

Analyse et propositions de valorisation d'un paysage géomorphologique. Le cas de la Greina

Georgia FONTANA

Sous la direction du Prof. Emmanuel REYNARD
Expert : Dr. Fabien HOBLEA



Photo de couverture

Au premier plan, le Rein da Sumvitg et les moraines dans la région du Plaun la Greina. A l'arrière plan, de gauche à droite, les sommets du Piz las Palas, du Piz Tgietschen, du Piz Ner et du Piz Stgir.

Table des matières

RÉSUMÉ	I
ABRÉVIATIONS	III
REMERCIEMENTS	V
1. INTRODUCTION	1
1.1 INTRODUCTION GÉNÉRALE	3
1.2 PLAN DE LA RECHERCHE	5
2. PROBLÉMATIQUE	7
2.1 QUESTION GÉNÉRALE	9
2.2 ÉTAT DE LA QUESTION	9
2.3 OBJECTIFS	11
2.4 CHOIX DE LA RÉGION D'ÉTUDE	13
3. CADRE THÉORIQUE	15
3.1 LE PAYSAGE	17
3.1.1 Le concept de paysage et son analyse en géographie	17
3.1.2 Le concept de paysage géomorphologique	18
3.1.2.1 <i>La valeur scientifique</i>	19
3.1.2.2 <i>La valeur esthétique</i>	20
3.1.2.3 <i>La valeur écologique</i>	21
3.1.2.4 <i>La valeur culturelle</i>	24
3.1.2.5 <i>La valeur économique</i>	24
3.1.2.6 <i>Synthèse</i>	25
3.1.3 La protection du paysage au niveau fédéral	26
3.1.3.1 <i>Bases légales principales</i>	26
3.1.3.2 <i>Autres bases légales</i>	27
3.1.3.3 <i>Instruments de protection principaux</i>	28
3.1.3.4 <i>Synthèse</i>	31
3.1.4 La protection du paysage au niveau cantonal et communal	32
3.1.4.1 <i>Canton du Tessin</i>	32
3.1.4.2 <i>Canton des Grisons</i>	33
3.1.4.3 <i>Les grandes aires protégées</i>	34
3.1.4.4 <i>Synthèse</i>	35
3.1.5 Le gestion du paysage en Suisse : synthèse	35
3.2 LE PATRIMOINE GÉOMORPHOLOGIQUE	36
3.2.1 Les concepts de patrimoine géomorphologique, de géodiversité et de géotope	36
3.2.2 Enjeux dans la gestion du patrimoine géomorphologique	38
3.2.3 La protection du patrimoine géomorphologique	38
3.2.3.1 <i>Au niveau fédéral</i>	39
3.2.3.2 <i>Au niveau du cantonal et communal</i>	41
3.2.3.3 <i>Synthèse</i>	41
3.2.4 La valorisation du patrimoine géomorphologique	41
3.2.4.1 <i>Le géotourisme</i>	42

	3.2.4.2	<i>Synthèse</i>	44
	3.2.5	La gestion du patrimoine géomorphologique en Suisse : synthèse	44
4.	MÉTHODES		47
4.1	MÉTHODES D'ÉTUDE DE LA GÉOMORPHOLOGIE		49
	4.1.1	La cartographie géomorphologique	49
	4.1.2	Les reconstitutions paléogéographiques	50
	4.1.3	Synthèse	52
4.2	MÉTHODES D'ÉTUDE DU PATRIMOINE GÉOMORPHOLOGIQUE		53
	4.2.1	L'analyse du paysage géomorphologique	53
	4.2.2	L'inventaire et l'évaluation des géomorphosites	53
	4.2.3	Synthèse	56
5.	PRÉSENTATION DE LA RÉGION D'ÉTUDE		57
5.1	DÉLIMITATION ET CADRE GÉOGRAPHIQUE GÉNÉRAL		59
5.2	CADRE GÉOLOGIQUE		61
5.3	CADRE CLIMATIQUE		65
5.4	ZONES PROTÉGÉES		67
6.	ANALYSE DU PATRIMOINE GÉOMORPHOLOGIQUE DE LA GREINA		69
6.1	LA VALEUR SCIENTIFIQUE DU PAYSAGE GÉOMORPHOLOGIQUE		71
	6.1.1	Géomorphologie de la Greina	71
		6.1.1.1 <i>Formes structurales</i>	71
		6.1.1.2 <i>Formes fluviales</i>	72
		6.1.1.3 <i>Formes gravitaires</i>	75
		6.1.1.4 <i>Formes karstiques</i>	77
		6.1.1.5 <i>Formes glaciaires</i>	78
		6.1.1.6 <i>Formes périglaciaires</i>	81
		6.1.1.7 <i>Formes organogènes</i>	82
		6.1.1.8 <i>Formes nivales</i>	83
		6.1.1.9 <i>Formes lacustres</i>	83
		6.1.1.10 <i>Formes anthropiques</i>	83
	6.1.2	Morphogenèse de la Greina	84
		6.1.2.1 <i>Le Dernier Maximum Glaciaire</i>	84
		6.1.2.2 <i>Le Tardiglaciaire</i>	86
		6.1.2.3 <i>L'Holocène</i>	94
		6.1.2.4 <i>Le futur</i>	97
	6.1.3	Appréciation de la valeur scientifique globale de la Greina	98
6.2	LES VALEURS ADDITIONNELLES DU PAYSAGE GÉOMORPHOLOGIQUE		99
	6.2.1	La valeur esthétique	99
	6.2.2	La valeur écologique	100
		6.2.2.1 <i>La valeur écologique générale</i>	100
		6.2.2.2 <i>Les rapports entre géomorphologie et valeur écologique</i>	107
		6.2.2.3 <i>Synthèse</i>	109
	6.2.3	La valeur culturelle	109
		6.2.3.1 <i>La valeur culturelle générale</i>	109
		6.2.3.2 <i>Les rapports entre géomorphologie et valeur culturelle</i>	113
		6.2.3.3 <i>Synthèse</i>	116
	6.2.4	La valeur économique	116

6.3	LES GÉOMORPHOSITES	120
6.4	LE PATRIMOINE GÉOMORPHOLOGIQUE DE LA GREINA : SYNTHÈSE	123
7.	PROPOSITIONS DE VALORISATION DU PATRIMOINE GEOMORPHOLOGIQUE DE LA GREINA	125
7.1	BUTS ET CONCEPTION GÉNÉRALE DE LA VALORISATION	127
7.2	PROMOTION DE LA CONNAISSANCE DE LA GÉOMORPHOLOGIE AUPRÈS DES PROMOTEURS DU <i>PARC ADULA</i>	128
7.2.1	Situation actuelle	128
7.2.2	Propositions pour une amélioration de la prise en compte de la géomorphologie	129
7.3	PROMOTION DE LA CONNAISSANCE DE LA GÉOMORPHOLOGIE AUPRÈS DES EXCURSIONNISTES	129
7.3.1	Situation actuelle	129
7.3.2	Propositions pour une amélioration de la connaissance de la géomorphologie	129
7.3.2.1	<i>Les publics-cible et leurs exigences</i>	130
7.3.2.2	<i>Propositions de produits géotouristiques</i>	131
7.4	PROMOTION DE LA CONNAISSANCE DE LA GÉOMORPHOLOGIE AUPRÈS DE LA POPULATION LOCALE	136
7.4.1	Situation actuelle	136
7.4.2	Propositions pour une amélioration de la connaissance de la géomorphologie	137
7.5	SYNTHÈSE	137
8.	CONCLUSIONS	139
8.1	SYNTHÈSE GÉNÉRALE	141
8.2	CONCLUSIONS GÉNÉRALES	143
8.3	PERSPECTIVES	144
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	145

ANNEXES

Résumé

Au travers de l'étude de la région de la Greina, située dans les Alpes centrales, cette recherche s'interroge sur les différentes valeurs qui peuvent être associées aux formes du relief, sur la manière dont ces valeurs peuvent être analysées et sur l'application de cette analyse à une valorisation de la géomorphologie de la région d'étude.

Une analyse de la valeur scientifique et des valeurs additionnelles (esthétique, écologique, culturelle et économique) des formes du relief a été effectuée à l'échelle du paysage géomorphologique et des géomorphosites au moyen des critères utilisées habituellement pour les géomorphosites. Ces critères se sont révélés assez bien adaptés à l'analyse du paysage géomorphologique en ce qui concerne la valeur écologique, culturelle et économique, mais moins bien adaptés en ce qui concerne la valeur scientifique et esthétique. L'étude de la valeur scientifique et des valeurs additionnelles à deux échelles différentes a d'ailleurs permis de montrer que les valeurs additionnelles globales d'un paysage géomorphologique sont généralement différentes par rapport à celles des géomorphosites sélectionnés pour leur valeur scientifique, surtout en ce qui concerne la valeur écologique et culturelle. Les géomorphosites ne constituent donc pas toujours l'échelle spatiale idéale pour apprécier la valeur écologique et culturelle de la géomorphologie d'une région dans son ensemble.

Des propositions de valorisation de la géomorphologie de la Greina adressées à différents types de publics ont ensuite été formulées. Il a ainsi été possible de mettre en évidence que l'approche liée aux géomorphosites est utile dans un but de protection et de valorisation de la géomorphologie auprès d'un public de spécialistes d'un domaine des sciences de la Terre, alors qu'elle doit être accompagnée d'une approche plus globale dans un but de valorisation auprès d'autres publics.

Cette recherche pose l'accent sur la nécessité d'effectuer des études approfondies concernant l'ensemble des formes du relief, les publics-cible et les méthodes de vulgarisation avant toute valorisation de la géomorphologie d'une région. Elle montre également l'intérêt de l'intégration de la notion de patrimoine dans cette démarche.

Abréviations

ASSN	Académie Suisse des Sciences Naturelles
BM	Inventaire fédéral des bas-marais d'importance nationale
CAS	Club Alpin Suisse
CPS	Conception « Paysage Suisse »
FSP	Fonds suisse pour le paysage
IFP	Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale
IGUL	Institut de Géographie de l'Université de Lausanne
HM	Inventaire fédéral des hauts-marais et des marais de transition d'importance nationale
LEG	Ligne d'équilibre du glacier
LAT	Loi fédérale sur l'aménagement du territoire
LChP	Loi fédérale sur la chasse et la protection des mammifères et oiseaux sauvages
LFH	Loi fédérale sur les forces hydrauliques
LPE	Loi fédérale sur la protection de l'environnement
LPN	Loi fédérale pour la protection de la nature et du paysage
SM	Inventaire fédéral des sites marécageux d'une beauté particulière et d'importance nationale
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OParcs	Ordonnance sur les parcs d'importance nationale
PNR 31	Programme national de recherche scientifique 31 « Changements climatiques et catastrophes naturelles »
PNR 48	Programme national de recherche scientifique 48 « Paysages et habitats de l'arc alpin »
ScNAT	Académie Suisse des Sciences Naturelles
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
ZA	Inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale

Remerciements

Cette recherche est le résultat de plusieurs années d'étude à l'Université de Lausanne ; j'aimerais donc remercier toutes les personnes qui m'ont permis de mener à bonne fin mes études en général et cette recherche en particulier :

- le Prof. Emmanuel Reynard, pour avoir su me communiquer sa passion pour la géomorphologie, pour avoir toujours trouvé le temps de me conseiller et pour ses précieuses remarques lors de la visite de mon terrain. Je le remercie également pour la confiance qu'il m'a accordé au cours de mon travail à l'Institut de Géographie et pour les nombreuses occasions d'apprentissage qu'il m'a offert dans ce cadre.
- le Dr. Fabien Hobléa du Laboratoire EDYTEM de l'Université de Savoie, qui a accepté d'expertiser ma recherche.
- le Prof. Philippe Schoeneich de l'Institut de Géographie Alpine de l'Université Joseph Fourier de Grenoble, pour ses remarques sur l'évolution tardiglaciaire et holocène de ma région d'étude.
- les collaborateurs de l'Institut de Géographie, en particulier Géraldine Bissig, Lenka Kozlik, Kim Pieracci, Sabine Stäuble et Luzius Thomi, pour leur disponibilité et pour leurs précieux conseils.
- toutes les personnes qui m'ont fourni des données et des informations utiles à la réalisation de cette recherche : Alessio Rigozzi de la commune de Blenio, la commune de Vrin, Stefano Malingamba des Autolinee Bleniesi, Willy Decurtins de Sumvitg Turissem, Marcus Büchler de PostAuto Schweiz AG, Clau Foppa du CAS Piz Terri, Claudia Fumasoli du CAS Ticino et Daniele De Giorgi de la SAT Lucomagno.
- Andrea Baumer, du Consorzio Strada Val Camadra, pour m'avoir accordé une permission pour l'utilisation de la route qui mène au Pian Geirett.
- Valerio Scapozza, pour m'avoir mis à disposition de nombreux documents sur la Greina.
- mes amis du Tessin et de la Suisse romande, et en particulier Enea, Candide et Claire-Anne.
- ma famille, pour m'avoir encouragée et supportée tout au long de mes études. J'aimerais remercier particulièrement ma mère, pour son amour, sa compréhension et son support, ainsi que pour avoir facilité autant que possible mes déplacements et ma permanence à la maison pendant la rédaction de cette recherche ; mon père, pour sa sagesse, pour ses encouragements et pour m'avoir accompagnée plusieurs fois sur le terrain ; ma sœur, qui a toujours été disponible à m'écouter, me conseiller et à m'encourager.
- j'aimerais enfin remercier Cristian, pour m'avoir fait découvrir la région de la Greina et pour avoir réveillé en moi la curiosité et l'intérêt vers la montagne, mais surtout pour tout ce qu'on a pu partager ces dernières années et pour la joie qu'il a porté dans ma vie.

1. Introduction

In una società complessa e mutevole, rapida di spostamenti e di annullamento delle distanze come quella attuale, sembrerebbe sparire il legame col luogo, col territorio di appartenenza. Invece, più il singolo luogo, magari quello più vicino e apparentemente più usuale, viene superato e sorpassato da tanti altri luoghi, forse più esotici o soltanto più lontani, più questo legame diventa forte, quasi in una sorta di ripiegamento alla ricerca di un'identità topologica. Ed è proprio questa identità che bisognerebbe riuscire a far emergere, mettendo in risalto come nell'arco della storia, la vita, la struttura sociale, la religione, la cultura in generale, hanno sempre trovato le radici e le espressioni basilari e più immediate nel paesaggio fisico, nelle forme e negli aspetti geomorfologici più appariscenti, nel materiale lapideo e nelle sue caratteristiche estetiche e funzionali, esaltandoli e conferendo loro significati e valori profondi.

M. Panizza, S. Piacente (2003)

1. Introduction

1.1 Introduction générale

Au cours de ces dernières décennies, un intérêt croissant pour la notion de *patrimoine* s'est développé en Suisse. Dans une société toujours plus uniformisée, on assiste à une certaine volonté de revaloriser les aspects caractéristiques d'un territoire, qu'ils soient de type naturel ou culturel. Dans ce contexte, le concept de *paysage* suscite un grand intérêt, car il permet de considérer l'ensemble des éléments naturels et culturels d'une région, mais également le lien affectif existant entre la population et son territoire. A côté de cet intérêt général pour le paysage, de nombreuses disciplines s'intéressent à la valorisation d'aspects plus spécifiques du patrimoine : des spécialistes des sciences de la Terre, par exemple, s'engagent en Suisse depuis une vingtaine d'années afin d'améliorer la protection et la valorisation du patrimoine géologique et géomorphologique. Cet intérêt pour la redécouverte du patrimoine a été accompagné par une demande croissante d'activités en relation avec le tourisme « doux ». Ainsi, on assiste à une augmentation des propositions de découverte du patrimoine naturel et culturel offertes à la population locale et aux touristes, notamment à travers l'organisation d'expositions, de foires, ou la production de livres ou de brochures.

Dans les sections qui suivent, nous allons présenter brièvement quelques aspects relatifs à l'augmentation de l'intérêt pour le paysage, le patrimoine géologique et géomorphologique et le tourisme « doux » en Suisse.

Un intérêt croissant pour le paysage

L'augmentation de l'intérêt pour les thématiques paysagères trouve son origine dans les changements territoriaux importants survenus en Suisse depuis les années 1950. L'urbanisation désordonnée, la création d'un réseau routier de plus en plus dense, le développement des activités liées aux loisirs et l'intensification de l'agriculture ont en effet entraîné de grandes modifications du paysage (Koeppel *et al.*, 1991 ; Broggi, 1997), qui apparaît parfois désormais dégradé, surtout dans les régions de plaine de basse et de moyenne altitude. Ces modifications ont poussé la Confédération à mettre en place des instruments législatifs visant à la sauvegarde du paysage, à partir des années 1960. La *Loi fédérale pour la protection de la nature et du paysage* du 1^{er} juillet 1966 (LPN, RS 451) et la *Loi fédérale sur l'aménagement du territoire* du 22 juin 1979 (LAT, RS 700) constituent les bases légales principales dans ce domaine.

Malgré la volonté de protéger les éléments naturels et culturels du territoire et de garantir une utilisation ordonnée du sol, la dégradation du paysage en Suisse s'est poursuivie. Dans ce cadre, la Confédération a mis en place en 1998 une nouvelle stratégie visant une gestion durable du paysage en Suisse, la *Conception « Paysage suisse »* (CPS) (OFEFP, 1998a), et a adopté en 2006 une révision de la LPN qui rend possible la création de nouveaux parcs d'importance nationale afin de mieux conserver et valoriser le patrimoine naturel et paysager.

Une analyse de la CPS (Reynard, 2005a) a démontré que la vision du paysage de l'administration fédérale demeure largement axée sur la protection et la valorisation des aspects écologiques et ruraux traditionnels. L'analyse de l'*Ordonnance sur les parcs d'importance nationale* du 7 novembre 2007 (OParcs, RS 451.36) (DETEC, 2007) ne fait que confirmer cet aspect.

Ainsi, malgré l'augmentation de l'intérêt pour les thématiques paysagères, les composantes naturelles abiotiques du paysage ne restent que très faiblement prises en considération par l'administration fédérale.

Le développement durable du paysage a également fait l'objet du Programme national de recherche *Paysages et habitats de l'arc alpin* (PNR 48) (FNS, 2003). Ce programme a permis de financer 35 projets de recherche traitant de différents aspects liés à la perception, la transformation, les objectifs de développement, la valeur économique et la représentation virtuelle de l'évolution des paysages alpins (Lehmann *et al.*, 2007). Bien que quelques aspects liés à la géomorphologie soient intégrés dans certains projets de recherche, ils n'y occupent pas une place centrale. Ainsi, les projets liés à la transformation des paysages alpins ont par exemple été plutôt orientés vers l'aspect écologique et culturel. Les changements climatiques et les catastrophes naturelles avaient d'ailleurs fait l'objet d'un Programme national de recherche précédent (le PNR 31), mais certains aspects paysagers liés aux changements climatiques ou au développement touristique dans les Alpes auraient pu être traités davantage dans le cadre du PNR 48.

Un intérêt croissant pour le patrimoine géologique et géomorphologique

Bien qu'en Suisse le souci de protéger le patrimoine géologique et géomorphologique se soit développé relativement tôt, comme le démontre la volonté de protéger les blocs erratiques depuis la fin du XIX siècle (voir par exemple Favre & Studer, 1867 ; Vischer, 1946 ; Bachmann, 1999 ; Reynard, 2004a), ce n'est qu'au cours des années 1990 qu'elle s'est développée de manière plus élargie. Depuis quelques décennies, différentes études ont été menées dans les domaines de la protection et de la valorisation du patrimoine géologique et géomorphologique : plusieurs méthodes d'inventaire et d'évaluation des géotopes, projets de géoparcs, itinéraires didactiques et autres produits géotouristiques ont par exemple été proposés. En Suisse, un *Rapport stratégique sur les géotopes* (Strasser *et al.*, 1995) et un *Inventaire des géotopes d'importance nationale* (ASSN, 1999) ont été réalisés récemment. La protection des géotopes demeure cependant faible à cause du manque de force légale de l'inventaire proposé. Un *Rapport stratégique sur les géoparcs* (Reynard *et al.*, 2007a) a également été publié récemment dans un but d'information et de sensibilisation. Deux géoparcs existent déjà (le *Parco delle Gole della Breggia* et le *Geopark Sarganserland – Walensee – Glarnerland*), mais de nombreux sont actuellement en phase de projet.

Le domaine de la protection et de la valorisation du patrimoine géologique et géomorphologique en Suisse est donc très actif, mais beaucoup d'efforts restent encore à faire, surtout en ce qui concerne la protection des géotopes au niveau fédéral et dans certains cantons, ainsi que la valorisation de ce patrimoine à des fins didactiques ou touristiques.

Un intérêt croissant pour le tourisme « doux »

Les activités liées au tourisme « doux » sont en plein essor : le tourisme « vert », orienté vers la découverte de la nature et du paysage dans des espaces ruraux (Beteille, 1996), ainsi que le tourisme culturel, orienté vers la découverte de nouveaux territoires et de leur patrimoine (Origet du Cluzeau, 1998), semblent en effet attirer de plus en plus de touristes, à la recherche d'expériences authentiques liées au contact avec la nature et la découverte du patrimoine des régions visitées (Pralong, 2006).

La randonnée pédestre constitue dans ce contexte l'activité privilégiée des personnes à la recherche du contact avec la nature. Ainsi, un nombre croissant de personnes pratique

cette activité pour des raisons sportives ou de ressourcement et est potentiellement intéressé à mieux connaître les régions qu'il parcourt. Cette demande en informations reste le plus souvent insatisfaite parce que de nombreuses régions alpines n'offrent aucun produit permettant une meilleure connaissance de leurs caractéristiques, tels que des livres, des brochures ou des expositions dans les villages. Cet aspect est d'autant plus évident en ce qui concerne les sciences de la Terre et la géomorphologie en particulier : les ouvrages de divulgation dans ces domaines sont en effet encore peu nombreux, en partie à cause de l'essor relativement récent de la vulgarisation de ces disciplines et donc du manque de recherches concernant le type de médiation scientifique à adopter. L'absence de l'offre d'informations est parfois également liée au manque de recherches scientifiques concernant certaines régions se trouvant en dehors du périmètre d'étude des principaux instituts de recherche.

Dans de nombreuses régions suisses, il existe donc un grand potentiel de développement d'activités liées au tourisme « doux » encore inexploité. Dans ce cadre, la valorisation de la géomorphologie est particulièrement problématique à cause du manque d'informations scientifiques régionales d'une part et, d'autre part, du manque de connaissances sur la manière de réaliser une telle valorisation.

Synthèse

Malgré l'augmentation de l'intérêt pour les différents aspects liés au patrimoine, peu d'importance est accordée en Suisse à la dimension patrimoniale des sciences de la Terre et de la géomorphologie en particulier. Cette discipline reste très peu connue et sa prise en considération dans la politique de protection de la nature et du paysage est très faible. En général, la géomorphologie est également peu valorisée dans le cadre d'activités didactiques et touristiques. Pourtant, les formes du relief constituent un élément majeur du paysage (Reynard, 2005b) et certains sites se prêteraient bien à une valorisation dans le cadre du développement d'un tourisme « doux ».

Par ce travail, nous aimerions apporter une contribution à la connaissance et à la valorisation de la géomorphologie d'une région alpine peu étudiée. Nous nous proposons d'analyser les rapports existant entre géomorphologie et paysage, en nous interrogeant plus particulièrement sur les différentes valeurs qui peuvent être associées à un relief et qui peuvent lui conférer une valeur patrimoniale. Nous aimerions également étudier de quelle manière ces valeurs pourraient être utilisées afin de valoriser la géomorphologie de cette région dans le cadre du développement d'activités touristiques proches de la nature.

1.2 Plan de la recherche

Notre recherche s'appuie sur une étude de terrain et de type documentaire sur les relations existant entre géomorphologie et paysage, et donc sur les valeurs qui peuvent être attribuées à un relief, ainsi que sur l'étude de la manière dont elles pourraient être utilisées dans le cadre d'une valorisation de la géomorphologie d'une région. La recherche se structure de la manière suivante : après une introduction présentant le cadre général de l'étude (chap. 1), nous expliciterons la question générale qui le sous-tend, ainsi que les objectifs élaborés pour y répondre (chap. 2). Nous rappellerons ensuite quelques éléments théoriques sur le paysage et le patrimoine géomorphologique (chap. 3), ainsi que sur les méthodes utilisées au cours de notre travail (chap. 4). Suivra une présentation de la région d'étude (chap. 5) et la partie empirique sur les rapports entre géomorphologie et paysage (chap. 6). La partie suivante (chap. 7) concernera plus particulièrement les

propositions de valorisation de la géomorphologie de la région d'étude. Enfin, dans le chapitre des conclusions (chap. 8), nous synthétiserons les apports de notre recherche à la question générale posée dans la problématique et nous esquisserons quelques perspectives de recherche.

2. Problématique

La nature n'est pas seulement un espace à mettre en valeur, c'est également un ensemble d'éléments ayant une valeur propre ; en ce sens, la nature est objet de patrimoine, à conserver et transmettre aux générations futures. (...).

Le sens commun a eu tendance à restreindre la notion de nature à la partie vivante de celle-ci : pour quiconque la flore ou la faune sont une partie de la nature en ce sens (...). Par contre, lorsque l'on parle de la partie minérale (...) de la nature, sa composante patrimoniale tend à s'estomper : pour beaucoup, une montagne, un éboulis, une moraine (...) ne nécessitent pas de réelle protection, la roche étant considérée comme un matériau solide, peu fragile et quasiment indestructible.

E. Reynard (2007)

2. Problématique

Dans de ce chapitre, nous allons tout d'abord expliciter la question générale à la base de notre recherche (chap. 2.1) ; nous allons ensuite donner un aperçu des différentes études qui se sont penchées sur cette question (chap. 2.2), ainsi que des objectifs élaborés pour y répondre (chap. 2.3), pour enfin justifier le choix de notre région d'étude (chap. 2.4).

2.1 Question générale

Nous avons vu dans le chapitre introductif que l'intérêt pour le paysage, le patrimoine géologique et géomorphologique et le tourisme « doux » a considérablement augmenté ces dernières années, mais que, en général, les relations entre géomorphologie et paysage sont peu connues et peu valorisées. Cela nous conduit à la question générale à la base de notre recherche :

Quelles valeurs confèrent-elles au relief une valeur patrimoniale, permettant ainsi de le considérer en tant que paysage, et comment pourrait-on utiliser ces valeurs dans le cadre d'une valorisation de la géomorphologie d'une région ?

Dans de ce travail, nous aimerions donc analyser de quelle manière un relief peut acquérir une valeur patrimoniale et être donc considéré comme un paysage. Nous aimerions également nous interroger sur la manière d'utiliser cette dimension patrimoniale du relief dans le cadre d'une valorisation de la géomorphologie d'une région.

2.2 État de la question

Dans ce chapitre, nous allons esquisser les grandes lignes des études concernant les relations entre géomorphologie et paysage et la valorisation de la géomorphologie, afin de dégager les questions qui restent ouvertes dans ces domaines et que l'on aimerait analyser dans ce travail.

Les relations entre géomorphologie et paysage

Les géographes s'intéressent depuis longtemps à l'étude du paysage et la littérature sur le sujet est très vaste (voir par exemple Bertrand, 1968, 1978, 1984, 1996, 2000 ; Rimbart, 1977 ; Berque, 1984 ; Brossard & Wieber, 1984 ; Rougerie & Beroutchachvili, 1991 ; Grandgirard, 1997). La problématique du rapport entre géomorphologie et paysage est par contre plus récente et a été étudiée notamment par Reynard (2004b, 2005a, b). Ces travaux ont permis de mettre en évidence le rôle joué par les processus géomorphologiques dans le façonnement du relief, qui constitue l'armature du paysage. Reynard (2005a) a mis également en évidence que c'est à travers l'observation et la perception d'un observateur que le relief devient une partie du paysage et que celui-ci se compose le plus souvent également d'éléments biotiques et anthropiques. Bien qu'un certain cadre théorique sur les rapports entre géomorphologie et paysage ait été établi, les études de terrain concernant explicitement ce rapport restent pour l'instant peu nombreuses en Suisse (voir par exemple Marthaler, 2004 ; Pralong & Reynard, 2004). En effet, les nombreuses études visant la reconstitution de l'« évolution du paysage » visent plutôt la reconstitution de paléoenvironnements du Quaternaire récent, du relief donc, et

non pas du paysage (en ce qui concerne les Alpes suisses, voir par exemple les études de Schlüchter & Röthlisberger, 1995, pour les bassins versants du Rhin et de la Linth, de Schoeneich *et al.*, 1997, pour le bassin versant du Rhône, et de Bini *et al.*, 2001, pour le bassin versant du Ticino).

Un autre aspect à relever est que, dans le domaine du patrimoine géologique et géomorphologique, c'est surtout l'analyse et l'évaluation des géotopes qui a retenu l'attention des chercheurs. De nombreuses études ont été réalisées dans ce cadre (voir par exemple Grandgirard, 1999 ; Reynard, 2004c ; Coratza & Giusti, 2005 ; Reynard & Panizza, 2005 ; Reynard *et al.*, 2007b). Certaines études se sont focalisées sur les méthodes d'évaluation de la valeur scientifique des géotopes, alors que d'autres se sont également intéressés à leurs valeurs additionnelles. Reynard *et al.* (2007b) ont suggéré notamment de considérer la valeur esthétique, culturelle, écologique et économique dans l'évaluation globale d'un géomorphosite, en proposant une méthode d'évaluation applicable dans de nombreux cas d'étude. Reynard (2005a) a proposé d'appliquer ces mêmes valeurs au paysage géomorphologique, sans pourtant préciser une méthode d'analyse spécifique.

La valorisation de la géomorphologie

Les sciences de la Terre n'ont commencé que récemment à vulgariser leur savoir et leur valorisation présente donc du retard par rapport à d'autres disciplines telles que l'écologie ou l'archéologie. Les musées d'histoire naturelle ont longtemps été les seuls endroits proposant une valorisation de la géologie et de la géomorphologie au grand public. La place occupée par la géomorphologie dans ce type de musées a d'ailleurs toujours été très limitée. Certains sites présentant une morphologie intéressante ont également été exploités à des fins touristiques, mais souvent seulement à cause de leur caractère spectaculaire ; ce type de valorisation n'a d'ailleurs souvent pas offert d'informations concernant la géomorphologie du site (Pralong, 2006). Ce n'est qu'au cours de cette dernière dizaine d'années que de nouveaux concepts de valorisation ont vu le jour. En Suisse, de nombreuses brochures, livres de randonnées et sentiers didactiques ont été créés récemment. Certains d'entre eux concernent les sciences de la Terre en général (voir par exemple Decrouez *et al.*, 2003), alors que d'autres se focalisent plus spécifiquement sur la géomorphologie (voir par exemple Reynard, 2003a). Les géoparcs constituent néanmoins le cadre privilégié pour une valorisation des sciences de la Terre (Reynard *et al.*, 2007a).

Le type de valorisation de la géomorphologie change fortement selon le type d'instruments adoptés et la conception générale à la base de la promotion. La médiation géoscientifique et la didactique des sciences de la Terre ont fait l'objet de plusieurs études (voir par exemple Kramar, 2003, 2005 ; Kramar & Pralong, 2005 ; Pralong, 2003, 2004a, 2006), alors que des efforts supplémentaires devraient être faits en ce qui concerne l'étude des publics-cible et de leurs attentes (Reynard & Berrebi, 2008).

La possibilité d'intégrer les valeurs additionnelles dans une valorisation de la géomorphologie a été étudiée surtout en ce qui concerne la valeur culturelle (voir par exemple Geyer *et al.*, 2007 ; Reynard *et al.*, 2007c). La valeur écologique est souvent également associée aux explications concernant la géologie et la géomorphologie. Notre impression est néanmoins que, souvent, les différentes caractéristiques d'une région sont présentées séparément et que les liens existants entre la géologie, la géomorphologie, l'écologie et la culture ne sont pas suffisamment soulignés.

Synthèse

Différentes questions restent donc ouvertes, d'une part dans l'analyse des rapports entre géomorphologie et paysage et, d'autre part, dans la valorisation de la géomorphologie. Nous avons vu qu'il n'existe pas une réelle méthode d'analyse d'un paysage géomorphologique et que l'évaluation de la valeur scientifique et des valeurs additionnelles s'est pour l'instant focalisée sur les géotopes. Nous avons également pu relever que le domaine de la valorisation de la géomorphologie n'a pas encore été beaucoup exploré et qu'il manque notamment des études concernant les attentes des différents types de public, ainsi que les méthodes et les instruments à appliquer.

2.3 Objectifs

L'état de la question qui se dégage des travaux menés par différents chercheurs nous pousse à nous poser quelques objectifs principaux : nous aimerions notamment rendre disponibles des informations de base concernant la géomorphologie d'une région peu étudiée jusqu'à maintenant, proposer une méthode d'analyse du paysage géomorphologique et une application possible de cette analyse à la valorisation de la région d'étude. Pour répondre à ces objectifs généraux, nous avons formulé un certain nombre d'objectifs plus spécifiques.

Objectif 1

Analyser la valeur scientifique d'un paysage géomorphologique.

Il s'agit de l'objectif de base de ce travail. Nous aimerions en particulier répondre à la question suivante : quelle est la valeur d'un paysage géomorphologique pour la reconstitution de l'histoire de la Terre et du climat ?

Il s'agira, d'une part, de démontrer que différents types de processus géomorphologiques ont façonné le relief de notre région d'étude à travers l'établissement d'une carte géomorphologique au 1 : 10'000 selon la légende développée à l'Institut de Géographie de l'Université de Lausanne (IGUL) et, d'autre part, de mettre en évidence la dynamique des processus géomorphologique et l'évolution du paysage à travers une explication de sa morphogénèse.

Objectif 2

Analyser la valeur esthétique d'un paysage géomorphologique.

Nous aimerions répondre à la question suivante : quels éléments géomorphologiques contribuent à rendre attractif du point de vue esthétique un paysage et pourquoi ?

Il s'agira de démontrer de quelle manière certaines formes géomorphologiques, par leur forme, leur couleur ou leurs particularités, contribuent à l'esthétique de notre région d'étude.

Objectif 3

Analyser la valeur écologique d'un paysage géomorphologique.

Nous aimerions répondre aux questions suivantes : les processus et les formes géomorphologiques influencent-ils la présence de certains écosystèmes dans notre région d'étude ? Y a-t-il un lien entre la géomorphologie et la présence de zones protégées du point de vue biologique ?

Il s'agira de démontrer de quelle manière les processus géomorphologiques créent des conditions de base permettant l'établissement et le maintien d'écosystèmes particuliers à travers une étude de la littérature existante sur la valeur écologique générale de la région.

Objectif 4

Analyser la valeur culturelle d'un paysage géomorphologique.

Nous aimerions répondre à la question suivante : y a-t-il un lien entre la géomorphologie et la culture de la société au sens large dans notre région d'étude ?

Il s'agira d'analyser de quelle manière certaines formes géomorphologiques, par leur beauté ou leur particularité, ainsi que certains processus géomorphologiques, par leurs effets positifs ou négatifs sur l'homme, ont influencé son histoire, ses croyances et sa production artistique et scientifique. Nous allons réaliser cette analyse sur la base d'une étude de la littérature existante sur la valeur culturelle générale de notre région d'étude.

Objectif 5

Analyser la valeur économique d'un paysage géomorphologique.

Nous aimerions répondre à la question suivante : de quelle manière l'homme tire un avantage économique de l'exploitation d'un paysage géomorphologique ?

Il s'agira d'analyser dans quelle mesure les formes et les processus géomorphologiques sont à la base de profits économiques dans notre zone d'étude.

Objectif 6

Proposer des instruments pour la valorisation d'un paysage géomorphologique basés sur l'analyse de sa valeur scientifique et de ses valeurs additionnelles.

Nous aimerions répondre à la question suivante : de quelle manière peut-on intégrer l'analyse de la valeur scientifique et des valeurs additionnelles d'un paysage géomorphologique dans sa valorisation ?

Il s'agira de proposer une mise en valeur de la géomorphologie de notre région d'étude sachant mettre en avant certains types de valeurs à dépendance du public-cible visé.

2.4 Choix de la région d'étude

Nous allons concentrer notre étude sur la région de la Greina, située dans les Alpes centrales, entre les cantons du Tessin et des Grisons. Cette région se prête bien à notre étude pour différentes raisons : il s'agit tout d'abord d'une région de haute montagne où la géomorphologie occupe une partie importante du paysage. Sa valeur géologique et géomorphologique est d'ailleurs reconnue du fait de la présence de l'objet *Greina*, inscrit à l'Inventaire des géotopes d'importance nationale (ASSN, 1999), ainsi que de l'inscription de l'ensemble de la région dans l'objet *Greina – Piz Medel* de l'Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale (IFP). Malgré la morphologie remarquable de cette région, aucune étude scientifique n'a jamais été publiée sur le sujet. De nombreux livres de divulgation existent sur la région, mais ils se focalisent toujours sur ses caractéristiques esthétiques, ainsi que sur sa valeur écologique et culturelle ; les rares informations sur la géologie et la géomorphologie contenues dans ces ouvrages sont le plus souvent confuses et incomplètes. Ce sont toujours les mêmes concepts, concernant par exemple la spectacularité de certaines formes, qui sont mises en évidence. La genèse du relief et son importance dans la valeur écologique et culturelle de la région n'ont jamais été expliquées ni valorisées.

Un nombre croissant de randonneurs parcourt chaque année les sentiers de la Greina. Malgré le fort pouvoir d'attraction de cette région et malgré l'intérêt de sa morphologie, aucun produit visant sa valorisation n'a été créé jusqu'à maintenant. Notre impression est que les livres de divulgation existants réutilisent toujours les mêmes informations, parfois inexacts, et que personne n'a eu jusqu'à maintenant une réelle volonté d'étudier la région de manière scientifique.

La Greina est également comprise dans le périmètre du projet de création d'un nouveau Parc National, le *Parc Adula* (ORMO, 2006). Comme ce type de parc focalise son attention sur la valeur écologique du territoire, il sera particulièrement intéressant de tester et de promouvoir une valorisation de la géomorphologie montrant ses liens avec le monde biotique.

Nous espérons donc que cette recherche puisse donner, d'une part, des informations scientifiques de base sur la géomorphologie de la Greina et, d'autre part, qu'elle puisse proposer une nouvelle manière de la valoriser dans une optique systémique et patrimoniale.

3. Cadre théorique

Les géotopes, loin d'être des objets isolés, entretiennent des relations multiples avec notre environnement et nos paysages naturels et anthropiques. Ce serait donc une erreur de vouloir les gérer pour eux-mêmes de façon sectorielle. C'est par une approche intégrée et multifonctionnelle du paysage qu'ils dévoileront le mieux leur richesse et leur valeur. L'ensemble de la conservation du milieu a d'ailleurs tout à gagner d'un tel concept intégrateur : dans tel cas, la prise en compte du géotope viendra expliquer la présence du biotope ; ailleurs, elle donnera sens à un paysage, ailleurs encore un biotope rare viendra renforcer la valeur d'un géotope. Elle aurait surtout le mérite d'être plus conforme à une approche systémique du milieu naturel et du paysage telle qu'elle est préconisée par les sciences d'aujourd'hui.

P. Schoeneich (2007)

3. Cadre théorique

Dans ce chapitre, nous allons donner un aperçu des différentes définitions et des différents enjeux de protection et de valorisation concernant le paysage (chap. 3.1) et le patrimoine géomorphologique (chap. 3.2) en Suisse.

3.1 Le paysage

Après une brève introduction sur la naissance et l'évolution du concept de paysage et son analyse en géographie (chap. 3.1.1), nous allons focaliser notre attention sur le concept de *paysage géomorphologique* et sur les différentes valeurs qui lui sont associées (chap. 3.1.2). Nous allons enfin donner un aperçu de la protection du paysage au niveau fédéral (chap. 3.1.3) et dans les cantons du Tessin et des Grisons (chap. 3.1.4), afin de bien insérer notre étude dans son cadre législatif.

3.1.1 Le concept de paysage et son analyse en géographie

Le concept de paysage est relativement récent en Occident : en effet, il n'est apparu qu'au cours du Moyen Age dans le monde germanique, où *Landschaft* désignait une « *région de petites dimensions où se déroule la vie de petites unités humaines* » (Rougerie & Beroutchachvili, 1991). Les termes français *paysage* et italien *paesaggio* ne sont apparus que pendant la Renaissance ; le terme *paysage* indiquait la dimension spectaculaire de l'environnement naturel (Rougerie & Beroutchachvili, 1991), alors que le terme *paesaggio* indiquait plutôt une « *étendue de pays pouvant être embrassée du regard* » (Reynard, 2005b). Le concept de paysage a donc eu un caractère polysémique dès son apparition dans les langues européennes.

L'intérêt pour le paysage a longtemps été limité aux cercles les plus favorisés de la société, que se soit dans les arts graphiques, dans la littérature ou encore dans l'art des jardins ; les thématiques paysagères ne se sont ouvertes aux milieux scientifiques que vers la fin du XIX siècle, en particulier à travers l'apport de l'école allemande de la *Landschaftskunde* (Rougerie & Beroutchachvili, 1991). Cette discipline se proposait d'étudier le paysage dans une perspective territoriale et a été à la base du développement des approches d'analyse naturalistes telles que l'*écologie du paysage* ou la *Landschaftovedenie* en ex-URSS (Rougerie & Beroutchachvili, 1991). Ces approches de type naturaliste ont été dominantes jusqu'aux années 1960, malgré l'existence d'autres approches privilégiant l'analyse et l'intégration des éléments culturels aux éléments naturels. C'est plus ou moins dans la même période que le paysage s'est ouvert à la recherche académique en France, surtout grâce aux apports de G. Bertrand de l'Ecole de Toulouse et de T. Brossard et de J.-C. Wieber de l'Ecole de Besançon. Les études de G. Bertrand étaient fortement axées sur l'étude des composantes naturelles du paysage dans une perspective systémique, alors que les études de J. C. Wieber et de T. Brossard s'étaient focalisées davantage sur l'analyse du « *paysage visible* », potentiellement offert à la vue ; bien que ces auteurs aient bien mis en évidence la composante subjective du paysage, cette thématique n'a pas occupé une place centrale dans leurs études (Rougerie & Beroutchachvili, 1991). Ce n'est qu'avec l'étude de l'espace vécu des nouvelles géographies régionales, de la géographie humaniste et de la géographie de la perception que la subjectivité a été prise en considération dans les études paysagères.

Globalement, la géographie a eu de la peine à appréhender ce concept dans sa globalité, en intégrant l'étude des composantes objectives, de type naturel et culturel, à la dimension subjective, liée à la perception de chacun.

Actuellement, les différents chercheurs impliqués dans les études sur le paysage semblent néanmoins s'accorder sur une définition générale de paysage qui en intègre, d'une part, les composantes objectives, qu'elles soient de type naturel (abiotiques et biotiques) ou culturel (constructions et aménagements anthropiques) et, d'autre part, la dimension subjective.

De nombreuses définitions ont été proposées pour le concept de paysage ; parmi celles-ci, celle proposée par Grandgirard (1997, p. 44) a l'avantage de bien mettre en évidence la complexité des aspects naturels, culturels, objectifs et subjectifs que l'on doit prendre en considération :

« Le paysage consiste en une portion d'espace située à l'interface nature-société. La disposition spatiale des composantes de cet espace fournit une infinité d'images potentiellement offertes à la vue. Parmi ces dernières, seules celles qui sont perçues par un observateur sont considérées comme des paysages effectifs. Ceux-ci n'existent que dans un intervalle d'échelles donné, délimité par les spécificités de la vision humaine. Conçus comme médiateurs entre les hommes et leurs milieux de vie, les paysages représentent un facteur d'identité primordial. Cette propriété, associée au fait qu'ils évoluent et qu'ils jouent un rôle d'archive (palimpseste), est à l'origine de la valeur des paysages en tant que patrimoine naturel et culturel. »

Nous retiendrons également une autre définition, proposée par Reynard (2005b, p. 182-183), qui a l'avantage de montrer de manière claire et simple les aspects essentiels à retenir :

« Le paysage ne se réduit donc ni à la nature, ni à un écosystème, ni à l'espace, ni encore à l'environnement. Il n'est pas uniquement un agencement d'éléments biotiques, abiotiques et anthropiques. Pour qu'il y ait un paysage, il faut certes un espace observé, objectivable, mais il faut également une relation, et donc un processus d'interprétation, entre cet espace et un observateur ou une société. »

La complexité des aspects liés au concept de paysage en justifie de quelque manière les approches d'analyse sectorielles. Dans le prochain chapitre, nous allons présenter l'une de ces approches, l'analyse du paysage sous l'angle de la géomorphologie.

3.1.2 Le concept de paysage géomorphologique

Nous avons vu dans le chapitre précédent que le paysage se compose d'éléments naturels et anthropiques, mais qu'il présuppose également une relation subjective à l'espace. Dans les régions de haute montagne, les éléments naturels constituent souvent la partie la plus importante du paysage. Les roches, les formes du relief, l'eau et la végétation sont parfois les seuls éléments présents dans ces environnements. Afin de souligner l'importance de la composante géomorphologique dans ce type de paysages, Reynard (2005a, p. 107) a proposé le concept de *paysage géomorphologique*, défini comme :

« Une portion de relief terrestre vue, perçue (et parfois exploitée) par l'Homme. »

A travers une relation subjective de perception et d'interprétation, un relief peut ainsi acquérir des valeurs et devenir une partie du paysage. Reynard (2005a) propose de

qualifier ces valeurs de la même manière que cela a été fait pour les géomorphosites (chap. 3.2.1) et en distingue donc cinq : la valeur scientifique, la valeur esthétique, la valeur écologique, la valeur culturelle et la valeur économique.

Dans la partie qui suit, nous allons présenter ces différentes valeurs afin de donner un aperçu de la valeur patrimoniale qu'un relief peut acquérir.

3.1.2.1 La valeur scientifique

Un relief peut avoir une valeur scientifique en tant que témoin de l'histoire de la Terre et du climat. Certaines formes peuvent porter les traces de processus désormais inactifs (formes héritées) ou de processus encore actifs (formes actuelles). Ainsi, elles permettent de reconstituer l'histoire des conditions morphoclimatiques et de l'évolution du relief. Dans les Alpes, la valeur scientifique d'un relief est souvent liée à la possibilité qu'il offre de reconstituer l'histoire de la Terre et du climat au cours du Quaternaire. En ce sens, les formes glaciaires permettent par exemple de reconstituer les stades glaciaires au cours du Tardiglaciaire et de l'Holocène, et donc également des fluctuations climatiques à l'origine de ces déplacements.

La valeur scientifique d'un relief a été étudiée par différents chercheurs et plusieurs méthodes d'analyse et d'évaluation ont été proposées notamment par Grandgirard (1997, 1999), Rivas *et al.* (1997), Coratza & Giusti (2005), Reynard (2006), Pereira *et al.* (2007), Reynard *et al.* (2007) et Zouros (2007).

Grandgirard (1997) avait d'abord proposé de considérer six facteurs dans l'analyse de la valeur scientifique des formes d'un relief : l'intégrité, l'englobement de géotopes, la représentativité, la rareté, la valeur paléogéographique et la valeur en tant qu'objet d'études (tab. 3.1). Dans une étude successive (Grandgirard, 1999), l'auteur n'a retenu que trois des critères proposés précédemment, à savoir l'intégrité, la représentativité et la rareté.

Certains auteurs ont proposés d'autres critères en plus de ceux mis en évidence par Grandgirard (1997), tels que l'intérêt d'une forme du relief pour d'autres disciplines des sciences de la Terre, son extension par rapport à des formes du même type au sein d'une région d'étude (Rivas *et al.*, 1997), ou sa visibilité (Coratza & Giusti, 2005).

D'autres auteurs ont proposé des critères quelque peu différents : Pereira *et al.* (2007) ont par exemple pris en considération la rareté d'une forme par rapport à l'étendue de la zone d'étude, mais également au niveau national, ainsi que son intégrité, sa représentativité et sa valeur pédagogique, la diversité de ses caractéristiques géomorphologiques, la présence d'autres caractéristiques ayant une valeur patrimoniale et la quantité d'études scientifiques s'étant focalisées sur cette forme. Zouros (2007) a par contre proposé de ne retenir que les critères d'intégrité, rareté, représentativité et exemplarité didactique.

Sur la base des travaux de Reynard (2006) et de Reynard *et al.* (2007b), nous n'allons retenir que quelques-uns des critères proposés par Grandgirard (1997), à savoir l'intégrité, la représentativité, la rareté et la valeur paléogéographique (tabl. 3.1).

<i>Grandgirard (1997)</i>	<i>Reynard (2006), Reynard et al. (2007b)</i>
Intégrité	Intégrité
Englobement des géotopes	
Représentativité	Représentativité
Rareté	Rareté
Valeur paléogéographique	Valeur paléogéographique
Valeur en tant qu'objet d'études	

Tabl. 3.1 : *Éléments permettant d'apprécier la valeur scientifique des formes du relief selon Grandgirard (1997) et selon Reynard (2006) et Reynard et al. (2007b).*

3.1.2.2 La valeur esthétique

Le relief peut contribuer de manière importante à l'esthétique du paysage par la présence de formes spectaculaires ou particulières ou, plus en général, par son rôle dans le contraste, le développement vertical et la structuration de l'espace (Reynard 2005a).

Bien que beaucoup d'études aient été réalisées en ce qui concerne l'esthétique du paysage en général (voir par exemple Daniel, 2001), peu d'études se sont concentrées sur la valeur esthétique des composantes du relief (voir par exemple Grandgirard, 1997 et Pralong, 2006).

Grandgirard (1997) a proposé d'apprécier l'importance paysagère des formes du relief à travers leur visibilité et leur rôle paysager (tabl. 3.2). La visibilité d'une forme du relief dépend de sa capacité à être perçue : une forme visible depuis plusieurs points de vue, depuis une distance importante et avec une étendue et un développement vertical importants aura donc une bonne visibilité. Sa position dominante et son contraste de couleur par rapport à l'espace environnant pourront également accroître cette visibilité. Le rôle paysager d'une forme du relief se réfère par contre à sa capacité à structurer le paysage ; elle pourra constituer un point d'appel focalisant le regard, contribuer à structurer les lignes de forces du paysage ou constituer un obstacle visuel contribuant à définir des plans paysagers dans le continuum des échelles spatiales. Une forme du relief pourra enfin contribuer à la structuration du paysage par le contraste de forme, de couleur et de texture par rapport à l'espace environnant.

Pralong (2006) a proposé une application concrète des critères proposés par Grandgirard (1997), dans le but d'une évaluation de la valeur touristique de certains sites d'intérêt pour les sciences de la Terre, en mettant en évidence les difficultés d'utilisation des critères liés au rôle paysager des formes du relief, ainsi que les problèmes engendrés par la prise en considération de leur aspect plus ou moins dominant par rapport à l'espace environnant.

Suite aux considérations de Pralong (2006) et sur la base des propositions de Reynard (2006) et de Reynard *et al.* (2007b), nous proposons donc de ne retenir que quelques-uns des critères avancés par Grandgirard (1997) dans l'analyse de la valeur esthétique d'un relief, à savoir la présence de points de vue, le développement vertical, le contraste de couleur et le rôle dans la structuration de l'espace (tabl. 3.2).

Grandgirard (1997)	Reynard (2006), Reynard et al. (2007b)
Critères de visibilité	
Points de vue et distance d'observation	Points de vue
Etendue et développement vertical	Développement vertical
Position (dominante/dominé)	
Contraste avec l'environnement (contraste de couleur en particulier)	Contraste de couleur
Critères de rôle paysager	
Points d'appel et focalisation du regard	Structuration de l'espace
Lignes de force du paysage	
Obstacles visuels et plans paysagers	
Contraste avec l'environnement (en général)	

Tabl. 3.2 : *Éléments permettant d'apprécier la valeur esthétique des formes du relief selon Grandgirard (1997) et selon Reynard (2006) et Reynard et al. (2007b).*

3.1.2.3 La valeur écologique

La valeur écologique d'un paysage géomorphologique correspond à son aptitude à accueillir des espèces ou des écosystèmes particuliers ou dignes de protection. Dans ce sens, on s'intéresse aux relations existant entre les formes et processus géomorphologiques et la présence d'espèces ou d'écosystèmes particuliers.

Plusieurs disciplines, surtout issues des sciences de la Vie, se sont intéressées aux liens existant entre le monde biotique et le monde abiotique en général. Cette vision systémique a d'ailleurs une longue histoire qui remonte aux études et aux travaux des naturalistes du XVII^e et du XVIII^e siècle. Alexander von Humboldt a été pionnier dans ce domaine : dans *Ideen zu einer Geographie der Pflanzen* (1807), il avait déjà pu mettre en évidence les relations entre la distribution de la végétation et l'altitude, la pente et l'exposition du versant (Kruckeberg, 2002). Dans la même période, Franz Unger avait également établi les liens entre la composition minéralogique des roches et des sols et la distribution de la végétation (Kruckeberg, 2002). Un demi-siècle plus tard, Charles Darwin avait donné une contribution importante dans ce domaine dans *Origin of Species* (1859), en théorisant l'importance des barrières physiques dans l'isolation, l'évolution et la répartition des espèces (Kruckeberg, 2002). Dans la même période, Anton Kerner von Marilaun avait synthétisé les facteurs écologiques déterminants pour la vie des plantes et les relations entre roches, sols et végétation (Kruckeberg, 2002). Les études concernant les rapports entre roches, sol et végétation se sont poursuivies au cours du XX^e siècle dans des disciplines telles que l'écologie des plantes, la biogéographie et la pédologie. Ce n'est que vers la fin des années 1980 que la biogéomorphologie, une discipline focalisant sur les relations réciproques entre organismes et formes et processus géomorphologiques, s'est développée (Naylor, 2005).

Les connaissances actuelles sur les rapports entre formes du relief et végétation tendent à démontrer l'importance d'une approche systémique considérant également le rôle de la lithologie et du sol. La lithologie du substrat rocheux peut influencer la végétation de deux manières principales : par contact direct avec la plante, dans un éboulis par exemple, ou par son influence dans les propriétés du sol. Certaines roches, comme le basalte et le gneiss, n'influencent que faiblement la vie des plantes, dont la distribution est alors dite *zonale*, dans le sens qu'elle est déterminée principalement par le climat (Kruckeberg, 2002). D'autres roches, comme le calcaire et la serpentinite, ont une influence beaucoup plus forte à cause de leur propriétés physiques ou chimiques et entraînent une distribution

de la végétation dite *azonale*, déterminée par les conditions géo(morpho)logiques plutôt que climatiques (Kruckeberg, 2002). C'est sur ce dernier type de substrat que des espèces *endémiques*, spécialisées pour ce type de substrat, se développent. La pédologie peut également influencer la végétation. Hunt (1972, in Kruckeberg, 2002) a mis en évidence trois types de sols azonaux : les *lithosols*, des sols peu évolués s'étant développés sur une roche dure, les *regosols*, des sols également peu évolués, mais s'étant établis sur une roche meuble et, enfin, les *sols alluviaux*, s'étant développés sur des alluvions (Foucault & Raoult, 2001). Les processus et les formes géomorphologiques peuvent influencer la végétation à toutes les échelles (tabl. 3.3). A l'échelle d'une chaîne de montagnes, les discontinuités spatiales entraînent par exemple des effets climatiques régionaux et locaux de grande importance pour la végétation : l'orientation du versant, l'altitude, les températures, le vent et la disponibilité en eau sont tous des facteurs fortement dépendants des formes et des processus géomorphologiques.

La complexité des relations existant entre processus, formes géomorphologiques et végétation est résumé dans le concept de *milieu naturel*. En Suisse, un système de classification des différents types de milieux naturels a été proposé récemment (Delarze *et al.*, 1998). En principe, c'est donc sur la base d'études régionales établies par des spécialistes en botanique qu'un géomorphologue pourra apprécier la valeur écologique d'un relief.

Sur la base des études de Reynard (2006) et de Reynard *et al.* (2007b), nous proposons de retenir deux critères assez simples dans l'analyse de la valeur écologique des formes du relief : l'influence écologique et la présence de zones de protection. L'influence écologique fait référence à l'importance d'une forme ou d'un processus géomorphologique dans l'établissement et le maintien d'écosystèmes ou d'espèces particulières ou bien dans la présence d'une biodiversité importante. La présence de zones de protection correspond par contre à l'existence de mesures de protection pour des raisons écologiques.

Unité de surface (km²)	Caractéristiques des unités	Unités climatiques correspondantes	Mécanismes génétiques commandant le relief	Temps de persistance (années)	Vie des plantes
10 ⁷	Continents, cuvettes océaniques	Grands ensembles zonaux, commandés par les facteurs astronomiques	Différenciation de l'écorce terrestre	10 ⁹	Endémisme continental dans de nombreux types de végétation
10 ⁶	Grands ensembles structuraux	Grands types de climat (interférence d'influences géographiques avec les facteurs astronomiques)	Mouvements de la croûte terrestre. Influences climatiques sur la dissection	10 ⁸	Endémisme subcontinental et types de végétation régionaux
10 ⁴	Grandes unités structurales	Nuances dans les types de climats, mais sans grande importance pour la dissection	Unités tectoniques ayant une liaison avec la paléogéographie. Vitesse de dissection influencée par la lithologie	10 ⁷	Endémisme régional et types de végétation indicateurs des unités topographiques régionales
10 ²	Unités tectoniques élémentaires	Climats régionaux à influences géographiques surtout dans les régions montagneuses	Influence prédominante de la tectonique, secondaire de la lithologie	10 ⁷	Végétation d'une chaîne montagneuse principale, avec de l'endémisme régional
10	Accidents tectoniques	Climats locaux, influencés par la disposition du relief : adret, ubac, étage montagnard	Prédominance de la lithologie et des aspects statiques de la structure	10 ⁶ -10 ⁷	Diversification locale de la vie des plantes liée aux variations du relief et de lithologie
10 ⁻²	Formes du relief	Mésoclimat directement lié à la forme	Prédominance du facteur morphodynamique, influencé par la lithologie	10 ⁴	Diversification locale de la vie des plantes liée aux variations du relief et de lithologie
10 ⁻⁶	Microformes	Microclimat directement lié à la forme	Prédominance du facteur morphodynamique, influencé par la lithologie	10 ²	Contrastes à grande échelle de la végétation en rapport avec le microrelief
10 ⁻⁸	Microscopique	Micromilieu	Interférence de la dynamique et de la texture de la roche	-	Flore cryptogame sur des petites surfaces du substrat

Tabl. 3.3 : Influence des formes géomorphologiques sur la végétation aux différentes échelles spatiales (d'après Tricart, 1965, et Kruckeberg, 2002, modifié).

3.1.2.4 La valeur culturelle

Un relief ayant influencé la culture humaine au sens large peut présenter une certaine valeur culturelle. On s'intéresse donc à l'influence d'un relief particulier sur la production religieuse et artistique, mais également à son importance d'un point de vue historique.

La dimension culturelle du patrimoine géologique et géomorphologique n'a été reconnue, théorisée et étudiée par le monde scientifique que depuis une vingtaine d'années. Dans ce cadre, l'apport des chercheurs de l'Université de Modena et Reggio Emilia en Italie a été particulièrement important. M. Panizza et S. Piacente ont joué un rôle innovateur en mettant en évidence au cours de leurs études la dimension culturelle de la géomorphologie (voir par exemple Panizza & Piacente, 2003, 2004, 2005 ; Piacente & Poli 2003 ; Piacente, 2005). Il existe en effet des relations étroites entre les formes géomorphologiques et les éléments culturels d'un territoire : *« la géomorphologie peut être comprise comme l'une des composantes du patrimoine culturel (au sens large) d'un territoire »*, mais on peut également considérer *« les rapports entre certaines composantes culturelles (au sens strict) d'un territoire (...) et le contexte géomorphologique dans lequel elles s'inscrivent »* (Panizza & Piacente, 2004, p. 195). Ainsi, la géomorphologie culturelle peut être définie comme :

« la discipline qui étudie la composante géomorphologique d'un territoire soit comme élément culturel du paysage, soit dans les interactions avec les biens culturels de type archéologique, historique, architecturaux, etc. » (Panizza & Piacente, 2004, p. 195).

Panizza & Piacente (2003, 2004) ont proposé une méthodologie assez complexe d'analyse des relations entre géomorphologie et culture. En ce qui concerne l'analyse de la géomorphologie comme composante du patrimoine culturel au sens large, ces auteurs proposent une évaluation en termes de valeur scientifique, à travers l'établissement d'une carte géomorphologique, d'une carte des unités géomorphologiques regroupant les sites ayant les mêmes caractéristiques morphogénétiques et, enfin, d'une carte de synthèse des géomorphosites (chap. 3.2.1), issue de l'évaluation de la valeur scientifique des formes relevées. En ce qui concerne l'analyse des rapports entre géomorphologie et patrimoine culturel au sens strict, ils proposent une méthodologie comprenant la détermination du cadre géomorphologique dans lequel s'inscrit un bien culturel, l'analyse des raisons géomorphologiques qui ont conditionné sa localisation, ainsi qu'une étude des risques géomorphologiques pouvant affecter le bien culturel, mais également des impacts négatifs que son utilisation peut engendrer sur les formes géomorphologiques.

