaires et par l'attribution d'un label de qualité (en discussion).

Le projet de valorisation a débuté par la constitution d'un inventaire des sentiers existants, sur la base d'un sondage auprès des offices du tourisme et des communes. Au départ, seuls les sentiers relevant des sciences naturelles étaient concernés, mais le projet intègre aujourd'hui également les sentiers de médiation culturelle.

Une méthode d'évaluation spécifique aux sentiers à thème a été développée pour le projet (Regolini-Bissig & Martin, 2010). Elle se compose de huit parties. La première consiste à récolter des informations factuelles sur le sentier (distance, accès en transports publics, difficulté, etc.). Les sept autres constituent

l'évaluation à proprement parler (tabl. 6.14). Elles regroupent chacune entre quatre et six critères à deux ou trois modalités.

Partie	Critères (sélection)
2 Site et objets	Rareté* / Intégrité Importance culturelle et historique Intérêt didactique
3 Support	Aspect général Lien explicite entre arrêts et objets présentés Support fixe : entretien / visibilité, sécurité et intégration Support mobile : qualité / maniabilité / qualité du marquage et sécurité des arrêts
4 Contenu : forme	Mise en page : construction et équilibre Texte : lisibilité / structure Illustrations : diversité et qualité / indépendance et pertinence
5 Gestion du public	Orientation des visiteurs / gestion du parcage Protection physique du site Sensibilisation des visiteurs
6 Contenu : thème et message	Nom du sentier (clarté de l'énoncé) Message : cohérence entre les éléments / prise en compte de la complexité naturelle / portée sociale et intérêt général
7 Contenu : aspects scientifiques	Justesse* Honnêteté et vulgarisation de la démarche scientifique* Choix des objets présentés ; intérêt du contenu* Adéquation entre le contenu informatif et les objets
8 Contenu : aspects didactiques	Equilibre (entre trop général et trop détaillé) Accessibilité et complexité Attractivité Concision (temps de lecture adapté au parcours)

Tabl. 6.14 : Méthode d'évaluation des sentiers didactiques du Valais (projet Nature, Culture et Tourisme) ; tous les critères ne sont pas présentés ici. La partie 1, descriptive, est absente. * Critère évalué par un expert.

Pour récolter les données, un évaluateur parcourt chaque sentier, l'évalue et le documente à l'aide de photographies. Environ un dixième des évaluations fait l'objet d'un contrôle par un second évaluateur. Les différences d'appréciation

sont discutées par les deux personnes. L'évaluation est ensuite complétée par des experts des disciplines principales abordées par le sentier (botanique, faune, géologie, etc.). Progressivement, l'ensemble des informations et des évaluations est stocké dans une base de données. Une partie du contenu sera, à terme, rendue publique via un site web.

6.3.2. Evaluation des sentiers à thème du Valais

Inventaire : données sur les thèmes et les supports

Les données présentées ici sont tirées d'un état provisoire du projet Nature, Culture et Tourisme en mars 2012. A cette date, la liste des sentiers inventoriés en comptait 259, dont 60% relevaient des sciences naturelles (site web du projet, nct-valais.ch). La base de données du projet, qui constitue une sélection des sentiers retenus pour l'évaluation, contenait 187 sentiers (thèmes culturels et de sciences naturelles confondus), dont 108 entièrement évalués (annexe D2).

Les différentes disciplines des sciences naturelles sont inégalement représentées dans les sentiers à thème. Sur les 145 sentiers de la catégorie dont on connaît le thème, 79 traitent de la flore et 48 de la géologie (au sens large). Les géosciences sont souvent mobilisées pour dresser le contexte du site. Seuls 10-12% des sentiers se concentrent principalement sur des thèmes géoscientifiques (avant tout géologique, mais aussi géomorphologique, hydrologique, glaciologique, climatologique).

L'inventaire nous informe également sur les supports de médiation les plus souvent utilisés. Sur les 116 sentiers documentés, 60 présentent les informations sur des panneaux répartis sur l'itinéraire et 32 dans une brochure, le plus souvent payante ; huit sentiers recourent aux deux supports. Aucun autre type de support n'est mentionné dans l'inventaire.

Points faibles de l'offre actuelle

Il est rare de pouvoir disposer d'une évaluation complète de l'offre régionale en tourisme thématique d'extérieur. Le projet Nature, Culture et Tourisme dessine peu à peu un tel panorama pour le canton du Valais, intéressant de par son caractère essentiellement alpin. Cela permet d'identifier les points forts et les points faibles de l'offre. Les seconds nous intéressent tout particulièrement ici pour identifier de possibles manques ou problèmes récurrents qu'il s'agirait de pallier ou d'éviter. Dans l'état provisoire de la base de données, les résultats présentés ici se basent sur l'évaluation de 33 sentiers abordant principalement ou partiellement au moins un thème lié aux géosciences : géologie (32), nature et paysage (17), glaciologie (8), géomorphologie (1 seul : la géomorphologie est normalement intégrée à la catégorie géologie), climatologie (1).

La figure 6.32 présente les moyennes brutes par partie de l'évaluation (1 = modalité « mauvais » ; 3 = modalité « bon »). Les aspects scientifiques ne sont ici pas encore évalués par des experts, le résultat est donc provisoire. Les supports

(panneau ou brochure) semblent généralement de très bonne qualité (score de 2,56/3). Les points faibles se trouvent dans les critères concernant la communication et la médiation : le message véhiculé par le produit et les aspects didactiques qui jugent de l'adaptation du produit à un public de non-spécialistes qu'il s'agit d'attirer et motiver. Bien que lacunaires, ces résultats soulignent une grande attention portée à la qualité extérieure du produit et la prédominance de méthodes de vulgarisation centrées sur le contenu scientifique, probablement au détriment d'une communication éducative effective. Des efforts sont à faire pour inciter les concepteurs à mieux prendre en compte les intérêts du public et à encourager sa participation (intellectuelle ou active) plutôt que solliciter une attention d'écolier dans un contexte peu propice de loisir en extérieur.

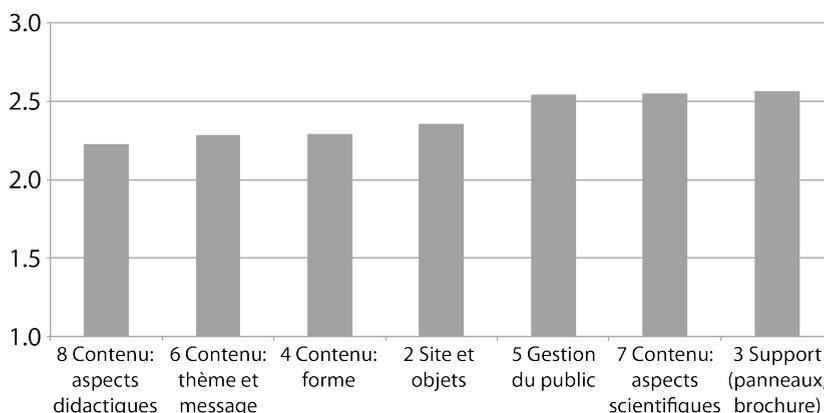


Fig. 6.32 : Moyennes des évaluations de chaque partie pour 33 sentiers didactiques du Valais abordant une thématique des Sciences de la Terre (annexe D2). Score minimal = 1, score maximal = 3.

Au niveau des critères (fig. 6.33), les moyennes des évaluations renforcent ces conclusions. L'attractivité du contenu est jugée bonne lorsque « le langage est vivant et de bonne qualité. L'information est présentée sous une forme attractive : questions, interpellations, histoire ou énigmes. Le visiteur est incité à une réflexion personnelle ou est engagé à participer par des questions, des énigmes, des jeux. » (Regolini-Bissig & Martin, 2010, annexe D1), ce qui semble être rarement le cas.

Les questions liées au message sont souvent jugées moyennes : « présence d'un fil conducteur sous-jacent (même type de milieu ou d'objets, thème large), mais grande indépendance des éléments » (6.2) ; « explication superficielle des interactions entre les objets » (6.3) ; « seulement quelques renvois à la vie courante ou à la société » (6.4).

En ce qui concerne les images, si elles sont souvent bien présentes et assez variées (4.4), leur usage est limité à l'illustration du texte (4.5). Dans la méthode, l'indépendance et la pertinence des illustrations est jugée bonne lorsque « les images se suffisent à elles-mêmes. Elles sont accompagnées de titres explicites ou de légendes complètes. Elles apportent des informations pertinentes en dehors du texte » (Regolini-Bissig & Martin, 2010). Cet aspect révèle que l'attention du

concepteur reste généralement focalisée sur le texte. Les fonctions communicationnelles et d'aide à l'apprentissage des images – mise en contexte, synthèse, soutien à la création d'images mentales, etc. – ne sont que très rarement mobilisées dans les panneaux à thème ou les brochures. A nouveau, le style de communication demeure très scolaire et descriptif.

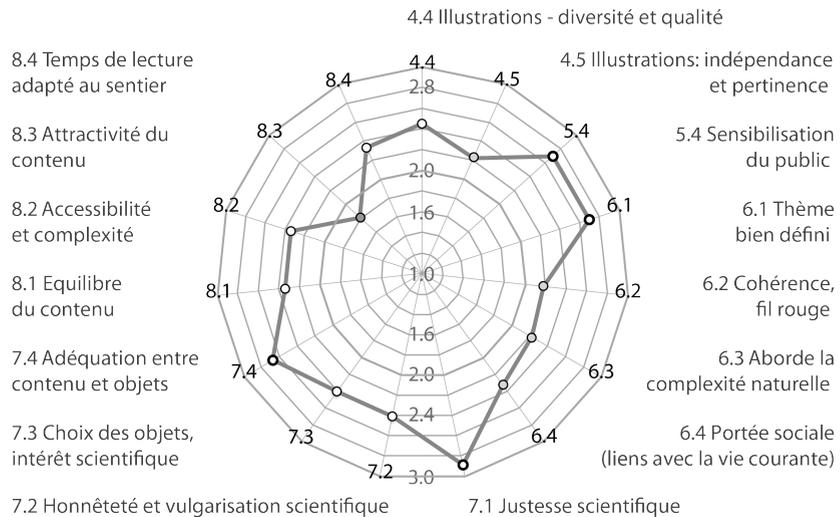


Fig. 6.33 : Moyennes des évaluations sur un choix de critères pertinents pour 33 sentiers didactiques du Valais abordant une thématique liée aux Sciences de la Terre (géologie, nature et paysage, glaciologie, climat, géomorphologie).

Ces points faibles identifiés par la méthode d'évaluation correspondent à ceux évoqués par deux autres études récoltant l'avis des visiteurs de sentiers à thème. Sur les sentiers de Salanfe, de la Combe de l'A, de Tsanfleuron, le texte est à plusieurs reprises jugé trop compliqué, trop scientifique ; pour certains, il y a simplement « trop de texte » (Berrebi, 2006). De mêmes avis se retrouvent parmi les touristes provenant de toute la Suisse interrogés par Rohn-Brossard (2006) dans son travail de diplôme : « Pas toujours de liens visibles entre le thème et le parcours : ils se ressemblent tous ! / Trop de textes ! Trop de panneaux ! Trop scolaires, intellectuels, compliqués. / Manque d'interactivité : visiteur passif ». Le constat n'est donc pas spécifique au Valais.

6.3.3. Analyse des produits proposés sur les trois sites d'étude

Descriptions des produits existants

Au **Vallon de Nant**, on trouve un sentier à thème de 3 km (aller), entre Pont de Nant et l'alpage de Nant (fig. 6.3), et balisé de douze postes. Chaque poste est composé de trois panneaux suspendus à une structure pyramidale en bois (fig. 6.34, 2). Une grande variété de thèmes sont abordés, tous en lien avec la nature locale : faune, flore, géologie, géomorphologie, climat.

Sur le site de **Derborence**, il n'existe pour l'heure aucun sentier à thème. Derborence constitue cependant la dernière étape du tronçon suisse romand de la Via GeoAlpina, qui traite de géologie et, en partie, de géomorphologie. Au parking principal, un panneau de Pro Natura présente la réserve, la forêt primaire et les zones alluviales. L'ancienne version du panneau (jusqu'en 2011) exposait aussi assez brièvement la formation du lac par l'éboulement et son atterrissement (fig. 6.34, 3). Le gypaète barbu nichant sur le site fait l'objet d'un autre panneau posé à chacun des parkings du site (Godey et Derborence).

Un sentier à thème de 6 km (aller) à travers le lapiaz de **Tsanfleuron** a été créé en 1993, accompagné d'une brochure (Reynard, 2004e, réédition). Le sentier aborde des thèmes essentiellement géoscientifiques : géologie, karst, glacier, climat, histoire. La brochure n'est aujourd'hui plus disponible. En 2009, des panneaux portant sur les mêmes thèmes (fig. 6.34, 1) ont été installés à divers endroits du site (fig. 6.7) : col du Sanetsch, hôtel du Sanetsch, cabane de Prarochet, Quille du Diable, Scex Rouge (arrivée du téléphérique). Ils sont conçus plus comme des postes individuels que comme étapes d'un sentier. Parallèlement à la réalisation des panneaux à thème, une carte géotouristique a été développée, mais n'est pas encore publiée (S. Martin & Reynard, 2008b, 2009).



Fig. 6.34 : (1) Panneaux à Tsanfleuron (Prarochet) ; (2) poste du sentier du vallon de Nant ; (3) deux schémas extraits de l'ancien panneau de Pro Natura sur le parking de Derborence (les schémas ont disparu de la nouvelle version).

Avis des visiteurs sur les panneaux thématiques

A Tsanfleuron et au vallon de Nant, les deux sites où l'on trouve des panneaux, les visiteurs ont été interrogés à proximité de l'un d'entre eux (enquête A) : Avez-vous consulté les panneaux explicatifs présents sur le site ? Pour le Vallon de Nant, 20% n'ont pas consulté les panneaux, 60% les ont consulté en partie et 20% entièrement. A Tsanfleuron, ils sont respectivement 30%, 40% et 30%. Sachant que la position des lieux d'enquête rendait pratiquement impossible à la personne interrogée d'avoir vu l'ensemble des panneaux du site, la différence entre « en partie » et « entièrement » doit plutôt signaler le niveau d'attention porté au contenu des panneaux. Il est arrivé quelques fois que la question elle-même encourage la personne interrogée à aller lire le panneau tout proche. Une observation non-participative systématique des visiteurs permettrait de clarifier ce point.

Les avis des visiteurs indiquent une très large satisfaction des visiteurs pour l'offre existante. Cependant, la pertinence des résultats est réduite par l'usage très fréquent de la valeur médiane refuge (sans avis, ou « bon équilibre ») : entre 73% et 93% des cas. Cela peut indiquer un bon équilibre pour chacun des aspects du sentier (quantité d'information, diversité, complexité, niveau de détail, pertinence), mais aussi un certain désintérêt pour la question ou encore l'absence d'un avis tranché, faute d'avoir lu les panneaux (annexes A3).

Les visiteurs estiment que les panneaux rendent la visite instructive à environ 80% pour le Vallon de Nant (entièrement d'accord : 47,6%) comme pour Tsanfleuron (entièrement d'accord : 56,9%). Une part plus faible trouve que les panneaux animent la visite : 77,8% au Vallon de Nant et 64,8% à Tsanfleuron (annexes A3).

Finalement, l'impact visuel des panneaux sur le paysage n'est jugé négatif que par une minorité de personnes : 22,6% au Vallon de Nant et 33% à Tsanfleuron. Une majorité n'est pas du tout d'accord avec cette affirmation (58% au Vallon de Nant, 54% à Tsanfleuron (annexes A3).

q30 Avez-vous consulté les panneaux explicatifs présents sur le site?
 q31 Quel est votre avis sur les informations et explications disponibles sur le site?

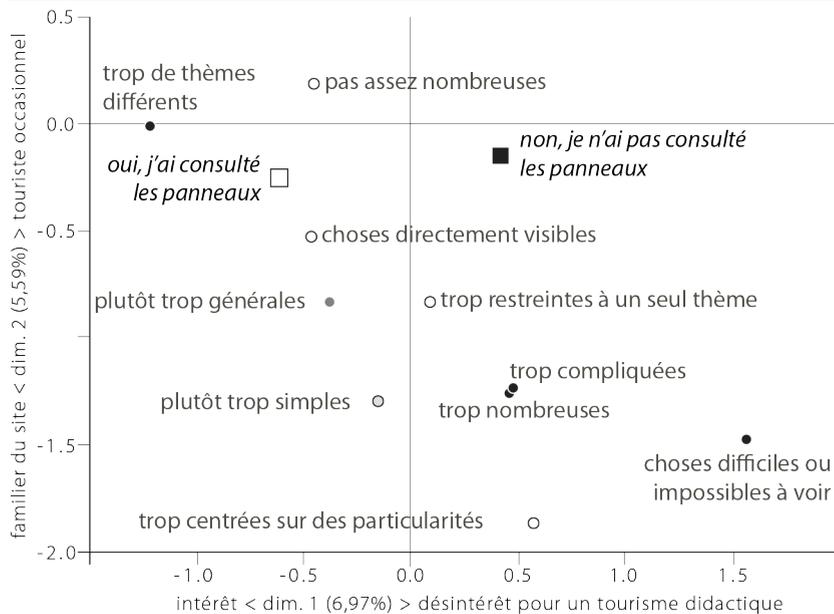


Fig. 6.35 : Dispersion des avis des visiteurs sur les panneaux à thème du vallon de Nant et de Tsanfleuron (moyenne des deux) selon les deux premières composantes de l'ACM basée sur 48 variables.

Une analyse des correspondances multiples (annexes A4, A5) fait ressortir deux dimensions qui peuvent être interprétées comme « intérêt ↔ désintérêt pour un tourisme didactique » et « familier du site ↔ touriste occasionnel » (fig. 6.35). Le

très faible pourcentage de variance expliquée ne permet pas de fournir des explications, mais donne quelques tendances intéressantes, en particulier pour les valeurs extrêmes. Ainsi, dans le secteur « désintéret » de la première dimension se trouvent les avis suivants : informations en rapport avec des choses impossible à voir, trop générales, trop nombreuses et trop compliquées. Dans la partie « intérêt » ressort l'avis que les panneaux traitent de trop de thèmes différents. L'opposition entre ceux qui ont consulté les panneaux et les autres apparaît également dans cette première dimension. L'autre dimension montre, dans la partie « familier du site », l'avis que les informations sont trop générales (pas assez centrées sur les particularités du site), plutôt trop simples et trop nombreuses.

Comme nous l'avons signalé, aucune donnée de ce type n'a été recueillie pour Derborence. Les résultats obtenus pour les deux sites étudiés montrent un bon taux de satisfaction général, mais laissent de nombreux aspects dans l'ombre. D'autres méthodes d'enquête devraient être mobilisées pour appréhender le comportement des visiteurs face aux panneaux (observation non-participative) et leur avis détaillé sur le contenu (entretien). En l'état, on ne connaît donc que très partiellement l'appréciation par les non-spécialistes de l'offre existante de médiation. L'évaluation des deux sentiers par la méthode Nature, Culture et Tourisme peut apporter un intéressant éclairage complémentaire, bien qu'indirect, à cette question.

Evaluation par la méthode Nature, Culture et Tourisme

Seuls quinze critères de la méthode ont été appliqués aux sentiers à thème du vallon de Nant et de Tsanfleuron (panneaux de 2009) ; ils correspondent à ceux retenus précédemment pour la synthèse régionale (fig. 6.33).

Pour le vallon de Nant, seuls les panneaux présentant un sujet relevant des géosciences ont été pris en compte pour l'évaluation : formation des Alpes (poste n° 4), nappe de Morcles (n° 4), toponymie (n° 4), érosion (n° 7), avalanches (n° 8), climat (n° 8), torrents (n° 9), éboulis et éboulements (n° 9), végétation des alluvions et éboulis (n° 10). A Tsanfleuron, les cinq différents panneaux à thème sont parfois répétés sur deux sites : partage des eaux Rhône-Rhin (col du Sanetsch, Scex Rouge), karst (col du Sanetsch, cabane de Prarochet), glacier (cabane de Prarochet, Scex Rouge), géologie et hydrogéologie (Quille du Diable), éboulements de Derborence (Quille du Diable).

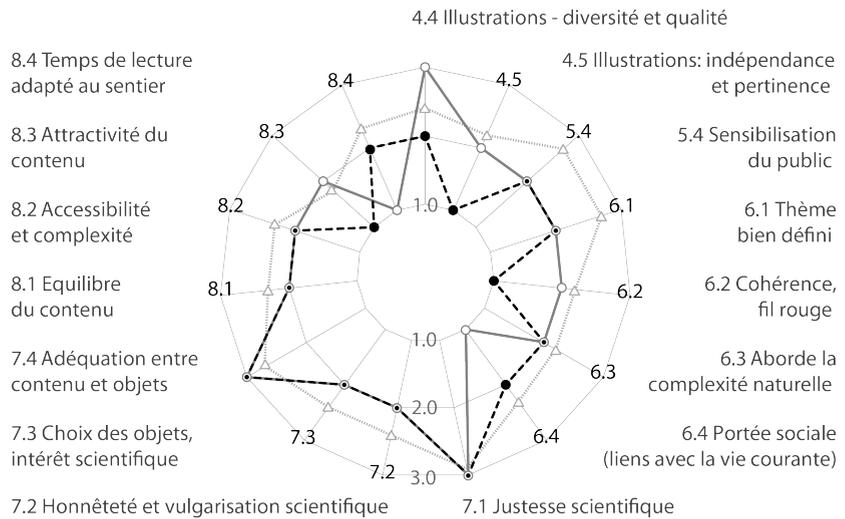


Fig. 6.36 : Évaluation partielle des sentiers à thème du ● vallon de Nant (uniquement les panneaux sur un sujet lié aux géosciences) et de ○ Tsanfleuron, comparé à △ la moyenne de 33 sentiers didactiques du Valais abordant une thématique liée aux Sciences de la Terre (cf. fig. 6.33).

Le graphique 6.36 synthétise les résultats de l'évaluation. On constate que les points faibles correspondent à ceux identifiés dans l'analyse régionale (fig. 6.33) : indépendance des illustrations, cohérence, portée sociale, attractivité du contenu. Les panneaux de Tsanfleuron se distinguent par une grande diversité des illustrations utilisées (4.4), même si elles restent très dépendantes du texte. Le fait que les panneaux ne soient pas organisés en sentier induit un score mauvais pour la répartition du contenu sur le sentier (8.4). Globalement, la qualité des deux offres touristiques est comparable et peut être qualifiée de moyenne (score moyen de 1,93 à 2,06) sur les quinze critères retenus.

Synthèse de l'analyse de l'offre existante

Les deux méthodes d'analyse – questionnaire auprès des visiteurs, évaluation par un expert selon une grille prédéfinie – offrent chacune une évaluation partielle, mais complémentaire, des sentiers à thème. Une certaine concordance est observable dans les deux séries de résultats : la plupart des aspects analysés assez positivement (par le public comme par la méthode d'évaluation) et l'ensemble présente un certain équilibre. Les deux sentiers suscitent peu d'avis extrêmes, chez l'expert comme parmi le public. Cela peut être aussi le signe d'un produit peu original, ne dérangeant pas les habitudes établies.

Le faible score en terme d'attractivité du contenu, l'absence d'un message central ordonnant le contenu, le peu de liens avec la vie courante sont autant d'aspects qui limitent certainement l'efficacité de la communication et n'encouragent pas l'attention du visiteur (Moscardo, 1999; Bitgood, 2000).

Au delà des critères d'évaluation, le contenu des panneaux ne répond que partiellement aux bonnes pratiques pour la conception de panneaux explicatifs issues de la muséographie (par exemple Serrell, 1996; Moscardo et al., 2007) : trop de texte, trop de thèmes, absence de sous-titres et de niveaux de lecture (vallon de Nant), pour citer les principaux points problématiques. Même si, au final, les visiteurs lisent plus souvent les panneaux que ce que pense habituellement le spécialiste (McManus, 1989), ils n'y sont en tout cas pas encouragés dans les deux exemples étudiés.

Il est intéressant de relever que les deux produits touristiques étudiés font partie de la minorité abordant dans le détail des sujets géoscientifiques. Parmi les nombreux thèmes traités, le sentier du vallon de Nant laisse une place à la description de phénomènes géomorphologiques visibles le long du sentier : dépôts d'avalanche, éboulis, torrents et cônes de déjection. On peut toutefois déplorer que les éléments présentés soient souvent invisibles de l'emplacement du poste. Malgré l'abondance des thèmes et l'unité de lieu, les liens entre flore, géologie et géomorphologie sont très peu explicités, à l'exception du chapitre sur la végétation des alluvions et des éboulis. A l'opposé, les panneaux de Tsanfleuron se focalisent sur très peu de sujets et les éléments présentés sont bien visibles de la position de chaque panneau. Cependant, à nouveau, les relations entre les différents processus, entre les échelles temporelles, entre la géologie et le relief sont peu approfondies. En conclusion, les deux sentiers présentent la plupart des objets géomorphologiques intéressants pour la zone traversée (ce qui exclut, par exemple, le glacier des Martinets dans le vallon de Nant), mais ne sont pas construits autour d'un message central. On peut donc craindre que les visiteurs peinent à relier en une image mentale cohérente les très nombreux éléments d'information fournis par les panneaux.

7. Applications interactives

Un enfant, qui veut bien étudier sa leçon de géographie, prend une carte géographique, il la pose sur une table, il lit sa leçon, et, regardant sa carte de temps en temps, il cherche, sur cette carte, les pays, les villes, les rivières dont il est question dans sa leçon.

De cette manière, il apprend très facilement, et n'oublie jamais ce qu'il a appris.

(Anonyme, 1823)

Fondé sur l'étude préliminaire du contexte (chap. 6), ce chapitre représente la partie réellement appliquée de la thèse : la réalisation d'un produit de médiation des objets de la géomorphologie sous la forme d'une application web (fig. 7.1). Nous détaillons d'abord la structure – technique et théorique – du site web en général (section 7.1) avant de décrire brièvement le contenu et les fonctions des neuf applications interactives développées (section 7.2). Enfin, nous présentons et analysons les résultats des tests de ces applications, réalisés auprès de spécialistes et de non-spécialistes (section 7.3).

Le lecteur est invité à consulter les applications sur Internet à l'adresse suivante : <http://mesoscaphes.unil.ch/geodata/hac>. Le site requiert l'installation du *plugin* Google Earth (<http://www.google.fr/earth/explore/products/plugin.html>).

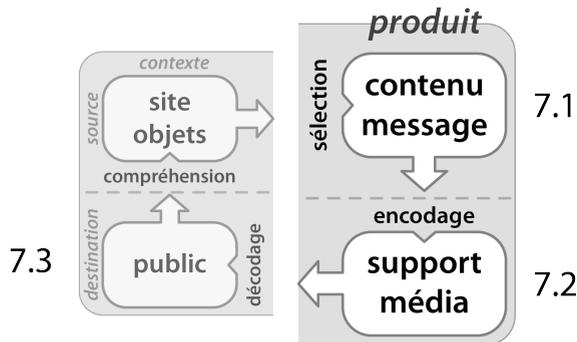


Fig. 7.1 : Axes de la médiation concernés par ce chapitre.

7.1. Contenu et structure du site web

Pour tester la réalisation et l'utilisation de médias interactifs, plusieurs d'entre eux ont été rassemblés dans un site web. En réalité, ce qui a été réalisé relève plus de l'**application web** que du site web : navigation, données et fonctions sont intégrées dans une structure indépendante du reste d'Internet, à l'exception des données fournies par les serveurs de Google (fonds de carte, modèle d'altitude).

Souvent, une application est programmée pour une plateforme spécifique (par exemple Windows ou Mac OS X pour les ordinateurs, iOS ou Android pour les *smartphones*). Bien programmée, cette application sera certainement plus efficace, rapide et agréable à utiliser qu'une application web. Cependant, chaque plateforme utilise ses propres règles et langages de programmation, tandis que les langages web utilisés ici (tabl. 7.1) sont universellement reconnus par les différents navigateurs, quelle que soit la plateforme, et ne requièrent pas d'installation. En bref, le développement d'une application web permet de toucher un vaste spectre d'utilisateurs en ne programmant qu'une seule fois.

Langage	Description
HTML	Langage à balise pour écrire et structurer le contenu des pages web.
CSS	Langage de mise en forme pour les documents HTML (feuilles de style)
JavaScript	Langage de scriptage, ici exécuté uniquement du côté client (navigateur), permettant d'interagir avec les objets HTML (événements, fonctions)

Tabl. 7.1 : Langages web standards utilisés pour programmer l'application web.

7.1.1. Structure générale

La structure du site (application web) est particulière. Il est composé d'une seule page avec trois calques (*div* HTML) superposés (fig. 7.2) : page d'accueil (contenu fixe), page d'information (contenu variant pour chaque application), page de l'application (contenu et structure variant pour chaque application). Le passage d'une vue à l'autre se fait en masquant ou affichant alternativement les calques. Grâce à cette structure, l'ensemble des éléments est chargé en une fois, au démarrage, dans le but de décharger le serveur et d'accélérer ensuite la navigation pour l'utilisateur. En effet, chaque chargement des APIs (*application programming interface*) Google Maps (carte) et Google Earth (3D) peut prendre plusieurs secondes, même avec une connexion Internet haut débit. La puissance de calcul des ordinateurs personnels est aujourd'hui bien suffisante pour prendre en charge ces tâches.

Sur le même principe, la page d'application est composée de trois espaces réservés pour les schémas (ou autre image), la carte et la vue 3D. Selon les besoins de chaque application, on masque ou affiche les espaces pertinents.

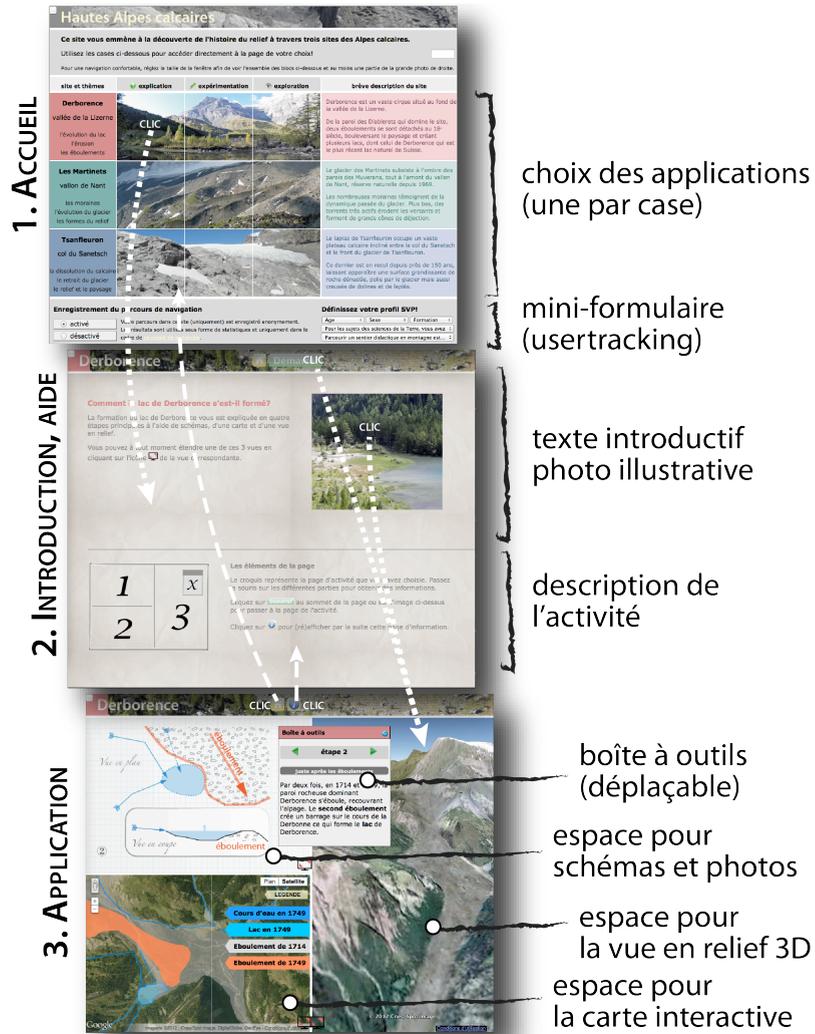


Fig. 7.2 : Structure générale du site web en trois calques. Les flèches blanches indiquent les liens permettant de passer de l'un à l'autre (exemple pour l'application D1).

7.1.2. Applications interactives : médias et thèmes

La page d'accueil présente neuf applications sous la forme d'un tableau croisé : chaque ligne correspond à un des sites d'étude, chaque colonne à une approche particulière, sur laquelle nous reviendrons : explication, expérimentation ou exploration. Pour plus de simplicité, nous désignerons chaque application par un **code** formé de l'initiale du site (D, N, T) et du numéro de colonne (tabl. 7.2).

Méthode	Explication	Expérimentation	Exploration
Code	D1	D2	D3
Thème	Erosion	Erosion	(Erosion, non finalisé)
Espace	Sélectif	Global	(Focalisé)
Temps	Chronologique	Dynamique	(Dynamique)
Média	Multimédia	Dessin réaliste	(3D réelle)
Caractère	Statique interactif	Animé interactif	(Animé non interactif)
Code	N1	N2	N3
Thème	Glacier	Glacier	Erosion
Espace	Focalisé/sélectif	Sélectif	Global
Temps	(diverses approches)	Chronologique	Instantané
Média	Schémas	Carte	3D Google Earth
Caractère	Animé / statique	Animé interactif	Animé non interactif
Code	T1	T2	T3
Thème	Karst	Glacier	Karst (Glacier)
Espace	(Focalisé)	Instantané	(diverses approches)
Temps	(Dynamique)	Chronologique	Instantané/dynamique
Média	Texte	3D Google Earth	Carte Google Maps
Caractère	Statique non interactif	Statique interactif	Statique interactif

Tabl. 7.2 : Informations générales sur chaque application : le code la désignant ; le thème principal abordé ; les approches spatio-temporelles ; le média principal utilisé (multimédia = schéma, carte et 3D) et le caractère de celui-ci : animé ou statique, interactif ou non.

