Géovisions 38

UNIL | Université de Lausanne
Institut de géographie

Cartographier les géomorphosites

Objectifs, publics et propositions méthodologiques

Géraldine Regolini

Lausanne, mai 2012

UNIL | Université de Lausanne
Faculté des géosciences
et de l'environnement
Institut de géographie

Cartographier les géomorphosites : objectifs, publics et propositions méthodologiques

Thèse de doctorat

présentée à la Faculté des Géosciences et de l'Environnement

de l'Université de Lausanne par

Géraldine Regolini

Licenciée ès Lettres (Lausanne)

Jury

Président	Prof. Jean Ruegg Doyen de la Faculté des GSE, Université de Lausanne
Directeur de thèse	Prof. Emmanuel Reynard Institut de géographie, Université de Lausanne
Experts	Prof. Dominique Sellier Institut de Géographie et d'Aménagement Régional, Université de Nantes
	Prof. Heidi Megerle Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg
	Dr. Paola Coratza Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

Lausanne 2011

UNIL | Université de Lausanne
Faculté des géosciences et de l'environnement
bâtiment Amphipôle
CH-1015 Lausanne

IMPRIMATUR

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

Président de la séance publique :	M. le Professeur Jean Rüegg
Président du colloque :	M. le Professeur Jean Rüegg
Directeur de thèse :	M. le Professeur Emmanuel Reynard
Expert externe :	Mme le Professeur Heidi Megerle
Expert externe :	M. le Professeur Dominique Sellier
Expert externe :	Mme le Docteur Paola Coratza

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

Madame Géraldine REGOLINI

Licence en Lettres
Université de Lausanne

intitulée

CARTOGRAPHIER LES GEOMORPHOSITES : OBJECTIFS, PUBLICS ET PROPOSITIONS METHODOLOGIQUES

Lausanne, le 16 décembre 2011

Faculté des géosciences et de l'environnement

Professeur Jean Rüegg, Doyen

Impressum

Manière de citer cet ouvrage :

Regolini, G. (2012). *Cartographier les géomorphosites. Objectifs, publics et propositions méthodologiques* (Géovisions n°38). Lausanne : Université, Institut de géographie.

Directeur de la publication :

Christophe Lambiel

Photo page de couverture :

Lac Golzern (Vallée de Maderan, canton d'Uri, Suisse). Août 2008. Cliché : Géraldine Regolini.

Maquette, mise en page et graphisme :

Gaston Clivaz, Géraldine Regolini

Impression :

Multiprint SA
Avenue Beauregard 9
CH-1700 Fribourg

Publié par :

Institut de géographie
Université de Lausanne
Anthropole
1015 Lausanne

http://www.unil.ch/igul

© Université de Lausanne
2012 Institut de géographie - UNIL

ISBN : 978-2-940368-13-6

Table des matières

Abstract I
Résumé II
Zusammenfassung III
Riassunto V
Abréviations VI
Remerciements VII

1. Introduction générale 1
   1.1 Les géomorphosites : un nouveau champ de recherche 1
   1.2 Les différents axes de recherche 2
      1.2.1 L'évaluation des géomorphosites 2
      1.2.2 La protection des géomorphosites 3
      1.2.3 Valorisation des géomorphosites 5
   1.3 Historique et état d'avancement des recherches concernant la cartographie des géomorphosites 6

2. Problématique 9
   2.1 Problématique générale 9
   2.2 Délimitation du champ d'étude 10
   2.3 Objectifs de la thèse 12
   2.4 Démarche et méthodes de recherche 14
   2.5 Plan de la thèse 16

3. Cadre théorique pour la cartographie des géomorphosites 17
   3.1 La cartographie et ses enjeux 17
      3.1.1 L'approche historique 17
      3.1.2 L'approche théorique 19
      3.1.3 L'approche méthodologique 23
   3.2 Les objets à cartographier 25
      3.2.1. Géotopes et géomorphosites : définitions 25
      3.2.2 Caractéristiques des géomorphosites 27
      3.2.3 Méthodes d'évaluation 29

3.2.4 Conséquences pour la cartographie des géomorphosites 31
3.3 La cartographie des géomorphosites 32
3.3.1 Visées et utilisateurs de la cartographie des géomorphosites 32
3.3.2 La question du public : spécialistes et non-spécialistes 34
3.4 Communiquer avec un public de non-spécialistes 35
3.4.1 Le parcours de vulgarisation 35
3.4.2 La recherche d'une pédagogie 36
3.4.3 Communication cartographique avec un public de non-spécialistes 38