Sur la base des travaux de Reynard (2006) et de Reynard *et al.* (2007b), nous allons retenir une appréciation de la valeur culturelle des formes du relief basée sur une analyse des rapports entre géomorphologie et patrimoine culturel au sens strict. Cette approche consiste dans l'analyse de l'importance religieuse et symbolique, historique et littéraire et artistique de la géomorphologie d'une région, mais également de son importance géohistorique en tant que site de découvertes importantes dans le domaine des sciences de la Terre ou d'exploitation historique des ressources géologiques (Lugon & Reynard, 2003).

3.1.2.5 La valeur économique

Un relief peut être exploité par l'Homme et acquérir ainsi une certaine valeur économique. Cette valeur peut provenir de l'exploitation touristique d'un site, mais également d'une exploitation industrielle de matériaux rendus disponibles par des processus géomorphologiques.

L'étude de la valeur économique touristique des formes du relief n'intéresse le monde scientifique que depuis quelques années (voir par exemple Reynard *et al.*, 2003a ; Pralong, 2006). Les relations entre géomorphologie et tourisme sont complexes et peuvent être analysées sous trois points de vue principaux (Reynard *et al.*, 2003b) : la géomorphologie peut être considérée, d'un part, comme un élément de l'offre touristique (chap. 3.2.4), mais, d'autre part, elle peut également représenter un facteur limitant en termes de risque ; finalement, il faut également considérer les impacts négatifs que les activités touristiques peuvent avoir sur les processus et les formes géomorphologiques.

Pralong (2006) a proposé une méthodologie d'analyse de la valeur économique comprenant une appréciation de l'accessibilité du site, des risques naturels qui l'affectent, du nombre annuel de visiteurs de la région, du niveau de protection du site et de son attractivité. Selon cette méthode, un site facilement atteignable par des routes importantes, ne présentant pas de risques pour les visiteurs, visité par un grand nombre de personnes chaque année et dont la visibilité est internationale présentera une grande valeur économique. Le niveau de protection du site peut par contre jouer un double rôle, en empêchant dans certains cas son exploitation, ou en contribuant à son attractivité.

Sur la base des travaux de Reynard (2006) et de Reynard *et al.* (2007b), nous allons retenir une appréciation de la valeur économique des formes du relief basée sur une analyse générale des bénéfices produits par son exploitation.

3.1.2.6 Synthèse

Nous avons vu qu'à travers un processus de perception et d'interprétation, un relief peut devenir une partie du paysage, le *paysage géomorphologique*, en acquérant différentes valeurs. Cinq types de valeurs sont habituellement associés à ce type de paysage, à savoir la valeur scientifique, esthétique, écologique, culturelle et économique. Différents chercheurs ont étudié la manière d'apprécier ces valeurs, en proposant plusieurs méthodes d'analyse. Au cours de notre travail, nous allons retenir les critères proposés par Reynard (2006) et par Reynard *et al.* (2007b) (tabl. 3.4).

Type de valeur	Critères d'appréciation
Valeur scientifique	Intégrité Représentativité Rareté Valeur paléogéographique
Valeur esthétique	Points de vue Développement vertical, contraste de couleur, structuration de l'espace
Valeur écologique	Influence écologique Site protégé
Valeur culturelle	Importance religieuse et symbolique Importance historique Importance littéraire et artistique Importance géohistorique
Valeur économique	Produits économiques

Tabl. 3.4 : Critères d'appréciation des valeurs d'un paysage géomorphologique selon Reynard (2006) et Reynard *et al.* (2007b).

Dans le chapitre suivant, nous allons donner un aperçu des bases légales et des instruments principaux qui permettent de protéger le paysage au niveau fédéral.

3.1.3 La protection du paysage au niveau fédéral

En Suisse, la protection de la nature et du patrimoine est généralement de la compétence des cantons ; la Confédération est par contre responsable de la protection des sites d'importance nationale (art. 78 de la Constitution) (Reynard & Gentizon, 2004).

La conception du paysage de l'administration fédérale s'efforce de prendre en considération tous les éléments que nous avons évoqué dans le chapitre consacré au concept de paysage et à son analyse en géographie (chap. 3.1.1), à savoir la composante objective, naturelle et anthropique, ainsi que la composante subjective :

« La notion de paysage englobe l'ensemble de l'espace, à l'intérieur et à l'extérieur des agglomérations. Elle résulte de la conjonction évolutive de facteurs naturels tels que le sous-sol, le sol, l'eau, l'air, la lumière, le climat, la faune et la flore, ainsi que de facteurs sociaux, culturels et économiques. » (OFEFP, 1998b, p. 19).

En comprenant une dimension naturelle et culturelle, la protection du paysage est donc étroitement liée à la protection de la nature et du patrimoine culturel (OFEFP, 1998b ; Reynard & Gentizon, 2004). En ce sens, la protection du paysage en Suisse repose sur une double stratégie : d'une part, la protection des composantes du paysage, et, d'autre part, sa protection dans son ensemble. L'importance de la distinction entre le paysage et ses bases matérielles dans une gestion durable de cette ressource a d'ailleurs bien été mise en évidence par Gerber (2006). Selon cet auteur, les bases matérielles constituent des ressources fondamentales, alors que le paysage constitue une ressource secondaire qui, par ses caractéristiques, ne peut pas être gérée de la même manière ; la protection juridique de ces deux types de ressource n'étant pas encore équivalente, de nombreux problèmes se posent encore entre les utilisateurs du paysage et les propriétaires et les utilisateurs de ses bases matérielles.

3.1.3.1 Bases légales principales

Les bases légales principales pour la protection du paysage au niveau fédéral sont la *Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage* di 1^{er} juillet 1966 (LPN, RS 451) et la *Loi fédérale sur l'aménagement du territoire* du 22 juin 1979 (LAT, RS 700).

Loi fédérale pour la protection de la nature et du paysage (LPN)

La LPN a pour but principal de ménager les aspects caractéristiques du paysage, en veillant à promouvoir leur conservation et valorisation, et de protéger plus particulièrement la faune et la flore indigènes ; elle vise également à soutenir les efforts des cantons et d'organisations non gouvernementales dans la protection de la nature et du paysage, ainsi qu'à encourager l'enseignement et la recherche dans ce domaine (art. 1). Les instruments principaux pour atteindre ces buts sont l'établissement d'inventaires fédéraux d'objets protégés (art. 5 et 6), le droit de recours de communes et des organisations non gouvernementales (art. 12), ainsi que les subventions (art. 13-17) (OFEFP 1998b). Depuis sa révision du 6 octobre 2006, la LPN prévoit également des mesures d'encouragement à la création de nouveaux parcs d'importance nationale (art. 23k).

La LPN prévoit une protection générale de la nature et du paysage, dont la compétence est du ressort des cantons, ainsi qu'une protection accrue, mise en œuvre par la Confédération à travers la réalisation d'inventaires fédéraux d'objets protégés (Scheurer, 2002 ; Reynard & Gentizon, 2004).

Loi fédérale pour l'aménagement du territoire (LAT)

La LAT a pour but principal de protéger les composantes naturelles du territoire à travers le maintien d'un milieu bâti harmonieux favorable à la vie sociale et économique dans les différentes régions de la Suisse, ainsi que de garantir la présence de surfaces agricoles suffisantes à son approvisionnement et d'assurer la défense du pays (art.1). Les zones qui méritent tout particulièrement d'être protégées sont les cours d'eau, les lacs et leurs rives, certains paysages et localités particulièrement intéressants pour leurs caractéristiques naturelles, culturelles ou esthétiques, ainsi que les biotopes (art. 17). Cette loi vise concrètement à limiter une utilisation désordonnée du sol et à circonscrire les espaces bâtis (Reynard & Gentizon, 2004).

La LAT fixe les principes généraux de l'aménagement du territoire en Suisse, mais leur application demeure surtout du ressort des cantons et des communes, à travers l'établissement de plans directeurs cantonaux et de plans d'affectation des zones communaux. La Confédération dispose principalement de la compétence d'élaborer des conceptions concernant l'organisation du territoire (art. 13), telle que la *Conception « Paysage Suisse »* (CPS) (OFEFP, 1998a), ainsi que d'accorder des subsides aux cantons pour la mise sous protection de certains sites et pour l'adoption de mesures concernant l'organisation du territoire (art. 29 et 30).

3.1.3.2 Autres bases légales

Certaines conventions internationales ratifiées par la Suisse et certaines lois contiennent également des mesures ayant des effets plus ou moins directs sur la protection du paysage.

Les conventions internationales principales applicables dans le domaine du paysage sont les suivantes (OFEFP, 1998b ; Scheurer, 2002 ; Reynard & Gentizon, 2004) :

- la *Convention de Ramsar*, ratifiée par la Suisse en 1976, qui constitue la base légale pour la protection de huit zones humides d'importance internationale ;
- la *Convention de Paris* (1972), concerne la conservation du patrimoine naturel et culturel et constitue la base légale pour la création de la liste de sites du Patrimoine mondial de l'UNESCO, qui a d'ailleurs également établi un réseau de Réserves de la biosphère ;
- la *Convention de Berne* (1979), constitue la base légale pour la protection de nombreuses espèces et de leurs habitats ;
- la *Convention de Bonn* (1979), concerne la conservation d'espèces migratrices ;
- la *Convention européenne pour la sauvegarde du patrimoine architectural* (1985) et la *Convention européenne pour la protection du patrimoine archéologique* (1992) ;

- la *Convention sur la protection des Alpes*, ratifiée par la Suisse en 1999, encourage le développement durable du milieu alpin ;
- la *Convention européenne sur le paysage* (2000), dont les principes de développement durable du paysage correspondent à ceux de la CPS.

Au niveau suisse, la protection du paysage est également assurée par d'autres lois (Reynard & Gentizon, 2004) :

- la *Loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques* du 22 décembre 1926 (LFH, RS 721.80), contient des indications concernant la conservation de la valeur esthétique des sites (art. 22) ;
- la *Loi fédérale sur la protection de l'environnement* du 7 octobre 1983 (LPE, RS 814.01), impose la réalisation d'études d'impact sur l'environnement pour certains projets à forte emprise spatiale ;
- la *Loi fédérale sur la chasse et la protection des mammifères et oiseaux sauvages* du 20 juin 1986 (LChP, RS 922.0), contient des indications concernant la conservation du paysage en tant que milieu vital pour la faune ;
- la *Loi fédérale sur les forêts* du 4 octobre 1991 (LFo, RS 921.0), contient des mesures concernant la gestion des forêts du point de vue écologique ;
- la *Loi fédérale sur l'agriculture* du 29 avril 1998 (LAgr, RS 910.1), met en évidence l'importance paysagère des surfaces agricoles et prévoit des subventions en faveur de leur conservation ;
- la *Loi fédérale sur l'aide aux investissements dans les régions de montagne* du 21 mars 1974 (LIM, RS 901.1), ainsi que l'arrêté instituant la mise en place de subventions Regio Plus (1997), jouent un rôle important dans le maintien d'un habitat décentralisé et d'activités économiques dans les régions périphériques de montagne ;
- la *Loi fédérale sur la protection des eaux* du 24 janvier 1991 (LEaux, RS 814.24) et la *Loi fédérale sur l'aménagement des cours d'eau* du 21 juin 1991 (LACE, RS 721.100) contiennent des mesures visant la revitalisation des cours d'eau.

3.1.3.3 Instruments de protection principaux

Les principaux instruments de protection du paysage au niveau fédéral sont les inventaires fédéraux, la CPS, les grandes aires protégées et le Fonds suisse pour le paysage (FSP) (Reynard & Gentizon, 2004).

Inventaires fédéraux

De nombreux inventaires d'objets protégés ont été réalisés sur la base de la LPN, de la LChP et de conventions internationales (tabl. 3.5).

Ces inventaires peuvent avoir un caractère contraignant différent les uns par rapport aux autres. Les inventaires qui découlent de l'art. 5 de la LPN ne sont contraignants que pour les activités de la Confédération ; leur application demeure pour le reste du ressort des

cantons, à travers la mise en place d'inventaires cantonaux et l'inscription des objets dans les plans directeurs cantonaux (OFEFP, 1998b ; Leimbacher, 2001 ; Scheurer, 2002). Les inventaires qui découlent des articles 18a et 23b et c de la LPN et de l'art. 11 de la LChP sont par contre plus contraignants et doivent être appliqués par la Confédération, les cantons et les communes (Leimbacher, 2001).

Un rapport d'évaluation de l'Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale (IFP) (OPCA, 2003) a montré que l'efficacité de cet inventaire a été très faible jusqu'à maintenant. Du fait de son caractère peu contraignant sur les activités cantonales et communales et d'un certain manque de clarté dans les objectifs de protection, cet inventaire n'a que très peu été appliqué de manière concrète et n'a ainsi pas pu empêcher une évolution négative du point de vue paysager dans de nombreux sites inscrits. Pour toutes ces raisons, l'IFP est actuellement en phase de révision.

Inventaire fédéral	Base juridique	Entrée en fonction
Biens culturels	Convention de la Haye	1954
Sites construits (ISOS)	LPN, art. 5	1973
Zones humides	Convention de Ramsar	1976
Paysages, sites et monuments naturels (IFP)	LPN, art. 5	1977
Réserves d'oiseaux d'eau et migrateurs (WV)	LChP, art. 11	1991
Hauts-marais et marais de transition (HM)	LPN, art. 18a	1992
Zones alluviales (ZA)	LPN, art. 18a	1992
Marges glaciaires et plaines alluviales alpines (ZA)	LPN, art. 18a	2001
Districts francs (JB)	LChP, art. 11	1992
Bas-Marais (BM)	LPN, art. 18a	1994
Sites marécageux (SM)	LPN, art. 23b	1996
Sites de reproduction des batraciens	LPN, art. 18a	2001
Voies de communication historiques (IVS)	LPN, art. 5	En préparation
Prairies sèches	LChP, art. 11	En préparation

Tabl. 3.5 : Inventaires fédéraux d'objets protégés (d'après Leimbacher, 2001, et Reynard & Gentizon, 2004, modifié).

Conception « Paysage Suisse » (CPS)

La CPS est une stratégie pour la gestion durable du paysage en Suisse, qui vise à en freiner la dégradation à travers la conservation et la valorisation d'éléments naturels et culturels tels que les milieux naturels et les paysages traditionnels. Cette stratégie prévoit un certain nombre d'objectifs généraux (tabl. 3.6), dont le but est de guider les activités à incidence spatiale de la Confédération, ainsi que des objectifs sectoriels, visant à préciser et à concrétiser les objectifs généraux dans les domaines des constructions fédérales, de l'énergie, du sport, des loisirs et du tourisme, de la défense nationale, de l'agriculture, de l'aviation civile, de la protection de la nature, du paysage et du patrimoine culturel, de l'aménagement du territoire, de la politique de développement régional, des transports, des forêts, de l'aménagement des cours d'eau et de l'utilisation de la force hydraulique (OFEFP, 1998a).

Les objectifs de la CPS sont concrétisés à travers la réalisation des principes directeurs élaborés dans la stratégie *Paysage 2020* (OFEFP, 2003), qui s'appliquent à l'utilisation du sol, à la politique du territoire, des cours d'eau, des espèces et des milieux naturels, à

la perception du paysage, à la gestion participative du paysage, aux instruments économiques et à la recherche dans le domaine du paysage.

Domaine	Objectifs
Valeurs naturelles	
Paysage naturel	Sauvegarder la diversité, la beauté et la particularité des paysages et des éléments paysagers naturels
Libre évolution	Réserver des espaces libres pour le développement spontané et la dynamique des phénomènes naturels
L'eau et la vie	Valoriser l'eau dans le paysage
Biotopes et espèces	Garantir l'existence de biotopes permettant le maintien de toute la diversité de la faune et de la flore indigènes, valoriser et reconstituer des réseaux de biotopes
Valeurs culturelles	
Paysages ruraux traditionnels	Assurer un développement mesuré des paysages traditionnellement exploités, en préservant et en mettant en valeur leur diversité, leur particularité, leur beauté, leur histoire et leur signification
Objets culturels de grande valeur	Sauvegarder les paysages ruraux traditionnels particulièrement beaux ou rares; conserver les sites, les monuments et les agglomérations qui ont une importance historique et culturelle, dans un environnement adéquat
Espaces de compensation	Conserver et créer des espaces de compensation tranquilles et diversifiés
Relation	Approfondir la relation entre l'être humain et la nature, le paysage et les biens culturels
Exploitation	
Conditions locales	Utilisation adaptée aux conditions locales; préserver et encourager l'aptitude et la régénération des ressources renouvelables
Atteintes minimales	Minimiser les interventions dans les paysages; diminuer la consommation de paysages en favorisant la superposition des affectations
Ressources limitées	Conserver les ressources non renouvelables du paysage; recourir à des matériaux de substitution; modérer les utilisations inévitables
Concentration des affectations	Réduire au minimum la construction d'immeubles, d'infrastructures et d'installations; les concentrer et promouvoir les réseaux écologiques
Gestion	
Caractéristiques d'un site	Préserver et valoriser les particularités et la qualité du site lors de l'utilisation normale et en cas d'atteintes
Lisières	Conserver et valoriser les zones de transition, milieux vitaux et éléments constitutifs du paysage
Diversité de l'exploitation	Sauvegarder et promouvoir des formes d'exploitation diversifiées
Valorisation écologique	Valoriser les paysages agricoles et urbanisés fortement sollicités pour y accroître le potentiel écologique et la qualité de vie

Tabl. 3.6 : Objectifs généraux de la CPS (OFEFP, 1998a).

Grandes aires protégées

En Suisse, trois types de grandes aires protégées existent actuellement: le Parc National des Grisons, les sites du patrimoine mondial et les réserves de la biosphère de l'UNESCO, ainsi que de nombreuses réserves naturelles. La révision de la LPN du 6 octobre 2006, dont l'ordonnance d'application est entrée en vigueur le 1 décembre 2007, encourage la création de nouveaux parcs d'importance nationale. Trois types de parcs sont prévus (art. 23e) :

- les *parcs nationaux*, dont le but est d'offrir un espace de délassement, de promouvoir l'éducation à l'environnement, ainsi que de favoriser la recherche scientifique, surtout en ce qui concerne la faune, la flore et l'évolution naturelle du paysage (art. 23f). Ils comprennent une zone centrale à accès limité, où la nature est livrée à elle-même, et une zone périphérique où les activités respectant la nature sont permises (art. 23f) ;
- les *parcs naturels régionaux*, dont le but est plutôt de conserver et valoriser le patrimoine naturel et culturel de régions périphériques en y favorisant un développement économique durable (art. 23g) ;
- les *parcs naturels périurbains*, situés à proximité de régions urbaines, dont le but est d'offrir un milieu de vie à la faune et à la flore à l'intérieur d'une zone centrale à accès limité, ainsi que de promouvoir l'éducation à l'environnement dans une zone périphérique (art. 23h).

Les parcs doivent naître d'initiatives régionales (art. 23i) ; la Confédération peut décerner le label de parc d'importance nationale sur la demande des cantons (art. 23j) et leur accorder des aides financières pour leur création et gestion (art. 23k).

Fonds suisse pour le paysage (FSP)

Le FSP est un fonds qui a été créé en 1991 dans le but d'encourager la sauvegarde des paysages ruraux traditionnels. Plusieurs projets dans toute la Suisse ont pu être financés grâce à ce fonds depuis sa création.

3.1.3.4 Synthèse

Nous avons vu qu'il existe de nombreuses bases légales visant la protection du paysage en Suisse, dont les principales sont la LPN et la LAT. Nous avons vu également que les inventaires d'objets protégés constituent un instrument privilégié pour la mise sous protection de certains sites, mais que certains d'entre eux ne sont contraignants que pour les activités de la Confédération, ce qui a parfois limité leur efficacité. Le rôle joué par les cantons dans la protection du paysage est en effet très important, parce que c'est à eux d'appliquer certains objectifs et mesures prévues par la LPN et la LAT. Dans le prochain chapitre, nous allons donner un aperçu des bases légales et des instruments principaux concernant la protection du paysage dans les cantons de notre région d'étude, le Tessin et les Grisons.

3.1.4 La protection du paysage au niveau cantonal et communal

3.1.4.1 Canton du Tessin

Dans le canton du Tessin, quatre bases légales principales concernent la protection du paysage : l'Arrêté législatif sur la protection des beautés naturelles et du paysage du 16 janvier 1940 (RL 9.3.1.1), la Loi sur la protection des biens culturels du 13 mai 1997 (RL 9.3.2.1), la Loi cantonale sur la protection de la nature du 12 décembre 2001 (RL 9.3.1.7) et la Loi cantonale d'application de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire du 23 mai 1990 (RL 7.1.1.1).

L'Arrêté législatif sur la protection des beautés naturelles et du paysage institue notamment la protection des points de vue et des sites, paysages et panoramas pittoresques (art. 1). Le Règlement d'application du 22 janvier 1974 (RL 9.3.1.1.1) de cet arrêté précise quels sont les éléments particulièrement dignes de protection (art. 2):

- les *monuments naturels* : il s'agit d'éléments du paysage qui présentent un intérêt esthétique ou scientifique particulier, tels que des zones humides et d'autres biotopes, des rochers, des sources, des cascades, des raretés géographiques et géologiques, des arbres ou des groupes d'arbres ;
- les *points de vue* : il s'agit des lieux d'où l'on peut mieux apprécier la beauté d'un paysage ou d'un panorama, tels que des balcons naturels, des sommets, des bords de routes, des rives de lacs ou de cours d'eau ;
- les *sites pittoresques* : il s'agit des parties du paysage dans lesquelles la beauté du pays est particulièrement évidente, telles que des lacs, des cours d'eau, des crêtes, des vallonnements, des collines, des noyaux urbains et ruraux ;
- la *flore* et la *faune* indigènes et leurs habitats.

Ce règlement d'application précise également que le Canton doit établir une liste des sites dignes de protection (art. 4), qui doivent figurer dans le Plan directeur cantonal, ainsi que dans les plans d'affectation des zones des communes (art. 4, 5, 8).

La Loi sur la protection des biens culturels se focalise sur la protection des meubles et des immeubles d'importance cantonale et locale (art. 2, 3). Les objets dignes de protection doivent être inventoriés et inscrits dans le Plan directeur cantonal et dans les plans d'affectation des zones des communes, qui doivent veiller à leur conservation et valorisation.

La Loi cantonale sur la protection de la nature vise à promouvoir la connaissance, la protection et la valorisation des composantes naturelles du paysage (art. 1), telles que (art. 8) :

- les secteurs et les éléments isolés du paysage particulièrement exemplaires ou caractéristiques ;
- les biotopes contribuant de manière importante à la conservation de la biodiversité ;
- les géotopes présentant un intérêt morphologique, géologique ou paléontologique particulier;

- les espèces rares, menacées ou présentant un intérêt scientifique particulier ;
- les roches et les minéraux rares ou présentant un intérêt scientifique ;
- les fossiles.

Le Canton doit établir un inventaire des sites d'importance cantonale et les communes un inventaire des sites d'importance locale (art. 11). Cinq catégories de zones de protection sont prévues (art. 12) (Poggiati, 2006):

- la *réserve naturelle* : il s'agit d'une aire particulièrement sensible où la nature est livrée à son évolution naturelle ;
- la *zone de protection de la nature* : il s'agit d'une aire d'intérêt naturaliste particulier où seules les activités compatibles avec sa protection sont permises ;
- la *zone de protection du paysage* : il s'agit d'une aire d'intérêt paysager particulier ;
- le *parc naturel* : il s'agit d'une région particulièrement importante du point de vue naturaliste et qui se prête à des activités récréatives et didactiques;
- le *monument naturel* : il s'agit d'un élément remarquable isolé dans le paysage.

La *Loi cantonale d'application de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire* reprend essentiellement les éléments proposés par la LAT en précisant que l'aménagement du territoire doit se réaliser notamment par le biais du Plan directeur cantonal et des plans d'affectation des zones des communes (art. 2).

Les instruments de protection du paysage dans le canton du Tessin sont donc principalement les inventaires cantonaux et communaux d'objets protégés, qui se concrétisent à travers leur inscription dans le Plan directeur cantonal et dans les plans d'affectation des zones des communes.

3.1.4.2 Canton des Grisons

Les bases légales principales pour la protection du paysage dans le canton des Grisons sont la *Loi sur la promotion de la protection de la nature et du patrimoine dans le canton des Grisons* du 24 octobre 1965 (BR 496.000) et la *Loi sur l'aménagement du territoire dans le canton des Grisons* du 6 décembre 2004 (BR 801.100).

La *Loi sur la promotion de la protection de la nature et du patrimoine dans le canton des Grisons* a pour but de promouvoir la protection de la nature, du patrimoine et du paysage (art. 1). L'*Ordonnance sur la protection de la nature et du patrimoine* du 27 novembre 1946 (BR 496.100) précise que le but est plus particulièrement de (art. 1) :

- assurer la protection des beautés naturelles et paysagères contre toute installation pouvant les endommager ;
- conserver les constructions ayant un intérêt artistique ou historique particulier ;
- protéger les endroits et les monuments naturels ayant un intérêt particulier pour les sciences naturelles, tels que des formations géologiques particulières, des sources thermales, des forêts, des associations végétales, des arbres rares ou

particuliers, des animaux, des blocs erratiques, des fossiles et des restes humains, animaux ou végétaux historiques ou préhistoriques ;

- conserver les antiquités de valeur particulière, empêcher leur sortie du Canton et favoriser la récupération d'objets sortis du Canton dans le passé ;
- assurer des travaux professionnels dans le domaine de l'archéologie.

Cette ordonnance précise également que le Canton est responsable de l'allocation de subsides et du contrôle de l'application de ces objectifs par les communes par le biais d'une commission pour la protection de la nature et du patrimoine (art. 5). Les communes sont tenues d'inscrire dans leurs plans d'affectation des zones les objets et les sites dignes de protection (art. 8).

La *Loi sur l'aménagement du territoire dans le canton des Grisons* a pour but de réglementer les tâches du Canton, des régions et des communes dans l'aménagement du territoire (art. 1). Le Canton doit établir un Plan directeur cantonal (art. 14-16) ; les régions peuvent également établir leur Plan directeur sur la base du plan cantonal (art. 18). Les communes établissent un plan d'affectation des zones, qui comprend entre autre des *zones de protection de la nature* et des *zones de protection du paysage* :

- les *zones de protection de la nature* (art. 33) comprennent des biotopes et d'autres sites rares ou particuliers, tels que des objets présentant une certaine valeur du point de vue géologique et des sciences de la Terre (géotopes) ;
- les *zones de protection du paysage* (art. 34) comprennent des paysages particulièrement beaux, rares ou présentant une valeur écologique particulière.

Au niveau cantonal, deux types d'inventaires d'objets protégés existent : un inventaire de protection des paysages et plusieurs inventaires de protection de la nature.

Comme pour le canton du Tessin, les instruments de protection du paysage dans le canton des Grisons sont donc liés aux plans directeurs cantonal et régional, ainsi qu'aux plans d'affectation des zones des communes. Ces plans se concrétisent dans la création de zones de protection de la nature et du paysage ; au niveau cantonal, ces zones de protection sont réunies dans des inventaires de protection des paysages et de la nature.

Un autre instrument de protection du paysage, d'importance secondaire, est le *centime du paysage*. Il s'agit d'une subvention accordée à certaines communes ayant renoncé à la construction d'installations hydroélectriques pour des raisons paysagères. Cette subvention est accordée par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), qui la finance par le prélèvement de 0.01 centimes par kWh d'énergie consommée (Longet, 2004).

3.1.4.3 Les grandes aires protégées

Deux grandes aires protégées existent actuellement dans les cantons du Tessin et des Grisons : le Monte San Giorgio (TI), patrimoine mondial UNESCO, et le Parc National des Grisons (GR). D'autres parcs d'importance nationale sont en phase de projet : le *Parc Adula* (TI-GR) et le *Parc National du Locarnese* (TI) en tant que parcs nationaux, le *Naturpark Schamserberg* (GR), le *Parc Ela* (GR), le *Naturpark Maderanertal* (GR) et le *Parco del Camoghè* (TI) en tant que parcs naturels régionaux.

3.1.4.4 Synthèse

Au niveau des cantons du Tessin et des Grisons, la protection du paysage demeure donc largement liée à la mise en place d'inventaires de zones protégées et à leur inscription dans les plans directeurs cantonaux et dans les plans d'affectation des zones des communes, ainsi qu'à la présence de grandes aires protégées.

3.1.5 La gestion du paysage en Suisse : synthèse

Dans ce chapitre, nous avons pu mettre en évidence la complexité du concept de paysage et la manière dont il est protégé en Suisse aux différentes échelles du fédéralisme. Nous pouvons retenir que le paysage se caractérise par ses composantes, naturelles et anthropiques, et par le processus de perception et d'interprétation d'un espace. Nous retenons également que l'analyse du paysage en géomorphologie a permis d'appliquer cette conception au relief à travers la notion de *paysage géomorphologique*, qui se caractérise principalement par sa valeur scientifique et sa valeur esthétique, écologique, culturelle et économique. Du point de vue législatif, nous avons vu que de nombreuses lois et instruments visent la protection du paysage au niveau fédéral, cantonal et communal ; l'analyse de la législation nous a montré certaines différences dans la conception du paysage et des objets particulièrement dignes de protection entre la Confédération et les cantons, ainsi qu'entre le canton du Tessin et le canton des Grisons. Globalement, les inventaires semblent néanmoins être les instruments privilégiés de la protection du paysage en Suisse. La création de nouveaux parcs d'importance nationale pourrait également constituer un autre instrument important pour la protection du paysage dans les prochaines décennies.

3.2 Le patrimoine géomorphologique

Dans ce chapitre, nous allons focaliser notre attention sur la notion de patrimoine en sciences de la Terre et sur la manière dont ce patrimoine est géré actuellement. Après une présentation des concepts de patrimoine géologique et géomorphologique, de géodiversité et de géotope (chap. 3.2.1), nous allons esquisser quelques enjeux actuels concernant leur protection et leur valorisation (chap. 3.2.2). Nous allons enfin donner un aperçu de la protection (chap. 3.2.3) et de la valorisation (chap. 3.2.4) du patrimoine géologique et géomorphologique en Suisse, au niveau fédéral et des cantons du Tessin et des Grisons.

3.2.1 Les concepts de patrimoine géomorphologique, de géodiversité et de géotope

La notion de patrimoine en sciences de la Terre est assez récente ; malgré la mise sous protection de régions à forte valeur géomorphologique et paysagère, tels que le Yellowstone National Parc aux Etats-Unis (Gray, 2004), et la volonté de protéger certains éléments isolés, tels que des blocs erratiques ou des cascades en Suisse (Reynard & Gentizon, 2004), ce n'est qu'au cours des années 1980 que les spécialistes des sciences de la Terre ont commencé à considérer de manière systématique les objets géologiques et géomorphologiques comme ayant une valeur digne d'être protégée et valorisée. Ce n'est qu'à ce moment que les termes de patrimoine géologique et géomorphologique, de géodiversité et de géotope sont apparus.

Patrimoine géologique et géomorphologique

La notion de patrimoine fait référence à un héritage qui doit être sauvegardé et transmis d'une génération à l'autre et est d'habitude associée à la sphère culturelle (Reynard, 2007). Mais la nature possède également une valeur patrimoniale :

« la nature n'est pas seulement un espace à mettre en valeur, c'est également un ensemble d'éléments ayant une valeur propre ; en ce sens, la nature est objet de patrimoine, à conserver et à transmettre aux générations futures. » (Reynard, 2007, p. 1).

Le patrimoine naturel est le plus souvent associé au monde biotique, alors que la valeur du monde abiotique est beaucoup moins connue (Grandgirard, 1997 ; Reynard, 2007). Le patrimoine géologique et géomorphologique constitue une partie du patrimoine naturel et comprend l'ensemble des objets géologiques et géomorphologiques présentant une valeur qui les rend dignes d'être conservés pour les générations futures et d'être valorisés. Cette notion, assez générale, a pour but de mettre en évidence que des objets abiotiques naturels peuvent avoir une certaine valeur pour les sciences de la Terre (valeur scientifique), mais également pour l'ensemble de la société (valeur esthétique, écologique, culturelle et économique), et qu'ils méritent donc d'être conservés et valorisés au même titre que les biens culturels ou la nature biotique.

La notion de patrimoine géologique et géomorphologique est souvent associée à celles de géoconservation et de géodiversité (Serrano & Ruiz-Flaño, 2007) : cette notion est donc liée à l'idée que le monde abiotique présente une diversité qu'il s'agit de protéger et de promouvoir. Les relations entre le patrimoine abiotique et sa valorisation touristique sont d'ailleurs très complexes et constituent un champ de recherche très actif (voir par exemple Duval, 2007, et Hobléa, 2006).

Géodiversité

Le concept de géodiversité a commencé à être utilisé depuis les années 1990 dans les milieux liés à la protection de la nature (Gray, 2004 ; Serrano & Ruiz-Flaño, 2007). Cette notion se rapporte à celle de biodiversité et a pour but de souligner que le monde abiotique présente une diversité aussi importante que le monde biotique (Gray, 2005), méritant donc d'être conservée de la même manière. Le concept de géodiversité a été utilisé et appréhendé de différentes manières et de nombreuses définitions ont été proposées¹. Nous retiendrons la définition suivante (Gray, 2004, p. 8):

« Geodiversity : the natural range (diversity) of geological (rocks, minerals, fossils), geomorphological (land form, processes) and soils features. It includes their assemblages, relationships, properties, interpretations and systems. »

Serrano & Ruiz-Flaño (2007) ont mis en évidence récemment l'importance de la prise en considération de l'échelle dans le concept de géodiversité, qu'ils ont proposé d'analyser à quatre échelles spatiales différentes : celle des particules, celle des éléments, celle des objets et, finalement, celle des paysages. Leur définition de la géodiversité est la suivante (Serrano & Ruiz-Flaño, 2007, p. 144) :

« the variability of abiotic nature, including lithological, tectonic, geomorphological, soil, hydrological, topographical elements and physical processes of the land surface and in the seas and oceans, together with systems generated by natural, endogenous and exogenous, and human processes, which cover the diversity of particles, elements and places. »

Serrano & Ruiz-Flaño (2007) ont proposé également une méthode d'évaluation de la géodiversité, pouvant être représentée sur des cartes, dans le but de favoriser sa prise en considération dans l'aménagement du territoire.

Géotope

Le patrimoine géologique et géomorphologique est constitué d'un ensemble de sites présentant un intérêt particulier (Reynard *et al.*, 2007), les géosites ou géotopes. Plusieurs définitions ont été proposées pour ce concept ; certaines définitions restrictives (Grandgirard, 1997) considèrent un géotope comme un objet géologique ou géomorphologique présentant une certaine valeur scientifique pour la compréhension de l'histoire de la Terre et du climat, alors que d'autres définitions, plus larges (Panizza & Piacente, 1993), prennent également en considération d'autres types de valeur, telles que la valeur esthétique, écologique, culturelle ou économique. Ces définitions ne s'excluent pas : dans une optique de protection, on privilégiera plutôt la définition restrictive, alors que dans une optique de valorisation on considérera plutôt la définition plus large (Reynard, 2004d).

¹ Voir Serrano & Ruiz-Flaño (2007) pour une analyse du développement de ce concept.

Les géotopes géomorphologiques, ou géomorphosites² (Panizza, 2001), constituent l'une des catégories de géotopes, au même titre que les géotopes structuraux, paléontologiques, sédimentologiques, minéralogiques, pétrographiques et géochimiques, stratigraphiques, hydrologiques et hydrogéologiques, ou spéléologiques (Reynard, 2004d). Les géomorphosites comprennent :

« *A la fois des processus d'érosion et de sédimentation (zones alluviales actives, marges proglaciaires, laves torrentielles) et les formes du relief résultant de cette activité (glaciers rocheux, lapiés, cônes d'éboulis)* » (Reynard, 2004d, p. 127).

Les géomorphosites se distinguent donc des autres formes du relief par les valeurs qui leur sont attribuées. Dans ce sens, ils peuvent constituer une partie plus ou moins grande d'un paysage géomorphologique, dépendant de leur taille. Les valeurs associées à un géomorphosite et les critères pour les apprécier sont donc les mêmes que ceux mis en évidence plus haut pour les paysages géomorphologiques (chap. 3.1.2).

3.2.2 Enjeux dans la gestion du patrimoine géomorphologique

Le patrimoine géomorphologique est actuellement concerné par plusieurs enjeux de protection et de valorisation.

Au niveau de la protection, force est de constater qu'il existe des différences énormes entre les pays : certains pays, tels que la Grande Bretagne, ont adopté une législation spécifique concernant la protection des géotopes (Reynard 2004e), alors que beaucoup d'autres, tels que la Suisse, ont moins progressé dans ce domaine. Un premier enjeu au niveau de la protection du patrimoine géomorphologique consiste donc dans l'amélioration et l'élargissement des instruments légaux de protection. Un deuxième enjeu concerne la révision et l'harmonisation des politiques de protection de la nature, du patrimoine et du paysage, visant une meilleure intégration des différentes composantes, naturelles et anthropiques, du paysage. Un premier pas dans cette direction semblerait être une meilleure coordination et intégration des politiques concernant les composantes biotiques et abiotiques du patrimoine naturel (Reynard *et al.*, 2005 ; Schoeneich, 2007).

Au niveau de la valorisation, deux enjeux se posent : d'une part, différentes activités de promotion, touristiques et didactiques, contribuent actuellement de manière importante à la sensibilisation des différents acteurs envers la valeur patrimoniale de certains sites et donc, d'une certaine manière, à une protection indirecte de ceux-ci (Reynard *et al.*, 2005) ; d'autre part, de telles activités peuvent également poser des problèmes au niveau des impacts sur les processus et les formes géomorphologiques ou au niveau des risques naturels (Reynard *et al.*, 2003b).

3.2.3 La protection du patrimoine géomorphologique

Nous avons vu que la protection constitue l'un des enjeux actuels principaux dans la gestion du patrimoine géomorphologique. Dans ce chapitre, nous allons analyser les bases légales et les instruments principaux qui permettent actuellement de protéger ce patrimoine en Suisse, au niveau fédéral, cantonal et communal.

² Voir Reynard (2005b) pour une analyse des différentes terminologies liées au concept de géomorphosite.

3.2.3.1 Au niveau fédéral

Bases légales et instruments

En Suisse, il n'existe pas une législation spécifique concernant la protection du patrimoine géologique et géomorphologique et des géotopes, qui peuvent néanmoins être protégés de manière indirecte par le biais de certains articles du Code civil suisse (1912), de la LPN, de la LAT, de la LPE et de la LFH (Jordan *et al.*, 2004) (tabl. 3.7). Les articles 702 et 724 du Code civil suisse permettent ainsi de limiter la propriété privée afin de préserver le patrimoine naturel et le paysage et instituent la propriété publique des objets ayant une valeur scientifique particulièrement importante. La LPN constitue la base légale pour la création d'inventaires d'objets protégés (chap. 3.1.3) ; l'IFP comprend plusieurs sites ayant une composante géomorphologique centrale (Reynard & Gentizon, 2004), mais également d'autres inventaires concernent des aspects liés à la géomorphologie (l'*Inventaire fédéral des hauts-marais et des marais de transition d'importance nationale* (HM), l'*Inventaire fédéral des bas-marais d'importance nationale* (BM), l'*Inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale* (ZA) et l'*Inventaire fédéral des sites marécageux d'une beauté particulière et d'importance nationale* (SM)). L'article 17 de la LAT précise également que cours d'eau, lacs, rives de lacs, paysages à forte valeur esthétique ou scientifique et monuments naturels sont particulièrement dignes de protection. L'article 19 de la LPE, instituant les études d'impact sur l'environnement, permet également de protéger certains sites lors de la construction d'infrastructures d'une certaine ampleur. Enfin, l'article 22 de la LFH demande de ménager l'esthétique des sites lors de la construction d'infrastructures hydroélectriques et constitue ainsi une dernière base légale pour la protection de certains géomorphosites.

Texte légal	Article concerné, type de protection
Code civil suisse (1912)	Art. 702 : Limitation de la propriété privée pour la protection du patrimoine naturel et du paysage Art. 724 : Propriété publique sur les objets à haute valeur scientifique
LPN (1966)	Art. 5 : IFP (1977) (faible degré de protection, contraignant que pour la Confédération) Art. 18a : HM, BM, ZA Art. 23b,c : SM
LAT (1979)	Art. 17 : Zones protégées
LPE (1983)	Art. 9 : Etudes d'impact sur l'environnement
LFH (1916)	Art. 22 : Ménagement de la beauté des sites

Tabl. 3.7 : Principales bases légales pour la protection des géotopes au niveau fédéral (d'après Reynard, 2003b, modifié).

La CPS reconnaît l'importance des géotopes dans la reconstitution de l'histoire de la Terre, de la vie et du climat, ainsi que le rôle joué par les processus géomorphologiques dans le façonnement du paysage et dans l'établissement et le maintien de certains écosystèmes. Elle met également en évidence que la destruction des géotopes est irréversible et que de nombreuses menaces les affectent. Elle admet ainsi que, « *vu l'importance des géotopes et les menaces qui pèsent sur eux, leur protection doit être notablement améliorée. On leur accordera donc davantage d'attention dans le cadre de la protection de la nature et du paysage, ainsi que dans des procédures liées à*

l'aménagement du territoire » (OFEFP, 1998b, p. 59). Ce propos reste cependant d'application difficile car la CPS ne prévoit aucune mesure concrète en faveur d'une meilleure conservation et valorisation du patrimoine géomorphologique et des géotopes, mis à part les mesures de renaturation, revitalisation et revalorisation des cours d'eau.

L'inventaire des géotopes d'importance nationale

A la suite d'un rapport sur les géotopes et sur leur protection en Suisse (Strasser *et al.*, 1995), le Groupe de travail pour la protection des géotopes en Suisse de l'Académie Suisse des Sciences Naturelles (ASSN, aujourd'hui ScNat) a publié un inventaire des géotopes d'importance nationale (ASSN, 1999). Cet inventaire n'a pas de force légale et a été créé dans le but de sensibiliser le public par rapport au concept de géotope et à la nécessité de les protéger, de mettre à disposition des données de base pour la réalisation d'autres inventaires en Suisse (au niveau cantonal notamment), et enfin de proposer un modèle de référence pour l'établissement d'un inventaire fédéral découlant de la LPN dans le futur.

Cet inventaire est actuellement en cours de révision, mais son officialisation ne figure pour l'instant pas parmi les priorités de l'OFEV (Jordan *et al.*, 2004).

Les géoparc

Le Groupe de travail pour la protection des géotopes en Suisse a publié récemment un rapport sur les géoparc en Suisse (Reynard *et al.*, 2007a), dans le but, d'une part, de sensibiliser le public et les administrations fédérales, cantonales et communales par rapport au concept de géoparc et, d'autre part, d'illustrer et de favoriser le développement de telles structures en Suisse. Dans ce rapport un géoparc est défini comme :

« un territoire bien délimité et de taille suffisante pour contribuer au développement économique local ; il comprend un certain nombre de sites géologiques et géomorphologiques de tailles diverses qui sont les témoins de l'histoire de la Terre et de la vie ainsi que de l'évolution des paysages (géotopes) et qui peuvent être complétés par des sites de valeur écologique, archéologique, historique ou autres. A ce titre, le géoparc est indispensable à la mise en valeur du patrimoine de la région où il se situe » (Reynard *et al.*, 2007a, p. 2).

Ainsi, un géoparc a pour but de conserver et valoriser le patrimoine géologique et géomorphologique d'une région, tout en favorisant son développement économique durable. Cependant, les géoparc ne sont pas des zones protégées au sens de la LPN, bien qu'ils pourraient le devenir par le biais d'une évaluation de l'OFEV leur accordant le statut de parc naturel régional (Reynard *et al.*, 2007a).

En Suisse, deux géoparc existent actuellement, le *Parco delle Gole della Breggia* et le *Geopark Sarganserland – Walensee – Glarnerland*. D'autres sont en phase de projet plus ou moins avancée. Le groupe de travail pour les géotopes en Suisse est en train de développer un label de *Géoparc suisse* dans le but d'en garantir la qualité (Reynard *et al.*, 2007a).

3.2.3.2 Au niveau cantonal et communal

Canton du Tessin

Nous avons vu que la *Loi cantonale sur la protection de la nature* du 12 décembre 2001 (RL 9.3.1.7) prévoit la protection et la valorisation des géotopes qui présentent un intérêt morphologique, géologique ou paléontologique particulier (chap. 3.1.4). Cette protection devrait s'effectuer à travers l'inscription dans le Plan directeur cantonal et dans les plans d'affectation des zones des communes des objets recensés dans un inventaire des sites d'importance cantonale et locale. Les géotopes n'ont pour l'instant pas été objet de tels inventaires systématiques et leur statut de protection demeure donc théorique.

De nombreuses régions présentant un intérêt géologique et géomorphologique sont cependant déjà protégées en tant que *zones de protection de la nature*, *zones de protection du paysage*, ou *monuments naturels*. Les géotopes jouissent ainsi d'une protection indirecte dans ces zones protégées, bien qu'une protection systématique n'ait pour l'instant pas été réalisée.

Canton des Grisons

Nous avons vu que la *Loi sur l'aménagement du territoire dans le canton des Grisons* du 6 décembre 2004 (BR 801.105) prévoit la protection des géotopes au sein des *zones de protection de la nature* (chap. 3.1.4). Comme pour le canton du Tessin, le canton des Grisons n'a pour l'instant pas établi un inventaire des géotopes d'importance cantonale et locale ; leur protection demeure donc à nouveau théorique.

Les géotopes peuvent par contre être protégés de manière indirecte dans des objets faisant partie de l'inventaire de protection des paysages ou de l'un des inventaires de protection de la nature.

3.2.3.3 Synthèse

Dans ce chapitre, nous avons pu éclairer la manière dont le patrimoine géomorphologique est protégé au niveau suisse et au niveau des cantons du Tessin et des Grisons. Nous allons retenir que, pour l'instant, il n'existe aucune mention concernant la protection des géotopes dans la législation fédérale et que leur protection dépend à ce niveau de leur inclusion dans un objet inscrit à l'un des inventaires fédéraux. Au niveau cantonal, la protection des géotopes est inscrite dans la législation des cantons du Tessin et des Grisons, mais l'absence d'inventaires limite pour l'instant leur protection systématique. La nécessité d'associer une valorisation à la protection du patrimoine géomorphologique se dégage donc clairement : la sensibilisation du public envers la fragilité et l'intérêt de géomorphosites pourrait contribuer de manière importante à leur sauvegarde (Reynard *et al.*, 2005).

3.2.4 La valorisation du patrimoine géomorphologique

La valorisation constitue le deuxième grand enjeu actuel dans la gestion du patrimoine géomorphologique. Dans ce chapitre, nous allons donner un aperçu des différentes méthodes de valorisation qui existent actuellement. Après une introduction générale sur le concept de géotourisme, nous allons présenter quelques méthodes de vulgarisation

utilisées en sciences de la Terre, pour enfin mettre en évidence les problèmes et les incertitudes qui se posent aujourd'hui dans ce domaine.

3.2.4.1 Le géotourisme

Le concept de géotourisme est assez récent : en effet, il n'est apparu dans la littérature que depuis les années 1990 (Hose, 2006). Plusieurs définitions ont été proposées depuis, mettant parfois en avant le but de protection du patrimoine géologique et géomorphologique que ce type de tourisme doit favoriser et, d'autres fois, l'objectif de valorisation (Pralong, 2004b, 2006). Parmi les nombreuses définitions concernant le géotourisme, nous allons retenir celle avancée par Hose (2000, in Hose, 2006, p. 222) :

« 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 recreationalists. »

Selon cette définition, le géotourisme est donc l'ensemble des activités et des services visant l'explication des phénomènes géologiques et géomorphologiques à différents publics dans un but de conservation et valorisation. A notre avis, le géotourisme doit toujours privilégier ce double aspect de conservation et de valorisation : une meilleure connaissance du patrimoine géologique et géomorphologique parmi le public pourra ainsi favoriser une meilleure compréhension de la nécessité de le protéger (Hose, 1994, 1996).

Le géotourisme est une forme de tourisme qui se veut durable et qui doit donc promouvoir un développement économique des régions concernées tout en ménageant au maximum l'environnement naturel. Dans ce sens, il doit viser un développement qualitatif et non pas quantitatif (Pralong, 2006).

En Suisse, le géotourisme n'est pas très développé (Reynard & Pralong, 2004), mais beaucoup de nouvelles activités ont été proposées au cours de ces dernières années. Ainsi, plusieurs sentiers didactiques, brochures et visites guidées ont été réalisés dans tous le pays, et pas seulement à l'intérieur des géoparc existants. La réalisation de ces produits a entraîné différentes réflexions dans le monde scientifique concernant les méthodes de vulgarisation en sciences de la Terre (Reynard & Berrebi, 2008).

Des études récentes (Summermatter, 2003 ; Pralong, 2003, 2004a, 2006 ; Kramar & Pralong, 2005 ; Reynard *et al.*, 2005 ; Reynard & Berrebi, 2008), ont mis en évidence quelques éléments essentiels à mettre en pratique lors de toute réalisation géotouristique à vocation didactique :

- le choix et l'analyse des attentes du public-cible (Pralong, 2006 ; Reynard & Berrebi, 2008);
- la mise en place d'une transmission du savoir interactive, prenant en considération les connaissances préalables du public et capable de les faire évoluer (Kramar & Pralong, 2005);
- la prise en considération de la complexité des différentes échelles spatio-temporelles caractérisant les paysages et les objets géologiques et géomorphologiques (Pralong, 2003, 2004a ; Kramar & Pralong, 2005) et donc de leur dynamique;

- la mise en évidence du caractère patrimonial des sciences de la Terre et de ses liens avec le patrimoine écologique et culturel (Pralong, 2004a; Kramar & Pralong, 2005 ; Reynard *et al.*, 2005) ;
- la qualité graphique des produits proposés, en particulier en ce qui concerne les figures et les photos (Summermatter, 2003 ; Reynard & Berrebi, 2008).

Publics-cible

Kramar et Pralong (2005) ont proposé une classification des publics-cible sur la base des catégories établies par Origet du Cluzeau (1998) pour le tourisme culturel ; cette classification prévoit trois catégories de public :

- un public de spécialistes d'un domaine des sciences de la Terre (paléontologie et minéralogie principalement) ;
- un public très motivé par l'ensemble des thématiques culturelles ;
- un public d'occasionnels et de curieux.

Chaque public a des exigences différentes et nécessite donc des produits géotouristiques et une vulgarisation différents. Ainsi, les spécialistes d'un domaine des sciences de la Terre pourraient vouloir élargir leur vision des sciences de la Terre ; il faudra donc essayer de leur transmettre une vision globale de la géologie et de sa dynamique (Reynard & Berrebi, 2008). Les personnes très motivées par l'ensemble des thématiques culturelles seront plutôt intéressées par une mise en évidence de la valeur patrimoniale des sciences de la Terre et de ses liens avec le patrimoine écologique et culturel. Le public d'occasionnels et de curieux est par contre attiré plus par le divertissement que par l'apprentissage et sera attiré par des messages simples sachant mettre en évidence l'aspect émerveillant des sciences de la Terre (Kramar & Pralong, 2005 ; Reynard & Berrebi, 2008).

Méthodes de vulgarisation

Un certain nombre de méthodes de vulgarisation des sciences de la Terre, que nous allons présenter brièvement, ont été proposées récemment par Kramar (2003, 2005) et Pralong (2003, 2004a).

Kramar (2003, 2005) a proposé d'appliquer le concept de cycle orogénique à l'interprétation d'un paysage, qui serait le résultat d'une « histoire en trois temps » comprenant la formation des roches, leur déformation et leur érosion. Cette méthode semble donner de bons résultats dans l'interprétation de l'histoire d'un paysage dans son ensemble, mais il s'applique évidemment moins bien à l'explication d'un paysage géomorphologique.

Pralong (2003) a proposé une démarche de vulgarisation en quatre étapes:

- une première étape consiste à familiariser le public à la dimension temporelle des sciences de la Terre à travers la mise en évidence de la « perpendicularité des rapports entre l'espace et le temps », c'est-à-dire à travers l'explication des relations entre l'échelle spatiale de certains objets et phénomènes et leur temps de persistance ;

- une deuxième étape consiste dans l'explication du modèle d'interprétation du paysage proposé par Kramar (2003, 2005), en posant l'accent sur l'échelle temporelle de l'histoire de la formation des roches, de leur déformation et de leur érosion ;
- une troisième étape consiste dans l'application du modèle de l'« histoire en trois temps » à l'analyse d'un paysage ; cette phase devrait guider le regard vers l'observation des particularités géologiques et géomorphologiques d'un paysage, expliquer la provenance paléogéographique des différents éléments observés et mettre en évidence l'importance des roches et des formes en tant que témoins de l'histoire complexe d'un paysage ;
- une quatrième étape consiste enfin dans la mise en évidence des relations entre l'espace et le temps au cours d'une balade : le but de cette approche est de montrer de quelle manière se déplacer dans l'espace signifie également se déplacer dans le temps.

Cette démarche s'applique à nouveau plus à l'explication d'un paysage dans son ensemble qu'à celle d'un paysage géomorphologique. Quelques éléments sont néanmoins très intéressants à retenir : la familiarisation du public à l'échelle temporelle des sciences de la Terre, l'aide à l'observation des particularités géomorphologiques d'un paysage, l'importance des formes en tant que témoins de la morphogenèse et la mise en évidence des relations entre l'espace et le temps au cours d'une balade.

Pralong (2004a) a ensuite proposé un autre concept applicable dans les entreprises de médiation scientifique, celui d'« histoire totale ». Ce concept vise à montrer que, dans un paysage, différents types de patrimoines coexistent et entretiennent de multiples relations. Ainsi, la démonstration des liens existant entre le patrimoine géologique et géomorphologique, écologique et culturel d'une région pourrait permettre de mieux appréhender sa valeur patrimoniale globale ; cela est intéressant du point de vue de la valorisation des sciences de la Terre, mais également dans la valorisation d'une région dans son ensemble. L'importance de la mise en évidence des liens entre la géomorphologie et le patrimoine culturel et écologique avait d'ailleurs déjà été relevée par Panizza (2003) à travers le concept de *paysage culturel intégré*.

3.2.4.2 Synthèse

La valorisation de la géomorphologie en Suisse reste très peu développée ; dans les prochaines années, plusieurs opportunités de valorisation pourraient néanmoins apparaître au sein de nouveaux parcs d'importance nationale et géoparcs. Il s'agirait d'une bonne occasion de mieux faire connaître cette discipline parmi le public, ce qui pourrait contribuer également à une meilleure protection des géomorphosites à moyen et à long terme. Cette volonté de valorisation devra par contre être accompagnée et supportée par des études concernant les publics-cible et leurs attentes, ainsi que les méthodes de vulgarisation à adopter.

3.2.5 Le patrimoine géomorphologique en Suisse : synthèse

Dans ce chapitre, nous avons pu éclairer le concept de patrimoine en sciences de la Terre et en géomorphologie en particulier. Nous avons mis en évidence que la gestion de ce patrimoine en Suisse est actuellement partagée entre des enjeux de protection et de valorisation et que de nombreux problèmes se posent à ce niveau. Au niveau de la

protection, nous avons vu que les géotopes sont faiblement protégés au niveau fédéral et au niveau des cantons du Tessin et des Grisons ; au niveau de la valorisation, nous avons mis en évidence que beaucoup reste encore à faire notamment au niveau des manières de la réaliser. Nous avons enfin relevé que les nouveaux parcs d'importance nationale et les géoparcs pourraient constituer une bonne occasion pour améliorer la protection et la valorisation du patrimoine géomorphologique dans le futur.

4. Méthodes

Poiché il paesaggio rappresenta e registra la storia della Terra nel suo complesso, con gli avvenimenti e le organizzazioni passate, in un succedersi di sistemi naturali, economici e sociali, le sue forme rappresentano i simboli visibili, le testimonianze percepibili di questa evoluzione; ecco perché deve essere percepito e trasmesso come un valore. La difficoltà principale consiste nel trovare la chiave, o le chiavi, di lettura giusta e utilizzabile a diversi livelli.

M. Panizza, S. Piacente (2003)

4. Méthodes

Dans ce chapitre, nous allons présenter les méthodes d'étude de la géomorphologie (chap. 4.1) et du patrimoine géomorphologique (chap. 4.2) utilisées au cours de notre recherche.

4.1 Méthodes d'étude de la géomorphologie

Les méthodes d'étude de la géomorphologie concernent la description et l'interprétation des formes du relief et de leur évolution. Après une présentation des principes de la cartographie géomorphologique et de l'application de la légende développée à l'Institut de géographie de l'Université de Lausanne (IGUL) (chap. 4.1.1), nous allons préciser les méthodes de reconstitution paléogéographiques utilisées au cours de notre travail pour la reconstitution des stades glaciaires de la région de la Greina (chap. 4.1.2).

4.1.1 La cartographie géomorphologique

La cartographie géomorphologique a pour but de donner une interprétation des formes du relief, que se soit en termes d'analyse topographique (cartes morphographiques), d'analyse de la genèse des formes (cartes morphogénétiques) ou bien d'analyse de l'activité des processus géomorphologiques (cartes morphodynamiques) (Schoeneich *et al.*, 1998).

Il existe de nombreuses légendes géomorphologiques en Europe (Schoeneich, 1993a, b). La légende développée à l'IGUL (Holzmann *et al.*, 2006) est née d'une analyse des points forts et des points faibles des systèmes de légendes suisses, français et allemand (Schoeneich, 1993b).

La légende de l'IGUL a été réalisée pour une cartographie au 1 : 10'000 et prévoit une représentation des formes du relief à travers un ensemble de symboles et de surfaces dont la couleur correspond au type de processus qui en est à l'origine. Les symboles sont inspirés de la légende française, tandis que les couleurs sont inspirées de la légende allemande (Schoeneich, 1993b) (tabl. 4.1).

Les formes résultant d'un processus d'érosion sont représentées sur un fond blanc, alors que celles issues d'un processus d'accumulation sont représentées sur un fond coloré (Schoeneich, 1993b).

La légende de l'IGUL est essentiellement morphogénétique parce qu'elle privilégie la représentation de la genèse des formes plutôt que de l'activité des processus. Ainsi, malgré la distinction entre l'activité de certaines formes telles que les glissements de terrain et les glaciers rocheux, cette légende n'est pas très adaptée pour la cartographie des dangers (Theler *et al.*, 2007).

La cartographie géomorphologique constitue un document de base essentiel à la compréhension de la morphologie d'une région et à la reconstitution de sa genèse ; c'est dans ce but que nous allons réaliser une carte géomorphologique au 1 : 10'000 de l'ensemble de notre région d'étude.

La compréhension de la morphologie et de la genèse d'un relief ne se limite cependant pas à la réalisation d'une telle carte. La carte ne constitue en effet qu'un résumé des observations faites sur le terrain et elle devra toujours être accompagnée par une description et des explications issues de ces observations.

Type de forme	Couleur
Hydrographie	Bleu clair
Formes structurales	Rouge
Formes fluviales	Vert
Formes gravitaires	Ocre
Formes karstiques	Turquoise
Formes lacustres	Bleu foncé
Formes glaciaires	Violet
Formes périglaciaires	Mauve
Formes nivales	Rouge bordeaux
Formes anthropiques	Gris
Formes organogènes	Olive

Tabl. 4.1 : Couleurs prévues par la légende de l'IGUL pour la cartographie des différentes formes géomorphologiques.

4.1.2 Les reconstitutions paléogéographiques

La reconstitution de la paléogéographie d'une région consiste dans l'explication de son évolution jusqu'à nos jours sur la base de l'étude des formes du relief actuel. La méthode principale que nous allons utiliser pour établir la morphogenèse de la Greina est la reconstitution des stades glaciaires.

Notre reconstitution des stades glaciaires se base sur l'étude de Schoeneich (1998). Ainsi, elle prévoit les étapes suivantes :

- cartographie des moraines et analyse de leur morphologie ;
- reconstitution des fronts glaciaires ;
- reconstitution de la surface des paléoglacières ;
- calcul de la dépression de la ligne d'équilibre pour chaque paléoglacière par rapport au stade de référence de 1850 ;
- établissement d'une séquence de retrait pour chaque glacier ;
- corrélation des séquences de retrait au niveau régional ;
- corrélation de la séquence de retrait régionale avec un ou plusieurs modèles de référence du Tardiglaciaire alpin suisse.

Cartographie et analyse morphologique des moraines

Toutes les formes d'accumulation d'origine glaciaire pouvant indiquer une position du glacier, telles que des moraines frontales et latérales et des terrasses fluvioglaciaires, seront cartographiées et numérotées d'amont en aval.

Cette étape comprend également des observations plus générales concernant la morphologie des moraines construites et la lithologie des dépôts morainiques.

Reconstitution des fronts glaciaires

Cette étape consiste dans la reconstitution des positions du front des différents glaciers de la région d'après la cartographie et l'analyse des moraines. Les moraines latéro-frontales, reliées par une même moraine latérale et comparables du point de vue morphologique et lithologique, seront considérées comme appartenant au même stade ; seules les positions du front bien reconstituables feront l'objet d'une reconstitution de la surface du paléoglacier.

Reconstitution de la surface des paléoglaciers

Sur la base de la position des fronts glaciaires, nous allons reconstituer la surface des différents glaciers pour chaque position. La topographie de chaque glacier sera reconstituée au 1 : 50'000 avec une équidistance des courbes de niveau de 50 m. Sur la base de l'étude de Schoeneich (1998), nous allons essayer de dessiner des courbes de niveau concaves dans la zone d'accumulation supposée (le cirque glaciaire), et convexes dans la zone d'ablation (entre les moraines latérales), tout en tenant compte de la topographie actuelle. Cette étape entraîne une phase d'interprétation cruciale concernant l'origine et l'importance des flux de glace.