Trois types principaux de **médias** ont été retenus : le schéma, la carte et la vue en 3D. Chacun de ces médias est tantôt statique, tantôt animé. Le degré d'interactivité du média varie également. Diverses configurations peuvent ainsi être comparées et testées (tabl. 7.2). L'utilisateur est informé, sur la page d'accueil, des médias utilisés pour chaque application.

Pour chacun des sites, les applications se déclinent selon trois méthodes de médiation : l'explication, l'expérimentation et l'exploration. Ces approches peuvent être reliées à quatre des huit fonctions pédagogiques proposées par De Vries (2001) dans sa typologie des logiciels interactifs : (1) présenter l'information ; (2) captiver l'attention et la motivation ; (3) fournir un espace d'exploration ; (4) fournir un environnement pour la découverte des lois naturelles. Le principal intérêt de cette typologie est de faire le lien entre fonction pédagogique et approche didactique.

L'**explication** relève d'une conception traditionnelle de la médiation (voire de la vulgarisation) : pour D1 et T1, on a recours principalement à une méthode transmissive, tandis que N1 laisse plus de liberté à l'utilisateur pour se renseigner sur les moraines. Les applications répondent à une démarche cognitiviste, avec quelques nuances, leur fonction pédagogique consistant à présenter l'information pour permettre l'acquisition de nouvelles connaissances (De Vries, 2001). T1 ne présente cependant aucun élément visant à créer un contexte favorable à l'apprentissage : être concerné, interpellé, trouver des aides à penser (tabl. 2.4). L'application N1 s'approche des applications visant à fournir un espace d'exploration car la présentation de l'information ne suit pas un ordre prédéfini, mais ne relève pas pour autant du constructivisme.

L'**expérimentation** laisse une grande place aux choix de l'utilisateur. La fonction pédagogique des applications de cette catégorie est de captiver l'attention et la motivation de l'utilisateur, avec un degré variable de liberté. Le jeu D2 sur l'érosion est le meilleur exemple. Il s'inspire de méthodes behavioristes en proposant des défis à l'utilisateur et offre une animation en récompense d'une bonne réponse. L'application T2 est en comparaison très peu interactive, mais tente de motiver l'utilisateur par le recours à des vues en 3D. Enfin, l'application N2, dans sa tentative de simuler la réalité et de mettre entre les mains du non-spécialiste un outil d'expert, se place entre le cognitivisme et le constructivisme. La simulation est toutefois trop simple et éloignée de la réalité naturelle (seul le pourtour du glacier est prise en compte) pour servir réellement de base à la construction de connaissances.

Enfin, les applications d'**exploration** laissent l'utilisateur relativement libre de parcourir une grande quantité d'information. Elles ont pour fonction pédagogique de fournir un espace d'exploration. La carte T3 offre une très grande liberté dans la navigation spatiale et informationnelle. L'application N3 propose en option de suivre une visite guidée, offrant un certain équilibre entre interactivité libre dans Google Earth (cognitivisme, voire constructivisme) et parcours accompagné (méthode transmissive). L'application s n'a pas été finalisée pour le site web. Pour chacun des sites, les applications se déclinent selon trois méthodes de médiation.

Pour guider le choix de l'utilisateur en fonction de ses intérêts, une question qui résume en quelque sorte le contenu de l'application est inscrite dans chaque case de la page d'accueil (tabl. 7.3). Formuler ainsi le thème de l'application vise à attirer l'attention de l'utilisateur et à l'impliquer plus personnellement. Mais résumer ainsi le contenu par une seule question est parfois réducteur, surtout pour les applications complexes (par exemple, N1 ou T3).

Chaque site d'étude permet d'aborder principalement un des **thèmes** retenus – érosion à Derborence, glacier et moraines au vallon de Nant et karst à Tsanfleuron – avec deux exceptions (N3 sur l'érosion, T2 sur le glacier de Tsanfleuron). Une structure basée non pas sur les sites, mais sur les thèmes, avec une progression de complexité entre les applications, aurait probablement été

plus pertinente d'un point de vue didactique. Cependant, le lien avec l'activité géotouristique – fondée sur un site précis – aurait été perdu.

Site	Explication	Expérimentation	Exploration
Derborence	Comment le lac s'est-il formé ?	Comment l'érosion agit-elle ?	Comment l'éboulement s'est-il déroulé ?
Vallon de Nant	Dans quel ordre les moraines ont-elles été construites ?	Comment reconstruire l'évolution du glacier grâce aux moraines ?	Quelles sont les formes particulières du Vallon de Nant ?
Tsanfleuron	Comment le calcaire est-il dissous par l'eau ?	Quel est l'avenir du glacier et du paysage ?	Quelles sont les différentes formes des lapiés ?

Tabl. 7.3 : Questions résumant, sur la page d'accueil, le contenu abordé par chacune des neuf applications.

7.1.3. Caractéristiques techniques

Ce chapitre fournit quelques détails sur le fonctionnement global de l'application web et sur certaines de ses particularités. Le lecteur peu intéressé par les considérations informatiques peut s'en épargner la lecture.

Notre application web est un exemple relativement complexe d'application composite (*mashup*) de présentation. Elle se compose en effet de nombreux éléments rapportés, en particulier les APIs dédiées aux cartes, aux vues 3D et aux dessins vectoriels interactifs (tabl. 7.4). La principale originalité réside dans les liens créés entre les différents médias afin de coordonner les actions, les vues ou les représentations de données. L'exemple le plus abouti est l'application D1 qui relie schéma (image statique en l'occurrence), légende adaptative, carte et vue 3D. Autre exemple, l'application T2 utilise un schéma interactif pour contrôler la vue 3D.

Du point de vue des données, le *mashup* est moins développé : hormis les fonds de carte (photos aériennes) et modèle de terrain fournis par les APIs Google Maps et Earth, les données sont locales. La majorité des données est stockée dans des variables globales (tableaux JavaScript). Les éventuelles mises à jour ou traductions du site s'en trouvent facilitées, de même que le passage à une structure client-serveur plus équilibrée, en transférant ces informations dans une base de données.

Composants	Référence	Description
jQuery (bibliothèque)	jquery.com	Simplifie l'écriture et la gestion d'événements JavaScript ; facilite l'animation d'éléments HTML
GoogleMaps (API)	developers.google.com/maps	Intègre une carte interactive dans la page; fournit des fonctions spécifiques
GoogleEarth (API)	developers.google.com/earth	Intègre un globe 3D interactif dans la page; fournit des fonctions spécifiques
X3DOM (framework)	www.x3dom.org	Intègre des objets 3D interactifs dans la page; fournit des fonctions spécifiques
Raphaël (bibliothèque)	raphaeljs.com	Facilite la réalisation de dessins vectoriels interactifs et animés avec le langage SVG

Tabl. 7.4 : Principales bibliothèques et APIs javascript utilisées dans l'application composite.

L'ensemble est basé sur une programmation événementielle, les fonctions répondant à des actions de l'utilisateur (clic ou mouvement de souris) pour modifier la structure ou le contenu de la page, afficher des données, lancer des animations, etc. Le recours à jQuery simplifie la gestion de ces événements.

Le passage à la version 3 de l'API Google Maps a permis d'étendre les possibilités en terme de *web mapping* par rapport à nos premières expériences utilisant la version 2 (S. Martin & Ghiraldi, 2011). La création dynamique (via JavaScript) des objets cartographiques libère des contraintes liées aux fichiers KML et élargit le champ des interactions avec ces objets : déplacements, changement de sémiologie, sélection, etc. (applications D1, T3). Par ailleurs, la version 3 autorise l'ajout d'éléments HTML interactifs dans l'espace réservé à la carte, ce qui permet, par exemple, d'y intégrer la légende. L'API Open Layers, qui offre des fonctionnalités similaires (Hazzard, 2011), aurait été une alternative *open source* à l'API Google Maps.

Du point de vue informatique, une des principales difficultés réside dans l'intégration de l'API Google Earth (applications D1, N3, T2), d'un fonctionnement quelque peu archaïque, comparé à la version 3 de Google Maps. Les derniers développements encourageraient plutôt à utiliser la vue 3D à l'intérieur d'une seconde instance de l'API Google Maps.

L'avènement de l'HTML 5 a élargi les possibilités d'insérer de la 3D sur le web, même sans *plugin* spécifique (X3DOM). Certains problèmes demeurent, comme l'absence de standards, le X3D n'étant pas universellement reconnu, et la grande consommation de ressources pour l'affichage des objets. L'intégration d'objets 3D dans la carte interactive de l'application T3 n'a d'ailleurs pas été entièrement concluante, en partie aussi à cause du côté expérimental et de la jeunesse du

framework X3DOM (Behr et al., 2009) : documentation et exemples ne sont pas très développés et certains problèmes demeurent, en particulier pour appliquer des styles (couleur, texture) à des objets complexes. La 3D reste cependant d'un grand intérêt pour visualiser des objets géomorphologiques sur une grande variété de supports ; les développements de langages et outils spécifiques devraient être suivis de près (pour une revue des possibilités actuelles, voir Esnault, 2011).

Finalement, le recours à une bibliothèque JavaScript pour le dessin vectoriel en SVG (Raphaël) offre une grande liberté pour concevoir des schémas interactifs. Cet outil a été particulièrement utile pour les applications d'expérimentation, à haut degré d'interactivité (applications D2, N2, T2). Raphaël propose des animations avancées, dont la transformation d'un tracé à un autre (utilisée pour l'application N2). Il s'agit d'un moyen simple, quoique très imparfait, de réaliser du morphing vectoriel.

En conclusion, l'originalité de notre application web réside dans la combinaison d'outils informatiques différents et leur adaptation – parfois forcée – à des contextes d'utilisation peu courants. En effet, ces outils ont rarement été conçus pour un usage rigoureux (sémiologie complexe, règles cartographiques) et moins encore comme supports de médiation de la géomorphologie. Les nombreuses contraintes techniques à surmonter expliquent en partie la relativement mauvaise ergonomie de l'application : lourdeur des processus et des cheminements, rigidité de la structure, lenteur de chargement.

7.2. Description des applications

Ce chapitre donne au lecteur uniquement un aperçu des applications réalisées. Il peut guider, mais non remplacer une exploration complète sur Internet. Pour prendre le contre-pied de la structure par site d'étude, prédominante sur le site web, les applications sont ici triées selon la méthode de médiation : explication, expérimentation, exploration.

7.2.1. Applications d'explication

Les trois applications d'explication visent à faire comprendre un processus, une évolution. Logiquement, il est fait largement usage de schémas en série. Dans l'ensemble, le degré de liberté laissé à l'utilisateur dans ces applications est faible. Le modèle pédagogique adopté est plutôt transmissif, mais l'utilisateur garde un certain contrôle sur son parcours dans l'information. Par contre, à l'échelle du site web dans son entier, ces applications peuvent être considérées comme des ressources théoriques disponibles pour la construction de connaissances.

D1 : Comment le lac s'est-il formé ?

L'application D1 (fig. 7.3) expose chronologiquement quatre étapes de la formation et de l'évolution du lac de Derborence : état hypothétique avant l'éboulement ; éboulement et formation du lac par barrage ; atterrissement du

lac ; aménagements anthropiques diminuant l'atterrissement (digues, barrage). La communication est multimediale car l'information est présentée simultanément sous forme de texte et d'images : schéma, carte et vue en relief. Les états passés du paysage sont illustrés par des orthophotos retouchées drapées sur le relief de Google Earth ; l'évolution du relief lui-même n'apparaît pas.

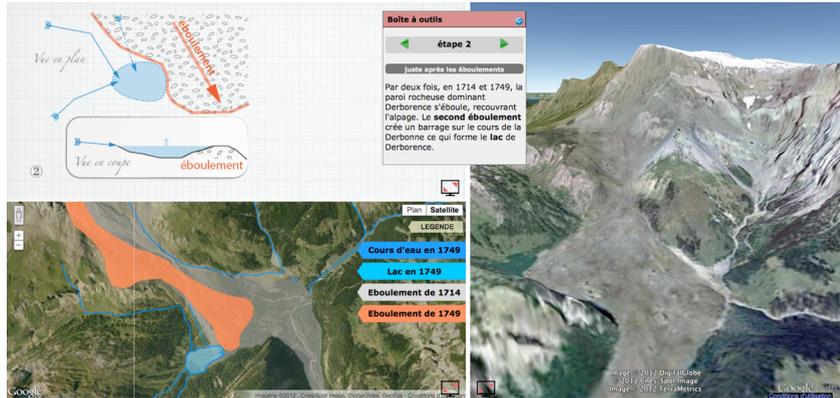


Fig. 7.3 : Application D1 : schéma, carte et vue en relief coordonnés.

L'application D1 se caractérise par le recours au multimédia (multimedial et contigu) et un cheminement très cadré et linéaire, même si l'utilisateur fait lui-même défiler les étapes. La structure à trois espaces distincts pour le schéma, la carte et la vue relief a été conservée partout (fig. 7.2), mais seule cette application utilise les trois simultanément. Aspect original, cette structure permet à l'utilisateur d'agrandir en tout temps le média de son choix.

N1 : Dans quel ordre les moraines ont-elles été construites ?

L'application N1 (fig. 7.4) correspond à un cours général sur les moraines : morphogénèse, type de formes, dynamique glaciaire. Il est basé entièrement sur des exemples tirés du site des Martinets, sous forme de schémas et photographies commentées.

En plus des explications théoriques, l'application montre comment l'interprétation d'un système morainique peut conduire à identifier une succession de stades glaciaires. On peut considérer cette partie comme le volet théorique de l'application N2.

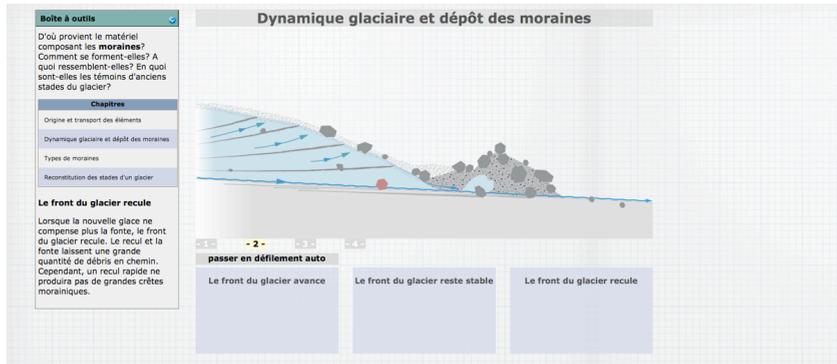


Fig. 7.4 : Application N1 : schéma animé.

L'application N1 se caractérise par une très grande quantité d'informations explicatives classées par thèmes et sous-thèmes et l'usage de schémas animés à défilement automatique ou manuel selon le choix de l'utilisateur.

T1 : Comment le calcaire est-il dissous par l'eau ?

L'application T1 (fig. 7.5) décrit le mécanisme de dissolution karstique, ainsi que les caractéristiques des karsts haut-alpins, comme celui de Tsanfleuron.

L'application T1 a la caractéristique d'être composée uniquement d'extraits de texte tirés de l'ouvrage de Maire (1980). La seule interactivité est apportée par des liens hypertextes internes associés à certains mots-clés dont la définition est fournie dans la boîte à outils au survol de la souris. Cette application ni visuelle, ni réellement interactive, mais au contenu intéressant, sert de point de comparaison pour les tests.

Fig. 7.5 : Application T1 : texte (avec quelques hyperliens).

7.2.2. Applications d'expérimentation

Les applications d'expérimentation sont une tentative de proposer à l'utilisateur une expérience « *hands on* » virtuelle. Les médias particulièrement adaptés à cet

objectif devraient être à la fois hautement interactifs et posséder un niveau suffisant de réalisme (par exemple, des objets 3D manipulables). Mais leur réalisation dépasse nos compétences. Par conséquent, la grande interactivité est liée à des objets simples et plutôt statiques (D2, N2), tandis que le média très réaliste n'est que peu interactif (T2).

D2 : Comment l'érosion agit-elle ?

L'application D2 (fig. 7.6) propose de reconstituer le processus d'érosion ayant abouti à différents dépôts : blocs éboulés, voile d'éboulis, cône de déjection torrentiel, sédiments au fond du lac de Derborence. L'utilisateur est amené à choisir un des dépôts, puis à le relier à un agent de transport (l'eau, le glacier, la gravité) et à un agent d'érosion (l'eau, le gel/dégel). Des informations contextuelles sont fournies pour chacun des étapes du processus d'érosion au sens large. A tout moment, l'utilisateur peut valider les liaisons et obtenir, en cas d'erreur, un message l'orientant vers la bonne réponse ou, en cas de réussite, le déclenchement d'une animation visualisant le processus.

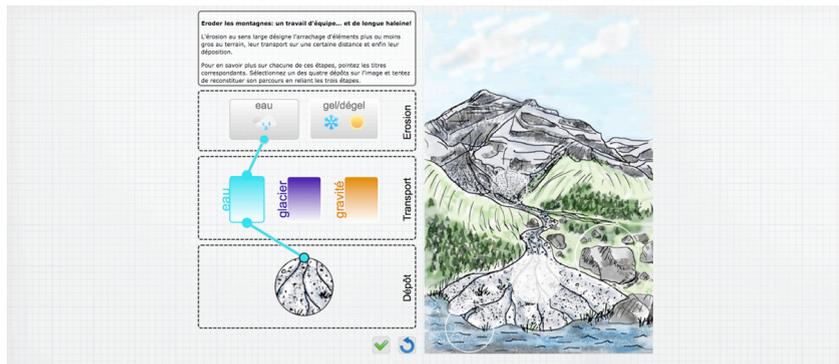


Fig. 7.6 : Application D2 : schéma interactif et dessin.

L'application D2 se caractérise par son aspect ludique (classique de la pédagogie behavioriste), une grande place laissée à l'interactivité et l'absence de média photoréaliste. La vue de Derborence qui sert de base à l'application est en effet un dessin mi-réaliste, mi-caricatural, mettant en évidence les formes d'érosion et de dépôt (fig. 7.6).

N2 : Comment reconstruire l'évolution du glacier grâce aux moraines ?

L'application N2 (fig. 7.7) permet à l'utilisateur de dessiner librement les hypothétiques surfaces occupées par le glacier des Martinets à différents stades.

La cartographie des stades s'effectue sous la forme de polygones ; le fond de carte est, à choix, une carte, une photo aérienne ou un modèle de terrain ombré de haute précision. Comme aide supplémentaire, le tracé des crêtes morainiques que nous avons identifiées sur le terrain peut être surimposé à la carte. L'utilisateur n'est pas limité dans le nombre de polygones qu'il dessine. A partir de deux, il peut enregistrer ses tracés et lancer une animation transformant le

polygone du stade 1 en polygone du stade 2, et ainsi de suite. Malheureusement, comme la transformation est automatique, le rendu de l'animation est souvent peu réaliste, ce qui nuit à la qualité générale de l'application.



Fig. 7.7 : Application N2 : carte à fond variable (ici photo aérienne).

L'application N2 se caractérise par une liberté très large laissée à l'utilisateur ; c'est d'ailleurs la seule application où il peut produire ses propres données. Il n'y a pas d'encadrement ni de vérification de la validité des tracés. Cette application est imaginée comme un outil de spécialiste permettant de visualiser diverses hypothèses de reconstruction glaciaire.

T2 : *Quel est l'avenir du glacier et du paysage ?*

L'application T2 (fig. 7.8) consiste en une série de représentations semi réalistes du glacier de Tsanfleuron, drapées sur Google Earth, à divers stades passés, reconstitués principalement à partir de cartes historiques, et futurs. Elle met en évidence la question de la ligne d'équilibre dans la dynamique du glacier. Le stade à afficher est choisi via un graphique interactif synthétisant le recul du glacier et montrant la proportion entre zones d'accumulation et d'ablation. Des informations contextuelles renseignent sur la provenance des données. La boîte à outils de l'application intègre par ailleurs une vidéo en *streaming* hébergée par YouTube. Le film suit, au rythme du pas, la distance entre la position du front en 2004 et celle en 2011, avec balisage des stades intermédiaires.

L'application T2 se caractérise par un degré d'interactivité moindre par rapport aux deux précédentes : l'utilisateur ne peut pas naviguer librement dans la vue en relief : des boutons permettent de faire varier la vue selon des paramètres prédéfinis, les autres fonctions de Google Earth sont désactivées.

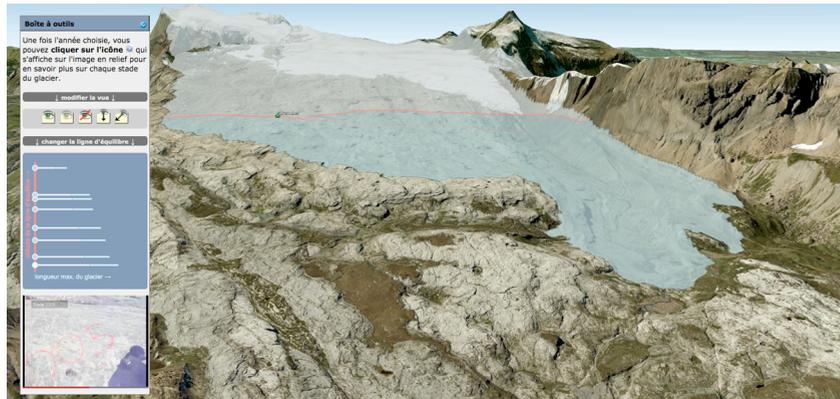


Fig. 7.8 : Application T2 : vue en relief, schéma interactif et vidéo.

7.2.3. Applications d'exploration

Les applications d'exploration sont prévues pour offrir une expérience sensorielle du site (ici uniquement visuelle) et susciter des émotions afin de toucher particulièrement un public d'occasionnels et de curieux. Les médias donnant une vision réaliste du site ou des objets sont privilégiés : photographie, 3D, film ou animation. Ces applications contiennent une grande quantité de données.

D3 : Comment l'éboulement s'est-il déroulé ?

L'application D3 n'a pas été réalisée pour le site web. Elle aurait dû consister une animation 3D (sous forme de film) montrant le déroulement de l'éboulement de 1714. Certains résultats prometteurs ont été obtenus dans la reconstitution du relief de la paroi avant l'éboulement et la modélisation physique de blocs éboulés par l'intermédiaire du logiciel de construction 3D Blender (fig. 7.9). La modélisation a montré qu'il était tout à fait possible de reconstituer de manière réaliste l'écoulement des matériaux. Cependant, la production d'un film abouti nécessiterait encore du temps et de meilleures compétences logicielles.

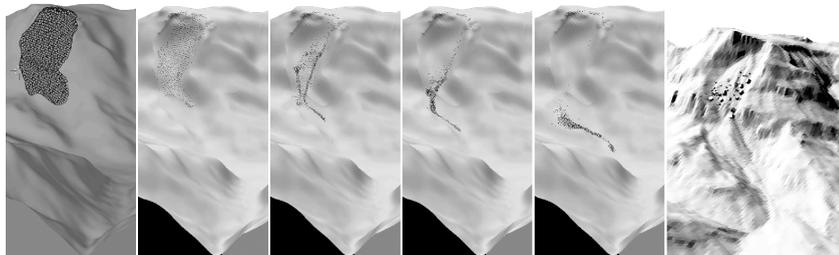


Fig. 7.9 : Application D3 : essais de modélisation 3D de l'éboulement avec Blender.

L'application D3 se serait caractérisée par un très faible degré d'interactivité, balancé par un haut degré de réalisme (plus grand que Google Earth).

N3 : Quelles sont les formes particulières du Vallon de Nant ?

L'application N3 (fig. 7.10) consiste en une carte géomorphologique drapée sur Google Earth. Une légende interactive permet d'afficher ou non les formes d'érosion ou de dépôt classées par processus morphogénétique. Parallèlement à cette exploration libre, deux visites guidées sont proposées, l'une sur les formes de dépôt, l'autre sur les formes d'érosion.

Contrairement aux autres exemples de ce type (S. Martin et al., submitted; Bosson & Reynard, 2012), la précision sémiologique de la légende géomorphologique est conservée (données sous forme raster et non vectoriel), tout en permettant la sélection des données affichées.

Outre cette adaptation originale de la cartographie géomorphologique, la principale caractéristique de l'application N3 est le recours à une communication multimodale, la visite guidée étant accompagnée d'un commentaire parlé.

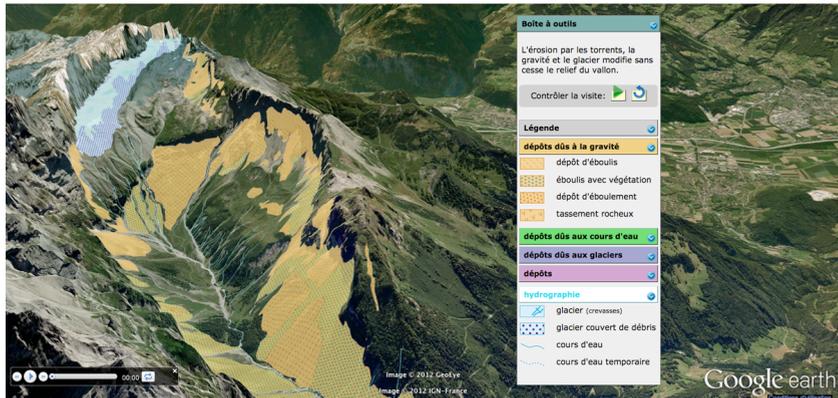


Fig. 7.10 : Application N3 : vue en relief et visite guidée.

T3 : Quelles sont les différentes formes des lapiés ?

L'application T3 (fig. 7.11) est une carte géoscientifique interactive pour amateurs en sciences de la Terre, selon la classification de Regolini (2011). Elle est structurée en quatre niveaux de zoom offrant quelques fonctionnalités différentes. L'échelle globale expose la géologie simplifiée de la région, distinguant les roches karstifiables des autres. L'échelle du paysage distingue le karst ancien du karst récent, séparés par un cordon de moraines ; différents points de vue disséminés sur la carte donnent accès à des panoramas. A l'échelle du relief, le fond de carte reste le même, mais trois zones du lapiaz sont identifiées et délimitées sur la carte : le lapiaz à banquettes structurales, à macro-dolines et sur roches moutonnées ; pour chaque type est proposée une série de photos commentées. L'échelle de la forme est la plus complexe : divers types de lapiés, de dolines et de formes glaciaires sont documentés à nouveau par des photos commentées. Pour chaque forme, un exemple est localisé sur la carte.

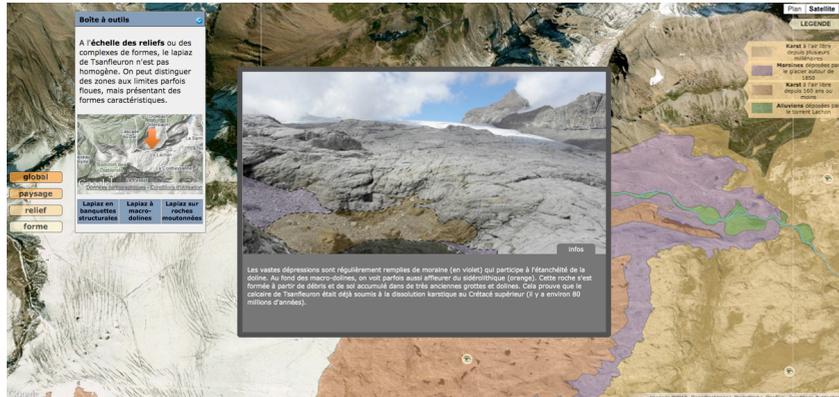


Fig. 7.11 : Application T3 : carte interactive et photo commentée.

Plusieurs formes de lapiés sont également accompagnées d'un exemple réel modélisé en 3D (fig. 7.12). Ce modèle est créé par stéréoscopie artificielle à partir de photographies prises sur le terrain grâce au service Arc3D (www.arc3d.be). L'intégration des objets dans l'application n'est cependant pas entièrement concluante : absence de texture et problèmes de manipulation interactive des objets en 3D.

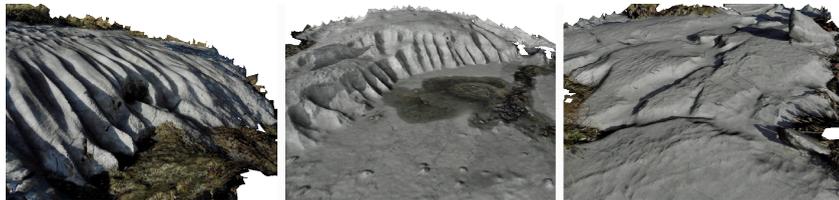


Fig. 7.12 : Trois exemples de modèles 3D manipulables texturés de lapiés.

L'application T3 se caractérise, d'une part, par la quantité énorme de données accessibles par cette interface unique et, d'autre part, par le fait d'avoir rendu à une carte interactive la logique de l'échelle sans en diminuer l'interactivité. La transcription qui est faite ici de ce concept est cependant encore très expérimentale.

7.2.4. Facteurs pédagogiques mobilisés dans les applications

Les applications ont été développées avant tout sur la base des objets géomorphologiques sélectionnés et sur une variété de médias visuels à tester. Qu'en est-il de la prise en compte des facteurs influençant positivement l'apprentissage ? Pour y répondre, le tableau 7.5 analyse point par point les applications, selon la liste de facteurs exposée au chapitre 2 (tabl. 2.3).

Facteur positif	Bilan de leur prise en compte dans les applications
Motivation	<p>Les questions sur la page d'accueil créent une expectative par rapport au contenu.</p> <p>Les pages d'introduction exposent la situation à venir.</p> <p>La variété des médias et des mises en page, comme le recours aux médias animés et colorés suscitent l'attention</p>
Adaptation au rythme individuel	<p>L'utilisateur peut en tout temps quitter l'application et y revenir.</p> <p>Les animations peuvent être contrôlées (pause, stop, retour).</p>
Participation	<p>La participation active est encouragée par l'interactivité du contenu, par les nombreux choix à faire, par les observations.</p> <p>⊗ L'utilisateur est peu interpellé et incité à la réflexion.</p>
Perception	<p>Le soin apporté à la conception des médias visuels (sémiologie, mise en page) tend à favoriser la visualisation de l'information.</p>
Organisation des messages	<p>Les images sont mises en avant par rapport au texte (sauf T1).</p> <p>Les liens entre texte et médias visuels sont exprimés par la similarité de couleurs, l'animation (p. ex. D1), la contiguïté, etc.</p>
Structuration du contenu	<p>Les relations entre les éléments d'une même application sont mises en avant par des hyperliens, par la mise en page, etc.</p> <p>⊗ A l'échelle globale du site web, la navigation entre les applications (p. ex. selon un même thème) est insuffisante.</p>
Choix des méthodes pédagogiques	<p>Diverses méthodes du cognitivisme et du behaviorisme ont été appliquées. La prédominance de messages à caractère objectiviste n'a pas encouragé le recours au constructivisme.</p>
Répétition d'activités et expériences variées	<p>Les applications d'expérimentation encouragent la répétition de mêmes opérations, avec des résultats différents.</p> <p>Les trois thèmes principaux sont abordés selon divers points de vue et activités par les neuf applications.</p>

Tabl. 7.5 : Bilan de la prise en compte, dans les applications interactives, de quelques facteurs influençant positivement l'apprentissage.

Les applications n'intègrent par contre pas plusieurs facteurs pourtant favorables, qui sont habituels en milieu scolaire : mise à disposition de ressources d'apprentissage, guidage du parcours d'apprentissage (ici totalement libre), proposition d'exercices adaptés avec correction, l'application des connaissances actives, par exemple sous forme d'un test (Marton, 1994). Ces éléments pourraient être implantés dans le site web pour favoriser l'(impression d')apprentissage, au risque cependant de rendre l'expérience très scolaire pour les utilisateurs, en particulier les adultes.

Un élément essentiel à l'apprentissage, mais également à une bonne communication homme-machine, le feedback, est probablement insuffisamment

présent dans l'ensemble des applications. Le **feedback** permet à l'utilisateur de contrôler instantanément ses réponses ou le résultat de ses actions. On en trouve un bon exemple uniquement sur D2. A l'inverse, le contrôle est clairement insuffisant sur N2, mais sa réalisation aurait été particulièrement complexe techniquement.

7.3. Test des applications : méthodes

Le test de ces supports interactifs – comme d'ailleurs de tout support d'enseignement – est un passage obligé :

Il n'y a pas de théorie de l'enseignement assez bien établie pour permettre de dire, sans le vérifier, ce qui sera vraiment efficace et ce qui le sera moins dans un système d'enseignement multimédiatisé interactif.

(Marton & Harvey, 1994)

Diverses méthodes pour tester les applications multimédias éducatives existent depuis plusieurs années (Flagg, 1990; Reeves & Harmon, 1994; Giardina, Harvey, & Mottet, 1998). On distingue habituellement deux étapes d'évaluation : (1) l'évaluation formative du système et (2) l'évaluation de terrain. La première a pour objectif d'améliorer le système. C'est ce que nous avons réalisé ici. Le test du prototype d'application est réalisé auprès d'un petit nombre de personnes et fournit des résultats essentiellement qualitatifs (Marton & Harvey, 1994). Les testeurs sont habituellement des spécialistes du sujet, qui évaluent principalement la qualité du contenu, et des utilisateurs potentiels, qui donnent leur appréciation générale du système : navigation, attrait, intérêt (Reeves & Harmon, 1994). Quant à l'évaluation de terrain, elle se fait dans un second temps, auprès d'un grand nombre d'utilisateurs, dans des conditions s'approchant au maximum de l'usage réel (Flagg, 1990; Reeves & Harmon, 1994). Cette évaluation permet d'obtenir surtout des données quantitatives sur l'activité des utilisateurs dans l'application et sur leur apprentissage. Nous avons appliqué à notre petit échantillon quelques méthodes d'évaluation « de terrain » dans le but d'observer des tendances.