4. La vallée de Maderan (UR) – Présentation de la région et du site d'étude 41
4.1 Situation géographique 41
4.2 Contexte climatique 42
4.3 Contexte géologique 45
4.3.1 Introduction 45
4.3.2 La géologie de la vallée de Maderan 46
4.4 Contexte géomorphologique 51
4.4.1 Introduction 51
4.4.2 Processus glaciaires 52
4.4.3 Processus périglaciaires 54
4.4.4 Processus fluviatiles 55
4.4.5 Processus gravitaires 58
4.4.6 Processus karstiques 59
4.5 Contexte socio-économique 60
4.5.1 Passé et présent agricole 60
4.5.2 Passé et présent minier 61
4.5.3 Passé et présent touristique 62
4.6. Une vallée au patrimoine riche et protégé 64
4.6.1 Le patrimoine biologique 64
4.6.2 Le patrimoine historique et culturel 67
4.6.3 Le patrimoine géologique et géomorphologique 67
4.6.4 Valorisation du patrimoine géomorphologique de la vallée de Maderan 70
4.7 Le site d'étude 71
4.7.1 Choix du site d'étude et méthodes de recherche 71
4.7.2 Géomorphologie de la région de Golzern 73

4.7.3 Reconstruction de l'histoire glaciaire 78
4.7.4 Morphogenèse de la région de Golzern 84

5. Considérations méthodologiques pour la cartographie des géomorphosites 87
5.1 Etat de la question 87
5.1.1 Recommandations méthodologiques basées sur la cartographie géomorphologique classique 87
5.1.2 Cartographie des caractères intangibles des géomorphosites 88
5.1.3 Cartographie des aspects culturels des géomorphosites 91
5.1.4 Cartographie pour non-spécialistes 92
5.1.5 Recherches récentes 95
5.1.6 Constats 95
5.2 Proposition de lignes directrices pour la cartographie des géomorphosites 97
5.2.1 Cadre général pour la cartographie des géomorphosites 97
5.2.2 Présentation des lignes directrices 98
5.2.3 Expériences dans l'application des lignes directrices 101
5.3 La cartographie géotouristique : proposition d'une typologie 101
5.3.1 Objectifs de l'étude de l'analyse des cartes géotouristiques 102
5.3.2 Recueil de cartes et analyse des données 102
5.3.3 Typologie des cartes géotouristiques 104
5.3.4 Caractéristiques et potentiel de communication des différents types de cartes géotouristiques 109
5.3.5 Conclusions 112
5.4 Considérations méthodologiques pour l'élaboration de cartes géotouristiques 112
5.4.1 Proposition d'une approche intégrée 113
5.4.2 Adaptation des lignes directrices 117
5.4.3 Conclusions et perspectives 118

6. Perception et compréhension des formes et processus géomorphologiques par les non-spécialistes 119
6.1 Introduction 119
6.2 Structure de l'enquête 120
6.2.1 Démarche et objectifs de l'enquête 120
6.2.2 Contenu du questionnaire 120

6.2.3 Structure du questionnaire 121
6.2.4 Echantillonnage et déroulement de l'enquête 122
6.2.5 Analyse des données 125
6.3 Perception et compréhension des formes et processus géomorphologiques 125
6.3.1 Profil des élèves 125
6.3.2 Analyse de la perception des formes géomorphologiques 126
6.3.3 Analyse de la connaissance des processus géomorphologiques 135
6.3.4 Vérification des hypothèses de travail 138
6.3.5 Comparaison avec les résultats des randonneurs adultes 141
6.4 Discussion 146
6.4.1 Facteurs influençant la perception des formes géomorphologiques 146
6.4.2 Hypothèses sur l'origine des connaissances en géosciences des non-spécialistes 148
6.4.3 Perspectives pour la cartographie géotouristique 149
6.5 Conclusions partielles et perspectives 150

7. Mise en forme graphique et didactique des cartes géotouristiques 153
7.1 Objectifs et bases théoriques 153
7.1.1 Objectifs généraux du chapitre 153
7.1.2 Bases théoriques pour la mise en forme graphique 153
7.1.3 Bases théoriques pour la mise en forme didactique 156
7.2 Évaluation des préférences de différents fonds de carte et types de légende 161
7.2.1 Présentation de l'enquête 161
7.2.2 Présentation du matériel test 163
7.2.3 Fonds de carte et types de légende préférés 165
7.2.4 Discussion des préférences 171
7.2.5 Conclusions et perspectives 173
7.3 Evaluation de la carte géodidactique de Golzern 174
7.3.1 La carte géodidactique de Golzern pour élèves de l'école secondaire 174
7.3.2 Structure de l'étude 180
7.3.3 Evaluation par les utilisateurs 182
7.3.4 Evaluation par les enseignants 186
7.3.5 Evaluation par observation participante 188
7.3.6 Evaluation du matériel test 192