Calcul de la dépression de la ligne d'équilibre

Une fois la surface de chaque paléoglacier pour chaque position reconstituée, on calculera l'altitude de sa ligne d'équilibre. Pour faire cela, nous adopterons la méthode de partage des surfaces. Cette méthode consiste à considérer l'existence d'un rapport de 2 : 1 entre la surface d'accumulation d'un glacier et sa surface d'ablation (Kerschner, 1976 ; Gross *et al.*, 1977) ; ce rapport étant caractéristique des glaciers en équilibre, la méthode ne s'applique en principe qu'à des stades marqués par des moraines importantes, indiquant donc une phase de stationnement prolongée du glacier (Schoeneich, 1998). Du point de vue pratique, nous allons procéder à la numérisation de la surface du paléoglacier, pour ensuite en calculer la surface par tranches d'altitude de 50 m. Nous allons obtenir ainsi une courbe hypsographique sur la base de laquelle nous allons effectuer une interpolation au quantile 33.33 % (fig. 4.1). La dépression de la ligne d'équilibre sera ensuite obtenue par soustraction de l'altitude de la ligne d'équilibre du paléoglacier à l'altitude de la ligne d'équilibre pour le stade de référence de 1850. L'altitude de la ligne d'équilibre pour le stade de 1850 est tirée de l'étude de Maisch (1992) sur l'évolution des glaciers des Alpes Suisse orientales depuis la fin du Petit Age Glaciaire. Lorsqu'une position glaciaire se caractérise par des apports de glace complexes, nous effectuons une moyenne pondérée des altitudes des différentes lignes d'équilibre pour le stade de 1850 sur la base de leurs surfaces d'accumulation relatives.

Etablissement d'une séquence de retrait pour chaque glacier

Sur la base des valeurs de la dépression de la ligne d'équilibre pour chaque position, nous allons établir une séquence de retrait pour chaque glacier, en essayant de regrouper certaines positions en stades.

Corrélation des séquences de retrait au niveau régional

Une fois les séquences de retrait pour chaque glacier établies, nous tentons de les corrélérer entre elles afin d'établir une séquence de retrait pour l'ensemble de notre région d'étude.

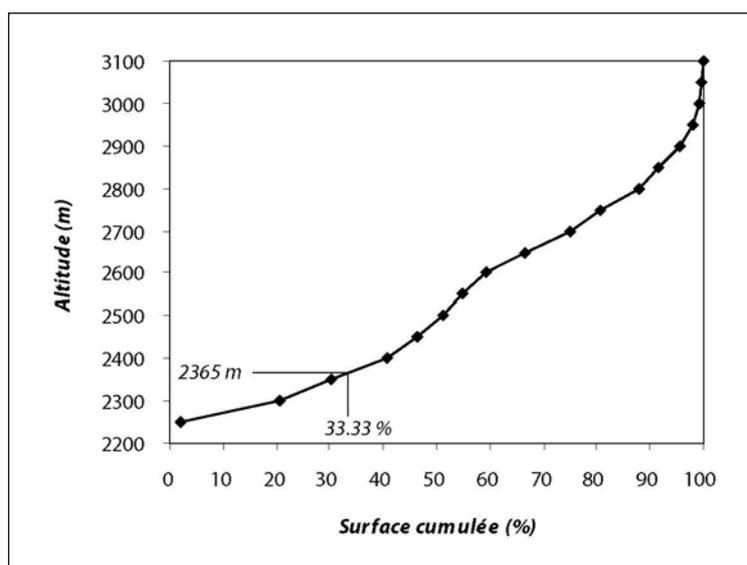


Fig. 4.1 : Calcul de l'altitude de la ligne d'équilibre pour la position Plaun la Greina 2 (voir chap. 6.1.2).

Corrélation de la séquence de retrait régionale avec des modèles de référence du Tardiglaciaire alpin suisse

La dernière étape de la reconstitution des stades glaciaires consiste à corrélérer la séquence obtenue pour la région d'étude avec des modèles de références des stades glaciaires en Suisse au cours du Tardiglaciaire. Nous allons essayer une corrélation avec deux modèles : le modèle *Alpes Orientales* de Maisch (1981, 1982) et le modèle développé dans la région du Gothard par Renner (1982).

Notre reconstitution des stades glaciaires concernera surtout le Tardiglaciaire. Les stades holocènes sont en effet très mal connus du fait de leur position à l'intérieur de la ceinture des moraines du 1850 (Schneebeli & Röthlisberger, 1976) et ne sont pas faciles à reconstituer avec des méthodes purement morphostratigraphiques ; quant au stade de 1850, il a déjà été étudié de manière très complète par Maisch (1992).

4.1.3 Synthèse

Dans notre travail, nous allons essayer de reconstituer la morphogenèse de la Greina depuis le Dernier Maximum Glaciaire jusqu'à nos jours. Pour ce faire, nous allons tout d'abord réaliser une carte géomorphologique de la région, pour ensuite reconstituer la

genèse des différentes formes du relief ; dans ce cadre, la reconstitution des stades glaciaires retiendra particulièrement notre attention.

4.2 Méthodes d'étude du patrimoine géomorphologique

Ce chapitre est consacré à la présentation des méthodes d'étude du patrimoine géomorphologique de notre région d'étude. Notre étude se fera à deux échelles : nous allons tous d'abord analyser les valeurs du relief dans son ensemble (chap. 4.2.1), pour ensuite nous concentrer sur les géomorphosites (chap. 4.2.2). Ainsi, après une présentation de la méthode d'analyse du paysage géomorphologique adoptée, nous allons préciser notre méthode d'inventaire et d'évaluation des géomorphosites.

4.2.1 L'analyse du paysage géomorphologique

L'analyse du paysage géomorphologique se compose d'une réflexion concernant sa valeur scientifique et ses valeurs additionnelles (esthétique, écologique, culturelle et économique). La valeur scientifique est en effet centrale autant dans l'appréciation d'un paysage géomorphologique que d'un géomorphosite, alors que la prise en considération des valeurs additionnelles dépend du but de l'évaluation (Reynard, 2005b).

L'analyse de la valeur scientifique consistera dans l'explication de la morphologie et de la morphogenèse du relief actuel (voir chap. 4.1), pour ensuite en donner une appréciation générale selon les critères que nous avons mis en évidence précédemment (voir chap. 3.1.2).

L'analyse des valeurs additionnelles consistera dans une description des relations existantes entre le relief et la valeur esthétique, écologique, culturelle et économique. Ces descriptions seront également axées sur les critères d'appréciation mis en évidence dans le chapitre consacré au concept de paysage géomorphologique (chap. 3.1.2).

Le but de cette analyse du relief de la région d'étude sera finalement de mettre en évidence sa valeur patrimoniale, ainsi que les relations existant entre le patrimoine géomorphologique, écologique et culturel.

4.2.2 L'inventaire et l'évaluation des géomorphosites

Beaucoup de méthodes d'inventaire et d'évaluation des géomorphosites ont été proposées ces dernières années afin de fixer des critères permettant de réduire la subjectivité d'une telle sélection (Reynard *et al.*, 2007b).

L'inventaire des géomorphosites peut être réalisé soit à travers les propositions d'experts spécialisés dans la géomorphologie de la région concernée, soit à travers une démarche systématique comprenant des recherches bibliographiques et des observations sur le terrain (Grandgirard, 1999). C'est ce deuxième type de démarche que nous allons utiliser dans ce travail. Nous allons tout d'abord recenser les objets géomorphologiques les plus significatifs du point de vue de la valeur scientifique, pour ensuite en établir une évaluation plus détaillée.

Une fois les géomorphosites inventoriés, nous allons procéder à leur évaluation grâce à une méthode développée récemment à l'IGUL (Reynard, 2006 ; Reynard *et al.*, 2007b), qui a l'avantage de permettre une évaluation de leur valeur scientifique, mais également de leurs valeurs additionnelles.

Cette méthode prévoit la compilation d'une fiche comprenant les sections suivantes :

- données générales ;
- description et explication de la morphogenèse ;
- description et évaluation de la valeur scientifique ;
- description et évaluation des valeurs additionnelles ;
- synthèse ;
- références bibliographiques.

Données générales

Les données générales comprennent différentes informations permettant de localiser, identifier et caractériser le géomorphosite (tabl. 4.2).

Description et explication de la morphogenèse

La description du géomorphosite comporte différentes informations issues des observations sur le terrain, de l'analyse de différents documents tels que des cartes et des photos aériennes et d'informations bibliographiques. On accordera également de l'espace à la description des qualités non géomorphologiques du site, telles que la présence de biotopes particuliers, de vestiges archéologiques ou d'infrastructures humaines (Reynard, 2006 ; Reynard *et al.*, 2007b).

L'explication de la morphogenèse du géomorphosite consiste dans la reconstitution de ses étapes de formation et d'évolution. Cette partie comprend également la description des éventuelles transformations anthropiques ayant un effet sur la dynamique du site (Reynard, 2006 ; Reynard *et al.*, 2007b).

Description et évaluation de la valeur scientifique

L'analyse de la valeur scientifique du géomorphosite comprend la description et l'évaluation des critères d'intégrité, représentativité, rareté et valeur paléogéographique que nous avons décrit précédemment (chap. 3.1.2), ainsi qu'une appréciation de la valeur scientifique globale. L'évaluation se fera de manière littéraire et quantitative, à travers l'attribution d'un score numérique pour chaque critère d'appréciation. Les scores sont compris entre 0 et 1 par intervalles d'un quart de point ; un score égale à 0 indiquera ainsi une valeur nulle, un score de 0.25 une valeur faible, un score de 0.5 une valeur moyenne, un score de 0.75 une valeur élevée et, enfin, un score de 1 une valeur très élevée (Reynard, 2006 ; Reynard *et al.*, 2007b).

Donnée générale	Explication
Code d'identification	<p>Ce code se compose de trois parties : un code littéral, en majuscules, indiquant le nom de la région d'étude ; un code littéral, en minuscules, indiquant le processus dominant responsable de la création du géomorphosite ; un code numérique à trois chiffres par rapport au type de processus. Les codes indiquant le type de processus sont les suivants :</p> <p>STR : formes structurales FLU : fluviatile KAR : karstique GLA : glaciaire PER : périglaciaire NIV : nival GRA : gravitaire EOL : éolien LIT : formes littorales LAC : formes lacustres VOL : formes volcaniques ANT : formes anthropiques</p>
Nom	Il s'agit du nom de la forme ou d'une description très simplifiée du géomorphosite
Toponyme	C'est le lieu-dit où se trouve le géomorphosite
Coordonnées	Il s'agit de l'indication de la longitude et de la latitude selon le système national suisse ; dans le cas de géomorphosites non ponctuels, on indiquera les coordonnées de leur centre
Altitude	On indiquera l'altitude minimale et maximale dans le cas de géomorphosites présentant un certain développement vertical
Type	Il s'agit de l'indication du type de développement spatial du géomorphosite ; on utilisera le code PCT pour les formes ponctuelles, LIN pour les formes linéaires et SUR pour les formes surfaciques
Taille	On indiquera éventuellement le volume ou la profondeur pour les formes ponctuelles, la longueur pour les formes linéaires et la surface pour les formes surfaciques
Propriété	On indiquera la propriété du terrain sur lequel se trouve le géomorphosite ; on utilisera le code PRI pour la propriété privée, ASS pour la propriété d'une association, PUB pour la propriété publique, COM pour la propriété commune
Extrait de carte	On joindra un extrait de carte indiquant la localisation précise du géomorphosite
Photo	On joindra une photo donnant un bon aperçu des qualités du site
Schéma	On pourra également joindre un schéma afin de mieux expliquer les caractéristiques du géomorphosite

Tabl. 4.2 : Données générales de la fiche pour l'évaluation des géomorphosites (d'après Reynard, 2006, modifié).

Description et évaluation des valeurs additionnelles

L'analyse de la valeur esthétique, écologique, culturelle et économique du géomorphosite se réalise de la même manière que l'analyse de la valeur scientifique, à travers la description et l'évaluation littéraire et numérique des différents critères d'appréciation de chaque valeur additionnelle, ainsi que d'une appréciation globale (chap. 3.1.2). Cette évaluation devrait idéalement être réalisée par des spécialistes des différents domaines concernés ; si cela n'est pas possible, il faudra en principe se baser sur la littérature existante, ainsi que sur des entretiens avec des spécialistes, et éviter une évaluation quantitative (Reynard, 2006 ; Reynard *et al.*, 2007b). En ce qui concerne la valeur culturelle, on veillera d'ailleurs à ne pas effectuer une moyenne des différents critères afin d'en apprécier la valeur globale : il est en effet très rare qu'un site présente à la fois une valeur religieuse et symbolique, historique, littéraire et artistique et géohistorique (Reynard, 2006 ; Reynard *et al.*, 2007b).

Malgré le manque de contact avec des spécialistes, nous avons quand même décidé de donner une évaluation numérique des valeurs additionnelles. Nous jugeons en effet que la documentation disponible concernant ces valeurs est suffisante pour nous fournir une indication fiable concernant les différents critères d'évaluation.

Synthèse

La synthèse comprend différentes informations permettant d'évaluer la valeur globale du géomorphosite, ses qualités didactiques, les atteintes qui le menacent ou qui pourraient le menacer et les mesures de gestion qui pourraient être appliquées, en termes de protection et de valorisation (Reynard, 2006 ; Reynard *et al.*, 2007b).

Nous proposons d'ajouter également une description de l'accessibilité du site, permettant d'évaluer la possibilité d'une éventuelle mise en valeur.

Références

Les références comprennent une liste des travaux scientifiques relatifs au géomorphosite, ainsi que le nom de l'auteur et la date de l'évaluation.

4.2.3 Synthèse

Notre analyse du patrimoine géomorphologique de la Greina sera donc basée sur une analyse qualitative de sa valeur scientifique et de ses valeurs additionnelles. Cette analyse sera effectuée à travers un certain nombre de critères d'appréciation à l'échelle de la région dans son ensemble, ainsi qu'à l'échelle de ses géomorphosites.

5. Présentation de la région d'étude

Ci sono luoghi che affascinano perché sembrano radicalmente diversi e altri che incantano perché, già la prima volta, risultano familiari, quasi un luogo natio. Conoscere è spesso, platonicamente, riconoscere, l'emergere di qualcosa magari ignorato sino a quell'attimo ma accolto come proprio. Per vedere un luogo occorre rivederlo. Il noto e il familiare, continuamente riscoperti e arricchiti, sono la premessa dell'incontro, della seduzione e dell'avventura; (...). Ciò vale pure per i luoghi; il viaggio più affascinante è un ritorno (...).

C. Magris (2005)

5. Présentation de la région d'étude

Ce chapitre est consacré à la présentation de la région de la Greina. Après une introduction concernant la délimitation et le cadre géographique général de la région (chap. 5.1), nous allons présenter ses caractéristiques géologiques (chap. 5.2) et climatiques (chap. 5.3). Nous allons ensuite donner un aperçu des différentes zones protégées (chap. 5.4). Comme l'étude de la géomorphologie de la Greina fera l'objet d'un chapitre séparé (chap. 6.1), nous n'allons pas en donner un aperçu ici.

5.1 Délimitation et cadre géographique général

La Greina se trouve dans les Alpes Suisses centro-orientales, entre le canton du Tessin et le canton des Grisons (fig. 5.1). Cette région fait partie des communes de Blenio (TI) et de Vrin (GR).

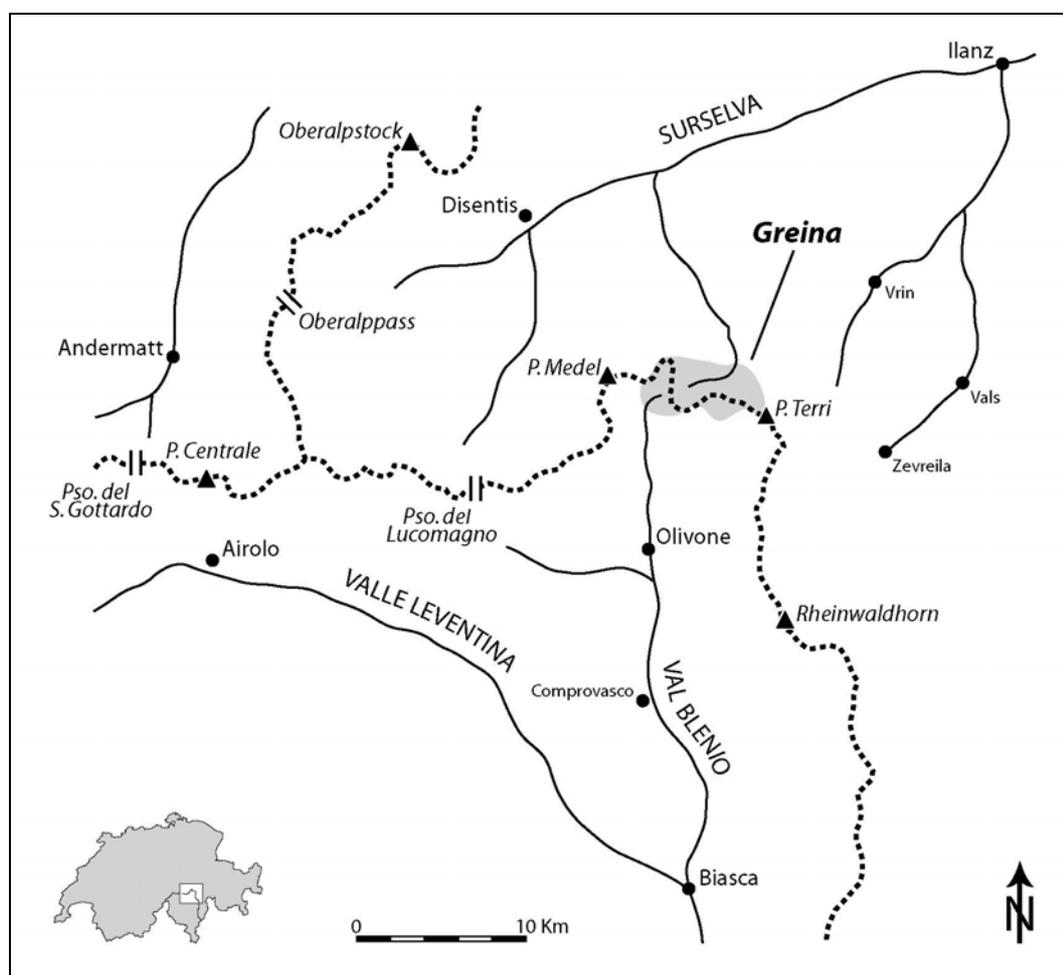


Fig. 5.1 : Localisation de la Greina.

La région d'étude est limitée par les sommets du Piz Valdraus (3096 m), du Piz Gaglianera (3121 m), du Piz Vial (3168 m) et du Piz Greina (3124 m) au N, du Pizzo Coroi (2785 m) au S et du Piz Stgir (2587 m), du Piz Zamuor (2734 m) et du Piz Terri

(3149 m) à l'E ; elle est également limitée par les resserrements des vallées à l'aval de la Capanna Scaletta à l'W, de la Capanna di Motterascio au S et à l'amont de la Camona da Terri au N (fig. 5.2). Le point le plus haut est le Piz Vial (3168 m), le plus bas se situe à une altitude d'environ 2100 mètres à l'aval de la Capanna di Motterascio.

La Greina se compose de trois unités hydrologiquement distinctes. La première unité comprend le territoire à l'W du Passo della Greina et est drainée vers l'W par le Brenno della Greina ; la deuxième unité se situe à l'E du Passo della Greina, et est drainée vers le N par le Rein da Sumvitg ; la troisième unité, enfin, de situe au S de Crap la Crusch et est drainée vers le S par le Ri di Motterascio.

La région se caractérise par le contraste entre des versants à forte pente et des zones de plaine relativement importantes, présentant des cours d'eau tressés et des zones marécageuses. Des petits glaciers sont encore présents sur les versant S (Vadrec del Valdraus, Glatsher da Gaglianera), ainsi que sur le versant NW du Piz Terri (Glatsher dil Terri). Un glacier était également présent jusqu'à récemment sur le versant N du Pizzo Coroi (Glatsher da Rialpe), mais il a disparu ces dernières années. De nombreux petits lacs sont présents, mais le seul de dimensions importantes et celui situé au-dessous du Piz Terri.

La couverture végétale est faible sur l'ensemble de la région ; elle est limitée à des pelouses et à des formations végétales éparées.

L'empreinte anthropique se limite au balisage des sentiers pédestres et aux cabanes Edelweiss, Nido della Aquile, Scaletta, Motterascio et Terri. Ces trois dernières cabanes se situent aux limites de la zone d'étude, qui est dans son ensemble très peu marquée par les installations humaines. Les pâturages de la Greina sont encore utilisés pour l'élevage bovin et ovin dans les régions du Plaun la Greina et surtout de l'Alpe di Motterascio.

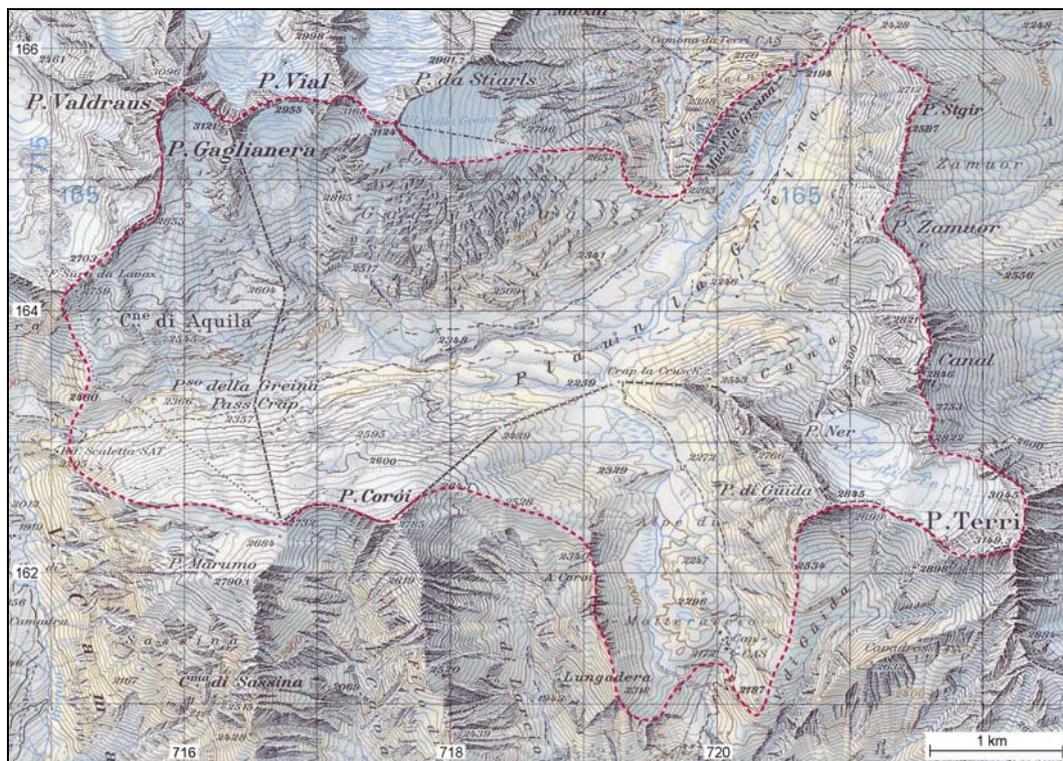


Fig. 5.2 : Limites de la région d'étude (Extrait de la CN 256, Disentis/Mustér, 1 : 50'000. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA081001).

5.2 Cadre géologique

La géologie de la région de la Greina a été étudiée principalement par Winterhalter (1930), Jung (1963), Baumer (1964) et Frey (1967). Comme d'autres études plus récentes, notamment une carte géologique au 1 : 25'000, n'ont pour l'instant pas été réalisées, nous nous basons ici sur ces travaux relativement anciens, et en particulier sur celui de Frey (1967).

Nous allons tout d'abord présenter les grandes unités tectoniques de la région et leur origine paléogéographique (fig. 5.3), pour ensuite en analyser la structure et la stratigraphie (fig. 5.4).

Trois unités tectoniques principales sont présentes dans la zone d'étude : le Massif du Gothard au N, sa couverture sédimentaire au centre et le domaine pennique inférieur au S.

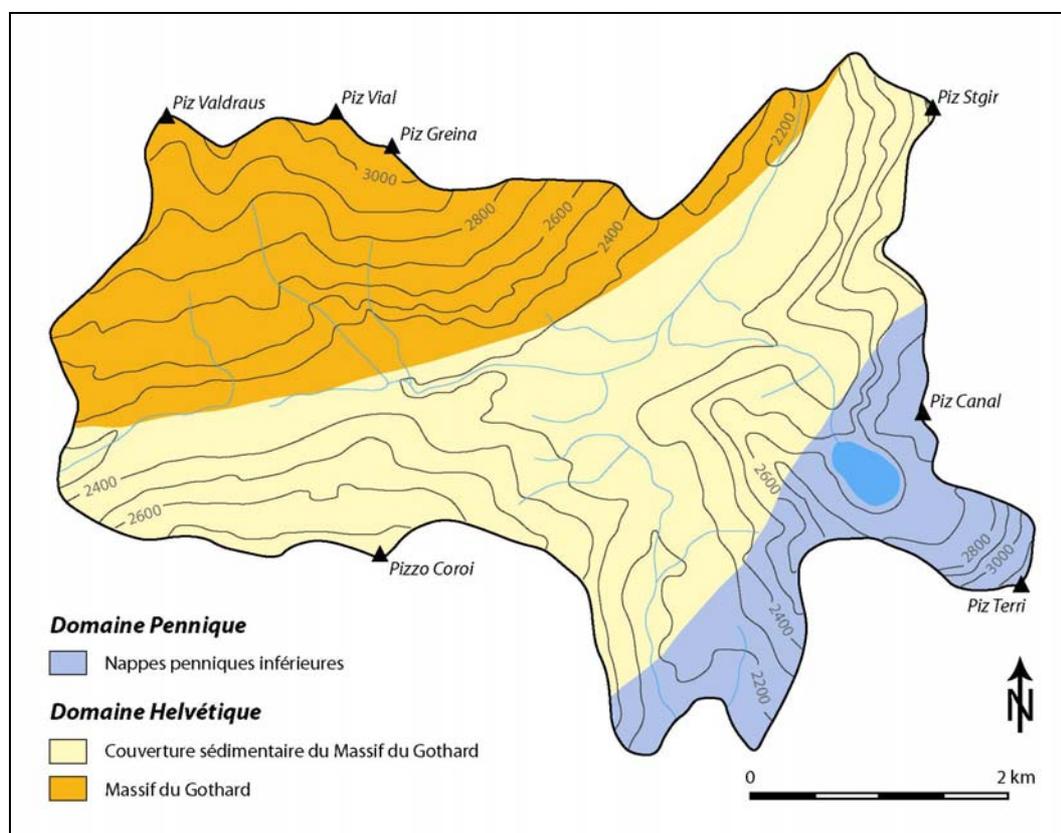


Fig. 5.3 : Carte tectonique de la Greina (d'après Commission Géologique Suisse, 1980, modifié).

Massif du Gothard

Le Massif du Gothard appartient au domaine helvétique et représente le socle de la marge continentale européenne.

Les roches du Massif du Gothard datent du Paléozoïque ; dans la région de la Greina, il s'agit de gneiss oillés clairs présentant des gros cristaux de feldspath.

Tous les versants situés en rive droite du Brenno della Greina et en rive gauche du Rein da Sumvitg font partie du Massif du Gothard.

Couverture sédimentaire du Massif du Gothard

La couverture sédimentaire du Massif du Gothard appartient au domaine ultrahelvétique et représente la couverture de la marge continentale européenne.

Trois unités distinctes peuvent être identifiées (Frey, 1967) : les sédiments autochtones du Trias, les sédiments parautochtones de la *Zone du Scopi* et ceux de la *Zone des écailles de Peiden*. Les sédiments parautochtones ont été plissés et se trouvent en position inversée dans la *Zone du Scopi*, qui constitue le synclinal qui affecte la partie N de la couverture sédimentaire du Massif du Gothard et le côté N de l'*anticlinal du Val di Campo*, plus au S. La *Zone des écailles de Peiden* fait également partie de cet anticlinal et se compose d'un cœur du Trias et de deux ailes écaillées au N (*Zone de la Forca*) et au S (*Zone de la Pianca*).

Les sédiments autochtones du Trias forment une bande qui borde au S et au SE le Massif du Gothard et constituent le substrat dans lequel s'écoulent le Brenno della Greina dans la région du Piano della Greina et le Rein da Sumvitg dans la région du Plaun la Greina. La *Zone du Scopi* borde les sédiments autochtones au S et au SE et forme tous le versant en rive gauche du Brenno della Greina et en rive droite du Rein da Sumvitg jusqu'à Crap la Crusch. Elle forme également le bas du versant en rive droite du Rein da Sumvitg depuis Crap la Crusch. La *Zone des écailles de Peiden* forme une bande au SE de la *Zone du Scopi* et comprend notamment la zone N de l'Alpe di Motterascio, la partie centrale du Val Canal et le Piz Zamour.

La stratigraphie de cette couverture comprend des roches du Trias jusqu'au Jurassique inférieur.

Les roches du Trias se divisent en trois séries (Frey, 1967): la *Série de Mels*, la *Série de Röti* et la *Série de Quarten*. La *Série de Mels* date du Trias inférieur et se compose d'arkoses et de quartzites blanches. La *Série de Röti*, du Trias moyen, se compose de dolomies jaunes, de cornieules et de dolomies grises. La *Série de Quarten*, enfin, date du Trias supérieur et se compose de phyllades séricitiques vertes, de quartzites blanches/vertes et de dolomies claires. Des minéraux d'origine hydrothermale, tels que la blende, la galène, la pyrite, la barytine et la fluorite, sont présents dans la partie supérieure de la Série de Röti et dans la partie inférieure de la Série de Quarten.

Les roches du Lias se divisent également en trois séries (Frey, 1967): la *Série de Stgir*, la *Série d'Inferno* et la *Série de Coroi*. La *Série de Stgir* (Lias inférieur) présente surtout des quartzites grises et noires, ainsi que des calcschistes argileux noirs, dans sa partie inférieure. La partie supérieure présente des calcaires gréseux gris, des quartzites gréseuse grises et des quartzites vertes à côté des lithologies présentes dans la partie inférieure. La *Série d'Inferno* (Lias moyen) présente une alternance de calcschistes et de calcaires noirs dans sa partie inférieure, des calcschistes dans sa partie centrale et une alternance de calcschistes, de calcaires spathiques et massifs à échinodermes et de calcaires gréseux dans sa partie supérieure. La *Série de Coroi* (Lias supérieur), formée de schistes argileux noirs, est la partie la plus jeune de la couverture sédimentaire du Massif du Gothard.

Les sédiments arrivent jusqu'au Trias supérieur dans les sédiments autochtones, jusqu'au Lias supérieur dans la *Zone du Scopi* et jusqu'au Lias moyen dans la *Zone des écailles de Peiden*.

Domaine pennique inférieur

Le domaine pennique inférieur correspond du point de vue paléogéographique au sillon valaisan. Deux unités sont présentes dans la région : la *Zone du Sosto* et la *Zone du Terri*.

La *Zone du Sosto* borde au SE la *Zone des écailles de Peiden* et constitue la partie S de la région de Motterascio, le haut Val Canal et la région du Lac du Terri. Elle comprend une mince épaisseur de sédiments datant du Trias, composés par des phyllithes vertes avec des inclusions de dolomie et de schistes grisons datant du Jurassique (Baumer, 1964).

La *Zone du Terri* se situe au SE de la *Zone du Sosto* et forme le versant NW du Piz Terri. Elle comprend essentiellement des schistes grisons jurassiques (Baumer, 1964).

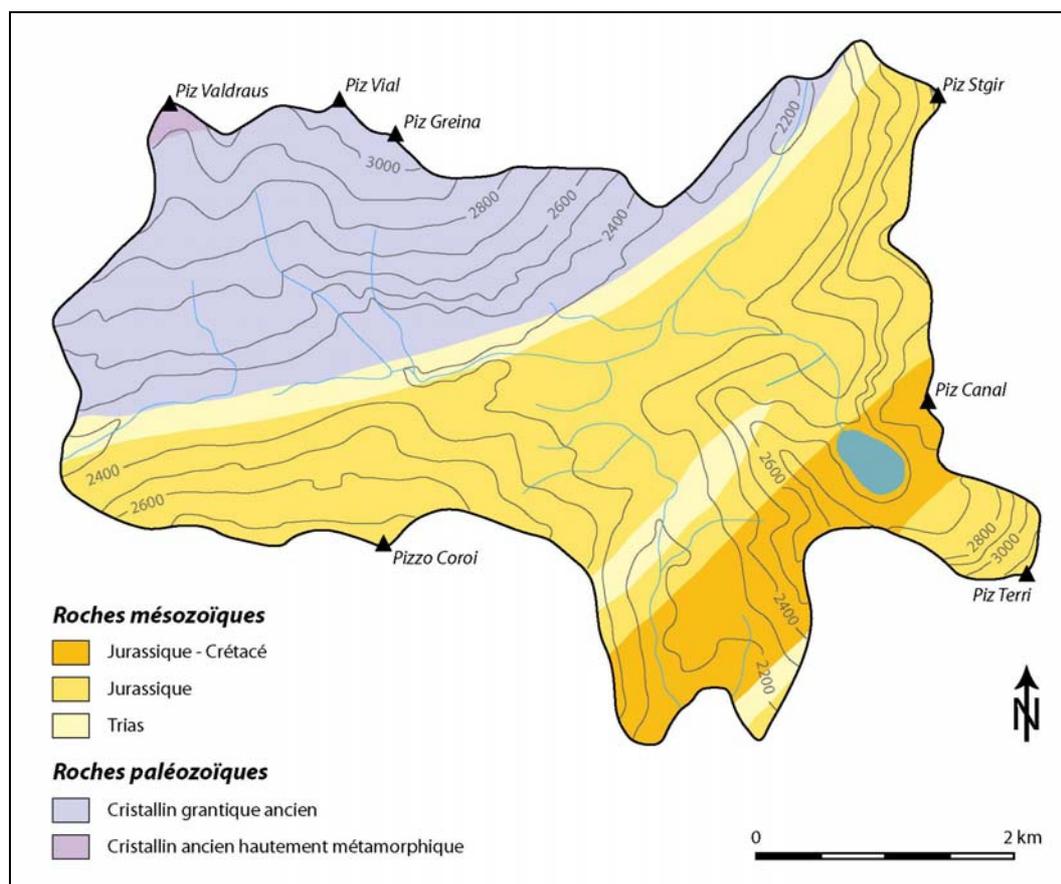


Fig. 5.4 : Carte géologique simplifiée de la Greina (d'après Institut de cartographie EPF Zürich et al., 2004, modifié).

La Greina dans le contexte de l'orogénèse alpine

Afin de mieux comprendre la structure géologique de la Greina, nous allons esquisser brièvement quelques étapes principales de l'orogénèse alpine, en nous basant sur les ouvrages de Labhart & Decrouez (1997) et de Marthaler (2002).

L'histoire des roches qui composent les Alpes est beaucoup plus ancienne que celle de la chaîne alpine proprement dite. Les massifs cristallins, en particulier, sont formés de roches qui ont parfois été métamorphosées plusieurs fois pendant les orogénèses du Paléozoïque. Le Massif du Gothard est l'un des massifs cristallins des Alpes ; il porte

notamment les traces de l'orogénèse calédonienne dans sa partie septentrionale et contient deux corps granitiques issus de l'orogénèse hercynienne dans la région du col du Gothard et du col du Lukmanier (Labhart & Decrouez, 1997).

A la fin du Paléozoïque (au Carbonifère et au Permien), il n'existait qu'un seul continent, la Pangée, et qu'un seul océan, la Paléotéthys. Ce n'est qu'au début du Mésozoïque, au Trias, que ce continent a commencé à se diviser. Un continent, la Laurasie (comprenant notamment l'Europe et l'Amérique du N actuelles), a été séparé de l'autre, le Gondwana (comprenant entre autres l'Afrique et l'Amérique du S actuelles), par l'ouverture de deux océans au Lias, l'Atlantique central et la Téthys alpine, appelée Océan piémontais dans la région qui nous intéresse. Des sédiments marins se sont déposés sur les marges continentales européennes et africaines, ainsi que dans l'océan piémontais, du Trias jusqu'au Crétacé inférieur. Les sédiments s'étant déposés sur la plateforme européenne correspondent au domaine helvétique, alors que ceux du talus continental appartiennent au domaine ultrahelvétique. Plus au S du point de vue paléogéographique, on trouve le domaine pennique, qui regroupe les sédiments s'étant déposés dans le sillon valaisan et sur le microcontinent briançonnais, ainsi que le socle continental sur lequel ces dépôts ont eu lieu. Plus au S, les domaines austroalpin et sudalpin, correspondant à l'Apulie, un microcontinent rattaché à l'Afrique, ne concernent pas notre région d'étude. La couverture sédimentaire du Massif du Gothard dans la région de la Greina appartient en partie au domaine helvétique (sédiments autochtones du Trias) et en partie au domaine ultrahelvétique (*Zone du Scopi*, *Zone des écailles de Peiden*). Ils se sont donc déposés respectivement sur la marge et sur le talus continental européen. La stratigraphie des sédiments du Lias indiquerait le progressif éloignement de la côte de la marge continentale européenne (Frey, 1967). Les sédiments du Pennique inférieur (*Zone du Sosto*, *Zone du Terri*) se sont par contre déposés plus au S, dans le sillon valaisan.

Au Crétacé inférieur, l'Atlantique nord a commencé à s'ouvrir, et au Crétacé moyen l'Apulie a commencé à se déplacer vers le N. Ces mouvements ont entraîné la fin de l'expansion de l'Océan piémontais et sa subduction au-dessous de l'Apulie au Crétacé supérieur, ainsi que la collision entre l'Europe et l'Apulie et le plissement alpin au cours du Tertiaire. La plaque apulienne a été charriée sur la plaque européenne au cours de cette collision ; cela a provoqué la fragmentation, l'empilement et le déplacement vers le N du domaine pennique, et donc la formation des nappes homonymes. Une partie importante de la couverture sédimentaire a été désolidarisée du socle et déplacée vers le N en nappes sédimentaires. Le domaine helvétique a subi les mêmes mouvements, avec un plissement et une dislocation de la couverture sédimentaire en nappes helvétiques autonomes vers le N. Le domaine ultrahelvétique n'a par contre pas donné naissance à des nappes : sa couverture sédimentaire a été charriée au-dessus des sédiments helvétiques avant leur plissement et se retrouve aujourd'hui devant, au-dessus, au-dessous ou entre les nappes helvétiques (Labhart & Decrouez, 1997). L'empilement des nappes a entraîné un épaissement important de la croûte, ce qui a provoqué le métamorphisme des nappes inférieures ; cet important degré de métamorphisme est bien visible dans les roches de la culmination tessinoise, où il est souvent très difficile de faire une distinction entre socle et couverture.

Les déformations liées à l'orogénèse alpine ont donc façonné la structure géologique actuelle de la région de la Greina. Au N, le Massif du Gothard a été perturbé par ces déformations plus que d'autres massifs cristallins : sa structure verticale, ainsi que sa schistosité et son métamorphisme important, ont poussé certains chercheurs à le désigner comme une « nappe du Gothard » (Labhart & Decrouez, 1997). Plus au S, les sédiments helvétiques autochtones du Trias se trouvent aujourd'hui en position verticale. Les sédiments ultrahelvétiques ont été plissés de manière très complexe et forment aujourd'hui la *Zone du Scopi* et la *Zone des écailles de Peiden*. Les sédiments penniques

de la *Zone du Sosto* et de la *Zone du Terri*, enfin, ont été charriés au-dessus des sédiments helvétiques et ultrahelvétiques.

Actuellement, la collision entre l'Europe et l'Apulie est quasiment bloquée, mais les Alpes continuent néanmoins à se soulever à cause de la densité inférieure de la croûte continentale enfouie dans l'asthénosphère (Marthaler, 2002). Les processus géomorphologiques sont donc les agents principaux du façonnement actuel du relief.

5.3 Cadre climatique

La région de la Greina se situe sur la ligne de faite des Alpes et se caractérise ainsi par un climat globalement frais et humide. Les températures annuelles moyennes pour la période 1961-1990 sont ainsi comprises entre -4 et 2 °C ; les régions les moins élevées du Plaun la Greina, de Crap la Crusch et de l'Alpe di Motterascio présentent les températures annuelles moyennes les plus élevées, de 0 à 2 °C, alors que les températures plus basses, de -2 à -4 °C, se rencontrent à haute altitude, surtout sur les versants E (Institut de cartographie EPF Zürich *et al.*, 2004). Les précipitations sont relativement abondantes sur l'ensemble de la région et sont comprises entre 1400 et 2000 mm/année ; les régions les plus arrosées se situent à l'W (entre 1800 et 2000 mm/année) et sur les crêtes du Piz Terri et du Piz Canal (entre 1600 et 1800 mm/année), alors que les zones les moins arrosées (entre 1400 et 1600 mm/année) correspondent aux régions les moins élevées à l'E, le Plaun la Greina, Crap la Crusch et l'Alpe di Motterascio (Institut de cartographie EPF Zürich *et al.*, 2004). Les précipitations sous forme de neige suivent la même distribution spatiale et sont comprises entre 160 et 250 cm/année (Institut de cartographie EPF Zürich *et al.*, 2004). Cette distribution démontre que globalement les précipitations proviennent des courants du SW et que l'ensemble de la région est moins influencé par les courants du NW, qui déchargent la partie plus importante de leur humidité sur le versant N des Alpes.

L'analyse de quelques paramètres enregistrés par certaines stations de Météosuisse proches de notre région d'étude nous permet de mieux apprécier ces caractéristiques climatiques (tabl. 5.1). Ainsi, les précipitations annuelles moyennes sont globalement abondantes, surtout au S des Alpes (Comprovasco, Olivone) et dans les Alpes à des altitudes relativement importantes (Zevreila). Les stations situées dans les vallées du N des Alpes (Disentis, Vals, Vrin) enregistrent des précipitations sensiblement inférieures du fait de leur situation d'abri. A noter encore que les jours de pluie sont plus fréquents dans les stations du N des Alpes, mais que les précipitations par jour de pluie sont plus importantes au S, ce qui met en évidence l'intensité majeure des précipitations dans ces régions.

Station	Altitude (m/mer)	Températures annuelles moyennes (°C)	Précipitations annuelles moyennes (mm)	Jours de pluie	Précipitations par jour de pluie (mm/jour)
Comprovasco	575	9.6	1291	102	12.7
Disentis	1190	5.9	1036	122	8.5
Olivone	905	-	1430	110	13
Vals	1253	-	1185	121	9.8
Vrin	1460	-	1143	121	9.4
Zevreila	1738	-	1305	135	9.7

Tabl. 5.1 : Paramètres climatiques moyens pour la période 1961-1990 pour quelques stations proches de la Greina (données d'après MétéoSuisse).

Les climogrammes pour les stations de Comprovasco et de Disentis (fig. 5.5 et 5.6) confirment l'humidité globale de la région ; les températures et les précipitations de Comprovasco sont globalement plus élevées du fait de sa plus faible altitude et de sa situation de moindre abri. L'évolution des températures mensuelles moyennes est semblable, alors que l'évolution des précipitations mensuelles moyennes montre des différences surtout en ce qui concerne les mois de novembre et de décembre. Cela est probablement dû à un apport d'air humide plus important par les courants du NW au cours de ces mois.

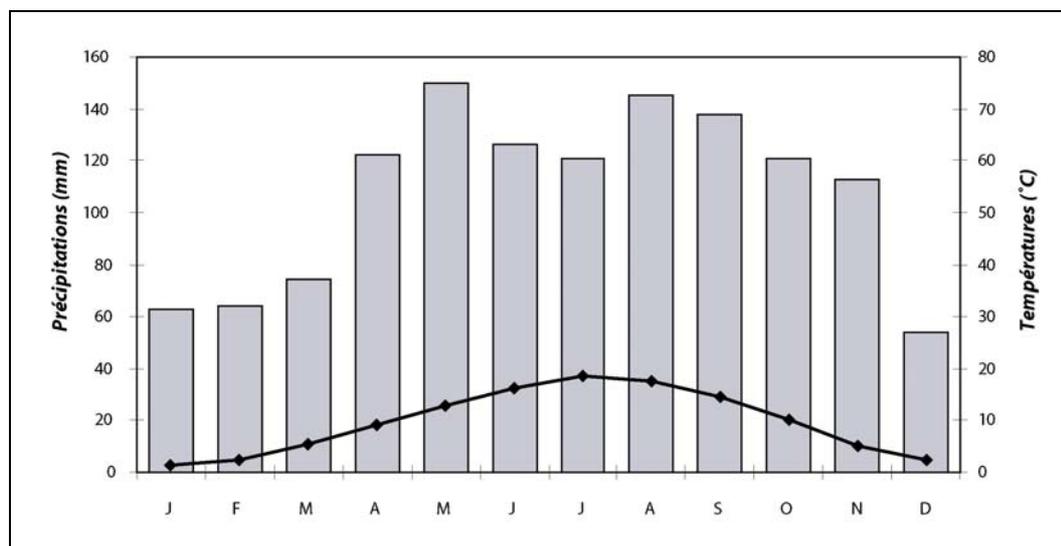


Fig. 5.5 : Climogramme des précipitations et des températures mensuelles moyennes pour la période 1961-1990 de la station de Comprovasco (données d'après MétéoSuisse).

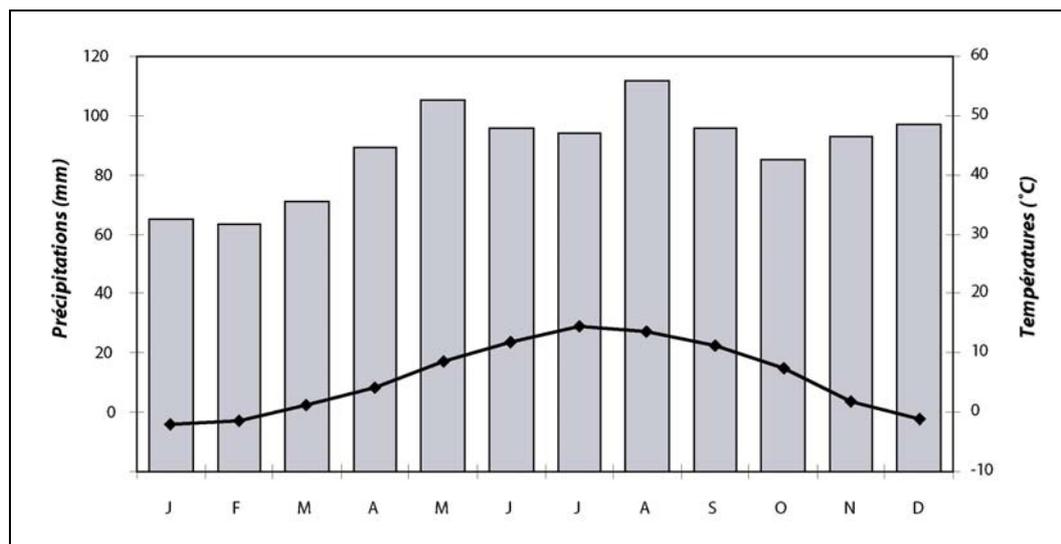


Fig. 5.6 : Climogramme des précipitations et des températures mensuelles moyennes pour la période 1961-1990 de la station de Disentis (données d'après Météosuisse).

5.4 Zones protégées

Nous allons maintenant donner un aperçu des différentes zones protégées de notre région d'étude.

Au niveau fédéral

Au niveau fédéral (fig. 5.7), l'ensemble de la région fait partie de l'objet n° 1913 *Greina – Piz Medel* de l'IFP et des districts francs fédéraux n° 22 *Greina/Pez Vial* et n° 24 *Greina*. Deux autres zones sont inscrites à des inventaires fédéraux : la zone alluviale du Plaun la Greina (ZA) et le bas-marais de Crap la Crusch (BM).

L'importance de la Greina est résumée dans l'IFP de la manière suivante:

« Vaste vallée perchée restée à l'écart de la civilisation, atteignable seulement par les hauteurs ou par des sentiers escarpés dans les rochers. Massif du Gothard avec sa couverture sédimentaire autochtone et parautochtone écaillée, en contact avec les nappes penniques. Cornieules à la hauteur du col. Hautes montagnes avec des vastes étendues de glaciers. Cascades et petits lacs remarquables. Flore alpine avec des reliques glaciaires. »

L'inscription de la région à cet inventaire se justifie donc par son caractère non perturbé par les activités humaines et par ses particularités géologiques et floristiques. Certaines particularités géomorphologiques sont également mises en évidence, mais plutôt pour leur caractère spectaculaire et esthétique (glaciers, cascades, lacs).

La Greina est également inscrite à l'Inventaire des géotopes d'importance nationale (ASSN, 1999). Dans ce cadre, son importance est résumée de la manière suivante :

“Serie stratigrafica alpina triassico-giurassica di tipo carsico; particolare morfologia conforme alla litologia del substrato; località fossilifere e mineralogiche di tipo alpino.”

C'est donc la morphologie karstique particulière de la région, ainsi que la présence de fossiles et de minéraux particuliers, qui justifient son inscription à cet inventaire.

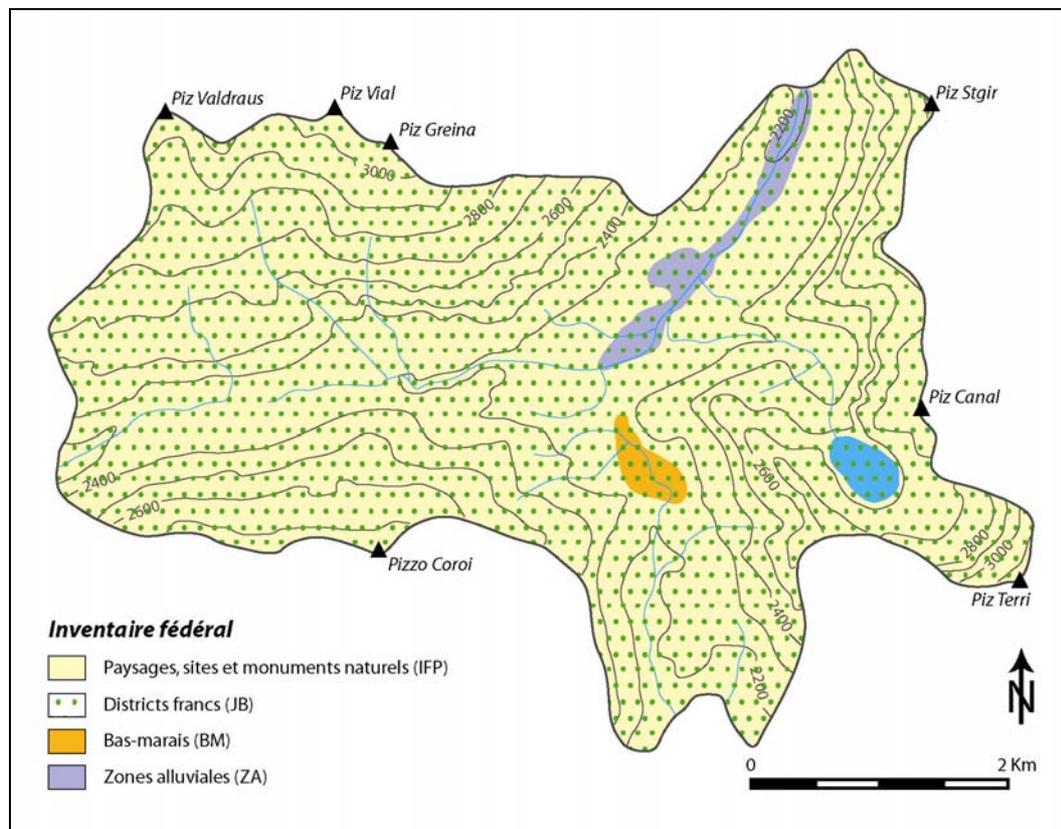


Fig. 5.7: Zones protégées au niveau fédéral (d'après Institut de cartographie EPF Zürich et al., 2004, modifié).

Au niveau cantonal et communal

Au niveau cantonal, la partie tessinoise de la Greina est inscrite au Plan directeur en tant que *Zone de protection de la nature*, alors que la partie grisonne est inscrite à l'*Inventaire de protection des paysages*. En principe, ces zones de protection devraient également figurer dans les plans d'affectation des zones des communes de Blenio et de Vrin.

Synthèse

La Greina présente plusieurs zones protégées, au niveau fédéral, cantonal et communal. Dans le prochain chapitre, nous aimerions démontrer que cette région mérite d'être protégée pour l'ensemble de ses caractéristiques géomorphologiques, et non seulement à cause de son caractère « sauvage », de ses particularités géologiques et floristiques et du caractère spectaculaire des formes karstiques près du Passo della Greina et des formes fluviales du Plaun la Greina.

6. Analyse du patrimoine géomorphologique de la Greina

Ora avrei finito, in forma schematica, di descrivere questa magnifica Greina (...). L'uomo, davanti a codesti spettacoli, si sente veramente ben piccolo, e pare non solo cosa sovrumana tentare di descrivere queste bellezze, ma forse alquanto assurda.

C. Taddei (1937)

6. Analyse du patrimoine géomorphologique de la Greina

Ce chapitre est consacré à l'étude de la valeur patrimoniale des formes du relief de la Greina. L'analyse de la valeur scientifique de cette région (chap. 6.1) nous permettra d'apprécier son importance du point de vue des sciences de la Terre, alors que l'étude de ses valeurs additionnelles (chap. 6.2) nous permettra de mettre en évidence les liens existant entre la géomorphologie et d'autres types de patrimoine. Nous allons ensuite analyser ces valeurs à une autre échelle spatiale, celle des géomorphosites (chap. 6.3), pour enfin tenter une synthèse concernant la valeur patrimoniale de la Greina (chap. 6.4).

6.1 La valeur scientifique du paysage géomorphologique

Dans ce chapitre, nous aimerions donner un aperçu de l'importance de la géomorphologie de la Greina en tant que témoin de l'histoire de la Terre et du climat. Après une description des processus et des formes de la région (chap. 6.1.1), nous allons en reconstituer la morphogenèse depuis le Dernier Maximum Glaciaire (chap. 6.1.2). Nous allons enfin donner une appréciation globale de la valeur scientifique de cette région selon les critères d'intégrité, représentativité, rareté et valeur paléogéographique (chap. 6.1.3).

6.1.1 Géomorphologie de la Greina

De nombreux processus ont façonné le relief de la Greina, les plus marquants ayant été ceux de type glaciaire, gravitaire et fluviatile. Les formes issues de ce type de processus sont donc les mieux représentées, à côté des formes structurales et organogènes, qui occupent également une place importante dans la morphologie actuelle. Dans les parties qui suivent, nous allons présenter les différents types de processus et de formes afin de donner un aperçu de la diversité géomorphologique de la Greina à plusieurs échelles spatiales.

6.1.1.1 Formes structurales

La structure géologique a fortement influencé la morphologie actuelle de la Greina. Les principaux traits du relief sont en effet souvent guidés par les différences lithologiques entre les unités tectoniques. Ceci est particulièrement évident dans les vallées du Brenno della Greina et du Rein da Sumvitg, qui se sont développées au contact entre les gneiss du Massif du Gothard et les sédiments triasiques de sa couverture sédimentaire (fig. 6.1, à gauche). Dans la région du Passo della Greina, l'érosion a emprunté les lignes de faiblesse structurale de la cornieule, en mettant en évidence le pendage subvertical des couches dans cette région (fig. 6.1, à droite). L'ensemble de la couverture sédimentaire du Massif du Gothard est d'ailleurs fortement plissé ; le plongement axial de ces structures a lui-même guidé l'érosion et est à l'origine de la forme particulière des affleurements de cornieule dans la région du Piano della Greina et de l'ensemble du versant N du Pizzo Coroi.

A plus grande échelle, les formes structurales comprennent surtout des escarpements et des gradins rocheux, ainsi que des failles. Des escarpements rocheux sont souvent présents dans la partie supérieure des versants, où ils constituent des crêtes. Ces escarpements sont parfois entaillés par des couloirs d'éboulis empruntant des failles. Plus bas dans les versants, de nombreux gradins rocheux, de taille moins importante que les escarpements, sont présents ; ils sont parfois couverts, comme au N du Piz Ner, mais la plupart du temps ils apparaissent nus, comme sur le versant N du Pizzo Coroi.

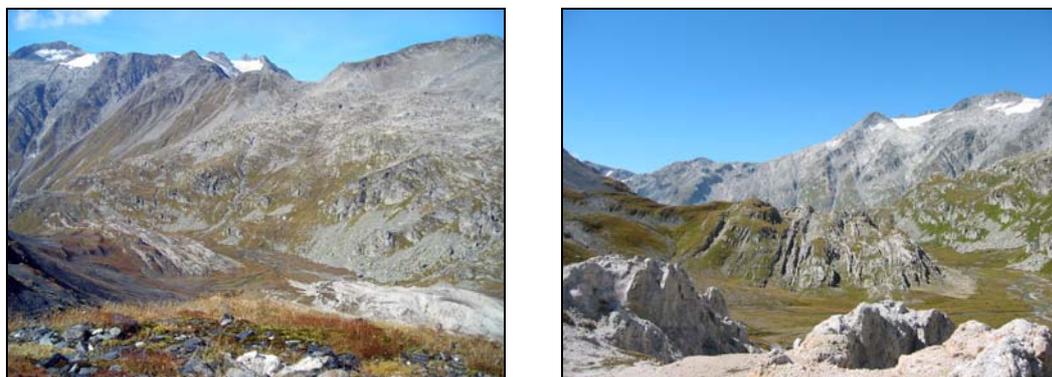


Fig. 6.1 : A gauche : le Brenno della Greina s'écoulant le long du contact entre le Massif du Gothard et sa couverture sédimentaire. A droite : couches de cornieule en position verticale mises en évidence par l'érosion dans la région du Passo della Greina.

Comme nous l'avons déjà évoqué plus haut, de nombreuses failles sont visibles dans les escarpements rocheux. D'autres failles sont également présentes plus bas dans les versants, en particulier dans la région du Gaglianera, sur le versant S entre le Piz Vial et le Muot la Greina (fig. 6.2, à gauche). Ces failles, bien que peu spectaculaires, semblent structurer l'ensemble de ce versant et diriger les cours d'eau à caractère temporaire s'écoulant vers le Rein da Sumvitg. Une de ces failles est d'ailleurs probablement à l'origine de la formation de la petite vallée, d'environ 800 mètres de longueur, parallèle au Plaun la Greina, au SW du Muot la Greina (fig. 6.2, à droite).

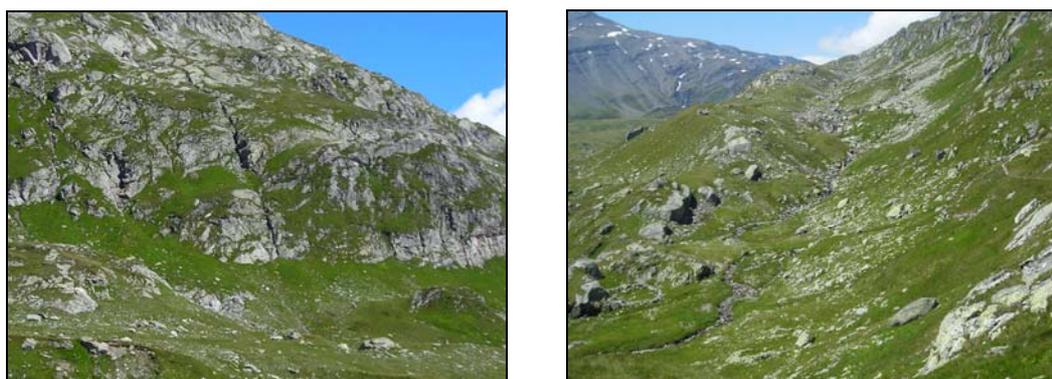


Fig. 6.2 : A gauche : faille dans la région du Gaglianera. A droite : vallée empruntant une faille en rive gauche du Plaun la Greina.

6.1.1.2 Formes fluviales

Les formes fluviales de la Greina ont été façonnées par des processus d'érosion et de dépôt et elles peuvent être encore actives ou héritées. Nous allons tout d'abord présenter les formes d'érosion, pour ensuite décrire les formes d'accumulation.

Les formes d'érosion ont été créées par le ravinement des cours d'eau et comprennent des ravins, des gorges, des niches d'arrachement, des rebords de terrasses fluviales et des couloirs de laves torrentielles. Des ravinements existent sur la roche en place, mais également dans des matériaux non consolidés, tels que des moraines, des éboulis, des cônes de déjection ou d'autres surfaces d'accumulation fluviale.

Des ravins sont présents notamment à l'W du Piano della Greina, sur les versants N et W du Pizzo Coroi, dans la vallée du Gaglianera, à l'entrée du Val Canal et sur le versant W du Piz Ner et du Pizzo di Güida.