L'application web a été soumise à une série de tests auprès de trois groupes de personnes : chercheurs ou enseignants en géographie (groupe 1, 6 personnes), non-spécialistes entre 20 et 35 ans (groupe 2, 6 personnes) et non-spécialistes de plus de 50 ans (groupe 3, 8 personnes). Les groupes se distinguent donc premièrement par le niveau de connaissances sur le sujet. Même si, dans le groupe 1, les connaissances des enseignants en géographie n'ont pas toujours la même fraîcheur que chez les chercheurs en géomorphologie, tous ont étudié ces thèmes à l'université, au contraire des deux autres groupes. La seconde distinction, en fonction de l'âge, permet de comparer les usages d'Internet et la navigation dans le site. En moyenne suisse, plus de 90% des 14-39 ans font un usage régulier d'Internet. La proportion baisse ensuite (80% dès 50 ans, 60% dès 60 ans). La classe d'âge 50 ans et plus représente 45% des visiteurs sondés dans l'enquête A (annexe A3).

7.3.1. Déroulement général

Les tests se déroulent dans une salle équipée d'ordinateurs et d'une connexion Internet à haut débit. Chaque poste est préparé afin de mettre en cache une partie des données du site pour en accélérer l'exécution.

Les tests sont composés de quatre parties distinctes (tabl. 7.6), les trois premières étant individuelles. Un code personnel permet de faire le lien entre les données issues de chaque partie. L'ensemble dure deux heures.

Test	Thèmes ou questions de recherche	Durée [min]
Pré-questionnaire	Type de public ; usages d'Internet ; connaissances en géomorphologie	15
Exploration libre	Avis général sur les applications ; usage des applications (préférences, durée, type de parcours)	40
Post-questionnaire	Avis détaillé sur les applications et les médias ; modification éventuelle des connaissances en géomorphologie	35
Entretien collectif	Recours à des applications interactives pour le géotourisme ou l'enseignement ; échange d'expérience ; connaissances et position par rapport au géopatrimoine	20

Tabl. 7.6 : Les quatre étapes du test des applications.

7.3.2. Pré-questionnaire

Le pré-questionnaire vise essentiellement à documenter les personnes interrogées. Il est constitué de quatre parties : (1) pratiques de loisirs ; (2) usages d'Internet ; (3) intérêt et connaissances en sciences de la Terre ; (4) données personnelles. Les données des parties 2 et 3 ont essentiellement permis de compléter la description du public (voir chap. 6), mais seront mises en relation, dans ce chapitre, avec les données du post-questionnaire et de l'enregistrement du parcours de navigation. Les connaissances et compétences des utilisateurs ne sont pas suffisamment évaluées en détail par ce pré-test pour pouvoir ensuite prétendre analyser scientifiquement l'augmentation de la compréhension ou de la mémorisation.

Questions de recherche

Le premier objectif est de rattacher chaque utilisateur à une **catégorie de touristes** sur la base de ses intérêts et de sa pratique. Peut-on observer des différences d'utilisation et d'appréciation des applications interactives entre grands amateurs de sentiers didactiques ou de vacances studieuses et les aficionados du farniente ? entre bons connaisseurs de la montagne et promeneurs du dimanche ?

Le second objectif est de comparer l'intensité de l'**usage d'Internet** et le type de parcours dans le site web. Une grande expérience dans la navigation offre-t-elle

plus de libertés ou plus de frustration dans l'utilisation des applications interactives ?

Le dernier objectif est d'identifier, avant l'exploration du site, les **connaissances et conceptions** des utilisateurs sur trois formes géomorphologiques (lapiés, éboulis, moraines construites) afin d'y comparer ensuite les données issues du post-questionnaire. Comme les applications n'ont pas été développées selon des objectifs pédagogiques clairement définis, mais plutôt sur une variété de thèmes, il n'est pas possible de mesurer l'efficacité de la communication éducative (Flagg, 1990), mais simplement d'observer les différences entre les explications données.

7.3.3. Exploration libre et *usertracking*

Les personnes testées ont quarante minutes pour explorer librement et individuellement les applications. Les informations sont récoltées par le biais d'un mini-questionnaire d'évaluation (à quel degré l'application visitée est-elle : amusante, intéressante, informative, originale ? annexe C1.2) et par observation non-participante.

Celle-ci se réalise grâce à un système d'enregistrement du parcours de l'utilisateur dans le site web (*usertracking*, annexe E1). Certaines étapes ou éléments particuliers du site ont été spécialement marqués (*checkpoints*) ; lorsque l'utilisateur clique sur un *checkpoint*, la date (à la seconde), le code personnel de l'utilisateur et celui du *checkpoint* sont enregistrés dans une base de données. Un formulaire (fig. 7.13) intégré au site web permet en outre de documenter très brièvement l'utilisateur : âge, sexe, niveau de formation, intérêt pour les géosciences et pour le tourisme culturel en montagne. Les modalités sont identiques à celles du pré-questionnaire. Il est ainsi possible de contextualiser les données obtenues par l'*usertracking* indépendamment de tout questionnaire, par exemple pour un sondage en ligne à grande échelle.

The image shows a web form divided into two main sections. The left section is titled 'Enregistrement du parcours de navigation' and contains two radio buttons: 'activé' (selected) and 'désactivé'. Below these are two lines of text: 'Votre parcours dans ce site (uniquement) est enregistré anonymement.' and 'Les résultats sont utilisés sous forme de statistiques et uniquement dans le cadre de [ce projet de recherche](#).' The right section is titled 'Définissez votre profil SVP!' and contains three dropdown menus: 'Age', 'Sexe', and 'Formation'. Below these is a text input field with the placeholder text 'Pour les sujets des sciences de la Terre, vous avez' and a dropdown menu with the text 'Parcourir un sentier didactique en montagne est...'.

Fig. 7.13 : Mini-formulaire pour l'*usertracking* placé sur la page d'accueil du site web.

L'enregistrement du parcours dans le site (*usertracking*) évite certains biais liés aux questionnaires (recherche de la « bonne réponse », projection d'une image de soi...) puisqu'il est difficile de fausser à dessein son parcours, d'autant plus que le système d'enregistrement n'est pas connu des utilisateurs. Cependant, d'autres biais apparaissent, d'une part à cause de la contrainte (l'utilisateur testé se sent moralement obligé de rester sur le site et de tout y visiter), d'autre part à cause du temps annoncé et limité à 40 minutes (l'utilisateur n'est pas pressé de choisir uniquement ce qui l'intéresse ; à l'opposé, il devra peut-être renoncer à certains éléments faute de temps). La mise en page statique du site web joue également un rôle : la liberté de parcours est très limitée et l'utilisateur est incité à parcourir les applications de gauche à droite et de haut en bas. L'ordre des applications visitées n'est donc pas représentatif des préférences de l'utilisateur (annexe E3).

Questions de recherche

Le premier objectif est d'évaluer chacune des **applications** et de documenter leur utilisation. Le mini-questionnaire recueille les avis « à chaud » des utilisateurs, avec un minimum de recul et de temps de réflexion. Ces avis sont à comparer avec ceux exprimés dans le post-questionnaire. Par l'enregistrement des parcours, on observe sur quelles applications l'utilisateur passe le plus de temps, sur lesquelles il retourne plusieurs fois, quels éléments interactifs sont ignorés, etc.

Le second objectif est l'observation de l'**utilisateur**. Quels sont ses choix, combien de temps passe-t-il sur les pages d'introduction, sur les applications ? A quoi ressemble son parcours global dans le site ? Ces données sont à mettre en relation avec celles des deux questionnaires.

7.3.4. Post-questionnaire

Le post-questionnaire conclut la partie individuelle du test. Les deux premières parties visent à obtenir les avis généraux puis détaillés des utilisateurs sur les applications interactives et les médias. La troisième est la copie conforme de la partie 3 du pré-questionnaire : les personnes interrogées sont invitées à nouveau à expliquer les trois mêmes formes (lapiés, éboulis, moraines construites).

Questions de recherche

Les données de *l'usertracking* ont l'avantage de la neutralité, mais ne fournissent aucune explication sur les **motivations de l'utilisateur**. La question est ici de savoir ce qui a intéressé l'utilisateur, ce qui l'a amusé, ce qui lui a déplu. Existe-t-il des liens entre le type d'utilisateur et le type d'application (ou de média) qu'il préfère ?

En demandant un avis détaillé sur les **types de médias**, on cherche également à vérifier si les hypothèses basées sur des aspects théoriques, en particulier les fonctions des médias (Dreher & Mack, 1996; Weidenmann, 1997), trouvent un écho dans la pratique des utilisateurs.

Finalement, la troisième partie, identique à celle du pré-questionnaire, vise à identifier les **impacts des applications interactives sur la manière d'expliquer la morphogenèse** des lapiés, éboulis ou moraines. Il n'est pas possible d'utiliser un tel test pour mesurer l'apprentissage. Les questions sont trop générales et superficielles, et c'est avant tout la mémorisation à court terme qui serait ainsi évaluée. Cependant, bien d'autres questions peuvent être explorées : quels sont les changements entre pré- et post-questionnaires, au niveau des conceptions, au niveau de la représentation visuelle des processus ? y a-t-il autant de changements pour chacun des trois thèmes ?

7.3.5. Entretien collectif

La séance de test se termine par un court entretien collectif. Les participants sont incités à échanger leurs avis, à discuter librement. L'entretien est entièrement enregistré. Deux séries de questions guident l'entretien et permettent de relancer la discussion : une série sur la médiation de la géomorphologie et le géotourisme et une autre sur le géopatrimoine et la géoconservation.

Questions de recherche

L'entretien ne répond pas à un nombre précis de questions de recherche. Il a surtout pour but de compléter notre aperçu des différents publics interrogés, d'obtenir des avis individuels sur diverses questions générales liées au géopatrimoine et à sa conservation (voir chap. 6) et de compléter l'évaluation individuelle des applications interactives par une discussion collective.

Les questions qui se rapportent à ce dernier objectif partent des applications interactives (avantages des médias interactifs sur les supports traditionnels tels que panneaux et brochures pour élargir ensuite la discussion sur leur possible utilisation concrète : quels usages, pour quels publics : touristes, élèves, enfants ou adultes ?

7.4. Résultats et discussion

7.4.1. Types de public

Les données sont issues du pré-questionnaire de l'enquête C (annexes C 1.1, 3).

Le profil des trois groupes (fig. 7.14) est assez similaire. La distinction de groupe est corrélée significativement au niveau de formation ($r_{\text{Spearman}} = -.470$, $p = .037$), à l'intérêt ($r_{\text{Spearman}} = -.490$, $p = .028$) et aux connaissances en sciences de la Terre ($r_{\text{Spearman}} = -.551$, $p = .012$), à l'âge ($r_{\text{Spearman}} = .714$, $p = .000$) et à la fréquence de l'usage Internet ($r_{\text{Spearman}} = .635$, $p = .003$), soit tous les aspects que nous comptons mettre en évidence : opposition spécialistes/non-spécialistes et différence d'âge.

Comme nous l'avons dit précédemment, il est malaisé, sur la base des seules données de questionnaires, de relier un groupe à l'un des types de public présentés au chapitre 4. Tous ont une pratique fréquente de la randonnée en montagne, apprécient de se cultiver durant leurs loisirs, fréquentent des sentiers à thème et sont intéressés par les sciences de la Terre.

Si le groupe 1 se rapporte bien aux spécialistes monomaniaques (Origet du Cluzeau, 1998), les groupes 2 et 3 se trouvent à mi-chemin entre simples curieux et boulimiques de culture, probablement à cause d'une surreprésentation des hauts niveaux de formation dans l'échantillon.

Mais le principal problème de la séparation en trois groupes de l'échantillon est que le groupe 1 mélange les âges, avec une très grande proportion de personnes entre 20 et 35 ans (âge similaire au groupe 2). Par conséquent, les statistiques

basées sur les différences d'âge ont été calculées sur l'ensemble de l'échantillon, sans distinction de groupe.

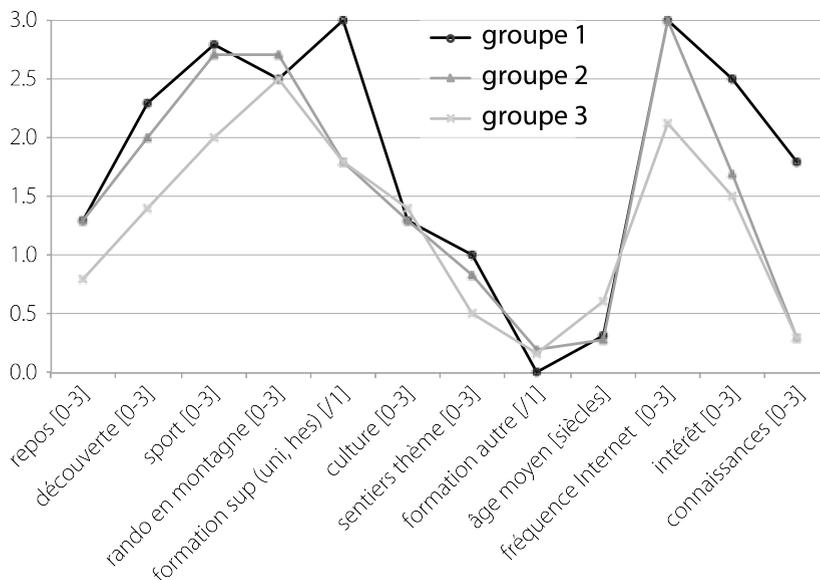


Fig. 7.14 : Profils comparés des trois groupes de l'enquête C. Pour permettre la comparaison variable par variable, les valeurs sont ramenées à une échelle similaire. A l'exception de l'âge, ils s'agit de données catégorielles sur 4 modalités ([0-3] ou de proportion (pour-un [1])).

7.4.2. Appréciation des applications interactives

Les résultats proviennent de l'*usertracking* (annexes E3, 4, 5) et du post-questionnaire (annexes C1.3, 3).

Type de parcours dans le site web

Le système d'*usertracking* permet de reconstituer le parcours général des utilisateurs à travers les neuf applications. Trois types principaux se dégagent à l'étude des graphiques des parcours (fig 7.15, annexe E5).

Le premier type est ordonné, passant d'une application à l'autre, de gauche à droite et de haut en bas. C'est le plus représenté parmi les 20 utilisateurs testés (10 fois). Cette récurrence, induite par la structure du site, montre à quel point la liberté théorique donnée par l'interactivité est en fait contrainte par le design de l'application. Elle aurait pu être contrée, par exemple, par une distribution aléatoire des neuf cases sur la page d'accueil. Le choix des applications n'étant pas totalement libre, on ne peut juger de l'attrait d'un thème ou d'un média particulier selon qu'il a été choisi en premier ou en dernier par l'utilisateur.

Le second type (4 fois) parcourt une première fois les applications dans l'ordre, puis repasse voir chacune rapidement, soit dans le même ordre, soit dans l'ordre

inverse. Peut-être est-ce simplement pour vérifier l'évaluation dans le mini-questionnaire.

Le troisième type (6 fois) se rapproche plus d'une navigation libre : les utilisateurs ne commencent pas forcément par l'application D1, puis papillonnent de l'une à l'autre. On observe cependant toujours des suites par ligne.

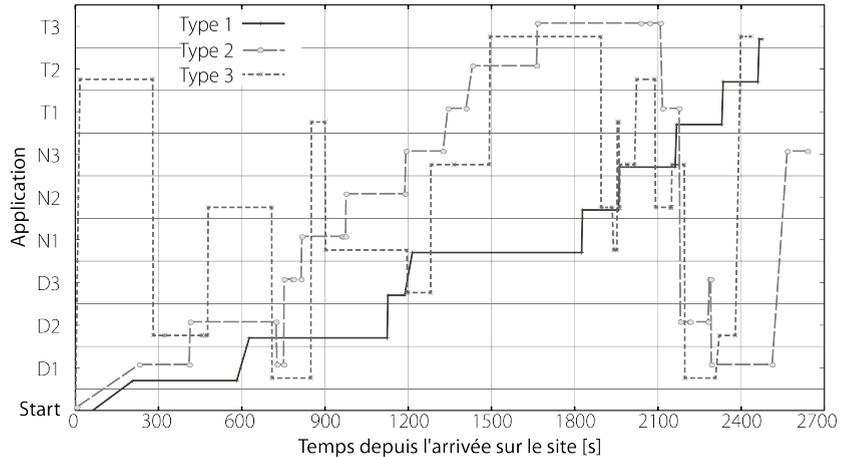


Fig. 7.15 : Trois types de parcours (données réelles d'utilisateurs du groupe 1 et 3).

Le type de parcours à travers les applications n'est pas significativement corrélé avec l'âge, la fréquence d'usage d'Internet ou la formation. Mais les tests ne permettent pas de conclure qu'aucun lien n'existe : l'échantillon est réduit et la forme du test – visite du site web durant un temps fixé – ne rend pas compte de ce qui se passerait en conditions réelles. Le temps moyen passé à lire les pages d'introduction est systématiquement plus long pour les applications D1 et D2 (30 secondes) : pour la majorité des utilisateurs, il s'agit des premières explications rencontrées ; dans la suite du parcours, ces pages d'introduction sont plutôt négligées (14 secondes en moyenne). Le temps de lecture des pages d'introduction augmente un peu avec l'âge, mais pas significativement. Cela marque peut-être le côté très butineur des internautes réguliers, qui ressort dans l'entretien du groupe 2 (« Ben oui, si tu lis la page qui t'apparaît avant [...] ben ça va. Le problème c'est que la première fois, comme toi, j'ai cliqué, je suis allé assez vite et je suis arrivé à un truc qui n'est pas compréhensible », annexe C2.4).

Il existe par contre un lien fort entre l'intérêt et le niveau de connaissances exprimé pour les sciences de la Terre et l'activité sur le site web. Le temps moyen passé dans les applications augmente avec le niveau d'intérêt ($r_{\text{Spearman}}=.451$, $p=.046$) et de connaissances ($r_{\text{Spearman}}=.643$, $p=.002$), tandis que le nombre d'applications lancées diminue (resp. $r_{\text{Spearman}}=-.549$, $p=.012$ et $r_{\text{Spearman}}=-.718$, $p=.000$). Les spécialistes – ou amateurs – perdraient donc moins de temps à choisir ce qu'il veulent voir, comprennent plus rapidement de quoi il s'agit et passent ensuite plus de temps à consulter le contenu. Le graphique 7.16 montre bien que les spécialistes du groupe 1 ont passé systématiquement plus de temps sur les applications que les autres utilisateurs, à l'exception de T3.

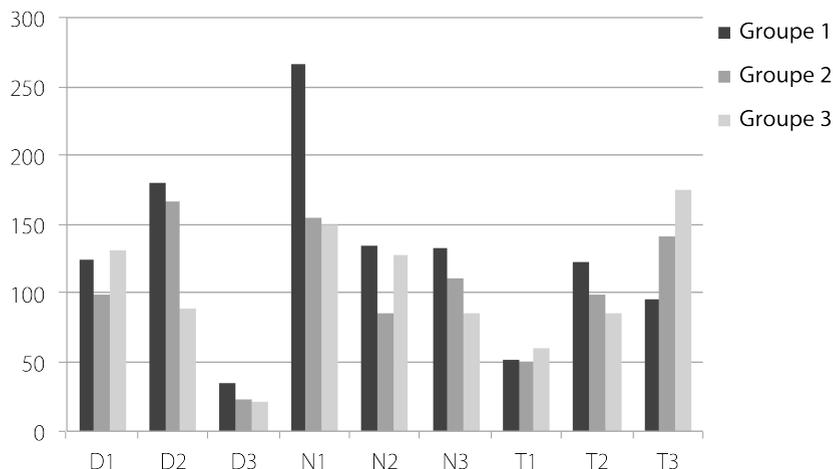


Fig. 7.16 : Temps moyen passé sur les applications et leur page d'introduction.

Les différences entre groupes restent difficiles à interpréter (fig. 7.16). Par leur contenu abondant, il est évident que certaines applications ont un plus grand potentiel pour retenir longtemps une personne intéressée (N1, T3). C'est également le cas pour D2, si l'on se « prend au jeu ». Les réponses au questionnaire et les entretiens permettent de proposer quelques explications supplémentaires. Par exemple, les personnes du groupe 3 sont bien moins nombreuses (2x/8) que les autres (3x et 4x/6) à avoir trouvé D2 amusant ; le même groupe a aussi connu des difficultés pour accéder au contenu de N3. Le groupe 2 semble moins « s'accrocher » que les autres dans les applications difficiles d'accès (N2, T1), ce qui est probablement représentatif du comportement habituel des internautes.

Appréciation générale du contenu

Dans l'ensemble, le contenu est jugé positivement par les utilisateurs (fig. 7.16, annexes E3, 4). L'expérience est globalement jugée satisfaisante, un peu moins pour le groupe 2. Le même groupe se montre aussi critique par rapport à la **navigation**, qui n'emballe en fait personne : il aurait parfois fallu mieux guider l'utilisateur ; il manque des liens entre les applications ; les accès par le menu de la page d'accueil ne sont pas faciles à utiliser, etc. (annexe C2.4). Dans l'ensemble, le site est peu ergonomique, ce qui gêne autant les internautes avertis que les néophytes. Les problèmes d'ergonomie auraient poussé les premiers à quitter rapidement le site dans un cas réel ; les explications, bien qu'utiles, ne sont pour eux pas d'un grand secours puisqu'elles ne sont pas lues. Les autres ont peur de manquer quelque chose, se retrouvent parfois bloqués et ne sont pas assez rapides ou à l'aise pour essayer diverses solutions.

Certains aiment pourtant le design de la page d'accueil qui donne « envie d'aller voir ce qui se cache derrière chaque case » (annexe C2.3). Plusieurs ont également apprécié la liberté laissée à l'utilisateur de naviguer dans le site, la forte interactivité qui « laisse peu de place à la passivité de l'utilisateur », la

possibilité de quitter à tout moment une application et d'y revenir ensuite, de retourner voir quelque chose qu'on n'a pas compris (annexes C2.3, 2.4).

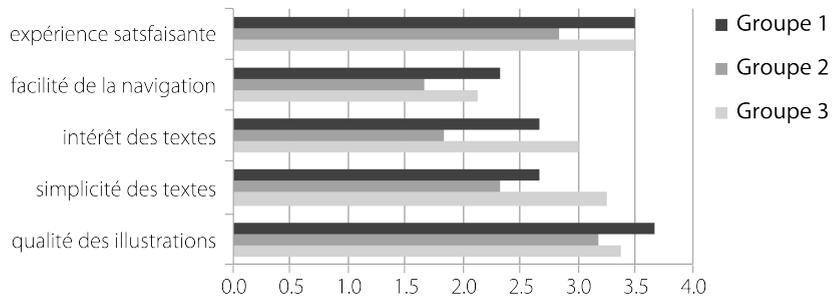


Fig. 7.17 : Appréciation globale du site web (échelle de 0 à 4).

Le groupe 2 trouve les **textes** moyennement intéressants ; ils sont assez intéressants pour les autres groupes, en particulier les spécialistes. Les textes sont jugés assez simples et clairs par les groupes 1 et 3, mais moins par le groupe 2. L'âge joue un rôle dans l'appréciation du contenu textuel des applications : l'âge avançant, le texte paraît plus intéressant ($r_{\text{Spearman}}=.498$, $p=.026$), mais aussi plus compliqué ($r_{\text{Spearman}}=-.475$, $p=.040$). La qualité des **illustrations**, enfin, a surtout été appréciée par les spécialistes.

L'analyse des corrélations met en évidence un lien entre une expérience de navigation satisfaisante et une évaluation positive de l'intérêt du contenu ($r_{\text{Spearman}}=-.609$, $p=.006$). Cette corrélation pourrait laisser transparaître l'importance du design dans l'attractivité d'un support et le rôle de la motivation personnelle de l'utilisateur à tirer parti de l'expérience proposée, deux hypothèses à tester sur un plus large échantillon.

Classement et appréciation des applications

Le classement des neuf applications place au dernier rang l'application T1 (texte expliquant la dissolution du calcaire) ; en moyenne sur l'ensemble des groupes, on peut distinguer quatre applications particulièrement appréciées : D1, D2, N1 et N3 (fig. 7.18). Comme pour l'appréciation globale, le groupe 3 est le plus enthousiaste – ou indulgent – par rapport aux applications et le groupe 2 le plus critique. Les membres de ce dernier plébiscitent l'application D2 (jeu sur le thème de l'érosion), au contraire des spécialistes. Ces derniers jugent également sévèrement l'application N2 (dessin interactif pour reconstituer les stades glaciaires). Le classement ne permettant pas de placer des applications *ex æquo*, le rang n'est pas toujours représentatif de l'appréciation générale de l'application.

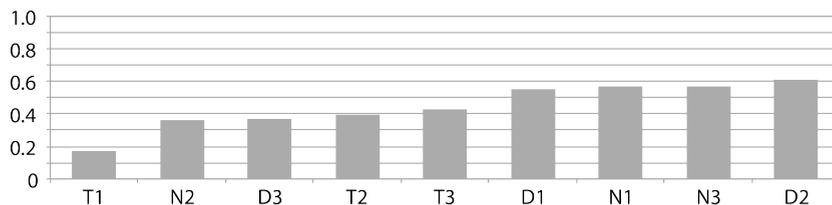


Fig. 7.18 : Rang moyen de chaque application (échelle de 0 à 1).

Sans surprise, l'application ludique D2 est souvent jugée très **amusante**, tout comme N3, la visite guidée en 3D (fig. 7.19), en particulier pour les spécialistes. Cela ressort tant du mini-questionnaire que du post-questionnaire. L'application N3 fait partie des éléments les plus appréciés ; elle est considérée comme instructive même si l'utilisateur est passif. Les explications sont jugées parfois particulièrement accessibles et approfondies, parfois trop compliquées. L'application D2 est spécialement appréciée pour son côté ludique et parce qu'elle permet de comprendre les mécanismes de l'érosion, en forçant l'utilisateur à des remises en question, tout en guidant sa réflexion. L'aspect behavioriste de l'application D2 ressort clairement chez un enseignant du groupe 1 qui l'a particulièrement appréciée pour « le défi de trouver les bonnes réponses et les animations [qui s'affichent] quand c'est juste -> motivant ».

Les applications présentant le plus de contenu (N1, N3 et T3) sont aussi les plus **intéressantes et informatives** (fig. 7.19). Ces applications manquent parfois d'un fil conducteur « pour garder en éveil l'utilisateur ». Une personne du groupe 3 a eu peur de manquer quelque chose dans cette masse d'information. L'application T1, basée sur un mode de communication purement transmissif, est jugée particulièrement peu amusante, mais quand même très informative (un peu moins pour le groupe 2).

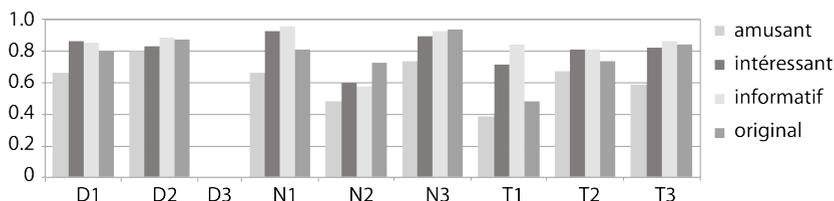


Fig. 7.19 : Appréciation générale de chaque application (moyenne des groupes).

Chaque utilisateur devait dire quelle application il aurait **envie d'explorer à nouveau**, et pourquoi. L'application N3 a été citée à huit reprises (N=19), à cause d'un manque de temps (3x), d'un fort intérêt ou du désir de mieux comprendre (5x). L'application T3 est mentionnée six fois, surtout parce que le temps a manqué (4x), T3 étant souvent visitée en dernier et très riche en information. L'application N2, compliquée à utiliser mais potentiellement intéressante, pousse à venir essayer à nouveau pour obtenir un résultat (2x). Certains aimeraient aussi revenir sur une application pour revoir un média qui leur a particulièrement plu : schémas animés (N1) ou 3D (T2).

Parmi les **éléments qui ont le moins plu**, on retrouve l'application T1 « trop théorique », « incompréhensible pour un non-scientifique », qui ne donne pas envie de lire et n'est pas interactive. On propose de remplacer le texte par un film d'animation ou des schémas pour expliquer la dissolution du calcaire et les définitions par des images. Six utilisateurs n'ont pas compris le fonctionnement et le but de l'application N2, pour laquelle des explications manquent. Finalement, certains problèmes techniques (N2, N3, T3) ont empêché d'accéder à certains éléments et donc de profiter pleinement de l'application.

Le **thème** abordé n'est que très rarement mentionné dans l'appréciation de l'application. On signale à deux reprises un intérêt particulier pour le retrait des glaciers (en lien avec le réchauffement climatique). L'application T3 est appréciée parce qu'elle présente les lapiés, une forme esthétique qu'il est plaisant de rencontrer dans la nature (1x). Enfin, la question de la dissolution karstique reçoit des avis partagés, à mettre en lien avec la peu attractive application T1 : « un domaine que je n'aime pas trop » ou « le calcaire jouant un rôle jusque dans ma machine à laver, sa manière de fonctionner, d'agir, excite ma curiosité ».

Appréciation des types de média

Les personnes interrogées étaient invitées à donner leur avis sur différents aspects des cartes, des schémas, des photographies commentées et des vues en 3D. A plusieurs reprises, la question a été signalée comme difficile.

Les évaluations sont toutes de positives à très positives. Les spécialistes ont, dans l'ensemble, un avis plus positif sur la lisibilité, la facilité d'utilisation et l'attractivité des médias présentés. La **lisibilité**, en particulier les cartes et la 3D, est jugée très bonne par le groupe 3, tandis que le groupe 2 est moins convaincu par celle des cartes. Le groupe 3 semble par contre avoir eu parfois un peu de peine à utiliser certains médias ; les schémas en particulier sont jugés moins **faciles d'utilisation**, l'âge augmentant ($r=-.475$, $p=.040$).

Les vues en 3D (Google Earth) sont notées par tous comme le média le plus **attractif**. Pour les non-spécialistes surtout, la 3D permet de donner une vision claire de la réalité et de mettre les choses dans leur contexte. Un avis met en garde toutefois contre le risque d'être « plus distrait qu'instruit par cette vision d'aviateur ».

Dans le site web, chaque type de média était utilisé pour **montrer des changements**. Cette fonction a surtout été appréciée pour les schémas (tous les groupes) et la 3D (groupe 3). L'attrait des cartes pour montrer des changements est liée aux connaissances en sciences de la Terre ($r=.460$, $p=.047$).

Plusieurs des éléments particulièrement appréciés mentionnés dans le post-questionnaire concernent les médias. Les schémas sont appréciés pour la qualité du dessin, le fait qu'ils soient explicites et aident à comprendre. Les avantages de la 3D réaliste sont aussi évoqués : « J'ai particulièrement apprécié les vues qui pouvaient être observées en oblique ou à la verticale. Du coup le glacier prenait vie et existait non pas en tant que simple glacier mais élément d'un tout bien

plus vaste. » (groupe 3, annexe C3). Une personne du groupe 2 souligne que c'est surtout la variété des supports d'explication qui est appréciable.

Finalement, l'**interactivité** est majoritairement considérée comme une plus-value. Les support sont plus attractifs qu'un « panneau avec de gros blocs de texte » et que « on ne lit pas » : « l'info rentre mieux, on a envie d'aller chercher l'info ». Ils sont aussi plus ludiques qu'un « bouquin de géologie » : « c'est rigolo de ne pas avoir que à lire, et aussi de devoir parfois chercher, même si ça peut déstabiliser certains ». L'utilité de recourir à des médias interactifs est parfois critiquée par les spécialistes du groupe 1 : un schéma statique serait peut-être plus clair et facile d'accès que des animations (exemple N1) ; une carte statique donnerait accès à l'information plus simplement et rapidement que Google Earth, qui serait plutôt adapté à des spécialistes désireux d'étudier des détails (exemple T2). L'appréciation des médias en 3D par les non-spécialistes contredit cependant ce dernier point.

Possibles usages des applications interactives pour le géotourisme

Le cadre de l'enquête C est bien éloigné d'une visite de terrain et d'un temps de loisir. Par l'intermédiaire du post-questionnaire et de l'entretien collectif, nous avons demandé d'imaginer l'usage possible de telles applications interactives dans le contexte du géotourisme, mais aussi de l'enseignement en géographie, ainsi que le type d'utilisateur potentiellement concerné.

De l'avis des personnes interrogées, les applications interactives sont destinées aux simples curieux de nature (11x) et aux amateurs passionnés du sujet (8x) ; un considère qu'il y en a « pour tous les goûts ». Mais les applications d'explication apportent moins à ceux qui ont déjà une bonne connaissances du sujet (d'après un spécialiste). Tout n'est pas du même niveau : certaines informations sont très pointues, d'autres moins ; la complexité du vocabulaire et des concepts serait peut-être inadaptée à des enfants (exemple T1).