7.3.7 Evaluation selon la méthode pour l'évaluation de sentiers à thèmes 196
7.3.8 Bilan de l'évaluation croisée et de l'apport des éléments didactiques 199
7.4 Principaux enseignements concernant la mise en forme graphique et didactique des cartes géotouristiques 201

8. Discussion et conclusion 205
8.1 Introduction 205
8.2 Retour sur les objectifs et questions de recherches 205
8.3 Limites de l'étude et perspectives de recherche 216
8.4 Conclusion et perspectives 217

Bibliographie 221
Annexes 243

Abstract

Gemorphosite mapping: aims, publics and methodological proposals

Géraldine Regolini, Institute of Geography, University of Lausanne

Related to the raise of the awareness of the importance of the Earth heritage, geomorphosites receive increasing attention from the scientific community. Assessment methods, classification and conservation strategies have been developed to safeguard the geomorphological heritage for present and future generations. On the other hand, Earth heritage offers opportunities to develop educational and recreational programs as well as tourism projects. Various interpretive supports and local development projects have been engendered in the past few years to promote geoheritage.

Be it for the assessment, conservation or promotion of geomorphosites, maps are valuable from many standpoints. They can provide fundamental data for detailed geomorphosite description, serve as visual communication tools helping to guide the selection process in defining protection priority or supporting Earth heritage promotion and interpretation.

This study reviews the main achievements and the objectives yet to be accomplished in the field of geomorphosite mapping and proposes a general framework for the mapping of geomorphosites that takes into account the different aims and publics. The main focus is on mapping geomorphosites for non-specialists in the field of Earth heritage promotion (*Geotourism*). In this context, maps are often employed to show itineraries or points of interest. Like a scheme or a diagram, a map can also be used as a method for visualising geoscientific information. This function is particularly important since some processes, which contributed to the formation of a geomorphosite or a geomorphological landscape are no longer or not always clearly visible in the landscape. In this case, maps become interpretive media that serve popularisation purposes.

Mapping for non-specialists holds the challenging task to ensure the information transfer between the cartographer and the user. We therefore focus on both the implementation of the map by the cartographer (*which information? which visualisation?*) and the interpretation of the map by the user (*effectiveness of the knowledge transfer*). The research is based on empirical studies carried out in the Maderan valley (Canton of Uri) and in classes of the Cantons of Uri and Tessin that aim to gain knowledge about the familiarity and interests of non-specialists for geoheritage as well as about their map reading skills. The final objective is to formulate methodological proposals for geomorphosite mapping for interpretive purpose.

Résumé

Cartographier les géomorphosites : objectifs, publics et propositions méthodologiques

Géraldine Regolini, Institut de géographie, Université de Lausanne

En lien avec la prise de conscience de l'importance du patrimoine géologique et géomorphologique, les géomorphosites ont obtenu une attention croissante de la part de la communauté scientifique. Des méthodes d'évaluation, de classification et des stratégies de conservation ont été développées afin de sauvegarder le géopatrimoine pour les générations présentes et futures. Parallèlement, des programmes éducatifs et de loisirs ainsi que divers projets de développement local ont été créés ces dernières années afin de promouvoir et sauvegarder le géopatrimoine.

Que ce soit pour l'évaluation, la conservation ou la promotion, la cartographie des géomorphosites est utile à plusieurs égards. Les cartes peuvent fournir des données fondamentales pour la description détaillée des géomorphosites, servir d'aide à la décision, par exemple dans la définition des priorités de protection, ou soutenir la valorisation et la médiation du géopatrimoine.

Cette étude fait l'état de l'avancement et des objectifs encore à atteindre dans le domaine de la cartographie des géomorphosites et propose un cadre général prenant en compte les différents objectifs et publics. L'objectif principal de cette étude est la cartographie des géomorphosites pour un public de non-spécialistes dans le domaine de la valorisation du géopatrimoine (*géotourisme*). Dans ce contexte, les cartes sont souvent utilisées pour montrer les itinéraires ou les points d'intérêt. Elles peuvent cependant également servir à représenter des données géoscientifiques afin de visualiser les processus qui ont contribué à la formation d'un géomorphosite ou d'un paysage géomorphologique et qui ne sont plus ou pas toujours clairement visibles dans le paysage. Dans ce cas, les cartes deviennent des outils de visualisation, comme un schéma ou un diagramme.