Une gorge a été creusée dans les cornieules par le Rein da Sumvitg à l'amont du Plaun la Greina (fig. 6.3, à gauche). D'une longueur d'un kilomètre environ, elle atteint une profondeur de 20 mètres et une largeur de 15 mètres environ. Une autre gorge, de dimensions beaucoup plus restreintes, est présente au NW de Crap la Crusch (fig. 6.3, à droite). D'une longueur de 15 mètres environ, elle atteint une profondeur et une largeur de 2 mètres environ.



Fig. 6.3 : A gauche : la gorge du Rein da Sumvitg. A droite : gorge à l'W de Crap la Crusch.

De nombreuses niches d'arrachement affectent les versants, surtout dans le domaine parautochtone de la couverture sédimentaire du Massif du Gothard. On en retrouve surtout sur le versant W du Piz Stgir, mais d'autres niches sont présentes sur le versant S du Piz Zamuor, sur le versant E du Pizzo Coroi et sur le versant W du Pizzo di Güida. Les niches d'arrachement affectent également des matériaux meubles ; de telles niches sont présentes dans la moraine à l'W de la sortie de la vallée du Gaglianera (fig. 6.4, à gauche), dans les moraines du Plaun la Greina (fig. 6.4, à droite), ainsi que dans les cônes de déjection à la sortie de la vallée du Gaglianera et du Val Canal. Ces niches constituent une coupe naturelle dans ces dépôts.

Les rebords de terrasses fluviales constituent un autre type de forme d'érosion fluviale. De telles terrasses sont présentes le long du cours d'eau s'écoulant depuis le versant NE du Pizzo Coroi vers le Rein da Sumvitg à l'W de Crap la Crusch, et le long du Ri di Motterascio, à l'W de la Capanna Motterascio.

Les derniers types de formes d'érosion fluviale qui peuvent être identifiées sont les couloirs de laves torrentielles ; ces ravins, peu profonds, se creusent dans les sédiments meubles des cônes de déjection et des éboulis. Les couloirs de laves torrentielles sont fréquents dans le domaine parautochtone de la couverture sédimentaire du Massif du Gothard, mais on en retrouve également dans d'autres lithologies, comme sur le cône de déjection à la sortie de la vallée du Gaglianera.

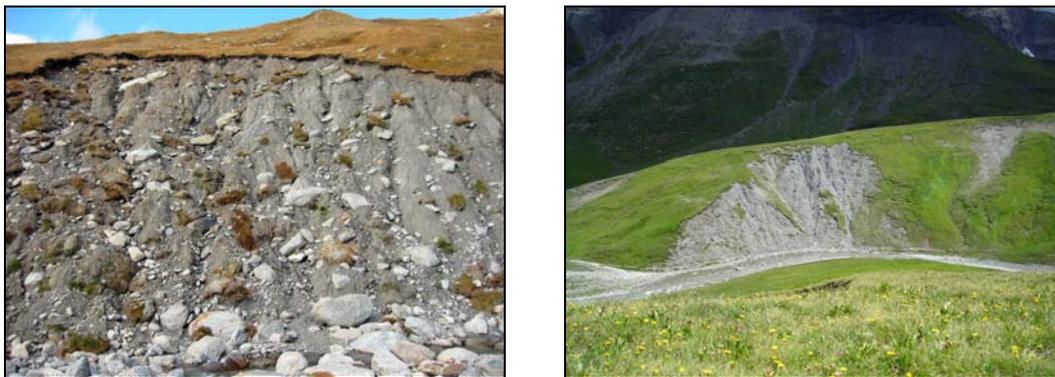


Fig. 6.4 : A gauche : ravinement dans la moraine à la sortie de la vallée du Gaglianera. A droite : ravinement dans la moraine en rive droite du Rein da Sumvitg dans la région du Plaun la Greina.

Les formes fluviales d'accumulation ont été créées par le dépôt de la charge solide à cause d'une diminution de la pente et comprennent essentiellement des cônes de déjection et des plaines alluviales.

Les cônes de déjection sont nombreux dans la région de la Greina ; ils peuvent être isolés, mais peuvent également constituer un complexe de cônes emboîtés affectant l'ensemble de la partie inférieure d'un versant (fig. 6.5), comme c'est le cas en rive droite du Rein da Sumvitg dans la région du Plaun la Greina et, de manière moins importante, dans la partie inférieure des versants NE du Pizzo Coroi, NW du Piz Canal et W du Piz Ner et en rive droite du Ri di Motterascio. Le cône à la sortie de la vallée du Gaglianera (fig. 6.6) a particulièrement attiré notre attention ; ce cône perché se compose d'une partie fossile d'origine paraglaciale, composée par des sédiments fluvioglaciaires issus du remaniement du matériel morainique par les eaux de fonte glaciaire, ainsi que d'une partie actuellement active.



Fig. 6.5 : Cônes emboîtés dans la partie inférieure du versant NE du Pizzo Coroi.

Quatre plaines alluviales sont également présentes : le Piano della Greina (fig. 6.7, à gauche), le Plaun la Greina (fig. 6.7, à droite), ainsi que deux plaines de dimensions plus modestes à l'W de Crap la Crusch et dans la partie septentrionale de l'Alpe di Motterascio. Le Piano della Greina a une surface de 100 m² environ, où les cours d'eau s'écoulent en tracé anastomosé ; des méandres morts sont également présents. Le Plaun la Greina est beaucoup plus grand. D'une surface de 400 m² environ, il se divise en trois unités, entrecoupées par du matériel morainique. La première unité se situe à l'amont du Plaun la Greina proprement dit, à l'W du cône paraglaciale à la sortie du Val Canal ; elle a une surface assez restreinte et le cours d'eau s'y écoule en formant quelques tresses. La deuxième unité a une surface plus grande ; le cours d'eau y forme également des tresses. La troisième unité, séparée de la deuxième par un important dépôt de matériel

morainique, est la plus étendue. Les bras du Rein da Sumvitg y forment de nombreuses tresses séparées par des bancs sableux et graveleux, parfois colonisés par de la végétation.



Fig. 6.6 : A gauche : le cône perché à la sortie de la vallée du Gaglianera. A droite : détail de la partie active du cône.

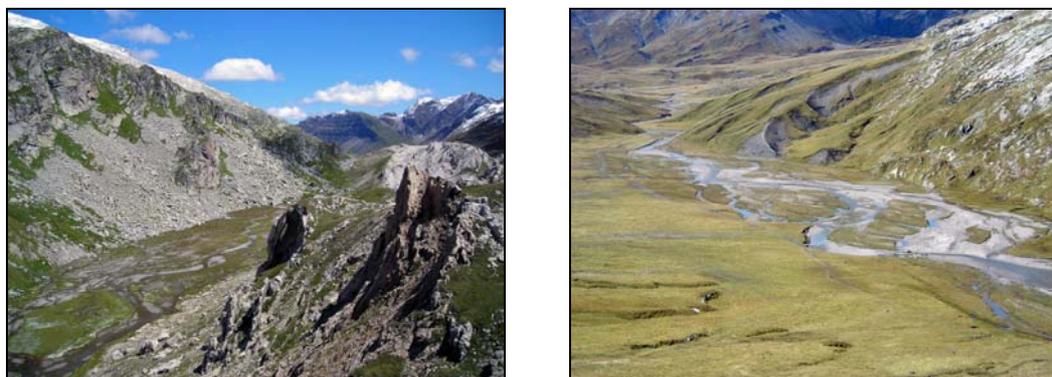


Fig. 6.7 : A gauche : la plaine alluviale du Brenno della Greina. A droite : la plaine alluviale du Rein da Sumvitg.

D'autres surfaces d'accumulation fluviale sont présentes notamment sur le replat du versant en rive droite du Brenno della Greina, dans la région des Cogn dei Lavazz. Les cours d'eau provenant du Piz Valdraus déposent en effet une partie de leur charge solide dans les dépressions situées entre les roches moutonnées qui forment ce replat.

6.1.1.3 Formes gravitaires

La gravité est un agent d'érosion important dans la région de la Greina, où les formes gravitaires sont nombreuses et variées ; nous allons tout d'abord présenter les formes dues à l'érosion, pour ensuite traiter des formes d'accumulation.

Les formes d'érosion gravitaire se composent des niches d'arrachement affectant pour le plus des matériaux meubles, ainsi que des couloirs d'éboulis.

Les niches d'arrachement ne sont pas très fréquentes et sont souvent de dimensions réduites. On en trouve notamment sur le versant NE du Pizzo Coroi et dans les versants en rive droite et en rive gauche du Ri di Motterascio. Ces dernières correspondent à des niches d'arrachement de glissements de terrain.

Des couloirs d'éboulis affectent les escarpements rocheux constituant les crêtes des versants. Ils sont fréquents dans le Val Canal, sur le versant NW du Piz Terri et sur le versant W du Piz Ner et du Pizzo di Güida.

Les formes d'accumulation d'origine gravitaire comprennent essentiellement des éboulis, des glissements et des éboulements.

Les éboulis sont l'une des formes les plus fréquentes de la région de la Greina (fig. 6.8). Ils couvrent de larges surfaces des versants, en particulier sur le versant N du Pizzo Coroi et, plus en général, sur les versants composés de calcschistes. Ils sont parfois couverts par des pelouses, mais le plus souvent ils sont nus.



Fig. 6.8 : Eboulis partiellement couverts sur le versant N du Pizzo Coroi.

Ces éboulis sont largement affectés par des glissements superficiels, tels que des loupes de solifluxion (voir chap. 6.1.1.6) ou encore des micro-glissements en « pieds de vache ». Ces micro-glissements sont moins fréquents des loupes de solifluxion et ils affectent généralement des surfaces plus restreintes. On en trouve notamment à l'W de la Capanna Motterascio, où ils affectent le sol recouvrant le substrat rocheux. Des glissements de terrain plus importants sont présents sur les versants N et NE du Pizzo Coroi (fig. 6.9, à gauche) et dans les versants situés en rive droite et en rive gauche du Ri di Motterascio (fig. 6.9, à droite).



Fig. 6.9 : A gauche : glissement rocheux sur le versant N du Pizzo Coroi, près de la Capanna Scaletta. A droite : glissement de terrain en rive droite du Ri di Motterascio.

Des dépôts d'éboulement sont également présents ; ils sont généralement de petites dimensions et se trouvent souvent dans la partie inférieure des versants à côté d'éboulis, surtout dans le domaine du Massif du Gothard à lithologie gneissique. La couverture en lichens des blocs laisse supposer que la majorité de ces éboulements sont assez anciens.

Des dépôts d'éboulement sont présents notamment au NE de la Capanna Scaletta, au S du Piz Valdraus, au N du Piano della Greina et au S du Piz Vial. Les blocs présents au N du Piano della Greina sont particulièrement intéressants car ils apparaissent partiellement ensevelis par les alluvions de cette plaine alluviale (fig. 6.10). Cet éboulement doit donc être ancien et avoir eu lieu lorsque le niveau du Piano della Greina était moins élevé. L'alluvionnement progressif a successivement enseveli une partie de ces blocs.



Fig. 6.10 : Eboulement partiellement enseveli par les alluvions au N du Piano della Greina.

6.1.1.4 Formes karstiques

Des formes karstiques sont présentes dans les cornieules de la couverture sédimentaire autochtone du Massif du Gothard. La cornieule est une roche karstifiable, mais sa dissolution n'engendre pas des formes très spectaculaires comme c'est le cas pour certains types de calcaire. Les formes karstiques de la Greina comprennent essentiellement des dolines, des lapiés et des formes ruiniformes telles que pinacles, arches et fenêtres.

Les dolines constituent la forme karstique la mieux représentée. On en retrouve surtout en rive gauche du Rein da Sumvitg, au-dessous de la région du Gaglianera. De dimensions modestes, elles sont souvent alignées ; parfois, leur fond est imperméabilisé et elles abritent des petits lacs. Ces dolines n'ont pas pris naissance directement sur la roche, mais sur une couverture de moraine d'ablation. Leur genèse est liée à la dissolution des cornieules en profondeur et à l'affaissement successif du matériel morainique en surface : il s'agit donc de dolines de soffusion (fig. 6.11).



Fig. 6.11 : Dolines de soffusion en rive gauche du Rein da Sumvitg, au-dessous de la région du Gaglianera.

La dissolution de la cornieule provoque la formation de formes différentes par rapport à celle du calcaire. Les lapiés sont des formes typiques du calcaire, mais ils peuvent aussi affecter localement la cornieule dans la région de la Greina. Nous avons pu observer des

lapiés, partiellement couverts, en rive gauche du Rein da Sumvitg, près du point coté 2348 (fig. 6.12).



Fig. 6.12 : Lapiés dans les cornieules en rive gauche du Rein da Sumvitg.

Des formes ruiniiformes sont présentes dans les affleurements de cornieule dans la région du Passo della Greina (fig. 6.13). Les plus spectaculaires sont un monolithe d'une hauteur de 6 m environ au SE du Piano della Greina et une arche de 30 m environ, ainsi qu'une fenêtre de plus petite dimension, à l'W du Piano della Greina.



Fig. 6.13 : A gauche : l'arche situé à l'W du Piano della Greina. A droite : relief ruiniiforme avec monolithe au SE du Piano della Greina.

6.1.1.5 Formes glaciaires

Les glaciers présents dans la région de la Greina ont fortement régressé ces dernières années et sont désormais en train de disparaître (fig. 6.14). Leur contribution à la morphogenèse actuelle est donc très limitée.

Les formes glaciaires occupent cependant une place importante dans la morphologie de la Greina. Nous allons discuter d'abord des formes d'érosion, pour ensuite traiter des formes d'accumulation.

Les formes glaciaires d'érosion comprennent des cirques glaciaires, des verrous, des ombilics et des roches moutonnées ; à plus grande échelle, des stries et des lunules sont également présentes.

Deux cirques glaciaires ont été façonnés par le Vadrecc del Valdraus et par le Glatsher dil Terri. Le cirque du Piz Valdraus a une dimension de 0.25 km² environ ; celui du Piz

Terri est plus grand, de 0.5 km² environ. Les glaciers qui ont façonné ces cirques ont fortement régressé ces dernières décennies et n'occupent désormais qu'une petite partie de leur cirque.



Fig. 6.14 : A gauche : le Gletscher del Gaglianera est encore visible à l'E du Piz Gaglianera, alors que le Vadrecc del Valdraus, à l'W, n'est désormais plus visible. On remarque l'importance du retrait glaciaire depuis la ceinture des moraines du 1850. À droite : ce qui reste du Gletscher da Rialpe en 2006.

De nombreux verrous et ombilics ont été façonnés par les glaciers ; seuls les plus importants ont été représentés sur la carte géomorphologique et sont présentés ici. Le cas le plus spectaculaire est l'ombilic situé au NW du Piz Terri. Il abrite un lac d'une surface de 0.25 km² environ, s'étant formé suite au retrait du Gletscher dil Terri à la fin du Petit Age Glaciaire. Un autre ombilic de dimensions assez importantes, abritant un bas-marais, est présent au S de Crap la Crusch. Un dernier petit ombilic est situé au NE de la Capanna Motterascio ; il abrite également un bas-marais. Des verrous sont présents à l'aval des ombilics dont on vient de discuter ; le verrou le plus spectaculaire est visible à l'aval du Plaun la Greina, caractérisé par un resserrement brusque de la vallée et par un changement de direction du Rein da Sumvitg.

Des roches moutonnées ont été façonnées surtout dans les gneiss du Massif du Gothard. Elles sont donc présentes surtout sur le versant situé en rive droite du Brenno della Greina et en rive gauche du Rein da Sumvitg. En rive droite du Brenno della Greina, elles sont présentes surtout sur le replat situé à une altitude de 2550 m environ dans la région des Cogn dei Lavazz (fig. 6.15) et à l'aval du Vadrecc del Valdraus. De nombreux petits lacs ont d'ailleurs pris naissance dans les dépressions creusées par l'action glaciaire. En rive gauche du Rein da Sumvitg, elles affectent presque la totalité du versant dans la région du Gaglianera, ainsi que la zone située à l'aval du Gletscher da Gaglianera.



Fig. 6.15 : Roches moutonnées dans la région des Cogn dei Lavazz.

Des stries et des lunules sont visibles à nouveau surtout dans les gneiss du Massif du Gothard ; en général, les lithologies des autres unités tectoniques se prêtent mal à la conservation de ce type de formes. Des lunules ont été observées notamment à l'amont de la région des Cogn di Lavazz (fig. 6.16).



Fig. 6.16 : Lunules dans les gneiss du Massif du Gothard.

Les formes d'accumulation comprennent des moraines et des zones d'épandage fluvio-glaciaires.

Les moraines construites sont peu nombreuses sur l'ensemble de la région d'étude. On en retrouve quelques-unes à l'intérieur de la ceinture du Petit Age Glaciaire du Vadrecc del Valdraus et du Gletscher da Gaglianera, à la sortie de la Valle del Gaglianera et dans les régions du Plaun la Greina (fig. 6.17, à gauche) et de Crap la Crusch. De la moraine de fond et d'ablation est par contre présente plus fréquemment, dans la ceinture du Petit Age Glaciaire du Vadrecc del Valdraus, du Gletscher da Gaglianera et du Gletscher dil Terri, en rive droite et en rive gauche du Rein da Sumvitg (fig. 6.17, à droite), ainsi que dans la région de l'Alpe di Motterascio.



Fig. 6.17 : A gauche : moraines construites dans la région du Plaun la Greina. A droite : moraine d'ablation en rive gauche du Rein da Sumvitg.

Les zones d'épandage fluvio-glaciaires sont peu nombreuses et de petites dimensions. Deux d'entre elles, à la sortie de la Valle del Gaglianera et du Val Canal, sont fossiles et correspondent à des cônes paraglaciers dus au remaniement des sédiments glaciaires entre la fin du Tardiglaciaire et le début de l'Holocène. La zone d'épandage fluvio-glaciaire au NW du Pizzo Coroi est par contre encore active.

6.1.1.6 Formes périglaciaires

Une grande partie de la région de la Greina se situe à l'intérieur de la ceinture du permafrost discontinu (Scapozza, 2008). Malgré cela, le fort englacement de la région jusqu'à la fin du Petit Age Glaciaire a empêché la création de formes périglaciaires spectaculaires. Les processus périglaciaires principaux sont la gélifraction, la cryoturbation, la gélifluxion et la cryoreptation.

La gélifraction est responsable de l'altération de la roche en place. Son action est particulièrement évidente sur les roches schisteuses de la couverture sédimentaire autochtone du Massif du Gothard, qui se débitent en plaques, ainsi que sur les nombreux blocs de gneiss, débités le long des lignes de faiblesse structurale (fig. 6.18).



Fig. 6.18 : Bloc gélifracté en rive gauche du Rein da Sumvitg.

La cryoturbation est à l'origine des buttes gazonnées et du redressement de certaines pierres (fig. 6.19). De larges surfaces de couverture morainique, de sédiments fluviatiles, de marais et de sols plus ou moins profonds présentent des buttes gazonnées dans la région du Plaun la Greina, de Crap la Crusch et de l'Alpe di Motterascio. Elles se présentent comme des buttes de quelques décimètres de hauteur affectant des sols recouverts par des pelouses. Des pierres redressées ont été observées sur le versant au SW du lac du Terri, ainsi que au N du Pizzo Coroi. Les roches schisteuses de ces régions se prêtent en effet particulièrement bien au soulèvement par le gel.



Fig. 6.19 : A gauche : buttes gazonnées dans la région de Crap la Crusch. A droite : pierres redressées sur le versant NE du Piz Ner.

La solifluxion joue également un rôle important dans la morphologie de la région (fig. 6.20). Elle est à l'origine des nombreuses loupes qui affectent la partie superficielle des

éboulis et de la couverture pédologique sur les versants N du Pizzo Coroi et en rive droite du Rein da Sumvitg et du Ri di Motterascio. Sur ces versants, la solifluxion est favorisée par le substrat rocheux schisteux, qui se caractérise par une présence importante de matériaux fins pouvant s'imbiber d'eau.



Fig. 6.20 : A gauche : loupes de solifluxion dans les éboulis du versant N du Pizzo Coroi. A droite : loupes de solifluxion sur le versant en rive droite du Ri di Motterascio.

La cryoreptation est à l'origine de la formation des petits glaciers rocheux à l'W du Passo della Greina et dans le Val Canal (fig. 6.21). Leur morphologie, ainsi que l'altitude à laquelle ils se trouvent, nous poussent à les considérer comme étant actifs. La lithologie schisteuse est d'ailleurs à l'origine de la morphologie particulière de ces glaciers rocheux, qui sont moins épais et bombés que les glaciers rocheux se formant dans d'autres lithologies.



Fig. 6.21 : A gauche : glacier rocheux à l'W du Passo della Greina. A droite : glacier rocheux dans le Val Canal.

6.1.1.7 Formes organogènes

De nombreuses dépressions ont été progressivement comblées par des alluvions et des matériaux d'origine organique. Les formes organogènes sont constituées par des surfaces planes, souvent humides, abritant des zones marécageuses (fig. 6.22). Elles sont nombreuses dans la région de la Greina. A grande échelle, on en retrouve par exemple dans des petites dépressions telles que des dolines comblées ; à plus petite échelle, elles occupent les ombilics, comme c'est le cas à Crap la Crusch.

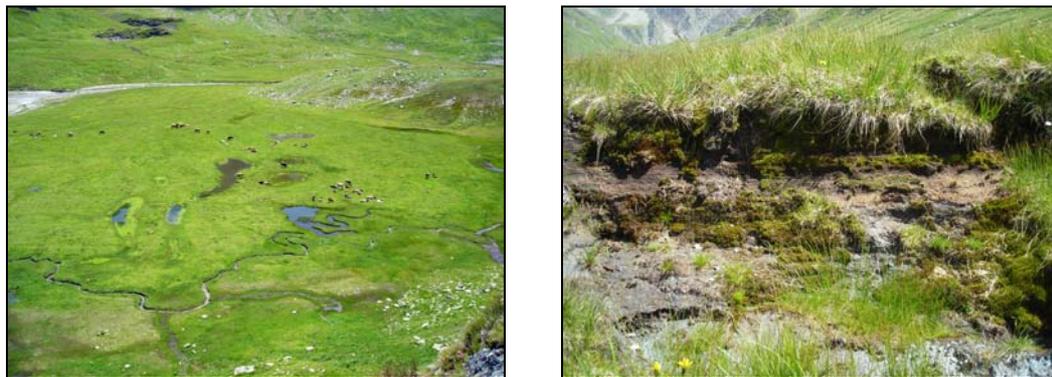


Fig. 6.22 : A gauche : bas-marais au SW du Muot la Greina. A droite : coupe naturelle dans la tourbe du marais à la sortie du Val Canal.

6.1.1.8 Formes nivales

Malgré l'importance des précipitations neigeuses et la longue durée d'enneigement de l'ensemble de la région, les formes nivales sont peu représentées. Comme les couloirs et les dépôts d'avalanche sont souvent des formes mixtes, difficiles à distinguer des autres types de couloir et d'accumulation gravitaire et fluviale, nous avons décidé de ne représenter sur la carte géomorphologique que les processus dominants, à savoir ceux de type gravitaire et fluviale. La seule forme nivale représentée sur la carte géomorphologique est un grand bourrelet de névé à l'W du Pizzo Coroi.

6.1.1.9 Formes lacustres

De nombreux petits lacs sont présents dans la région de la Greina. Le lac du Terri est le seul qui présente une forme lacustre : un petit delta s'est en effet formé ces dernières décennies grâce à l'apport des sédiments provenant du cirque du Piz Terri (fig. 6.23).



Fig. 6.23 : A gauche : le lac d'ombilic du Terri. A droite : détail du delta.

6.1.1.10 Formes anthropiques

Les formes anthropiques se limitent aux sentiers pédestres et au drainage d'un marais près de la Capanna Motterascio. Le piétinement a d'ailleurs des conséquences assez importantes dans les régions particulièrement sensibles telles que le Plaun la Greina (fig. 6.24).



Fig. 6.24 : Erosion due au piétinement sur le Plaun la Greina.

6.1.2 Morphogenèse de la Greina

Dans ce chapitre, nous aimerions reconstituer l'évolution du relief de la Greina depuis le Dernier Maximum Glaciaire. Il n'existe pas d'études récentes sur l'évolution de cette région au cours du Quaternaire. L'étude de la morphologie et de l'hydrologie des vallées supérieures du Val Blenio de Witschi (1956) ne contient que des données très générales faisant référence à un ancien système d'interprétation du relief selon des systèmes d'enfoncement des vallées ; les études géologiques de la région (Winterhalter, 1930 ; Frey, 1967 ; Egli *et al.*, 1973) ne fournissent pas non plus d'informations précises dans leur parties consacrées à la géomorphologie. Les seules études contenant des éléments intéressants sont des travaux plus généraux telles que ceux de Hantke (1983), Maisch (1992) et Florineth & Schlüchter (1998, 2000). Nous allons donc essayer de compléter et de mettre en relation nos observations avec les données issues de ces travaux. Après avoir donné un aperçu du Dernier Maximum Glaciaire dans la région de la Greina (chap. 6.1.2.1), nous allons en esquisser l'évolution au cours du Tardiglaciaire (chap. 6.1.2.2) et de l'Holocène (chap. 6.1.2.3). Nous allons enfin formuler quelques hypothèses sur son évolution dans un futur proche (chap. 6.1.2.4).

6.1.2.1 Le Dernier Maximum Glaciaire

Dans leur étude sur le Dernier Maximum Glaciaire dans les Alpes Suisses Centrales, Florineth et Schlüchter (1998) proposent une reconstitution de l'englacement et de la direction des flux de glace (fig. 6.25) basée sur une modélisation d'après des observations de trimlines et de stries glaciaires. Cette étude a permis de mettre en évidence la présence de deux dômes de glace, situés dans la zone des sources du Rhin et dans la partie supérieure de la Vallée du Rhône. La glace devait s'écouler de manière radiale depuis le centre de ces dômes, en empruntant ensuite les vallées les plus larges et en diffusant par les principaux cols (Florineth & Schlüchter, 1998). Le dôme situé dans la zone des sources du Rhin aurait atteint une altitude maximale de 2700 mètres environ (Florineth & Schlüchter, 1998).

Au cours du Dernier Maximum Glaciaire, la Greina se situait au S de ce dôme de glace et doit donc avoir été concernée par des flux de glace de direction générale N-S. Sa faible distance par rapport au centre du dôme doit avoir entraîné une altitude assez élevée de la glace sur l'ensemble de la région : Florineth et Schlüchter (2000) indiquent des altitudes comprises entre 2500 et 2600 mètres environ (fig. 6.25) ; l'échelle à laquelle la modélisation a été faite nous pousse néanmoins à être prudents face à ces données. Il est probable que lors du Dernier Maximum Glaciaire, la Greina avait été très fortement englacée : l'altitude remarquable des flux de glace provenant du dôme du Rhin, ainsi que la présence de glaciers locaux, laisse supposer que seules les zones les plus élevées

devaient être dépourvues de glace. Il s'agit principalement des sommets tels que le Piz Valdraus, le Piz Gaglianera, le Piz Vial, le Piz Greina, le Piz Stgir, le Piz Zamuor, le Piz Canal, le Piz Terri, le Pizzo di Güida, le Piz Ner et, enfin, le Pizzo Coroi. Ces sommets constituaient donc des nunataks. Florineth et Schlüchter (1998, 2000) indiquent la présence d'un important flux de glace s'écoulant depuis le N au-dessus du Muot la Greina, qui diffluaient vers le S dans la zone de Crap la Crusch. Ces auteurs n'indiquent pas si une partie de ce flux de glace se dirigeait vers l'W en diffluant par la zone du Passo della Greina. Un flux de glace important doit néanmoins avoir emprunté cette direction, ce qui est démontré notamment par la forme des roches moutonnées dans la région des Cogn dei Lavazz. Il est donc probable qu'une partie de la glace provenant du dôme du Rhin depuis le Muot la Greina diffluaient également vers l'W, en rejoignant la glace provenant du versant S.

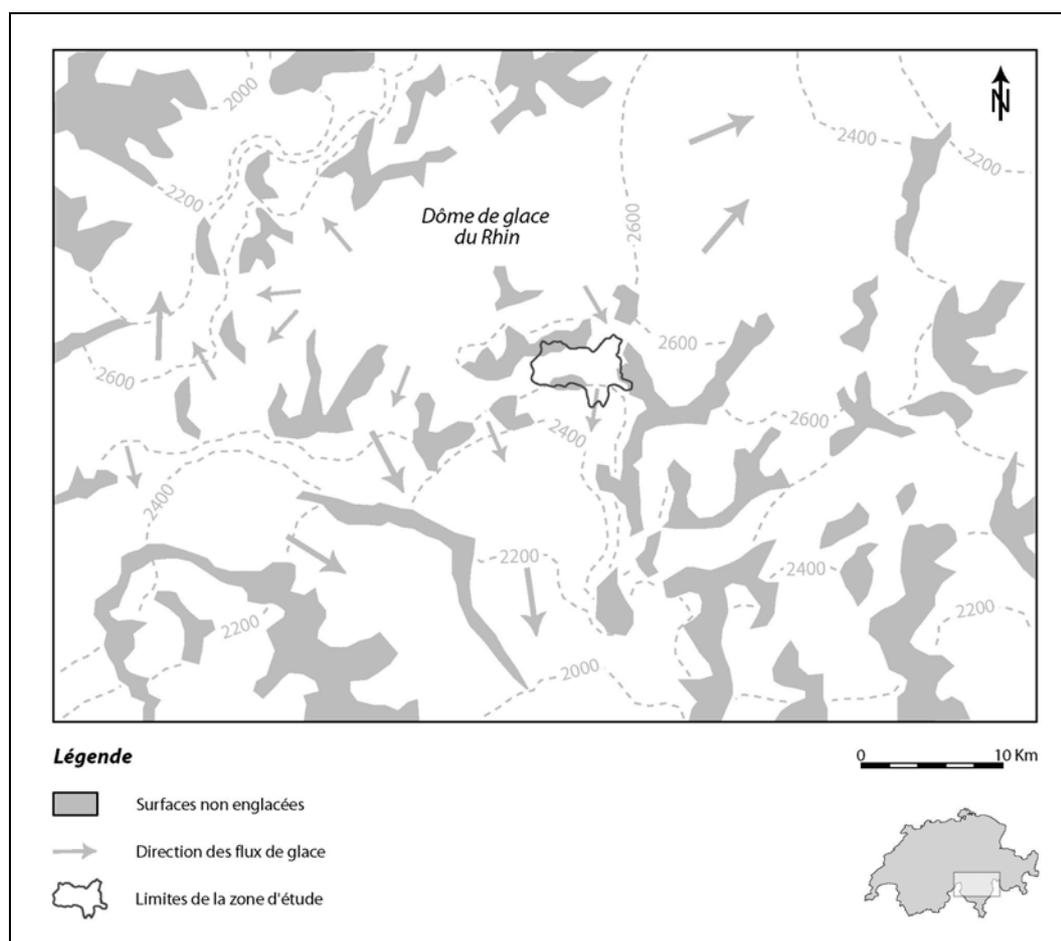


Fig. 6.25 : Englacement et direction des flux de glace dans les Alpes Suisses Centrales au Dernier Maximum Glaciaire (d'après Florineth & Schlüchter, 2000, modifié).

En conclusion, nous pouvons donc affirmer qu'au cours du Dernier Maximum Glaciaire la région de la Greina était fortement englacée et que seuls les sommets les plus élevés devaient être dépourvus de glace. Les glaciers locaux devaient être pris dans l'écoulement général de la glace provenant du dôme du Rhin, qui devait diffluer au-dessus du Muot la Greina et se diriger ensuite en partie vers le S, au-dessus de la région de Crap la Crusch, et en partie vers l'W, au-dessus du Passo della Greina.

6.1.2.2 Le Tardiglaciaire

L'évolution de la Greina au cours du Tardiglaciaire n'a jamais été étudiée de manière exhaustive; nous allons nous baser ici sur nos propres observations, ainsi que sur quelques données plus générales issues du travail de Hantke (1983).

Un premier aspect à retenir est qu'après le Dernier Maximum Glaciaire, la direction générale des flux de glace doit avoir changé de manière importante, surtout en ce qui concerne la partie NE de notre région d'étude. Le flux provenant de la calotte située au N de la Greina doit avoir progressivement perdu de son importance et le flux de direction N-S doit progressivement avoir été substitué par un flux de glace provenant du S. Les glaciers de vallée locaux doivent ainsi avoir joué un rôle semblable à celui qu'ils jouent aujourd'hui, à plus grande échelle. L'ensemble de notre zone d'étude se trouvant à des altitudes assez élevées, seuls les derniers stades de retrait du Tardiglaciaire y ont laissé des traces. Il est ainsi très difficile de se faire une idée précise de la situation dans la région en ce qui concerne les premiers stades du Tardiglaciaire. Nous pouvons néanmoins faire l'hypothèse que, en général, la région de la Greina à cette époque devait se caractériser par des flux de glace diffluant vers l'W au-dessus de la région de la Capanna Scaletta, vers le N au-dessus du Muot la Greina, et vers le S au-dessus de la région de la Capanna Motterascio. La fig. 6.26 donne un aperçu du changement de direction des flux de glace entre le Dernier Maximum Glaciaire et le Tardiglaciaire.

Cartographie et analyse morphologique des moraines

La fig. 6.27 montre la localisation des cordons morainiques et de la moraine d'ablation que nous avons pu cartographier et qui sont susceptibles d'indiquer des positions glaciaires. Nous avons pu identifier et corréliser quatre systèmes de positions glaciaires :

- des moraines indiquant des positions du Vadrecc del Valdraus (VA). Ces moraines semblent marquer quatre positions différentes de ce glacier à l'intérieur de la ceinture des moraines du 1850; l'analyse de l'évolution des glaciers depuis la fin du Petit Age Glaciaire fera l'objet du prochain chapitre ;
- des moraines indiquant des positions du Gletscher da Gaglianera (GA). Quatre positions ont pu être identifiées ; les positions GA 1 et GA 2 se trouvent à l'intérieur de la ceinture des moraines du 1850. Les positions GA 3 et GA 4 sont très rapprochées et sont marquées par des moraines latérales corrélables entre elles. Ces deux positions se caractérisent par un même enracinement dans la moraine latérale droite ; les moraines latérales gauches sont par contre distinctes ;
- des moraines indiquant des positions dans la région du Plaun la Greina (PG). Trois positions ont pu être identifiées. La position PG 1 se marque par l'ensevelissement brusque de la moraine d'ablation au-dessous des alluvions dans la partie SW du Plaun la Greina ; il ne s'agit donc pas d'une position très précise, mais vu le plongement de la moraine d'ablation dans cette région, nous pouvons néanmoins faire l'hypothèse que la position du glacier à cette époque ne devait pas être très éloignée. La position PG 2 se caractérise par deux grandes moraines construites en rive gauche et en rive droite du Rein da Sumvitg. Ces moraines latéro-frontales ne dessinent pas un véritable front, qui peut néanmoins être reconstitué assez facilement peu à l'aval. Nous avons corrélié ces deux moraines au niveau atteint par de la moraine d'ablation sur le versant N du Piz Ner ; cette moraine d'ablation à lithologie gneissique indique probablement l'altitude de la glace provenant de l'W avant sa confluence avec la glace provenant du Gletscher dil Terri. Les moraines du Plaun la Greina montrent clairement la présence de

flux de glace complexes car elles contiennent des lithologies gneissiques, mais également beaucoup de calcschistes. La position PG 3 se caractérise par un petit cordon morainique situé une dizaine de mètres à l'aval de la moraine principale en rive gauche du Rein da Sumvitg ;

- des moraines indiquant des positions dans la région de Crap la Crusch au NE du Pizzo Coroi (CO). Quatre positions ont pu être identifiées, mais seule la position CO 3 est bien définie : les autres positions ne se marquent que par des petites moraines latérales que nous n'avons pas corrélé entre elles.

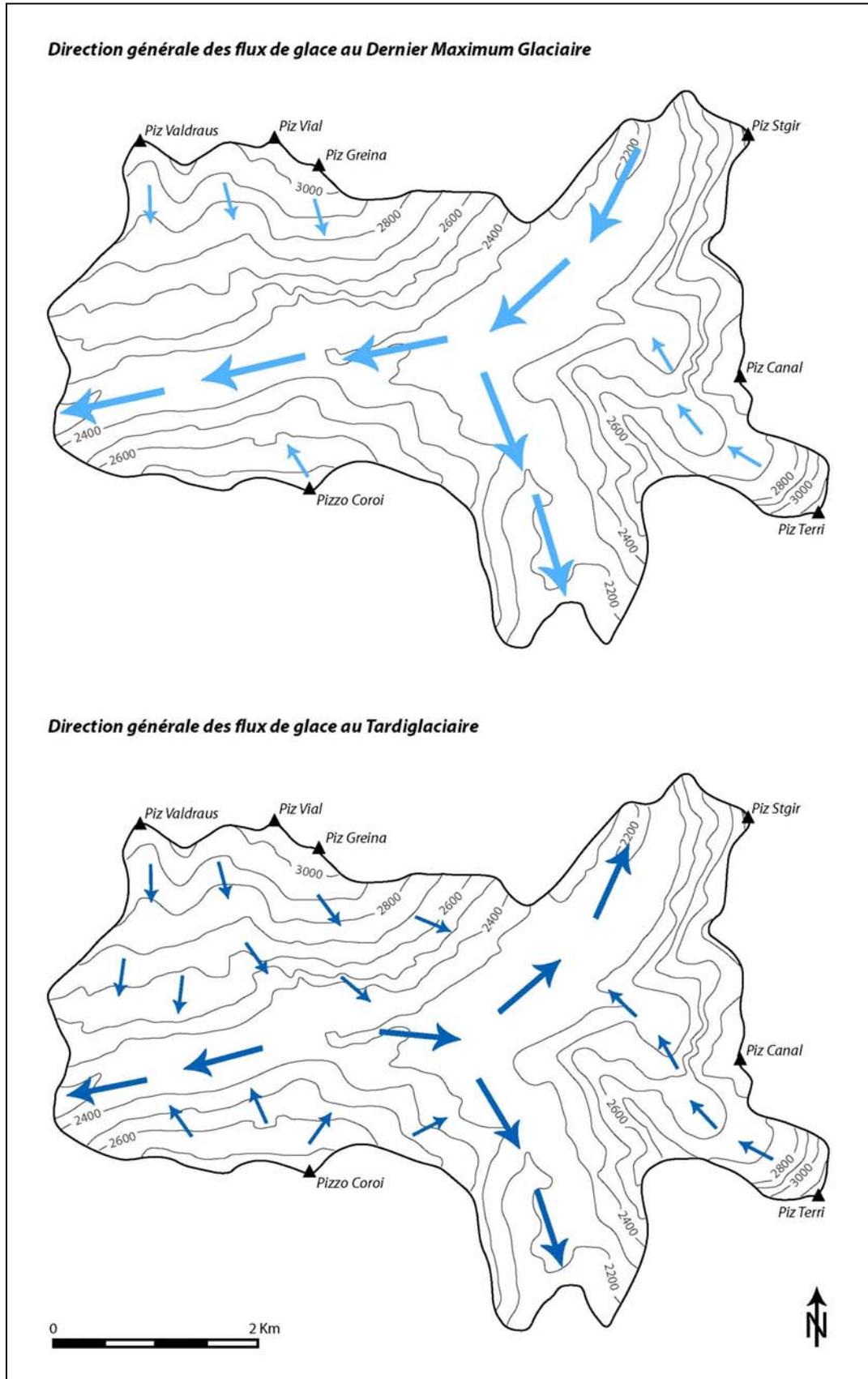


Fig. 6.26 : Origine et direction des flux de glace au Dernier Maximum Glaciaire et au Tardiglaciaire.

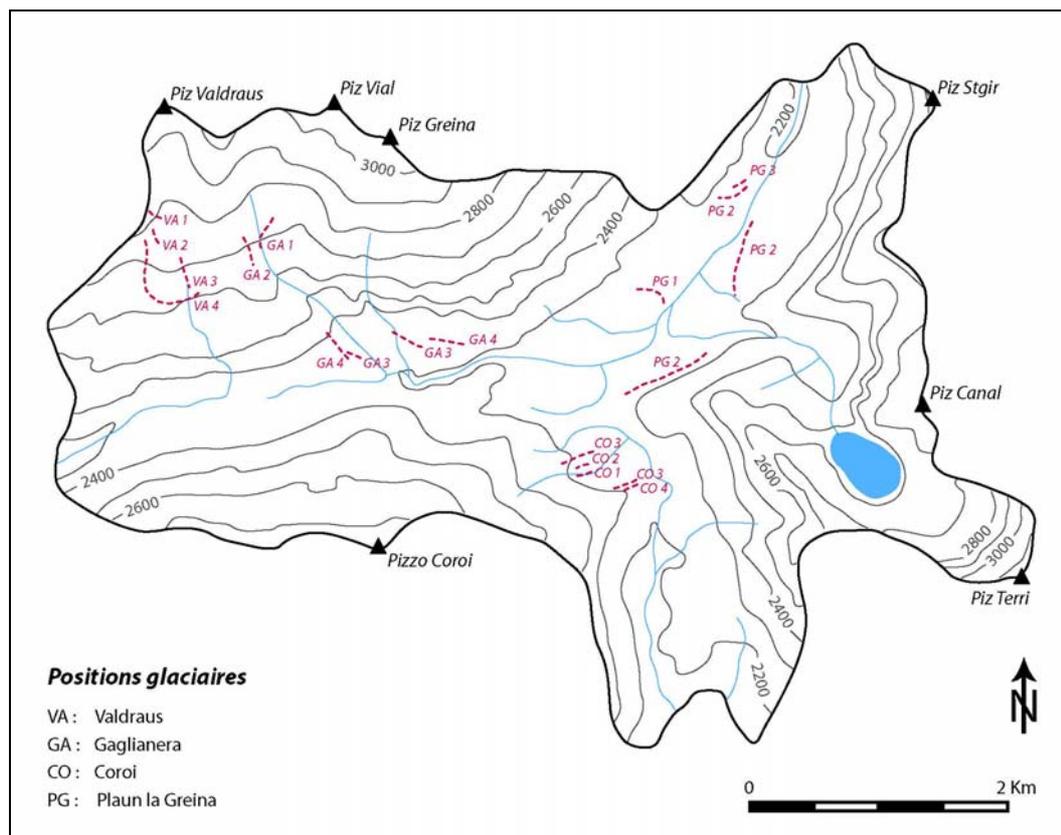


Fig. 6.27 : Moraines indiquant des positions des glaciers au Tardiglaciaire et à l'Holocène.

Reconstitution des fronts glaciaires

Sur la base de la cartographie et de l'analyse morphologique et lithologique des moraines, nous avons reconstitué les fronts des paléoglaciers pour les positions PG 2, GA 4, GA 3 et CO 3 (fig. 6.28). Le front correspondant à la position PG 3 n'a pas été reconstitué par manque d'une moraine latérale en rive droite du Rein da Sumvitg corrélable à celle en rive gauche. La position PG 1 étant marquée par de la moraine d'ablation, cela nous indique que le glacier doit avoir reculé de manière très rapide : il ne devait donc pas être en équilibre à cette époque et il n'y a donc aucun sens d'en calculer une ligne d'équilibre théorique. Le front des positions CO 1, 2 et 4 n'a pas non plus pu être reconstitué en raison de l'absence d'une des moraines latérales.

Reconstitution de la surface des paléoglaciers

Les fig. 6.29 à 6.32 montrent la reconstitution de la surface des paléoglaciers que nous avons effectuée d'après la reconstitution des fronts glaciaires pour certaines positions :

- la position *Plaun la Greina 2* se caractérise par un apport de glace complexe depuis la région du Piz Gaglianera, du Pizzo Coroi et du Piz Terri ;
- les positions *Gaglianera 4* et *3* se caractérisent par un apport de glace depuis le Gletscher da Gaglianera ;
- la position *Coroi 3* indique la présence d'un petit glacier sur le versant NE du Pizzo Coroi, aujourd'hui disparu.

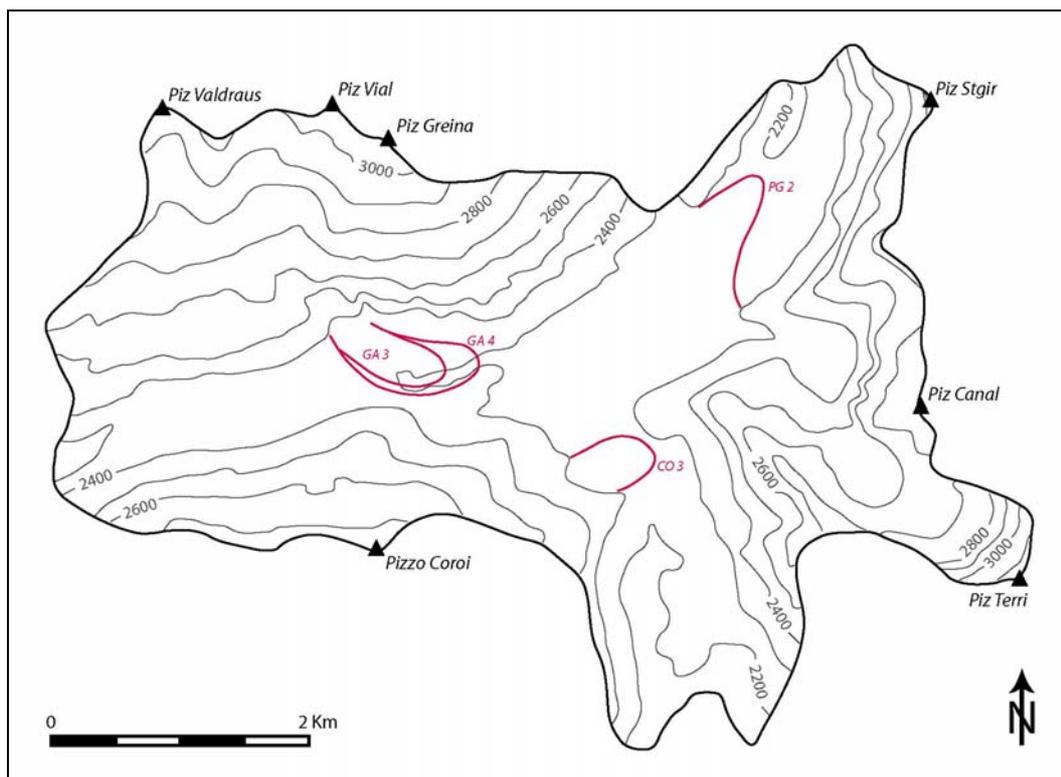


Fig. 6.28 : Reconstitution des fronts des glaciers pour certaines positions glaciaires.

Calcul de la dépression de la ligne d'équilibre

La dépression de la ligne d'équilibre pour chaque paléoglacier (LEG) par rapport à 1850 est indiquée dans le tabl. 6.1. La LEG de 1850 pour la position *Plaun la Greina 2* a été calculée à travers une moyenne pondérée de la LEG des glaciers du Gaglianera, de Rialpe et du Terri. La LEG pour les positions *Gaglianera 4* et *3* et *Coroi 3* correspondent par contre aux LEG des glaciers du Gaglianera et de Rialpe respectivement.

Position	LEG 1850 (m)	LEG (m)	Dépression de la LEG (m)
<i>Plaun la Greina 2</i>	2715	2365	350
<i>Gaglianera 4</i>	2790	2580	210
<i>Gaglianera 3</i>	2790	2680	110
<i>Coroi 3</i>	2625	2315	310

Tabl. 6.1 : Dépression de la LEG pour chaque position par rapport au stade de référence de 1850.

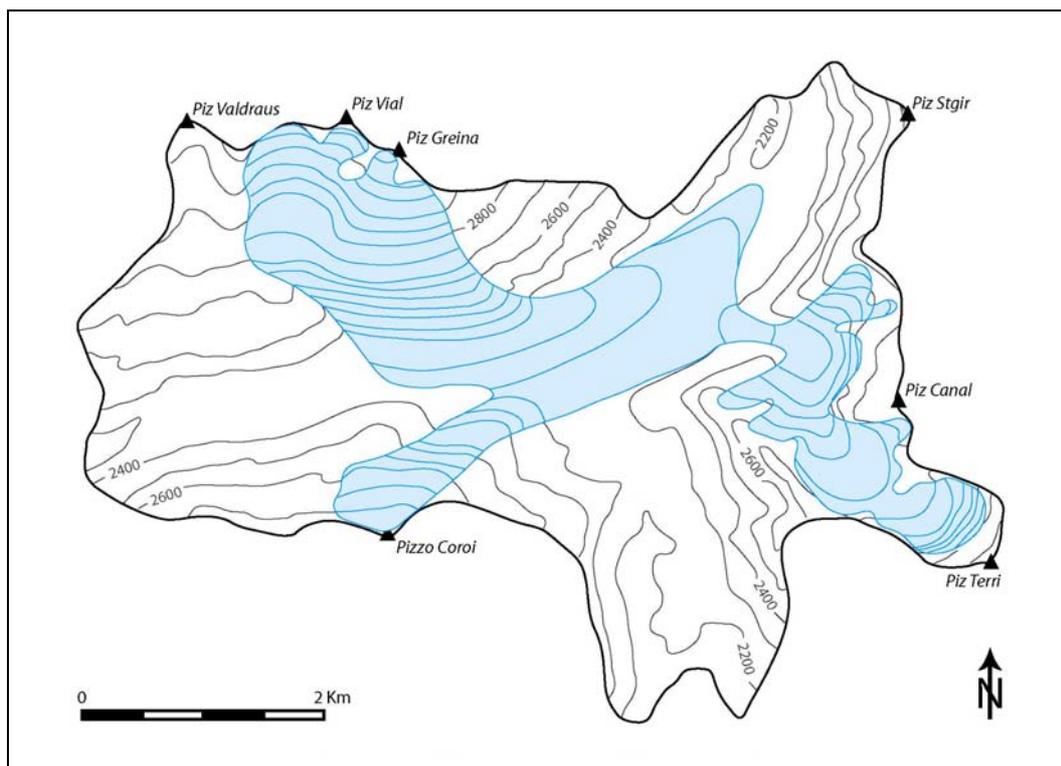


Fig. 6.29 : Reconstitution de la surface du paléoglacier pour la position Plaun la Greina 2.

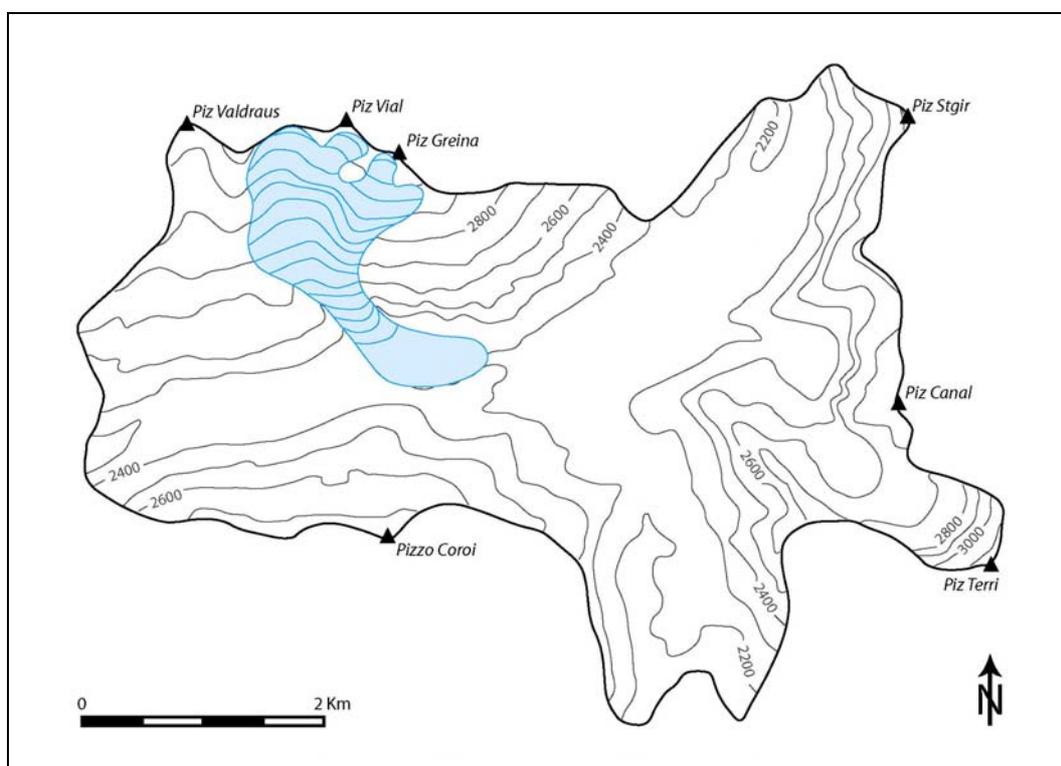


Fig. 6.30 : Reconstitution de la surface du paléoglacier pour la position Gaglianera 4.

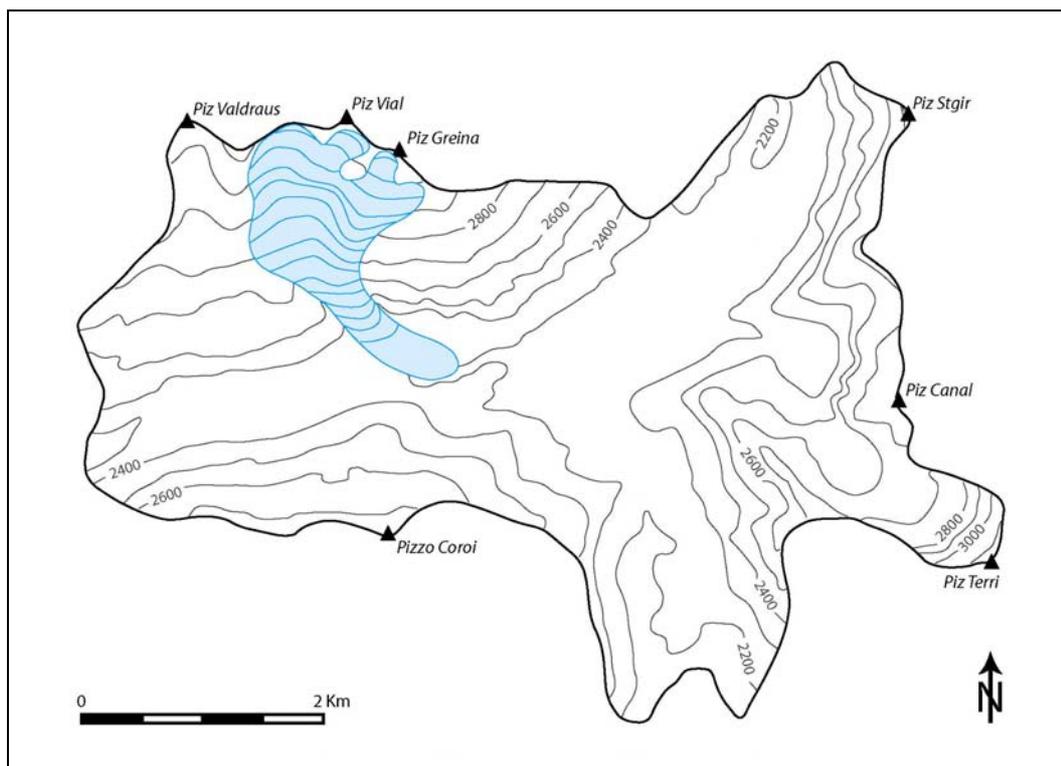


Fig. 6.31 : Reconstitution de la surface du paléoglacier pour la position Gaglianera 3.

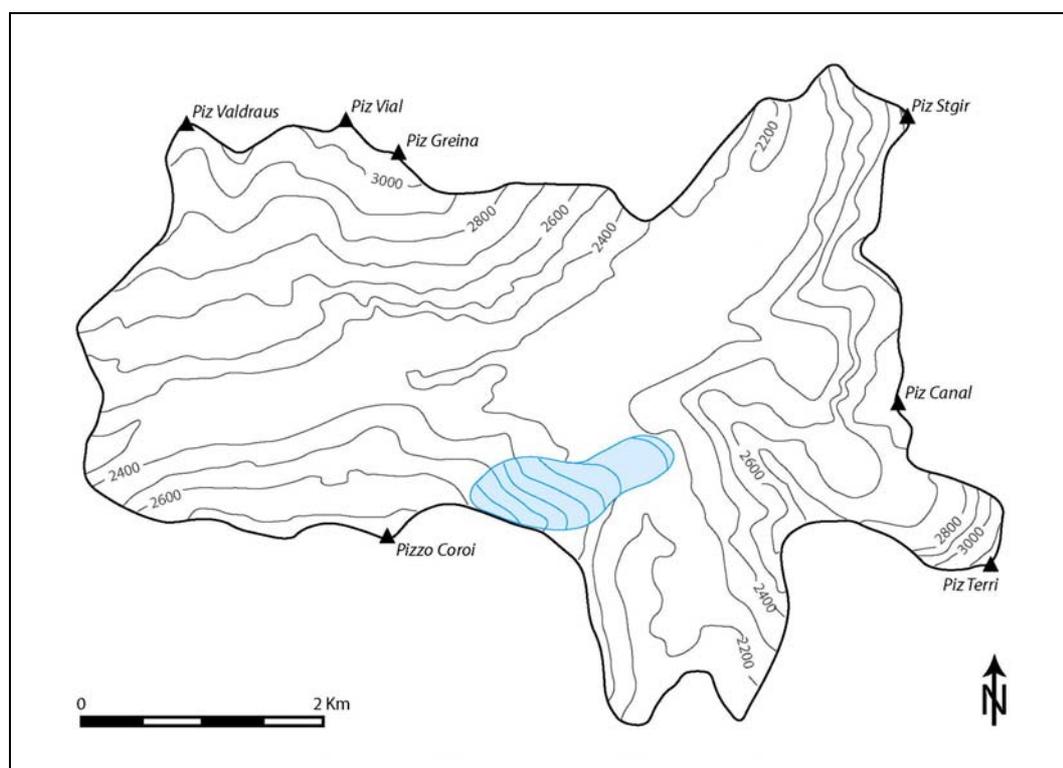


Fig. 6.32 : Reconstitution de la surface du paléoglacier pour la position Coroi 3.

Etablissement d'une séquence de retrait pour chaque glacier

Sur la base de la dépression de la ligne d'équilibre pour chaque position glaciaire par rapport au stade de référence de 1850, nous avons pu établir une séquence de retrait pour le Glatscher da Gaglianera (fig. 6.33) et pour le glacier situé sur le versant NE du Pizzo Coroi (fig. 6.34).

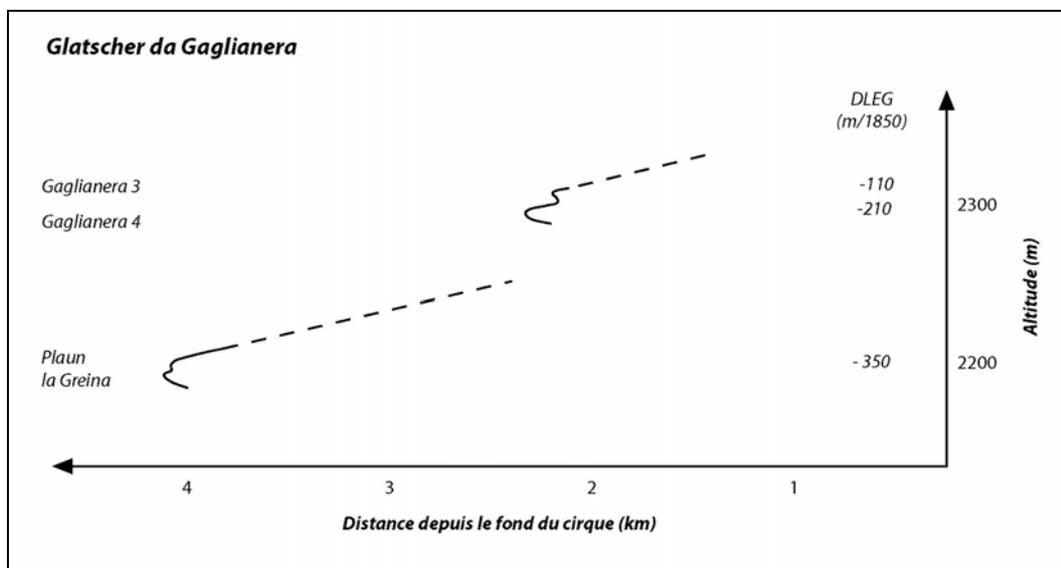


Fig. 6.33 : Séquence de retrait du Glatscher da Gaglianera au Tardiglaciaire.