Le **public-cible** proposé est lié au niveau de connaissance en sciences de la Terre : plus celui-ci est bas, plus les applications sont attribuées à un public de néophytes ($r_{Spearman} = -.517$ $p = .024$). On peut probablement en déduire que les personnes avec de faibles connaissances préalables ne se sont pas senties dépassées par la difficulté du contenu – comme le confirment les autres résultats – et le recommanderaient donc à leurs pairs. De ce point de vue, le site web atteint son objectif de toucher un public adulte de non-spécialistes. La qualité des textes – du point de vue de la médiation (diversité du discours, interpellations, fil conducteur) – a été un peu négligée lors de la réalisation des applications, et cela se remarque : « même si le site et les informations ne sont pas pour des grands spécialistes, c'est encore trop difficile pour quelqu'un qui n'y connaît rien et qui n'est pas intéressé. Ça ne donne pas forcément envie de s'y plonger, il n'y a pas l'histoire de la petite marmotte que tu suis dans la nature... » (groupe 2, annexe C2.4). Si l'on voulait toucher de simples curieux, il faudrait que les applications soient « un peu moins riches d'infos, quitte à

permettre aux personnes d'approfondir par la suite le sujet. » (groupe 3, annexe C2.4).

Pour les **enseignants** interrogés, certaines parties aideraient certainement les élèves à mieux comprendre un sujet (exemples D1 et D2) : « c'est un plus par rapport à la théorie », comme illustration. Les explications sont suffisamment claires pour qu'il soit possible d'utiliser ces applications pour enseigner la géographie au secondaire 1 (10-15 ans) et 2 (15-18 ans). On peut imaginer par exemple une séquence débutant par un travail sur les concepts, puis en salle informatique avec des objectifs à atteindre grâce aux applications interactives et enfin, idéalement, une sortie sur le terrain. Le contenu aurait en effet plus d'intérêt si les lieux sont déjà connus, ou pour préparer une excursion.

Du point de vue du **tourisme**, les personnes interrogées sont très nombreuses à relever l'intérêt d'un site web de ce type pour se documenter avant une visite sur place (fig. 7.20), que ce soit pour confronter les explications présentées à la réalité du terrain (spécialistes) ou parce que « les applications permettent de mieux comprendre et appréhender le paysage environnant » (groupe 3, annexe C2.4) :

Je serais déçu de découvrir l'application après avoir été [sur le terrain] parce que forcément il y a des choses qui nous incitent à avoir un autre regard, du moment qu'on a l'information. (groupe 3, annexe C2.4)

Le recours au site web après la visite a aussi son intérêt : les explications sont plus simples à comprendre si l'on connaît le lieu ; cela permet d'approfondir son expérience ; parcourir le site web est plus motivant. A l'inverse, l'exploration des applications interactives donne clairement envie d'aller voir ou revoir les sites réels. Pour certains, c'est un moyen d'emmener les gens dehors, si tant est qu'on s'intéresse aux sciences de la Terre.

Peu pensent que des médias virtuels pourraient **remplacer une visite de terrain** (fig. 7.20). L'idée ne convainc personne du groupe 3. Selon quelques avis du groupe 2, ce serait intéressant « pour des gens très intéressés par les sciences de la Terre, peut-être un peu plus jeunes, qui ne font pas de rando » : un tel public existe-t-il ? Le potentiel vient surtout de médias comme Google Earth : « c'est pas comme si tu y étais, mais presque ! ». Certains spécialistes font écho à cela en mettant en avant le côté nouveau et la plus-value qu'apporte la possibilité d'accéder de chez soi à des lieux qui sont dangereux ou inaccessibles : c'est « le géotourisme depuis son salon ». Quant à savoir si cette nouveauté est positive ou non, la question reste ouverte.

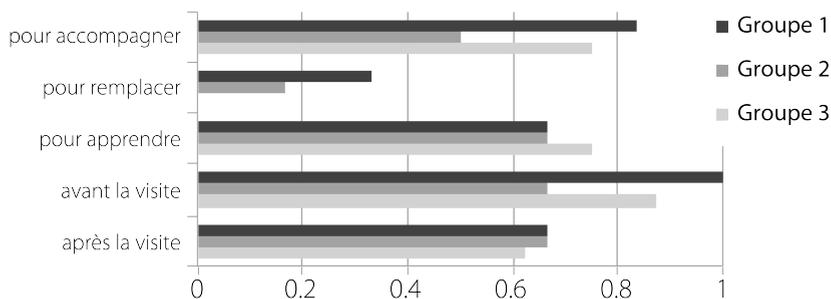


Fig. 7.20 : Avis sur les usages des applications interactives liés à une visite *in situ*.

L'hypothèse de pouvoir **consulter du contenu interactif durant la visite** sur le terrain est accueillie favorablement par les groupes 1 et 3 (fig. 7.20). C'est vu comme un équivalent des visites guidées de ville sur *smartphone* ou audioguide, mais plutôt comme complément à l'offre classique en panneaux ou brochures. Dans le groupe 2, certains pensent aussi qu'une application mobile aurait du succès car elle permettrait de mettre en avant certains phénomènes impressionnants, d'autant plus si l'information dépendait de la position du visiteur (par GPS). Cette question débouche chez tous les groupes sur des considérations techniques : site web trop complexe (structure, navigation) pour être adapté à un support mobile, problèmes de connexion au réseau. Des bornes interactives seraient une bonne alternative à l'application mobile, qui nécessite en outre une stratégie de communication (pour informer les visiteurs de son existence et de la possibilité de la télécharger). Ce type de produit serait donc surtout adapté à des sites touristiques bien identifiés et gérés par une structure (comme le parc national suisse, par exemple, ou les parcs naturels régionaux).

7.4.3. Impact des applications sur les explications géomorphologiques

Les résultats proviennent du pré-questionnaire et du post-questionnaire (annexes C1.3, 3), ainsi que de leur comparaison.

Les applications qui donnent le sentiment d'apprendre

Les vingt personnes interrogées dans l'enquête C devaient dire dans quelle application elles avaient eu le plus l'impression d'apprendre quelque chose et pourquoi (une seule réponse).

Les raisons évoquées sont essentiellement de trois types (tabl. 7.7) : (1) le fait que les médias visuels soient clairs et parlants ; (2) la découverte de quelque chose d'inconnu ou d'incompris jusque là (les lapiés, la formation des moraines ou celle du lac de Derborence) ; (3) l'intérêt pour le sujet (glaciers et moraines).

L'application d'explication N1 sur la formation des moraines et la dynamique glaciaire (« partie cours la plus complète d'un point de vue explicatif » selon un des spécialistes du groupe 1) est de loin celle qui a le plus donné l'impression d'apprendre, particulièrement dans le groupe 3 (4x), beaucoup moins dans le groupe 2 (1x). Vient ensuite la carte interactive T3 du lapiasz de Tsanfleuron,

seconde application au niveau de la quantité d'informations proposées. En troisième place, la visite guidée commentée sur Google Earth N3 semble être une bonne expérience d'apprentissage, du moins pour ceux qui ont pu l'activer (quelques problèmes d'accès ont été signalés dans le groupe 3). Le tableau 7.7 résume le classement.

Application (thème)	Nbre de citations	Raisons évoquées
N1 (moraines)	6-7	Médias visuels (3x) : schémas animés explicites ; schémas clairs et concis ; croquis parlants. Découverte d'éléments inconnus ou incompris (3x). Sujet intéressant, « qui me parle » (2x). Explications claires ; très complet.
T3 (lapiés)	4	Médias visuels (2x) : photos parlantes ; carte accompagnée de textes et photos. Découverte d'éléments inconnus ou incompris (2x). Par leur échelle, les objets présentés (lapiés) sont plus facile à toucher ou à imaginer que des vues générales (1x). Correspondance entre la théorie et des situations pratiques, concrètes dans le terrain (1x)
N3 (érosion et dépôts)	3-4	Médias : les vues 3D, les couleurs et les changements de plan sont parlants (1x) ; la visite commentée « permet d'accéder directement à l'information (1x). Le commentaire lié à l'image est clair malgré un vocabulaire spécifique (1x). Sujet intéressant, « qui me parle » (1x).
D1 (érosion et dépôts)	2	Découverte d'éléments inconnus ou incompris (2x).

Tabl. 7.7 : Applications citées par plus d'une personne comme ayant donné l'impression d'apprendre quelque chose et raisons évoquées.

Les applications D3 (qui n'a pas été réalisée) et T1 (texte explicatif sans illustrations) n'ont jamais été citées. Une personne du groupe 2 a trouvé que la forme ludique, didactique de l'application D2 lui avait donné « plus envie de lire et de comprendre les choses, donc d'apprendre ». L'application T2 a également été citée une fois, par intérêt pour le sujet et le type de média (photo satellite 3D).

Il n'y a pas de lien significatif entre l'appartenance à l'un des groupes et l'application citée. On remarque que les applications d'explication sont les plus souvent mentionnées (9x) suivies par les applications d'exploration (7x). Il est donc assez évident que l'impression d'avoir appris quelque chose reste fortement

dépendante d'un style relativement scolaire de communication (N1, N3) et de l'abondance d'information, même si tout n'est pas lu (N1, T3).

Le rôle positif des médias visuels dans la création d'un climat motivant et favorable à l'apprentissage est souligné par le non-choix de l'application T1 qui, malgré l'absence d'illustrations, présente des informations claires et certainement des faits nouveaux et inconnus pour la plupart des utilisateurs.

Comparaison des explications de forme avant-après

La dernière question du pré-questionnaire, demandant d'expliquer, à l'aide de schémas, la formation des éboulis, des lapiés et des moraines (illustrés par un exemple en photo), est répétée dans le post-questionnaire. La comparaison n'est pas aisée entre les deux versions des schémas et explications écrites.

Nous avons préféré ne pas tenir compte du groupe 1 dans la comparaison : la majorité des réponses au pré-questionnaire sont déjà très complètes, même si quelques-unes contiennent des éléments incorrects, et n'évoluent que très peu dans le post-questionnaire.

Le tableau 7.8 synthétise les différences observées entre pré- et post-questionnaire pour les groupes 2 et 3 (pour le détail, voir annexe C3). La comparaison se fait de manière subjective, en prenant en compte la précision des schémas et de leurs commentaires, ainsi que la justesse des explications proposées (voir chap. 6.2.4).

Lorsque l'explication de départ est relativement **correcte** (fig. 7.21), la seconde explication peut être identique ou meilleure. L'amélioration est surtout observée lorsque les explications de départ sont très basiques (peu d'éléments mentionnés).

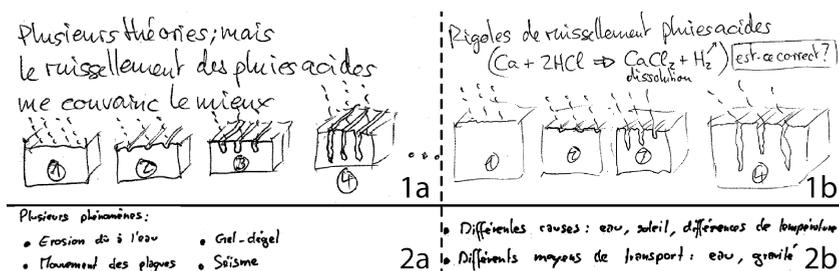


Fig. 7.21 : Réponses \pm correctes au pré-questionnaire (a), sans changement au postquestionnaire (1b, lapiés) ou avec amélioration (2b, éboulis).

Si l'explication de départ est **incorrecte ou très lacunaire** (fig 7.22), la seconde explication peut devenir relativement correcte, ou rester incorrecte (ou très lacunaire).

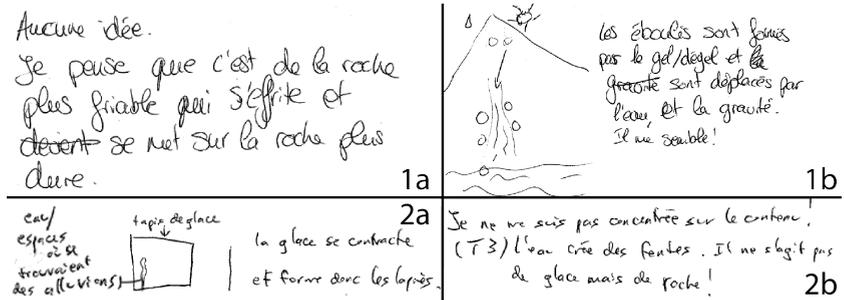


Fig. 7.22 : Réponses très lacunaires ou confusion dans le pré-questionnaire (a), avec amélioration (1b, éboulis) ou réponse très lacunaire (2b, lapiés) au post-questionnaire.

Dans le pré-questionnaire, les cas de **confusion** de forme ou de processus sont assez nombreux : explication de la formation du glacier à la place des moraines (5 personnes, toutes du groupe 2) ou lapiés pris pour de la glace ou de la neige (4 personnes, dont 3 du groupe 2). Toutes les confusions liées aux **moraines** sont corrigées et les réponses fournies au post-questionnaire sont dès lors relativement correctes. Au contraire, les confusions liées au **lapiés** sont à trois reprises corrigées dans le post-questionnaire, mais les réponses restent très lacunaires, par exemple : « l'eau crée des fentes. Il ne s'agit pas de glace, mais de roche ! » (fig 7.22). Malgré 1 minute passée sur T1 (explication de la dissolution du calcaire) et 2 minutes sur T3 (exploration du lapiaz de Tsanfleuron), un des utilisateurs pense toujours, dans le post-questionnaire, que les lapiés sont des crevasses dans la glace.

	Avant (a)	Explication ± correcte (souvent bonne)	Explication ± correcte (souvent basique)	Confusion : explication incorrecte ou lacunaire	Confusion : explication incorrecte ou lacunaire	Explication incorrecte ou lacunaire
	Après (b)	Pas de changement	Amélioration	Explication ± correcte	Explication incorrecte ou lacunaire *	Pas de réponse ou ne sait pas
Moraine	2	2	5	2	3	
Lapiés	1	3	2	6	2	
Eboulis	4	3	2	-	5	

Tabl. 7.8 : Différents cas de figures issus de la synthèse des comparaisons entre pré- et post-questionnaire des groupes 2 et 3. (*) Avec parfois quelques légères améliorations (1x) ou correction de la confusion de départ (2x), mais reste globalement incorrect.

Le dernier cas concerne l'**absence de réponse** (ou les réponses de type « je ne sais pas ») dans le post-questionnaire. Il est à noter que cela ne survient jamais lorsque la réponse donnée au pré-questionnaire était relativement correcte. Outre le possible ennui de devoir répondre à nouveau à des questions identiques, on suppose que certains utilisateurs se sont confrontés à des explications différentes de leurs conceptions, sans pour autant en apprendre quelque chose.

L'absence de réponse peut en effet traduire la peur de donner une « fausse réponse » après avoir eu l'occasion de trouver la « bonne réponse » dans le site web, ce qui est peu valorisant et peut créer une certaine panique (fig 7.23).

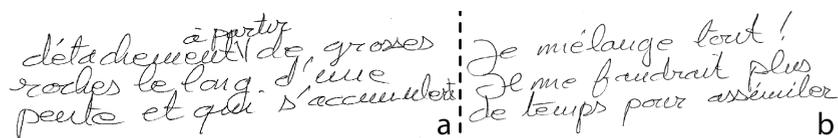


Fig. 7.23 : Réponse lacunaire au pré-questionnaire (a), suivie d'une non-réponse (b).

Outre les confusions de forme, quelques points particuliers à l'un des trois thèmes sont observables. La moitié des explications de départ concernant les **éboulis** sont bonnes. Par contre, la majorité des réponses incorrectes au départ ont débouché sur une absence de réponse au post-questionnaire. Un lien serait peut-être à chercher avec l'absence, dans le site web, d'une explication toute faite en réponse à cette question. En effet, il fallait pour l'obtenir participer au jeu D2 en sélectionnant les éboulis. Si l'on s'intéresse au parcours des cinq personnes n'ayant pas répondu à cette question, deux n'ont pas tenté l'expérience et les trois autres ne sont pas parvenues à trouver les réponses correctes après un, deux ou six (!) essais. En comparaison, parmi les deux personnes qui sont passées d'une réponse incorrecte à une réponse correcte sur ce thème, l'une n'a pas testé les éboulis sur D2, mais l'autre a obtenu la bonne réponse (après 4 essais infructueux).

Sur quatorze personnes, seules quatre ont fourni une explication plus ou moins correcte à la formation des **lapiés** dans le pré-questionnaire. L'impact positif de la visite du site web est assez faible pour ce thème, puisqu'il reste encore huit réponses incorrectes, très lacunaires ou absentes dans le post-questionnaire. L'explication de la dissolution karstique T1 ne semble pas avoir joué son rôle, certainement à cause de son côté peu attractif, sans illustrations. Plusieurs éléments d'explication des différentes formes de lapiés sont aussi fournis par l'application T3, mais sont probablement noyés dans la masse d'informations.

La comparaison des deux questionnaires ne permet pas d'attribuer des différences à l'un ou l'autre **type de média** utilisé dans le site web. On peut voir cependant à quelques reprises l'apparition de « copies » de schémas utilisés dans le site, par exemple pour le transport des débris dans le glacier ou la formation d'éboulis avec les trois phases du processus d'érosion.

7.5. Synthèse

Le développement des applications interactives présenté dans ce chapitre se situe au terme d'un long processus. Marton (1994) distingue cinq phases dans la réalisation de systèmes interactifs à but éducatif (tabl. 7.9).

Phases	Etapes	Opérations
Planification (étude préliminaire)	Données sur le sujet	Besoins, population
	Précision du contenu	Parties, éléments
Conception	Définition des objectifs	Objectifs généraux et spécifiques
	Stratégie d'apprentissage	Ressources, méthodes, messages
	Intégration pédagogique	Facteurs pédagogiques
Développement	Design du système	Démarches, liens, architecture
	Réalisation du design	Parties, liens, relations
	Visualisation des messages	Signes, signification
Evaluation
Correction

Tabl. 7.9 : Etapes du processus de réalisation d'un système d'apprentissage multimédia interactif, d'après Marton (1994).

La phase de **planification** est représentée par le chapitre 6 de cette thèse, qui analyse le contexte théorique et pratique dans lequel s'insère l'application interactive : public-cible, données à disposition, messages à transmettre, objectifs de communication pour chacun des sites d'étude qui structureront le site web.

La phase de **conception**, présentée au début de ce chapitre, est la moins développée du point de vue de la pédagogie. Nos priorités étaient en effet de varier les types de médias et les approches spatio-temporelles des objets géomorphologiques. La réflexion sur les stratégies d'apprentissage, la construction de séquences didactiques, l'intégration d'outils pédagogiques variés sont des aspects clairement négligés durant cette phase. Par contre, la conception du système a donné lieu à de profondes réflexions. La structure du site et ses fonctions ont connu de nombreuses modifications avant d'arriver à la forme actuelle. Les étapes de l'évolution de l'architecture et les raisons ayant motivé les choix de design ont été jugées secondaires par rapport à notre thème de recherche et ne sont donc pas décrites dans cette thèse.

La phase de **développement** n'est pas un processus linéaire. Les applications ont été réalisées parfois l'une après l'autre, parfois en parallèle. Plusieurs tests d'ergonomie ont été menés en cours de route afin de repérer les problèmes techniques et d'améliorer les fonctions et la navigation. Les résultats de l'enquête C montrent qu'il reste encore beaucoup à faire dans ce domaine. Les applications sont toutes centrées sur un type particulier de média qui représente un défi à la fois technique (intégration d'APIs ou *frameworks* divers) et sémiologique (adaptation de règles sémiologiques classiques à des supports animés, interactifs ou en 3D). Différentes solutions graphiques ont été testées pour renforcer le lien entre explications textuelles et illustrations. La dimension

pédagogique des applications apparaît également durant cette phase, par la tentative de relier certaines d'entre elles à des méthodes pédagogiques particulières, comme le jeu, l'espace d'exploration ou le pur transmissif, à titre de comparaison. Cela a conduit à structurer les applications non seulement par site d'étude, mais aussi par approche pédagogique : explication, expérimentation, exploration. Ce sont surtout des obstacles techniques qui nous ont empêché d'aller plus loin dans ce sens. D'une part, il est en effet difficile de fournir des feedbacks pertinents pour chaque action de l'utilisateur lorsque le degré d'interactivité est très grand (N2, T3). D'autre part, l'intégration de simulations réalistes en 3D sur un support comme le web reste un défi technique.

La phase d'**évaluation** est la dernière abordée dans cette thèse. En réalité, seule une évaluation formative a pu être menée. Les résultats sont donc essentiellement qualitatifs et ne fournissent pas d'informations sur la contribution des applications et des médias visuels à l'apprentissage. Certaines conclusions faites précédemment sur les types de médias et leurs fonctions sont confirmées, en particulier le rôle de motivation des environnements interactifs en général, même pour des personnes peu intéressées, des animations et des vues réalistes (photos, mais surtout 3D). Globalement, l'expérience d'utilisation de ces applications de médiation est jugée satisfaisante et la qualité des illustrations est particulièrement appréciée. Les applications les plus appréciées sont celles offrant une assez grande liberté de parcours et d'interaction, tout en guidant l'utilisateur (D1, D2, N3, T3), celles qui contiennent beaucoup d'informations de types variés (N1, N3, T3), et celles qui ont un aspect ludique (jeu D2, visite en 3D N3).

Comme nous l'avons signalé, le point faible est surtout la difficulté de navigation et les problèmes techniques. L'évaluation des applications devrait déboucher sur une série de **corrections** du contenu et des fonctionnalités, en particulier le rétablissement des raccourcis de navigation entre les trois applications d'un même site d'étude, fonction désactivée pour simplifier l'*usertracking*.

L'évaluation n'a cependant pas porté uniquement sur le contenu des applications interactives, mais aussi sur leur **usage potentiel pour le géotourisme**. A ce sujet, seule une minorité est convaincue par les possibilités de tourisme virtuel, en remplacement d'une visite réelle. Le site web est surtout vu comme une offre complémentaire, permettant de se documenter avant la visite sur place, ou après, afin d'enrichir son expérience du terrain. Le recours à des supports mobiles pour bénéficier de cette information *in situ* est une idée qui plaît globalement, mais dont la concrétisation semble contrariée par des difficultés techniques. Une réédition du test dans une dizaine d'années donnerait probablement d'autres résultats. Par rapport aux supports traditionnels – panneau, brochure – les applications interactives se distinguent par leur côté attractif et ludique, « qui donne envie d'apprendre ». Les utilisateurs interrogés se montrent enthousiastes par rapport à ce type de médiation qui pourrait, selon eux, autant toucher des adultes que des enfants, mais aussi attirer des personnes peu intéressées *a priori* par ces thèmes.

8. Conclusions et perspectives

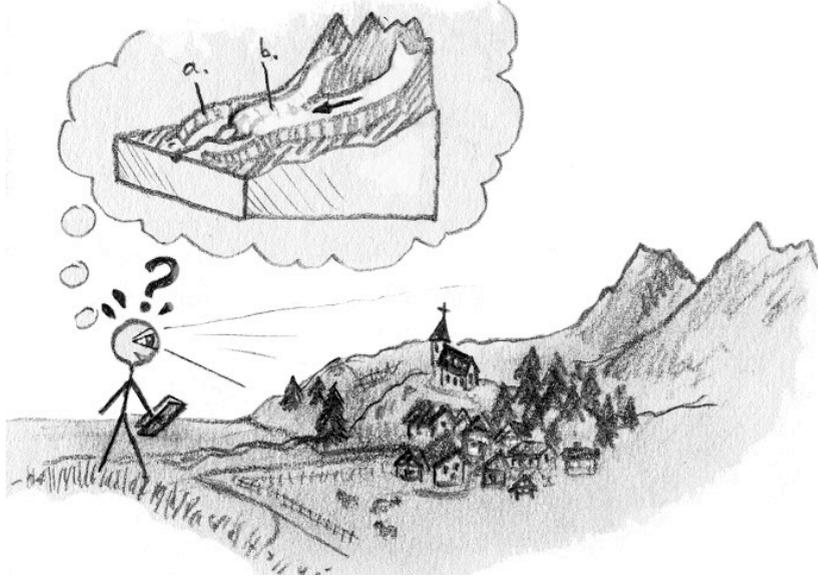


Fig. 8.1 : « Lorsqu'il n'y a pas de véritable questionnement, on assiste à un arrêt dans la construction de la pensée » (Giordan & de Vecchi, 2010).

8.1. Discussion des résultats obtenus et conclusions

Au début cette thèse, nous avons vu que la valorisation du géopatrimoine et le géotourisme poursuivent des buts similaires, complémentaires bien que parfois concurrents : la conservation des objets, la sensibilisation, l'éducation, le développement du tourisme, avec ses possibles retombées économiques (Hose, 2003; Dowling & Newsome, 2006; Megerle, 2008; Sellier, 2009). Suivant l'idée de Hobléa et al. (2011), nous avons proposé de considérer le géopatrimoine comme une ressource au centre d'un système d'usages, de modes de gestion et d'acteurs. Les motivations variées de ces derniers nous ont permis de distinguer la valorisation de la géomorphologie en temps que discipline (sorte de *lobbying* scientifique), la valorisation des objets de la géomorphologie (explication, interprétation) et la valorisation du géopatrimoine. Cette dernière approche peut être soutenue par les précédentes. La valorisation est une étape du processus de patrimonialisation (Di Méo, 2008). Elle y joue, selon nous, un rôle clef, puisqu'elle permet un dialogue entre le domaine du spécialiste et celui du non-spécialiste. Ce dialogue, c'est ce que nous avons appelé la médiation.

La médiation englobe plusieurs types de communication ; elle possède une forte dimension éducative. Nous avons proposé une formalisation en quatre axes de la médiation (objets, message, média et public) qui structure l'ensemble de cette recherche. Ce modèle est particulièrement adapté à la médiation indirecte (sans intervention en personne d'un médiateur) et au cadre particulier du géotourisme, un cadre de loisir, mais aussi d'éducation informelle fortement reliée à des objets réels, à des sites naturels.

Les quatre axes de la médiation ont été déclinés en objectifs et questions de recherche que nous discutons ici sous la forme d'une synthèse critique des recherches théoriques (chap. 2 à 5) et à la lumière des résultats de nos recherches empiriques (chap. 6 et 7).

8.1.1. Les théories soutenant la médiation

Puisque nous postulons que la médiation est un processus de communication éducative, c'est dans la littérature des sciences de la communication et de la didactique que nous sommes allés puiser afin de pallier le manque de cadre théorique pour la médiation indirecte.

1.1 Quels modèles communicationnels et didactiques permettent de formaliser le processus de médiation et d'étayer les choix de forme et de contenu ?

Les théories de la didactique et les modèles de la communication nous ont permis de construire un modèle valide pour la médiation. Ce modèle se rattache fortement à une approche objectiviste (car il se base sur des objets réels) et cognitiviste (car il tient compte des mécanismes mentaux et caractéristiques du récepteur dans la conception des médias). Nous avons montré que ce modèle

peut guider efficacement la réalisation de produits de médiation (chap. 6 et 7), mais également servir à l'évaluation de produits existants (chap. 6).

Notre modèle schématique de la médiation reste cependant très linéaire, sans *feedback*, à l'image du modèle de communication éducative de Peraya (1992). L'aspect dialectique du processus n'apparaît pas clairement. En cela, il est bien adapté à la médiation indirecte, dont le médiateur est absent. Représenter la médiation linéairement, presque de façon téléologique (malgré l'organisation circulaire du schéma) est probablement une faiblesse du point de vue théorique. Toutefois, dans la pratique actuelle du géotourisme *in situ*, malgré les apports de l'interactivité, les produits de médiation permettant un réel dialogue et la modification du contenu par l'utilisateur, si tant est qu'ils existent, ne demeureraient que des expériences isolées. Comme tout modèle schématique, celui que nous proposons pour la médiation indirecte ne vise pas à l'exhaustivité, mais à la généralité.

L'étude des modèles didactiques est une étape nécessaire pour définir ce que l'on entend par « apprentissage ». Au-delà de cet apport théorique, les sciences de l'éducation sont d'une aide limitée dans un contexte d'éducation informelle s'adressant aux adultes. En particulier, la plupart des études sont réalisées dans et pour le cadre scolaire : leurs résultats sont difficiles à transposer dans notre contexte d'étude. Au final, les recherches plus fondamentales de psychologie cognitive se révèlent plus pertinentes, surtout celles qui concernent les médias (Weidenmann, 1995; Sims, 1997; Mayer & Moreno, 2002a, 2002b; Tversky et al., 2002).

Nous retenons cependant de l'analyse des méthodes pédagogiques un ensemble d'éléments concrets pour établir un contexte propice à l'apprentissage, ce qui répond déjà en partie à notre second objectif pour cet axe.

1.2 Comment proposer un contexte propice à l'apprentissage dans le cadre spécifique du géotourisme ?

En mettant l'accent sur le contenu scientifique des produits de médiation, les concepteurs tendent à négliger d'autres aspects essentiels, comme la nécessité d'attirer et motiver le public, par le style et la mise en forme du contenu, et de lui proposer un message clair, cohérent et en lien avec ses préoccupations. C'est ce qui transparaît de l'évaluation des sentiers à thème du Valais et de ceux présents sur nos sites d'étude (chapitre 6).

En complément aux théories pédagogiques (Marton, 1994; Giordan & de Vecchi, 2010), nous avons eu recours à des ressources empiriques – pratique de l'interprétation (visites guidées, panneaux) et conception d'exposition – et aux résultats de quelques études sur les visiteurs de musées ou de sites naturels. Ces ressources donnent des directions, des idées, des bonnes pratiques extrêmement utiles (Tilden & Craig, 1977; Ham, 1992; Moscardo, 1999; Beck & Cable, 2002; Moscardo et al., 2007). Elles ne fournissent cependant pas de méthode et, contrairement à la psychologie cognitive et à la didactique, n'ont pas de portée explicative.

L'ensemble des informations tirées de la didactique (chapitre 2), de la psychologie des médias (chapitre 5) et de la pratique de l'interprétation (chapitres 2 et 4) ont soutenu la réalisation des applications interactives de médiation (chapitre 7). En particulier, ces informations nous éclairent sur la manière de prendre en compte les particularités du public (contexte d'apprentissage, adaptation du contenu), mais aussi sur les types de médias à utiliser, leur mise en forme. Notre modèle de la médiation permet d'intégrer ces apports venus de contextes divers sans perdre de vue la cohérence de l'ensemble.

8.1.2. Les objets de la médiation

Nous pensons que les produits de médiation ne peuvent expliquer une série de formes du relief ou de processus sans un ancrage solide dans le champ conceptuel de la géomorphologie. Que ce lien soit clairement exprimé (médiation de la géomorphologie) ou non dans le produit final, il structure en tout cas le message et rend explicite, au moins pour le médiateur, les implications du choix de telle ou telle approche (échelle spatio-temporelle), de tel ou tel objet. C'est pourquoi s'est imposé un bref survol des objets physiques traités par la géomorphologie ainsi que des approches et des concepts mobilisés.

2.1. Quels sont les objets d'étude, les concepts explicatifs et les approches de la géomorphologie ?

L'approche épistémologique de la géomorphologie s'est révélée lourde à mettre en œuvre : le résultat donne un bon aperçu général, mais ne peut prétendre à l'exhaustivité et souffre d'un manque de méthode et de structure. Une telle approche est en tout cas inadaptée à la pratique concrète de la médiation. Dans un cas réel, **mieux vaut partir de l'analyse du contexte du site pour sélectionner un nombre restreint d'objets théoriques pertinents**, comme nous l'avons fait au chapitre 6. Le produit de médiation réalisé porte sur l'explication des formes et des processus (médiation des objets géomorphologiques), en mobilisant quelques concepts explicatifs, mais pas sur la médiation des concepts eux-mêmes (médiation de la géomorphologie).

Par contre, cette étude a débouché sur une **classification des approches spatio-temporelles en géomorphologie** qui a montré son utilité pour la conception de produits de médiation et le choix des médias visuels adaptés. Elle permet également de vérifier l'équilibre d'un produit de médiation (en l'occurrence, notre site web) et explicite le lien entre la pratique du spécialiste et la communication qui en découle.

Les objets géomorphologiques mobilisables pour la médiation ont été aussi approchés du point de vue patrimonial :

2.2. Quel rôle jouent les valeurs d'un géomorphosite dans sa médiation auprès des non-spécialistes et quels messages peuvent soutenir le processus de patrimonialisation ?

L'évaluation des géomorphosites a fait l'objet de recherches actives durant ces dernières années (Reynard et al., 2009a). Parmi les nombreuses valeurs proposées au gré des méthodes d'évaluation, nous nous sommes arrêté sur celles qui concernent de près notre problématique : les valeurs intrinsèques de visibilité et d'esthétique et la valeur éducative. Nous soutenons que cette dernière doit être considérée comme une valeur d'usage (indépendante du site). Plus encore, en cohérence avec notre approche globale, **la valeur éducative d'un site doit être reliée à l'objectif de médiation** : quels messages pourraient être développés sur ce site (inventaire) ou à quel point ce site est-il adapté pour le message que l'on veut transmettre (évaluation).

Nous avons postulé que les médias visuels pouvaient jouer un rôle pour **augmenter la visibilité des géomorphosites** (voir aussi Regolini-Bissig & Martin, 2012). Les médias réalisés, bien que physiquement déconnectés du site, semblent pourtant suffisamment réalistes et contextualisés pour que l'utilisateur établisse des liens entre la réalité (connue ou imaginée) et sa représentation par le média (chap. 7). Tous les médias de l'application web partent de la réalité et y ajoutent des informations « invisibles » : explications, liens entre éléments, informations contextuelles, etc. En mettant en évidence des formes et en ajoutant des points de vue virtuels (vues aériennes, vue en coupe), ils augmentent donc artificiellement la visibilité des formes. Nous avons par contre peu travaillé sur l'augmentation de la valeur esthétique, même si certaines mises en évidence des objets par contraste de couleur ou dessin pourraient s'en approcher. Par contre, l'application web utilise l'esthétique naturelle des formes (p. ex. les photos de lapiés) et des sites (p. ex. la page d'accueil) comme facteur d'attractivité.