L'enjeu de la cartographie pour non-spécialistes réside dans un transfert efficace des informations entre le cartographe et l'utilisateur. Par conséquent, nous focalisons l'attention à la fois sur la réalisation de la carte par le cartographe (*quelle information? Quel mode de visualisation?*) et sur l'interprétation de la carte par l'utilisateur (*efficacité de la transmission*). Notre recherche est basée sur des études empiriques, menées dans la vallée de Maderan (canton d'Uri) et dans des classes des cantons d'Uri et du Tessin, visant à acquérir des connaissances sur la familiarité et les intérêts des non-spécialistes par rapport au géopatrimoine, ainsi que sur leurs compétences en matière de lecture de carte. L'objectif final est de formuler des propositions méthodologiques pour la cartographie des géomorphosite à des fins de valorisation.

Zusammenfassung

Kartographie von Geotopen: Zielsetzungen, Zielgruppen und methodische Vorschläge

Géraldine Regolini, Geographisches Institut, Universität Lausanne

Angesichts der zunehmenden Anerkennung, die dem geologischen und geomorphologischen Erbe entgegengebracht wird, ziehen Geotope verstärkt die Aufmerksamkeit der Wissenschaft auf sich. Es wurden Bewertungs- und Klassifizierungsmethoden sowie Strategien zur Bewahrung dieses Erbes entwickelt, die zum Ziel haben, es für die gegenwärtigen und kommenden Generationen zu erhalten. Parallel dazu wurden Freizeit- und Bildungsangebote sowie verschiedene Projekte zur lokalen Entwicklung erarbeitet, um das erdwissenschaftliche Erbe in Wert zu setzen und zu bewahren.

Ob für die Bewertung, den Schutz oder die Aufwertung, die Kartographie von Geotopen ist in verschiedener Hinsicht nützlich. So können Karten als Grundlage für die detaillierte Beschreibung von Geotopen dienen, eine Entscheidungshilfe bieten – zum Beispiel wenn über Schutzprioritäten entschieden wird – oder zur Aufwertung und Vermittlung von Geotopen beitragen.

Die vorliegende Studie zieht Bilanz über den aktuellen Forschungsstand und die noch zu erreichenden Ziele im Bereich der Kartographie von Geotopen und schlägt einen allgemeinen Rahmen für die Erstellung von Karten vor, der die verschiedenen Zielsetzungen und -gruppen berücksichtigt. Das Hauptaugenmerk der Studie liegt auf der Kartographie von Geotopen für Laien im Bereich der Aufwertung und Vermittlung des erdwissenschaftlichen Erbes *(Geotourismus).* In diesem Kontext werden Karten oft dazu benutzt, Reiserouten oder die Lage von geologischen oder geomorphologischen Sehenswürdigkeiten aufzuzeigen. Karten können jedoch ebenfalls dazu dienen, erdwissenschaftliche Gegebenheiten darzustellen, um Prozesse zu veranschaulichen, die zur Bildung von Geotopen oder geomorphologischen Landschaften beigetragen haben und in der Landschaft nicht mehr oder nicht immer klar ersichtlich sind. In diesem Fall werden Karten als Visualisierungswerkzeug benutzt wie etwa ein Schema oder ein Diagramm.

Die Herausforderung der Kartographie für ein nicht fachkundiges Publikum liegt in der effizienten Übermittlung der Informationen zwischen dem Kartographen und dem Benutzer. Aus diesem Grund konzentrieren wir uns sowohl auf die Erstellung der Karte durch den Kartographen (*Wahl und Visualisierung der zu übermittelnden Information*) als auch auf die Interpretation der Karte durch den Benutzer (*Wirksamkeit der Übertragung*).

Die vorliegende Arbeit basiert auf empirischen Studien, die im Maderanertal (Kanton Uri) und in Schulklassen der Kantone Uri und Tessin durchgeführt

wurden. Sie untersucht die Vertrautheit und das Interesse, die Laien gegenüber dem erdwissenschaftlichen Erbe entgegenbringen sowie deren Kompetenzen im Lesen von Karten. Hauptziel ist es, methodische Vorschläge zur Kartographie von geomorphologischen Geotopen im Hinblick auf deren Aufwertung zu erarbeiten.

Riassunto

Cartografare i geomorfositi: obiettivi, pubblico e proposte metodologiche

Géraldine Regolini, Istituto di geografia, Università di Losanna

In seguito alla graduale presa di coscienza dell'importanza del patrimonio geologico e geomorfologico, i geomorfositi hanno riscontrato un'attenzione vieppiù crescente da parte della comunità scientifica. Metodi di valutazione, di classificazione e strategie di conservazione sono stati sviluppati allo scopo di salvaguardare questo patrimonio per le generazioni presenti e future. In questi ultimi anni sono anche stati creati dei programmi per l'educazione e lo svago, così come diversi progetti di sviluppo locale, per promuovere e conservare il geopatrimonio esistente.