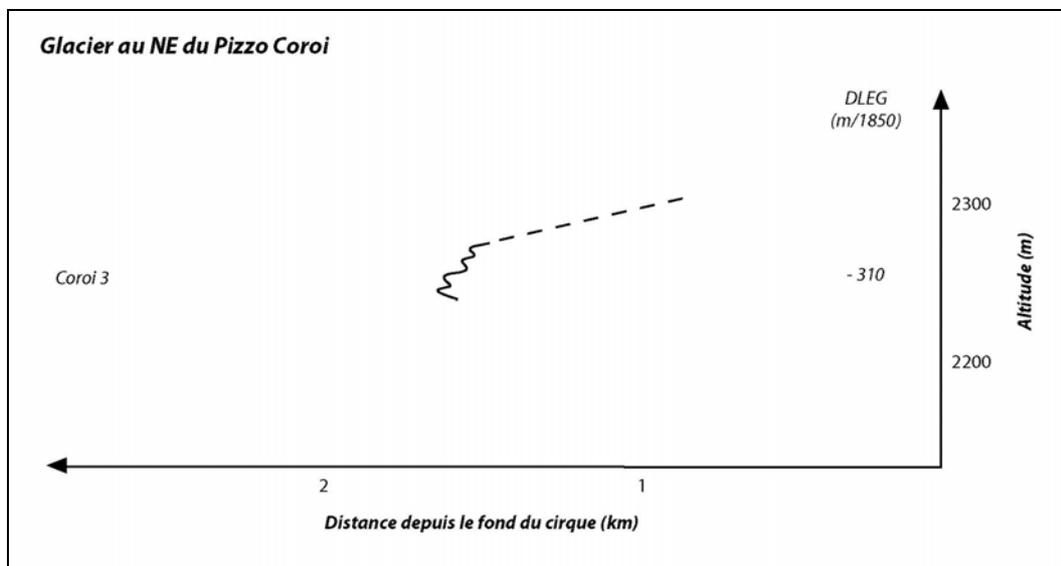


Fig. 6.34 : Séquence de retrait du glacier au NE du Pizzo Coroi au Tardiglaciaire.

Corrélation des séquences de retrait au niveau régional

Le faible nombre des séquences de retrait limite fortement la possibilité d'établir une séquence de retrait régionale complète. Nous pouvons néanmoins conclure à la présence de deux stades principaux :

- un premier stade, correspondant aux moraines du Plaun la Greina et à celles situées au NE du Pizzo Coroi, se caractérise par une dépression de la ligne d'équilibre de 350 à 310 mètres par rapport au stade de référence de 1850 ; il comporte au moins deux positions distinctes, bien que très rapprochées. Nous appellerons ce stade *Greina 2*.
- un deuxième stade, correspondant aux moraines situées à la sortie de la vallée du Gaglianera, se caractérise par une dépression de la ligne d'équilibre de 110 à 210 mètres par rapport au stade de référence de 1850 ; il comporte au moins deux positions distinctes, assez rapprochées. Nous appellerons globalement ce stade *Greina 1*. La dépression de la ligne d'équilibre par rapport au stade de 1850 étant assez différente entre ces deux positions, nous proposons de différencier ce stade en un stade *Greina 1b*, correspondant à la position Gaglianera 4, et en un stade *Greina 1a*, correspondant à la position Gaglianera 3.

Corrélation de la séquence de retrait régionale avec des modèles de référence du Tardiglaciaire alpin suisse

Le tabl. 6.2 montre un essai de corrélation de notre séquence de retrait régionale avec les modèles de Renner (1982) et de Maisch (1981, 1982).

<i>Greina</i>		<i>Gothard – S</i> <i>(Renner, 1982)</i>		<i>Alpes Orientales</i> <i>(Maisch, 1981, 1982)</i>	
<i>Greina 1a</i>	110	<i>Alpe di Cruina</i>	116	<i>Bockten</i>	100-150
<i>Greina 1b</i>	210	<i>Manio</i>	200-240	<i>Egesen max.</i>	170-240
<i>Greina 2</i>	310-350	<i>All'Acqua</i>	280-315	<i>Daun</i>	250-350

Tabl. 6.2 : Essai de corrélation de la séquence de retrait régionale de la Greina avec le modèle de Renner (1982) et de Maisch (1981, 1982).

Notre séquence de retrait régionale semble bien se corréler avec les deux modèles de Renner et de Maisch. En ce sens, le stade *Greina 1a* se corréle avec le stade de L'*Alpe di Cruina* de Renner et avec le stade du *Bockten* de Maisch, alors que le stade *Greina 1b* correspond au stade de *Manio* et de l'*Egesen max.* Nous pouvons donc affirmer que le stade *Greina 1* correspond au stade de l'*Egesen* au sens large. Le stade *Greina 2*, enfin, montre une bonne corrélation avec le stade du *Daun* ; on peut également le corréler avec le stade de *All'Acqua* de Renner, bien que les intervalles de la dépression de la ligne d'équilibre ne correspondent pas parfaitement.

6.1.2.3 L'Holocène

L'évolution du relief de la Greina au cours de l'Holocène se caractérise par une progressive diminution de l'importance des processus morphogénétiques glaciaires et par une augmentation de l'importance des processus gravitaires, fluviaux et périglaciaires.

Nous allons esquisser les étapes principales de l'évolution générale des formes du relief de la région. Une explication plus détaillée de la genèse de certaines formes particulièrement intéressantes du point de vue scientifique est contenue dans les fiches d'inventaire des géomorphosites (voir annexes).

Après le retrait des glaciers, l'ensemble de la région doit avoir connu une période de crise morphogénétique paraglaciale. La présence d'un stock sédimentaire instable et de versants ayant une pente supérieure au profil d'équilibre entraîne en effet une dynamique importante en termes de remaniement sédimentaire et de rééquilibrage des versants (Ballantyne, 2002). Cela se traduit par un remaniement fluvial important des matériaux morainiques et par des éboulements et des glissements de terrain. Le remaniement du matériel morainique par les cours d'eau a entraîné la formation de deux grands cônes de déjection aujourd'hui fossiles à la sortie de la Valle del Gaglianera (fig. 6.6) et du Val Canal. Des éboulements ont également eu lieu à cette époque ; leurs dépôts sont visibles notamment dans le domaine à lithologie gneissique du Massif du Gothard.

En même temps, l'action du gel a entraîné la gélifraction des affleurements rocheux et la formation progressive des éboulis aux pieds des versants. Les cours d'eau doivent également avoir creusé petit à petit leurs talwegs actuels, alors que la dissolution de la cornieule a entraîné le façonnement des formes karstiques.

La crise morphogénétique paraglaciale doit également s'être estompée en raison de la réduction du stock sédimentaire mobilisable et de la diminution des déséquilibres au niveau des versants. Cela a eu pour conséquence une capacité érosive accrue des cours d'eau, qui ont érodé les dépôts issus du remaniement sédimentaire paraglaciale. Cette érosion est particulièrement évidente dans le cône de déjection paraglaciale à la sortie de la Valle del Gaglianera, dont la partie occidentale résulte complètement érodée. Le cône paraglaciale témoigne d'un ancien niveau d'équilibre et se trouve aujourd'hui perché par rapport au profil d'équilibre actuel. La sédimentation fluviale actuelle correspond aux niveaux des plaines alluviales du Piano della Greina, du Plaun la Greina et de la région de l'Alpe di Motterascio.

En ce qui concerne les glaciers, leur évolution au cours de l'Holocène n'est pas très bien connue ; nous pouvons seulement faire l'hypothèse que plusieurs fluctuations ont eu lieu à l'intérieur de la ceinture des moraines de 1850, qui correspond à leur dernière extension maximale. Leur évolution depuis 1850 a été par contre mieux étudiée (tabl. 6.3).

	Glatscher dil Terri	Glatscher da Rialpe	Glatscher da Gaglianera	Vadrecc del Valdraus
Orientation	NW	N	S	S
Surf. 1850 (km²)	0.704	0.474	0.345	0.298
Surf. 1973 (km²)	0.608	0.056	0.177	0.086
Surf. 2006 (km²)	0.129*	0.005	0.099	-
Δ Surf. 1850-1973 (km² - %)	0.096 – 13.6%	0.418 – 88.2%	0.168 – 48.7%	0.212 – 71.1%
Δ Surf. 1850-2006 (km² - %)	0.575 – 81.7%*	0.469 – 98.9%	0.246 – 71.3%	-
Δ Surf. 1973-2006 (km² - %)	0.418 – 68.8%*	0.051 – 91.1%	0.078 – 44.1%	-
Alt. 1850 (m)	2500	2480	2620	2680
Alt. 1973 (m)	2580	2640	2800	2940
Alt. 2006 (m)	2650*	2660	2840	-
Δ Alt. 1850-1973 (m)	80	160	180	260
Δ Alt. 1850-2006 (m)	150*	180	220	-
Δ Alt. 1973-2006 (m)	70*	20	40	-
LEG 1850 (m)	2640	2625	2790	2835
LEG 1973 (m)	2645	2650	2855	2950
Δ LEG 1850-1973 (m)	5	25	65	115

Tabl. 6.3: Evolution de la surface, de l'altitude de la langue et de l'altitude de la ligne d'équilibre pour les principaux glaciers de la Greina entre 1850 et aujourd'hui (compilé d'après des données de Maisch (1992) et des données personnelles). Nous n'avons pas calculé une ligne d'équilibre des glaciers pour l'année 2006 à cause de l'évident état de déséquilibre de ceux-ci. *Les données pour le Glatscher dil Terri ont été saisies en 2007 et non pas en 2006.

L'ensemble des glaciers de la Greina a fortement régressé depuis 1850 (fig. 6.35) :

- le Glatscher dil Terri a perdu plus du 80% de sa surface entre 1850 et 2006 ; cette régression a été particulièrement importante ces dernières décennies. En 1850, il dépassait encore le verrou situé au NW du lac actuel à travers une chute de séracs (Hantke, 1983). En 1973, le glacier occupait encore une bonne partie de l'ombilic et devait donc constituer un *calving glacier*. En 2007, le glacier n'occupe désormais qu'une partie de son cirque et est en bonne partie couvert par des blocs provenant de la paroi NW du Piz Terri ;
- le Glatscher da Rialpe a perdu plus du 98% de sa surface entre 1850 et 2006 ; au contraire du Glatscher dil Terri, cette régression a été accentuée dès le début et le glacier avait déjà perdu une bonne partie de sa surface en 1973. En 2006, le Glatscher da Rialpe ne constituait désormais qu'un lambeau de glace totalement situé en zone d'ablation ;
- le Glatscher da Gaglianera a perdu un peu plus de 70% de sa surface depuis 1850 ; c'est celui qui a perdu le moins de surface par rapport à 1973 ;
- le Vadrecc del Valdraus a perdu un peu plus de 70% de sa surface entre 1850 et 1973 ; depuis, le glacier a disparu et il ne reste que deux lambeaux de glace au-dessous des parois rocheuses du Piz Valdraus et du Piz Gaglianera (fig. 6.36).

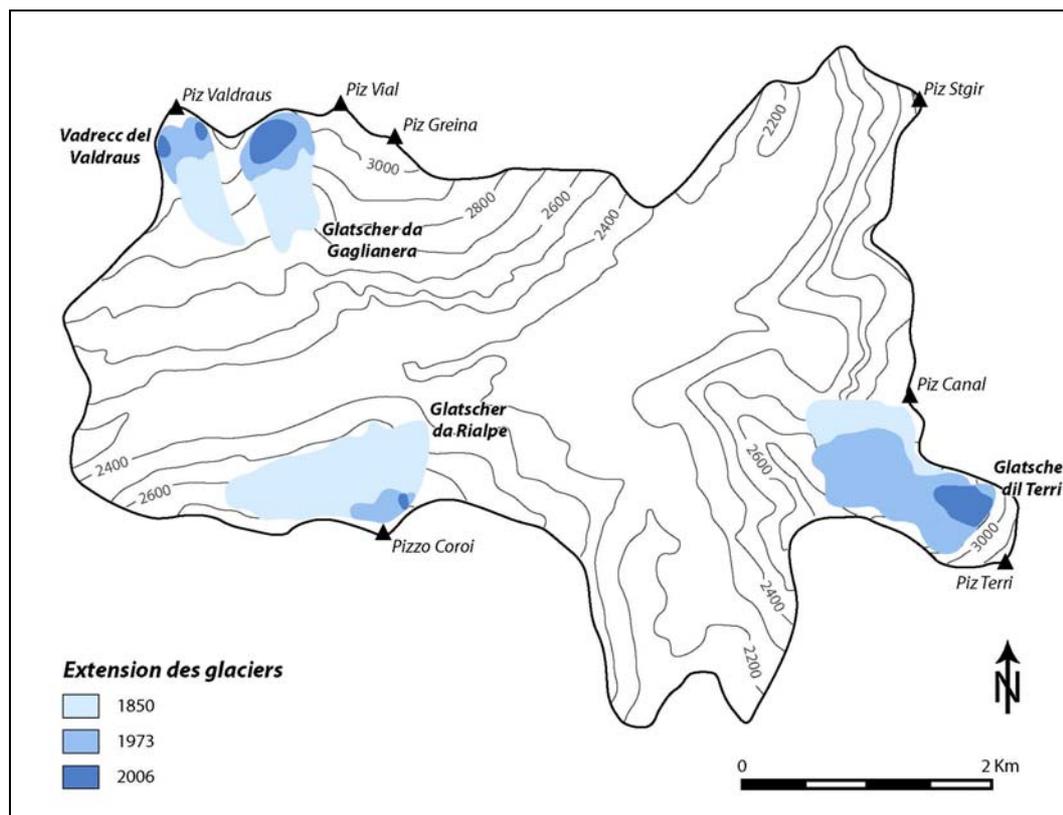


Fig. 6.35 : Evolution de l'extension des glaciers principaux de la Greina entre 1850 et aujourd'hui (compilé d'après des données de Maisch (1992) et des données personnelles). L'extension du Gletscher dil Terri est celle de 2007 et non pas celle de 2006.



Fig. 6.36 : Lambeau de glace presque totalement couvert à l'W du Piz Gaglianera, 2006.

6.1.2.4 Le futur

L'évolution des formes du relief de la Greina dans le futur va en partie dépendre de l'ampleur des changements climatiques dans cette région. Il est très difficile de prévoir l'évolution future des paramètres climatiques, surtout à une échelle régionale, mais il semblerait que les Alpes pourraient connaître des changements plus importants par rapport à d'autres endroits surtout en ce qui concerne l'augmentation de températures et la diminution des précipitations sous forme de neige (OcCC, 2002 ; Beniston, 2005). L'augmentation des températures et la diminution des précipitations sous forme de neige entraînera certainement une régression des glaciers de la Greina. Les conséquences de ces changements sur les autres processus sont difficiles à prévoir : tout dépend de leur ampleur, ainsi que de l'évolution d'autres paramètres tels que les précipitations sous forme de pluie et leur intensité, ainsi que les jours de gel. L'élévation des températures

pourrait entraîner une augmentation des éboulements par la dégradation du pergélisol dans les parois rocheuses, mais la lenteur de la propagation de la chaleur dans le sol nous pousse néanmoins à être prudents face à ce type de prévisions. La réaction même du pergélisol face aux changements climatiques est complexe : une augmentation globale des températures pourrait en favoriser la dégradation, alors qu'une diminution des précipitations sous forme de neige pourrait en favoriser une conservation par le manque d'une couche isolante, ce qui permet au sous-sol de mieux se refroidir pendant l'hiver. Une augmentation de l'intensité des précipitations sous forme de pluie pourrait finalement entraîner une augmentation des laves torrentielles affectant les sédiments meubles tels que les éboulis, les moraines ou les cônes de déjection.

6.1.3 Appréciation de la valeur scientifique globale de la Greina

Nous avons vu que la Greina présente une morphologie variée et que de nombreux types de processus ont contribué au façonnement du relief actuel. Nous allons maintenant donner une appréciation de la valeur scientifique globale de cette région en utilisant les critères que nous avons déjà présenté précédemment (chap. 3.1.2.1).

Intégrité

Les formes du relief de la Greina sont globalement assez bien conservées. L'influence humaine y est faible ; elle contribue néanmoins à une dégradation de la qualité de certaines formes telles que le relief ruiniforme près du Passo della Greina et la plaine alluviale du Plaun la Greina. L'érosion, quant à elle, est très active ; en ce sens, elle contribue de manière importante à la dégradation de certaines formes d'accumulation telles que des moraines et des cônes de déjection.

Représentativité

Par l'ampleur et la diversité des formes, la Greina représente assez bien la morphologie des Alpes suisses. Certains types de formes sont mieux représentés que d'autres ; les formes glaciaires, fluviales et gravitaires sont particulièrement bien représentées, alors que les formes périglaciaires, par exemple, sont peu développées.

Rareté

La Greina présente une morphologie diversifiée sur un périmètre assez restreint. A l'échelle des Alpes suisses, les formes les plus rares sont l'arche située au SW du Piano della Greina, ainsi que le cône paraglacière perché visible à la sortie de la Valle del Gaglianera.

Valeur paléogéographique

La Greina ne présente pas une valeur paléogéographique particulière au niveau des Alpes suisses. Son intérêt est plutôt local, dans le sens que certaines formes permettent de reconstituer la direction des flux de glace au cours du Dernier Maximum Glaciaire et les stades de retrait de certains glaciers au cours du Tardiglaciaire. Le cône perché à la sortie de la Valle del Gaglianera témoigne de la crise morphogénétique paraglacière au début de l'Holocène.

6.2 Les valeurs additionnelles du paysage géomorphologique

Ce chapitre est consacré à l'analyse des valeurs additionnelles du paysage géomorphologique de la Greina. Nous allons étudier séparément ces différentes valeurs afin de donner un aperçu de la valeur esthétique (chap. 6.2.1), écologique (chap. 6.2.2), culturelle (chap. 6.2.3) et économique (chap. 6.2.4) des formes du relief de notre région d'étude.

6.2.1 La valeur esthétique

La valeur esthétique globale d'une région est très difficile à définir ; nous allons quand même essayer d'en donner une appréciation au moyen des critères que nous avons présenté dans le chapitre consacré à la valeur esthétique des formes du relief (chap. 3.1.2.2). Nous avons vu que cette valeur peut être évaluée à travers la présence ou non de points de vue permettant d'observer les formes étudiées, ainsi qu'à travers une analyse de leur développement vertical, de leur contraste de couleur et de leur rôle dans la structuration de l'espace. Notre analyse étant réalisée à l'échelle d'une région ne pouvant pas être embrassée d'un seul regard, l'utilisation du critère relatif à la présence des points de vue n'a pas de sens ; nous n'utilisons donc que les trois autres critères.

Développement vertical

La région de la Greina présente en général un bon développement vertical : il y a en effet toujours une différence d'altitude appréciable entre les talwegs des principaux cours d'eau et les sommets des montagnes. A certains endroits, ce développement vertical est plus évident qu'à d'autres ; ainsi, on en sera particulièrement émerveillés lorsqu'on se trouve à des altitudes relativement basses et que l'on regarde les plus hauts sommets. C'est le cas par exemple lorsque l'on regarde le Piz Gaglianera depuis le sentier de randonnée pédestre en rive droite du Rein da Sumvitg ou le Piz Tgietschen depuis le Plaun la Greina. L'ampleur du développement spatial (vertical et horizontal) de cette région est bien appréciable depuis Crap la Crusch par exemple, d'où l'on peut embrasser du regard les principaux sommets de la région, mais également une partie de la vallée du Rein da Sumvitg à l'W, du Plaun la Greina au NE et du bas-marais de Crap la Crusch au S.

Contraste de couleur

Les différences lithologiques et de végétation entraînent en général un bon contraste de couleur dans la région de la Greina. Bien sûr, cela dépend de l'échelle à laquelle l'on considère ces différences. Les contrastes varient également selon les endroits. Le contraste de couleur est particulièrement important dans la région du Passo della Greina, où les gneiss gris du Massif du Gothard, les cornieules claires et les calcschistes noirs de sa couverture sédimentaire se trouvent les uns à côté des autres. Ce contraste de couleurs est également visible au niveau des alluvions du Piano della Greina et à l'E du Passo della Greina. Un autre endroit qui se caractérise par un contraste important au niveau des couleurs est la région du lac du Terri ; la couleur de l'eau contraste fortement avec celle foncée des roches et celle claire des glaciers, bien que partiellement couverts. La

végétation joue également un rôle important, surtout en ce qui concerne le contraste entre les formations purement minérales et celles colonisées par des pelouses.

Structuration de l'espace

La morphologie particulièrement variée de la Greina contribue de manière importante à la structuration générale de l'espace. De nombreux éléments isolés contribuent à cette structuration à plusieurs échelles : à petite échelle, ce rôle est joué par les sommets les plus élevés et les grands affleurements rocheux ; à une échelle plus grande, des formes plus petites sont concernées, telles que des petits lacs, des cordons morainiques ou des blocs erratiques isolés. Chaque échelle spatiale présente des formes structurantes spécifiques. A petite échelle, les éléments qui structurent le plus la Greina sont les sommets, les affleurements de cornieule dans la région du Passo della Greina et les roches moutonnées du Muot la Greina et de la région de l'Alpe di Motterascio.

Synthèse

Dans une région de haute montagne telle que la Greina, les formes du relief sont les éléments les plus importants dans l'esthétique du paysage. La végétation étant très limitée, elle ne joue qu'un rôle marginal dans le contraste de couleur. Le développement vertical et la structuration de l'espace dépendent donc essentiellement des formes du relief. Bien qu'une appréciation globale de la valeur esthétique d'une région étendue demeure difficile, nous pouvons affirmer que la Greina présente globalement un bon développement vertical, un bon contraste au niveau des couleurs et de nombreux éléments qui contribuent à en structurer l'espace à plusieurs échelles.

6.2.2 La valeur écologique

La valeur écologique d'une région est difficilement appréciable par un non-biologiste : c'est pour cette raison que nous allons baser notre analyse des relations entre la géomorphologie et la végétation sur une étude des milieux naturels réalisée par un spécialiste (Sutter, 1976). Nous allons tout d'abord présenter les résultats de cette étude (chap. 6.2.2.1), pour ensuite mettre en évidence l'importance des processus et des formes géomorphologiques dans l'établissement et le maintien d'écosystèmes particuliers (chap. 6.2.2.2).

6.2.2.1 La valeur écologique générale

L'étude de milieux naturels de la Greina réalisée par Sutter (1976) fait partie d'une série d'articles sur la région de la Greina parus dans la revue *Natur und Mensch* dans les années 1975 et 1976, dont le but était la sensibilisation envers la valeur de cette région menacée par la construction d'un barrage hydroélectrique (chap. 6.2.3). Cette étude se structure en chapitres thématiques par type de substrat rocheux et présente les différents milieux naturels et les espèces typiques présentes dans la région. Comme la classification des milieux naturels a passablement changé en Suisse depuis les années 1970, nous présenterons toujours la nomenclature de Sutter et nous essayerons ensuite de la corrélérer avec la nomenclature utilisée actuellement, d'après Delarze *et al.* (1998).

Il est intéressant de noter que l'auteur de l'étude l'introduit de la façon suivante :

« *In den vorangehenden Arbeiten über die Greinagegend (...) sind Vergleiche gezogen mit anderen Gegend der Alpen – mit dem hohen Norden. Sie ist als arktische Landschaft der Alpen bezeichnet, die Pflanzendecke der nordischen Tundravegetation gleichgestellt, die Blumenfülle und Pracht gepriesen worden. (...). Der Verfasser dieses Beitrages hat (...) Flora und Vegetation der Greina auf seine Art betrachtet, ebenfalls Vergleiche gezogen – und war enttäuscht. Enttäuscht von der Artenarmut des Gebietes, beglückt von der Fülle des doch Vorhandenen (...)* » (Sutter, 1976, p. 7-8).

L'accent qui est souvent mis sur l'exceptionnalité de la flore de la Greina dans de nombreux livres de vulgarisation est donc à prendre avec beaucoup de précaution.

La flore et la végétation sur le substrat cristallin du Massif du Gothard

Les pelouses

La formation végétale dominante, sur substrat siliceux, est une pelouse à laîche courbée¹ (*Carex curvula*), le *Caricetum curvulae* (Sutter, 1976). Il s'agit de la *pelouse acide de l'étage alpin supérieur* (*Caricion curvulae*) selon la classification de Delarze *et al.* (1998). Elle couvre les moraines du Plaun la Greina et les roches moutonnées du Muot la Greina et du versant S du Gaglianera jusqu'à une altitude de 2800 m environ (Sutter, 1976). Delarze *et al.* (1998, p. 168) décrivent ce milieu comme une « *pelouse (...) caractérisée par un tapis ras de graminoides, dont les touffes ternes, mêlées à de nombreux lichens, confèrent au milieu une aspect automnal, même en plein été. (...). Le sol est acide et lessivé, souvent riche en matière organique peu décomposée (podsolisation). (...). La richesse floristique de cette pelouse est en général faible, mais elle se compose d'espèces spécialisées qui ne croissent qu'en haute montagne* ». Ce type de végétation a des similitudes physiologiques mais pas floristiques avec celle des zones arctiques : les espèces présentes sont en effet typiques des chaînes de montagnes européennes (Sutter, 1976). La pelouse acide de l'étage alpin supérieur de la Greina est d'ailleurs assez pauvre en espèces par rapport au même type de formation dans d'autres régions ; cette pauvreté en espèces, répandue dans toute la partie NW du Massif de l'Adula, est liée selon Sutter (1976) au fort englacement de la région au cours de la dernière glaciation et à une recolonisation végétale non encore complètement accomplie.

Deux autres types de pelouses, peu étendues, sont mis en évidence par Sutter (1976) dans le versant S du Gaglianera et sur le Muot la Greina.

La première est une pelouse dominée par le nard raide (*Nardus stricta*). Il s'agit du *pâturage maigre acide* (*Nardion*) selon la classification de Delarze *et al.* (1998, p. 164), qui le décrivent comme une « *pelouse (...) marquée par la dominance de Nardus stricta (...). Ce gazon ras et uniforme est parsemé de fleurs colorées ; il occupe des sols acides en surface et pauvres en nutriments. Il s'agit souvent de pâturages non amendés. Le Nardion est répandu de l'étage subalpin à l'étage alpin inférieur (...). Le pâturage maigre acide possède en général une richesse biologique inférieure à celle des pelouses basophiles. Les nardaies sur roche-mère siliceuse sont même parmi les pelouses les plus pauvres* ».

La deuxième pelouse est dominée par l'agrostide fluette (*Agrostis schraderiana*). Delarze *et al.* (1998, p. 164) ne différencient pas ce milieu, qu'il regroupent avec le pâturage maigre acide : « *sur sols frais et maigres, il existe des pelouses acidophiles dominées par*

¹ Nous nous basons ici sur la nomenclature française proposée par Lauber & Wagner (2000).

des graminées de plus grande taille que Nardus (Agrostion schraderianae, (...)). Ces alliances, pauvres en véritables différentielles, n'ont pas été traitées comme des unités distinctes ».

Les landes d'arbustes nains

Les crêtes exposées au vent présentent une lande d'arbustes nains, riche en lichens, dominée par l'azalée des Alpes (*Loiseleuria procumbens*) (Sutter, 1976). Il s'agit de la *lande alpine ventée (Loiseleurio-Vaccinion)* selon la classification de Delarze *et al.* (1998, p. 246), qui la décrivent de la manière suivante : « *Ne dépassant pas 10 cm de hauteur, cette landine est constituée d'un tapis d'éricacées (...) et d'empétracées (...), généralement accompagnées de nombreux lichens (...). Cette formation se développe à l'étage alpin sur des croupes ventées soumises à des très basses températures hivernales (-30 à -40 °C), à cause de l'absence de couverture neigeuse (...), sur des sols très acides (pH en général inférieur à 4.5). (...). Milieu intéressant par ses adaptations à des conditions climatiques extrêmes, à la limite des possibilités de croissance des tissus ligneux ».*

Les combes à neige

Dans les dépressions longuement enneigées, les combes à neige, on retrouve des espèces artico-alpines, telles que le saule herbacé (*Salix herbacea*), le gnaphale couché (*Gnaphalium supinum*) et la Sibbaldie couchée (*Sibbaldia procumbens*) (Sutter, 1976). Cette association végétale correspond à la *Combe à neige acide (Salicion herbaceae)* selon la classification de Delarze *et al.* (1998, p. 174), qui la décrivent comme « *un tapis végétal (...) dominé tantôt par Salix herbacea, tantôt par des dicotylédones à rosettes, localement par des graminoides spécialisées. Ces plantes sont pour la plupart stolonifères et se multiplient par voie végétative. Les mousses sont (...) abondantes (...). Elles dominent aux endroits où la période d'enneigement dépasse 10 mois. Le substrat, humide en permanence, présente un épais horizon superficiel de terre fine et d'humus. L'unité se rencontre de l'étage subalpin à l'étage subnival, toujours confiné dans des microhabitats longuement enneigés (7-11 mois) et restant humides pendant la période de végétation. (...). Le Salicion herbaceae abrite une flore très spécialisée, notamment plusieurs plantes artico-alpines (...)* ». Sutter (1976) met en évidence que dans les endroits où la neige ne disparaît pas complètement toutes les années, une autre association végétale dominée par des mousses apparaît : le *Polytrichetum sexangularis*. Delarze *et al.* (1998) ne différencient pas ce milieu, qu'ils regroupent avec la combe à neige acide.

Les eaux libres et des lieux humides

À plusieurs endroits, et en particulier au S du Muot la Greina et vers l'Alpe di Motterascio, la végétation des zones humides est dominée par la linaigrette de Scheuchzer (*Eriophorum scheuchzeri*), une espèce artico-alpine (Sutter, 1976). Il s'agit de la *parvocariçaie acidophile (Caricion fuscae)* selon la classification de Delarze *et al.* (1998, p. 66), un « *bas-marais caractérisé par un tapis dense de cypéracées de petite taille, liées à des substrats pauvres en calcaire. Le sol est souvent tourbeux (...). A l'étage alpin, le Caricion fuscae est de loin l'association végétale la plus répandue. L'unité y apparaît aussi sous forme de groupements pionniers moins denses, dominés par Eriophorum scheuchzeri. (...). La parvocariçaie acidophile est moins diversifiée floristiquement que ses homologues basophiles ».*

Deux autres associations végétales en relation avec les lieux humides sont présentes dans la région (Sutter, 1976).

La première est la végétation se développant près des sources du versant S du Gaglianera, dominée par la laïche des régions froides (*Carex frigida*). Il s'agit de la *végétation des sources acides* (*Cardamino-Montion*) selon la classification de Delarze *et al.* (1998, p. 44), un milieu caractérisé par des «*terrains détremés en permanence, à proximité de sources dont l'eau a une teneur en calcaire inférieure à 30 mg/l, parfois le long de petits ruisseaux en montagne (pH de 4.5 à 7). (...) Le microclimat est constamment frais et humide (température moyenne annuelle de 5 à 8 °C, voire inférieure à l'étage alpin). (...) Les sources acides abritent plusieurs plantes rares, dont diverses mousses qu'on ne retrouve dans aucun autre milieu et trois plantes vasculaires* ».

La deuxième formation est une végétation pionnière dominée par la laïche à deux couleurs (*Carex bicolor*), une espèce artico-alpine, que l'on retrouve sur de petites surfaces le long du Rein da Sumvitg à l'E du Muot la Greina (Sutter, 1976). Il s'agit du *groupement pionnier des bords de torrents alpins* (*Caricion bicolori-atrofuscae*) selon la classification de Delarze *et al.* (1998, p. 72), qui le décrivent de la manière suivante : «*Gazons clairsemés de joncs et petites cypéracées colonisant des alluvions sablonneuses et pauvres en matière organique de torrents alpins, plus rarement des moraines humides. (...) Ce groupement ne supporte pas des températures supérieures à 25 °C et, pour cette raison, ne se trouve que dans les Alpes, au-dessus de 1600 m d'altitude (...). La présence d'un facteur mécanique de régénération (alluvionnement, cryoturbation) semble nécessaire à sa survie. (...) Ce groupement réunit des espèces sténothermes pionnières à répartition artico-alpine. La plupart sont des relictés postglaciaires de grand intérêt biogéographique* ».

Les éboulis et les rochers

La végétation des éboulis siliceux de la région de la Greina est dominée par l'androsace des Alpes (*Androsace alpina*) (Sutter, 1976). Ce milieu correspond à l'*éboulis siliceux d'altitude* (*Androsacion alpinae*) selon la classification de Delarze *et al.* (1998, p. 108), qui le décrivent comme une «*végétation très clairsemée (recouvrement en général inférieur à 10%) (...). Les formes rampantes dominant, mais on y rencontre parfois des plantes d'assez grande taille (...). L'unité colonise des éboulis peu mobiles, ainsi que des stades initiaux de succession sur moraine. Le substrat cristallin est acide (pH 4 à 6) ; il est riche en matériel fin et offre des meilleures conditions de croissance que les éboulis calcaires. Ce type d'éboulis se rencontre de l'étage subalpin à l'étage nival. (...) La flore des éboulis acides est en général plus pauvre que celle des éboulis calcaires ; elle présente aussi des adaptations morphologiques moins poussées à la vie dans les éboulis mobiles. Il s'agit néanmoins d'un milieu spécialisé (Dauergesellschaft), dont les variations de composition sont intéressantes sur le plan biogéographique* ». Sutter (1976) met en évidence un autre type de formation végétale pionnière, dominée cette fois par l'oxyria à deux styles (*Oxyria digyna*), une espèce artico-alpine. Delarze *et al.* (1998) ne différencient pas cette unité, qu'ils considèrent comme faisant partie de l'éboulis siliceux d'altitude.

Sur les terrains en faible pente, toujours très humides, un substrat de particules fines et d'humus peut se développer ; ces surfaces sont souvent dominées par la luzule marron (*Luzula alpino-pilosa*) (Sutter, 1976). Il s'agit d'une variante de la combe à neige acide, que nous avons déjà présentée plus haut. Delarze *et al.* (1998) affirment d'ailleurs que cette espèce se retrouve souvent en périphérie de cette formation, sur les parties en faible pente.

La végétation des parois rocheuses est occupée par l'*Androsacetum vandellii* (Sutter, 1976). Ce milieu correspond aux *parois siliceuses avec végétation vasculaire* (*Androsacion vandellii*) selon la classification de Delarze *et al.* (1998, p. 122), qui le décrivent de la manière suivante : «*végétation pionnière des rochers siliceux, colonisant*

des roches en place et des gros blocs. La présence de fissures permet à la flore vasculaire de s'installer. Comparée aux parois calcaires, cette végétation est plus souvent accompagnée de mousses xérophiles et de lichens. Le milieu est exposé à des périodes d'intense sécheresse et à d'importantes variations de température. Il présente une énorme amplitude altitudinale (...). Bien qu'ils soient floristiquement moins riches que les parois calcaires, les rochers siliceux abritent aussi des espèces rares, limitées à quelques massifs, et intéressants sur le plan biogéographique ».

La flore et la végétation sur la couverture sédimentaire autochtone du Massif du Gothard (Trias)

Les pelouses

L'association végétale principale sur la couverture sédimentaire autochtone du Massif du Gothard est le *Seslerio-Semperviretum*, dominé par la laïche toujours verte (*Carex sempervirens*) et la séslerie bleuâtre (*Sesleria caerulea*) (Sutter, 1976). Cette association correspond à la *pelouse calcaire sèche à séslerie* (*Seslerion*) selon la classification de Delarze *et al.* (1998, p. 156), une « *pelouse fleurie, à flore très diversifiée et riche en légumineuses. La structure du milieu est conditionnée par la dominance de plantes cespitueuses (surtout Sesleria caerulea et Carex sempervirens), qui forment souvent des gradins parallèles aux courbes de niveau sous l'effet des phénomènes de solifluxion. Le sol est superficiel et séchard, souvent très caillouteux (rendzine). Cette pelouse occupe des pentes pierreuses calcaires ou dolomitiques, en général dans des situations ensoleillées. Elle a son optimum à l'étage alpin (2000-2500 m) (...). Cette pelouse présente en général une grande richesse floristique, qui résulte en partie de la diversité des microhabitats liée à sa structure en gradins ».*

Dans les zones les plus exposées au vent, dans la région du Passo della Greina, une autre formation végétale est présente, l'*Oxytropo-Elynion*, dominée par l'elyna fausse queue de souris (*Elyna myosuroides*) (Sutter, 1976). C'est le *gazon des crêtes ventées* (*Elynion*), décrit par Delarze *et al.* (1998, p. 162) de la manière suivante : « *l'aspect de ce gazon est déterminé par les touffes denses d'Elyna myosuroides, au feuillage raide et coriace de couleur brunâtre. Entre ces touffes croissent des plantes basses et des lichens. Ce groupement spécialisé n'occupe que des surfaces restreintes sur des crêtes ventées soumises à un microclimat continental. L'absence de couverture neigeuse en hiver expose le milieu à des températures très basses, ainsi qu'à l'action desséchante et érosive des vents. (...). Par son microclimat continental, ce biotope est le refuge de plantes liées à un climat steppique froid (...). Certaines d'entre elles sont fortes rares (...) et ne peuvent s'établir dans d'autres milieux ».*

Au NW du Passo della Greina une autre formation est présente, très rare dans la partie centrale du Massif de l'Adula : c'est le *Caricetum firmae*, dominé par la laïche ferme (*Carex firma*) (Sutter, 1976). Delarze *et al.* (1998, p. 158) décrivent cette *pelouse calcaire sèche à laïche ferme* (*Caricion firmae*) comme une « *pelouse rare et clairsemée, dominée par les touffes serrées et coriaces de la laïche ferme (Carex firma). (...). Les plantes de ce milieu sont adaptées à une période de végétation brève, entrecoupée de fréquentes intempéries et de périodes sèches. Elles sont également résistantes au stress mécanique des terrains soumis à des gels fréquents. L'unité remplace la pelouse à séslerie sur les sols squelettiques calcaires ou dolomitiques (rendzines) (...). Elle occupe surtout l'étage alpin supérieur (2300-2800 m). (...). Relativement pauvre en espèces, la flore de ce type de pelouse présente surtout un intérêt par ses adaptations aux conditions extrêmes ».* Dans la région du Passo della Greina, la végétation est souvent limitée à quelques espèces

spécialisées telles que le saxifrage bleuâtre (*Saxifraga caesia*) et l'arabette naine (*Arabis bellidifolia*)², qui se développent dans les trous des rochers (Sutter, 1976).

Ce type de pelouses est relativement pauvre en espèces par rapport aux mêmes associations végétales présentes ailleurs dans les Alpes (Sutter, 1976). Cela démontre à nouveau la pauvreté en espèces de la partie NW du Massif de l'Adula.

Les combes à neige

Les combes à neige sur la couverture sédimentaire autochtone du Massif du Gothard abritent l'*Arabidetum caeruleae*, dominé par l'arabette bleuâtre (*Arabis caerulea*) (Sutter, 1976). Cette formation correspond à la *combe à neige calcaire* (*Arabidion caeruleae*) selon la classification de Delarze *et al.* (1998, p. 172), décrite comme un : « un tapis discontinu de petites plantes à rosettes caractérise le centre longuement enneigé de la combe calcaire. A la périphérie de celle-ci, des saules rampants (*Salix retusa*, *Salix reticulata*) apparaissent et dominant souvent. Cette végétation exige un seul calcaire, humide en permanence. (...). La combe à neige calcaire partage avec celle des sols acides des conditions microclimatiques très particulières (brièveté de la période de végétation, mais protection contre le froid grâce à une longue période d'enneigement). Comme cette dernière, elle possède des éléments artico-alpins rares (...) ».

Les éboulis

Les éboulis issus du démantèlement des roches triasiques sont peu étendus et abritent une variante appauvrie en espèces du *Thlaspietum rotundifoli* (Sutter, 1976). Il s'agit de l'*éboulis calcaires d'altitude* (*Thlaspiion rotundifolii*) selon la classification de Delarze *et al.* (1998, p. 100) : « ce type de végétation s'établit dans des éboulis de calcaire compact à l'étage alpin. La densité de la végétation y est toujours faible ; parfois elle passe inaperçue. La plupart des plantes de ce milieu sont étroitement adaptées aux perturbations mécaniques caractéristiques des éboulis mobiles. (...). Ces éboulis abritent diverses plantes alpines rares et spécialisées ». On retrouve à nouveau la pauvreté en espèces caractéristique de la partie NW du Massif de l'Adula.

La flore et la végétation sur les calcschistes de la couverture sédimentaire parautochtone du Massif du Gothard (Lias)

Les pelouses

Les calcschistes sont souvent recouverts par une mosaïque de pelouses, dominées par le nard raide (*Nardus stricta*), la laïche toujours verte (*Carex sempervirens*) ou la laïche ferrugineuse (*Carex ferruginea*) (Sutter, 1976). Les deux premières espèces sont caractéristiques du pâturage maigre acide et de la pelouse calcaire sèche à séslerie, dont nous avons déjà parlé plus haut. La laïche ferrugineuse est l'espèce dominante de la *pelouse calcaire fraîche* (*Caricion ferruginae*), selon la classification de Delarze *et al.* (1998, p. 160), qui la décrivent comme une « pelouse (...) d'apparence assez dense. Contrairement à la pelouse à séslerie, le sol est dépourvu de microrelief. Cette pelouse occupe des pentes calcaires généralement exposées au nord, toujours bien alimentées en eau. Les substrats schisteux riches en argiles et les régions du nord des Alpes bien arrosées lui conviennent particulièrement bien. L'unité s'étend de l'étage montagnard à l'étage alpin. (...). Milieu refuge d'espèces rares ». Ces pelouses sont fragmentées et pauvres en espèces par rapport aux mêmes associations végétales présentes à d'autres endroits dans les Alpes (Sutter, 1976).

² Sutter (1976) indique cette espèce comme *Arabis pumila*, selon une ancienne appellation (voir Lauber & Wagner, 2000).

Les lieux humides

Des surfaces marécageuses sont également présentes sur le substrat de calcschistes, en particulier près de Crap la Crusch et à l'entrée du Val Canal ; elles sont occupées par la même formation que nous avons déjà présentée plus haut pour le substrat siliceux : la parvocariçaie acidophile (Sutter, 1976).

Le sol graveleux du Plaun la Greina est recouvert par une mosaïque complexe d'associations végétales et d'espèces, calcophiles et calcifuges (Sutter, 1976). On y retrouve notamment des fragments d'associations végétales vues précédemment, telles que le groupement pionnier des bords de torrents alpins.

Les combes à neige

Les combes à neige abritent une formation identique à celle rencontrée sur substrat triasique, la combe à neige calcaire (Sutter, 1976).

Les éboulis et les rochers

Les éboulis sont dominés par la saxifrage à deux fleurs (*Saxifraga biflora*) (Sutter, 1976), espèce typique de l'*éboulis de calcschistes d'altitude* (*Drabion hoppeanae*) selon la classification de Delarze *et al.* (1998, p. 102), qui décrivent ce milieu de la manière suivante : « *les éboulis de schistes calcaires, débités en plaquettes fines, sont moins mobiles et plus humides que les éboulis de calcaire pur. Ils offrent un substrat neutre à alcalin. Les plantes de ce milieu sont de plus petite taille et plus trapues que celles des éboulis de calcaire compact. Ceci est lié à la moins grande mobilité et à la plus grande teneur en éléments fins des éboulis schisteux. (...). Ce groupement s'étend à l'étage alpin jusqu'à la limite des neiges permanentes. (...). Ce groupement de haute montagne abrite des espèces incapables de se maintenir dans des pelouses fermées. (...). Plusieurs sont rares en Suisse* ».

Les parois rocheuses présentent une végétation éparse dominée par l'androsace de Suisse (*Androsace helvetica*) (Sutter, 1976). Ce milieu constitue une variante appauvrie des *parois calcaires ensoleillées avec végétation vasculaire* (*Potentillon*) selon la classification de Delarze *et al.* (1998, p. 116), qui le décrivent comme des « *groupements pionniers des rochers calcaires et dolomitiques des Alpes et du Jura. Végétation à faible recouvrement (en général inférieur à 10%), colonisant des parois subverticales, sans aucune accumulation de terre fine, sinon dans les fissures du rocher. Ce milieu est exposé à des périodes d'intense sécheresse et à d'importantes variations de température. (...). Cette unité est particulièrement riche en espèces rares* ».

Les pâturages

Les pâturages sur substrat de calcschistes sont dominés par le pâturin couché (*Poa supina*) et le pâturin des Alpes (*Poa alpina*) (Sutter, 1976). Le pâturin couché est typique des *endroits piétinés subalpins et alpins* (*Poion supinae*), tandis que le pâturin des Alpes est dominant dans le *pâturage gras subalpin et alpin* (*Poion alpinae*) (Delarze *et al.*, 1998). Les endroits piétinés subalpins et alpins sont décrits de la manière suivante : « *gazon court, d'un vert vif, dominé par Poa supina. La flore de ce milieu est pauvre en espèces. (...). Il s'agit d'un groupement pionnier des sols riches en azote et en matériel fin, qui peut se maintenir indéfiniment dans les terrains soumis à un piétinement important* » (Delarze *et al.*, 1998, p. 326). Le pâturage gras subalpin et alpin « *forme des pelouses denses, mais assez basses (15-30 cm) (...). On rencontre l'unité sur des sols fertiles et bien alimentés en eau. Elle occupe en général des surfaces en faible pente,*

assez longuement enneigées. (...). Le Poion alpinae ne comporte aucune plante rare. Sa richesse en espèces est variable » (Delarze *et al.*, 1998, p. 184).

Localement, dans les endroits très amendés, on trouve un autre type de végétation, dominée par le cirse épineux (*Cirsium spinosissimum*) (Sutter, 1976). Il s'agit probablement de fragments du *reposoir à bétail subalpin et alpin* (*Rumicion alpini*) selon la classification de Delarze *et al.* (1998, p. 334), qui le décrivent comme une « *mégaphorbiée luxuriante, dominée par quelques plantes non consommées par le bétail (...). Cette unité croît aux étages montagnard supérieur, subalpin et alpin, sur des sols très riches en azote et en phosphore. (...). La flore de ce milieu est pauvre en espèces, qui sont pour la plupart assez répandues dans les Alpes* ».

6.2.2.2 Les rapports entre géomorphologie et valeur écologique

Influence écologique

Les milieux naturels de la région de la Greina, ainsi que leurs exigences principales du point de vue lithologique et géomorphologique, sont résumés dans le tabl. 6.4. Nous avons vu que le concept de *milieu naturel* englobe déjà les composantes abiotiques qui influencent la présence de certains écosystèmes. Néanmoins, certains milieux naturels se caractérisent par une importance plus grande de ces composantes que d'autres. Ainsi, les milieux naturels se développant sur un sol telles que les pelouses sont moins liées aux facteurs lithologiques et géomorphologiques que ceux qui se développent directement au contact avec le substrat minéral.

Au niveau lithologique, c'est principalement la présence ou non de calcaire qui influence la présence de certaines formations végétales. La majorité des milieux naturels de la Greina sont directement liés aux caractéristiques lithologiques de leur substrat.

Au niveau géomorphologique, deux facteurs influencent particulièrement la végétation : la forme générale du substrat (croupe, paroi, plaine, dépression), ainsi que l'activité des processus (perturbations mécaniques dans un éboulis et dans les plaines alluviales). En ce qui concerne la forme générale du substrat, les liens entre la forme géomorphologique et la présence d'une formation végétale particulière sont assez peu explicites, dans le sens que cette forme a permis l'établissement d'une certaine formation végétale à cause des paramètres microclimatiques et écologiques qu'elle offre (exposition au vent, permanence de la neige, disponibilité en eau). En ce qui concerne l'activité des processus, les liens entre géomorphologie et formations végétales se font plus complexes, dans le sens que la végétation est influencée autant par les paramètres microclimatiques et écologiques offerts par la forme elle-même que par l'activité des processus qui l'affectent (éboulis, cônes de déjection, plaines alluviales).

Dans la région de la Greina, les processus qui influencent le plus la végétation sont de type gravitaire et fluviale. Les processus gravitaires influencent la présence de formations végétales particulières sur les éboulis, à cause de l'instabilité des blocs et de leur migration vers l'aval sous l'effet de la gravité. Les processus fluviaux influencent les formations végétales par leurs perturbations régulières lors des crues.

Nom du milieu	Lithologie	Géomorphologie
Eaux libres		
Végétation des sources acides (<i>Cardamino-Montion</i>)	Absence de calcaire	-
Végétation des lieux humides		
Parvocariçaie acidophile (<i>Caricion fuscae</i>)	Absence de calcaire	Surfaces relativement planes
Groupement pionnier des bords de torrents alpins (<i>Caricion bicolori-atrofuscae</i>)	-	Alluvions soumis à des perturbations régulières
Rochers, éboulis		
Eboulis siliceux d'altitude (<i>Androsacion alpinae</i>)	Roches siliceuses	Eboulis peu mobiles, riches en matériaux fins
Parois siliceuses avec végétation vasculaire (<i>Androsacion vandellii</i>)	Roches siliceuses	-
Eboulis calcaires d'altitude (<i>Thlaspion rotundifolii</i>)	Roches calcaires	Eboulis mobiles
Eboulis de calcschistes d'altitude (<i>Drabion hoppeanae</i>)	Calcschistes	Eboulis relativement peu mobiles, riches en matériaux fins
Parois calcaires ensoleillées avec végétation vasculaire (<i>Potentillon</i>)	Roches calcaires	-
Pelouses, prairies		
Pelouse acide de l'étage alpin supérieur (<i>Caricion curvulae</i>)	Absence de calcaire	-
Combe à neige acide (<i>Salicion herbaceae</i>)	Absence de calcaire	Dépressions permettant une longue permanence de la neige
Pâturage maigre acide (<i>Nardion</i>)	Absence de calcaire	-
Pelouse calcaire sèche à séslerie (<i>Seslerion</i>)	Roches calcaires	-
Gazon des crêtes ventées (<i>Elymion</i>)	-	Crêtes dépourvues de neige en hiver
Pelouse calcaire sèche à laïche ferme (<i>Caricion firmae</i>)	Roches calcaires	-
Combe à neige calcaire (<i>Arabidion caeruleae</i>)	Roches calcaires	Dépressions permettant une longue permanence de la neige
Pelouse calcaire fraîche (<i>Caricion ferruginae</i>)	Roches calcaires	-
Landes		
Lande alpine ventée (<i>Loiseleurio-Vaccinion</i>)	Absence de calcaire	Croupes dépourvues de neige en hiver
Végétation pionnière des endroits perturbés par l'homme		
Endroits piétinés subalpins et alpins (<i>Poion supinae</i>)	-	-
Pâturage gras subalpin et alpin (<i>Poion alpinae</i>)	-	-
Reposoir à bétail subalpin et alpin (<i>Rumicion alpini</i>)	-	-

Tabl. 6.4: Les milieux naturels de la Greina et leurs principales exigences lithologiques et géomorphologiques (données d'après Delarze et al. (1998) et Sutter (1976)).

Zones de protection

Au niveau fédéral, deux zones principales de la Greina sont protégées pour des raisons écologiques : le bas-marais de Crap la Crusch (objet BA n° 1715) et la plaine alluviale du Plaun la Greina (objet ZA n° 1320). Le bas-marais de Crap la Crusch est protégé en tant que bas-marais acide caractérisé par une agriculture extensive et la présence de plans d'eau, cours d'eau et sources (OFEFP, 1994), alors que la plaine alluviale du Plaun la Greina est protégée en tant que zone alluviale alpine (OFEFP, 1991). Il faut également mentionner que l'ensemble de la région est un district franc fédéral (objets n° 22 et 24) et est inscrite à l'IFP (objet n° 1913) pour ses particularités floristiques.

Au niveau cantonal, la partie tessinoise de la région d'étude est également protégée en tant que *zone de protection de la nature*, alors que la partie grisonne fait partie de l'*Inventaire de protection des paysages*. Ces catégories de protection sont néanmoins très générales et considèrent l'ensemble de la valeur naturaliste d'une région.

6.2.2.3 Synthèse

Le paysage géomorphologique de la Greina présente une valeur écologique intéressante, mais non pas exceptionnelle. Plusieurs milieux naturels fortement dépendants des conditions géologiques et géomorphologiques sont présents ; parfois, ils abritent des espèces rares ou menacées. C'est le cas notamment des éboulis, ainsi que des bas-marais et des plaines alluviales.

6.2.3 La valeur culturelle

Les rapports entre la culture d'une société et son environnement naturel sont toujours très complexes et leur analyse nécessiterait des recherches bien plus étendues de celles que nous avons pu réaliser. Dans ce chapitre, nous allons présenter la valeur culturelle générale de la Greina sur la base des études menées par différents chercheurs (chap. 6.2.3.1), pour ensuite mettre en évidence la valeur culturelle de la géomorphologie de cette région à travers une analyse de son importance religieuse, historique, géohistorique et artistique (chap. 6.2.3.2).

6.2.3.1 La valeur culturelle générale

La valeur culturelle générale de la Greina sera présentée de manière synthétique dans une perspective historique. Nous allons nous baser principalement sur des ouvrages présentant différents aspects de l'histoire et de la culture de cette région (Thurston *et al.*, 1973 ; Bearth, 1991 ; Valsecchi, 1998 ; SGS, 2003), ainsi que sur d'autres études plus générales (voir par exemple Bolla, 1931 ; Grossi, 1987 ; Bolla, 1993).

De l'âge du Bronze jusqu'à la fin du XVIII^e siècle

La région de la Greina constitue un passage entre le S et le N des Alpes, mais son importance a toujours été marginale à cause de la présence des cols du Gothard et du Lukmanier à l'W et du San Bernardino et du Splügen à l'E (Vismara *et al.*, 1990 ; Bundi, 2004). L'importance de ce passage a donc toujours été régionale, pour les échanges entre les communautés du S et du N des Alpes, et en particulier entre celles du Val Blenio et du Val Lumnezia.

Les premières traces des contacts entre les communautés du S et du N des Alpes à travers la Greina remontent à l'âge du Bronze : plusieurs objets issus des fouilles archéologiques réalisées à Crestaulta (GR) et à Castione (TI) montrent en effet des ressemblances qui ont été interprétées comme un témoignage des contacts entre ces communautés (Bundi, 2004). Pendant l'Époque romaine, le passage de la Greina n'a pas non plus été valorisé (Vismara *et al.*, 1990 ; Bundi, 2004).

Les premières références écrites relatives à la Greina apparaissent entre le XII^e et le XIII^e siècle ; la première provient du S des Alpes où, en 1182, le terme de Greina apparaît en tant que « culmen de Agrena » (Bundi, 2004). Les premières références au N des Alpes apparaissent plus tard, entre 1303 et 1311, sous la forme de « unz uf Agren » (Bundi, 2004). L'étymologie du mot « Greina » est incertaine : elle pourrait dériver du mot rétoromanche « crena » (= incision) et indiquer ainsi une « zone plus plane entre les montagnes », mais également du terme lépontin « karena » (= cerf) (Bundi, 2004). Selon d'autres auteurs, la Greina serait plutôt liée au terme dialectal tessinois « grena » (= brouillard) (Widmer & Siegwart, 1973).

La région de la Greina a connu sa période de développement majeur entre le XIII^e et le XVI^e siècle : le fort peuplement du Val Blenio durant cette période avait entraîné l'achat des droits de pâturage au N des Alpes par les communautés du Sud (Bundi, 2004).

Du début du XIX^e siècle jusqu'à la première moitié du XX^e siècle

La période comprise entre le début du XIX^e siècle et la première moitié du XX^e siècle a été caractérisée d'une part par le progressif abandon des pâturages de la Greina et, d'autre part, par sa découverte par des naturalistes et par l'essor du tourisme.

L'un des premiers naturalistes à visiter et à décrire la Greina a été le moine Placidus a Spescha (1752-1833). Il y a dédié trois voyages de recherche (Winiker, 1973), à partir de 1820, au cours desquels il a eu l'occasion de consigner de nombreuses observations concernant notamment la géologie. Hans Conrad Escher von der Linth (1767-1823), au cours d'un voyage de 1812, a également visité la région (Ceschi, 2004). Au cours de ce voyage, ainsi que d'un autre réalisé en 1817 (Bolla, 1993), il a peint plusieurs tableaux de la Greina. D'autres observations et descriptions ont été réalisées plus tard par Luigi Lavizzari (1928, voir box. 6.1) et Carlo Taddei (1937, voir box. 6.2). Ces descriptions, bien que différentes les unes des autres, montrent quelques caractéristiques communes : elles se structurent comme des contes, où des anecdotes personnelles, des informations de caractère historique et des descriptions plus scientifiques concernant la géologie, la géomorphologie ou la botanique, se retrouvent les unes à côté des autres. Ces naturalistes ont eu le mérite de porter un regard nouveau sur des régions qui n'étaient perçues jusque là qu'en tant qu'obstacle aux communications et aux échanges et en tant que lieux utilisés pour le pâturage. Ils ont initié ainsi la recherche scientifique sur les Alpes.

La période comprise entre la fin du XIX^e et le début du XX^e siècle a été caractérisée également par le développement de l'alpinisme et l'essor du tourisme dans le Val Blenio (Fiorini, 1993), ainsi que par le projet de construction d'une voie de chemin de fer reliant Biasca à Coire à travers un tunnel au-dessous de la Greina (Valsecchi, 1998). Une brochure sur la région d'Olivone publiée à Milan en 1889 contient notamment une présentation de la région réalisée par un alpiniste (voir Bolla *et al.*, 1993). Cette présentation constitue le premier témoignage d'un effort de valorisation touristique de la randonnée pédestre dans la région de la Greina. La randonnée dans cette région de grand intérêt naturaliste était décrite comme une expérience dépaysante et revigorante :

« *E l'anima si purifica e si ritempra, a misura che si sale verso le alte regioni e che l'aria diventa più pura. Non v'ha fantasia che basti ad immaginare le impressioni che lascia una gita alpestre. Sono desse così ritempratici e profonde che restano nell'anima e ad ogni istante della vita, fra le noie di ogni giorno, rifioriscono alla memoria colla primitiva loro vivacità, colla primitiva loro freschezza. Pure gioie dell'anima ignorate da coloro che tacciano gli alpinisti di stravaganti che vanno in cerca di inutili fatiche, di reumi, di contusioni, di vertigini : da coloro che non vanno in montagna perché ne hanno lette centinaia di descrizioni, e perché già sanno di trovarvi le solite rupi, le solite nevi, coi soliti laghi ed i soliti boschi! Ai monti giovanotti, ai monti! Ivi la pace del cuore, ivi la salute del corpo! » (Bolla et al., 1993, p. 57-58)*

Ainsi, au Val Blenio et à la Greina, comme dans beaucoup d'autres régions des Alpes, on assiste depuis la fin du XIX^e siècle au développement d'un tourisme motivé par la recherche de l'air pur, des beaux paysages alpins et du contact avec la vie alpestre (Fiorini, 1993).

Box 6.1 : La Greina décrite par Luigi Lavizzari, 19 juin 1850 (Lavizzari, 1928)

Valle Camadra e passo del Greina.

(...) Per un erto sentiero ci volgemo al passo del Greina, per dove si discende in Val di Reno. Vasti campi di neve attraversammo più in alto, i quali, riverberando gli sfavillanti raggi del sole, costringevano gli occhi a chiudersi dolorosamente. Lungo il passaggio surgono potenti strati bianchicci di dolomia alpina, i quali segnano colla loro direzione il cammino al viandante. Dal lato meridionale s'in alza un monte di schisto nero, simile al già descritto; a settentrione un altro di micascisto grigio. Queste rocce rinserrano la dolomia a strati verticali, diretti E.N.E. a O.S.O. Pervenuti alla sommità di quel passo alpino, prendevamo riposo in riva a un torrentello che si dirige alla valle dinanzi percorsa. Un pastore che custodiva numeroso gregge, mosso da curiosità, scese dal vicino monte; e non uso a veder gente, ci chiese perché mai ci fossimo colassù spinti. La nostra guida gli offriva del kirschenwasser, che ripetutamente ricusò. Soddisfatte le domande del pastore, noi alla nostra volta gli chiedevamo in qual modo passasse i suoi giorni in così deserta contrada; poiché quivi non un arbusto varia la monotonia delle rupi e dei ghiacciai, non il canto d'un uccello rompe il silenzio, né quasi mai voce umana conforta i derelitti viventi. "Da lunghi anni, rispose il pastore, sono avvezzo tanto al silenzio de' monti come al rumore delle grandi città. D'estate sono custode di quell'armento che vedete, e che mi dà somma inquietudine se lo perdo d'occhio un sol istante; all'avvicinarsi dell'inverno, mi reco a Parigi a fare il marronaio sulle pubbliche vie; all'aprirsi della bella stagione ritorno su questi monti. Conosco anche Marsiglia, Nîmes e Fontainebleu, dove passai parecchi inverni esercitando il mio mestiere; eppure son sempre povero, qual mi vedete; nemmeno una di quelle pecore è mia; e le mie fatiche sono scarsamente remunerate". Era costui del villaggio di Semione sul limitare della valle di Blenio, dell'età di 45 anni incirca, dall'occhio vivace e intelligente, con pallida e magra faccia come colui che vivesse in assidui stenti. Enumerava egli con singolare speditezza le contrade di Parigi, e rammentava con rara compiacenza St. Denis; e gli erano familiari i nomi de' principali monumenti di quella capitale. Poco dopo, fra i buoni augurii del pastore, ritornammo a valle, scorrendo il sentiero che seconda la sinistra del torrente; e oltrepassando le capannucce di legno di Cozzera, sulle quali pendeva il grande infortunio, che poi diremo. Fummo indi a Ghirone, che già nella salita rimirato avevamo al di là del torrente. Sui monti che surgono a N. sono ben visibili il micascisto grigio, la dolomia bianchiccia e lo schisto nero argilloso, che meritano di essere studiati attentamente più che far non si possa in una rapida escursione.