Nous reviendrons plus en détail, dans les perspectives de recherche, sur la médiation indirecte du géopatrimoine à l'aide de médias interactifs.

8.1.3. Les publics de la médiation

Avec l'étude des théories didactiques et des pédagogies, le public de la médiation est apparu comme un élément essentiel à prendre en compte. Cependant, les méthodes pour l'approcher et le définir ne fournissent pas toujours de résultats réellement applicables pour guider la réalisation de produits de médiation dans le cadre du géotourisme (type d'encodage, sélection des objets, choix du message). C'est le cas des méthodes liées à la question suivante, inspirée des études en tourisme, qui vise à définir des public-cibles :

3.1. Quels sont les types de public du géotourisme, en général et sur nos sites d'étude ?

La littérature propose plusieurs typologies adaptées au géotourisme (Hose, 1994, 1998; Keene, 1994; Origet du Cluzeau, 1998; Cayla, 2009). Celle d'Origet du Cluzeau, retenue par Pralong (2006b), est un peu plus précise que les autres pour aborder les non-spécialistes, puisqu'elle ne possède pas de catégorie « grand public ». Cependant, en ce qui concerne le niveau de connaissances, nous avons préféré maintenir une distinction simple entre spécialistes et non-spécialistes. Dans la pratique, nous proposons plutôt d'**identifier les caractéristiques du public en fonction des besoins** : par exemple, les attentes et les connaissances du public fixent la complexité du contenu, mais le choix du site dépend plutôt des capacités physiques des visiteurs. Les typologies sont certes utiles pour une analyse théorique des visiteurs, mais se révèlent trop rigides dans la pratique. On retient seulement la nécessité, lorsqu'on s'adresse à un public d'occasionnels, consultant le produit de médiation sans motivation particulière *a priori*, de susciter leur curiosité en jouant sur les émotions et les sensations (Pralong, 2006a, 2006b) et de chercher en tout temps à captiver leur attention (Moscardo, 1999).

Les enseignements tirés de la littérature, comme les résultats de l'enquête de terrain auprès de 300 visiteurs, ont montré le **faible intérêt des données socio-démographiques** pour la réalisation de produits de médiation. Celles-ci sont en effet souvent trop superficielles et difficiles à prendre en compte dans la pratique. Nous avons relevé en particulier l'inutilité des distinctions de genre, puisqu'elles sont impossibles à traduire dans la pratique.

De même, si l'âge permet de distinguer différents stades de développement cognitif chez les enfants, il est un facteur peu pertinent pour les adultes : d'une personne à l'autre, **les connaissances, l'expérience, les motivations varient énormément et prennent le pas sur le critère d'âge**. Nous avons pu toutefois observer des différences significatives corrélées à l'âge, comme l'usage d'Internet ou la difficulté à comprendre le fonctionnement de certains médias interactifs. Mais ces différences vont probablement s'effacer ces prochaines années, avec l'utilisation croissante des ordinateurs et d'Internet (déjà visible pour les hommes dans le groupe des plus de 50 ans de l'enquête C, chap. 6 et 7).

Lorsqu'on s'adresse à un public adulte, il est possible de se baser sur l'envie personnelle de se cultiver et un engagement actif (Knowles, 1973), ce qui constitue le moteur de toute offre de tourisme culturel ou éducatif. Dans la conception de produits de médiation, cela implique de **se distancer de la relation maître-élève et laisser un grand nombre de choix à l'utilisateur** : choix du thème abordé, du temps investi, de la difficulté. Les médias interactifs se montrent tout spécialement adaptés à ce besoin.

Le modèle allostérique (Giordan & Vecchi, 1990), à l'instar de la plupart des approches pédagogiques (Marton, 1994), insiste sur le besoin de construire l'apprentissage sur la motivation de celui qui apprend, mais aussi sur ses connaissances existantes. Cette question est cruciale dans un contexte d'éducation informelle, sans contrainte, comme le géotourisme :

3.2 Quel est l'intérêt du public pour l'explication géomorphologique et quelles sont ses conceptions sur quelques processus géomorphologiques courants dans les sites d'étude ?

Notre enquête A sur les visiteurs des trois sites d'étude l'ont montré : la grande majorité des personnes (87%) est intéressée à recevoir des explications concernant le site visité ; les trois quarts expriment un **intérêt pour la géologie et le paysage**. Le thème de l'évolution du paysage sort largement favori, devant la compréhension des formes du relief (enquête A). On retrouve d'ailleurs la même préoccupation pour l'histoire du paysage en analysant ce que les participants à des excursions géologiques guidées (enquête B) désirent savoir ou comprendre. On constate donc que les excursionnistes fréquentant les sites de (moyenne) montagne ont une grande curiosité et un intérêt *a priori* pour des explications sur des thèmes très géomorphologiques.

Les **conceptions et connaissances** de ce même public sur les objets de la géomorphologie demeurent plutôt méconnues. Notre étude des conceptions est restée superficielle (uniquement par questionnaire, avec toutefois des réponses sous forme de dessins), mais fournit quelques résultats intéressants, qui demandent à être développés et confirmés. On observe par exemple, d'un point de vue général, parmi les non-spécialistes, que les explications sont plus souvent correctes chez les personnes âgées de plus de 50 ans, malgré un profil de formation et d'expérience de la montagne équivalent. Quelques représentations « erronées » apparaissent, par exemple la formation des éboulis, expliquée par analogie avec l'érosion fluviale (conception limitée de l'érosion *lato sensu*) ; la moraine, formée des sédiments « chassés » ou « repoussés » par le glacier (conception basique de la dynamique glaciaire, le glacier étant vu comme un bloc homogène de glace pure). Les lapiés sont une forme méconnue par beaucoup ; les autres confondent le plus souvent l'érosion mécanique (par l'eau) et l'altération par dissolution des carbonates. Il serait utile de multiplier les études sur les conceptions, non seulement auprès de touristes adultes, mais aussi auprès des habitants vivant près d'un géomorphosite ou dans un géoparc et auprès d'étudiants de la discipline. Cela permettrait de mieux cibler les messages et de prendre conscience, en tant que scientifique, des défis à relever pour faire comprendre nos objets d'étude.

La prise en compte du public, on le voit, reste un exercice difficile, qui ne se satisfait que peu de solutions simples (typologies, critères socio-démographiques). La solution réside certainement dans une **analyse plus fine des caractéristiques personnelles des visiteurs et de leurs conceptions**. Il n'est probablement pas nécessaire de travailler sur de très larges échantillons pour identifier quelques aspects récurrents (du moins pour les conceptions, selon Giordan & de Vecchi, 1990). Dans de futures recherches comme dans les études préliminaires du contexte pour la réalisation de produits de médiation – ce que nous encourageons –, le temps serait probablement mieux investi dans des méthodes d'enquête plus pointues (entretiens personnels ou collectifs, observation) que dans de vastes enquêtes par questionnaire, plus adaptée à des études de marché par la définition de publics-cibles.

Même si les individus ne sont pas un objet d'étude habituel pour le géologue ou le géomorphologue, cet axe de la médiation devrait faire l'objet d'une attention aussi grande que pour l'analyse du site. En effet, le choix du message et le type d'encodage dépendent tout autant du public à qui l'on s'adresse que des spécificités du relief local. Tenir compte des caractéristiques, des besoins et des attentes des non-spécialistes est surtout la clef pour réaliser les objectifs de la médiation dans le géotourisme : éduquer, sensibiliser, divertir.

8.1.4. Les supports visuels de la médiation

Un média de communication peut exercer une ou plusieurs fonctions, selon son type et son design : démonstration, contextualisation, construction, motivation (Dreher & Mack, 1996; Weidenmann, 1997). La fonction recherchée (selon les objectifs de communication et le contexte) et le type d'encodage doivent correspondre pour que le média support effectivement la communication (Dransch, 2000). Par conséquent, le choix du média et de sa mise en forme est une question fondamentale :

4.1. Comment choisir et adapter un média selon le message et le public visé afin qu'il soutienne positivement le processus de communication éducative ?

Nous avons constaté qu'il n'existe pas de réponse simple à cette question. Les médias visuels, tout comme les médias interactifs, ne sont pas la panacée de l'apprentissage (R. E. Clark, 1994). En tentant de comparer l'efficacité de deux médias concurrents sur l'apprentissage, la psychologie des médias a longtemps fait fausse route, au risque de discréditer l'usage même d'illustrations ou d'animations comme support d'apprentissage. Cependant, l'apprentissage purement verbal n'est de loin pas toujours efficace (Mayer, 2003), ni très apprécié du public, comme le montre le faible score obtenu par une de nos applications web basée entièrement sur du texte (enquête C). L'approche actuelle vise plutôt à comprendre comment l'utilisateur construit son savoir à l'aide des médias visuels et comment ceux-ci peuvent renforcer la qualité du contexte d'apprentissage. Par exemple, un apprentissage médiatisé procure de la

motivation et renforce la mémorisation par la variété des mécanismes cognitifs mobilisés (Craik & Lockhart, 1972).

Diverses règles de base, qui sont plutôt des **lignes directrices** que des lois absolues, ont pu être relevées. On retiendra le fait que les illustrations explicatives (plutôt que descriptives) sont une aide plus efficace pour retenir le fonctionnement d'un processus, spécialement pour les non-spécialistes. Si l'on vise l'explication, il faut veiller à limiter le nombre d'éléments représentés sur les schémas (donc également les cartes) et présenter simultanément la même information sous forme de texte et d'image (ou de narration et animation pour une explication dynamique), sans toutefois multiplier les encodages de même type (par exemple une narration et un texte écrit, tous deux basés sur un encodage verbal, avec des mots). Nous avons aussi identifié les cas où la 3D est préférable à la 2D, les avantages et inconvénients de l'animation et les règles à respecter pour concevoir un environnement interactif (chap. 5).

A notre connaissance, ces résultats dispersés sur l'usage des médias visuels, tirés de la psychologie cognitive des médias, n'avaient jamais été rassemblés. Ces ressources sont d'une grande aide pour le concepteur de médias visuels d'interprétation. Les recherches sur la perception et l'utilisation de ces médias doivent être suivies de près et encouragées, à l'exemple des travaux de MacEachren (1995, 2001b) en cartographie et en géovisualisation.

Nous avons décrit les médias visuels utilisés traditionnellement pour l'explication géomorphologique, qui sont tous des types de schémas : dessin schématique, photographie commentée, carte, bloc-diagramme. **Chaque média implique un mode d'encodage différent et chacun a ses limites.** A titre d'exemple, nous avons détaillé les limites de la carte statique en termes de quantité et diversité d'information, d'échelle et de représentation de phénomènes dynamiques. Cette revue des médias visuels existants était une première étape pour répondre à notre dernière question de recherche :

4.2 Quelles sont les possibilités des médias visuels (en intégrant les nouvelles technologies) pour soutenir divers processus de médiation, en fonction des caractéristiques des objets géomorphologiques, du message et du public, et quelle appréciation en font les utilisateurs ?

Sur la base des travaux en (géo)visualisation, nous avons pu montrer, toujours sur l'exemple de la carte, comment les nouvelles technologies de l'information et de la communication (multimédia, interactivité, animation, 3D) étendent les **fonctions et les usages possibles** du média statique, tout en s'appuyant sur les usages classiques (connus de l'utilisateur) et les règles existantes, en particulier pour la sémiologie.

En mobilisant l'ensemble des indications collectées dans les chapitres 2 à 5 et après une analyse du contexte (objets et public), nous avons réalisé une série de médias visuels interactifs de divers types, animés ou non, en faisant varier le degré d'interactivité : dessin schématique, photographie commentée, carte, vue en relief. Tous ont un but explicatif (et en partie informatif) ; nous n'avons en effet développé que la **médiation des objets de la géomorphologie**, qui vise à faire comprendre les processus, l'origine et l'évolution des formes. Dans les perspectives, nous exposerons quelques pistes d'utilisation des médias visuels interactifs pour la médiation du géopatrimoine, dans une dimension plus argumentative et participative de la médiation. Nous avons cependant décliné les médias selon trois approches (l'explication, l'expérimentation et l'exploration) en fonction des pédagogies mobilisées et du degré de liberté laissé à l'utilisateur.

Autre restriction par rapport aux attentes exprimées dans la question 4.2, l'application interactive devait à l'origine proposer différents parcours en fonction du **type de public** (spécialistes ou non-spécialistes). Cela aurait permis de mettre mieux en évidence les grandes qualités des technologies interactives pour l'adaptation du contenu et de la mise en forme du média aux besoins de l'utilisateur et proposer ainsi plusieurs niveaux de lecture sans surcharge graphique. Certaines applications (T2, T3, voir chapitre 7) donnent un aperçu de ces fonctionnalités en laissant le choix à l'utilisateur d'afficher ou non des informations complémentaires plus détaillées. Les testeurs de l'application web estiment pour la plupart que celle-ci vise un public de non-spécialistes, mais que son contenu devrait être plus simple et moins abondant (de prime abord du moins) si l'on voulait toucher de simples curieux. Cet avis confirme le besoin de différents niveaux de lecture.

L'expérience a montré que, d'un point de vue général, tous les **objets géomorphologiques** peuvent être représentés par n'importe quel type de média. L'objet lui-même n'est donc pas un critère pour le choix du média. Il faut plutôt prendre en compte l'approche qu'on a de cet objet ; pour ce faire, la classification des approches de la géomorphologie, que nous avons proposée au chapitre 3, est un guide utile.

Du point de vue du message, nous nous sommes particulièrement intéressé aux **questions de dynamique et d'évolution du paysage** (un des intérêts principaux exprimés par le public), mais aussi à l'imbrication des échelles et à la causalité. Nous avons fait diverses tentatives pour représenter chacun de ces objets théoriques à l'aide de médias visuels. Pour les processus dynamiques, par exemple, plusieurs modes de représentation ont été explorés : médias plus ou moins interactifs, en série ou animés. Ce sont surtout les schémas qui ont été appréciés pour montrer les évolutions. Nous nous sommes contenté, sur ce point, d'explorer de nombreuses pistes, tant techniquement que graphiquement, sans tenter systématiquement de mesurer l'impact ou l'attrait de chacune. Tester directement des paramètres si nombreux et variés aurait d'ailleurs été impossible.

L'appréciation des médias interactifs par leurs utilisateurs potentiels a fait l'objet de tests auprès de trois groupes restreints d'utilisateurs : des spécialistes, des

non-spécialistes jeunes et plus âgés (au total vingt personnes). Les résultats sont, dans l'ensemble, très positifs : **les utilisateurs ont apprécié l'expérience en général, le contenu et spécialement la qualité et la variété des illustrations** (les personnes testées ne sachant pas, au départ, que l'expérience portait spécifiquement sur les médias visuels). Le point faible mentionné presque à l'unanimité est la difficulté à naviguer dans le site web, due pour une grande part au fait que l'ergonomie du site (secondaire par rapport à la problématique) n'a pas fait l'objet d'un travail suffisant, mais aussi au fait qu'il s'agit d'une application qui, par son aspect, son contenu et ses buts, diffère des contenus consultés habituellement sur le web. Le groupe des jeunes non-spécialistes (20-30 ans) se montre le plus critique sur tous les aspects du site, probablement à cause de leur bonne pratique d'Internet (qui les rend plus « zappeurs » et plus sensibles aux problèmes de conception du site) et de leur motivation probablement moindre pour l'expérience. En général, les applications les plus appréciées sont celles qui laissent une assez grande liberté à l'utilisateur, celles qui présentent un grand nombre d'informations variées et celles qui ont un aspect ludique.

Pour tous, même les plus âgés, **le recours aux nouvelles technologies, surtout l'interactivité, est une plus-value** par rapport aux médias habituellement utilisés pour la médiation (panneaux, brochures). On se rappelle que les visiteurs interrogés sur les sites se désintéressaient plutôt des supports numériques. Ce résultat contradictoire pourrait valider l'hypothèse selon laquelle les supports bien répandus sont plébiscités au détriment d'autres options dont l'intérêt est difficile à évaluer, faute d'exemples à disposition. La question pourrait être explorée par le test conjoint de supports numériques et statiques *in situ*.

Les testeurs sont nombreux à penser que de telles applications pourraient **accompagner la visite** sur place, même si cela implique de nombreuses contraintes techniques. Pour la majorité des personnes interrogées, ces applications seraient surtout très **intéressantes à consulter avant la visite**, pour mieux comprendre ensuite le relief environnant et confronter les explications reçues à la réalité du terrain. Les utilisateurs affirment aussi qu'un site web de ce type donne envie de se rendre sur place. On pourrait donc le considérer non seulement comme un support éducatif, mais aussi comme un outil de promotion. Les enseignants relèvent que le contenu est **adapté à l'enseignement de la géographie**, mais devrait être complété par des séquences d'apprentissage théorique et, idéalement, par une excursion sur place.

La majorité des testeurs estime qu'une application interactive comme celle qui a été réalisée est intéressante pour apprendre des choses en général, sans lien direct avec la visite du site. Le fait de découvrir des éléments nouveaux dans l'une ou l'autre des applications et de bénéficier de médias visuels clairs et « parlants » donne **l'impression d'avoir appris quelque chose**. On constate que ce sentiment est particulièrement marqué dans les applications présentant un grand nombre d'informations. L'appréciation positive du contexte d'apprentissage n'est

pas exprimée directement, mais ressort de diverses remarques sur l'interactivité, la diversité des illustrations, la liberté de choisir son parcours, la curiosité pour un sujet, etc. Par rapport aux lignes directrices pour la conception d'applications éducatives (Borsook & Higginbotham-Wheat, 1991), celle que nous avons réalisée fournit trop peu de retours sur les actions de l'utilisateur (*feedbacks*), ne propose pas réellement un système de communication bidirectionnelle (beaucoup d'informations sont fournies à l'utilisateur, mais ce dernier ne peut pas ajouter les siennes) et, comme nous l'avons déjà mentionné, ne s'adapte pas au niveau de l'utilisateur.

La comparaison entre les connaissances des utilisateurs sur la formation de trois différentes formes géomorphologiques (moraine, lapiés, éboulis) avant et après la visite de l'application web ne permet pas de mesurer l'impact de celle-ci en terme d'apprentissage. Mais les observations apportent la preuve – si besoin était – que des explications, aussi précises soient-elles, ne suffisent pas à modifier à coup sûr les conceptions. La justesse des explications proposées par les testeurs ne s'améliore, au mieux, que dans la moitié des cas (sur le thème des moraines), ce qui est déjà réjouissant. Ce constat n'a en effet rien de surprenant pour une séquence unique et qui présente, dans un court laps de temps (40 minutes), de très nombreuses informations relevant de plusieurs thèmes. L'expérience menée sur l'application web se rapproche beaucoup de ce que peut vivre le visiteur parcourant un sentier à thème. Les concepteurs de produits touristiques devraient être incités à la modestie par ces résultats : mieux vaut viser une sensibilisation sur un thème bien défini qu'un apprentissage complet des spécificités géomorphologiques du lieu. C'est l'action répétée et complémentaire de diverses expériences d'apprentissage (sentier à thème, ouvrage ou émission radio de vulgarisation, application web de médiation, visite guidée d'un site, d'un géoparc ou d'un musée, etc.) qui peut permettre la modification progressive des conceptions et le développement d'un nouveau regard sur les formes et l'histoire du relief.

8.2. Perspectives : développer la médiation du géopatrimoine

La partie empirique de cette thèse est focalisée sur la médiation des objets de la géomorphologie, c'est-à-dire l'explication des formes, des processus, et de quelques concepts clefs de la discipline, en particulier les concepts explicatifs. Nous n'avons abordé que légèrement les autres objectifs identifiés aux chapitres 1 et 2 : la médiation de la géomorphologie en tant que discipline scientifique et la médiation du géopatrimoine. La première est indirectement présente dans certaines applications interactives : exposé des méthodes du géomorphologue pour reconstituer la chronologie relative des stades glaciaires à partir des moraines ou des cartes historiques, mention des sources de certaines données ou informations. La seconde transparaît dans l'intention générale du projet – donner à comprendre pour faire apprécier, voire protéger divers objets – et dans le choix des messages – notion de témoin, d'évolution du paysage, de rareté, de complexité, de diversité, d'esthétique. En cela, faire la médiation des objets de la

géomorphologie, c'est déjà participer au processus de patrimonialisation et valoriser ce qui, du point de vue des scientifiques, est déjà le géopatrimoine. Nous pensons cependant qu'il est possible de développer une médiation réellement centrée sur le géopatrimoine ; c'est cette idée que nous développons ici en guise de perspectives pour de futures recherches et réalisations.

8.2.1. Objectif général et nouvelles méthodes

Dans le système-ressource du géopatrimoine (Hobléa et al., 2011), la médiation apparaît alternativement comme :

- un usage (associé au tourisme et à l'éducation) ;
- une mesure de gestion (sensibilisation, protection indirecte) ;
- un soutien au dialogue entre les différents acteurs (scientifiques, autorités, habitants, visiteurs).

Les deux premiers points ont déjà été traités dans les chapitres précédents. Le dernier relève d'une utilisation probablement moins courante de la médiation dans une démarche participative, par exemple pour établir et justifier certaines mesures de gestion (classement d'un site, protection). Dans ce cas, la médiation soutient la prise de conscience, par les habitants, les visiteurs ou d'autres acteurs concernés, de la valeur d'héritage de certains sites. En tant que processus dialectique, elle permet également d'intégrer les sensibilités locales dans la gestion de la ressource patrimoniale. Il est évident que, dans cette situation, la médiation indirecte ne suffit pas, même si des médias visuels représentent un complément au discours du médiateur et un bon support à la discussion.

Quelle que soit sa place dans le système, la médiation du géopatrimoine vise un même objectif général : renforcer ou étendre à un plus large groupe d'acteurs la vision patrimoniale portée sur certains objets géologiques et géomorphologiques. Plusieurs moyens existent pour y parvenir. Dans cette thèse, nous avons surtout montré comment la médiation permet de développer la compréhension du fonctionnement d'un processus et de la valeur scientifique d'un site ou d'une forme. Comme nous l'avons dit, il s'agit d'une base nécessaire, mais peut-être insuffisante. Une telle médiation n'aborde qu'indirectement les valeurs patrimoniales des objets présentés ; le message reste centré sur l'explication géomorphologique.

Quelles méthodes pourraient être mobilisées pour sélectionner les objets à intégrer dans une médiation du géopatrimoine ? Actuellement, l'approche la plus répandue pour la valorisation du géopatrimoine passe par l'inventaire et l'évaluation des géosites (Grandgirard, 1999a; Reynard, 2009b; Sellier, 2010). Ces méthodes peuvent permettre de sélectionner certains objets pertinents pour la médiation, à condition d'orienter les critères de choix et d'évaluation en fonction de cet objectif. Or, les inventaires sont plus souvent mobilisés dans d'autres buts : analyse de la vulnérabilité ou de l'importance scientifique des sites. Lorsqu'on tente d'utiliser ces méthodes d'évaluation dans un objectif de

valorisation auprès de non-spécialistes, on constate régulièrement un décalage avec les besoins pratiques de la médiation, dont les priorités sont différentes.

Comme Grandgirard (1997c) l'avait proposé pour les études d'impact sur l'environnement, il serait utile de produire une méthode d'évaluation des géomorphosites spécifique aux besoins de la médiation du géopatrimoine. Elle pourrait s'inspirer de la méthode pour l'évaluation de l'usage touristique existant et potentiel des géomorphosites proposée par Pralong (Pralong, 2005, 2006b). Cette dernière contient plusieurs éléments intéressants dans cet objectif, comme la valeur scénique, qui tient compte des points de vue et de leur accessibilité, et culturelle, qui intègre les représentations iconographiques liées au site. Les critères concernant l'exploitation du site par l'industrie touristique poursuivent par contre un autre objectif et devraient être laissés de côté. Par ailleurs, il serait nécessaire de renforcer les critères en lien avec la médiation du géopatrimoine en mettant par exemple en avant l'intérêt du site pour soutenir tel ou tel message (valeur éducative) ou en évaluant la pertinence des points de vues en fonction de leur capacité à développer l'approche choisie (globale, sélective, focalisée). A défaut, dans un objectif de valorisation, il s'agit de ne pas donner une importance surdimensionnée aux résultats d'une évaluation classique (centrée sur la valeur scientifique) par rapport aux autres aspects de la médiation, comme les exigences liées au public ou à la simplicité du message principal.

Pour aller plus loin, nous pensons que la volonté de valoriser le géopatrimoine auprès des non-spécialistes implique d'en élargir la définition. Du point de vue du visiteur ou de l'habitant, la valeur d'une forme particulière du relief n'est certainement pas d'abord scientifique, mais plus probablement esthétique, culturelle ou identitaire. Ces valeurs « populaires » devraient également être explorées afin de définir quelle est la dimension patrimoniale d'un site au delà du cercle des spécialistes. Les résultats de telles recherches, basées sur des méthodes de sciences humaines, seraient intéressants à comparer ensuite avec l'évaluation classique, plutôt naturaliste, de ces sites. Cette double approche (sciences naturelles, sciences humaines), déjà partiellement explorée par la géomorphologie culturelle (Panizza & Piacente, 2003), offrirait un cadre plus équilibré à la recherche sur le géopatrimoine qui a parfois tendance à négliger la dimension culturelle et subjective du patrimoine.

Ce point de vue implique qu'une médiation centrée sur le géopatrimoine ne peut se contenter, comme nous l'avons fait dans cette thèse avec la médiation des objets de la géomorphologie, d'une communication à sens unique. La médiation du géopatrimoine vise à développer, chez le non-spécialiste, un nouveau regard sur le relief qui l'entoure. Ce regard est hautement personnel et subjectif, contrairement à l'explication géomorphologique, que nous avons considérée comme objective, bien qu'elle soit construite sur de nombreuses hypothèses. Par conséquent, l'approche de la médiation du géopatrimoine devrait laisser une place plus grande à des méthodes de pédagogie de type constructiviste, donc également au dialogue et à la participation active du public.

8.2.2. Potentiel des médias visuels interactifs

Nous avons montré comment les techniques de (géo)visualisation *lato sensu* soutiennent la communication éducative en contribuant, d'une part, à créer un cadre favorable à l'apprentissage et, d'autre part, à renforcer certains traitements cognitifs de l'information : image mentale, mémorisation, mise en contexte, appréhension des différences d'échelle et de la dynamique.

Dans cette thèse, ces différentes techniques ont été mises au service de la médiation des objets du géopatrimoine, principalement dans un but explicatif. Nous avons constaté que les applications à haut degré d'interactivité et de réalisme, qui s'approchent d'environnements virtuels, demeurent complexes à réaliser, surtout sur un support comme le web. Or, la médiation du géopatrimoine, comme nous venons de l'exprimer, demanderait justement des environnements très interactifs permettant à l'utilisateur de modifier le contenu.

Par exemple, des visualisations interactives permettraient de mieux mettre en avant la dimension de témoin de certaines formes ou la raison de leur rareté par des simulations dont certains paramètres seraient contrôlés par l'utilisateur : dynamique glaciaire, érosion. On peut cependant imaginer aussi des médias plus simples techniquement, comme la carte interactive d'un site assez vaste sur laquelle l'utilisateur pourrait sélectionner ou entourer les objets qu'il préfère, en indiquer peut-être la raison, voire ajouter une photo montrant son point de vue préféré sur l'objet. Avec le passage de nombreux utilisateurs, la carte afficherait peu à peu l'équivalent d'une évaluation collaborative de la valeur portée par des non-spécialistes à divers éléments du site.

Dans l'état actuel de la technologie, le coût de développement d'environnements virtuels complexes ôte probablement tout intérêt pratique à la médiation indirecte, par rapport aux multiples avantages de la médiation directe. La pertinence du choix du support doit toujours être évaluée en fonction du contexte. A notre avis, médias visuels et médiation directe sont des approches complémentaires, comme elle l'ont toujours été : la géomorphologie ne s'apprend pas dans les livres seulement, ni uniquement sur le terrain.

La géomorphologie possède une longue tradition de l'image : science de la surface terrestre, elle décrit, classe, structure et explique les formes du relief visible. Par son analyse, elle inscrit dans l'espace réel d'invisibles relations et attributs qui se traduisent par des cartes, des photographies commentées, des schémas. La géomorphologie est aussi la science de l'évolution du relief. Sur ce point, elle rejoint un des principaux questionnements des non-spécialistes par rapport à leur environnement naturel : comment s'est formé ce paysage ?

L'histoire de la Terre, le temps qui passe, les formes du relief qui demeurent ou disparaissent, c'est aussi le fondement de la vision patrimoniale portée sur ces objets. Nous espérons, par cette thèse, avoir montré l'avantage et le potentiel que peuvent représenter les technologies comme l'interactivité, l'animation ou la 3D pour enrichir les médias visuels traditionnels et mieux exprimer les dimensions visibles, invisibles et dynamiques des objets de la géomorphologie. Sans perdre

de vue les implications globales de la médiation, nous encourageons scientifiques et médiateurs à multiplier les expériences sur différents supports et à tester leur impact auprès du public : autant d'occasions de réaliser une médiation entre spécialistes et non-spécialistes afin de contribuer, ensemble, à la valorisation du géopatrimoine.

Ce fut tout ; il s'était tu. Et, à ce moment-là, Séraphin s'étant tu également, on avait senti grandir autour de soi une chose tout à fait inhumaine et à la longue insupportable : le silence. Le silence de la haute montagne, le silence de ces déserts d'hommes, où l'homme n'apparaît que temporairement : alors, pour peu que par hasard il soit silencieux lui-même, on a beau prêter l'oreille, on entend seulement qu'on n'entend rien. C'était comme si aucune chose n'existait plus nulle part, de nous à l'autre bout du monde, de nous jusqu'au fond du ciel. Rien, le néant, le vide, la perfection du vide ; une cessation totale de l'être, comme si le monde n'était pas créé encore, ou ne l'était plus, comme si on était avant le commencement du monde ou bien après la fin du monde.

(Ramuz, 1934)

Références bibliographiques

- Abderhalden, W., Dias, E. S., Haller, R., Krug, K. & Mountain, D. (2002). *Analysis and definition of user needs. WebPark project delivery* (Rapport public No. D2.2.1). Zernez: WebPark.
- Adam, M. (1999). *Les schémas: un langage transdisciplinaire : les comprendre, les réussir*. Paris: L'Harmattan.
- Agassiz, L. (1840). *Etude sur les glaciers* (Vol. 1). Soleure: Jent et Gassmann.
- Anonyme. (1823). *Petite Géographie des enfans ou leçons familières, sur les premiers élémens de la géographie, appropriées à la méthode d'enseignement simultané, au moyen de tableaux lithographiés, à l'usage des écoles Belges*. Tournay: Casterman-Dieu.
- Antoni, J.-P., Klein, O. & Moisy, S. (2004). Cartographie interactive et multimédia. Vers une aide à la réflexion géographique. *Cybergeo : European Journal of Geography*, (article 288). doi:10.4000/cybergeo.2621
- Appleton, J. (1975). *The experience of landscape*. London: Wiley & Sons.
- Arnheim, R. (1969). *Visual thinking*. Berkeley, Los Angeles: University of California Press.
- Asche, H. & Herrmann, C. M. (1994). Designing interactive maps for planning and education. In A. M. MacEachren & D. R. F. Taylor (Eds), *Visualization in modern cartography* (p. 215-242). New York: Elsevier Science.
- Aufenanger, S. (1999). Lernen mit neuen Medien. Was bringt es wirklich? Forschungsergebnisse und Lernphilosophien. *Medien Praktisch*, 4(1999), 4-8.
- Badoux, H. (1971). *Notice explicative de la feuille 58 Dents de Morcles*. Atlas géologique de la Suisse 1:25'000. Bern: Commission géologique Suisse.
- Badoux, H. & Gabus, J.-H. (1991). *Notice explicative de la feuille 88 Les Diablerets*. Atlas géologique de la Suisse 1:25'000. Bern: Commission géologique Suisse.
- Bain, K. (2004). *What the best college teachers do*. Cambridge: Harvard University Press.
- Baker, V. R. (1986). Introduction. Regional landform analysis. In N. M. Short & R. W. Blair (Eds), *Geomorphology from space. A global overview of regional landforms* (p. 1-26). Washington D.C.: NASA.
- Balleux, A. (2000). Évolution de la notion d'apprentissage expérientiel en éducation des adultes: vingt-cinq ans de recherche. *Revue des sciences de l'éducation*, 26(2).
- Balling, J. D. & Falk, J. H. (1980). A perspective on field trips. Environmental effects on learning. *Curator*, 23(4), 229-240.