La cartografia è utile sia per la valutazione, che la conservazione o la promozione dei geomorfositi. Le carte possono infatti fornire dati fondamentali per la descrizione dettagliata dei geomorfositi, aiutare gli organi competenti a prendere decisioni (ad esempio per quanto attiene alle priorità di protezione), o sostenere la valorizzazione e la divulgazione scientifica del geopatrimonio.

Il presente studio illustra i risultati delle ricerche effettuate e gli obiettivi ancora da raggiungere nel settore della cartografia dei geomorfositi. In una seconda parte propone un quadro generale tenendo conto dei differenti obiettivi e utenti da raggiungere. Lo scopo principale di questo lavoro è la cartografia dei geomorfositi per un pubblico di non-specialisti nel campo della valorizzazione del geopatrimonio (geoturismo). In questo contesto, le carte sono spesso utilizzate per mostrare gli itinerari o i punti di maggior interesse. Possono tuttavia anche servire a rappresentare dei dati geoscientifici così da permettere la visualizzazione dei processi che hanno contribuito alla formazione di un geomorfosito o di un paesaggio geomorfologico e che non sono sempre o del tutto visibili nel paesaggio. In questo caso le carte diventano uno strumento di rappresentazione, come uno schema o un diagramma.

La sfida della cartografia per non-specialisti, risiede nel trasferire efficacemente le informazioni dal cartografo all'utilizzatore. Di conseguenza, l'attenzione è focalizzata sia sulla realizzazione della carta da parte del cartografo (Quale informazione ? Come rappresentarla ?) che sull'interpretazione della carta da parte degli utenti (efficacia della trasmissione). La ricerca si basa su studi empirici effettuati nella valle di Maderan (canton Uri) e in classi scolastiche dei cantoni di Uri e del Ticino, con lo scopo di acquisire informazioni sulla familiarità e gli interessi delle persone non-specialiste relative al geopatrimonio, così come le loro competenze nella lettura e nell'interpretazione delle carte. L'obiettivo finale è di formulare delle proposte metodologiche per la cartografia dei geomorfositi al fine di una loro valorizzazione.

Abréviations

ACP	Analyse en composante principale
CHA	Classification hiérarchique ascendante
DLEG	Dépression de la ligne d'équilibre
EGN	European Geoparks Network
EIE	Etudes d'impact sur l'environnement
GRM	Geomorphosites risk managment model
IAG	Association internationale des géomorphologues
IFP	Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale
ISOS	Inventaire fédéral des sites construits à protéger en Suisse
IUGS	International Union of Geological Sciences
IZA	Inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale
IVS	Inventaire des voies de communication historiques de la Suisse
LEG	Ligne d'équilibre glaciaire
LGM	Last Glacial Maximum
OFEV	Office fédéral de l'environnement
PAG	Petit Age Glaciaire
PBC	Inventaire suisse des biens culturels d'importance nationale et régionale
ProGeo	The European Association for the Conservation of the Geological Heritage
PPS	Inventaire des prairies et pâturages secs
RIR	Régimes institutionnels de ressources
SIG	Système d'information géographique
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

Remerciements

Au cours de ces six dernières années, de nombreuses personnes ont soutenu, chacune à leur manière, ce projet de thèse. Je tiens à les remercier très chaleureusement pour leur aide. Mes remerciements vont tout particulièrement :

- Au Professeur Emmanuel Reynard, mon directeur de thèse, qui a suivi ce travail avec beaucoup d'intérêt et d'engagement et qui m'a laissé la liberté d'explorer mes propres idées tout en veillant à ce que je ne m'éloigne pas trop de mon objectif ;
- À la fondation *Hans Z'graggen* pour le soutien financier qui a permis de mener à bien le travail de terrain ;
- À la *Société Académique Vaudoise* et la *Fondation du 450e anniversaire* pour l'octroi de subsides pour la publication de cette thèse.
- À la société *Lisag* pour la mise à disposition de géodonnées concernant le canton d'Uri ;
- Aux Professeurs Matthias Loretz, Bettina Muheim, Erich Nager, Adreas Walker et Andreas Wegmann du Canton d'Uri et aux Professeurs Stefania Camponovo, Loara Frigerio, Stefano Imelli, Marzio Regolini et Igor Zocchetti du Canton de Tessin pour avoir mis à disposition leur temps et leurs classes pour les études empiriques en salle et sur le terrain ;
- Aux collègues de l'Institut de géographie qui n'ont jamais refusé de partager avec moi leurs compétences précieuses ;
- À tous les relecteurs attentifs pour les heures passées sur mes textes ;
- Aux collègues à travers le monde qui sont engagés dans la recherche sur les géomorphosites et qui, au fil des colloques, sont devenus de bons amis avec qui partager des idées novatrices ;
- À Heidi Bailey pour m'avoir fait découvrir le domaine de l'interprétation et pour les conseils pratiques ;
- Mes parents et beaux-parents pour les bons plats qui m'ont donné la force nécessaire et pour toutes les heures passées à s'occuper merveilleusement de leur petit-fils ;
- À mon mari, pour avoir toujours cru en moi ;
- Et enfin à mon fils, Lian, qui a toujours compris quand je devais m'absenter.