Box 6.2 : *La Greina décrite par Carlo Taddei (Taddei, 1937)*

La Greina

Questa nostra superba regione alpina era assai poco conosciuta, qualche ventennio addietro, sia dal lato alpinistico e sia, ancora più, nello svariatissimo campo delle scienze naturali. Fu per me una vera fortuna di essermi dedicato ad essa con speciale attenzione, godendo ad ogni paso di trovare (così, per modo di dire), terreno vergine, mano mano andavo dischiudendo i misteri che da ogni parte la avvolgono. Ancora oggi ritorno sempre volentieri in questo acro alpino, dalle rocce così svariate, e con una vegetazione tutta speciale, ed ogni volta ho sempre qualche novità da aggiungere alle mie note.

(...)

Le rocce di quest'altipiano sono abbastanza varie e si possono raggruppare come segue: i scisti grigionesi (...). Naturalmente queste rocce hanno subito grandiosi ripiegamenti sovrapposti (...) ed è per questo motivo che gli strati ora hanno una inclinazione minima ed ora, come al Terri, sono quasi verticali mentre che al Cavaldrosso, con mostruose onde solidificate, danno chiara la impressione delle enormi pressioni a cui furono sottoposte per la tettonica terrestre.

(...)

Alla forcola del Coroi affiora la dolomia carinata (...), che dopo si affonda nel terreno per poi riapparire nella profonda gola scavata dal Reno di Sonvix nei piani di Greina, un Kanion americano in miniatura. Poco oltre, in direzione del Passo Crap, la carinata forma quelle che giustamente ho chiamate "le strade automobilistiche". Non sono state costruite da nessuna opera umana, ma da madre natura. Sono due, contigue e parallele, ed hanno una lunghezza di circa 200 metri. Hanno la loro bella ghiaietta, che molte strade invidierebbero, un pendio mitissimo, ed il bello si è che, ai margini, sta una lunga fila di spuntoni rocciosi bene allineati, che grosso modo, possono essere presi per dei paracarri. Sono originate dalla diversa stratificazione della dolomia (...).

La carinata al Passo Crap forma numerosi cupoloni pieni di grotte e di buchi. Qui essa affonda ancora una volta nel terreno e possiamo poi in valle di Campo, come dirò più sotto, seguirla.

(...)

Ora avrei finito, in forma schematica, di descrivere questa magnifica Greina. (...) L'uomo, davanti a codesti spettacoli, si sente veramente ben piccolo, e pare non solo cosa sovrumana tentare di descrivere queste bellezze, ma forse alquanto assurda.

La deuxième moitié du XX^e siècle

La deuxième moitié du XX^e siècle se caractérise surtout par les débats concernant le projet de création d'un barrage hydroélectrique, ainsi que par la découverte de la région qui s'en est suivie.

Les premiers projets d'installations hydroélectriques dans la région de la Greina remontent à 1914, mais ce n'est qu'à cause de l'augmentation de la demande en électricité après la Deuxième Guerre Mondiale que l'étude de ces projets a été approfondie (Bearth, 1991). Au début des années 1950, plusieurs projets d'exploitation des eaux du Rein da Sumvitg ont été proposés ; ils prévoyaient la construction d'un barrage de retenue sur le verrou à l'aval du Plaun la Greina et des transferts d'eau vers le canton des Grisons ou du Tessin (Bearth, 1991). Les communes de Vrin et de Sumvitg ont accordé en 1958 une concession pour l'exploitation des eaux du Rein da Sumvitg au consortium hydroélectrique composé des NOK Baden et Rätischen Werke für Elektrizität AG Thusis (Maeder, 2004). La réalisation du projet a toutefois été renvoyée jusqu'en 1975 à cause de l'implication des NOK Baden dans le projet de construction d'une centrale nucléaire (Bearth, 1991). Ce n'est qu'à partir de 1975 environ que le projet a été à nouveau pris en considération, notamment à cause du débat sur la construction de nouvelles centrales nucléaires en Suisse (Bearth, 1991). Finalement, le 11 novembre 1986, le consortium pour l'exploitation hydroélectrique de la Greina a renoncé définitivement à la réalisation du projet pour des raisons de rentabilité économique (Maeder, 2004).

La Greina est connue au niveau suisse comme symbole de la lutte contre l'exploitation effrénée de la nature (Maeder, 2004). Le projet d'aménagement de cette région alpine encore très peu touchée par l'Homme a en effet entraîné une vaste opposition à partir des années 1970. Cette opposition a été représentée par des artistes, tels que l'architecte anglais Bryan Cyril Thurston (Bearth, 1991 ; Maeder, 2004), ainsi que par des associations environnementales telles que la *Pro Rein Anterior* (voir Bearth, 1991), et la *Ligue Suisse pour la protection de la nature* (aujourd'hui *Pro Natura*) (voir Krebs, 1986). Les opposants ont essayé de différents manières d'empêcher la réalisation du projet, en particulier en faisant référence à l'article 22 de la *Loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques* du 22 décembre 1926 (LFH, RS 721.80), qui demande de ménager la beauté des sites si un intérêt majeur l'exige (voir Maeder, 2004 ; Reynard & Gentizon, 2004) et en proposant l'inscription de la région à l'IFP³ (voir Bearth, 1991). Ce débat a eu des conséquences concrètes au niveau national, en particulier en ce qui concerne les indemnités aux communes périphériques de montagne qui renoncent à la réalisation d'aménagements hydroélectriques pour des raisons paysagères (Maeder, 2004). De telles indemnités se sont concrétisées récemment dans le *centime du paysage* : au travers d'un contrat avec l'OFEV, ces communes bénéficient d'une subvention issue d'un prélèvement automatique de 0.01 centimes par kWh d'électricité consommée (Longet, 2004). Cette subvention est actuellement accordée à plusieurs communes des cantons des Grisons et du Valais (Huber & Burgener, 2004 ; Longet, 2004).

Le débat concernant la construction de ce barrage hydroélectrique a contribué de manière importante à faire connaître la Greina, ce qui est à l'origine de l'essor du tourisme pédestre dans la région.

Tendances actuelles

Deux tendances s'opposent actuellement dans la région de la Greina ; d'une part, la fréquentation croissante par les touristes entraîne le développement d'activités économiques en relation avec la pratique de la randonnée pédestre, telles que la proposition de courses spéciales des transports publics ou l'augmentation de la capacité d'accueil des cabanes de la région ; d'autre part, la Greina est comprise dans le périmètre de projet de création d'un nouveau Parc National, le *Parc Adula*. Ces deux tendances pourraient s'opposer dans un futur proche parce que la fréquentation actuelle de la Greina et les dommages inévitables qui y sont liés (érosion due au piétinement, nuisances occasionnées par les cabanes,...) ne pourront que difficilement être compatibles avec les contraintes de protection d'un Parc National.

6.2.3.2 Les rapports entre géomorphologie et valeur culturelle

Importance religieuse, spirituelle et symbolique

Le paysage géomorphologique de la Greina ne semble pas avoir joué un rôle particulier en termes religieux ou spirituels. Des croix en fer battu sont présentes à plusieurs endroits, mais leur lien avec les formes géomorphologiques est faible ; le bloc erratique de Crap la Crusch présente l'une de ces croix sur son sommet, mais elle a été affichée pour signaler la frontière entre les cantons du Tessin et des Grisons plus que pour des raisons religieuses. De la même manière, plusieurs comptes et légendes existent sur la Greina (voir par exemple Degiorgi, 1943 ; Keller, 1954), mais les éléments de type spirituel qu'elles évoquent ne semblent pas faire référence à des formes du relief ou à des

³ L'objet *Greina – Piz Medel* (n° 1913) a été finalement inscrit à l'IFP en 1996.

événements géomorphologiques particuliers. Une légende, reportée de manière légèrement différente par Taddei (voir box 6.3) et par Keller (voir box 6.4) semble au contraire concerner la géomorphologie ; cette légende raconte la malédiction d'une sorcière qui aurait provoqué la transformation d'un pâturage en une terre stérile. Cette légende pourrait faire référence à la difficulté générale d'exploiter les pâturages de cette région très minérale, mais également à un éboulement ayant détruit un alpage. Une autre interprétation pourrait être liée à la péjoration climatique du Petit Age Glaciaire (Scapozza, 2007).

Box 6.3 : Légende de la sorcière de la Greina selon Taddei (1937)

« Una notte, nel 1924, pernottavo ad Aspra, un alpe di Gnosca, con un caro professore. Mentre eravamo seduti accanto al focolare, una vecchia narrava con tale accento di passione e sicurezza come se essa stessa avesse assistito all'avvenimento. Una volta vi era una strega assai famosa che salì alla Greina con un suo marmocchio di 4-5 anni, ed aveva con sé un sacco di miglio. Giunti sull'alpe, mentre chiedeva un poco di latte per ristorarsi, i pastori, che erano dei malvagi, gettarono nel grosso caldaio ove bolliva il siero per la ricotta, il ragazzetto, naturalmente uccidendolo. Allora la megera uscì irata dalla cascina e preso il sacco di miglio, a piene mani lo gettò nella direzione dei 4 punti cardinali facendo il rituale spergiuo: Sia che, per tanti anni quanti sono i granelli di miglio, quassù non nasca più un filo d'erba... Orbene, ci diceva la nostra vecchia al mattino seguente, sul promontorio di Aspra, da dove si domina tutta la valle Camadra, con le vette scintillanti dei ghiacciai del Medel, ove una volta era tutto un prato fiorito, con l'erba che giungeva fino al ventre delle vacche pascolanti, ora non si vede che una maledizione di sassi e di ghiaccio. »

Importance historique

Nous avons vu dans le chapitre consacré à la valeur esthétique de la Greina que les formes du relief sont les éléments les plus importants dans l'esthétique d'une région de haute montagne où la végétation n'occupe qu'une place limitée (chap. 6.2.1). En ce sens, les formes du relief de la Greina ont joué un rôle très important dans sa découverte par les naturalistes, les alpinistes et, plus tard, les touristes. Certaines formes, telles que celles ruiformes des cornieules dans la région du Passo della Greina, ont suscité particulièrement de curiosité (voir box 6.2), mais, plus en général, c'est l'ensemble du relief qui est à l'origine du développement de l'intérêt vers cette région, par son caractère naturel et « sauvage ». L'ensemble de la région de la Greina, et la zone alluviale du Plaun la Greina en particulier, sont devenus les symboles des dernières régions alpines peu influencées par les aménagements humains, qu'il s'agit de préserver contre toute atteinte nuisible.

Importance littéraire et artistique

Mis à part les descriptions et les dessins réalisés par des naturalistes entre le début du XIX^e siècle et le début du XX^e siècle, le paysage géomorphologique de la Greina a acquis une importance artistique surtout grâce à la mobilisation de différents artistes s'opposant à la construction d'un barrage hydroélectrique dans la région, au cours des années 1970. Du point de vue artistique, nous allons retenir principalement les œuvres de Bryan Cyril Thurston représentant le paysage de la Greina. Il faut également mentionner les tableaux de certains artistes locaux, comme ceux de Isidoro Solari, Valerio Scapozza et Tiziano Canonica (Olivone, TI). Mais le paysage de la Greina a également exercé une forte attraction sur d'autres arts graphiques, tels que la photographie ; les photos occupent une place importante dans tous les livres de divulgation sur la Greina, et un nouveau livre présentant la perception différente de cette région par quatre photographes est actuellement en cours de réalisation par le CAS. Du point de vue littéraire, plusieurs

contes ont été écrits (voir Thurston *et al.*, 1973), mais ils ne semblent pas présenter un lien particulier avec la géomorphologie.

Box 6.4: *La légende de la sorcière de la Greina selon Keller (1949)*

L'Alpe della Greina

« Chi dalla Val Camadra, attraverso il passo della Greina, scende nei Grigioni, si sarà di sicuro fermato ad ammirare la selvaggia bellezza della natura, senza pensare che una volta tutte quelle pianure, ora ricoperte di soli sassi e muschi e abitate da camosci e marmotte, erano pascoli fertili e un alpe fra i più belli di questa regione.

L'alpe della Greina (così si chiamava) era quello che più rendeva agli alpigiani, sia in quantità e qualità dei prodotti del latte, come per la comodità per le mandre di accedere alle vaste pianure, tanto che in autunno erano le vacche più belle e grasse che scendevano al piano. I numerosi viandanti che passavano da quelle parti sapevano pure che non si poteva trovare gente più ospitale degli alpeggiatori della Greina. Nessuno era passato di là senza gustare una tazza di latte tiepido o trovare un giaciglio per riposare, se la notte si avvicinava.

Ma un inverno venne a morte il vecchio casaro e lo dovettero sostituire. Il nuovo era tutto l'opposto del suo predecessore, sia di animo come di carattere. Tirchio e rozzo, volle cambiare le vecchie usanze. D'allora in poi tutto fu rifiutato in malo modo ai poveri viandanti.

Una sera, finiti i lavori, mentre il casaro stava raccontando ai pastori come, grazie al suo sistema di governo, si potevano fare maggiori guadagni con minor disturbo e criticava il suo predecessore, si presentò una donna a chiedere ospitalità e ricovero per quella notte.

Il tempo non lasciava presagire nulla di buono, tante erano le nubi che andavano accumulandosi nel cielo che si faceva nero sempre più. E la donna era vecchia e povera e portava per di più un sacco che doveva pesarle assai, ed essa "non si sentiva di proseguire il viaggio". Così disse al casaro, il quale, mentre la vecchia parlava, già meditava il modo di disfarsi dell'importuna con un tiro che, secondo lui, doveva servire da lezione a tutti quei passanti che avessero avuto il coraggio di disturbarlo. Disse dunque alla donna:

"Mi spiace tanto di non aver nulla da darvi per la cena, ma un posto per passare la notte farò il possibile di procurarvelo, aspettate".

Detto ciò, mentre la vecchia si sedeva vicino al fuoco, ripulì ed asciugò la caldaia più grande, vi mise dentro il sacco che la vecchia aveva depresso in un canto e la invitò ad entrarvi, assicurandole che avrebbe trascorso una notte tranquilla. Poi, imitato dai pastori, si coricò lui pure.

Intanto il temporale si era scatenato; lampi e tuoni si succedevano con un frastuono assordante e l'acqua cadeva a fiumi. Di lì a un po' di tempo, quando il fuoco era quasi spento e il rumore del temporale si era fatto assordante, ecco il nostro uomo rizzarsi in piedi e avvicinarsi pian piano al fuoco, ravvivarlo un poco per illuminare debolmente la cascina, poi gettare un fascio di sterpi sotto la caldaia che fungeva da letto, e con un ramo resinoso dar loro fuoco. Poi tornò a sedersi sul suo giaciglio per godersi lo strano spettacolo, frutto del suo giuoco.

La vecchia si svegliò, starnuti per il fumo e, accortasi dell'inganno, balzò a terra con molta agilità, prese il sacco e chiamò aiuto. Una risata ironica fu la sola risposta.

Furibonda di essere stata burlata, la donna corse alla porta e, rovesciando il contenuto del sacco per terra (era pieno di grani di miglio), esclamò:

"passeranno tanti anni quanti sono i grani di miglio che getto a terra, prima che in questo alpe cresca ancora un filo d'erba, per punirvi della vostra malvagità!". Ciò detto, scomparve nella notte.

Alla mattina, svegliandosi, il casaro corse alla porta. Il temporale era cessato ed il sole splendeva in un cielo terso, illuminando un triste spettacolo. Tutto era franato, la mandra scomparsa, travolta con tutto ciò che di bello e di buono c'era sull'alpe, e lo sciagurato si accorse esterrefatto che le sue belle pasture non c'erano più. »

Importance géohistorique

La Greina n'a pas joué un rôle particulier du point de vue de l'histoire des sciences de la Terre. Les descriptions que certains naturalistes lui ont dédiées ont en effet une valeur culturelle plus que scientifique. La région n'a par la suite que très peu été étudiée du point de vue scientifique : elle n'a été concernée que par des études concernant sa géologie (voir chap. 5.2) et sa flore (voir chap. 6.2.2.1), qui n'ont pas eu une importance particulière pour l'évolution de ces disciplines.

6.2.3.3 Synthèse

Le paysage géomorphologique de la Greina présente une valeur culturelle intéressante principalement par le rôle qu'elle a joué dans les débats écologiques des années 1960 et 1970. En ce sens, c'est l'ensemble des formes du relief qui est porteur de cette valeur, bien que la plaine alluviale du Plaun la Greina ait été la forme la plus valorisée. Ces débats ont poussé plusieurs artistes à réaliser des œuvres sur la région, ce qui a contribué de manière importante à la faire connaître au niveau national. Les œuvres les plus connues sont celles de Bryan Cyril Thurston, qui illustrent différents aspects du paysage géomorphologique de la Greina.

6.2.4 La valeur économique

Dans ce chapitre, nous allons donner un aperçu de la valeur économique du paysage géomorphologique de la Greina à travers l'analyse des produits économiques dont il est à l'origine.

Produits économiques

Les formes du relief de la Greina constituent un attrait touristique pour les randonneurs et les alpinistes ; elles sont donc à l'origine d'un profit économique lié à la fréquentation des installations touristiques de la région, telles que les cabanes, les courses spéciales des transports publics, les hôtels et les restaurants. La fréquentation des hôtels et des restaurants n'étant pas liée exclusivement à l'attrait de la Greina, nous allons focaliser notre attention plutôt sur les cabanes localisées près de notre terrain d'étude, ainsi que sur les courses spéciales des transports publics qui permettent aux randonneurs de s'en rapprocher.

Trois cabanes sont incluses ou se trouvent à proximité de notre région d'étude : la Capanna Scaletta (TI), la Capanna Motterascio (TI) et la Camona da Terri (GR). Ces cabanes correspondent des aux trois accès principaux à la région de la Greina : la Capanna Scaletta par le Val Camadra, la Capanna Motterascio par le Val Luzzone et la Camona da Terri par le Val Sumvitg. Le tableau 6.5 montre le nombre de nuitées enregistrées à la Capanna Motterascio et à la Camona da Terri entre 1998 et 2006. Le nombre exact des nuitées de la Capanna Scaletta ne nous a pas été communiqué ; les nuitées devraient néanmoins être en augmentation et se situer autour des 2000 par année⁴. Les nuitées sont globalement en augmentation (fig. 6.37), ce qui reflète la fréquentation croissante de la région. Cela a poussé les propriétaires des cabanes à les agrandir. La Capanna Motterascio a été agrandie en 2005, alors que la Camona da Terri l'a été cette année ; la Capanna Scaletta fait également l'objet d'un projet d'agrandissement.

⁴ Communication orale de Daniele De Giorgi de la SAT Lucomagno.

	Capanna Motterascio	Camona da Terri
1998	2632	4463
1999	2588	3844
2000	3028	4011
2001	3152	4113
2002	3228	4615
2003	4021	5798
2004	3426	5261
2005	2530	5154
2006	3453	5147

Tabl. 6.5 : Nuitées de la Capanna Motterascio et de la Camona da Terri entre 1998 et 2006 (source de données : *Annuaire du CAS Ticino pour la Capanna Motterascio (CAS Ticino 2002, 2003, 2004, 2005, 2006)*, communication écrite de Clau Foppa du CAS Piz Terri pour la Camona da Terri).

Les bénéfices économiques de la fréquentation des cabanes sont difficiles à évaluer ; en général, ils permettent la subsistance du gardien et de sa famille tout au long de l'année, ainsi que la couverture des travaux d'entretien des infrastructures liées à la cabane. Leur influence sur l'économie régionale reste toutefois généralement faible.

Un autre instrument fournissant des produits économiques est constitué par les courses spéciales des transports publics qui permettent un accès facilité à la Greina. Un système coordonné de transports publics, nommée *Bus Alpin*, a été mis en place en 2006 ; il prévoit des courses spéciales au cours de la période estivale entre les derniers villages du Val Blenio, du Val Sumvitg et du Val Lumnezia et le départ des sentiers de randonnée pédestre principaux qui mènent à la Greina (fig. 6.38). Ces courses sont globalement très appréciées et bien fréquentées (tabl. 6.6), mais ne permettent pour l'instant pas de couvrir les frais engendrés par leur organisation⁵.

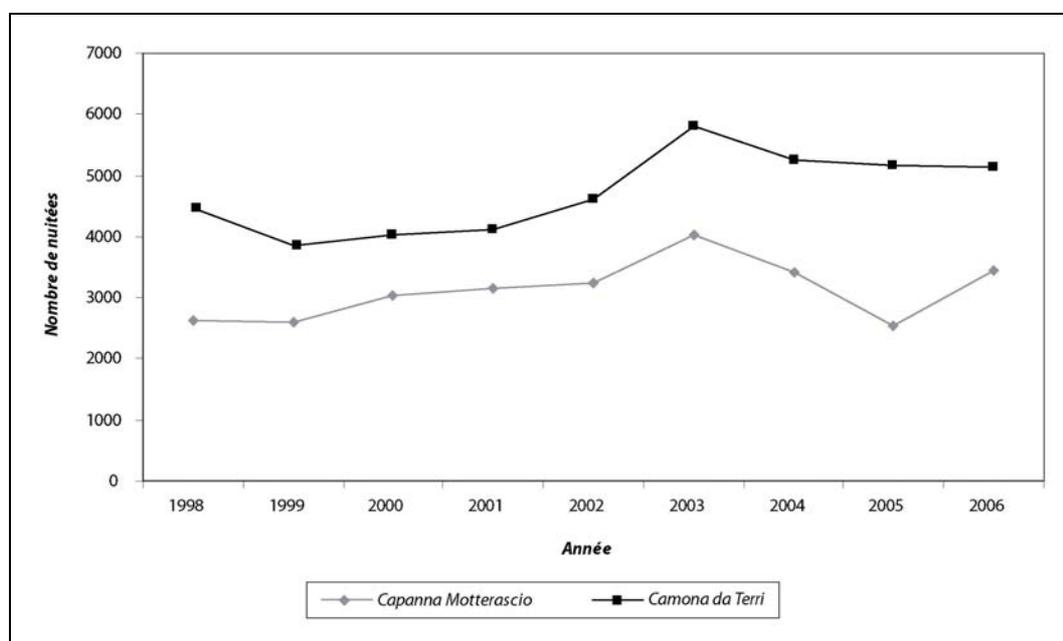


Fig. 6.37 : Evolution du nombre des nuitées de la Capanna Scaletta et de la Camona da Terri.

⁵ Communications écrites de Stefano Malingamba des Autolinee Bleniesi, de Willy Decurtins de Sumvitg Turissem et de Marcus Büchler de PostAuto Schweiz AG.

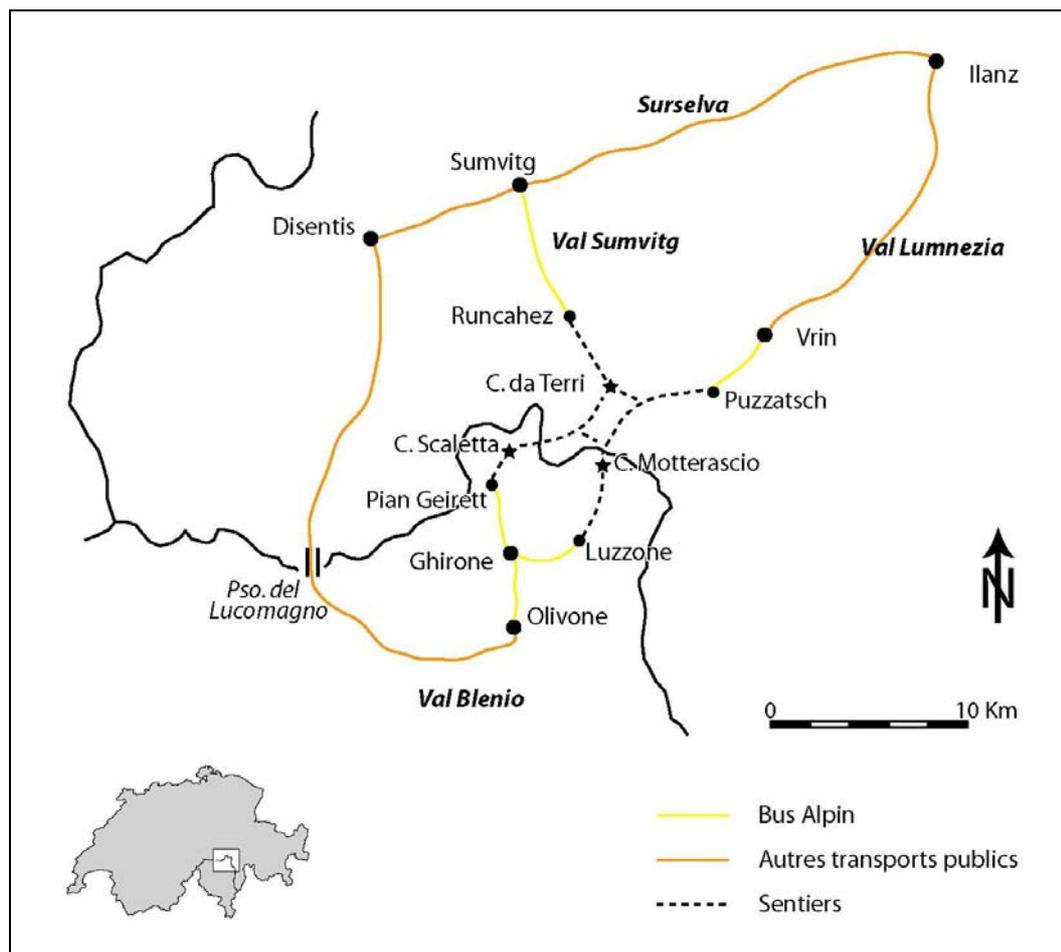


Fig. 6.38 : Transports publics permettant d'atteindre la Greina (d'après Lumnezia Turissem et al., 2007, modifié).

	Bus Alpin Val Blenio	Bus Alpin Val Sumvitg	Bus Alpin Val Lumnezia
2006	3337	884	2777

Tabl. 6.6: Nombre de passagers du Bus Alpin en 2006 (source des données : communications écrites de Stefano Malingamba des Autolinee Bleniesi SA pour le Val Blenio, de Willy Decurtins du Sumvitg Turissem pour le Val Sumvitg et de Marcus Büchler de PostAuto Schweiz AG pour le Val Lumnezia).

Synthèse

Le paysage géomorphologique de la Greina présente une valeur économique assez faible ; le pâturage n'étant pas directement en relation avec la présence de formes géomorphologiques particulières, les seules activités économiques liées à la géomorphologie sont représentées par les cabanes alpines et le *Bus Alpin*, qui ne fournissent d'ailleurs que des bénéfices limités.

6.3 Les géomorphosites

L'inventaire que nous avons réalisé en utilisant la méthode de Reynard *et al.* (2007b) a permis de sélectionner 12 géomorphosites (tabl. 6.7 ; voir également les fiches de description et d'évaluation dans les annexes) comprenant des formes glaciaires (des roches moutonnées, un complexe de moraines tardiglaciaires, un bloc erratique, un lac d'ombilic et un horn), des formes fluviales (un cône paraglaciale perché, une gorge et une plaine alluviale), des formes karstiques (un arc, un relief ruiniforme et des dolines de soffusion) et une forme organogène (un bas-marais). Malgré l'ampleur et la diversité des formes gravitaires, nous n'en avons retenu aucune à cause de leur faible valeur scientifique. Les formes périglaciaires, nivales et lacustres ne sont pas non plus représentées à cause du manque de formes particulièrement représentatives de ce type de processus. L'inventaire n'est représentatif que des principaux processus ayant caractérisé la morphogenèse de la région d'étude ; ainsi, les processus d'importance secondaire ou n'ayant pas provoqué la genèse de formes particulièrement exemplaires ne sont pas représentés.

	Valeur scientifique	Valeur esthétique	Valeur écologique	Valeur culturelle	Valeur économique
GRgla001 <i>Roches moutonnées</i>	1	0.25	0.5	0	0
GRflu001 <i>Cône paraglaciale perché</i>	1	0.88	0.25	0	0.25
GRgla003 <i>Complexe de moraines tardiglaciaires</i>	0.81	0.88	0.13	0	0
GRgla004 <i>Bloc erratique</i>	0.81	0.75	0.13	0.5	0.25
GRkar001 <i>Arche</i>	0.75	0.63	0	0.25	0.5
GRflu001 <i>Gorge</i>	0.75	0.63	0	0	0.25
GRgla005 <i>Lac d'ombilic</i>	0.75	0.63	0	0	0.25
GRgla002 <i>Horn</i>	0.69	0.88	0	0.25	0.25
GRkar003 <i>Dolines de soffusion</i>	0.69	0.38	0.38	0	0
GRorg001 <i>Bas-marais</i>	0.69	0.5	1	0	0
GRkar002 <i>Relief ruiniforme</i>	0.63	0.88	0.5	0.5	0.5
GRflu003 <i>Plaine alluviale</i>	0.56	0.75	1	1	0.5

Tab. 6.7 : Résultats de l'évaluation de la valeur scientifique et des valeurs additionnelles des géomorphosites de la Greina ; en gras, la valeur additionnelle dominante.

La localisation des géomorphosites, ainsi qu'une indication concernant l'importance de leur valeur scientifique et de leur valeur additionnelle dominante, est montrée dans la fig. 6.39.

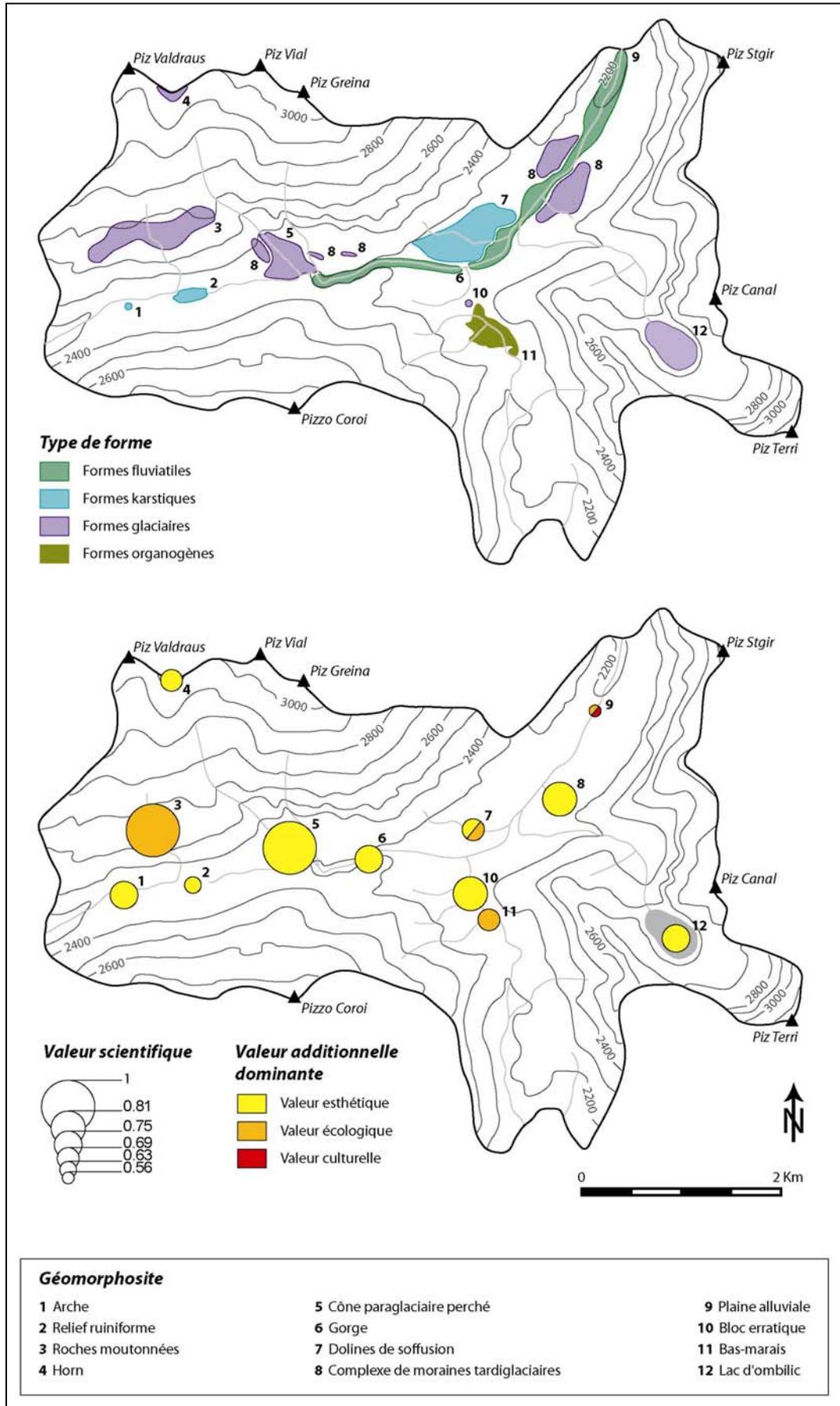


Fig. 6.39 : Localisation, valeur scientifique et valeur additionnelle dominante des géomorphosites de la Greina

La majorité des géomorphosites sont situés dans les zones les moins élevées de la région d'étude. Leur valeur scientifique est moyenne à très élevée, alors que leurs valeurs additionnelles varient fortement d'un site à l'autre. Il est néanmoins intéressant de relever que la valeur additionnelle dominante est souvent la valeur esthétique, ce qui peut être interprété d'une part comme une démonstration de la qualité esthétique générale des sites, mais également comme une démonstration de leur faible valeur écologique, culturelle et économique. La majorité des géomorphosites sélectionnés présentent une valeur écologique faible à nulle ; seuls le bas-marais de Crap la Crusch et la plaine alluviale du Plaun la Greina présentent de ce point de vue une valeur remarquable. La valeur culturelle des sites est également généralement peu importante ; certains sites (arc, relief ruiniforme, horn) présentent une certaine valeur à cause de leur rôle inspirateur par rapport aux œuvres de certains artistes, mais seul le Plaun la Greina présente une valeur culturelle très élevée. La valeur économique de la majorité des sites est elle aussi faible ; seuls quelques sites, par leur caractère spectaculaire, ont été considérés comme ayant une certaine importance dans l'attractivité de la région et donc dans la production de bénéfices économiques par le biais des infrastructures touristiques. Certaines formes, comme les roches moutonnées des Cogn dei Lavazz, ne présentent finalement qu'un intérêt surtout du point de vue scientifique, alors que d'autres, comme par exemple le relief ruiniforme du Passo della Greina ou la plaine alluviale du Plaun la Greina, présentent des valeurs additionnelles particulièrement importantes malgré une plus faible valeur scientifique. Ces différentes caractéristiques, ainsi que la localisation des géomorphosites, pourraient permettre différentes manières de valoriser la géomorphologie de cette région.

6.4 Le patrimoine géomorphologique de la Greina : synthèse

Nous avons vu que la Greina présente une valeur scientifique, ainsi qu'une valeur esthétique, écologique, culturelle et économique, qui peuvent être analysées à deux échelles spatiales principales.

A l'échelle du paysage géomorphologique, nous avons pu mettre en évidence l'intérêt de la morphologie de la Greina du point de vue scientifique, en particulier en ce qui concerne la variété du type de formes dans un espace restreint, leur bon état de conservation, ainsi que la présence de quelques formes peu fréquentes au niveau suisse. Du point de vue écologique, nous avons vu que la Greina présente plusieurs milieux naturels fortement dépendants des conditions géomorphologiques, mais que, dans l'ensemble, sa flore ne présente pas une richesse particulière. Nous avons enfin pu mettre en évidence l'importance culturelle de la région pour son rôle dans les débats écologiques des années 1960 et 1970, ainsi que sa faible valeur économique globale.

A l'échelle des géomorphosites, nous avons pu montrer que la majorité des sites sélectionnés présentent une bonne valeur esthétique, mais une valeur écologique, culturelle et économique faible. Nous avons également relevé que les sites présentant la valeur scientifique la plus élevée n'ont généralement pas de valeur écologique ou culturelle, alors que ces deux valeurs sont plus intéressantes dans des sites présentant une plus faible valeur scientifique.

Cette analyse de la Greina à deux échelles nous a permis de relever que, souvent, les valeurs additionnelles globales d'un paysage géomorphologique sont différentes par rapport à celles des géomorphosites sélectionnés pour leur valeur scientifique. Cela est particulièrement évident en ce qui concerne la valeur écologique et culturelle. Ainsi, la complexité des relations existant entre les formes et les processus géomorphologiques et la végétation, faciles à appréhender à l'échelle du paysage géomorphologique grâce au concept de milieu naturel, ne peut pas être appréciée de la même manière à l'échelle du géomorphosite. Mis à part les cas du bas-marais de Crap la Crusch et de la plaine alluviale du Plaun la Greina, les autres géomorphosites sélectionnés ne se prêtent pas particulièrement bien à une mise en évidence des liens entre le monde biotique et abiotique. De plus, la relation entre les éboulis et les associations végétales particulières qui s'y développent n'est représentée par aucun géomorphosite. Globalement, nous pouvons donc affirmer que le concept de géomorphosite n'est peut-être pas idéal afin de mettre en évidence la valeur écologique des formes du relief de notre région d'étude. En ce qui concerne la valeur culturelle, le même discours peut être fait : bien que les débats écologiques se soient développés suite à un projet qui n'aurait détruit que le Plaun la Greina, c'est sur la valeur de l'ensemble de la région que les opposants au projet se sont focalisés. Cet aspect disparaît presque totalement dans l'inventaire des géomorphosites : seuls le Plaun la Greina et le relief ruiniforme près du Passo della Greina en sont concernés. En effet, les artistes qui ont trouvé leur inspiration dans cette région, et Bryan Cyril Thurston en particulier, n'ont pas forcément peint des sites à forte valeur scientifique du point de vue géomorphologique, mais plutôt des paysages pour leurs caractéristiques d'ensemble.

L'analyse des formes du relief de la Greina nous a permis de mettre en évidence que cette région présente des aspects intéressants du point de vue naturaliste et culturel qui méritent d'être sauvegardés pour les générations futures ; dans ce sens, la géomorphologie de la Greina est porteuse d'une valeur patrimoniale qu'il s'agirait de mieux valoriser.

7. Propositions de valorisation du patrimoine géomorphologique de la Greina

Best protection is public knowledge.

T. Hose (2005)

7. Propositions de valorisation du patrimoine géomorphologique de la Greina

Dans ce chapitre, nous aimerions appliquer les résultats de notre analyse du patrimoine géomorphologique de la Greina à des propositions de mise en valeur de la géomorphologie de cette région. Après une introduction concernant les buts et la conception générale de cette valorisation (chap. 7.1), nous allons traiter plus en détail de la promotion de la géomorphologie auprès des promoteurs du *Parc Adula* (chap. 7.2), des excursionnistes (chap. 7.3) et de la population locale (chap. 7.4). Nous allons enfin proposer quelques réflexions de synthèse (chap. 7.5).

7.1 Buts et conception générale de la valorisation

Buts de la valorisation

Nous avons pu mettre en évidence à plusieurs reprises dans les chapitres précédents que la géomorphologie de la Greina, malgré son intérêt du point de vue scientifique, écologique et culturel, n'avait pas été étudiée ni valorisée jusqu'à maintenant. Le but général de nos propositions de valorisation est de promouvoir la connaissance de la géomorphologie de cette région auprès des promoteurs du *Parc Adula*, des excursionnistes et de la population locale. Une meilleure connaissance de la valeur du patrimoine géomorphologique de la Greina parmi ces acteurs pourrait contribuer à une meilleure sauvegarde de celui-ci, mais également à une prise de conscience de la valeur patrimoniale de l'environnement naturel auprès de la population locale, ce qui pourrait constituer la base pour un développement touristique doux plus conscient.

Conception générale de la valorisation

Nous aimerions proposer une mise en valeur de la géomorphologie inspirée des principes du développement durable et guidée par une approche systémique et didactique.

Une valorisation basée sur les principes du développement durable devrait permettre un développement économique des communautés locales (durabilité économique et sociale) tout en ménageant l'environnement naturel (durabilité écologique). Du point de vue économique et social, il s'agira de mettre en place un système de participation de la population locale à la gestion des activités de valorisation. Leur implication dans une conception globale de valorisation touristique du territoire pourrait constituer un aspect important dans le développement de ces régions périphériques de montagne qui connaissent actuellement de nombreux problèmes liés au manque d'activités économiques et donc à l'abandon progressif des villages des vallées. D'un point de vue écologique, il s'agira de proposer une valorisation ayant une empreinte spatiale aussi faible que possible. Dans ce sens, nous n'allons par exemple pas proposer la mise en place d'un système de balisage particulier ou de panneaux didactiques. Cela irait également à l'encontre des exigences de protection posées par la création du *Parc Adula*, dont la Greina constitue une partie de la zone centrale.

Une valorisation guidée par une approche systémique devrait mettre en évidence de quelle manière les différents patrimoines naturels et culturels d'une région sont liés entre eux. En ce sens, il sera important de montrer que la géomorphologie entretient des relations

multiples avec la végétation et qu'elle a joué également un rôle important dans l'histoire culturelle.

Une valorisation guidée par une approche didactique, enfin, devrait avoir comme but la transmission d'un certain nombre de connaissances à un public de non-initiés. Cet aspect fait à nouveau référence à l'importance de la prise de conscience de la valeur de l'environnement naturel en vue de sa sauvegarde.

7.2 Promotion de la connaissance de la géomorphologie auprès des promoteurs du *Parc Adula*

7.2.1 Situation actuelle

La sauvegarde de la nature et du paysage est l'un des objectifs principaux des promoteurs du *Parc Adula* (ORMO, 2006). Les qualités naturalistes et paysagères du parc sont résumées de la manière suivante (ORMO, 2006, p. 10) :

« Il perimetro del Parc Adula abbraccia realtà naturali e paesaggistiche profondamente diverse tra di loro, accomunate da un denominatore di assoluta eccellenza. La diversità delle configurazioni geomorfologiche (fondovalle, cime, doline, ecc.), le variazioni climatiche che si sono succedute negli anni e il posizionamento tra due segmenti dell'arco alpino contribuiscono a rafforzare la ricchezza paesaggistica e naturale. »

Le rapport met également en évidence la nécessité de protéger les bases naturelles du paysage (ORMO, 2006, p. 94) :

« Gli elementi naturali costitutivi (biotopi, geotopi, flora e fauna indigena) debbono essere salvaguardati da regimi di protezione eccezionali e severi. Tali misure riguardano la zona nucleo e discrezionalmente la zona limitrofa. »

A première vue, les promoteurs du *Parc Adula* semblent donc être conscients de l'importance de la géomorphologie dans la qualité paysagère du Parc et de la nécessité de protéger certains géotopes, bien que cet aspect ne soit que très peu touché. Mais plus loin dans le rapport on peut également lire que la création du Parc National devrait permettre la naissance d'un centre d'études scientifiques, dont le but serait *« lo studio degli aspetti naturali e ambientali del Parco (botanica, biologia, ecologia ecc.) »* (ORMO, 2006, p. 102). Suite à cette considération, il est légitime de se poser la question de la vision de la nature et du paysage des promoteurs du Parc. Il semble que les formes du relief constituent pour eux les bases du paysage, et que certains géotopes méritent d'être protégés, mais que leur vision de la géomorphologie est statique, dans le sens que elle ne mérite pas d'être concernée par des études scientifiques. Il existe donc une contradiction de fond dans le rapport des promoteurs du Parc, parce qu'ils mettent en évidence l'importance de protéger les géotopes, mais ne fournissent aucun instrument visant une meilleure connaissance de la géomorphologie ou la réalisation d'un inventaire de géotopes officiel¹. Un autre aspect qui ne semble pas être pris en considération est l'importance des rapports existant entre le monde abiotique et le monde biotique.

¹ Un inventaire des géomorphosites d'une partie du Parc Adula avait déjà été réalisé par des étudiants de l'Institut de Géographie de l'Université de Lausanne (Ambrosetti-Giudici & Scapozza, 2005) et avait été envoyé aux promoteurs du Parc.

7.2.1 Propositions pour une amélioration de la prise en compte de la géomorphologie

La Greina pourrait constituer l'un des pôles d'intérêt de la zone centrale du *Parc Adula* ; il serait donc intéressant de partager les résultats de notre étude concernant la valeur de son patrimoine géomorphologique avec les promoteurs du Parc. Cela aurait un double intérêt : il permettrait, d'une part, de mettre à disposition des informations de base concernant la géomorphologie de cette région et, d'autre part, de mettre en évidence leur valeur écologique. La valeur écologique, notamment, pourrait constituer une porte d'entrée intéressante pour une meilleure prise en considération de la géomorphologie à l'intérieur du Parc.

Concrètement, nous pensons envoyer ce travail aux promoteurs du *Parc Adula* ; cela pourrait permettre de fournir de nouvelles idées concernant l'étude, la protection et la valorisation du patrimoine géomorphologique de cette région dans le futur.

7.3 Promotion de la connaissance de la géomorphologie auprès des excursionnistes

7.3.1 Situation actuelle

Nous avons déjà mis en évidence précédemment qu'il n'existe actuellement pas d'instruments visant une valorisation de la géomorphologie de la Greina auprès des excursionnistes (voir chap. 2.4). L'ouvrage de Valsecchi (1998) est la seule publication de vulgarisation qui se focalise exclusivement sur la Greina. Son but n'étant pas une explication scientifique et exhaustive à caractère didactique des caractéristiques naturalistes et paysagères de cette région, mais plutôt un réveil de la curiosité parmi le public, il contient surtout des informations générales concernant ses valeurs naturelles et culturelles. Ainsi, bien que très intéressante, cette publication ne permet pas aux excursionnistes d'approfondir la connaissance de la morphogenèse de la Greina.

7.3.2 Propositions pour une amélioration de la connaissance de la géomorphologie

Afin de promouvoir la connaissance du patrimoine géomorphologique auprès des excursionnistes, nous aimerions proposer la création de quelques produits géotouristiques ; notre but immédiat n'étant pas leur réalisation, nous allons nous concentrer surtout sur la conception générale selon laquelle ces produits pourraient être réalisés. Nous avons vu dans le chapitre dédié au géotourisme (chap. 3.2.4.1) que toute réalisation géotouristique doit se baser sur une réflexion préalable concernant les publics-cible et leurs attentes. Nous allons donc tout d'abord mener une réflexion concernant les publics-cible et leurs exigences, pour ensuite formuler quelques propositions plus concrètes de produits géotouristiques.

7.3.2.1 Les publics-cible et leurs exigences

Au cours des nombreuses journées passées à la Greina, ainsi que des séjours dans les cabanes de la région, nous avons pu observer que la région semble fréquentée surtout par les groupes de personnes suivants :

- des excursionnistes d'un âge compris entre 35 et 65 ans environ ;
- des familles avec des enfants en âge scolaire ;
- des courses d'école;
- des sportifs.

Il est clair que nos observations ne constituent qu'une donnée ponctuelle et subjective ; nous allons néanmoins en tenir compte afin d'adapter la classification des publics-cible proposée par Kramar & Pralong (2005) (voir chap. 3.2.4.1) à notre région d'étude.

Nous proposons de retenir les catégories de publics-cible suivantes :

- les spécialistes d'un domaine des sciences de la Terre ;
- un public intéressé par l'ensemble des thématiques naturelles et culturelles ;
- un public de curieux représenté par les enfants.

Les deux dernières catégories proposées diffèrent ainsi quelque peu de celles proposées par Kramar & Pralong (2005). Nous pensons en effet que les excursionnistes qui visitent une région de montagne telle que la Greina le font surtout pour ces caractéristiques paysagères et naturalistes ; en ce sens, la valeur culturelle est quelque chose de secondaire, qui pourrait intéresser ce groupe de personnes après les explications concernant les composantes naturelles du paysage. De la même manière, nous avons identifié les enfants en tant que troisième public-cible.

Les exigences de ces publics-cible à considérer dans une valorisation touristique de la géomorphologie de la Greina peuvent également être adaptées à partir de celles avancées par Kramar & Pralong (2005) et Reynard & Berrebi (2008) (voir chap. 3.2.4.1) :

- les spécialistes d'un domaine des sciences de la Terre sont en principe bien disposés à élargir leur connaissances en géomorphologie ; pour ce public, il sera important de proposer une valorisation accentuant les différentes échelles temporelles d'un paysage. Ainsi, des personnes ayant des connaissances en minéralogie ou paléontologie pourront par exemple articuler l'histoire géologique qu'ils connaissent vraisemblablement assez bien avec l'histoire géomorphologique « plus récente ».
- les personnes intéressées par l'ensemble des thématiques naturelles et culturelles pourraient s'intéresser à la géomorphologie par le biais d'une explication des relations existant entre géomorphologie, paysage, végétation et culture au sens large. Les portes d'entrée pour une telle valorisation sont ainsi la valeur esthétique, écologique et culturelle des formes du relief.
- les enfants pourraient être sensibilisés à la valeur du monde abiotique à travers une explication de quelques curiosités au niveau morphologique (formes particulières), écologique (adaptations particulières des organismes vivants aux

conditions climatiques et géomorphologiques de montagne) et culturel (contes et légendes curieuses).

7.3.2.2 Propositions de produits géotouristiques

Chacun des publics-cible nécessiterait une mise en valeur ad hoc. Il n'est d'habitude pas possible de proposer des produits géotouristiques pour tous les publics-cible à cause des coûts importants que cela engendrerait. Dans notre cas, nous pensons qu'il serait possible de satisfaire un maximum de personnes à travers deux stratégies principales : la proposition de produits adressés d'une part aux spécialistes d'un domaine des sciences de la Terre et aux personnes intéressées par l'ensemble des thématiques naturalistes et culturelles et, d'autre part, aux enfants.

Produits géotouristiques adressés aux spécialistes d'un domaine des sciences de la Terre et aux personnes intéressées par l'ensemble des thématiques naturelles et culturelles

Afin de satisfaire ce groupe de personnes assez hétérogène, nous proposons de réaliser des produits permettant différents niveaux de lecture.

Comme produit géotouristique, nous proposons un livret comprenant les chapitres suivants :

- un chapitre principal, expliquant les grandes lignes de la formation des Alpes et se focalisant sur la genèse du relief de la Greina.
- un chapitre concernant sa valeur écologique, mettant en évidence les liens existant entre le monde abiotique et le monde biotique ;
- un chapitre concernant sa valeur culturelle, mettant en évidence de quelle manière les formes du relief ont influencé la culture humaine au sens large ;
- des propositions d'excursions permettant de mieux saisir les aspects traités précédemment grâce à des fiches d'interprétation de certains sites.

Nous proposons deux excursions, l'une dédiée plutôt aux spécialistes d'un domaine des sciences de la Terre (Itinéraire 1), l'autre aux personnes intéressées par l'ensemble des thématiques naturelles et culturelles (Itinéraire 2). Les deux itinéraires sont prévus sous forme de traversées de la Greina ; les lieux de départ et d'arrivée sont atteignables par des sentiers depuis les arrêts du *Bus Alpin*. Ces itinéraires sont assez longs et nécessitent plusieurs heures de marche. Cela pourrait éventuellement entraîner la nécessité de passer une nuitée dans l'une des cabanes de la région.

Itinéraire 1

L'itinéraire 1 (fig. 7.1) prévoit un déplacement depuis le pont à la hauteur du verrou situé au N du Plaun la Greina (point coté 2194, 720'625/165'845) jusqu'à la bifurcation du sentier de randonnée pédestre à l'E de la Capanna Scaletta (715'260/163'050). D'une longueur de 8.5 km environ, sa durée de parcours sans pauses est de 2.5 - 3 heures environ. L'idée de cet itinéraire est de montrer quelques aspects de la morphogénèse de la Greina à travers 6 arrêts thématiques :

- **Arrêt 1** (*Point coté 2196, 720'625/165'480*)

Cet arrêt aimerait attirer l'attention des excursionnistes sur deux types de formes : la plaine alluviale du *Plaun la Greina* et les grandes moraines latéro-frontales du stade *Greina 2*.

L'observation de la plaine alluviale a pour but d'expliquer la dynamique et les particularité des processus fluviatiles dans les régions à faible pente.

L'observation des moraines constitue par contre une première étape d'un essai d'explication de l'évolution de la région au cours du Tardiglaciaire. La succession spatiale « ordonnée » des moraines correspondant aux stades tardiglaciaires du Gletscher da Gaglianera devrait en effet permettre de démontrer de manière assez claire l'histoire du retrait glaciaire au cours de cette période.

- **Arrêt 2** (*719'725/164'000*)

Cet arrêt se focalise sur la genèse de la moraine d'ablation et des dolines de soffusion visibles de l'autre côté de la vallée.

L'observation de la moraine d'ablation permet de démontrer la manière rapide avec laquelle le Gletscher da Gaglianera a dû se retirer après le stade de *Greina 2*. Cela constitue donc une deuxième étape de l'histoire du retrait de ce glacier.

Les dolines de soffusion permettent par contre d'attirer l'attention sur l'importance des phénomènes de dissolution de la cornieule et de leur conséquences sur la morphologie de surface.

- **Arrêt 3** (*Crap la Crusch, point coté 2268, 719'250/163'450*)

Cet arrêt vise l'observation du bloc erratique et du bas-marais de Crap la Crusch.

Le bloc erratique, par sa lithologie, permet de démontrer la diffluence du Gletscher da Gaglianera par la région de Crap la Crusch.

Le bas-marais permet par contre d'expliquer la genèse des ombilics et les processus de comblement qui les transforment progressivement en marais.

- **Arrêt 4** (*717'600/163'590*)

Cet arrêt prévoit l'observation de la gorge du Rein da Sumvitg, ainsi que des moraines et du cône paraglaciaire perché à la sortie de la Valle del Gaglianera.

La gorge du Rein da Sumvitg permet d'expliquer les processus d'érosion fluviatiles et la notion de profil d'équilibre d'un cours d'eau.

La moraine latérale en rive droite du Rein da Sumvitg permet de tracer la dernière étape du retrait du Gletscher da Gaglianera au cours du Tardiglaciaire. L'impossibilité de voir le glacier actuel depuis cet arrêt permet également de démontrer l'important réchauffement du climat au cours de l'Holocène.

Le cône paraglaciaire permet d'expliquer les processus de remaniement fluviatile des sédiments morainiques ; son érosion et la formation d'un nouveau cône actuellement actif permettent aussi d'introduire le concept de « crises morphogénétiques » et, plus en général, de la complexité de la morphogénèse alpine.

- **Arrêt 5** (*Passo della Greina, 716'525/163'275*)

Cet arrêt se focalise sur les particularités du modelé karstique des affleurements de cornieule. Leur observation permettra d'en expliquer la genèse en tant que verrous et leur dissolution générale le long des lignes de faiblesse structurale.

- **Arrêt 6** (715'800/163'350)

Cet arrêt vise essentiellement l'observation et l'explication de la genèse de l'arche naturelle façonné dans la cornieule.

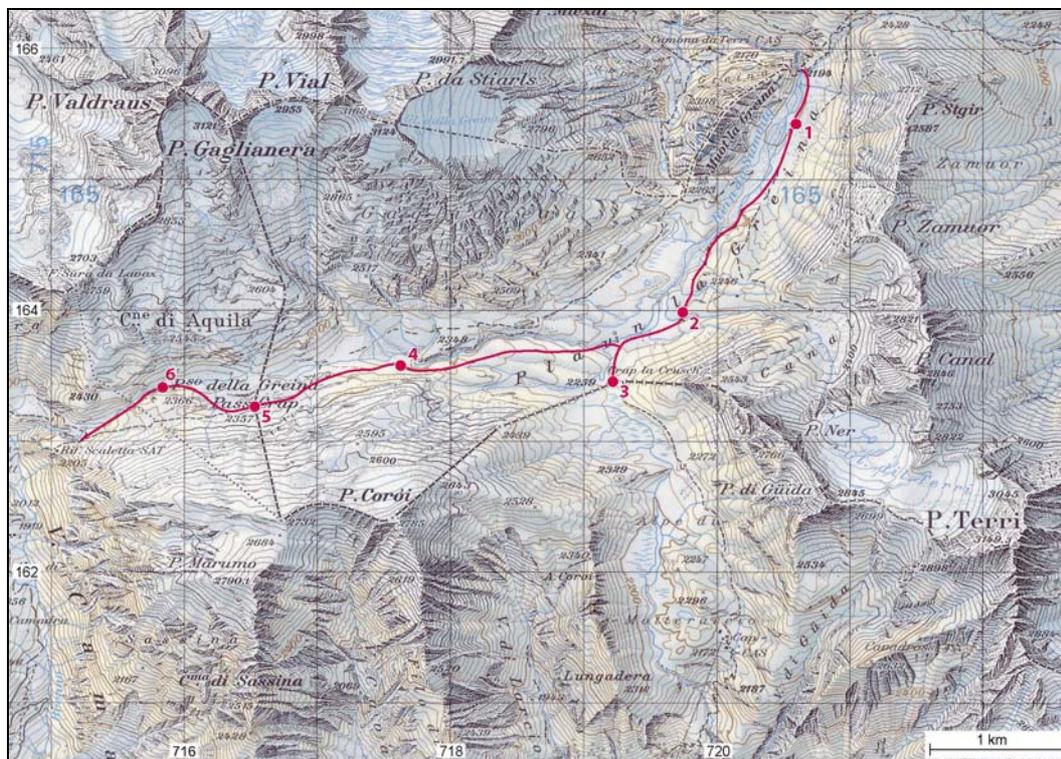


Fig. 7.1 : Itinéraire 1 (Extrait de la CN 256, Disentis/Mustér, 1 : 50'000. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA081001)).

Nous proposons d'adopter une méthode de vulgarisation mettant en évidence les différentes échelles temporelles des formes du paysage, inspirée de celle suggérée par Pralong (2003) (voir chap. 3.2.4.1). Cette méthode devrait permettre de mettre en évidence la succession temporelle des différents processus qui ont contribué au façonnement du relief actuel, ainsi que de porter l'attention sur le fait que sa morphogenèse ne peut souvent pas être lue de façon linéaire au cours d'une balade.

Itinéraire 2

L'itinéraire 2 (fig. 7.2) prévoit un déplacement depuis la bifurcation du sentier au SW du Muot la Greina (point coté 2265, 719'700/164'875) jusqu'à la bifurcation du sentier de randonnée pédestre à l'E de la Capanna Scaletta (715'300/163'045). D'une longueur de 7 km environ, sa durée de parcours sans pauses est de 2.5 heures environ. L'idée de cet itinéraire est de montrer quelques aspects de la morphogenèse de la Greina en mettant l'accent sur la valeur écologique et culturelle de certaines formes du relief. Cet itinéraire prévoit 6 arrêts thématiques :

- **Arrêt 1** (720'125/165'000)

Cet arrêt a pour objectif principal l'observation et l'explication des particularités morphologiques de la plaine alluviale du *Plaun la Greina*, ainsi que de sa valeur symbolique suite aux débats écologiques des années 1960-1970.

Un autre aspect qui pourrait être porté à l'attention des excursionnistes est le fait que l'on se situe sur les moraines construites les plus anciennes de la région, ce qui permet d'introduire ainsi une explication de l'évolution de la région au cours du Tardiglaciaire.

- **Arrêt 2** (point coté 2246, 719'150/164'215)

Cet arrêt prévoit l'explication de la morphologie particulière de cette région caractérisée par la présence de dolines de soffusion. Il serait intéressant de mettre en évidence, d'une part, les conséquences de la dissolution de la cornieule sur la moraine d'ablation laissée sur place par le retrait rapide du Gletscher da Gaglianera et, d'autre part, la valeur écologique des petits lacs qui occupent le fond imperméabilisé de ces dolines.

- **Arrêt 3** (Crap la Crusch, point coté 2268, 719'250/163'450)

Cet arrêt vise principalement l'observation et l'explication de la genèse du bas-marais de Crap la Crusch.

- **Arrêt 4** (717'600/163'590)

Cet arrêt vise l'observation et l'explication de la genèse du Piz Gaglianera, ainsi que la mise en évidence de l'importance du retrait du Gletscher da Gaglianera depuis le stade observé sur le Plaun la Greina dans le premier arrêt, depuis le stade signalé par les moraines à la sortie de la Valle del Gaglianera et depuis le stade de 1850.

Cet arrêt vise également à mettre en évidence la valeur culturelle de ce sommet, qui a su inspirer plusieurs artistes, ainsi que la question plus générale de l'impact paysager du retrait récent des glaciers.

- **Arrêt 5** (Point coté 2344, 716'930/163'420)

Cet arrêt vise l'observation des différentes unités tectoniques présentes dans la région du Passo della Greina, ainsi que leurs caractéristiques lithologiques, morphologiques et écologiques. Le but de cet arrêt est de démontrer les liens existant entre lithologie, géomorphologie et écologie. La région choisie se prête particulièrement bien à un tel discours parce qu'elle offre la possibilité d'observer dans un espace restreint trois unités tectoniques présentant une lithologie très différente : les gneiss du Massif du Gothard, les cornieules de sa couverture sédimentaire autochtone et les calcschistes de la couverture parautochtone. La morphologie générale de ces trois unités est également différente : les gneiss sont polis par l'érosion glaciaire et affectés par des éboulements, alors que les cornieules montrent plus clairement une morphologie guidée par la dissolution ; les calcschistes, enfin, sont très sensibles à l'action du gel et de la gravité, ce qui se traduit dans des versants largement couverts par des éboulis où le substratum rocheux n'affleure que relativement peu. Cette diversité du point de vue lithologique et morphologique se traduit par une grande diversité de milieux naturels. Il est intéressant de démontrer à quel point de nombreux milieux et de nombreuses espèces sont influencés par la lithologie et les formes du relief.