- Barbot, M.-J. & Lancien, T. (Eds) (2003). *Médiation, médiatisation et apprentissages*. Notions en Questions. Lyon: ENS.
- Barthes, R. (1964). Eléments de sémiologie. *Communications*, 4(1), 91–135.
- Basque, J., Rocheleau, J. & Winer, L. (1998). *Une approche pédagogique pour l'école informatisée*. Comment informatiser l'école. Montréal: EICEM.
- Baulig, H. (1955). Vocabulaire de la géomorphologie. *L'Information géographique*, 19, 72-80.
- Bavoux, J.-J., Chapuis, R., Delmer, S., Mannone, V., Passegué, S. & Volpoët, P. (1998). *Introduction à l'analyse spatiale*. Synthèse. Paris: Armand Colin.
- Beck, L. & Cable, T. (1995). Resolving the interpreter's identity problem. *Legacy*, 6(5), 28-29.
- Beck, L. & Cable, T. (2002). *Interpretation for the 21st century. Fifteen guiding principles for interpreting nature and culture* (2^e éd.). Champaign: Sagamore.
- Bednar, A. K., Cunningham, D., Duffy, T. M. & Perry, J. D. (1992). Theory into practice. How do we link. In T. M. Duffy & D. H. Jonassen (Eds), *Constructivism and the technology of instruction* (p. 17–34). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Beerli, A. (1993). *Randonnées valaisannes: du Léman à Sion* (Vol. 1). Chappelle-sur-Moudon: Ketty & Alexandre.
- Béguin, M., Pumain, D. & Pascard, E. (2000). *La représentation des données géographiques : statistique et cartographie*. Coursus Géographie. Paris: Armand Colin.
- Behr, J., Eschler, P., Jung, Y. & Zöllner, M. (2009). X3DOM: a DOM-based HTML5/X3D integration model. In S. N. Spencer (Ed.), *Proceedings of the 14th International Conference on 3D Web Technology. Darmstadt, 16-17 June 2009* (p. 127–135). New York: ACM.
- Bergery, L. (2003). Demande rêvée, demande vécue. In J. Spindler & H. Durand (Eds), *Le tourisme au XXI^e siècle* (p. 157-175). Paris: L'Harmattan.
- Berlepsch, H. A. von. (1868). *Les Alpes. Descriptions et récits*. H. Georg.
- Bernard, R. & Kunz, P. (2009). *Nature & Tourisme. Projet 2010-2011*. Sion: La Murithienne.
- Beroutchachvili, N. & Bertrand, G. (1978). Le géosystème ou « système territorial naturel ». *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 49(2), 167-180.
- Berbebi, Y. (2006). *Les sentiers didactiques. Analyse de la perception du public face à quatre réalisations géodidactiques* (Mémoire de licence). Université de Lausanne, Institut de Géographie, Lausanne.
- Bertin, J. (1967). *Sémiologie graphique. Les diagrammes, les réseaux, les cartes*. Paris: Mouton.

- Besnard, M.-P. (2008). La mise en valeur du patrimoine culturel par les nouvelles technologies. *Schedae, Prépublications de l'Université de Caen Basse-Normandie*, 10, 1-96.
- Bétrancourt, M. & Bisseret, A. (1998). Integrating textual and pictorial information via pop-up windows: an experimental study. *Behaviour & Information Technology*, 17(5), 263-273.
- Bitgood, S. (2000). The role of attention in designing effective interpretive labels. *Journal of Interpretation Research*, 5(2), 31-45.
- Bleisch, S. & Dykes, J. (2006). Using web-based 3D visualization for planning hikes virtually. An evaluation. In N. J. Mount, G. L. Harvey, P. Aplin, & G. Priestnall (Eds), *Representing, modeling and visualizing the natural environment*, Innovations in GIS (p. 353-365). Boca Raton: CRC Press.
- Borsook, T. K. & Higginbotham-Wheat, N. (1991). Interactivity. What is it and what can it do for computer-based instruction? *Educational Technology*, 31(5), 11-17.
- Bosson, J.-B. & Reynard, E. (2012). Geomorphological heritage, conservation and promotion in high-alpine protected areas. *Journal on Protected Mountain Areas Research (eco.mont)*, 4(1), 13-22.
- Boutin, G. (2000). Le béhaviorisme et le constructivisme ou la guerre des paradigmes. *Québec français*, 119, 37-40.
- Bramwell, B. & Lane, B. (1993). Interpretation and sustainable tourism. The potential and the pitfalls. *Journal of sustainable tourism*, 1(2), 71-79.
- Brandolini, P. & Pelfini, M. (2010). Mapping geomorphological hazards in relation to geotourism and hiking trails. In G. Regolini-Bissig & E. Reynard (Eds), *Mapping Geoheritage*, Géovisions (Vol. 35, p. 31-45). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Brewer, C. A. (1994). Color use guidelines for mapping and visualization. In A. M. MacEachren (Ed.), *Visualization in modern cartography* (p. 123-147). Oxford: Pergamon.
- Brewer, I., MacEachren, A. M., Abdo, H., Gundrum, J. & Otto, G. (2000). Collaborative geographic visualization. Enabling shared understanding of environmental processes. In J. D. Mackinlay, S. F. Roth, & D. A. Keim (Eds), *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization (INFOVIS'00)*. Salt Lake City, 9-10 October 2000 (p. 137-141). Los Alamitos: IEEE Computer Society Press.
- Bridel, P.-S. (1820). *Essai statistique sur le canton de Vallais*. Zürich: Orell Fussli.
- Broc, N. & Giusti, C. (2007). Autour du Traité de Géographie physique d'Emmanuel de Martonne. Du vocabulaire géographique aux théories en géomorphologie. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 2, 125-144.

- Brooks, J. G. (1990). Teachers and students. Constructivists forging new connections. *Educational leadership*, 47(5), 68-71.
- Brossard, T. & Wieber, J.-C. (1984). Le Paysage, trois définitions, un mode d'analyse et de cartographie. *L'Espace Géographique*, 1(13), 5-12.
- Brougère, G. (2002). Jeu et loisir comme espaces d'apprentissages informels. *Education et sociétés*, 2(10), 5-20.
- Brown, T. J., Itami, R. M. & King, R. (1979). *Landscape principles study for Upper Yarra Valley & Dandenong Ranges*. Procedures for landscape assessment and management. Melbourne: University of Melbourne, Centre for Environmental Studies.
- Brown, T. J., Keane, T. & Kaplan, S. (1986). Aesthetics and management: bridging the gap. *Landscape and Urban Planning*, 13, 1-10.
- Brunet, R. & Ferras, R. (1992). *Les mots de la géographie : dictionnaire critique*. Dynamiques du territoire. Montpellier, Paris: Reclus, La Documentation Française.
- Brunsdon, D. & Thornes, J. B. (1979). Landscape sensitivity and change. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 4, 463-484.
- Bruschi, V. M. & Cendrero, A. (2005). Geosite evaluation: can we measure intangible values. *Il Quaternario*, 18(1), 293-306.
- Bruschi, V. M. & Cendrero, A. (2009). Direct and parametric methods for the assessment of geosites and geomorphosites. In E. Reynard, P. Coratza, & G. Regolini-Bissig (Eds), *Geomorphosites* (p. 73-88). München: Pfeil.
- Buckley, A. R., Gahegan, M. & Clarke, K. (2000). Geographic visualization as an emerging research theme in GIScience. *The University Consortium for Geographic Information Science Research Agenda*.
- Büdel, J. (1963). Klimagenetische Geomorphologie. *Geographische Rundschau*, 15, 269-285.
- Burger, J., Sanchez, J., Gibbons, J. W. & Gochfeld, M. (1998). Gender differences in recreational use, environmental attitudes, and perceptions of future land use at the Savannah River site. *Environment and Behavior*, 30(4), 472-486.
- Canton du Valais (1955, 1971). Plan d'ensemble du canton du Valais à 1:10'000, feuille 5461. Sion: Département des travaux publics.
- Card, S. K., Mackinlay, J. D. & Shneiderman, B. (1999). *Readings in information visualization. Using vision to think*. The Morgan Kaufmann series in interactive technologies. San Francisco: Kaufmann.
- Carr, A. (2004). Mountain places, cultural spaces. The interpretation of culturally significant landscapes. *Journal of Sustainable Tourism*, 12(5), 432-459.

- Carter, V. (1996). Do media influence learning? Revisiting the debate in the context of distance education. *Open Learning: The Journal of Open and Distance Learning*, 11(1), 31–40.
- Cartwright, W. E. (1997). New media and their application to the production of map products. *Computers & Geosciences*, 23(4), 447-456.
- Cartwright, W. E. (1999a). Development of multimedia. In W. E. Cartwright, M. P. Peterson, & G. Gartner (Eds), *Multimedia cartography* (p. 11-30). Berlin: Springer.
- Cartwright, W. E. (1999b). Extending the map metaphor using web delivered multimedia. *International Journal of Geographical Information Science*, 13(4), 335-353.
- Cartwright, W. E. & Hunter, G. J. (2001). Towards a methodology for the evaluation of multimedia geographical information products. *Geoinformatica*, 5(3), 291-315.
- Cartwright, W. E. & Peterson, M. P. (1999). Multimedia cartography. In W. E. Cartwright, M. P. Peterson, & G. Gartner (Eds), *Multimedia cartography* (p. 1-10). Berlin: Springer.
- Cartwright, W. E., Peterson, M. P. & Gartner, G. (Eds) (1999). *Multimedia cartography*. Berlin: Springer.
- Cauvin, C., Escobar, F. & Serradj, A. (2007). *Cartographie thématique*. Traité IGAT. Aspects fondamentaux de l'analyse spatiale. Paris: Hermès sciences - Lavoisier.
- Cayla, N. (2009). *Le patrimoine géologique de l'arc alpin. De la médiation scientifique à la valorisation géotouristique* (Thèse de doctorat). Université de Savoie, Laboratoire EDYTEM, Le Bourget-du-Lac.
- Cayla, N. & Hobléa, F. (2011). La Via GeoAlpina: itinérance géologique à travers les Alpes. In E. Reynard, L. Laigre, & N. Kramar (Eds), *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque organisé en l'honneur du Professeur Michel Marthaler. Lausanne, 24-26 juin 2010*, Géovisions (Vol. 37, p. 119-130). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Cayla, N., Hobléa, F. & Gasquet, D. (2010). Guide des bonnes pratiques de médiation des géosciences sur le terrain. *Géologie de la France*, (1), 47-55.
- Cholley, A. (1952). *Atlas des formes du relief*. Paris: Institut Géographique National.
- Chorley, R. J. (1962). Geomorphology and general systems theory. *Geological Survey Professional Paper*, 500-B, 1-10.
- Chou, C. (2003). Interactivity and interactive functions in web-based learning systems: a technical framework for designers. *British Journal of Educational Technology*, 34(3), 265–279.

- Chu, S. & Downes, J. J. (2000). Odour-evoked autobiographical memories. Psychological investigations of proustian phenomena. *Chemical senses*, 25(1), 111-116.
- Chun, M. M. & Wolfe, J. M. (2001). Visual attention. In E. B. Goldstein (Ed.), *Blackwell handbook of sensation and perception*, Blackwell handbooks of experimental psychology (p. 272–310). Malden: Blackwell.
- Church, M. (1996). Space, Time and the Mountain. How do we order what we see? In B. L. Rhoads & C. E. Thorn (Eds), *The scientific nature of geomorphology. Proceedings of the 27th Binghamton Symposium in Geomorphology. 27-29 September 1996*. Chichester, New York: Wiley & Sons.
- Clark, J. M. & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational psychology review*, 3(3), 149–210.
- Clark, R. E. (1994). Media will never influence learning. *Educational technology research and development*, 42(2), 21–29.
- Clarke, K. C. (1999). *Getting started with Geographic Information Systems*. Geographic Information Science (2e éd.). Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Clément, V. (1994). Contribution épistémologique à l'étude du paysage. *Mélanges de la Casa de Velázquez*, 30(3), 221-237.
- Clerc, N. (2001). Au Trou à l'Ours. Sur les traces de la famille Thomas. In B. Chappuis (Ed.), *Les plus belles balades de 24 Week-end. 50 itinéraires sur les traces d'un personnage historique* (p. 95-98). Lausanne: Edipresse.
- Cockburn, A. & MacKenzie, B. (2002). Evaluating the effectiveness of spatial memory in 2D and 3D physical and virtual environments. In L. Terveen (Ed.), *Changing our world, changing ourselves. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human factors in computing systems. Minneapolis, 20-25 April 2002* (p. 203–210). New York: ACM.
- Cohen, P. A., Ebeling, B. J. & Kulik, J. A. (1981). A meta-analysis of outcome studies of visual-based instruction. *Educational Technology Research and Development*, 29(1), 26–36.
- Collectif. (1994). Déclaration internationale des droits de la mémoire de la Terre. In G. Martini & J.-S. Pages (Eds), *Actes du 1er symposium international sur la protection du patrimoine géologique. Digne-les-Bains, 11-16 juin 1991* (p. 276). Digne-les-Bains: European working group on Earth science conservation.
- Communes d'Ardon, Conthey, Savièse, Sion et Vétroz. (2002). Derborence-Sanetsch. Carte de randonnée pédestre à 1:25'000, Sion: Sion Région Tourisme; Valrando.

- Conthey Région. (2012). Curiosités et visites. *Conthey Région, office du tourisme*. <http://www.contheyregion.ch/office-tourisme/curiosites-visites.html>
- Convention de Berne. (1979). Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe, n° 0.455.
- Coque, R. (1977). *Géomorphologie*. U. Géographie. Paris: Armand Colin.
- Coratza, P. & Giusti, C. (2005). Methodological proposal for the assessment of the scientific quality of geomorphosites. *Il Quaternario*, 18(1), 307-313.
- Cosinschi, M. (2009). La structure de la carte géographique. *Geographica Helvetica*, 64(3), 157-163.
- Cossette, C. (1983). *Les images démaquillées. Approche scientifique de la communication par l'image*. Montréal: Riguil.
- Courtois, B. & Pineau, G. (Eds) (1991). *La formation expérientielle des adultes*. Paris: La Documentation française.
- Craik, F. I. M. & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing. A framework for memory research. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 11(6), 671-684.
- Crinon, J. & Legros, D. (Eds) (2002). *Psychologie des apprentissages et multimédia*. U. Psychologie. Paris: Armand Colin.
- Cronjé, J. (2006). Paradigms regained. Toward integrating objectivism and constructivism in instructional design and the learning sciences. *Educational Technology Research and Development*, 54(4), 387-416.
- Dagognet, F. (1982). *Mort du paysage? Philosophie et esthétique du paysage : actes du colloque de Lyon*. Seyssel: Champ Vallon.
- Darken, R. P. & Sibert, J. L. (1996). Navigating large virtual spaces. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 8(1), 49-71.
- Dasen, P. (1987). *Savoirs quotidiens et éducation informelle*. Université, Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation.
- Davallon, J. (2006). *Le don du patrimoine*. Paris: Hermès sciences - Lavoisier.
- Davis, R. L. (2002). The value of teaching about geomorphology in non-traditional settings. *Geomorphology*, 47, 251-260.
- Davis, W. M. (1889). The rivers and valleys of Pennsylvania. *National Geographic Magazine*, 1, 183-253.
- Davis, W. M. (1899). The geographical cycle. *Geographical Journal*, 14, 481-504.
- Davis, W. M. & Snyder, W. H. (1898). *Physical geography*. Boston: Ginn & co.
- De Vecchi, G. (1987). Utilisation des représentations enfantines en biologie et formation des maîtres. *Aster*, 3, 223-239.

- De Vries, E. (2001). Les logiciels d'apprentissage: panoplie ou éventail? *Revue française de pédagogie*, 137, 105–116.
- Debarbieux, B. (2002). *Figures (géo)graphiques et prospectives. Les cartes, schémas et modèles au service du projet et de la prospective territoriale*. La Tour-d'Aigues: L'Aube, DATAR.
- Demounem, R. & Astolfi, J.-P. (1996). *Didactique des sciences de la vie et de la terre: fondements et références*. Perspectives didactiques. Paris: Nathan Pédagogie.
- Denis, M. (1989). *Image et cognition*. Psychologie d'aujourd'hui. Paris: Presses Universitaires de France.
- Derruau, M. (1974). *Précis de géomorphologie*. Paris: Masson.
- Derruau, M. (2004). *Les formes du relief terrestre : notions de géomorphologie*. U. Géographie. Paris: Armand Colin.
- Desbeaux-Salviat, B. & Rojat, D. (2006). Réalité et virtualité dans l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre. *Aster*, (43), 109-132.
- Di Méo, G. (1995). Patrimoine et territoire, une parenté conceptuelle. *Espace et Sociétés*, 78, 15-34.
- Di Méo, G. (2008). Processus de patrimonialisation et construction des territoires. In S. Bouffange & P. Moisdon-Pouvreau (Eds), *Regards sur le patrimoine industriel. Communications au colloque Patrimoine et industrie en Poitou-Charentes: connaître pour valoriser. Poitiers, 12-14 septembre 2007* (p. 87-109). Poitiers-Châtelleraut: Gestes.
- Dias, E. S. (2007). *The added value of contextual information in natural areas. Measuring impacts of mobile environmental information* (Thèse de doctorat). Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam.
- Dias, E. S., Rhin, C., Haller, R. & Scholten, H. (2004). Adding value and improving processes using location-based services in protected areas. The WebPark experience. In P. Prastacos, U. Cortes, J. L. D. de Leon, & M. Murillo (Eds), *e-Environment: Progress and Challenge* (p. 291–302). Mexico City: Instituto Politécnico Nacional Mexico.
- DiBiase, D. (1990). Visualization in the Earth Sciences. *Earth and Mineral Sciences*, 59(2), 13-18.
- Dibiase, D., MacEachren, A. M., Krygier, J. B. & Reeves, C. (1992). Animation and the role of map design in scientific visualisation. *Cartography and Geographic Information Systems*, 19(4), 201-214.
- Dillon, A. (1996). Myths, misconceptions and an alternative perspective on information usage and the electronic medium. In J.-F. Rouet, J. J. Levonen, A. Dillon, & R. J. Spiro (Eds), *Hypertext and cognition* (p. 25-42). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.

- Dolidon, H. (2007). La multiplicité des échelles dans l'analyse d'un phénomène d'interface nature/société. L'exemple des feux de brousse en Afrique de l'ouest. *Cybergeo : European Journal of Geography*, (article 363). doi:10.4000/cybergeo.4805
- Dollfus, O. (1970). *L'espace géographique*. Que sais-je ? Paris: Presses universitaires de France.
- Dorthe-Monachon, C. (1987). Dynamique glaciaire. In M. Briant, C. Dorthe-Monachon, & J. Winistörfer (Eds), *Quaternaire*, Matériaux pour les cours et séminaires. Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Dorthe-Monachon, C. (1993). *Etude des stades tardiglaciaires des vallées de la rive droite du Rhône entre Loèche et Martigny* (Thèse de doctorat). Université de Lausanne, Institut de Géographie, Lausanne.
- Dorthe-Monachon, C. & Schoeneich, P. (1993). Ligne d'équilibre des glaciers: le stade de référence de 1850 dans les Alpes calcaires occidentales. *Geographica Helvetica*, 3, 125 - 134.
- Dove, J. E. (1997). Student ideas about weathering and erosion. *International Journal of Science Education*, 19(8), 971-980.
- Dove, J. E. (1998). Students' alternative conceptions in Earth science. A review of research and implications for teaching and learning. *Research Papers in Education*, 13(2), 183.
- Dowling, R. K. & Newsome, D. (Eds) (2006). *Geotourism. Sustainability, impacts and management*. Amsterdam: Elsevier.
- Downs, R. M., Liben, L. S. & Daggs, D. G. (2009). On education and geographers. The role of cognitive developmental theory in geographic education. *Annals of the Association of American Geographers*, 78(4), 680-700.
- Dransch, D. (1995). *Temporale und nontemporale Computer-Animation in der Kartographie*. Berlin: Selbstverlag Fachbereich Geowissenschaften.
- Dransch, D. (1999). Theoretical issues in multimedia cartography. In W. E. Cartwright, M. P. Peterson, & G. Gartner (Eds), *Multimedia cartography* (p. 41-50). Berlin: Springer.
- Dransch, D. (2000). The use of different media in visualizing spatial data. *Computers & Geosciences*, 26, 5-9.
- Dreher, A. & Mack, J. (1996). *Medienpsychologische Grundlagen* (Skript zur Vorlesung Mediendidaktik MI2). Furtwangen: Hochschule Furtwangen.
- Droz, J. (1989). Esquisse d'un catalogue floristique de la région de Derborence (Conthey et Ardon, VS). *Bulletin de la Murithienne*, 197, 187-201.
- Du Val d'Abbeville, P. (1680). Carte du Pais de Vallais (ou Walliser Land) à ~1:250'000. Amsterdam: Valk & Schenk.

- Duarte, L. (2004). The geological heritage of the Lower Jurassic of Central Portugal: selected sites, inventory and main scientific arguments. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 110(1), 381–387.
- Duflot, S. (2008). *Le parcours cognitif des élèves lors de l'apprentissage du concept d'écosystème* (Thèse de doctorat). Université Charles-de-Gaulle de Lille 3, Lille.
- Dufour, G.-H. (1844). Atlas Dufour à 1:50'000, feuille 17 Vevey. Berne: Office fédéral de la topographie.
- Duit, R. & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change. A powerful framework for improving science teaching and learning. *International journal of science education*, 25(6), 671–688.
- Duncan, G. S. & Martin, S. R. (2002). Comparing the effectiveness of interpretive and sanction messages for influencing wilderness visitors' intended behavior. *International Journal of Wilderness*, 8(2), 20–25.
- Dwyer, L., Forsyth, P. & Spurr, R. (2004). Evaluating tourism's economic effects. New and old approaches. *Tourism management*, 25(3), 307–317.
- Eastes, R.-E. (2009). *Vulgarisation, communication... médiation!* Présenté à Les Ernests, cycle de conférences, 12 décembre 2009, Ecole normale supérieure, Paris.
- Eder, F. W. & Patzak, M. (2004). Geoparks–Geological attractions. A tool for public education, recreation and sustainable economic development. *Episodes*, 27(3), 162–164.
- Edling, J. V. (1968). Educational objectives and educational media. *Review of Educational Research*, 38(2), 177–194.
- El Hadj, S. A. & Bélisle, C. (Eds) (1985). *Vulgariser: un défi ou un mythe? La communication entre spécialistes et non-spécialistes*. Lyon: Chronique sociale.
- Embleton, C. & Thornes, J. B. (1979). *Process in Geomorphology*. London: Arnold.
- Ertmer, P. A. & Newby, T. J. (1993). Behaviorism, cognitivism, constructivism. Comparing critical features from an instructional design perspective. *Performance improvement quarterly*, 6(4), 50–72.
- Esnault, N. (2011). *Production automatique d'interfaces graphiques 3D pour le Web* (Thèse de doctorat). Université de Rennes 1, Rennes.
- Falk, J. H. (1983). A Cross-Cultural Investigation of the novel field trip phenomenon. National museum of natural history, New Delhi. *Curator*, 26(4), 315–323.
- Farsani, N. T., Coelho, C. & Costa, C. (2011). Geotourism and geoparks as novel strategies for socio-economic development in rural areas. *International Journal of Tourism Research*, 13(1), 68–81.

- Fassina, A. (1969). *Un intermédiaire dans le système homme-travail. Le dessin technique. Lecture et écriture des schémas explicatifs* (Thèse de doctorat). Université de Paris-Sorbonne, Paris.
- Fauche, A. (2004). Et si la médiation scientifique devenait culturelle? Article non publié. www.ldes.unige.ch/publi/vulg/Esilamed.pdf
- Fischbein, E. (1970). Modèles figuraux implicites et enseignement scientifique. *Revue roumaine des sciences sociales et psychologiques*, 14(1), 79-85.
- Fischer, P. (1994). Animation and sound for the visualization of uncertain spatial information. In H. M. Hearnsaw & D. J. Unwin (Eds), *Visualization in geographical information systems* (p. 181-185). Chichester, New York: Wiley & Sons.
- Fisk, H. (1944). Mississippi river meander belt: ancient courses. Geological investigation of Mississippi river alluvial valley. Vicksburg: Mississippi river commission.
- Flagg, B. N. (1990). *Formative evaluation for educational technologies*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Forist, B. E., Littlejohn, M., Baxter, R., Machlis, G. E. & Gramann, J. H. (2003). *Visitor use and evaluation of interpretive media. A report on visitors to the national park system*. Social science program. Moscow (Idaho): NPS Visitor services project.
- Foucault, A. & Raoult, J.-F. (1980). *Dictionnaire de géologie*. Masson sciences (5^e éd.). Paris: Dunod.
- Frater, H. (2006). Geowissenschaftliche Öffentlichkeitsarbeit im Internet am Beispiel von g-o.de - geoscience on line. In W. Rosendahl, B. Junker, & A. Megerle (Eds), *10. Internationale Jahrestagung der Fachsection GeoTop in der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften. Ulm, 23.-26. Mai 2006*, Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften (Vol. 44, p. 75-80). Hannover: Deutsche Gesellschaft für Geowissenschaften.
- Frey, M. L., Schäfer, K., Büchel, G. & Patzak, M. (2006). Geoparks. A regional, European and global policy. In R. K. Dowling & D. Newsome (Eds), *Geotourism. Sustainability, impacts and management* (p. 95-117). Amsterdam: Elsevier.
- Frutiger, A. (2000). *L'homme et ses signes: signes, symboles, signaux*. Gap: Atelier Perrousseau.
- Garazi, G. & Moret, A. (1999). *Eboulements de Derborence. Etude géologique et géomécanique (Valais/Suisse)* (Travail de diplôme). Université de Genève, Section des sciences de la Terre, Genève.
- Garrick, J. (1998). *Informal learning in the workplace. Unmasking human resource development*. New York: Routledge.

- Gaver, W. (1986). Auditory icons. Using sound in computer interfaces. *Human-Computer Interaction*, 4(4), 67-94.
- Genoud, M. (2008). *Inventaire, évaluation et projets de valorisation des géomorphosites du Val de Bagnes* (Mémoire de master). Université de Lausanne, Institut de Géographie, Lausanne.
- Gervereau, L. (2006). *Vous avez dit musées? Tout savoir sur la crise culturelle*. Paris: CNRS.
- Ghose, S. & Dou, W. (1998). Interactive functions and their impacts on the appeal of Internet presence sites. *Journal of Advertising Research*, 38, 29-44.
- Giardina, M. (1992). L'interactivité dans un environnement d'apprentissage multimédia. *Revue des sciences de l'éducation*, 18(1), 43-46.
- Giardina, M. (1999). *L'interactivité, le multimédia et l'apprentissage. Une dynamique complexe*. Education et formation. Paris: L'Harmattan.
- Giardina, M., Harvey, D. & Mottet, M. (1998). L'évaluation des SAMI (système d'apprentissage multimédia interactif). De la théorie à la pratique. *Revue des sciences de l'éducation*, 24(2), 335-353.
- Giordan, A. & de Vecchi, G. (1990). *Les origines du savoir: des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Lausanne, Paris: Delachaux & Niestlé.
- Giordan, A. & de Vecchi, G. (2010). *Aux origines du Savoir. La méthode pour apprendre*. Au delà des apparences. Nice: Ovidia.
- Girardet, D. & Zahnd, R. (1987). *Levé morphologique du Vallon de Nant* (No. 122). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Giusti, C. (2010). Introduction au numéro spécial: «Des géosites aux géomorphosites: comment décoder le paysage? Processus géodynamiques, modelés et formes du relief, environnements passés et actuels». *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 2, 123-130.
- Godron, M. & Joly, H. (2008). *Dictionnaire du paysage*. Paris: CILF - Conseil international de la langue française.
- Goldman, S. R., Zech, L. K., Biswas, G. & Noser, T. (1999). Computer technology and complex problem solving: Issues in the study of complex cognitive activity. *Instructional Science*, 27(3), 235-268.
- Goldstein, E. B. (Ed.) (2005). *Sensation and perception*. Blackwell handbooks of experimental psychology. Malden: Blackwell.
- González-Trueba, J. J. & Serrano Cañadas, E. (2008). La valoración del patrimonio geomorfológico en espacios naturales protegidos. Su aplicación al parque nacional de los Picos de Europa. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 47, 175-194.

- Goudie, A. S. (1994). *The encyclopedic dictionary of physical geography*. Oxford UK, Cambridge Mass.: Blackwell.
- Goudie, A. S. (2002). Aesthetic and relevance in geomorphological outreach. *Geomorphology*, 47, 245-249.
- Goudie, A. S. (Ed.) (2004). *Encyclopedia of Geomorphology*. London: Routledge.
- Grand Conseil du canton de Vaud (1969). Décret approuvant la convention passée entre l'Etat de Vaud, la Ligue suisse pour la protection de la nature et la commune de Bex et accordant un crédit pour la constitution d'une réserve naturelle au Vallon de Nant.
- Grand Robert (2007). *Grand Robert de la langue française en ligne*. Paris: Dictionnaires Le Robert.
- Grandgirard, V. (1996). Gestion du patrimoine naturel, l'inventaire des géotopes géomorphologiques du canton de Fribourg. In M. Monbaron & S. Fierz (Eds), *Actes du colloque commun de la Société Suisse de Géomorphologie et de l'Association Française de Karstologie. Sornetan, 5-8 octobre 1995*, UKPIK. Rapports de recherche (Vol. 8, p. 181-195). Fribourg: Université de Fribourg, Institut de Géographie.
- Grandgirard, V. (1997a). *Géomorphologie, protection de la nature et gestion du paysage* (Thèse de doctorat). Université de Fribourg, Faculté des Sciences, Fribourg.
- Grandgirard, V. (1997b). Géomorphologie et gestion du patrimoine naturel. La mémoire de la Terre est notre mémoire. *Geographica Helvetica*, 2, 47-56.
- Grandgirard, V. (1997c). Géomorphologie et études de l'impact sur l'environnement. *Bull. Soc. Frib. Sc. Nat*, 86, 65-98.
- Grandgirard, V. (1999a). L'évaluation des géotopes. *Geologia Insubrica*, 4, 59-66.
- Grandgirard, V. (1999b). An inventory of geomorphological geotopes in the canton of Fribourg (Switzerland). *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.*, 54, 273-278.
- Gremaud, V. (2011). *Relations between retreating alpine glaciers and karst aquifer dynamics. Tsanfleuron-Sanetsch experimental test site, Swiss Alps* (PhD Thesis). Université de Neuchâtel, Faculté des sciences, Neuchâtel.
- Gremaud, V., Goldscheider, N., Savoy, L., Favre, G. & Masson, H. (2009). Geological structure, recharge processes and underground drainage of a glaciated karst aquifer system, Tsanfleuron-Sanetsch, Swiss Alps. *Hydrogeology Journal*, 17(8), 1833-1848.
- Gremaud, V. & Nési, J. (2006). *Etude structurale et hydrogéologique de la région du Col du Sanetsch et du Lapiaz de Tsanfleuron* (Mémoire de master). Université de Lausanne, Institut de Géologie, Lausanne.

- Guillaume, P. (1937). *La psychologie de la forme*. Bibliothèque de philosophie scientifique. Paris: Flammarion.
- Guttentag, D. A. (2010). Virtual reality. Applications and implications for tourism. *Tourism Management*, 31(5), 637-651.
- Gyselinck, V., Ehrlich, M. F., Cornoldi, C., De Beni, R. & Dubois, V. (2000). Visuospatial working memory in learning from multimedia systems. *Journal of Computer Assisted Learning*, 16(2), 166–176.
- Ha, L. & James, E. L. (1998). Interactivity reexamined. A baseline analysis of early business web sites. *Journal of Broadcasting & Electronic Media*, 42(4), 457–474.
- Haerberling, C. (2002). 3D map presentation. A systematic evaluation of important graphic aspects. *Proceedings of the 3rd ICA Mountain Cartography Workshop. Mt. Hood, 15-19 May 2002*.
- Hall, A. D. & Fagan, R. E. (1956). Definition of system. *General Systems Yearbook*, 1, 18-28.
- Haller, A. von. (1752). Les Alpes. *Poésies de Monsieur de Haller* (p. 1-35). Zürich: Heidegger.
- Ham, S. H. (1992). *Environmental interpretation. A practical guide for people with big ideas and small budgets*. Golden: Fulcrum.
- Ham, S. H. (2007). Can interpretation really make a difference? Answers to four questions from cognitive and behavioral psychology. *Proceedings of the Interpreting World Heritage Conference. Vancouver, 25-29 March 2007* (p. 42-52). Vancouver: NAI.
- hamifr. (2011). Une réserve naturelle « absolue » et un lac qui risque de disparaître ! *Noisy streets* (blog personnel). <http://www.noisy-streets.net/nsc/index.php?view=article&id=166>
- Hammit, W. E. (1984). Cognitive processes involved in environmental interpretation. *Journal of environmental education*, 15(4), 11–15.
- Harding, C., Kakadiaris, I. A., Casey, J. F. & Loftin, R. B. (2002). A multi-sensory system for the investigation of geoscientific data. *Computer & Graphics*, 26, 259-269.
- Harrower, M. A. (2003a). Representing uncertainty. Does it help people make better decisions? *UCGIS Workshop. Geospatial visualization and knowledge discovery workshop. Lansdowne, 18-20 November 2003*.
- Harrower, M. A. (2003b). Tips for designing effective animated maps. *Cartographic Perspectives*, 44, 63-65.
- Härtling, J. W. & Meier, I. (2010). Economic effects of geotourism in Geopark TERRA.vita, Northern Germany. *George Wright Forum*, 47(1), 29-39.