1. Introduction générale

1.1 Les géomorphosites : un nouveau champ de recherche

Un bloc erratique : témoin d'une ancienne glaciation. Une vallée morte à l'aval d'un coude : trace de l'évolution d'un réseau hydrographique. Un système torrentiel actif : lieu d'observation de processus géomorphologiques en cours. Une montagne « sacrée » : témoin de l'expression religieuse et identitaire liée à un élément du paysage. Une cité taillée dans la pierre : expression du lien entre la société et son environnement.

Il s'agit là de sites représentant une importance particulière pour la compréhension de l'histoire de la Terre, soit parce qu'ils témoignent de climats, d'environnements ou de géographies passés, soit parce qu'ils permettent l'observation de processus récents ou actuels (Reynard, 2009a). Ces sites sont appelés « géotopes » ou « géosites » en fonction des aires linguistiques (géotopes dans les pays germanophones et francophones et geosites dans les pays anglo-saxons et italophones) et font l'objet de recherches depuis une vingtaine d'années (Reynard, 2009a).

Géotope ou *géosite* sont les termes génériques utilisés pour désigner un ensemble de sites définis selon les différentes disciplines des géosciences. Dans le domaine de la géomorphologie, le terme le plus utilisé est celui proposé par Panizza (2001) : *géomorphosite* (respectivement « *geomorphosite* » en anglais et « *geomorfosito* » en italien). Il sera utilisé dans cette étude pour parler des sites géomorphologiques présentant une valeur scientifique pour la reconstitution de l'histoire de la Terre, et parfois également des valeurs additionnelles (écologique, culturelle, esthétique, etc.) (Panizza & Piacente, 1993 ; 2003 ; Reynard, 2005a) les rendant dignes d'être protégés et transmis aux générations futures. En ce sens, ils constituent un *patrimoine géomorphologique* ou un *géopatrimoine*.

Aujourd'hui, l'étude des géomorphosites est une discipline bien établie dans le monde académique. Depuis la création d'un Groupe de travail en 2001 (Working group on geomorphosites) au sein de l'Association internationale des géomorphologues (IAG), les congrès et publications au sujet des géomorphosites se sont multipliés et des enseignements ordinaires ou extraordinaires (cours estivaux intensifs) sont organisés par plusieurs universités (Reynard et Coratza, 2007 ; Reynard et al., 2009a). Les objectifs principaux du groupe de travail sont (Reynard & Coratza, 2005 ; Reynard & Coratza, 2009) :

- la mise en réseau des chercheurs travaillant sur la problématique des géomorphosites et l'instauration de collaborations avec d'autres associations (IUGS, UNESCO et ProGeo, voir liste d'abréviations) ;
- le développement de méthodes d'évaluation des géomorphosites ;
- la recherche et l'application de méthodes dans le domaine de la cartographie et de la visualisation du géopatrimoine ;

- le développement de la recherche concernant la géoconservation et son intégration dans les processus d'évaluation environnementale et autres outils de gestion territoriaux ;
- le rapprochement avec les milieux concernés par le géotourisme ;
- la mise en place d'une offre éducative à différents niveaux scolaires, auprès des autorités et du public.

Cette étude s'inscrit dans le cadre des travaux de recherche effectués par les membres de ce Groupe de travail. A plusieurs reprises, elle fait état des activités du Groupe de travail qui en constituent le cadre de référence.

1.2 Les différents axes de recherche

Les recherches actuelles se focalisent sur **l'évaluation, la protection et la valorisation** des géomorphosites (fig. 1.1). Elles se concentrent généralement sur l'un des domaines mentionnés : élaboration de procédures d'évaluation, étude des processus naturels ou anthropiques pouvant nuire à l'intégrité d'un site, création de supports explicatifs (brochures, panneaux, cartes ou autres) pour ne citer que quelques exemples. Dans la pratique, les différentes actions sont cependant souvent liées puisque la valorisation ou la protection supposent une évaluation préalable du site ou de sites comparables, que la valorisation ne peut se faire sans se soucier de l'intégrité à long terme des sites et que la protection passe parfois par la valorisation d'un site.