- **Arrêt 6** (Point coté 2379, 716'020/163'175)

Cet arrêt prévoit l'observation et l'explication de la genèse des affleurements de cornieule de la région du Passo della Greina. On pourra également mieux expliquer les liens entre ces roches, leur morphologie et les milieux naturels et les espèces qu'elles abritent. L'autre objectif de cet arrêt est de démontrer de quelle

manière la morphologie particulière de cette région a su inspirer des artistes comme Bryan Cyril Thurston par exemple.

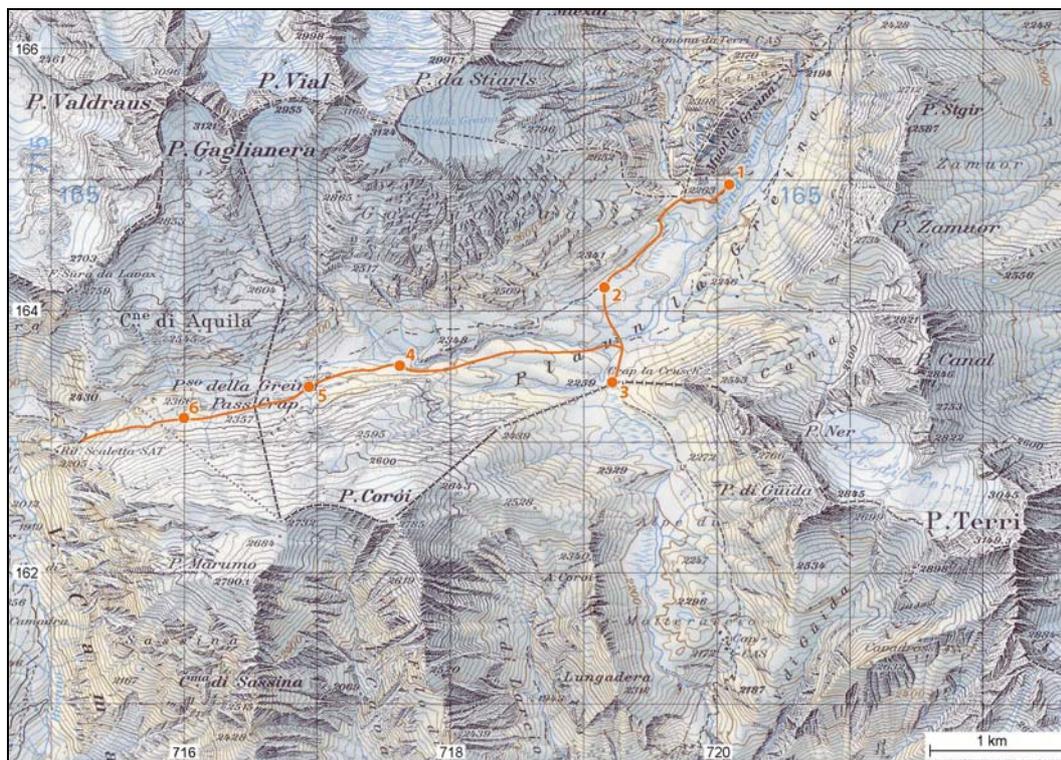


Fig. 7.2 : Itinéraire 2 (Extrait de la CN 256, Disentis/Mustér, 1 : 50'000. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA081001)).

Dans la réalisation des fiches pour cet itinéraire, nous proposons d'adopter une méthode de vulgarisation mettant en évidence les différentes échelles temporelles des formes du paysage (voir Pralong, 2003) dont nous avons déjà discuté dans la présentation du premier itinéraire. Il serait également intéressant d'appliquer un autre des concepts proposés par Pralong (2004a, 2006), le concept d'« histoire totale » ; à travers ce concept, on pourra démontrer que les différents patrimoines de la Greina (géomorphologique, écologique et culturel) ont une valeur propre, mais qu'il existe également de multiples liens entre eux.

Produits géotouristiques adressés aux enfants

La proposition de produits géotouristiques adressés aux enfants nécessiterait l'avis d'experts en pédagogie. Nous n'allons donc pas entrer dans les détails de la réalisation de ces produits, mais nous limiter à quelques propositions générales.

Notre idée générale est de proposer un produit que les enseignants ou les parents pourraient utiliser lors d'excursions dans la région de la Greina. Il pourrait s'agir d'un petit livre comprenant des explications générales de la morphogénèse de la région, mais sachant mettre l'accent sur quelques aspects pouvant attirer l'attention des enfants :

- d'un point de vue purement géomorphologique, on peut attirer l'attention sur des formes particulières telles que les formes ruiniformes des cornieules, les dolines, les buttes gazonnées ou les loupes de solifluxion ;

- d'un point de vue écologique, on peut par contre démontrer de quelle manière certaines espèces sont influencées par les conditions climatiques, lithologiques et géomorphologiques. Ces espèces devraient montrer une certaine attractivité ou particularité, comme c'est le cas par exemple de la linaigrette de Scheuchzer (*Eriophorum scheuchzeri*) et du saule à feuilles émoussées (*Salix retusa*) (fig. 7.3).
- d'un point de vue culturel, on peut mettre l'accent sur le rôle que cette région a joué dans l'histoire et comment certaines formes ont su inspirer des croyances populaires (à travers la légende de la sorcière de la Greina par exemple).

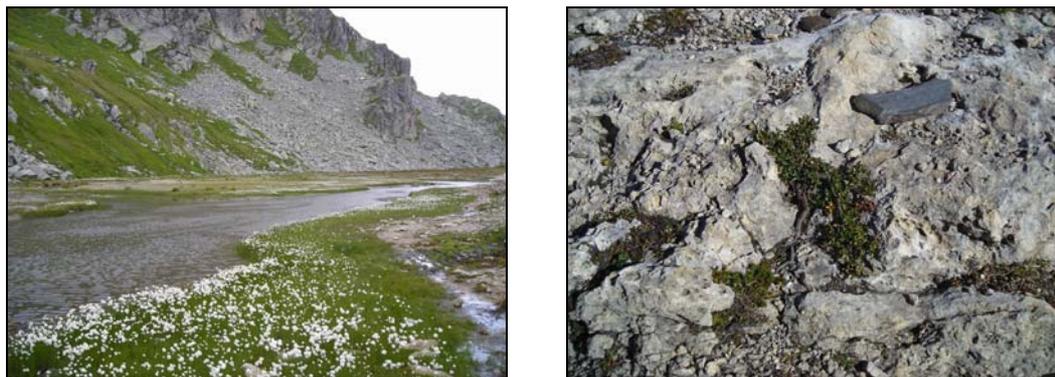


Fig. 7.3 : A gauche : linaigrette de Scheuchzer sur le Piano della Greina. A droite : saule à feuilles émoussées dans les cornieules de la région du Passo della Greina.

D'une manière générale, il serait intéressant de proposer également des instruments permettant aux enfants de participer activement à la découverte de la région, tels que des questionnaires guidant l'observation des différentes particularités géomorphologiques et écologiques (voir Fassoulas, 2007).

7.4 Promotion de la connaissance de la géomorphologie auprès de la population locale

7.4.1 Situation actuelle

Mis à part les livres de divulgation dont nous avons déjà parlé à plusieurs reprises, il n'existe pas de moyens permettant à la population locale de mieux connaître certaines caractéristiques de leur territoire. Ces livres étant le plus souvent en allemand, cela entraîne des difficultés supplémentaires pour leur distribution et compréhension au Tessin. Les personnes d'un certain âge semblent encore connaître le débat concernant la construction du barrage hydroélectrique, alors que les plus jeunes risquent de perdre toujours plus la connaissance de leur territoire.

Cette situation est problématique parce qu'elle empêche une réelle prise de conscience des habitants envers la valeur patrimoniale du territoire dans lequel ils vivent et donc leur engagement dans sa valorisation.

7.4.2 Propositions pour une amélioration de la connaissance de la géomorphologie

Il existe plusieurs possibilités pour améliorer la connaissance de la valeur du patrimoine géomorphologique de la Greina auprès de la population locale. La réalisation et la diffusion des produits géotouristiques dont nous avons discuté précédemment constitue l'une de ces possibilités. Une autre possibilité, dont la concrétisation pourrait être plus facile au court terme, serait l'organisation d'une soirée de présentation des résultats de notre étude. Une soirée de présentation des résultats d'un mémoire concernant différents aspects de la géologie et la géomorphologie de la région du Lucomagno avait déjà été organisée à Olivone il y a quelques années et avait été très appréciée par la population².

7.5 Synthèse

Dans ce chapitre, nous avons pu mettre en évidence les différents enjeux qui se posent aujourd'hui au niveau de la valorisation du patrimoine géomorphologique de la Greina. Ces enjeux se posent à plusieurs niveaux :

- au niveau des promoteurs du *Parc Adula*, il sera important de promouvoir la prise en considération de la géomorphologie, non seulement en tant que cadre dans lequel se déroule la vie écologique et culturelle, mais également en tant qu'objet de recherche scientifique ayant une valeur intrinsèque ; une attention particulière devrait également être posée à la question de l'inventaire et de la protection des géotopes du Parc. La réalisation de ces objectifs n'est évidemment pas facile et va dépendre de la disponibilité des promoteurs du Parc à l'ouverture d'un dialogue ; le fait de partager avec eux les résultats des recherches effectuées dans le périmètre du Parc nous semble un premier pas dans cette direction ;
- au niveau des excursionnistes, il serait intéressant de développer des produits géotouristiques adaptés aux exigences des différents publics-cible. La réalisation de ces produits n'est pour l'instant pas prévue ; en ce sens, nos propositions constituent plutôt une étude préliminaire qui pourrait éventuellement être utilisée dans le futur pour une valorisation touristique de la région ;
- au niveau de la population locale, il sera important de promouvoir une prise de conscience de la valeur patrimoniale de son territoire. Cela pourrait favoriser une meilleure acceptation de la création d'une aire protégée dans la région, ainsi qu'un engagement plus important de la population dans la protection et la valorisation de cette région.

Un autre aspect qui nous semble important de relever est la nécessité de coopération entre les différentes communautés des cantons du Tessin et des Grisons. Toute valorisation de la région de la Greina devrait être coordonnée afin de favoriser la réalisation des projets qui la concernent ; une telle collaboration est d'ailleurs déjà présente au niveau du projet du *Bus Alpin* : le succès croissant de cette initiative semble souligner l'importance de ce type de collaborations.

² Communication orale de Stefano Mari.

8. Conclusions

La valorisation du paysage et du patrimoine culturel, qui augmente le pouvoir d'attraction des régions aux yeux des administrations, des touristes et de la population locale est (...) un facteur important de développement économique et contribue aussi significativement à l'augmentation de puissance de l'identité régionale. La gestion de ce patrimoine ne devrait pas être uniquement réglée par des principes de seule conservation et transmission statique, ni orientée vers les seuls sites exceptionnels, mais plutôt affrontée avec une approche dynamique, dans le sens de garantir la préservation de ce patrimoine, tout en répondant pourtant aux besoins d'une société moderne.

P. Coratza (2004)

8. Conclusions

Dans ce chapitre, nous allons synthétiser les résultats de notre étude, ainsi que les perspectives de recherches qui en découlent. Pour ce faire, nous allons tout d'abord rappeler la question qui était à la base de cette étude, ainsi que les objectifs que nous avons posés pour y répondre.

8.1 Synthèse générale

La question à la base de notre étude était la suivante :

Quelles valeurs confèrent-elles au relief une valeur patrimoniale, permettant ainsi de le considérer en tant que paysage, et comment pourrait-on utiliser ces valeurs dans le cadre d'une valorisation de la géomorphologie d'une région ?

Nous avons pu mettre en évidence que deux types de valeurs peuvent être attribuées à un paysage géomorphologique : une valeur scientifique centrale, ainsi qu'un certain nombre de valeurs additionnelles (esthétique, écologique, culturelle et économique). Nous avons également pu relever que, jusqu'à maintenant, les chercheurs ont généralement concentré leur attention sur les géomorphosites, que ce soit en termes de recherche, de protection et de valorisation, et moins sur l'ensemble des formes du relief d'une région.

Cette situation nous a poussé à nous poser un certain nombre d'objectifs, prévoyant l'analyse de la valeur scientifique et des valeurs additionnelles d'un paysage géomorphologique, ainsi que la proposition d'une mise en valeur de la géomorphologie basée sur cette analyse. Afin de répondre à ces objectifs, nous avons décidé de concentrer notre étude sur la région de la Greina. Nous allons maintenant synthétiser les apports de notre recherche à ces objectifs.

Analyse de la valeur scientifique des formes du relief de la Greina

La carte géomorphologique que nous avons réalisée, ainsi que les observations effectuées sur le terrain, nous ont permis de reconstituer les étapes principales de la morphogenèse de la Greina depuis le Dernier Maximum Glaciaire. Nous avons ensuite proposé une appréciation de la valeur scientifique globale de la géomorphologie de cette région en utilisant les critères d'intégrité, représentativité, rareté et valeur paléogéographique utilisés d'habitude pour l'évaluation des géomorphosites. Nous avons ainsi pu mettre en évidence **l'intérêt scientifique de cette région du point de vue de la variété de formes représentées dans un espace restreint, de leur bon état de conservation, ainsi que de la présence de quelques formes assez rares au niveau suisse.**

Cette étude géomorphologique a constitué la base pour la sélection de 12 géomorphosites qui ont fait l'objet d'une étude et d'une évaluation plus approfondies. Les sites sélectionnés présentent une valeur scientifique moyenne à très élevée et sont représentatifs des principaux processus ayant participé à la morphogenèse de la région d'étude. La plus faible valeur de certains d'entre eux est d'ailleurs due plus à des problèmes de conservation liés à l'influence humaine qu'à une faible représentativité, rareté ou valeur paléogéographique.

Analyse des valeurs additionnelles des formes du relief de la Greina

Nous avons effectué une analyse des valeurs additionnelles des formes du relief de la Greina à deux échelles : l'échelle du paysage dans son ensemble et l'échelle des géomorphosites.

A l'échelle du paysage, nous avons analysé les rapports existant entre la géomorphologie et la valeur esthétique, écologique, culturelle et économique de la région ; en ce qui concerne la valeur esthétique et économique, nous nous sommes limités à une appréciation des critères utilisés pour l'évaluation des géomorphosites, à savoir le développement vertical, le contraste de couleur et la structuration de l'espace d'une part, et les produits économiques d'autre part. Nous avons pu relever que **la Greina présente globalement une valeur esthétique élevée, alors que sa valeur économique est faible**. La valeur écologique et culturelle ont par contre fait l'objet d'une étude plus approfondie à cause de la complexité majeure des rapports entretenus par ces valeurs avec les formes et les processus géomorphologiques : nous avons tout d'abord réalisé une synthèse de la valeur écologique et culturelle générale de la région, pour ensuite mettre en évidence ses rapports avec la géomorphologie à travers une appréciation des critères d'influence écologique et de présence de zones protégées d'une part, et d'importance religieuse, spirituelle et symbolique, historique, littéraire et artistique et géohistorique d'autre part. Nous avons ainsi pu mettre en évidence qu'**il existe de multiples liens entre les formes et les processus géomorphologiques et la présence de certains écosystèmes, mais également que les formes du relief de la Greina ont joué un rôle important aussi au niveau culturel**.

A l'échelle des géomorphosites, nous avons réalisé une évaluation selon les mêmes critères d'appréciation. Les sites sélectionnés présentent des valeurs additionnelles hétérogènes, mais on peut néanmoins mettre en évidence l'importance générale de leur valeur esthétique, alors que les autres valeurs sont souvent peu importantes. Nous avons également pu relever qu'**il n'existe pas un lien entre la valeur scientifique et les valeurs additionnelles des géomorphosites dans notre région d'étude** : les sites qui présentent la plus grande valeur scientifique présentent généralement une valeur écologique et culturelle peu importante, alors que les sites qui présentent une valeur écologique et culturelle importante sont ceux dont la valeur scientifique est la moins élevée.

De plus, il semblerait que **les valeurs additionnelles globales d'un paysage géomorphologique sont différentes par rapport à celles des géomorphosites sélectionnés pour leur valeur scientifique, surtout en ce qui concerne la valeur écologique et culturelle** : ainsi, certains aspects qui peuvent être bien appréciés à l'échelle du paysage ne le sont pas à l'échelle des géomorphosites. Cela nous pousse à affirmer que, dans le cas de la Greina, **les géomorphosites ne constituent pas toujours l'échelle spatiale idéale pour apprécier la valeur écologique et culturelle de la géomorphologie de la région dans son ensemble**.

Propositions de valorisation de la géomorphologie

Grâce à l'analyse de la valeur scientifique et des valeurs additionnelles du paysage et des géomorphosites de notre région d'étude, nous avons proposé une mise en valeur de la géomorphologie auprès des promoteurs du *Parc Adula*, des excursionnistes et de la population locale.

En ce qui concerne les promoteurs du *Parc Adula*, nous avons pu mettre en évidence l'importance de partager les nouvelles recherches concernant la géomorphologie

actuellement en cours dans le périmètre du Parc. Dans ce contexte, la mise en évidence de la valeur écologique des formes du relief se révèle particulièrement importante.

En ce qui concerne les excursionnistes, nous avons proposé différents produits géotouristiques adaptés aux exigences que nous avons pu définir pour chaque public-cible. Nous pensons que l'approche se focalisant sur les géomorphosites et leur valeur scientifique est la plus adaptée pour un public de spécialistes d'un domaine des sciences de la Terre, alors qu'une approche plus générale, sachant mettre en évidence les liens existant entre le patrimoine géomorphologique, écologique et culturel, est mieux adaptée aux personnes intéressées à l'ensemble des thématiques naturelles et culturelles. Nous avons également proposé quelques idées pour une mise en valeur adressée aux enfants, où les aspects liés à la curiosité, à la découverte et à l'interaction sont favorisés par rapport à l'aspect purement didactique. Toutes ces propositions constituent une étude qui pourra être utilisée dans le futur au cas où une mise en valeur de la région devait être réalisée concrètement.

En ce qui concerne la population locale, nous avons mis en évidence l'importance de faire redécouvrir aux habitants la valeur patrimoniale de leur territoire ; nous pensons que le fait de partager les résultats des recherches menées dans la région avec le public pourra contribuer à un engagement plus important en faveur des projets de protection et de valorisation du patrimoine naturel et culturel qui pourraient constituer une base importante pour la survie de ces zones périphériques.

8.2 Conclusions générales

Cette recherche a pris forme petit à petit et n'a pas arrêté d'évoluer tout au long du travail. En reprenant la question générale et les objectifs posés dans la problématique, je me rends compte que certains aspects ont pris plus d'importance que d'autres au cours de mon étude. Ainsi, la question de savoir quelles valeurs peuvent être attribuées à un paysage géomorphologique s'est plutôt traduite dans la question de comment les analyser ; j'ai décidé d'utiliser les mêmes critères d'évaluation de la valeur scientifique et des valeurs additionnelles des géomorphosites. Cette méthode s'est révélée assez bien adaptée en ce qui concerne les valeurs additionnelles, mais moins en ce qui concerne la valeur scientifique. Il est en effet difficile de donner une appréciation de l'intégrité, de la représentativité, de la rareté et de la valeur paléogéographique de la géomorphologie d'une région dans son ensemble sans se réduire à faire référence à des formes spécifiques. J'ai rencontré ce même problème également dans l'analyse de la valeur esthétique : je me rends compte que les appréciations générales du développement vertical, du contraste de couleur et de la structuration de l'espace sont difficilement généralisables à l'échelle d'un paysage sans faire référence aux formes qui le composent. Je pense néanmoins que ces critères peuvent être utiles afin de guider une appréciation qui demeure de toute façon problématique. Ces critères d'appréciation ont été plus utiles dans l'analyse de la valeur écologique, culturelle et économique, où ils m'ont permis de faire de l'ordre dans la complexité des relations entretenues avec la géomorphologie. Au-delà des difficultés rencontrées, je pense que l'essentiel à retenir est plutôt le principe : **il est possible et, à mon avis nécessaire, de réaliser une analyse des différentes valeurs d'un paysage géomorphologique sans se réduire à en étudier que les géomorphosites**. Je pense que l'approche liée à l'inventaire, à l'évaluation et à la valorisation des géomorphosites est intéressante et nécessaire, mais qu'elle doit également être accompagnée par une analyse plus étendue de la géomorphologie de l'ensemble de la région concernée, surtout s'il s'agit d'une zone peu étudiée et si l'on envisage de mettre en place une valorisation de type patrimonial. C'est justement sur cet aspect que j'aimerais mettre l'accent :

l'approche liée aux géomorphosites est utile dans un but de protection et valorisation de la géomorphologie auprès d'un public de spécialistes d'un domaine des sciences de la Terre, mais elle doit être accompagnée d'une approche plus globale dans un but de valorisation auprès des autres publics.

8.3 Perspectives

De nombreux enjeux se posent au niveau de la l'analyse, de la protection et de la valorisation du patrimoine géomorphologique au niveau suisse et au niveau de la Greina.

Au niveau suisse, il s'agit de promouvoir la recherche concernant la valeur patrimoniale de la géomorphologie ; cela semble bien évoluer depuis quelques années, dans le sens que de nombreux inventaires de géomorphosites ont été réalisés à différents endroits et à différentes échelles. Il serait également intéressant de développer davantage la recherche en ce qui concerne la valeur écologique et culturelle des formes du relief en général et des géomorphosites en particulier. Au niveau de la protection et de la valorisation du patrimoine abiotique, des efforts supplémentaires devront être faits afin de promouvoir, d'une part, la réalisation et l'entrée en vigueur d'inventaires de géotopes au niveau suisse et de certains cantons et, d'autre part, le développement de connaissances permettant de créer des instruments valables de mise en valeur de la géomorphologie et des géomorphosites. La création de nouveaux parcs d'importance nationale et de géoparcs pourrait constituer dans ce sens une possibilité à saisir au mieux.

Au niveau de la Greina, il s'agira surtout de promouvoir la valorisation du patrimoine géomorphologique. Mis à part un travail de communication général auprès de la population et des autorités, nos possibilités d'action dans ce domaine sont limitées. Ce sont surtout les décisions qui vont être prises dans le cadre de la création du *Parc Adula* qui seront déterminantes. Nous ne pouvons qu'espérer que le partage des connaissances développées par les différents travaux de recherches en cours dans la région puisse contribuer à une meilleure prise de conscience de la valeur patrimoniale de la géomorphologie auprès des différents acteurs, et que cela se traduise dans le futur par une meilleure protection et mise en valeur de ce patrimoine.

Références bibliographiques

- Ambrosetti-Giudici S., Scapozza C. (2005). *Inventaire des géotopes géomorphologiques du Parc Adula*, Lausanne, Institut de Géographie (travail personnel de recherche non publié).
- ASSN (1999). Inventaire des géotopes d'importance nationale, *Geologia Insubrica*, 1/1999, 25-48.
- Bachmann S. (1999). *Zwischen Patriotismus und Wissenschaft. Die Naturschutzpioniere (1900-1938)*, Zürich, Chronos Verlag.
- Ballantyne C. K. (2002). Paraglacial geomorphology, *Quaternary Science Reviews*, 21, 1935-2017.
- Baumer A. (1964). *Geologie des gotthardmassivisch-penninischen Grenzregion im oberen Blenioal. Geologie der Blenio-Kraftwerke*, Bern, Kümmerly & Frey.
- Bearth B. (1991). *Greina. Elektrizitätswirtschaft im Zeichen des sich wandelnden Umweltbewusstseins*, Zürich, Philosophischen Fakultät (mémoire de licence non publié).
- Beniston M. (2005). Mountain climates and climatic change: an overview of processes focusing on the European Alps, *Pure and Applied Geophysics*, 162/8-9, 1587-1606.
- Berque A. (1984). Paysage-empreinte, paysage-matrice, *L'Espace Géographique*, 1/1984, 33-34.
- Bertrand G. (1968). Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique, *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 93, 249-272.
- Bertrand G. (1978). Le paysage entre la nature et la société, *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 49, 239-258.
- Bertrand G. (1984). Les géographes français et leurs paysages, *Annales de géographie*, 516, 218-229.
- Bertrand G. (1996). Composer un paysage, c'est recomposer une géographie, *Actes de l'Université d'Été*, Annonay, 28.08-01.09 1995, Lyon, Association française pour le développement de la géographie.
- Bertrand G. (2000). Le paysage et la géographie : un nouveau rendez-vous, *Rivista Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 15, 57-68.
- Beteille R. (1996). *Le tourisme vert*, Paris, PUF.
- Bini A., Felber M., Pomicino N., Zuccoli L. (2001). *Geologia del Mendrisiotto (Canton Ticino, Svizzera) : Messiniano, Pliocene e Quaternario*, Berne, Office fédéral des eaux et de la géologie (« Rapports de l'OFEG, Série Géologie », n°1).
- Bolla G. (1931). *La storia di Olivone*, Bellinzona, Edizione "La Scuola".
- Bolla S. (1993). Immagini di un luogo non comune, in : Bolla S. et al. (1993), *Olivone e i suoi dintorni. La scoperta delle Alpi bleniesi nell'iconografia e in un raro opuscolo di fine '800*, Bellinzona, Edizioni Casagrande, 107-128.
- Bolla S., Fiorini S., Schacher L., Brenna G. (1993). *Olivone e i suoi dintorni. La scoperta delle Alpi bleniesi nell'iconografia e in un raro opuscolo di fine '800*, Bellinzona, Edizioni Casagrande.
- Broggi M. F. (1997). La longue histoire du paysage. Une banalisation qui ne cesse de s'accroître depuis les années cinquante, in : Pro Natura (ed), *Manuel de protection de la nature en Suisse*, Lausanne, Delachaux et Niestlé, 45-57.

- Brossard T., Wieber J.-C. (1984). Le paysage. Trois définitions, un mode d'analyse et de cartographie, *L'Espace Géographique*, 1/1984, 5-12.
- Bundi M. (2004). Die Greina, ihre Geschichte, ihre Menschen, in : SGS (ed), *La Greina und Flusslandschaften im Wallis*, Chur, Schweizerische Greina Stiftung, 14-24.
- CAS Ticino (2002). *Annuario 2002*, Lugano, CAS Ticino.
- CAS Ticino (2003). *Annuario 2003*, Lugano, CAS Ticino.
- CAS Ticino (2004). *Annuario 2004*, Lugano, CAS Ticino.
- CAS Ticino (2005). *Annuario 2005*, Lugano, CAS Ticino.
- CAS Ticino (2006). *Annuario 2006*, Lugano, CAS Ticino.
- Ceschi R. (2004). Primi esploratori delle Alpi Ticinesi : Horace Bénédict de Saussure (1740-1799) e Hans Conrad Escher von der Linth (1767-1823), in : CAS Bellinzona e Valli (ed), *Uomini, storie, montagne. 100 anni di immagini e testimonianze alpine*, Bellinzona CAS Bellinzona e Valli, 16-21.
- Commission Géologique Suisse (1980). *Carte tectonique de la Suisse au 1 : 500'000*, Berne, Commission Géologique Suisse.
- Coratza P. (2004). Géomorphologie et culture. Exemples de valorisation en Emilie Romagne (Italie), in : Reynard E., Pralong J.-P. (eds), *Paysages géomorphologiques*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 27), 209-223.
- Coratza P., Giusti C. (2005). Methodological proposal for the assessment of the scientific quality of geomorphosites, *Il Quaternario*, 18 (1), 307-313.
- Daniel T. C. (2001). Whither scenic beauty ? Visual landscape quality assessment in the 21st century, *Landscape and Urban Planning*, 54, 267-281.
- Decrouez D., Jordan P., Auf der Maur, F. (2003). *Géotopes. Un voyage dans le temps. 20 promenades en Suisse dans le secret des roches*, Chavannes/Renens, Editions MPA.
- Degiorgi R. (1943). Il fantasma di Motterascio, in : Giamboni M. (2005) (ed), *Fior galeotto. Racconti e poesie di Rocco Degiorgi*, Claro, Edizioni Arca, 92-96.
- Delarze R., Gonseth Y., Galland P. (1998). *Guide des milieux naturels de Suisse. Écologie – Menaces – Espèces caractéristiques*, Lausanne, Delachaux et Niestlé.
- DETEC (2007). *Commentaire de l'ordonnance sur les parcs d'importance nationale*, Berne, Département fédéral des transports, de l'énergie et de la communication (état : 25.01.2007).
- Duval M. (2007). *Dynamiques spatiales et enjeux territoriaux des processus de patrimonialisation et de développement touristique. Etude comparée des gorges de l'Ardèche et du Karst slovène*, Chambéry – Annecy, Université de Savoie (thèse de doctorat non publiée).
- Egli W., Camenisch B., Winterhalter R. (1973). Geologische – Morphologische Übersicht, in: Thurston C. (ed), *Greina – Wildes Bergland*, Disentis, Desertina Verlag.
- Fassoulas C. (2007). *Introducing the invisible water routes of karstic systems to pupils : an educational project of Psiloritis Geopark, Crete, Greece*, Heraklion, Natural History Museum (rapport non publié).
- Favre A., Studer B. (1867). *Appel aux Suisses pour les engager à conserver les blocs erratiques*, Rheinfelden, Actes de la Société helvétique des sciences naturelles.

- Fiorini S. (1993). La nascita del turismo a Olivone, in : Bolla S. *et al.* (1993), *Olivone e i suoi dintorni. La scoperta delle Alpi bleniesi nell'iconografia e in un raro opuscolo di fine '800*, Bellinzona, Edizioni Casagrande, 71-76.
- Florineth D., Schlüchter C. (1998). Reconstructing the Last Glacial Maximum (LGM) ice surface geometry and flowlines in the Central Swiss Alps, *Eclogae geol. Helv.*, 91, 391-407.
- Florineth D., Schlüchter C. (2000). Alpine Evidence for Atmospheric Circulation Patterns in Europe during the Last Glacial Maximum, *Quaternary Research*, 54, 295-308.
- FNS (2003) (ed). *Paysages et habitats de l'arc alpin. Portrait du Programme national de recherche PNR 48*, Berne, Fonds national suisse de la recherche scientifique.
- Foucault A., Raoult J.-F. (2001). *Dictionnaire de géologie*, Paris, Dunod.
- Frey J. D. (1967). *Geologie des Greinagebietes*, Bern, Kümmerly & Frey.
- Gerber J.-D. (2006). *Structures de gestion des rivalités d'usage du paysage. Une analyse comparée de trois cas alpins*, Zürich, Verlag Rüegger.
- Geyer M., Bissig G., Maul G., Meissner M., Peterek A., Pustal I., Röhling H.-G. (2007). Goethe und die Geologie – Ein geotouristisches Nutzungskonzept zu den geologischen Betrachtungen in den Schriften Johann Wolfgang von Goethes, *Schriftenreihe der deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, 51, 61-66.
- Grandgirard V. (1997). *Géomorphologie, protection de la nature et gestion du paysage*, Fribourg, Institut de géographie (thèse de doctorat non publiée).
- Grandgirard V. (1999). L'évaluation des géotopes, *Geologia Insubrica*, 4/1, 59-66.
- Gray M. (2004). *Geodiversity. Valuing and conserving abiotic nature*, Chichester, Wiley.
- Gray M. (2005). Geodiversity and Geoconservation: What, Why and How?, *The George Wright Forum*, 22-3, 4-12.
- Gross G., Kerschner H., Patzelt G. (1977). Metodische Untersuchungen über die Schneegrenze in alpinen Gletschergebieten, *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 12/2, 223-251.
- Grossi P. (1987). *Va sentiero*, Bellinzona, Unione di Banche Svizzere.
- Hantke R. (1983). *Eiszeitalter*, Thun, Otto Verlag.
- Hobléa F. (2006). L'expertise et la médiation scientifique : des outils pour la gestion durable de l'environnement karstique. Quelques pistes de recherche développées par le laboratoire Edytem, in : Lugon R. (ed), *Gestion durable de l'environnement karstique. Actes de la réunion annuelle de la Société Suisse de Géomorphologie (SSGm), La Chaux-de-Fonds, 3-4 septembre 2004*, Sion, Institut universitaire Kurt Bösch.
- Holzmann C., Lambiel C., Phillips M., Reynard E. (2006). *Légende géomorphologique de l'IGUL*, Lausanne, Institut de Géographie.
- Hose T. A. (1994). Telling the story of stone – assessing the client base, in: O'Halloran D., Green C., Harley M., Stanley M., Knill J. (eds), *Geological and landscape Conservation*, London, Geological Society, 451-457.
- Hose T.A. (1996). Geotourism, or can tourists become casual rock hounds?, in: Bennett, M.R. (ed) *Geology on your doorstep : the role of urban geology in Earth Heritage Conservation*, London, Geological Society, 207-228.

- Hose T. A. (2000). European geotourism – geological interpretation and geoconservation promotion for tourists, in: Barretino D., Wimbleton W.A.P., Gallego E. (eds), *Geological Heritage: Its conservation and management*, Madrid, Sociedad Geologica de Espana.
- Hose T. A. (2005). *Landscape of meaning: geotourism and the Sustainable Exploitation of the European Geoheritage*, Lausanne, Institut de Géographie (conférence donnée en mai 2005).
- Hose, T. A. (2006). Geotourism and interpretation, in: Dowling R., Newsome D. (eds), *Geotourism. Sustainability, impacts and management*, Oxford, Elsevier.
- Huber K., Burgener T. (2004). Alpine Flusslandschaften im öffentliche Interesse, in: SGS (ed), *La Greina und Flusslandschaften im Wallis*, Chur, Schweizerische Greina Stiftung, VIII-XI.
- Hunt C. B. (1972). *Geology of soils and their evolution*, San Francisco, W. H. Freeman and Company.
- Institut de cartographie EPF Zürich, Conseil des EPF, Office fédéral de la statistique, Office fédéral de topographie (2004). *Atlas de la Suisse*, Wabern, Office fédéral de topographie.
- Jordan P., Hipp R., Reynard E. (2004). La protection des géotopes et la création de géoparc en Suisse, in : Reynard E., Pralong J.-P. (eds), *Paysages géomorphologiques*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 27), 151-160.
- Jung W. (1963). Die mesozoischen Sedimente am Südostrand des Gotthard-Massivs (zwischen Plaun la Greina and Versam), *Eclogae geol. Helveticae*, 56-2, 653-754.
- Keller W. (1949). L'alpe della Greina, in : Bovini D., Bottani S., Petroli A., Ritter R., Zambelloni F. (1993) (eds), *Il meraviglioso. Leggende, fiabe e favole ticinesi. Vol. 4 Bellinzonese e Tre Valli*, Locarno, Armando Dadò Editore, 146-147.
- Keller W. (1954), L'alpe Rifugio alla Greina, in: Bovini D., Bottani S., Petroli A., Ritter R., Zambelloni F. (1993) (eds), *Il meraviglioso. Leggende, fiabe e favole ticinesi. Vol. 4 Bellinzonese e Tre Valli*, Locarno, Armando Dadò Editore, 148-149.
- Kerschner H. (1976). Untersuchungen zum Daun- und Egesenstadium in Nordtirol und Graubünden (methodische Überlegungen), *Geographischer Jahresbericht aus Österreich*, XXXVI, 26-49.
- Koeppel H.-D., Schmitt H.-M., Leiser F. (1991). *Le paysage sous pression. Transformations du paysage suisse : chiffres et interdépendances*, Berne, Office fédéral de l'aménagement du territoire et Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage.
- Kramar N. (2003). Le cycle orogénique comme outil didactique, *Actes du colloque sur l'enseignement et la vulgarisation des sciences de la Terre*, Nice, 14-16.05.2003.
- Kramar N. (2005). Enjeux didactiques et épistémiques liés à l'utilisation d'un modèle historique en Sciences de la Terre, *Actes JIES XXVII*, Chamonix, 22-25.11.2005.
- Kramar N., Pralong J.-P. (2005). La didactique des sciences : une chance pour les sciences de la Terre, in : Dambo L., Reynard E. (eds), *Vivre dans les milieux fragiles : Alpes et Sahel. Hommage au Professeur Jorg Winistorfer*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 31), 44-56.
- Krebs E. (1986). Contro l'invaso idroelettrico della Greina, *Il nostro paese*, 175, 323-328.
- Kruckeberg A. R. (2002). *Geology and plant life. The effects of landforms and rock types on plants*, Seattle, University of Washington Press.
- Labhart T., Decrouez D. (1997). *Géologie de la Suisse*, Lausanne, Delachaux et Niestlé.

- Lauber K., Wagner G. (2000). *Flora Helvetica. Flore illustrée de Suisse*, Berne, Haupt.
- Lavizzari L. (1928). *Escursioni nel Cantone Ticino*, Lugano, S. Sanvito & C.
- Lehmann B., Steiger U., Weber M. (2007). *Paysages et habitats de l'arc alpin - entre valeur ajoutée et valeur appréciée. Réflexions en conclusion du Programme national de recherche 48*, Zürich, vdf Hochschulverlag.
- Leimbacher J. (2001). *Inventaires fédéraux. Importance des inventaires fédéraux de protection de la nature et du paysage et leur application dans l'aménagement du territoire*, Berne, Association suisse pour l'aménagement national.
- Longet R. (2004). Protection du paysage et ressources hydrauliques. Résumé – Un pas vers le développement durable, in : SGS (ed), *La Greina und Flusslandschaften im Wallis*, Chur, Schweizerische Greina Stiftung, XX-XXIII.
- Lugon R., Reynard E. (2003). Pour un inventaire des géotopes du canton du Valais, *Bulletin de la Murithienne*, 121, 83-97.
- Lumnezia Turissem, Sumvitg Turissem, Blenio Turismo (2007). *Bus Alpin Greina*, Sumvitg, Lumnezia Turissem.
- Maeder H. (2004). Die Greina – ein Symbol, in: SGS (ed), *La Greina und Flusslandschaften im Wallis*, Chur, Schweizerische Greina Stiftung, XXVI-XXX.
- Magris C. (2005). *L'infinito viaggiare*, Milano, Mondadori.
- Maisch M. (1981). *Glazialmorphologische und gletschergeschichtliche Untersuchungen im Gebiet zwischen Landwasser- und Albulatal (Kt. Graubünden, Schweiz)*, Zürich, Geographisches Institut ("Physische Geographie", n° 3).
- Maisch M. (1982). Zur Gletscher- und Klimageschichte des alpinen Spätglazials, *Geographica Helvetica*, 2/1982, 93-104.
- Maisch M. (1992). *Die Gletscher Graubündens. Rekonstruktion und Auswertung der Gletscher und deren Veränderungen seit dem Hochstand von 1850 im Gebiet der östlichen Schweizer Alpen (Bündnerland und angrenzende Regionen)*, Zürich, Geographisches Institut ("Physische Geographie", n° 33).
- Marthaler M. (2002). *Le Cervin est-il africain ?*, Lausanne, Editions Loisirs et Pédagogie.
- Marthaler M. (2004). Lecture et analyse d'un paysage : Zermatt et le Cervin. Un exemple de la mémoire de la terre révélée par les panoramas, in : Reynard E., Pralong J.-P. (eds), *Paysages géomorphologiques*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 27), 51-66.
- Naylor L. (2005). The contributions of biogeomorphology to the emerging field of geobiology, *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 219, 35-51.
- OcCC (2002) (ed). *Le climat change, en Suisse aussi. Les points principaux du troisième rapport du GIEC sur l'état des connaissances, du point de vue de la Suisse*, Berne, Organe consultatif sur les changements climatiques.
- OFEFP (1991). *Inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale*, Berne, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage.
- OFEFP (1994). *Inventaire fédéral des bas-marais d'importance nationale (Inventaire des bas-marais)*, Berne, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage.

- OFEFP (1998a). *Conception « Paysage suisse »*. Berne, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage.
- OFEFP (1998b). *Le paysage entre hier et demain. Principes de base de la conception « Paysage suisse »*, Berne, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage.
- OFEFP (2003). *Paysage 2020 – Principes directeurs*, Berne, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage.
- OPCA (2003). *Evaluation de l'Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale*, Berne, Organe parlementaire de contrôle de l'administration.
- ORMO (2006). *Parc Adula. Uno spazio di vita alpino*, Grono, Organizzazione Regionale del Moesano.
- Origet du Cluzeau C. (1998). *Le tourisme culturel*, Paris, PUF.
- Panizza M. (2001). Geomorphosites: concepts, methods and examples of geomorphological survey, *Chinese Science Bulletin*, 46, 4-6.
- Panizza M. (2003). Géomorphologie et tourisme dans un paysage culturel intégré, in : Reynard E., Holzmann C., Guex D., Summermatter N. (eds), *Géomorphologie et Tourisme*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 24), 11-18.
- Panizza M., Piacente S. (1993). Geomorphological assets evaluation, *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, Suppl. Bd., 87, 13-18.
- Panizza M., Piacente S. (2003). *Geomorfologia culturale*, Bologna, Pitagora Editrice.
- Panizza M., Piacente S. (2004). Pour une géomorphologie culturelle, in : Reynard E., Pralong J.-P. (eds), *Paysages géomorphologiques*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 27), 193-207.
- Panizza M., Piacente S. (2005). Geomorphosites : a bridge between scientific research, cultural integration and artistic suggestion, *Il Quaternario*, 18 (1), 3-10.
- Pereira P., Pereira D., Caetano Alves M. I. (2007). Geomorphosite assessment in Montesinho Natural Park (Portugal), *Geographica Helvetica*, 3/2007, 159-168.
- Piacente S. (2005). Geosites and Geodiversity for a cultural approach to Geology, *Il Quaternario*, 18 (1), 11-14.
- Piacente S., Poli G. (eds) (2003). *La Memoria della Terra – La Terra della Memoria*, Bologna, Edizioni L'inchiostrabu.
- Poggiati P. (2006). Le aree protette quale indicatore di qualità territoriale, *Dati statistiche e società*, 1/2006, 8-11.
- 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 : Reynard E., Holzmann C., Guex D., Summermatter N. (eds), *Géomorphologie et Tourisme*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 24), 115-127.
- Pralong J.-P. (2004a). Pour une mise en valeur touristique et culturelle des patrimoines de l'espace alpin : le concept d' « histoire totale », *Histoire des Alpes. Tourisme et changements culturels*, 9, 301-310.

- Pralong J.-P. (2004b). Le géotourisme dans les régions de Crans-Montana-Sierre (Valais, CH) et de Chamonix-Mont-Blanc (Haute-Savoie, F), in : Reynard E., Pralong J.-P. (eds), *Paysages géomorphologiques*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 27), 225-241.
- Pralong J.-P. (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)*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 32).
- Pralong J.-P., Reynard E. (2004). Lecture et analyse d'un paysage : Lavaux (Vaud, Suisse), in : Reynard E., Pralong J.-P. (eds), *Paysages géomorphologiques*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches » n° 27), 35-50.
- Renner F. (1982). *Beiträge zur Gletscher-Geschichte des Gotthardgebietes und dendroklimatologische Analysen an fossilen Hölzern*, Zürich, Geographisches Institut, ("Physische Geographie", n° 8).
- Reynard E. (2003a). *Tsanfleuron, entre roche et glace. Une invitation à la découverte géomorphologique du karst de Tsanfleuron*, Savièse, Commune de Savièse.
- Reynard E. (2003b). Öffentliche Politik, Eigentumsverhältnisse und Schutz von geomorphologischen Geotopen, in : Jordan P., Heinz R., Heitzmann P., Hipp R., Imper D. (eds), *Geotope – wie schützen / Geotope – wie nutzen*, *Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 31, 94-101.
- Reynard E. (2004a). Protecting stones : conservation of erratic blocks in Switzerland, in : Prikryl R. (ed), *Dimension Stone 2004. New perspectives for a Traditional Building Material*, Prague, Balkema Publishers, 3-7.
- Reynard E. (2004b). La géomorphologie et la création des paysages, in : Reynard E., Pralong J.-P. (eds), *Paysages géomorphologiques*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 27), 9-20.
- Reynard E. (2004c). L'évaluation des géotopes géomorphologiques en Suisse, in : Reynard E., Pralong J.-P. (eds), *Paysages géomorphologiques*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 27), 137-149.
- Reynard E. (2004d). Géotopes, géo(morpho)sites et paysages géomorphologiques, in : Reynard E., Pralong J.-P. (eds), *Paysages géomorphologiques*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 27), 123-136.
- Reynard E. (2004e). Geosite, in : Goudie A. (ed), *Encyclopedia of Geomorphology*, London, Routledge.
- Reynard E. (2005a). Paysage et géomorphologie : quelques réflexions sur leurs relations réciproques, in : Droz Y., Miéville-Ott V. (eds), *La polyphonie du paysage*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 101-124.
- Reynard E. (2005b). Géomorphosites et paysages. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 3, 181-188.
- Reynard E. (2006). *Fiche d'inventaire des géomorphosites*, Lausanne, Institut de Géographie (rapport non publié).
- Reynard E. (2007). Le patrimoine naturel de Savièse, in : Fondation Bretz Héritier (ed), *Patrimoine saviésan : inventaire, acteurs et enjeux*, Savièse, Editions de la Chervignine, 63-76.

- Reynard E., Gentizon C. (2004). Les instruments de protection du paysage en Suisse : état des lieux, in : Reynard E., Pralong J.-P. (eds), *Paysages géomorphologiques*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 27), 95-109.
- Reynard E., Pralong J.-P. (2004). Geoturismo in Svizzera: esperienze e vie di ricerca, *Geologia e turismo. Opportunità nell'economia del paesaggio, Secondo Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana Geologia e Turismo, Bologna, 3-4.11.2004*, Bologna, Associazione Italiana Geologia e Turismo, 85-87.
- Reynard E., Panizza M. (2005). Géomorphosites : définition, évaluation et cartographie. Une introduction, *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 3/2005, 177-180.
- Reynard E., Berrebi Y. (2008). Percorsi geodidattici e aspettative del pubblico, *Atti del Terzo congresso nazionale Geologia e Turismo, Bologna, 1-3.03.07*, Bologna, Associazione Italiana Geologia e Turismo (soumis).
- Reynard E., Holzmann C., Guex D., Summermatter N. (eds) (2003a). *Géomorphologie et Tourisme*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 24).
- Reynard E., Holzmann C., Guex D. (2003b). Géomorphologie et tourisme : quelles relations ?, in : Reynard E., Holzmann C., Guex D., Summermatter N. (eds), *Géomorphologie et Tourisme*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 24), 1-10.
- Reynard E., Pralong J.-P., Gentizon C. (2005). La géoconservation : pour un renouvellement de la protection de la nature en Suisse, in : Dambo L., Reynard E. (eds), *Vivre dans les milieux fragiles : Alpes et Sahel. Hommage au Professeur Jorg Winistorfer*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 31), 57-70.
- Reynard E., Baillifard F., Berger J.-P., Felber M., Heitzmann P., Hipp R., Jeannin P.-Y., Vavrecka-Sidler D., Von Salis K. (2007a). *Géoparcs en Suisse. Un rapport stratégique*, Berne, Groupe de travail sur les géotopes en Suisse.
- Reynard E., Fontana G., Kozlik L., Scapozza C. (2007b). A method for assessing the scientific and additional values of geomorphosites, *Geographica Helvetica*, 3/2007, 148-158.
- Reynard E., Bissig G., Kozlik L., Benedetti S. (2007c). Assessment and promotion of cultural geomorphosites in the Trient Valley (Switzerland), *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* (sous presse).
- Rimbert S. (1977). Approches des paysages, *L'Espace Géographique*, 3, 233-242.
- Rivas V., Rix K., Francés E., Cendrero A., Brundsen D. (1997). Geomorphological indicators for environmental impact assessment: consumable and non-consumable geomorphological resources, *Geomorphology*, 18, 169-182.
- Rougerie G., Beroutchachvili N. (1991). *Géosystèmes et paysages. Bilan et méthodes*, Paris, Armand Colin.
- Scapozza C. (2007). Glaciers et légendes alpines, in : Morard S., Scapozza C., Delaloye R., Reynard E., *Géomorphologie de la Montagne*, Fribourg - Lausanne, Institut de Géographie - Société Suisse de Géomorphologie (fiche 2.17).
- Scapozza C. (2008). *Contribution à l'étude géomorphologique et géophysique des environnements périglaciaires des Alpes Tessinoises orientales*, Lausanne, Institut de Géographie (mémoire de master non publié).
- Scheurer M. (2002). *Le parc naturel régional : un concept utile aux régions suisses ? L'exemple du Val-de-Travers dans le canton de Neuchâtel*, Lausanne, Institut de Géographie (mémoire de licence non publié).

- Schlüchter C., Röthlisberger C. (1995). 100 000 Jahre Gletschergeschichte, *Gletscher im ständigen Wandel*, Zürich, Vdf Hochschulverlag (Publications de l'ASSN n°6).
- Schneebeli W., Röthlisberger F. (1976). 8000 Jahre Gletschergeschichte der Erde, *Die Alpen (SAC)*, 52/3-4, 5-134.
- Schoeneich P. (1993a). Cartographie géomorphologique en Suisse. Une bibliographie commentée et des propositions, in : Schoeneich P., Reynard E.(eds), *Cartographie géomorphologique – Cartographie des risques*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 9), 1-13.
- Schoeneich P. (1993b). Comparaison des systèmes de légendes français, allemand et suisse – principes de la légende IGUL, in : Schoeneich P., Reynard E.(eds), *Cartographie géomorphologique – Cartographie des risques*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 9), 15-24.
- Schoeneich P. (1998). *Le retrait glaciaire dans les vallées des Ormonts, de l'Hongrin et de l'Etivaz (Préalpes vaudoises)*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 14).
- Schoeneich P. (2007). Géotopes, biotopes et paysages : vers un concept intégrateur du paysage, *Documents de l'Association pour le patrimoine naturel et culturel du canton de Vaud*, 9, 15-20.
- Schoeneich P., Dorthe-Monachon C., Jaillet S., Ballandras S. (1997). Le retrait glaciaire dans les vallées des Préalpes et des Alpes au Tardiglaciaire, *Bulletin d'études préhistoriques et archéologiques alpines*, Numéro spécial consacré aux Actes du VIII Colloque International sur les Alpes dans l'Antiquité, 26-28.09.1997, 23-37.
- Schoeneich P., Reynard E., Pierrehumbert G. (1998). Geomorphological mapping in the Swiss Alps and Prealps, *Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie*, 11, 145-153.
- Serrano E., Ruiz-Flaño P. (2007). Geodiversity. A theoretical and applied concept, *Geographica Helvetica*, 3/2007, 140-147.
- SGS (2003) (ed). *La Greina und Flusslandschaften im Wallis*, Chur, Schweizerische Greina Stiftung.
- Summermatter N. (2003). Quelques réflexions sur les techniques scripto-illustratives utilisées dans les brochures relatives aux itinéraires didactiques, in : Reynard E., Holzmann C., Guex D., Summermatter N. (eds), *Géomorphologie et Tourisme*, Lausanne, Institut de Géographie (« Travaux et Recherches », n° 24), 129-144.
- Sutter R. (1976). Zur Flora und Vegetation der Greina, *Natur und Mensch*, 1-3/1976, 7-14, 82-85, 143-146.
- Strasser A., Heitzmann P., Jordan P., Stapfer A., Stürm B., Vogel A., Weidmann M. (1995). *Géotopes et la protection des objets géologiques en Suisse : un rapport stratégique*, Fribourg, Groupe de travail suisse pour la protection des géotopes.
- Taddei C. (1937). *Dalle Alpi Lepontine al Ceneri. Note di geo-mineralogia*, Bellinzona, Istituto Editoriale Ticinese.
- Theler D., Reynard E., Bardou E. (2007). From geomorphological mapping to risk assessment : a project of integrated GIS application in the Western Swiss Alps, *Proceedings of the 5th Mountain Cartography Workshop*, Bohinj (Slovenia), 29.03-1.04.2006.
- Thurston B. C., Weiss H., Egli W., Camenisch B., Winterhalter R., Winiker P., Halter T., Widmer A., Siegwart J., Schmid O., Strolz W. (1973). *Greina – Wildes Bergland*, Disentis, Desertina Verlag.

- Tricart J. (1965). *Principes et méthodes de la géomorphologie*, Paris, Masson.
- Valsecchi A. (1998). *Greina. La nostra tundra*, Lugano, Club Alpino Svizzero –Sezione Ticino.
- Vischer W. (1946). *Naturschutz in der Schweiz*, Basel, SBN Verlag.
- Vismara G., Cavanna A., Vismara P. (1990). *Ticino medievale. Storia di una terra lombarda*, Locarno, Armando Dadò Editore.
- Widmer A., Siegwart J. (1973). Namen an der Greina, in : Thurston B. C. *et al.* (eds), *Greina – Wildes Bergland*, Disentis, Desertina Verlag.
- Winiker P. (1973). Pater Placidus a Spescha und die Greina, in : Thurston B. C. *et al.* (eds), *Greina – Wildes Bergland*, Disentis, Desertina Verlag.
- Winterhalter R. U. (1930). Zur Petrographie und Geologie des östlichen Gotthard-Massivs, *Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 38-2, 38-114.
- Witschi R. (1956). *Morphologie und Hydrologie der oberen Blenio-Täler*, Bern, Philosophische Fakultät der Universität Bern.
- Zouros N. C. (2007). Geomorphosite assessment and management in protected areas of Greece. Case study of the Lesvos Island – coastal geomorphosites, *Geographica Helvetica*, 3/2007, 169-180.

Annexes

GRkar001

Arche

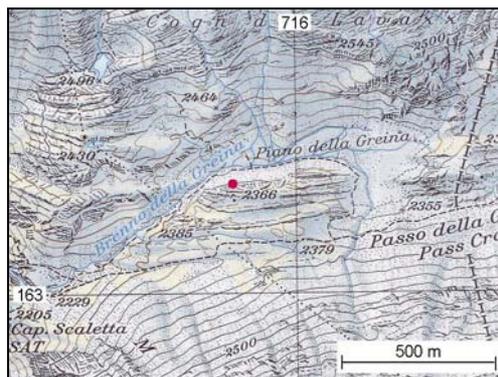
SW du Piano della Greina, Blenio (TI)

Coordonnées : 715'800/163'350

Altitude : 2340 m

Type : PCT

Propriété : PUB, Bourgeoisie de
Aquila, Torre et Lottigna



Extrait de la CN 1233, Greina, 1 : 25'000. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA081001).

Description

Cette arche a été façonnée dans les cornieules du Trias de la couverture sédimentaire autochtone du Massif du Gothard. Elle mesure 30 mètres de longueur environ et un développement vertical maximal de 15 mètres. L'arche se situe aux bords d'un affleurement de cornieule constituant un verrou, fortement marqué par l'érosion différentielle des différentes couches qui a mis en évidence la structure verticale de ces sédiments. Cette structure verticale est d'ailleurs probablement à l'origine de la formation de cette arche, dont la direction E-W correspond à celle des couches.

Cette arche constitue la forme karstique plus spectaculaire de la Greina et elle a fasciné et inspiré la population locale et les artistes depuis toujours. Du point de vue écologique, l'arche ne présente pas de végétation du fait des conditions de vie extrêmement difficiles qu'elle offre. L'éboulis situé au-dessous de l'arche, dont les blocs sont issus de la gélifraction de l'affleurement de cornieule, présente par contre une flore typique des *éboulis calcaires d'altitude*.

Ce géotope est compris dans le périmètre de l'objet IFP *Greina – Piz Medel*, du district franc fédéral *Greina* et de l'objet *Greina* de l'Inventaire des géotopes d'importance nationale (ASSN, 1999). Au niveau cantonal, il est compris dans le périmètre d'une *Zone de protection de la nature*.

Morphogenèse

L'affleurement de cornieule aux bords duquel se situe l'arche a été façonné au cours de la dernière glaciation. Le flux de glace provenant de l'E a façonné la forme générale de ce verrou, qui doit avoir été dépourvu de glace depuis l'Egesen au moins. La dissolution de la cornieule, ainsi que la gélifraction, ont érodé de manière importante cet affleurement selon ses lignes de faiblesse structurales, en mettant en évidence de manière particulièrement importante la position verticale des strates qui le composent. La genèse de l'arche est liée à sa position aux bords de l'affleurement, qui doit avoir entraîné une exposition plus importante à la météorisation.

Evaluation

Valeur scientifique

Intégrité	L'arche est bien conservée	1
Représentativité	L'arche est représentative des processus de dissolution karstique actuels de la cornieule	1
Rareté	La forme est unique dans la région d'étude	1
Valeur paléogéographique	Pas de valeur particulière	0
Synthèse	La valeur scientifique du site est élevée	0.75

Valeur esthétique

Points de vue	L'arche est bien visible depuis le bas, le long d'un sentier de randonnée alpine, ou depuis le haut de l'affleurement de cornieule. Elle n'est par contre pas visible depuis le sentier de randonnée pédestre principal de la région	0.5
Contraste, développement vertical et structuration de l'espace	L'arche s'inscrit dans un paysage peu contrasté du point de vue des couleurs (cornieule), mais dont le développement vertical est important. Cette forme contribue de manière considérable à la structuration de son paysage environnant, en le rendant moins monotone	0.75
Synthèse	La valeur esthétique du site est moyenne	0.63

Valeur écologique

Influence écologique	L'arche ne présente pas de végétation	0
Site protégé	Le site n'est pas protégé pour des raisons écologiques	0
Synthèse	Le site ne présente pas une valeur écologique particulière	0

Valeur culturelle

Importance religieuse et symbolique	Pas d'importance particulière	0
Importance historique	Pas d'importance particulière	0
Importance littéraire et artistique	L'arche a fait l'objet de plusieurs tableaux du peintre local Valerio Scapozza (Olivone, TI)	0.25
Importance géohistorique	Pas d'importance particulière	0
Synthèse	La valeur culturelle du site est faible	0.25

Valeur économique

Produits économiques	Cette arche constitue l'une des « attractions » principales qui poussent les randonneurs à visiter la Greina ; ainsi, même ne fournissant aucune rente directe, cette forme contribue de manière remarquable aux gains des infrastructures touristiques de la région (cabanes, courses spéciales de transports publics, hôtel et restaurants de la région)	0.5
Synthèse	La valeur économique du site est moyenne	0.5

Synthèse

Valeur globale	La valeur scientifique du site est élevée ; il présente également une certaine valeur esthétique et économique, alors que sa valeur culturelle est faible et sa valeur écologique nulle
Valeur éducative	Le site constitue un exemple bien lisible dans le paysage des processus de dissolution karstique actuels
Accessibilité	L'accès au site par le sentier de randonnée alpine depuis l'E présente quelques passages difficiles et est donc déconseillé aux personnes peu expérimentées et en cas de mauvais temps. L'accès depuis l'W ne présente par contre aucune difficulté particulière
Atteintes	La qualité du site ne semble actuellement pas en danger. Un passage plus important de visiteurs dans le futur ne devrait pas non plus engendrer d'attentes supplémentaires car l'arche se situe un peu à l'écart des sentiers balisés
Mesures de gestion	Le site ne nécessite pas à notre avis davantage de mesures de protection institutionnelles. Il mériterait par contre une mise en valeur dans le cadre d'une valorisation plus générale de la géomorphologie de la Greina

Références

Références bibliographiques : ASSN (1999)
Auteur : G. Fontana, 17.12.07

GRkar002

Relief ruiniforme

N du Passo della Greina, Blenio (TI), Vrin (GR)

Coordonnées : 716'600/163'350

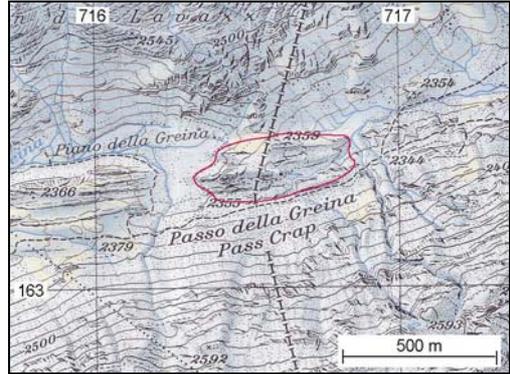
Altitude min.: 2330 m

Altitude max. : 2360 m

Type : AER

Surface : 100 m²

Propriété : PUB, Bourgeoisie de Aquila, Torre et Lottigna



Extrait de la CN 1233, Greina, 1 : 25'000. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA081001).

Description

L'affleurement de cornieule situé au N du Passo della Greina constitue un relief ruiniforme unique dans la région d'étude. Les formes de cet affleurement sont sensiblement différentes de celles présentes dans l'affleurement situé plus à l'W : la mise en évidence de la structure verticale des couches est ici moins évidente et les formes ruiniformes sont beaucoup plus développées. La forme la plus spectaculaire est un monolithe d'une hauteur de 6 mètres environ.

L'aspect très particulier de cet affleurement, en particulier le contraste de la couleur claire de la cornieule par rapport aux schistes noirs de la couverture sédimentaire parautochtone du Massif du Gothard, ainsi que la présence de formes originales, ont fasciné et inspiré la population locale et les artistes depuis toujours. Du point de vue écologique, une flore spécialisée des *éboulis calcaires d'altitude* est présente.

Ce géotope est compris dans le périmètre de l'objet IFP *Greina – Piz Medel* et de l'objet *Greina* de l'Inventaire des géotopes d'importance nationale (ASSN, 1999) ; il fait également partie des districts francs fédéraux *Greina* et *Greina/Pez Vial*. Au niveau cantonal, le géotope est compris dans le périmètre d'une *Zone de protection de la nature* (partie tessinoise) et de l'*Inventaire de protection des paysages* (partie grisonne).