- Hasebrook, J. P. & Gremm, M. (1999). Multimedia for vocational guidance. Effects of individualized testing, videos, and photography on acceptance and recall. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 8, 217–240.
- Hazzard, E. (2011). *OpenLayers 2.10 Beginner's guide*. Birmingham, Mumbai: Packt Publishing.
- Herzog, T. R. (1985). A cognitive analysis of preference for waterscapes. *Journal of Environmental Psychology*, 5(3), 225–241.
- Hetherington, J. D. (1992). *Toward an integrative theory of environmental aesthetics* (PhD Thesis). University of Arizona, Tucson.
- Hicks, M., O'Malley, C., Nichols, S. & Anderson, B. (2003). Comparison of 2D and 3D representations for visualising telecommunication usage. *Behaviour & Information Technology*, 22(3), 185.
- Hipple, W. J. (1957). *The beautiful, the sublime, & the picturesque in eighteenth-century British aesthetic theory*. Carbondale: Southern Illinois University Press.
- Hobléa, F., Cayla, N., Guyomard, A., Peisser, C. & Renau, P. (2011). Géosciences et projets de territoire. Comparaison et conciliation de trois projets de géoparc dans les Préalpes françaises du Nord. In E. Reynard, N. Kramar, & L. Laigre (Eds), *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque organisé en l'honneur du Professeur Michel Marthaler. Lausanne, 24-26 juin 2010*, Géovisions (Vol. 37, p. 105–117). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Hoermann, F. (2007). *Abbilder und Animationen in Lernmedien* (Hauptseminar Kognition- und Lernpsychologie des Lernens mit neuen Medien). Ulm: Universität Ulm.
- Horton, D. & Wohl, R. R. (1956). Mass communication and para-social interaction. Observations on intimacy at a distance. *Psychiatry*, 19(3), 215–229.
- Hose, T. A. (1994). Telling the story of stone - assessing the client base. In D. O'Halloran (Ed.), *Geological and Landscape Conservation* (p. 451–457). London: Geological Society.
- Hose, T. A. (1998). Mountains of fire from the present to the past - or effectively communicating the wonder of geology to tourists. *Geologica Balcanica*, 28, 77–85.
- Hose, T. A. (2003). *Geotourism in England. A two-region case study analysis* (PhD Thesis). University of Birmingham, Birmingham.
- Huang, B., Jiang, B. & Li, H. (2001). An integration of GIS, virtual reality and the Internet for visualization, analysis and exploration of spatial data. *Journal of Geographical Information Science*, 15(5), 439–456.

- Hubbard, B. (2002). Direct measurement of basal motion at a hard-bedded, temperate glacier. Glacier de Tsanfleuron, Switzerland. *Journal of Glaciology*, 48(160), 1-8.
- Hubbard, B., Hubbard, A., Tison, J.-L., Mader, H. M., Nienow, P. & Grust, K. (2003). Spatial variability in the water content and rheology of temperate glaciers. Glacier de Tsanfleuron, Switzerland. *Annals of Glaciology*, 37, 1-6.
- Hubbard, B., Tison, J.-L., Jansens, L. & Spiro, B. (2000). Ice-core evidence of the thickness and character of clear-facies basal ice. Glacier de Tsanfleuron, Switzerland. *Journal of Glaciology*, 46(152), 140-150.
- Huber, T. P., Larkin, R. P. & Peters, G. L. (1988). *Dictionary of concepts in physical geography*. Reference sources for the social sciences and humanities. New York, Westport: Greenwood Press.
- Hughes, M. & Morrison-Saunders, A. (2005). Influence of on-site interpretation intensity on visitors to natural areas. *Journal of Ecotourism*, 4(3), 161-177.
- Imhof, E. (1982). *Cartographic relief presentation*. Berlin: De Gruyter.
- Isnard, H. (1978). *L'espace géographique*. Paris: Presses universitaires de France.
- Jacobi, D. (1984). Figures et figurabilité de la science dans des revues de vulgarisation. *Langages*, 19(75), 23-42.
- Jacobi, D. (1985). Références iconiques et modèles analogiques dans des discours de vulgarisation scientifique. *Social Science Information*, 24, 847-867.
- Jacobi, D. (1993). Les terminologies et leur devenir dans les textes de vulgarisation scientifique. *Didaskalia*, 1, 69-83.
- Jacobi, D. (1999). *La communication scientifique: discours, figures, modèles*. Grenoble: Presses universitaires de Grenoble.
- Jacobi, D., Schiele, B. & Cyr, M.-F. (1990). Note de synthèse. La vulgarisation et l'éducation non formelle. *Revue française de pédagogie*, 91(1), 81-111.
- Jacquinet-Delaunay, G. (2001). Les sciences de l'éducation et de la communication en dialogue: à propos des médias et des technologies éducatives. *L'année sociologique*, 51(2), 391-410.
- Jakobson, R. (1963). Linguistique et poétique. *Essais de linguistique générale*, 1, 209-248.
- Jaquiéry, C. (2001). Retour à Derborence. Sur les traces de Charles-Ferdinand Ramuz. In B. Chappuis (Ed.), *Les plus belles balades de 24 Week-end. 50 itinéraires sur les traces d'un personnage historique* (p. 107-110). Lausanne: Edipresse.
- Jeanneret, B. (1995). *Levé géomorphologique dans les Hautes Alpes Calcaires: entre Derborence et le Sanetsch* (No. 230). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.

- Jenny, B. & Hurni, L. (2006). Swiss-style colour relief shading modulated by elevation and by exposure to illumination. *Cartographic Journal*, 43(3), 198-207.
- Jensen, J. F. (1998). Interactivity. Tracking a new concept in media and communication studies. *Nordicom Review, Nordic research on media and communication review*, 19(2), 185-204.
- Jonassen, D. H. (1991). Objectivism versus constructivism. Do we need a new philosophical paradigm? *Educational Technology Research and Development*, 39, 5-14.
- Jonassen, D. H., Campbell, J. P. & Davidson, M. E. (1994). Learning with media. Restructuring the debate. *Educational Technology Research & Development*, 42(2), 31-39.
- Kaplan, S. (1979). Perception and landscape: conceptions and misconceptions. In G. H. Elsner & R. C. Smardon (Eds), *Proceedings of Our national landscape. A conference on applied techniques for analysis and management of the visual resource. Incline Village, 23-25 April 1979*, General technical report (p. 241-248). Berkeley: USDA Forest service.
- Kaplan, S. & Kaplan, R. (1982). *Cognition and environment. Functioning in an uncertain world*. New York: Praeger.
- Kastning, E. H. & Kastning, K. M. (2001). Misconceptions about caves and karst. Common problems and educational solutions. In T. Rea (Ed.), *Living with caves and karst. Proceedings of the 14th National Cave and Karst Management Symposium. Chattanooga, 19-22 October 1999*, Environmental Sustainability Publications (Vol. 139, p. 99-107). Chattanooga: Southeastern Cave Conservancy.
- Keene, P. (1994). Conservation through on-site interpretation for a public audience. In D. O'Halloran, C. Green, M. Harley, M. Stanley, & J. Knill (Eds), *Geological and Landscape Conservation. Proceedings of the Malvern International Conference. Great Malvern, 17-24 July 1993* (p. 407-411). London: Geological Society.
- Kennedy, B. A. (2004). Systems in geomorphology. In A. S. Goudie (Ed.), *Encyclopedia of geomorphology* (p. 1031-1033). London: Routledge.
- Ketter Norris, K. E. (1999). Using analogies to teach plate-tectonics concepts. *Journal of Geoscience Education*, 47, 449-454.
- King, L. C. (1953). Canons of landscape evolution. *Geological Society of America Bulletin*, 64, 721-752.
- Klass, G. M. (2008). *Just plain data analysis. Finding, presenting, and interpreting social science data*. New York: Rowman & Littlefield.
- Knowles, M. S. (1973). *The modern practice of adult education*. New York: Association Press.

- Koch, K., MacLean, J., Segev, R., Freed, M. A., Berry II, M. J., Balasubramanian, V. & Sterling, P. (2006). How much the eye tells the brain. *Current Biology*, 16(14), 1428–1434.
- Kozlik, L. (en cours). *Géosciences et transmission des savoirs. L'apport de l'utilisation du modèle didactique des trois histoires du paysage dans les situations de médiation scientifique sur le terrain* (Thèse de doctorat). Université de Lausanne, Institut de Géographie, Lausanne.
- Kozlik, L. (2006). *Les géomorphosites culturels des vallées du Trient, de l'Eau Noire et de Salanfe. Inventaire, évaluation et valorisation* (Mémoire de licence). Université de Lausanne, Institut de Géographie, Lausanne.
- Kraak, M.-J. & Ormeling, F. (2003). *Cartography. Visualization of spatial data* (2^e éd.). Upper Saddle River: Prentice-Hall.
- Kraak, M.-J. & Van Driel, R. (1997). Principles of hypermaps. *Computers & Geosciences*, 23(4), 457-464.
- Kramar, N. (2011). La médiation des géosciences comme expérience de décentration culturelle. In E. Reynard, L. Laigre, & N. Kramar (Eds), *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque organisé en l'honneur du Professeur Michel Marthaler. Lausanne, 24-26 juin 2010*, Géovisions (Vol. 37, p. 141-150). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Krygier, J. B. (1994). Sound and geographic visualization. In A. M. MacEachren & D. R. F. Taylor (Eds), *Visualization in modern cartography* (p. 149-166). Oxford: Pergamon.
- Kuonen, T. (2000). *Derborence et la vallée de la Lizerne*. Sierre: Monographic.
- Labhart, T. P. & Decrouez, D. (1997). *Géologie de la Suisse. Les compagnons du naturaliste*. Paris: Delachaux et Niestlé.
- Lakoff, G. (1987). *Women, fire, and dangerous things. What categories reveal about the mind*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lambiel, C., Bardou, É., Delaloye, R., Schoeneich, P. & Schütz, P. (2008). *Permafrost-Vaud. Etat des lieux de la distribution du pergélisol et du risque périglaciaire dans le canton de Vaud* (Rapport d'étude non publié). Lausanne: Universités de Lausanne et de Fribourg.
- Lamprecht, M., Fischer, A. & Stamm, H. (2009). *Wandern in der Schweiz 2008. Bericht zur Sekundäranalyse von «Sport Schweiz 2008» und zur Befragung von Wandernden in verschiedenen Wandergebieten* (Materialien Langsamverkehr No. 117) (p. 91). Bern: Bundesamt für Strassen ASTRA.
- Lange, E. (2001). The limits of realism. Perceptions of virtual landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 54, 163-182.
- Lapeyre, F. (Ed.) (1994). *Simple - simplification*. Cahiers du français contemporain. Paris: ENS.

- Larkin, J. H. & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive science*, 11(1), 65–100.
- Laurini, R. & Milleret-Raffort, F. (1990). Principles of geomatic hypermaps. *Proceedings of the 4th International Symposium on Spatial data handling. Zurich, 23-27 June 1990* (Vol. 2, p. 642-651). Zürich: Universität Zürich, ETHZ.
- Lazarrotti, O. (2003). Tourisme et patrimoine. Ad augusta per angustia [sic]. *Annales de Géographie*, 629, 91-110.
- Le Dinh, D. (1992). *Le Heimatschutz, une ligue pour la beauté. Esthétique et conscience culturelle au début du siècle en Suisse*. Histoire et société contemporaines. Lausanne: Université de Lausanne.
- Lemmens, M., Lorrain, R. & Haren, J. (1982). Isotopic composition of Ice and subglacially precipitated calcite in an Alpine area. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 18(2), 151-159.
- Lewin, J. (1980). Available and appropriate timescales in geomorphology. In R. A. Cullingford, D. A. Davidson, & J. Lewin (Eds), *Timescales in Geomorphology* (p. 3-10). Chichester, New York: Wiley & Sons.
- Lillo, J. (1994). An analysis of the annotated drawings of the internal structure of the Earth made by students aged 10-15 from primary and secondary schools in Spain. *Teaching Earth Sciences*, 19(3), 83–87.
- Lodha, S. K., Wilson, C. M. & Sheehan, R. E. (1996). LISTEN. Sounding uncertainty visualization. In R. Yagel & G. M. Nielson (Eds), *Proceedings of the 7th Conference on Volume Visualization (VOLVIS'96). San Fransisco, 28-29 October 1996* (p. 189-195). Los Alamitos: IEEE Computer Society Press.
- LPNMS (1969) Loi sur la protection de la nature, des monuments et des sites. Etat de Vaud.
- Lugeon, M. & Argand, E. (1937). *Notice explicative de la feuille 10 Saxon-Morcles*. Atlas géologique de la Suisse 1:25'000 (1^{re} éd.). Bern: Commission géologique Suisse.
- Maarek, P. J. (1986). *Média et malentendus. Cinéma et communication politique*. Paris: Édilig.
- MacEachren, A. M. (1994a). Visualization in modern cartography. Setting the agenda. In A. M. MacEachren (Ed.), *Visualization in modern cartography* (p. 1-12). Oxford: Pergamon.
- MacEachren, A. M. (1994b). *Some truth with maps. A primer on symbolization and design*. Washington DC: Association of American Geographers.
- MacEachren, A. M. (1995). *How maps work. Representation, visualization, and design*. New York: Guilford Press.

- MacEachren, A. M. (2001a). Cartography and GIS. Extending collaborative tools to support virtual teams. *Progress in Human Geography*, 25, 431–444.
- MacEachren, A. M. (2001b). An evolving cognitive-semiotic approach to geographic visualization and knowledge construction. *Cartography and Geographic Information Systems*, 19, 197–200.
- MacEachren, A. M. & Edsall, R. (1999). Virtual environments for geographic visualization. Potential and challenges. In S. Gauch (Ed.), *Proceedings of the 8th ACM International Conference on Information and knowledge management. Kansas City, 2-6 November 1999* (p. 35–40). New York: ACM.
- MacEachren, A. M., Gahegan, M., Pike, W., Brewer, I., Cai, G., Lengerich, E. & Hardisty, F. (2004). Geovisualization for knowledge construction and decision support. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 24(1), 13–17.
- MacEachren, A. M. & Kraak, M.-J. (2001). Research challenges in Geovisualization. *Cartography and Geographic Information Science*, 28(1), 3–12.
- MacEachren, A. M., Kraak, M.-J. & Verbree, E. (1999). Cartographic issues in the design and application of geospatial virtual environments. *Touch the past, visualize the future. Proceedings of the 19th International Cartographic Conference. Ottawa, 14-28 August 1999* (p. 14–21). Ottawa: International Cartographic Association.
- MacManus, P. M. (1987). It's the company you keep... The social determination of learning-related behaviour in a science museum. *Museum Management and Curatorship*, 6(3), 263–270.
- MacManus, P. M. (1988). Good companions. More on the social determination of learning-related behaviour in a science museum. *Museum Management and Curatorship*, 7(1), 37–44.
- MacManus, P. M. (1994). Families in museums. In R. Miles & L. Zavala (Eds), *Towards the museum of the future. New european perspectives* (p. 81–97). London: Routledge.
- Maillard, B. & Reynard, E. (2011). Inventaire des géomorphosites des vallées d'Entremont et de Ferret (Valais) et propositions de valorisation. In C. Lambiel, E. Reynard, & C. Scapozza (Eds), *La géomorphologie alpine. Entre patrimoine et contrainte. Actes du colloque de la Société Suisse de Géomorphologie. Olivone, 3-5 septembre 2009*, Géovisions (Vol. 36, p. 1–17). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Maire, R. (1976). *Recherches géomorphologiques sur les karsts haut-alpins des massifs de Platé, du Haut-Giffre, des Diablerets et de l'Oberland occidental* (Thèse de doctorat). Université de Nice-Sophia Antipolis, UFR Lettres, arts et sciences humaines, Nice.
- Maire, R. (1980). Eléments de karstologie physique. *Spelunca, Spécial 3*, 1–56.

- Mann, K. V. (2004). The role of educational theory in continuing medical education. Has it helped us? *Journal of Continuing Education in the Health Professions*, 24(1), 22-30.
- Maquelin, L. (1866). Ascension du Mont-Combin ou Graffeneire le 8 juillet 1865. *L'Echo des Alpes. Publication des sections romandes du Club Alpin Suisse* (p. 49-69). Genève: A. Jullien.
- Marguerat, P.-P. & Dadò, M. (1996). *Levé géomorphologique de la région de Derborence* (No. 243). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Mariétan, I. (1960). Le val de Derborence. *Bulletin de la Murithienne*, 77, 92-126.
- Martin, A. (1835). *La Suisse pittoresque et ses environs. Tableau général, descriptif, historique et statistique des 22 cantons, de la Savoie, d'une partie du Piémont et du Pays de Bade*. Paris: Souverain.
- Martin, S. (2011). Richesse et diversité du géopatrimoine suisse. Analyse de l'inventaire des géotopes d'importance nationale. In C. Lambiel, E. Reynard, & C. Scapozza (Eds), *La géomorphologie alpine. Entre patrimoine et contrainte. Actes du colloque de la Société Suisse de Géomorphologie. Olivone, 3-5 septembre 2009*, Géovisions (Vol. 36, p. 35-46). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Martin, S. & Ghiraldi, L. (2011). Internet au service du patrimoine. Cartographie dynamique de l'inventaire des géotopes d'importance nationale. In E. Reynard, L. Laigre, & N. Kramar (Eds), *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque organisé en l'honneur du Professeur Michel Marthaler. Lausanne, 24-26 juin 2010*, Géovisions (Vol. 37, p. 105-117). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Martin, S., Regolini-Bissig, G., Perret, A. & Kozlik, L. (2010). Élaboration et évaluation de produits géotouristiques. Propositions méthodologiques. *Téoros*, 29(2), 55-66.
- Martin, S. & Reynard, E. (2007). *Paysage viticole valaisan entre 1880 et 2005. Cartographie géo-historique* (Rapport non publié No. 2). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Martin, S. & Reynard, E. (2008a). *L'eau et la roche dans la région de Tsanfleuron. Présentation à destination des écoles de Savièse* (CD-ROM). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Martin, S. & Reynard, E. (2008b). *Documents pour une carte géotouristiques de Tsanfleuron* (CD-ROM). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.

- Martin, S. & Reynard, E. (2009). How can a complex geotourist map be made more effective? Popularisation of the Tsanfleuron heritage (Valais, Switzerland). In Bayerisches Landesamt für Umwelt (Ed.), *6th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems. Earth and Man* (Vol. 2, p. 261-264). München: Landesamt für Vermessung und Geoinformation.
- Martin, S., Reynard, E., Pellitero Ondicol, R. & Ghiraldi, L. (submitted). Multiscale web mapping for geoheritage visualisation and promotion. *Geoheritage*.
- Marton, P. (1994). La conception pédagogique de Systèmes d'Apprentissage Multimédia Interactif. Fondements, méthodologie et problématique. *Educatechnologiques*, 1(3), 91–112.
- Marton, P. & Harvey, D. (1994). L'évaluation des Systèmes d'Apprentissage Multimédia Interactif. *Educatechnologiques*, 1(3).
- Masotti, D. (1997). Potabilité de l'eau du Karst de Tsanfleuron. *Symposium 5: Applied Speleology. Proceedings of the 12th International Congress of Speleology. La Chaux-de-Fonds, 10-17 August 1997* (p. 9-12). La Chaux-de-Fonds: Société Suisse de Spéléologie.
- Matlin, M. W. & Brossard, A. (2001). *La cognition: une introduction à la psychologie cognitive*. Neurosciences et cognition. Bruxelles: De Boeck Université.
- Maulini, O. (2001). La communication scolaire: techniques, ruses et institution du questionnement. *Théories et interventions. Actes du congrès de la Société suisse de sociologie* (p. 19–22). Genève: Société suisse de sociologie.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13(2), 125-139.
- Mayer, R. E. & Gallini, J. K. (1990). When is an illustration worth ten thousand words? *Journal of educational psychology*, 82(4), 715–726.
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (2002a). Animation as an aid to multimedia learning. *Educational psychology review*, 14(1), 87–99.
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (2002b). Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and instruction*, 12(1), 107–119.
- Mayer, R. E. & Sims, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of educational psychology*, 86, 389–389.
- McManus, P. M. (1989). Oh, yes, they do. How museum visitors read labels and interact with exhibit texts. *Curator: The Museum Journal*, 32(3), 174–189.
- Megerle, H. (2008). *Geotourismus. Innovative Ansätze zur touristischen Inwertsetzung und nachhaltigen Regionalentwicklung*. Nürnberg: Kerrsting.

- Meng, L. (2003). Missing theories and methods in digital cartography. *Cartographic renaissance. Proceedings of the 21st International Cartographic Conference. Durban, 10-16 August 2003* (p. 1887-1894). Durban: International Cartographic Association.
- Meng, L. (2008). To see and see through graphics. Towards affordance-driven geovisualization. *Virtual Geographic Environments. Proceedings of the International Conference on Development in visualization and virtual environments in Geographic Information Science. Hong Kong, 7-8 January 2008*, CD-ROM. Hong Kong: Chinese University of Hong Kong.
- Metzker, P. (2009). *Chablais et Valais francophone*. Randonnées en montagne. Zollikofen: Club Alpin Suisse CAS.
- Meunier, J. P. & Peraya, D. (2004). *Introduction aux théories de la communication. Analyse sémio-pragmatique de la communication médiatique*. Bruxelles: De Boeck Université.
- Micoud, A. (2004). Des patrimoines aux territoires durables. Ethnologie et écologie dans les campagnes françaises. *Ethnologie française*, 37(2), 13–22.
- Micoud, A. (2005). La patrimonialisation ou comment redire ce qui nous relie (un point de vue sociologique). In C. Barrère, D. Barthélemy, M. Nieddu, & F.-D. Vivien (Eds), *Réinventer le patrimoine. De la culture à l'économie, une nouvelle pensée du patrimoine ?* (p. 81-96). Paris: L'Harmattan.
- Migon, P. (2009a). Promoting Geomorphological Heritage. State of the art, problems and challenges. In J.-C. Lin (Ed.), *East Asian Geoparks. Vision, problems and prospects* (p. 101-118). Taipei: The Geographical Society of China located in Taipei.
- Migon, P. (2009b). Geomorphosites and Word Heritage List of UNESCO. In E. Reynard, P. Coratza, & G. Regolini-Bissig (Eds), *Geomorphosites* (p. 119-130). München: Pfeil.
- Migon, P. (2010). *Landforms as a part of geoheritage and stories they tell*. Conférence donnée dans le cadre du cours Géomorphosites et géoconservation, 25 mars 2010, Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Milburn, D. (1972). Children's vocabulary. In N. J. Graves (Ed.), *New movements in the study and teaching of geography* (p. 107–120). London: Maurice Temple Smith.
- Miles, C. & Jenkins, R. (2000). Recency and suffix effects with immediate recall of olfactory stimuli. *Memory*, 8(3), 195.
- Mills, E. A. (1920). *Adventures of a nature guide and essays in interpretation*. Friendship: New Past Press.
- Moles, A. A. (1980). *L'image. Communication fonctionnelle*. Paris: Casterman.

- Morrison, J. L. (1997). Topographic mapping in the twenty-first century. In D. Rhind (Ed.), *Framework for the World* (p. 14–27). Cambridge: Geoinformation International.
- Mortureux, M. F. (1985). Linguistique et vulgarisation scientifique. *Social Science Information*, 24(4), 825.
- Moscardo, G. (1999). *Making visitors mindful. Principles for creating sustainable visitor experiences through effective communication*. Advances in tourism applications. Champaign: Sagamore.
- Moscardo, G. (2003). Interpretation and sustainable tourism. Functions, examples and principles. *Journal of tourism studies*, 14(1), 112-123.
- Moscardo, G., Ballantyne, R. & Hughes, K. (2007). *Designing interpretive signs. Principles in practice*. Golden: Fulcrum.
- Moucannas, H. (2007). Pathos et vulgarisation. De l'usage et de la traduction des émotions dans le discours de vulgarisation scientifique. *Cahiers de la MRSH*, 49, 55-78.
- Muller, J. M. & Laurini, R. (1997). La cartographie de l'an 2000. *Revue internationale de géomatique*, 7(1), 97-106.
- Musy, C. (2009). *L'imaginaire et l'expérience comme moteurs de la vulgarisation scientifique. Apport des visites en milieu naturel dans la vulgarisation des sciences de la Terre* (Mémoire de master). Université de Bourgogne, Laboratoire CIMEOS, Dijon.
- NAI (2011). Mission, vision, and core values.
http://www.interpnet.com/about_nai/mission.shtml
- Nardy, J.-P. (1982). Réflexions sur l'évolution historique de la perception géographique du relief terrestre. *L'espace géographique*, 3, 224-232.
- Nelson, B. D., Aron, R. H. & Francek, M. A. (1992). Clarification of selected misconceptions in physical geography. *Journal of Geography*, 91(2), 76-80.
- Nelson, D. L., Reed, V. S. & Walling, J. R. (1976). Pictorial superiority effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2(5), 523–528.
- Nelson, T. H. (1965). Complex information processing. A file structure for the complex, the changing and the indeterminate. In L. Winner (Ed.), *Proceedings of the 20th ACM National Conference. Cleveland, 24-26 August 1965* (p. 84-100). New York: ACM.
- Newsome, D. & Dowling, R. K. (2006). The scope and nature of geotourism. In R. K. Dowling & D. Newsome (Eds), *Geotourism. Sustainability, impacts and management* (p. 3-25). Amsterdam: Elsevier.

- NGS (s. d.). About geotourism. Article non publié.
http://travel.nationalgeographic.com/travel/sustainable/about_geotourism.html
- Nielsen, A. (2004). User navigation in 3D geovisualisation. In A. S. Brandt (Ed.), *Bridging the Pacific and Atlantic. Proceedings of the 12th International Conference on Geoinformatics - Geospatial Information Research. Gävle, 7-9 June 2004* (p. 412-416). Gävle: Gävle University Press.
- Office du tourisme de Savièse (2012). Sanetsch. *Office du tourisme de Savièse, Balades*. <http://www.saviese-tourisme.ch/valais/sanetsch.html>
- Office du Tourisme du Canton de Vaud (2011). *Sur les sentiers de la découverte. Nos plus belles balades*. Lausanne: OTV.
- OFS (2011). Ménages et population: utilisation d'Internet. *Statistique suisse, thème Société de l'information*.
http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/16/04/key/approche_globale.indicator.30106.301.html
- OFS & OECD (2006). Formation - Utilisation des TIC à l'école. *Statistique suisse, thème Société de l'information. Résultats de l'étude PISA 2006*.
http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/16/04/key/approche_globale.indicator.30404.304.html
- Orams, M. B. (1997). The effectiveness of environmental education. Can we turn tourists into « greenies »? *Progress in Tourism and Hospitality Research*, 3(4), 295–306.
- Origet du Cluzeau, C. (1998). *Le tourisme culturel. Que sais-je?* Paris: Presses universitaires de France.
- Ormeling, F. (1999). Map concepts in multimedia products. In W. E. Cartwright, M. P. Peterson, & G. Gartner (Eds), *Multimedia cartography* (p. 105-115). Berlin: Springer.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations. A dual coding approach*. Oxford: Oxford University Press.
- Pajarola, R. & Widmayer, P. (2001). Virtual geoexploration: concepts and design choices. *Journal of Computational Geometry & Applications*, 11(1), 1-14.
- Panizza, M. (1996). *Environmental geomorphology*. Developments in Earth surface processes. Amsterdam: Elsevier.
- Panizza, M. (2001). Geomorphosites. Concepts, methods and examples of geomorphological survey. *Chinese Science Bulletin, Suppl. Bd.*, 4-6.
- Panizza, M. (2003). Géomorphologie et tourisme dans un paysage culturel intégré. In E. Reynard, C. Holzmann, D. Guex, & N. Summermatter (Eds), *Géomorphologie et tourisme. Actes de la réunion annuelle de la Société Suisse de Géomorphologie. Finhaut, 21-23 septembre 2001*, Travaux et recherches (Vol. 24, p. 11-18). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.

- Panizza, M. & Piacente, S. (1993). Geomorphological assets evaluation. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 87 (Suppl.-Bd.), 13-18.
- Panizza, M. & Piacente, S. (2003). *Geomorfologia culturale*. Bologna: Pitagora.
- Park, O.-C. & Hopkins, R. (1993). Instructional conditions for using dynamic visual displays: a review. *Instructional Science*, 21(6), 427-449.
- Patterson, T. (2002). Getting real. Reflecting on the new look of national park service maps. *Proceedings of the 3rd ICA Mountain Cartography Workshop. Mt. Hood, 15-19 May 2002*.
- Pelfini, M., Brandolini, P., Carton, A. & Piccazzo, M. (2009). Geotourist trails: a geomorphological risk-impact analysis. In E. Reynard, P. Coratza, & G. Regolini-Bissig (Eds), *Geomorphosites* (p. 131-143). München: Pfeil.
- Pellaud, F., Eastes, R.-E. & Giordan, A. (2004). Un modèle pour comprendre l'apprendre: de l'empirisme au modèle allostérique. *Gymnasium Helveticum*, 5, 10-14.
- Pellaud, F., Eastes, R.-E. & Giordan, A. (2005). Un modèle pour comprendre l'apprendre: le modèle allostérique. *Gymnasium Helveticum*, 1, 28-33.
- Peraya, D. (1991). *Supports et moyens de formations. Les langages audiovisuels, communication socio-éducative et didactique*. Genève: Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation.
- Peraya, D. (1992). Le dispositif de communication éducative. *De la communication pédagogique au dispositif de communication et de formation médiatisée*. Article non publié.
<http://tecfa.unige.ch/themes/comu/def/comu-def-tr4.html>
- Pereira, P. J. (2006). *Património geomorphológico. Conceptualização, avaliação e divulgação. Aplicação ao Parque Natural de Montesinho* (Tese de doutoramento). Universidade do Minho, Escola de Ciências, Braga.
- Pereira, P. J., Brilha, J. B. R., Pereira, D. M. I. & Martin, S. (2010). Subjectivity and uncertainty in geological heritage quantitative assessment. Results from fieldwork using a predefined numerical methodology. In V. Mugge-Bartolovié, H.-G. Rahling, & V. Wrede (Eds), *Geotop 2010. Geosites for the Public. Paleontology and Conservation of Geosites. 14. Internationale Jahrestagung der Fachsektion GeoTop der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften & 6th International Symposium on Conservation of Geological Heritage*, Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften (Vol. 66, p. 114-115). Hagen.
- Pereira, P. J. & Pereira, D. M. I. (2010). Methodological guidelines for geomorphosite assessment. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 2, 215-222.
- Pereira, P. J., Pereira, D. M. I. & Alves, M. I. (2007). Geomorphosite assessment in Montesinho Natural Park (Portugal). *Geographica Helvetica*, 62, 159-168.

- Perrenoud, P. (1994). La communication en classe: onze dilemmes. *Cahiers pédagogiques*, 326, 13–18.
- Perret, A. & Reynard, E. (2011). Inventaire des géomorphosites du Parc jurassien vaudois (Col du Marchairuz, Vaud). In C. Lambiel, E. Reynard, & C. Scapoza (Eds), *La géomorphologie alpine. Entre patrimoine et contrainte. Actes du colloque de la Société Suisse de Géomorphologie. Olivone, 3-5 septembre 2009*, Géovisions (Vol. 36, p. 20-34). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Peterson, M. P. (1995). *Interactive and Animated Cartography*. New Jersey: Prentice Hall.
- Peterson, M. P. (1996). Between reality and abstraction. Non-temporal applications of cartographic animation. Article non publié.
<http://maps.unomaha.edu/AnimArt/article.html>
- Peterson, M. P. (1999). Elements of multimedia cartography. In W. E. Cartwright, M. P. Peterson, & G. Gartner (Eds), *Multimedia cartography* (p. 31-40). Berlin: Springer.
- Petit Larousse illustré. (2008). *Le Petit Larousse illustré*. Paris: Larousse.
- Petty, R. E. & Cacioppo, J. T. (1986). *Communication and persuasion. Central and peripheral routes to attitude change*. New York: Springer.
- Petty, R. E., MacMichael, S. & Brannon, L. (1992). The elaboration likelihood model of persuasion. Applications in recreation and tourism. In M. J. Manfreda (Ed.), *Influencing human behavior* (p. 77–101). Champaign: Sagamore.
- Peulvast, J.-P. & Vanney, J.-R. (2001). *Géomorphologie structurale. Terre, corps planétaires solides. Relief et structure*. Paris, Orléans: Gordon & Breach, Bureau de recherches géologiques et minières.
- Peytard, J., Jacobi, D. & Petroff, A. (1984). Français technique et scientifique. Reformulation, enseignement. *Langue française*, (64), 1–125.
- Phillips, M. (1993). *Géomorphologie du Vallon de Nant* (Mémoire de licence). Université de Lausanne, Institut de Géographie, Lausanne.
- Piaget, J. (1926). *La représentation du monde chez l'enfant*. Paris: Presses universitaires de France.
- Piaget, J. (1927). *La causalité physique chez l'enfant*. Paris: Alcan.
- Piaget, J. (1969). *Psychologie et pédagogie*. Médiations. Paris: Denoël.
- Piaget, J., Claparède, E. & Deslex, A. (1923). *Le langage et la pensée chez l'enfant*. Paris: Delachaux et Niestlé.
- Pitty, A. F. (1982). *The nature of geomorphology*. London, New York: Methuen.