La présentation des caractéristiques majeures des différents axes de recherche permettra de mieux situer l'apport de cette thèse à la problématique des géomorphosites.

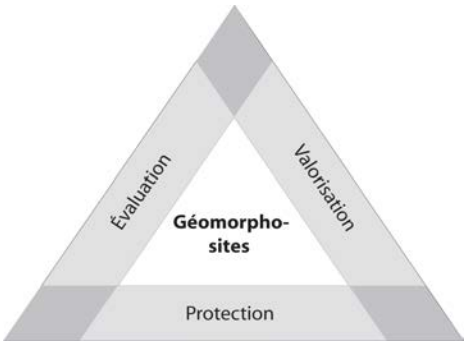


Fig. 1.1 Principaux axes de recherche concernant la problématique des géomorphosites.

1.2.1 L'évaluation des géomorphosites

Les recherches sur les géomorphosites se sont très tôt concentrées sur l'élaboration de procédures d'évaluation (Grandgirard, 1997 ; 1999) et de nombreux inventaires

de géomorphosites ont vu le jour. Ils ont été réalisés dans des **contextes** variables (inventaires d'objets, études d'impact sur l'environnement (EIE), évaluation à des fins de valorisation), avec des **objectifs** différents (identification et description, protection ou valorisation des géomorphosites) et à des **échelles** diverses (locale, régionale, nationale). Afin de tenir compte des exigences spécifiques découlant de cadres d'évaluation différents, plusieurs méthodes ont été élaborées au sein du Groupe de travail (Bruschi & Cendrero, 2005 ; Coratza & Giusti, 2005 ; Serrano & González Trueba, 2005 ; Pereira et al., 2007 ; Reynard et al. 2007). Une comparaison et une évaluation de ces différentes méthodes sont proposées par Bruschi & Cendrero (2009) et Reynard (2009b). Bien que chaque méthode présente des particularités, elles ont toutes des critères d'évaluation communs touchant à deux grands groupes de valeurs : la valeur scientifique et les valeurs additionnelles (Reynard, 2005a). Des différences apparaissent en ce qui concerne l'évaluation des valeurs d'usage et de protection. D'une part, ces valeurs ne sont pas évaluées dans toutes les méthodes (absence dans la méthode proposée par Coratza & Giusti, 2005 et évaluation qualitative dans l'étude de Reynard et al., 2007) et, d'autre part, les critères à travers lesquels ces deux valeurs sont jugées sont différents d'une méthode à l'autre *(voir chapitre 3.2.3 Méthodes d'évaluation)*.

L'objectif initial du groupe de travail était de créer une méthode standardisée ; il a été revu en faveur de la documentation de plusieurs méthodes : « *The assessment of geosites and the choice of assessment methods depend drastically of the objectives and the context of the research* ; *for this reason, we have abandoned the project of guidelines and concentrated the activities of the working group on the documentation of several available methods* » (Reynard & Coratza, 2005 : 1).

Face à un nouveau projet d'inventaire, la documentation disponible relative aux méthodes mentionnées ci-dessus permet, aujourd'hui, de recourir à l'une d'elle et de l'adapter, si nécessaire, aux besoins particuliers. Si l'élaboration de nouvelles méthodes ne constitue une priorité que pour des cas particuliers (par ex. évaluation de la valeur didactique des sites ; Kozlik, en cours), il est surtout important de procéder à la validation des méthodes existantes (Bruschi & Cendrero, 2005 ; 2009).

1.2.2 La protection des géomorphosites

La protection de la grotte Baumannshöhle en Allemagne au XVII^{e} siècle (Erikstad, 2008), l'établissement du « premier » parc géologique à thème « Dinosaur Court » (Thomas & Warren, 2008) et la protection des blocs erratiques en Suisse au milieu du XIX^{e} siècle (Reynard, 2004a) sont des exemples anciens, mais isolés, de géoconservation. Le véritable essor de la géoconservation est lié à la création des parcs nationaux aux Etats-Unis (Erikstad, 2008), où plusieurs des premiers parcs ont été inscrits en raison de leur valeur scénique ou géologique (Gray, 2004). C'est notamment le cas des parcs du Yellowstone, Yosemite, Mount Rainier, Crater Lake et Banff (Gray, 2004). Le concept de parcs nationaux s'est répandu en Europe à partir de 1909 (désignation du premier parc national en Suède) (Erikstad, 2008).