Morphogenèse

Les grands traits de cet affleurement de cornieule ont été façonnés au cours de la dernière glaciation. Le flux de glace de direction E-W doit avoir joué un rôle important jusqu'au début du Tardiglaciaire en contribuant à l'érosion du substrat rocheux. Cet affleurement constitue un verrou et doit avoir été dépourvu de glace relativement tôt (depuis le Daun au moins) par sa position intermédiaire par rapport aux flux de glace provenant du Vadrecc del Valdraus et du Glatzcher da Gaglianera. La dissolution de la cornieule et la gélifraction ont ensuite façonné les roches de cet affleurement selon ses lignes de faiblesse structurales. Les formes de ce relief évoluent encore de manière assez rapide sous la double action du gel et de la dissolution chimique, ce qui contribue à un faible établissement de la végétation sur l'ensemble de l'affleurement et à son aspect « lunaire ».

Evaluation

Valeur scientifique

Intégrité	L'intégrité du site est partiellement endommagée par la présence d'une petite cabane privée (<i>Edelweiss</i>), ainsi que d'une fontaine et d'une installation de type sanitaire qui y sont liées. L'érosion de l'affleurement est très active, mais elle ne doit pas être considérée dans une optique négative puisqu'elle est partiellement responsable de la morphologie du site	0.5
Représentativité	Le site est représentatif des processus de dissolution karstique actuels de la cornieule	1
Rareté	Le site est unique dans la région d'étude par l'ampleur et la diversité des formes représentées	1
Valeur paléogéographique	Pas de valeur particulière	0
Synthèse	La valeur scientifique du site est moyenne	0.63

Valeur esthétique

Points de vue	Le site est bien visible depuis de nombreux points de vue, notamment depuis l'un des sentiers de randonnée pédestre principaux de la région	1
Contraste, développement vertical et structuration de l'espace	Le site ne présente pas beaucoup de contraste du point de vue des couleurs (cornieule), mais son développement vertical est important et il contribue de manière considérable à la structuration du paysage environnant	0.75
Synthèse	La valeur esthétique du site est très élevée	0.88

Valeur écologique

Influence écologique	Présence d'une flore spécialisée des éboulis calcaires d'altitude	1
Site protégé	Le site n'est pas protégé pour des raisons écologiques	0
Synthèse	La valeur écologique du site est moyenne	0.5

Valeur culturelle

Importance religieuse et symbolique	Pas d'importance particulière	0
Importance historique	Pas d'importance particulière	0
Importance littéraire et artistique	Les affleurements de cornieule de la région du Passo della Greina ont été sources d'inspiration pour des peintures de Bryan Cyril Thurston	0.5
Importance géohistorique	Pas d'importance particulière	0
Synthèse	La valeur culturelle du site est moyenne	0.5

Valeur économique

Produits économiques	Le menhir de cet affleurement constitue la forme karstique la plus attrayante après l'arche. Ce site contribue donc à l'attrait de la région et à sa fréquentation par les randonneurs et donc, de manière indirecte, aux gains des infrastructures touristiques de la région (cabanes, courses spéciales de transports publics, hôtel et restaurants)	0.5
----------------------	--	-----

Synthèse	La valeur économique du site est moyenne	0.5
-----------------	---	------------

Synthèse

Valeur globale	La valeur scientifique du géomorphosite est moyenne, tout comme sa valeur écologique, culturelle et économique ; sa valeur esthétique est par contre très élevée
Valeur éducative	Le site constitue un exemple bien lisible dans le paysage des processus de dissolution karstiques actuels
Accessibilité	Le site est facilement accessible par l'un des sentiers de randonnée pédestre principaux de la région
Atteintes	La qualité du site est affaiblie par la présence de la cabane. Sa présence ne provoque par contre pas de dangers supplémentaires dans le cas d'une fréquentation pas trop excessive. Un passage trop important de visiteurs à l'intérieur du site pourrait par contre l'endommager en accentuant les processus d'érosion
Mesures de gestion	Le site ne nécessite pas à notre avis davantage de mesures de protection institutionnelles. Il serait par contre souhaitable d'informer les utilisateurs de la cabane, ainsi que les visiteurs, de la fragilité du site et des bons comportements à adopter. Le site mériterait également une mise en valeur dans le cadre d'une valorisation plus générale de la géomorphologie de la Greina

Références

Références bibliographiques : ASSN (1999)
Auteur : G. Fontana, 17.12.07

GRgla001

Roches moutonnées

Cogn dei Lavazz, Blenio (TI), Vrin (GR)

Coordonnées : 716'000/164'000

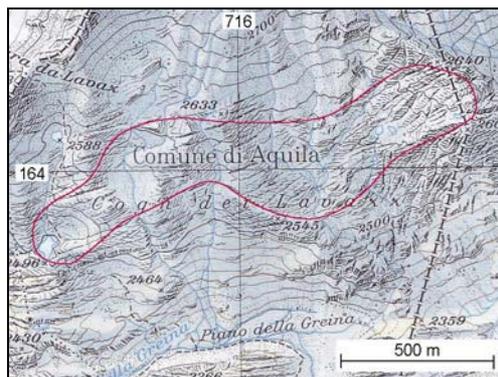
Altitude min. : 2500 m

Altitude max. : 2600 m

Type : AER

Surface : 800 m²

Propriété : PUB, Bourgeoisie de
Aquila, Torre et Lottigna



Extrait de la CN 1233, Greina, 1 : 25'000. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA081001).

Description

La zone en faible pente des Cogn dei Lavazz est caractérisée par la présence de roches moutonnées façonnées dans les gneiss du Massif du Gothard. Ces formes, de dimensions variables, présentent une morphologie typique en « dos de baleine » dissymétrique, avec une pente assez faible du côté E et une pente plus forte du côté W. Leur surface est polie et présente parfois des stries glaciaires. Les dépressions situées entre les roches moutonnées sont occupées par du matériel morainique, fluvatile ou par des petits lacs. Du point de vue écologique, les dépressions situées entre les roches moutonnées présentent une flore typique des *combes à neige acides*.

Ce géotope est compris dans le périmètre de l'objet IFP *Greina – Piz Medel* ; il fait également partie des districts francs fédéraux *Greina* et *Greina/Pez Vial*. Au niveau cantonal, le géotope est compris dans le périmètre d'une *Zone de protection de la nature* (partie tessinoise) et de l'*Inventaire de protection des paysages* (partie grisonne).

Morphogenèse

Ces roches moutonnées ont été façonnées par l'action de la glace s'écoulant de l'E vers l'W au cours du Dernier Maximum Glaciaire. Leur forme dissymétrique démontre la direction d'écoulement de la glace et confirme ainsi les modèles établis par Florineth & Schlüchter (1998) sur la direction des flux de glace dans cette région des Alpes Suisses Centrales. Au cours du Tardiglaciaire, la région a été concernée plutôt par un écoulement de la glace vers le S provenant du Vadrecc del Valdraus ; cet écoulement, beaucoup moins important de celui du Dernier Maximum Glaciaire provenant de l'E, n'as pas contribué de manière significative au façonnement de ces roches, mais a laissé sur place de la moraine de fond. Les fluctuations glaciaires au cours de l'Holocène ayant eu lieu à l'intérieur de la ceinture du 1850, elles n'ont pas concerné la région des Cogn dei Lavazz, situé en dessous de cette limite. La genèse de la région au cours de l'Holocène a donc été caractérisée essentiellement par la remobilisation des sédiments morainiques par les cours d'eau, qui ont déposé leur charge solide dans les dépressions situées entre les roches moutonnées, suite la diminution de la pente du versant dans cette région.

Evaluation

Valeur scientifique

Intégrité	Les roches moutonnées sont bien conservées	1
Représentativité	Ces formes sont représentative des processus d'érosion glaciaires passés dans la région	1
Rareté	La forme est unique dans la région d'étude par son ampleur et son exemplarité	1
Valeur paléogéographique	Ces roches moutonnées permettent de reconstituer la direction des flux de glace au cours du Dernier Maximum Glaciaire	1
Synthèse	La valeur scientifique du site est très élevée	1

Valeur esthétique

Points de vue	Les roches moutonnées ne sont bien visibles dans leur ensemble que depuis le haut. Elles ne sont par contre pas visibles depuis les sentiers principaux dans la vallée principale	0.25
Contraste, développement vertical et structuration de l'espace	La couleur grise des roches moutonnées et du matériel morainique et fluvial est rendue moins monotone par la présence des lacs et d'une végétation basse. Le développement vertical du site est modeste et il ne contribue pas à structurer l'espace de manière significative	0.25
Synthèse	La valeur esthétique du site est basse	0.25

Valeur écologique

Influence écologique	Présence d'une flore spécialisée des combes à neige acides	1
Site protégé	Le site n'est pas protégé pour des raisons écologiques	0
Synthèse	La valeur écologique du site est moyenne	0.5

Valeur culturelle

Importance religieuse et symbolique	Pas d'importance particulière	0
Importance historique	Pas d'importance particulière	0
Importance littéraire et artistique	Pas d'importance particulière	0
Importance géohistorique	Pas d'importance particulière	0
Synthèse	Le site ne présente pas de valeur culturelle particulière	0

Valeur économique

Produits économiques	Le site ne constitue pas une attraction pour les randonneurs et ne fournit donc aucun produit économique	0
Synthèse	Le site ne présente pas de valeur économique particulière	0

Synthèse

Valeur globale	Ce géotope a une valeur scientifique très élevée, mais ne présente pas de valeurs additionnelles particulièrement importantes. Il présente en effet une certaine valeur écologique, mais une faible valeur esthétique et une valeur culturelle et économique nulles
Valeur éducative	Le site constitue un exemple bien lisible dans le paysage des processus d'érosion glaciaire passés
Accessibilité	Le site n'est accessible que par un sentier de randonnée alpine dont le balisage n'est pas très complet ; il est donc déconseillé aux personnes peu expérimentées
Atteintes	Aucune atteinte ne semble mettre en danger la qualité du site. Un passage plus important de visiteurs dans le futur ne devrait pas non plus engendrer d'atteintes supplémentaires
Mesures de gestion	Le site ne nécessite pas à notre avis davantage de mesures de protection institutionnelles. Il mériterait par contre une mise en valeur dans le cadre d'une valorisation plus générale de la géomorphologie de la Greina

Références

Références bibliographiques : Florineth & Schlüchter (1998)
Auteur : G. Fontana, 17.12.07

GRgla002

Horn

Piz Gaglianera, Blenio (TI), Sumvitg (GR), Vrin (GR)

Coordonnées : 715'940/165'400

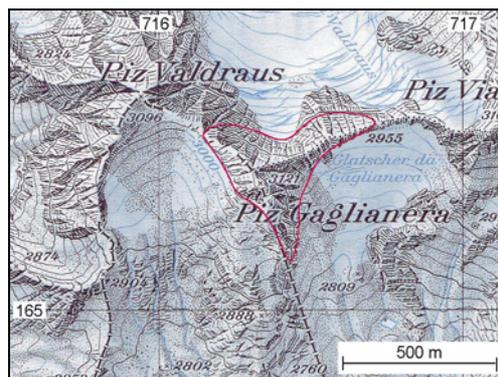
Altitude min. : 3000 m

Altitude max. : 3121 m

Type : AER

Surface : 100 m²

Propriété : PUB, Bourgeoisie de
Aquila, Torre et Lottigna



Extrait de la CN 1233, Greina, 1 : 25'000. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA081001).

Description

La pyramide sommitale du Piz Gaglianera constitue un bel exemple de horn façonné dans les gneiss du Massif du Gothard. Les trois parois qui le composent atteignent une altitude de 100 mètres pour les versant SW, de plus de 150 mètres pour le versant N et de 200 mètres pour le versant SE. Les versants SW et SE présentent des pentes plus importantes par rapport au versant N et les processus gravitaires y sont plus actifs.

Ce sommet, dont le nom signifie « aiguille noire », doit avoir été un point de repère important pour les gens qui parcouraient la région dans le passé pour des raisons commerciales.

Ce géotope est compris dans le périmètre de l'objet IFP *Greina – Piz Medel* ; il fait également partie des districts francs fédéraux *Greina* et *Greina/Pez Vial*. Au niveau cantonal, le géotope est compris dans le périmètre d'une *Zone de protection de la nature* (partie tessinoise) et de l'*Inventaire de protection des paysages* (partie grisonne).

Morphogenèse

Ce horn a été façonné progressivement au cours du Quaternaire par le Vadrecc del Valdraus, le Gletscher da Gaglianera et le Gletscher da Valdraus. Ces glaciers doivent avoir été présents au cours de toutes les périodes glaciaires, mais également dans les périodes interglaciaires plus froides. Au cours des millénaires, ils ont donc pu façonner les versants du Piz Gaglianera en lui donnant sa forme actuelle. Depuis la fin du Petit Âge Glaciaire, ces trois glaciers ont fortement régressé. Le Vadrecc del Valdraus a presque totalement disparu et son rôle dans le façonnement du sommet est actuellement nul. Le Gletscher da Gaglianera n'est désormais plus en contact avec la paroi SE, alors que le Gletscher da Valdraus occupe encore en bonne partie son cirque. Les processus gravitaires, tels que des éboulements, sont toujours plus importants sur ces deux versants.

Evaluation

Valeur scientifique

Intégrité	Le horn est bien conservé	1
Représentativité	La forme est représentative des processus d'érosion glaciaire actuels et passés dans les roches cristallines	1
Rareté	D'autres horns, moins exemplaires, sont présents dans la région d'étude (Piz Vial, Piz Greina)	0.75
Valeur paléogéographique	Pas de valeur particulière	0
Synthèse	<i>La valeur scientifique du site est assez élevée</i>	0.69

Valeur esthétique

Points de vue	Le horn est bien visible depuis plusieurs points de vue, notamment depuis les principaux sentiers de la région	1
Contraste, développement vertical et structuration de l'espace	L'absence de glaciers de taille importante rend le paysage peu contrasté du points de vue des couleurs. Le développement vertical du site est par contre très important. Cette forme contribue de manière considérable à la structuration de son paysage environnant	0.75
Synthèse	<i>La valeur esthétique du site est très élevée</i>	0.88

Valeur écologique

Influence écologique	Le site ne présente pas de végétation	0
Site protégé	Le site n'est pas protégé pour des raisons écologiques	0
Synthèse	<i>La site ne présente pas une valeur écologique particulière</i>	0

Valeur culturelle

Importance religieuse et symbolique	Pas d'importance particulière	0
Importance historique	Pas d'importance particulière	0
Importance littéraire et artistique	Ce sommet a été source d'inspiration pour les peintres locaux Isidoro Solari et Valerio Scapozza (Olivone, TI)	0.25
Importance géohistorique	Pas d'importance particulière	0
Synthèse	<i>La valeur culturelle du site est faible</i>	0.25

Valeur économique

Produits économiques	Le site ne constitue pas une attraction pour les randonneurs ; sa présence isolée contribue néanmoins à structurer l'espace dans lequel il se trouve et à lui donner un aspect caractéristique. Il contribue de cette manière indirectement à l'attractivité générale de la Greina, et donc aux gains des infrastructures touristiques de la région (cabanes, courses spéciales de transports publics, hôtel et restaurants de la région)	0.25
Synthèse	<i>La valeur économique du site est faible</i>	0.25

Synthèse

Valeur globale	La valeur scientifique du site est assez élevée ; il présente également une valeur esthétique très élevée, alors que sa valeur culturelle et économique est faible et sa valeur écologique est nulle
Valeur éducative	Le site constitue un exemple bien visible dans le paysage des processus d'érosion glaciaire actuels et passés
Accessibilité	Aucun sentier balisé ne permet d'accéder directement au site. Ces caractéristiques sont néanmoins appréciables depuis les sentiers principaux de la région
Atteintes	Aucune attente ne semble mettre en danger la qualité du site
Mesures de gestion	Le site ne nécessite pas à notre avis davantage de mesures de protection institutionnelles. Il mériterait par contre une mise en valeur dans le cadre d'une valorisation plus générale de la géomorphologie de la Greina

Références

Références bibliographiques : aucune étude scientifique n'a été menée sur le site
Auteur : G. Fontana, 17.12.07

GRflu001

Cône paraglaciale perché

SE de la Valle del Gaglianera, Vrin (GR)

Coordonnées : 717'550/163'750

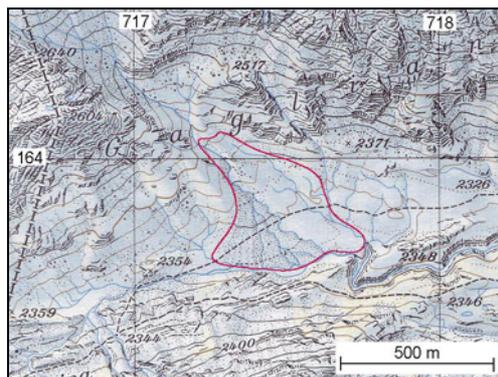
Altitude min. : 2300 m

Altitude max. : 2340 m

Type : AER

Surface : 250 m²

Propriété : PUB, Bourgeoisie de
Aquila, Torre et Lottigna



Extrait de la CN 1233, Greina, 1 : 25'000. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA081001).

Description

Le cône de déjection à la sortie de la Valle del Gaglianera se compose d'une partie fossile, à l'E, et d'une partie active, à l'W. La partie fossile se situe au moins 4 mètres au-dessus du niveau du cône de déjection actif ; elle est couverte d'une végétation de pelouse et entaillée par quelques talwegs. La partie active se compose des alluvions issues du remaniement du matériel morainique rendu disponible après le retrait du Gletscher da Gaglianera depuis la fin du Petit Âge Glaciaire ; elle présente plusieurs tracés de laves torrentielles et une végétation éparse typique des *éboulis siliceux d'altitude* sur les bancs graveleux les plus stables.

Ce géotope est compris dans le périmètre de l'objet IFP *Greina – Piz Medel* et du district franc fédéral *Greina/Pez Vial*. Au niveau cantonal, le géotope fait partie de l'*Inventaire de protection des paysages*.

Morphogénèse

Au début de l'Holocène, la présence d'un stock sédimentaire morainique instable a entraîné un remaniement fluvial important. Le cours d'eau issu du Gletscher da Gaglianera est à l'origine de la formation d'un grand cône de déjection paraglaciale à la sortie de la Valle del Gaglianera. La crise morphogénétique paraglaciale s'est progressivement estompée en raison de la diminution du stock sédimentaire instable ; la partie W du cône a alors été progressivement érodée par les eaux relativement peu chargées en sédiments provenant du Gletscher da Gaglianera. Depuis la fin du Petit Âge Glaciaire, un nouveau stock sédimentaire instable est présent à l'aval du Gletscher da Gaglianera ; ces matériaux morainiques sont transportés vers l'aval sous forme de laves torrentielles lors de fortes précipitations et sont responsables de la formation du cône actuel.

Evaluation

Valeur scientifique

Intégrité	L'intégrité du site est difficile à évaluer : l'ensemble de la forme est active et le cône paraglaciale est progressivement érodé par l'action torrentielle du cours d'eau responsable de la construction de la partie active du cône. Mais c'est justement l'activité de cette forme qui lui attribue ces caractéristiques. Dans ce sens, ce cône paraglaciale perché est bien conservé	1
Représentativité	La forme est représentative des processus de dépôt torrentiel dus à la remobilisation du matériel morainique au début de l'Holocène et des processus d'érosion et de dépôt torrentiels actuels	1
Rareté	Un autre cône paraglaciale est présent à la sortie du Val Canal. Ces deux cônes ne sont d'ailleurs pas comparables et le cône situé à la sortie de la Valle del Gaglianera demeure un exemple exceptionnel	1
Valeur paléogéographique	Ce cône témoigne des conditions morphogénétiques particulières régnant au début de l'Holocène et, en particulier, de la crise morphogénétique paraglaciale	1
Synthèse	La valeur scientifique du site est très élevée	1

Valeur esthétique

Points de vue	Le cône est très bien visible depuis plusieurs points de vue et notamment depuis les sentiers principaux de la région	1
Contraste, développement vertical et structuration de l'espace	La différence de couleurs entre la partie active du cône (alluvions grises) et la partie fossile (pelouses vertes) contribue à rendre le paysage contrasté. Le développement vertical du cône lui-même est modeste, mais très important pour l'ensemble de l'espace offert à la vue depuis l'un des sentiers principaux par exemple. Le cône constitue un élément important dans la structuration de l'espace pour sa morphologie particulière et pour ses dimensions	0.75
Synthèse	La valeur esthétique du site est très élevée	0.88

Valeur écologique

Influence écologique	Les parties les moins actives du cône actuel présentent une flore clairsemée de plantes typiques des <i>éboulis siliceux d'altitude</i> , tandis que les parties les plus actives ne présentent pas de végétation. La partie fossile du cône est couverte par une végétation de pelouse, dont le lien avec les formes et les processus géomorphologiques est faible. Dans l'ensemble, le site n'est que partiellement responsable de la présence de certains écosystèmes particuliers	0.5
Site protégé	Le site n'est pas protégé pour des raisons écologiques	0
Synthèse	La valeur écologique du site est faible	0.25

Valeur culturelle		
Importance religieuse	Pas d'importance particulière	0
Importance historique	Pas d'importance particulière	0
Importance littéraire et artistique	Pas d'importance particulière	0
Importance géohistorique	Pas d'importance particulière	0
Synthèse	Le site ne présente pas de valeur culturelle particulière	0

Valeur économique		
Produits économiques	Le site ne constitue pas une attraction pour les randonneurs ; sa présence isolée contribue néanmoins à structurer l'espace dans lequel il se trouve et à lui donner un aspect caractéristique. Il contribue de cette manière indirectement à l'attractivité générale de la Greina, et donc aux gains des infrastructures touristiques de la région (cabanes, courses spéciales de transports publics, hôtel et restaurants de la région)	0.25
Synthèse	La valeur économique du site est faible	0.25

Synthèse	
Valeur globale	Le site présente une valeur scientifique et une valeur esthétique très élevées. Il présente également une certaine valeur économique ; sa valeur écologique est par contre faible et sa valeur culturelle nulle
Valeur éducative	Le site constitue un exemple bien visible dans le paysage de la complexité de la morphogenèse alpine et en particulier des processus fluviaux passés et actuels
Accessibilité	L'accès au site ne présente pas de difficultés particulières. Deux accès principaux sont possibles par les sentiers de randonnée pédestre principaux de la région ; le premier permet d'observer l'ensemble de la forme depuis le côté opposé de la vallée, tandis que le deuxième traverse le cône lui-même. Le parcours de ce sentier présente donc un certain risque en cas de fortes précipitations
Atteintes	La qualité du site pourrait être potentiellement mise en péril par une érosion trop rapide du cône paraglacière et par un passage trop important de visiteurs sur le sentier qui le traverse. Concrètement, l'activité des processus d'érosion est en partie responsable de la qualité du géomorphosite et le passage de visiteurs ne semble pas avoir endommagé le site jusqu'à maintenant, d'autant plus que l'activité torrentielle efface régulièrement, bien que de manière partielle, une partie du sentier sur la partie active du cône
Mesures de gestion	Le site ne nécessite pas à notre avis davantage de mesures de protection institutionnelles. Il mériterait par contre une mise en valeur dans le cadre d'une valorisation plus générale de la géomorphologie de la Greina

Références

Références bibliographiques : aucune étude scientifique n'a été menée sur le site
Auteur : G. Fontana, 10.12.07

GRflu002

Gorge

W du Plaun la Greina, Vrin (GR)

Coordonnées : 718'100/163'700

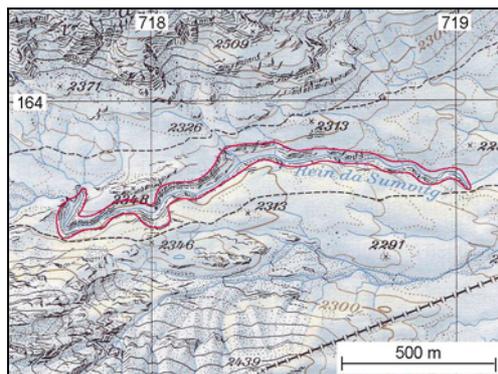
Altitude min. : 2260 m

Altitude max. : 2320 m

Type : LIN

Longueur : 1.5 km

Propriété : PUB, Bourgeoisie de Aquila, Torre et Lottigna



Extrait de la CN 1233, Greina, 1 : 25'000. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA081001).

Description

La gorge du Rein da Sumvitg se situe entre le cône paraglacière perché à la sortie de la Valle del Gaglianera et le Plaun la Greina ; elle s'est développée dans les cornieules de la couverture sédimentaire autochtone du Massif du Gothard et mesure une longueur de 1.5 kilomètres et une profondeur maximale de 20 mètres environ. L'excavation verticale du cours d'eau, typique des gorges, est plus évidente à certains endroits qu'à d'autres, où la gorge s'ouvre partiellement à cause de l'érosion régressive de ses bords. Par endroits, le cours d'eau a d'ailleurs déposé une partie de sa charge solide et il n'occupe pas l'ensemble du fond de la gorge.

Ce géotope est compris dans le périmètre de l'objet IFP *Greina – Piz Medel* et du district franc fédéral *Greina/Pez Vial*. Au niveau cantonal, le géotope fait partie de l'*Inventaire de protection des paysages*.

Morphogénèse

La gorge du Rein da Sumvitg a pris naissance au cours de la fin du Tardiglaciaire et de l'Holocène : le front du Gletscher da Gaglianera se trouvait en effet en amont de cette zone au stade de *Greina 1* (correspondant au stade de l'Egesen). La capacité érosive accrue des cours d'eau ayant déposé leur charge solide dans l'ombilic où se situe aujourd'hui le cône paraglacière perché a favorisé le creusement d'une gorge afin d'atteindre le niveau d'équilibre du Plaun la Greina. Aujourd'hui, ce niveau d'équilibre relatif a été atteint et la gorge évolue plutôt grâce à l'érosion régressive de ses versants.

Evaluation

Valeur scientifique

Intégrité	La gorge est bien conservée	1
Représentativité	La forme est représentative des processus d'érosion fluviale actuels et passés	1
Rareté	La forme est unique dans la zone d'étude	1
Valeur paléogéographique	Pas de valeur particulière	0
Synthèse	La valeur scientifique du site est élevée	0.75

Valeur esthétique

Points de vue	Le début de la gorge est bien visible depuis de nombreux points de vue, notamment depuis les sentiers de randonnée pédestre principaux de la région. L'ensemble de la gorge, en tant que dépression, reste par contre un peu caché	0.5
Contraste, développement vertical et structuration de l'espace	Le site présente un bon contraste au niveau des couleurs (différences entre les couches, l'eau et la végétation sur les bords de la gorge). Son développement vertical est également important, mais cette forme ne contribue à structurer l'espace que dans sa partie à l'amont, car ailleurs elle est un peu cachée	0.75
Synthèse	La valeur esthétique du site est moyenne	0.63

Valeur écologique

Influence écologique	La gorge ne présente pas de végétation particulière	0
Site protégé	Le site n'est pas protégé pour des raisons écologiques	0
Synthèse	Le site ne présente pas de valeur écologique particulière	0

Valeur culturelle

Importance religieuse et symbolique	Pas d'importance particulière	0
Importance historique	Pas d'importance particulière	0
Importance littéraire et artistique	Pas d'importance particulière	0
Importance géohistorique	Pas d'importance particulière	0
Synthèse	Le site ne présente pas une valeur culturelle particulière	0

Valeur économique

Produits économiques	Cette gorge comporte une certaine attractivité pour les randonneurs; ainsi, même en ne fournissant aucun rente directe, cette forme contribue aux gains des infrastructures touristiques de la région (cabanes, courses spéciales de transports publics, hôtel et restaurants de la région)	0.25
Synthèse	La valeur économique du site est faible	0.25

Synthèse

Valeur globale	Le site ne présente qu'une valeur scientifique moyenne. Il présente également une certaine valeur esthétique et économique ; sa valeur écologique et culturelle est par contre nulle
Valeur éducative	Le site constitue un exemple bien visible dans le paysage des processus d'érosion fluviale passés et actuels
Accessibilité	Le site est facilement accessible depuis l'un des sentiers de randonnée pédestre principaux de la région
Atteintes	Aucune atteinte ne semble mettre en danger la qualité du site
Mesures de gestion	Le site ne nécessite pas à notre avis davantage de mesures de protection institutionnelles. Il mériterait par contre une mise en valeur dans le cadre d'une valorisation plus générale de la géomorphologie de la Greina

Références

Références bibliographiques : aucune étude scientifique n'a été menée sur le site
Auteur : G. Fontana, 10.12.07

GRkar003

Dolines de soffusion

W du Plaun la Greina, Vrin (GR)

Coordonnées : 719'000/164'000

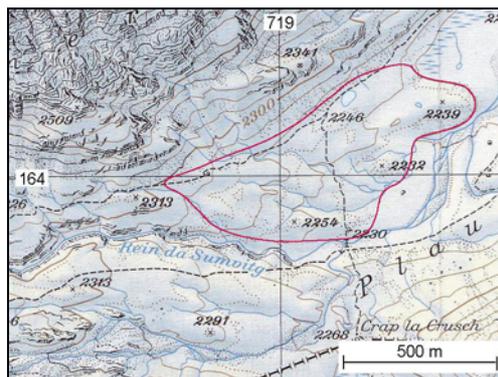
Type : AER

Propriété : PUB, Bourgeoisie de
Aquila, Torre et Lottigna

Altitude min. : 2220 m

Altitude max. : 2280 m

Surface : 400 m²



Extrait de la CN 1233, Greina, 1 : 25'000. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA081001).

Description

La zone située entre la région du Gaglianera et le Plaun la Greina présente de nombreuses dolines s'étant développées sur un substrat composé de moraine d'ablation. Les dolines sont de forme et de dimension variables ; elles sont néanmoins le plus souvent assez petites et rondes. Nombre d'entre elles présentent un fond imperméabilisé et abritent des petites lacs, qui constituent des micro-habitats humides.

Ce géotope est compris dans le périmètre de l'objet IFP *Greina – Piz Medel* et du district franc fédéral *Greina/Pez Vial*. Au niveau cantonal, le géotope fait partie de l'*Inventaire de protection des paysages*.

Morphogenèse

Ces dolines ont commencé à se développer après le retrait rapide du Gletscher da Gaglianera entre le stade de *Greina 2* et le stade *Greina 1b* (stades du Daun et de l'Egesen max. selon le modèle des *Alpes Orientales*), qui a laissé sur place une quantité importante de moraine d'ablation. Il est d'ailleurs probable que la genèse d'une partie de ces dolines soit également liée à la fonte de noyaux de glace morte que le glacier en régression rapide aurait laissé sur place. Le processus dominant à l'origine de la formation de ces dolines demeure néanmoins la dissolution de la cornieule par les eaux s'infiltrant à travers la couverture morainique. La dissolution de la roche en profondeur a ainsi provoqué également l'affaissement de la couverture morainique et donc la formation de ces dolines de soffusion. La présence de limons dans la moraine et leur accumulation sur le fond des dolines est à l'origine de leur imperméabilisation.

Evaluation

Valeur scientifique

Intégrité	Le site est bien conservé	1
Représentativité	Le site est représentatif des processus de dissolution de la cornieule actuels et passés	1
Rareté	Quelques dolines isolées sont présentes plus à l'W, mais le site est unique par son ampleur et sa quantité de dolines	0.75
Valeur paléogéographique	Pas de valeur particulière	0
Synthèse	La valeur scientifique du site est assez élevée	0.69

Valeur esthétique

Points de vue	Le site est bien visible depuis le sentier de randonnée pédestre qui le traverse ; les petites dimensions des dolines les rendent par contre difficilement visibles depuis une distance plus importante	0.5
Contraste, développement vertical et structuration de l'espace	La présence des gneiss oillées clairs dans la moraine d'ablation, de végétation et des surfaces d'eau rend le site assez contrasté du point de vue des couleurs ; le développement vertical est par contre faible est le site est dans son ensemble assez monotone	0.25
Synthèse	La valeur esthétique du site est assez faible	0.38

Valeur écologique

Influence écologique	L'ensemble de la région est couvert par des pelouses dont le lien avec les formes est faible ; le fond de certaines dolines, par contre, est imperméabilisé et constitue des micro-habitats abritant des milieux humides intéressants du point de vue écologique	0.75
Site protégé	Le site n'est pas protégé pour des raisons écologiques	0
Synthèse	La valeur écologique du site est assez faible	0.38

Valeur culturelle

Importance religieuse et symbolique	Pas d'importance particulière	0
Importance historique	Pas d'importance particulière	0
Importance littéraire et artistique	Pas d'importance particulière	0
Importance géohistorique	Pas d'importance particulière	0
Synthèse	Le site ne présente pas une valeur culturelle particulière	0

Valeur économique

Produits économiques	Le site ne constitue pas une attraction pour les randonneurs et ne fournit donc aucun produit économique	0
Synthèse	Le site ne présente pas de valeur économique particulière	0

Synthèse

Valeur globale	Le site présente une valeur scientifique assez élevée. Il a également une certaine valeur esthétique et écologique ; sa valeur culturelle et économique est par contre nulle
Valeur éducative	Le site constitue un exemple bien lisible dans le paysage des processus de dissolution de la cornieule en profondeur et de ses effets sur les sédiments meubles qui la recouvrent
Accessibilité	Le site est facilement accessible depuis l'un des sentiers des randonnée pédestre principaux de la région
Atteintes	Aucune atteinte ne semble mettre en danger la qualité du site
Mesures de gestion	Le site ne nécessite pas à notre avis davantage de mesures de protection institutionnelles. Il mériterait par contre une mise en valeur dans le cadre d'une valorisation plus générale de la géomorphologie de la Greina

Références

Références bibliographiques : aucune étude scientifique n'a été menée sur le site
Auteur : G. Fontana, 10.12.07

GRgla003

Complexe de moraines tardiglaciaires

S de la région du Gaglianera et région du Plaun la Greina, Vrin (GR)

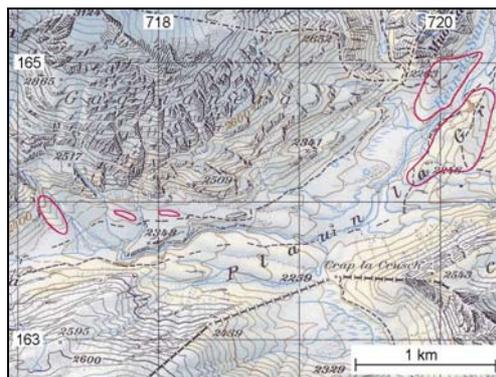
Altitude min. : 2400 m

Altitude max. : 2210 m

Type : AER

Surface : 500 m²

Propriété : PUB, Bourgeoisie de
Aquila, Torre et Lottigna



Extrait de la CN 256, Disentis/Mustér, 1 : 50'000.
Reproduit avec l'autorisation de swisstopo
(BA081001).

Description

Les moraines situées à la sortie de la Valle del Gaglianera et sur le Plaun la Greina correspondent à un complexe de stades tardiglaciaires du Gletscher da Gaglianera. Les moraines du Plaun la Greina ont un volume très important ; elles sont constituées d'un mélange de lithologies qui démontre la complexité de la provenance des flux de glace et elles apparaissent légèrement aplanies. La moraine en rive droite du Rein da Sumvitg ne montre qu'un seul vallum, alors que celle située en rive gauche en montre deux. Les moraines à la sortie de la Valle del Gaglianera sont plus petites et leur lithologie est celle des gneiss du Massif du Gothard ; la moraine latérale en rive droite se compose de deux vallums, qui sont par contre distincts en rive gauche. Ces derniers sont de taille plus petite et sont plus difficilement visibles dans le paysage. L'ensemble du complexe de moraines est couvert par des pelouses ; la moraine en rive droite à la sortie de la Valle del Gaglianera et celle en rive droite du Rein da Sumvitg présentent de grandes niches d'arrachement dues au ravinement.

Ce géotope est compris dans le périmètre de l'objet IFP *Greina – Piz Medel* et du district franc fédéral *Greina/Pez Vial*. Au niveau cantonal, le géotope fait partie de l'*Inventaire de protection des paysages*.

Morphogénèse

Les moraines du Plaun la Greina se sont formées au cours d'une phase de stagnation prolongée d'un glacier provenant du S et alimenté par le Gletscher da Gaglianera, par le Gletscher da Rialpe et par le Gletscher dil Terri. Nous avons nommé ce stade *Greina 2* ; il regroupe vraisemblablement au moins deux positions glaciaires distinctes et correspond au stade du Daun selon le modèle des *Alpes Orientales* de Maisch (1981, 1982). Les moraines situées à la sortie de la Valle del Gaglianera se sont formées plus tard lors de la stagnation du Gletscher da Gaglianera. Nous avons nommé ce stade *Greina 1* de manière générale ; le stade *Greina 1b* correspond à l'extension plus importante et se corrèle avec le stade maximal de l'Egesen, alors que le stade *Greina 1a* correspond au Bockten. Ces moraines ont été progressivement érodées par les cours d'eau ; aujourd'hui, il ne reste que des lambeaux de moraines latérales.

Evaluation

Valeur scientifique

Intégrité	Les moraines sont globalement assez mal conservées à cause de l'importance des processus d'érosion	0.25
Représentativité	Le moraines sont représentatives des processus de dépôt glaciaire passés	1
Rareté	Ce complexe morainique est unique dans la région d'étude	1
Valeur paléogéographique	Les moraines permettent de reconstituer les stades de retrait du Gletscher da Gaglianera au cours du Tardiglaciaire	1
Synthèse	La valeur scientifique du site est élevée	0.81

Valeur esthétique

Points de vue	Les moraines sont bien visibles depuis de nombreux points de vue et notamment depuis les sentiers de randonnée pédestre principaux de la région	1
Contraste, développement vertical et structuration de l'espace	La couverture végétale des moraines les rend globalement peu contrastées du point de vue des couleurs. Leur développement vertical est par contre assez important, surtout en ce qui concerne les moraines du Plaun la Greina ; elles contribuent ainsi à structurer l'espace environnant	0.75
Synthèse	La valeur esthétique du site est très élevée	0.88

Valeur écologique

Influence écologique	Les moraines sont recouvertes par des pelouses dont le lien avec les formes est faible	0.25
Site protégé	Le site n'est pas protégé pour des raisons écologiques	0
Synthèse	Le site ne présente pas une valeur écologique particulière	0.13

Valeur culturelle

Importance religieuse et symbolique	Pas de valeur particulière	0
Importance historique	Pas de valeur particulière	0
Importance littéraire et artistique	Pas de valeur particulière	0
Importance géohistorique	Pas de valeur particulière	0
Synthèse	Le site ne présente pas une valeur culturelle particulière	0

Valeur économique

Produits économiques	Le site ne constitue pas une attraction pour les randonneurs et ne fournit donc aucun produit économique	0
Synthèse	Le site ne présente pas de valeur économique particulière	0

Synthèse

Valeur globale	Le site présente une valeur scientifique élevée ; sa valeur esthétique est également élevée. Il ne présente par contre pas de valeur écologique, culturelle ou économique particulière
Valeur éducative	Le site constitue un exemple assez bien lisible dans le paysage des processus de dépôt glaciaire passés, ainsi que des processus à l'origine de leur érosion
Accessibilité	Le site est facilement accessible par les principaux sentiers de randonnée pédestre de la région
Atteintes	L'atteinte principale à la qualité du site est l'érosion par le ravinement progressif des cours d'eau
Mesures de gestion	Le site ne nécessite pas à notre avis davantage de mesures de protection institutionnelles. Il mériterait par contre une mise en valeur dans le cadre d'une valorisation plus générale de la géomorphologie de la Greina

Références

Références bibliographiques : Hantke (1983)
Auteur : G. Fontana, 10.12.07

GRflu003

Plaine alluviale

Plaun la Greina, Vrin (GR)

Coordonnées : 720'200/164'800

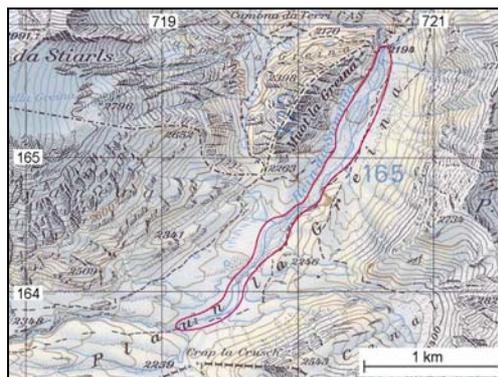
Altitude min. : 2200 m

Altitude max. : 2220 m

Type : AER

Surface : 400 m²

Propriété : PUB, Bourgeoisie de Aquila, Torre et Lottigna



Extrait de la CN 256, Disentis/Mustér, 1 : 50'000.
Reproduit avec l'autorisation de swisstopo
(BA081001).

Description

La plaine alluviale du Plaun la Greina a une surface de 400 m² environ et se compose de trois plaines alluviales entrecoupées par du matériel morainique. La première unité est la plus petite et se situe à la sortie de la gorge du rein da Sumvitg. La deuxième unité est séparée des deux autres par le cône paraglacière à la sortie du Val Canal au SW et par les moraines du stade *Greina 2* (correspondant au stade du Daun) au NE ; elle occupe un ombilic qui abrite également un marais. La troisième unité est la plus étendue. Les bras du Rein da Sumvitg y forment de nombreuses tresses séparées par des bancs sableux et graveleux, parfois colonisés par de la végétation.

Du point de vue écologique, cette plaine alluviale est particulièrement intéressante à cause de la présence d'une végétation spécialisée typique du *groupement pionnier des bords de torrents alpins* (Sutter, 1976). Le *Plaun la Greina* a également une valeur symbolique par son rôle dans les débats écologiques des années 1960 en Suisse et particulièrement à cause de l'opposition à la construction d'un barrage hydroélectrique dans la région (Bearth, 1991). Sa valeur esthétique a d'ailleurs inspiré de nombreux artistes depuis le XIX^e siècle.

Ce géotope est compris dans le périmètre de l'objet IFP *Greina – Piz Medel*, du district franc fédéral *Greina/Pez Vial* et de l'objet ZA *Plaun la Greina*. Au niveau cantonal, le géotope fait partie de l'*Inventaire de protection des paysages*.

Morphogénèse

Le Plaun la Greina a pris naissance par le comblement progressif d'un ombilic par les alluvions provenant du Rein da Sumvitg, du Val Canal et du versant NNE du Piz Coroi. Les ombilics abritant la troisième unité de cette plaine alluviale doivent avoir été façonnés au cours de la première partie du Tardiglaciaire ; au stade de *Greina 2*, le glacier alimenté par le Gletscher da Gaglianera, le Gletscher dil Terri et le Gletscher da Rialpe a déposé de grandes moraines au cours d'une phase de stagnation prolongée. Ce glacier a ensuite régressé de manière rapide, en déposant de la moraine d'ablation à l'amont des moraines du stade *Greina 2*. Les cours d'eau ont commencé à déposer leur charge solide dans les ombilics et à se creuser un passage à travers les moraines du Plaun la Greina. La majeure partie de l'alluvionnement doit néanmoins avoir eu lieu par remobilisation des sédiments paraglaciers au cours de l'Holocène.

Evaluation

Valeur scientifique

Intégrité	Le site est globalement bien conservé, sauf le long du sentier de randonnée pédestre en rive droite du Rein da Sumvitg, à cause de l'érosion due au piétinement excessif	0.5
Représentativité	Le site est représentatif des processus fluviaux actuels de la région d'étude	1
Rareté	D'autres plaines alluviales, de dimensions beaucoup plus petites, sont présentes dans la région d'étude. Le Plaun la Greina demeure un exemple exceptionnel par ampleur et diversité des formes représentées	0.75
Valeur paléogéographique	Pas de valeur particulière	0
Synthèse	La valeur scientifique du site est moyenne	0.56

Valeur esthétique

Points de vue	Le site est bien visible de nombreux points de vue, notamment depuis le sentier qui traverse la région	1
Contraste, développement vertical et structuration de l'espace	Le présence de surfaces d'eau, de bancs graveleux non végétalisés et de surfaces végétalisées donne au site un bon contraste au niveau des couleurs. Son développement vertical est par contre très faible ; dans son ensemble, la plaine alluviale ne contribue pas beaucoup à la structuration de l'espace	0.5
Synthèse	La valeur esthétique du site est élevée	0.75

Valeur écologique

Influence écologique	Présence d'une mosaïque complexe d'associations végétales, comprenant le groupement pionnier des bords de torrents alpins, présentant un grand intérêt écologique (Sutter, 1976)	1
Site protégé	Le site est inscrit dans l'Inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale (ZA)	1
Synthèse	La valeur écologique du site est très élevée	1

Valeur culturelle

Importance religieuse et symbolique	Pas connue	0
Importance historique	Le site a joué un rôle important dans les débats écologiques des années 1960 en Suisse (Bearth, 1991)	1
Importance littéraire et artistique	Les méandres du Plaun la Greina ont été sources d'inspiration pour des peintures de Bryan Cyril Thurston	0.5
Importance géohistorique	Pas d'importance particulière	0
Synthèse	La valeur culturelle du site est très élevée	1

Valeur économique

Produits économiques	Cette plaine alluviale constitue l'une des « attractions » principales qui poussent les randonneurs à visiter la Greina ; ainsi, même ne fournissant aucun rente directe, cette forme contribue de manière remarquable aux gains des infrastructures touristiques de la région (cabanes, courses spéciales de transports publics, hôtel et restaurants de la région)	0.5
Synthèse	La valeur économique du site est moyenne	0.5

Synthèse

Valeur globale	Ce géotope ne présente qu'une valeur scientifique et économique moyenne, mais sa valeur esthétique, écologique et culturelle est remarquable
Valeur éducative	Le site constitue un exemple bien lisible dans le paysage des processus fluviaux actuels
Accessibilité	Le site est facilement accessible par l'un des principaux sentiers pédestres de la région
Atteintes	Le piétinement excessif est l'atteinte principale qui semble actuellement mettre en danger la qualité du site. Un afflux accru de visiteurs pourrait aggraver davantage ce type d'érosion
Mesures de gestion	Le site ne nécessite pas à notre avis davantage de mesures de protection institutionnelles. Il serait par contre souhaitable d'informer les visiteurs de la fragilité du site et des bons comportements à adopter, notamment de l'importance de ne pas sortir du sentier tracé. Le site mériterait également une mise en valeur dans le cadre d'une valorisation plus générale de la géomorphologie de la Greina

Références

Références bibliographiques : Bearth (1991), Sutter (1976)
Auteur : G. Fontana, 10.12.07

GRgla004

Bloc erratique

Crap la Crusch, Blenio (TI), Vrin (GR)

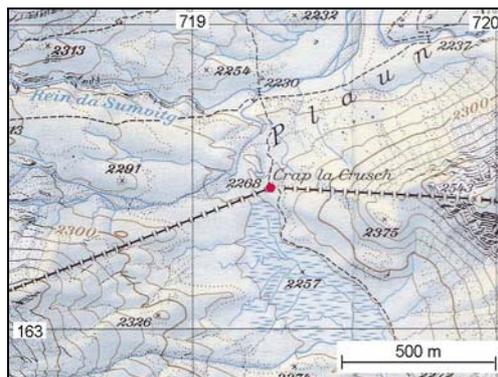
Coordonnées : 719'250/163'450

Altitude : 2268 m

Type : PCT

Volume : 10 m³

Propriété : PUB, Bourgeoisie de Aquila, Torre et Lottigna



Extrait de la CN 1233, Greina, 1 : 25'000. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA081001).

Description

Ce bloc de gneiss oillé du Massif du Gothard se situe sur la ligne de partage des eaux entre le Ri di Motterascio et le Rein da Sumvitg. Il se trouve sur un substrat rocheux de schistes argileux noirs recouvert par de la couverture morainique. Le bloc est largement colonisé par des lichens et porte une croix en fer battu sur son sommet.

Ce géotope est compris dans le périmètre de l'objet IFP *Greina – Piz Medel*. Se situant le long de la frontière entre les cantons du Tessin et des Grisons, il fait également partie des district francs fédéraux *Greina* et *Greina/Pez Vial*. Au niveau cantonal, le géotope est compris dans le périmètre d'une *Zone de protection de la nature* (TI) et de l'*Inventaire de protection des paysages* (GR).

Morphogénèse

Ce bloc a été transporté par le Gletscher da Gaglianera et déposé à Crap la Crusch lors du retrait rapide de ce glacier au Bølling-Allerød, après le stade *Greina 2* (Daun). Sa position témoigne de l'extension du Gletscher da Gaglianera à cette époque et laisse supposer une certaine diffluence de la glace en direction de l'Alpe di Motterascio.

Evaluation

Valeur scientifique

Intégrité	Le bloc est bien conservé, mais une croix en fer battu a été fixée sur son sommet	0.75
Représentativité	Le bloc est représentatif des processus de transport glaciaire passés	1
Rareté	Quelques autres grands blocs erratiques sont présents dans la région d'étude	0.5
Valeur paléogéographique	Le bloc, par sa position, démontre la diffluence glaciaire du Gletscher da Gaglianera par la région de Crap la Crusch vers Motterascio au cours du Tardiglaciaire	1
Synthèse	La valeur scientifique du site est élevée	0.81

Valeur esthétique

Points de vue	Le site est bien visible depuis plusieurs points de vue, notamment depuis les sentiers de randonnée pédestre principaux de la région	1
Contraste, développement vertical et structuration de l'espace	La couleur grise du gneiss du bloc présente un certain contraste avec le vert des pelouses environnantes. Son développement vertical est modeste, mais il contribue à structurer l'espace par sa présence isolée	0.5
Synthèse	La valeur esthétique du site est élevée	0.75

Valeur écologique

Influence écologique	Le bloc ne constitue un milieu de vie que pour quelques lichens	0.25
Site protégé	Le site n'est pas protégé pour des raisons écologiques	0
Synthèse	Le site ne présente pas une valeur écologique particulière	0.13

Valeur culturelle

Importance religieuse et symbolique	Pas d'importance particulière	0
Importance historique	La croix en fer battu sur le bloc a été installée en 1870 afin d'indiquer la frontière entre le canton du Tessin et des Grisons	0.5
Importance littéraire et artistique	Pas d'importance particulière	0
Importance géohistorique	Pas d'importance particulière	0
Synthèse	La valeur culturelle du site est moyenne	0.5

Valeur économique

Produits économiques	Le site ne constitue pas une attraction pour les randonneurs ; sa présence isolée contribue néanmoins à structurer l'espace dans lequel il se trouve et à lui donner un aspect caractéristique. Il contribue de cette manière indirectement à l'attractivité générale de la Greina, et donc aux gains des infrastructures touristiques de la région (cabanes, courses spéciales de transports publics, hôtel et restaurants de la région)	0.25
Synthèse	La valeur économique du site est faible	0.25

Synthèse

Valeur globale	La valeur scientifique et esthétique du site est élevée ; il présente également une certaine valeur culturelle, mais sa valeur écologique et économique sont très faibles
Valeur éducative	Le site constitue un exemple bien lisible dans le paysage des processus de transport glaciaire passés
Accessibilité	Le site est facilement accessible depuis l'un des sentiers de randonnée pédestre principaux de la région
Atteintes	Aucune atteinte ne semble mettre en danger la qualité du site
Mesures de gestion	Le site ne nécessite pas à notre avis davantage de mesures de protection institutionnelles. Il mériterait par contre une mise en valeur dans le cadre d'une valorisation plus générale de la géomorphologie de la Greina

Références

Références bibliographiques : aucune étude scientifique n'a été menée sur le site
Auteur : G. Fontana, 17.12.07

GRorg001

Bas-marais

Crap la Crusch, Blenio (TI)

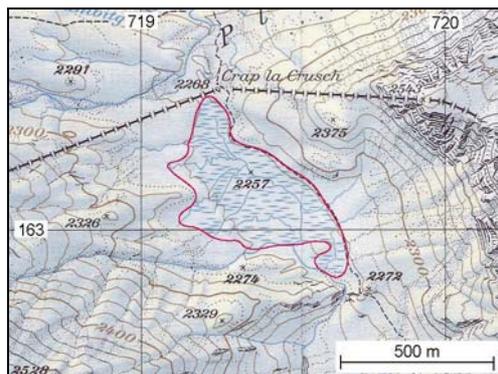
Coordonnées : 719'400/163'150

Altitude : 2260 m

Type : AER

Surface : 200 m²

Propriété : PUB, Bourgeoisie de
Aquila, Torre et Lottigna



Extrait de la CN 1233, Greina, 1 : 25'000. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA081001).

Description

Le bas-marais de Crap la Crusch se situe dans un ombilic et occupe une surface de 200 m² environ. Morphologiquement, il s'agit d'une surface plane, traversée par quelques cours d'eau provenant du versant NE du Piz Coroi. La limite entre les cônes de déjection et le marais n'est d'ailleurs pas facile à définir : les deux formes constituent en effet un continuum. Le bas-marais abrite une *parvocaricaie acidophile* de grande valeur écologique (Sutter, 1976).

Ce géotope est compris dans le périmètre de l'objet IFP *Greina – Piz Medel* et du district franc fédéral *Greina*. Le bas-marais de Crap la Crusch est inscrit au BM. Au niveau cantonal, le géotope est compris dans le périmètre d'une *Zone de protection de la nature* et du bas-marais d'importance cantonale.

Morphogenèse

L'ombilic de Crap la Crusch a été façonné au cours du Tardiglaciaire par la glace diffluant depuis le N et, ensuite, par un glacier situé sur le versant NE du Piz Coroi, qui a d'ailleurs déposé les cordons morainiques à l'W du marais. L'ombilic a été occupé par un lac depuis le stade de *Greina 1* (Egesen) au moins. L'atterrissement du lac et l'accumulation végétale ont porté à la création du bas-marais actuel.

Evaluation

Valeur scientifique

Intégrité	Le site est bien conservé	1
Représentativité	Le site est représentatif des processus de comblement d'ombilics par l'alluvionnement et l'accumulation organique à l'origine de la formation des marais	1
Rareté	D'autres marais existent dans la région d'étude. Le bas-marais de Crap la Crusch est par contre unique par ses dimensions	0.75
Valeur paléogéographique	Pas de valeur particulière	0
Synthèse	La valeur scientifique du site est assez élevée	0.69

Valeur esthétique

Points de vue	Le site est bien visible depuis plusieurs points de vue, notamment depuis l'un des sentiers de randonnée pédestre principaux de la région	1
Contraste, développement vertical et structuration de l'espace	Le site ne présente aucun contraste de couleurs par rapport à l'espace environnant. Son développement vertical est très faible et il ne contribue pas à la structuration de l'espace	0
Synthèse	La valeur esthétique du site est moyenne	0.5

Valeur écologique

Influence écologique	Le site abrite une parvocariçaie acidophile de grande valeur écologique (Sutter, 1976)	1
Site protégé	Le site est inscrit à l'Inventaire des bas-marais d'importance nationale (BM)	1
Synthèse	La valeur écologique du site est très élevée	1

Valeur culturelle

Importance religieuse et symbolique	Pas d'importance particulière	0
Importance historique	Pas d'importance particulière	0
Importance littéraire et artistique	Pas d'importance particulière	0
Importance géohistorique	Pas d'importance particulière	0
Synthèse	Le site ne présente pas une valeur culturelle particulière	0

Valeur économique

Produits économiques	Le site ne constitue pas une attraction pour les randonneurs et ne fournit donc aucun produit économique	0
Synthèse	Le site ne présente pas une valeur économique particulière	0

Synthèse

Valeur globale	Le site présente une valeur scientifique assez élevée ; sa valeur écologique est très élevée et il présente également une certaine valeur esthétique. Sa valeur culturelle et économique est par contre nulle
Valeur éducative	Le site constitue un exemple assez bien lisible dans le paysage des processus d'accumulation organique
Accessibilité	Le site est facilement accessible depuis l'un des sentiers de randonnée pédestre principaux de la région
Atteintes	Aucune atteinte ne semble mettre en danger la qualité du site
Mesures de gestion	Le site ne nécessite pas à notre avis davantage de mesures de protection institutionnelles. Il mériterait par contre une mise en valeur dans le cadre d'une valorisation plus générale de la géomorphologie de la Greina

Références

Références bibliographiques : Sutter (1976)
Auteur : G. Fontana, 17.12.07

GRgla005

Lac d'ombilic

NW du Piz Terri, Vrin (GR)

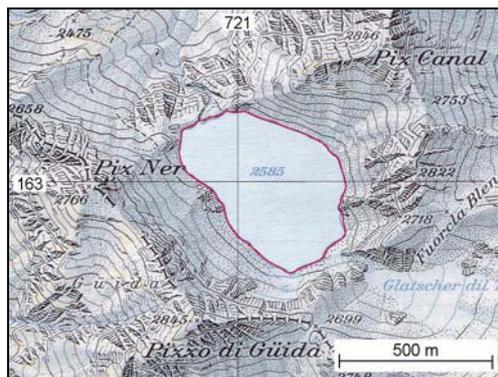
Coordonnées : 721'100/162'950

Altitude : 2585 m

Type : AER

Surface : 300 m²

Propriété : PUB, Bourgeoisie de Aquila, Torre et Lottigna



Extrait de la CN 1233, Greina, 1 : 25'000. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA081001).

Description

Le lac situé au NW du Piz Terri occupe un ombilic et a une surface de 300 m² environ. L'ensemble de la cuvette occupée par le lac est très active : les éboulis du versant SW du Piz Canal sont affectés par des laves torrentielles, alors que ceux du versant NE du Pizzo di Gūida sont plutôt affectés par des formes périglaciaires telles que des loupes de solifluxion et des pierres redressées. Le lac lui-même connaît depuis quelques décennies la formation d'un delta à cause des apports sédimentaires du cours d'eau issu du Glatscher dil Terri. Un glacieret est encore présent sur le versant NE du Pizzo di Gūida.

Le contraste de couleur entre le lac, les roches foncées et les glaciers, ainsi que l'absence presque totale de végétation, donnent au site un aspect très particulier.

Ce géotope est compris dans le périmètre de l'objet IFP *Greina – Piz Medel* et du district franc fédéral *Greina/Pez Vial*. Au niveau cantonal, il fait partie de l'*Inventaire de protection des paysages*.

Morphogenèse

L'ombilic du lac au NW du Piz Terri a été façonné au cours de la dernière glaciation par la concentration des flux de glace du Glatscher dil Terri et des glaciers du versant SW du Piz canal et du versant NE du Pizzo di Gūida. En 1850, l'ombilic était encore complètement occupé par de la glace, qui devait encore diffuser au-dessous du verrou situé à l'aval du lac actuel (Hantke, 1983). En 1973, une bonne partie de l'ombilic était encore englacée (Maisch, 1992); le Glatscher dil Terri constituait donc un calving glacier. Ce glacier a beaucoup régressé au cours des dernières décennies et il n'occupe désormais qu'une petite partie de son cirque. Les apports du cours d'eau glaciaire du Terri ont provoqué la formation d'un delta.

Evaluation

Valeur scientifique

Intégrité	Le site est bien conservé	1
Représentativité	Le site est représentatif des processus de surcreusement glaciaire passés, ainsi que des processus de sédimentation lacustre	1
Rareté	Le site est unique dans la zone d'étude	1
Valeur paléogéographique	Pas de valeur particulière	0
Synthèse	<i>La valeur scientifique du site est élevée</i>	0.75

Valeur esthétique

Points de vue	Le site est visible depuis de nombreux points de vue, notamment depuis un sentier de randonnée alpine atteignant le verrou. Il est par contre invisible depuis le bas de la vallée et depuis les sentiers de randonnée pédestre principaux	0.5
Contraste, développement vertical et structuration de l'espace	Le site est bien contrasté à cause des différences entre la couleur de l'eau, des roches et des glaciers. Le développement vertical du lac est nul, mais il contribue de manière importante à structurer l'espace environnant	0.75
Synthèse	<i>La valeur esthétique du site est moyenne</i>	0.63

Valeur écologique

Influence écologique	Le site ne présente pas de végétation particulière	0
Site protégé	Le site n'est pas protégé pour des raisons écologiques	0
Synthèse	<i>La site ne présente pas une valeur écologique particulière</i>	0

Valeur culturelle

Importance religieuse et symbolique	Pas de valeur particulière	0
Importance historique	Pas de valeur particulière	0
Importance littéraire et artistique	Pas de valeur particulière	0
Importance géohistorique	Pas de valeur particulière	0
Synthèse	<i>Le site ne présente pas une valeur culturelle particulière</i>	0

Valeur économique

Produits économiques	Ce lac comporte une certaine attractivité pour les randonneurs ; ainsi, même ne fournissant aucun rente directe, cette forme contribue aux gains des infrastructures touristiques de la région (cabanes, courses spéciales de transports publics, hôtel et restaurants de la région)	0.25
Synthèse	<i>La valeur économique du site est faible</i>	0.25

Synthèse

Valeur globale	La valeur scientifique du site est élevée ; il présente également une certaine valeur esthétique, alors que sa valeur économique, écologique et culturelle est faible à nulle
Valeur éducative	Le site constitue un exemple bien lisible dans le paysage des processus de surcreusement glaciaire passés, ainsi que des processus d'accumulation lacustre actuels
Accessibilité	Le site est accessible par un sentier de randonnée alpine présentant quelques passages difficiles. Il est donc déconseillé aux personnes peu expérimentées, ainsi qu'en cas de mauvais temps
Atteintes	Aucune atteinte ne semble mettre en danger la qualité du site
Mesures de gestion	Le site ne nécessite pas à notre avis davantage de mesures de protection institutionnelles. Il mériterait par contre une mise en valeur dans le cadre d'une valorisation plus générale de la géomorphologie de la Greina

Références

Références bibliographiques : Hantke (1983), Maisch (1992)
Auteur : G. Fontana, 17.12.07