- Portal, C. (2010). *Reliefs et patrimoine géomorphologique. Applications aux parcs naturels de la façade atlantique européenne*. (Thèse de doctorat). Université de Nantes, Institut de géographie et d'aménagement régional, Nantes.
- Pralong, J.-P. (2003). Valorisation et vulgarisation des sciences de la Terre. Les concepts de temps et d'espace et leur application à la randonnée pédestre. In E. Reynard, C. Holzmann, D. Guex, & N. Summermatter (Eds), *Géomorphologie et tourisme. Actes de la réunion annuelle de la Société Suisse de Géomorphologie (SSGm). Finhaut, 21-23 septembre 2001*, Travaux et recherches (Vol. 24, p. 115-127). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Pralong, J.-P. (2004). Pour une mise en valeur touristique et culturelle des patrimoines de l'espace alpin: le concept d'« histoire totale ». *Histoire des Alpes*, 9, 301-310.
- Pralong, J.-P. (2005). A method for assessing tourist potential and use of geomorphological sites. *Géomorphologie: relief, processus, environnement, Varia*, (3/2005), 189-196.
- Pralong, J.-P. (2006a). Geotourism: a new form of tourism utilising natural landscapes and based on imagination and emotion. *Tourism Review*, 61, 20-25.
- Pralong, J.-P. (2006b). *Géotourisme et utilisation de sites naturels d'intérêt pour les sciences de la Terre. Les régions de Crans-Montana-Sierre (Valais, Alpes suisses) et Chamonix-Mont-Blanc (Haute-Savoie, Alpes françaises)* (Thèse de doctorat). Université de Lausanne, Institut de Géographie, Lausanne.
- Pruneau, D. & Lapointe, C. (2002). Un, deux, trois, nous irons au bois... L'apprentissage expérientiel et ses applications en éducation relative à l'environnement. *Éducation et francophonie*, 30(2), 241-256.
- Rambert, E. (1866). *Les Alpes suisses* (Vol. 1). Paris; Genève: Librairie de la Suisse romande.
- Ramuz, C. F. (1934). *Derborence*. Plan-de-la-Tour: Éditions d'Aujourd'hui.
- Raper, J. (1992). Spatial data exploration using Hypertext techniques. In D. A. Ondaatje, J. Harts, H. F. L. Ottens, & H. J. Scholten (Eds), *Proceedings of the 2nd European Conference on Geographical Information Systems. Bruxelles, 2-5 April 1991* (Vol. 2, p. 920-928). Utrecht: EGIS Foundation.
- Rase, W.-D. (2003). Von 2D nach 3D—Perspektivische Darstellungen, Stereogramme, reale Modelle. In D. Dransch & M. Sester (Eds), *Visualisierung und Erschließung von Geodaten. Beiträge des Seminars GEOVIS. Hannover, 27.–28. Februar 2003*, Kartographische Schriften (Vol. 7, p. 13–24). Bonn: Deutsche Gesellschaft für Kartographie.

- Rasse, P. (2001). Savoirs formels et informels dans la muséologie des sciences. Savoirs formels et informels dans la communication scientifique et technique. *Recherches en Communication*, 15(15), 121.
- Ravachol Orange, D. (1999). Représentations et utilisations explicatives du temps en sciences de la Terre chez les élèves de lycée. Caractéristiques, obstacles, conditions de leur prise en compte didactique. In M. Caillot, G. Manneux, Y. Cartonnet, & M. Huchette (Eds), *Actes des 1ères rencontres scientifiques de l'ARDIST. L'actualité de la recherche en didactique des sciences expérimentales et des techniques. Cachan, 26-28 octobre 1999* (p. 119-124). Paris: Association pour la recherche en didactique des sciences et des techniques et des techniques.
- Ravachol Orange, D. (2003). *Utilisation du temps et explications en Sciences de la Terre par les élèves de Lycée. Etude dans quelques problèmes géologiques* (Thèse de doctorat). Université de Nantes, Centre de recherche en éducation, Nantes.
- Ravachol Orange, D. (2011). Les savoirs géologiques et la société. Entre problématisation et storytelling. In E. Reynard, L. Laigre, & N. Kramar (Eds), *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque organisé en l'honneur du Professeur Michel Marthaler. Lausanne, 24-26 juin 2010*, Géovisions (Vol. 37, p. 151-160). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Reeves, T. C. & Harmon, S. W. (1994). Systematic Evaluation Procedures for Interactive Multimedia for Education and. In S. Reisman (Ed.), *Multimedia computing. Preparing for the 21st century* (p. 472-505). Harrisburg; London: Idea.
- Reffay, A. (1996a). La géomorphologie. Composantes et concepts didactiques. In M. Derruau (Ed.), *Composantes et concepts de la géographie physique*, U. Géographie (p. 43-55). Paris: Armand Colin.
- Reffay, A. (1996b). La géomorphologie. Composantes et concepts épistémologiques. In M. Derruau (Ed.), *Composantes et concepts de la géographie physique* (p. 57-69). Paris: Armand Colin.
- Refsland, S. T., Ojika, T., Addison, A. C. & Stone, R. (2000). Virtual heritage. Breathing new life into our ancient past. *IEEE MULTIMEDIA*, 7(2), 20-21.
- Regolini-Bissig, G. (2011). *Cartographier les géomorphosites. Objectifs, publics et propositions méthodologiques* (Thèse de doctorat). Université de Lausanne, Institut de Géographie, Lausanne.

Regolini-Bissig, G., Alves, A., Brandolini, P., Garavaglia, V., Ghiraldi, L., Giardino, M., Hobléa, F., et al. (2009). How was Lake Derborence (VS, Switzerland) formed? Popularisation of geosciences by means of a geotourist map. In Bayerisches Landesamt für Umwelt (Ed.), *6th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems. Earth and Man* (Vol. 2, p. 290-293). München: Landesamt für Vermessung und Geoinformation.

Regolini-Bissig, G. & Martin, S. (2010). *Nature & Tourisme. Élaboration d'une fiche d'évaluation* (rapport non publié). Lausanne: Nature, culture et tourisme.

Regolini-Bissig, G. & Martin, S. (2012). Regards sur le relief naturel : bâtir la médiation sur ce qui est vu. *Géocarrefour*, (soumis).

Reid, D. J. (1984). The Picture Superiority Effect and biological education. *Journal of Biological Education*, 18(1), 29–36.

Reinfried, S. (2006). Conceptual change in physical geography and environmental sciences through mental model building. The example of groundwater. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 15(1), 41.

Reynard, E. (1992). *Géomorphologie de la vallée de la Morge (Valais)* (Mémoire de licence). Université de Lausanne, Institut de Géographie, Lausanne.

Reynard, E. (1997). Carte géomorphologique des Lapiés de Tsanfleuron (Hautes Alpes Calcaires, Valais). *Bulletin de la Société Neuchâteloise de Géographie*, 41, 22-38.

Reynard, E. (2004a). Géotopes, géo(morpho)sites et paysages géomorphologiques. In E. Reynard & J.-P. Pralong (Eds), *Paysages géomorphologiques. Séminaire de 3ème cycle CUSO 2003, Travaux et recherches* (Vol. 27, p. 123-136). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.

Reynard, E. (2004b). Geosite. In A. S. Goudie (Ed.), *Encyclopedia of Geomorphology* (p. 440). London: Routledge.

Reynard, E. (2004c). La géomorphologie et la création des paysages. In E. Reynard & J.-P. Pralong (Eds), *Paysages géomorphologiques. Séminaire de 3ème cycle CUSO 2003, Travaux et recherches* (Vol. 27, p. 9-20). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.

Reynard, E. (2004d). L'évaluation des géotopes géomorphologiques en Suisse. In E. Reynard & J.-P. Pralong (Eds), *Paysages géomorphologiques. Séminaire de 3ème cycle CUSO 2003, Travaux et recherches* (Vol. 27, p. 137-149). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.

Reynard, E. (2004e). *Tsanfleuron, entre roche et glace. Une invitation à la découverte géomorphologique du karst de Tsanfleuron*. Savièse: Commune de Savièse. Commission des relations publiques et tourisme.

- Reynard, E. (2005). Géomorphosites et paysages. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 3, 181-188.
- Reynard, E. (2008). Le lapiaz de Tsanfleuron. Un paysage glacio-karstique à protéger et à valoriser. In F. Hobléa, E. Reynard, & J.-J. Delannoy (Eds), *Karsts de montagne. Géomorphologie, patrimoine et ressource. Actes du colloque organisé dans le cadre des journées de l'Association française de Karstologie. Sion, 15 septembre 2006*, Collection Edytem (p. 157-168). Chambéry: Laboratoire EDYTEM.
- Reynard, E. (2009a). Geomorphosites: definitions and characteristics. In E. Reynard, P. Coratza, & G. Regolini-Bissig (Eds), *Geomorphosites* (p. 9-20). München: Pfeil.
- Reynard, E. (2009b). The assessment of geomorphosites. In E. Reynard, P. Coratza, & G. Regolini-Bissig (Eds), *Geomorphosites* (p. 63-71). München: Pfeil.
- Reynard, E. & Berrebi, Y. (2008). Percorsi geodattici e aspettative del pubblico. In R. Pignone & M. Panizza (Eds), *Geologia e turismo: beni geologici e geodiversità. Atti del terzo Congresso nazionale. Bologna, 1-3 marzo 2007* (p. 15-21). Bologna: Tipografia Moderna.
- Reynard, E., Coratza, P. & Regolini-Bissig, G. (Eds) (2009a). *Geomorphosites*. München: Pfeil.
- Reynard, E., Coratza, P. & Regolini-Bissig, G. (2009b). Scientific research on geomorphosites over the last eight years. Improvements and aims of the book. In E. Reynard, P. Coratza, & G. Regolini-Bissig (Eds), *Geomorphosites*. München: Pfeil.
- Reynard, E., Coratza, P. & Regolini-Bissig, G. (2009c). *Geomorphological sites: research, protection and education. A working group of the International Association of Geomorphologists (IAG). Final report 2005-2009*. Lausanne, Modena: IAG.
- Reynard, E., Fontana, G., Kozlik, L. & Scapozza, C. (2007). A method for assessing « scientific » and « additional values » of geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 3, 148-158.
- Reynard, E., Hobléa, F., Cayla, N. & Gauchon, C. (2011). Les hauts lieux géologiques et géomorphologiques alpins. Vers une redécouverte patrimoniale ? *Revue de géographie alpine*, 99(2).
- Reynard, E., Morand, S. & Amman, T. (2003). Protection et mise en valeur d'un site géomorphologique. La région du Sanetsch (Valais, Suisse). In E. Reynard, C. Holzmann, D. Guex, & N. Summermatter (Eds), *Géomorphologie et tourisme. Actes de la réunion annuelle de la Société Suisse de Géomorphologie. Finhaut, 21-23 septembre 2001*, Travaux et recherches (Vol. 24, p. 35-52). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.

- Reynaud, A. (1971). *Epistémologie de la géomorphologie*. Premier cycle Géographie. Paris: Masson.
- Reynaut, C. (1989). La crise sahélo-soudanienne. Un paradigme possible pour l'analyse des relations milieu/société/technique. In M. Bruneau & D. Dory (Eds), *Les enjeux de la tropicalité*, Recherche en géographie (p. 136-143). Paris: Masson.
- Rhyné, T. M. (1997). Going virtual with geographic information and scientific visualization. *Computers & Geosciences*, 23(4), 489-491.
- Rieber, L. P. (1990). Using computer animated graphics with science instruction with children. *Journal of educational psychology*, 82(1), 135.
- Rivas, V., Rix, K., Frances, E., Cendrero, A. & Brundsen, D. (1997). Geomorphological indicators for environmental impact assessment: consumable and non-consumable geomorphological resources. *Geomorphology*, 18, 169-182.
- Rochette, C. (2002). Comment vendre la saison d'été à la montagne? *Le tourisme d'été dans les Alpes, quel avenir? Actes du 5e Symposium international du tourisme. Martigny, 24-25 octobre 2002* (p. 21-23). Martigny: Fondation ITS.
- Roggenbuck, J. W. (1992). Use of persuasion to reduce resource impacts and visitor conflicts. In M. J. Manfreda (Ed.), *Influencing human behavior* (p. 149-208). Champaign: Sagamore.
- Rohn-Brossard, M. (2006). *Parc naturel, chemin à thème et impact économique* (Travail de diplôme). Université de Neuchâtel, Faculté des sciences naturelles, Neuchâtel.
- Roucous, N. (2007). Les loisirs de l'enfant ou le défi de l'éducation informelle. *Revue française de pédagogie*, 160(3), 63-73.
- Ryan, C. (2002). Tourism and cultural proximity. Examples from New Zealand. *Annals of Tourism Research*, 29(4), 952-971.
- Ryan, C. & Pike, S. (2003). Maori-based tourism in Rotorua. Perceptions of place by domestic visitors. *Journal of Sustainable Tourism*, 11(4), 307-321.
- Salomon, G. (1984). Television is « easy » and print is « tough ». The differential investment of mental effort in learning as a function of perceptions and attributions. *Journal of educational psychology*, 76(4), 647-658.
- Salomon, G. (1994). *Interaction of media, cognition, and learning*. London: Routledge.
- Salomon, J.-N. (2006). *Précis de karstologie*. Bordeaux: Presses universitaires de Bordeaux.
- Saussure, F. (1916). *Cours de linguistique générale*. Lausanne, Paris: Payot.

- Savoy, L., Favre, G. & Masotti, D. (2008). Hydrogéologie du karst de Tsanfleuron et essais multitraçages. Années 2005 et 2006. In F. Hobléa, E. Reynard, & J.-J. Delannoy (Eds), *Karsts de montagne. Géomorphologie, patrimoine et ressource. Actes du colloque organisé dans le cadre des journées de l'Association française de Karstologie. Sion, 15 septembre 2006*, Collection Edytem (p. 135-146). Chambéry: Laboratoire EDYTEM.
- Schlup, M. & Marthaler, M. (2009). *Une longue histoire conservée dans les roches et les structures. Annexe aux documents du tronçon Dents Blanches - les Diablerets de la Via GeoAlpina*. Wabern: Service géologique national & ScNat.
- Schnotz, W. (2001). Sign systems, technologies, and the acquisition of knowledge. In J.-F. Rouet, J. J. Levonen, & A. Biardeau (Eds), *Multimedia learning. Cognitive and instructional issues* (p. 9-29). London: Elsevier Science.
- Schobesberger, D. & Patterson, T. (2008). Evaluating the effectiveness of 2D vs. 3D trailhead maps. A map user study conducted at Zion National Park, United States. *Mountain mapping and visualisation. Proceedings of the 6th ICA Mountain cartography workshop. Lenk, 11-15 February 2008* (p. 201-205). Zürich: ETHZ, Institute of Cartography.
- Schoeneich, P. (1993). Comparaison des systèmes de légendes français, allemand et suisse. Principes de la légende IGUL. In P. Schoeneich & E. Reynard (Eds), *Cartographie géomorphologique. Cartographie des risques. Actes de la Réunion annuelle de la Société suisse de géomorphologie. Les Diablerets et Randa, 19 au 21 juin 1992*, Travaux et recherches (p. 15-24). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Schoeneich, P., Reynard, E. & Pierrehumbert, G. (1998). Geomorphological mapping in the Swiss Alps and Prealps. In K. Kriz (Ed.), *Hochgebirgskartographie Silvretta. Workshop der Kommission Hochgebirgskartographie der Deutsche Gesellschaft für Kartographie*, Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie (p. 145-153). Wien: Universität Wien, Institut für Geographie.
- Schramm, W. (1969). « Feedback » for instructional television (No. 3). Research Memorandum (p. 23). Stanford: Californian institute for communication research.
- Schramm, W. (1970). *Mass communication* (Vol. 2). Urbana: University of Illinois Press.
- Schumm, S. A. (2004). Geomorphic threshold. In A. S. Goudie (Ed.), *Encyclopedia of geomorphology* (p. 1051-1052). London: Routledge.
- Schumm, S. A. & Lichty, R. W. (1965). Time, space, and causality in geomorphology. *American Journal of Science*, 236, 110-119.

- Schwarb, M., Daly, C., Frei, C. & Schär, C. (2001). Hauteurs annuelles moyennes des précipitations dans la zone alpine européenne 1971-1990. Atlas hydrologique de la Suisse. Berne: Service hydrologique national.
- Scianna, A. & Ammoscato, A. (2010). 3D GIS data model using open source software. In A. Peled (Ed.), *Core spatial databases updating, maintenance and services from theory to practice. Proceedings of the International ISPRS Workshop. Haifa, 15-17 March 2010* (Vol. 38, p. 120-125). Haifa: University of Haifa.
- Sellier, D. (2009). La vulgarisation du patrimoine géomorphologique. Objets, moyens et perspectives. *Bulletin de l'Association des Géographes Français, 1*, 67-135.
- Sellier, D. (2010). L'analyse intégrée du relief et la sélection déductive des géomorphosites. Application à la Charente-Maritime (France). *Géomorphologie: relief, processus, environnement, 2*, 199-214.
- Senate and House of Representatives of the USA. (1916). Act to establish a National Park Service (Organic Act, n° 16 U.S.C. 1).
- Serrano Cañadas, E. & González-Trueba, J. J. (2005). Assessment of geomorphosites in natural protected areas. The Pico de Europa National Park (Spain). *Géomorphologie: relief, processus, environnement, 3*, 197-208.
- Serrell, B. (1996). *Exhibit labels. An interpretive approach*. Walnut Creek: AltaMira.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal, 27*(10), 379-423, 623-656.
- Shannon, C. E. & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Champaign: University of Illinois Press.
- Sharp, J. G., Mackintosh, M. A. P. & Seedhouse, P. (1995). Some comments on children's ideas about Earth structure, volcanoes, earthquakes and plates. *Teaching Earth Sciences, 20*(1), 28-30.
- Sharp, M., Campbell Gemmel, J. & Tison, J.-L. (1989). Structure and stability of the former subglacial drainage system of the glacier de Tsanfleuron, Switzerland. *Earth Surface Processes and Landforms, 14*, 119-134.
- Shin, Y.-S. (2003). Virtual experiment environments design for science education. In T. Kunii, S. H. Soon, & A. Sourin (Eds), *Proceedings of the 2nd International Conference on Cyberworlds. Singapore, 3-5 December 2003* (p. 388-395). Los Alamitos: IEEE Computer Society.
- Simond, G. (2001). De Tsanfleuron, refuge des diables, au Sanetsch. Sur les traces d'Eugène Rambert, écrivain et alpiniste. In B. Chappuis (Ed.), *Les plus belles balades de 24 Week-end. 50 itinéraires sur les traces d'un personnage historique* (p. 103-106). Lausanne: Edipresse.

- Sims, R. (1997). Interactivity. A forgotten art? *Computers in Human Behavior*, 13(2), 157–180.
- Slocum, T. A., MacMaster, R. B., Kessler, F. C. & Howard, H. H. (2009). *Thematic cartography and geovisualization*. Geographic Information Science. Upper Saddle River: Pearson Education.
- Smallman, H. S., St John, M., Oonk, H. M. & Cowen, M. B. (2001). Information availability in 2D and 3D displays. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(5), 51–57.
- Souchez, R. & Lemmens, M. (1985). Subglacial carbonate deposition. An isotopic study of a present-day case. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 51, 357–364.
- Spencer, H. A. D. (2002). Balancing perspectives in exhibition text. In B. Lord & G. D. Lord (Eds), *The manual of museum exhibitions* (p. 394–398). Walnut Creek: AltaMira.
- Spiro, L., Seylaz, L. & Mariétan, I. (1956). *Derborence : histoire de la catastrophe*. Lausanne: Feissly.
- St John, M., Cowen, M. B., Smallman, H. S. & Oonk, H. M. (2001). The use of 2D and 3D displays for shape-understanding versus relative-position tasks. *Human Factors*, 43(1), 79–98.
- Staffelbach, H. (2005). *Paradis sauvages de Suisse. Les plus belles randonnées dans l'univers féerique de la montagne*. Bussigny: Rossolis.
- Strahler, A. N. (1952). Dynamic basis of geomorphology. *Geological Society of America Bulletin*, 63, 923–938.
- Strahler, A. N. (1960). *Physical geography* (2^e éd.). Chichester, New York: Wiley & Sons.
- Stromer–Galley, J. (2004). Interactivity–as–product and interactivity–as–process. *The Information Society*, 20, 391–394.
- Stuart, G. W., Tondora, J. & Hoge, M. A. (2004). Evidence-based teaching practice. Implications for behavioral health. *Administration and Policy in Mental Health*, 32(2), 107–130.
- Stynes, D. J. (1997). *Economic impacts of Tourism. A handbook for tourism professionals*. Urbana: University of Illinois, Tourism Research Laboratory.
- Suisse Tourisme (2011). *100 lieux exceptionnels à découvrir. Les plus belles idées d'évasion en Suisse, sélectionnées par nos experts*. Zürich: Suisse Tourisme.
- Suisse Tourisme (2012a). Réserve naturelle du Pont de Nant. *Suisse Tourisme, excursions d'été, Nature, Paysage*.
http://www.myswitzerland.com/fr/accueil/decouvrir_la_suisse/excursions-ete/natur/paysages/reserve-naturelle-du-pont-de-nant.html

- Suisse Tourisme (2012b). Derborence - lac de montagne formé par un éboulement. *Suisse Tourisme, 100 lieux exceptionnels*.
<http://www.myswitzerland.com/fr/suggestions-1/vacanceete/100-lieux-exceptionnels/derborence-foret-vierge-dans-le-valais-central.html>
- Suisse Tourisme (2012c). Quille du Diable: Glacier des Diablerets. *Suisse Tourisme, 100 lieux exceptionnels*.
<http://www.myswitzerland.com/fr/suggestions-1/vacanceete/100-lieux-exceptionnels/quille-du-diable-glacier-des-dialberets.html>
- Swisstopo (2007). Carte du relief en couleur à 1:1 million. Wabern: Swisstopo.
- Tardy, M. (1975). La fonction sémantique des images. *Études de Linguistique Appliquée, 17*, 19–43.
- Tavanti, M. & Lind, M. (2001). 2D vs 3D, implications on spatial memory. In K. Andrews, S. F. Roth, & P. C. Wong (Eds), *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization (INFOVIS'01). San Diego, 22-23 October 2001* (p. 139-148). Los Alamitos: IEEE Computer Society.
- Taylor, D. R. F. (1991). Geographic Information Systems. The microcomputer and modern cartography. In D. R. F. Taylor (Ed.), *Geographic Information Systems. The microcomputer and modern cartography* (p. 1-20). Oxford: Pergamon.
- Taylor, D. R. F. (1994). Cartography for knowledge, action and development: retrospective and prospective. *The Cartographic Journal, 31*(1), 52–55.
- Theiler, D. (2010). *Contribution à la cartographie géomorphologique de la dynamique sédimentaire des petits bassins versants torrentiels* (Thèse de doctorat). Université de Lausanne, Institut de Géographie, Lausanne.
- Thomi, L. (2005). Les quatre étapes de la morphogenèse. In E. Reynard & G. Bissig (Eds), *Géomorphologie générale, Matériaux pour les cours et séminaires* (Vol. 1, p. 25). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Tilden, F. (1957). *Interpreting our heritage. Principles and practices for visitor services in parks, museums, and historic places*. Chapel Hill: University of North Carolina Press.
- Tilden, F. & Craig, R. B. (1977). *Interpreting our heritage*. Chapel Hill: University of North Carolina Press.
- Tory, M. (2004). *Combining 2D and 3D views for visualization of spatial data* (PhD Thesis). Simon Fraser University, School of Computing Science, Vancouver.
- Tory, M., Kirkpatrick, A. E., Atkins, S. M. & Möller, T. (2006). Visualization task performance with 2D, 3D, and combination displays. *IEEE Transactions on visualization and computer graphics, 12*(1), 2–13.

- Tóth, G. (2006). *A mérsékeltövi mészko magashegységek fedetlen karros celláinak osztályozása és fejlődése [Classification and development of bare karren cells in calcareous high mountains]* (Thèse de doctorat). Université de Pécs, Faculté des Sciences, Szombathely.
- Tóth, G. (2008). Une nouvelle approche du système des lapiés alpins nus. In F. Hobléa, E. Reynard, & J.-J. Delannoy (Eds), *Karsts de montagne. Géomorphologie, patrimoine et ressource. Actes du colloque organisé dans le cadre des journées de l'Association française de Karstologie. Sion, 15 septembre 2006*, Collection EDYTEM (Laboratoire EDYTEM., p. 147-156). Chambéry.
- Tóth, G. & Reynard, E. (2011). Développement et spécificités des cellules lapiézées sur Lapiaz de Tsanfleuron (Alpes Bernoises, Suisse). *Zeitschrift für Geomorphologie*, 55(2), 231-245.
- Tricart, J. (1965). *Principes et méthodes de la géomorphologie*. Paris: Masson.
- Tricart, J. & Cailleux, A. (1965). *Introduction à la géomorphologie climatique*. Paris: Société d'édition d'enseignement supérieur.
- Tufte, E. R. (1991). *Envisioning information*. Cheshire: Graphics Press.
- Tversky, B., Morrison, J. B. & Betrancourt, M. (2002). Animation: can it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studies*, 57(4), 247-262.
- Twidale, C. R. & Lageat, Y. (1994). Climatic geomorphology. A critique. *Progress in Physical Geography*, 18(3), 319-334.
- UNESCO (1972). Convention concernant la protection du patrimoine mondial culturel et naturel, 17e conférence générale.
- Vasconcellos, R. (1996). Tactile mapping design and the visually impaired user. In C. R. Wood & C. P. Keller (Eds), *Cartographic design. Theoretical and practical perspectives* (p. 91-102). Chichester, New York: Wiley & Sons.
- VAW & ScNat (2012a). Réseau suisse de relevés glaciologiques. Glaciers des Martinets, Bex (VD).
<http://glaciology.ethz.ch/messnetz/data/martinets.html>
- VAW & ScNat (2012b). Réseau suisse de relevés glaciologiques. Glacier de Tsanfleuron, Savièse (VS).
<http://glaciology.ethz.ch/messnetz/data/tsanfleuron.html>
- Verbree, E. (1999). Interaction in virtual world views. Linking 3D GIS with VR. *International Journal of Geographical Information Science*, 13(4), 385-396.
- Veizin, J.-F. (1972). L'apprentissage des schémas, leur rôle dans l'acquisition des connaissances. *L'année psychologique*, 72(1), 179-198.
- Veizin, J.-F. (1974). Etude comparée de schémas plus ou moins concrets et d'énoncés verbaux. *Enfance*, 27(1), 21-44.

- Vidal, G. (2006). *Contribution à l'étude de l'interactivité. Les usages du multimédia de musée*. Labyrinthes. Bordeaux: Presses universitaires de Bordeaux.
- Viers, G. (1967). *Eléments de géomorphologie*. Paris: Nathan.
- Vincent, G. (1994). *L'éducation prisonnière de la forme scolaire? Scolarisation et socialisation dans les sociétés industrielles*. Lyon: Presses universitaires de Lyon.
- Vincent, J.-M. (1995). Rapport introductif. In J.-P. Bady & J.-M. Vincent (Eds), *Actes du colloque Patrimoine culturel, patrimoine naturel. Paris, 12-13 décembre 1994* (p. 17-22). Paris: La Documentation française.
- Vitek, J. D., Giardino, J. R. & Fitzgerald, J. W. (1996). Mapping geomorphology. A journey from paper maps, through computer mapping to GIS and Virtual Reality. *Geomorphology*, 16, 233-249.
- Vrasidas, C. (2000). Constructivism versus objectivism. Implications for interaction, course design, and evaluation in distance education. *International Journal of Educational Telecommunications*, 6(4), 339-362.
- Vygotski, L. S. (1934). *Pensée et langage*. Paris: La Dispute.
- Wagensberg, J. (2003). The real object and triple interactivity in modern scientific museology. In B. Pellegrini (Ed.), *Sciences au musée, sciences nomades* (p. 73-90). Genève, Zürich: Georg.
- Walz, A., Gloor, C., Bebi, P., Fischlin, A., Lange, E., Nagel, K. & Allgöwer, B. (2008). Virtual worlds - real decisions. Model- and visualization-based tools for landscape planning in Switzerland. *Mountain Research and Development*, 28(2), 122-127.
- Wang, N. (1999). Rethinking authenticity in tourism experience. *Annals of tourism research*, 26(2), 349-370.
- Weber, E. (2005). *La source thermique karstique du Chaudron et les sources de la vallée de la Lizerne, Derborence (Valais)* (Diplôme postgrade). Université de Neuchâtel. Centre d'hydrogéologie CHYN, Neuchâtel.
- Weidenmann, B. (1995). Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess. In L. J. Issing & P. Klimsa (Eds), *Information und Lernen mit Multimedia* (p. 65-84). Weinheim: Psychologie Verlagsunion.
- Weidenmann, B. (1997). Abbilder in Multimedia-Anwendungen. In L. J. Issing & P. Klimsa (Eds), *Information und Lernen mit Multimedia* (p. 107-122). Weinheim: Psychologie Verlagsunion.
- Weidenmann, B. (2001). Lernen mit Medien. In A. Krapp & B. Weidenmann (Eds), *Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch* (p. 415-465). Weinheim: Psychologie Verlagsunion.
- Whittow, J. B. (Ed.) (1984). *The Penguin dictionary of physical geography*. London: Lane.

- Widner Ward, C. & Wilkinson, A. E. (2006). *Conducting meaningful interpretation; a field guide for success*. Golden: Fulcrum.
- Wiederkehr, E., Dufour, S. & Piégay, H. (2010). Localisation et caractérisation semi-automatique des géomorphosites fluviaux potentiels. Exemples d'applications à partir d'outils géomatiques dans le bassin de la Drôme (France). *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 2, 175-188.
- Wills, S. (1996). Interface to interactivity. Tools and techniques. *Education research and perspectives*, 23(2), 18-27.
- Wolfe, J. M. (2000). Visual attention. In K. K. De Vallois (Ed.), *Seeing* (2^e éd., p. 335-386). San Diego: Academic press.
- Woods, B. (1997). *Signs, signs everywhere, but are they being read?* Cairns: Cooperative research center for tropical rainforest ecology and management.
- Zhou, D., Yanagida, J. F., Chakravorty, U. & Leung, P. S. (1997). Estimating economic impacts from tourism. *Annals of Tourism Research*, 24(1), 76-89.
- Zouros, N. (2005). Assessment, protection, and promotion of geomorphological and geological sites in the Aegean area, Greece. *Géomorphologie : relief, processus, environnement, Varia*, 3, 227-234.
- Zryd, A. (2001). *Les glaciers*. La nature dans les Alpes. Saint-Maurice: Pillet.

Liste des annexes

Les annexes sont disponibles uniquement en téléchargement, via le site web de l'IGD ou auprès de l'auteur. En voici la liste.

Enquête A

- A 1.1 questionnaire pour Derborence
- A 1.2 questionnaire pour le vallon de Nant
- A 1.3 questionnaire pour Tsanfleuron
- A 2.1 scan brut des questionnaires de Derborence
- A 2.2 scan brut des questionnaires du vallon de Nant
- A 2.3 scan brut des questionnaires de Tsanfleuron
- A 3 tableaux des données
- A 4 log des analyses statistiques
- A 5 graphiques de synthèse

Enquête B

- B 1 questionnaire
- B 2 scan brut des questionnaires
- B 3 tableaux des données

Enquête C

- C 1.1 pré-questionnaire
- C 1.2 fiche d'accompagnement de la visite libre
- C 1.3 post-questionnaire
- C 1.4 guide d'entretien
- C 2.1 scan brut des pré-questionnaires
- C 2.2 scan brut des questionnaires d'accompagnement de la visite libre
- C 2.3 scan brut des post-questionnaires
- C 2.4 enregistrements audio des entretiens
- C 3 tableaux des données

Evaluation des sentiers (projet NCT)

- D 1 méthode d'évaluation
- D 2 tableaux des données

- N° 40 **Cristian Scapozza** (2013) : Stratigraphie, morphodynamique, paléoenvironnements des terrains sédimentaires meubles à forte déclivité du domaine périglaciaire alpin. Lausanne : Université, Institut de géographie et durabilité. 551 pages.
- N° 39 **Philippe HERTIG** (2012) : Didactique de la géographie et formation initiale des enseignants spécialistes. Conception et première évaluation du nouveau dispositif de formation initiale des enseignants de géographie du Secondaire supérieur à la HEP Vaud. Lausanne : Université, Institut de géographie. 260 pages.
- N° 38 **Géraldine REGOLINI** (2012) : Cartographier les géomorphosites. Objectifs, publics et propositions méthodologiques. Lausanne : Université, Institut de géographie. 294 pages.
- N° 37 **Emmanuel REYNARD, Laetitia LAIGRE, Nicolas KRAMAR** (eds) (2011) : Les géosciences au service de la société. Actes du colloque organisé en l'honneur du Professeur Michel Marthaler, 24-26 juin 2010, Lausanne. Lausanne : Université, Institut de géographie. 262 pages.
- N° 36 **Christophe LAMBIEL, Emmanuel REYNARD, Cristian SCAPOZZA** (eds) (2011) : La géomorphologie alpine: entre patrimoine et contrainte. Actes du colloque de la Société Suisse de Géomorphologie, 3-5 septembre 2009, Olivone. Lausanne : Université, Institut de géographie. 273 pages.
- N° 35 **Géraldine REGOLINI-BISSIG, Emmanuel REYNARD** (eds) (2010) : Mapping Geoheritage, 127 pages.
- N° 34 **Lawali DAMBO** (2007) : Usages de l'eau à Gaya (Niger) : entre fortes potentialités et contraintes majeures. Thèse de doctorat, 354 pages. Version couleur sur CD-ROM annexé.
- N° 33 **Christophe LAMBIEL** (2006) : Le pergélisol dans les terrains sédimentaires à forte déclivité : distribution, régime thermique et instabilités. Thèse de doctorat, 260 pages.
- N° 32 **Jean-Pierre PRALONG** (2006) : Géotourisme et utilisation des sites naturels d'intérêt pour les sciences de la Terre : les régions de Crans-Montana-Sierre (Valais, Alpes suisses) et Chamonix-Mont-Blanc (Haute-Savoie, Alpes françaises). Thèse de doctorat, 224 pages.
- N° 31 **Lawali DAMBO, Emmanuel REYNARD** (eds) (2005) : Vivre dans les milieux fragiles : Alpes et Sahel. Hommage au Professeur Jorg Wlnistorfer. 348 pages.
- N° 30 **Marina MARENGO et Jean-Bernard RACINE** (avec la collaboration de C.-A. BLANC) (2005) : De l'Etat Providence à la solidarité communautaire : le monde associatif à Lausanne. (Agenda 21). Vers un nouveau projet de société locale. 242 pages.



UNIL | Université de Lausanne

Institut de géographie
et durabilité

Quartier - Mouline
Géopolis
CH-1015 Lausanne

www.unil.ch/igd

ISBN 978-2-940368-17-4



9 782940 368174 >