Cette approche, durant laquelle « … *areas for conservation have been identified and defined […] by drawing boundaries on a map and then giving particular status to the land, wildlife or features within these boundaries that does not apply outside the*

boundaries » (Gray, 2004 : 182) est appelée **approche des aires protégées** (« boundary concept », Doyle & Bennett, 1998) ou **approche législative** (Gray, 2004). Elle a été adoptée dans de nombreux pays, à différentes échelles et sur fond de régimes législatifs très variés. Gray (2004) fait un état des lieux de cette approche dans les différentes parties du globe et conclut que la biodiversité domine toujours les efforts de protection de la nature dans la plupart des pays, mais « *…there are important geoconservation efforts being made in the United Kingdom and parts of Australia (particulary Tasmania), New Zealand, United States, Canada and Europe. […] However, much more needs to be done even in these countries to raise awareness of the value and threats to geodiversity and the need for conservation efforts* » (Gray, 2004 : 257). C'est dire que la seule approche législative, bien que cruciale, ne suffit pas à garantir la sauvegarde du géopatrimoine.

Un deuxième volet d'actions, que nous pouvons appeler **approche gestionnaire**, englobe des pratiques aussi diverses que l'évaluation du géopatrimoine, les politiques publiques, l'aménagement du territoire, les études d'impact, la communication, l'interprétation et l'éducation, pour n'en citer que quelques-unes. Les acteurs impliqués sont aussi variés que les pratiques : autorités publiques, associations, organisations, communautés, etc. Les nombreuses initiatives développées ces dernières décennies contribuent largement à diffuser la notion de géopatrimoine et à renforcer sa sauvegarde. Cet ensemble de pratiques n'est pas forcément appliqué à une aire définie au préalable, mais suit plutôt une problématique de gestion.

Burek & Prosser (2008) donnent une définition de la géoconservation qui tient compte des ces multiples facettes : ***« action taken with the intent of conserving and enhancing geological and geomorphological features, processes, sites and specimens for the future, and generally involving awareness raising activity in support of this aim »*** (Burek & Prosser, 2008 : 3). Ils mettent l'accent sur la différence entre « conservation » et « préservation ». La première fait référence à des mesures de gestion permettant l'évolution naturelle des objets à protéger. La deuxième, au contraire, décrit des mesures de protection visant à figer les objets ou sites d'intérêt dans un état donné.

La recherche du juste milieu entre intervention humaine et évolution naturelle se trouve ainsi au cœur du débat concernant la protection du géopatrimoine, et tout particulièrement des géomorphosites dynamiques. Ces dernières années, plusieurs chercheurs se sont penchés sur des géomorphosites sensibles au changement climatique ou exposés à des risques naturels (Alcántara-Ayala, 2009 ; Joyce, 2009 ; Smith et al., 2009 ; Diolaiuti et Smiraglia, 2010 ; Garavaglia et al., 2010 ; Bollati, en cours). Smith et al. (2010) soulignent les conflits d'intérêt potentiels dans la gestion des sites dynamiques comme par exemple de la Chaussée des Géants et sa côte (site nord irlandais inscrit sur la Liste du patrimoine mondial) : « *Thus, those who believe that natural sites should be left to develop naturally will inevitably come into conflict with those who wish to retain specific features and access to them for their iconic, scientific or, indeed, economic value* » (Smith et al., 2010).

L'étude détaillée des processus et facteurs influençant l'évolution spatiale et temporelle d'un site apparaît donc indispensable afin de gérer au mieux un site dynamique. La gestion des géomorphosites nécessite cependant aussi une approche

dépassant la seule connaissance des aspects naturels. Les méthodes d'analyse permettant d'appréhender de façon systématique les différents acteurs et usages, indépendamment des spécificités géologiques ou géomorphologiques d'un site, sont pour l'instant peu développées. Reynard (2005b) a proposé à ce sujet d'appliquer le concept des régimes institutionnels de ressources (RIR) pour une analyse systématique des droits de propriétés et des politiques publiques régissant l'exploitation et la protection des géomorphosites. Le *Geomorphosites risk management model* (GRM) développé par Alcántara-Ayala (2009) est un modèle permettant de mettre en place une gestion intégrée et durable des géomorphosites dans des régions à risques naturels. Le modèle prend en compte l'évaluation du risque, les mesures de prévention et de gestion du géomorphosite et des éventuels impacts sociaux.

Malgré ces recherches récentes et le partage des « bonnes pratiques », par exemple au sein du Réseau européen des Géoparcs (European Geopark Network, EGN) (Zouros, 2009), les questions de l'évaluation de la vulnérabilité d'un site, de la gestion des flux de visiteurs et de la mise en place de procédés de monitorage sont encore peu explorées.

1.2.3 Valorisation des géomorphosites

Certains auteurs attribuent les activités de mise en valeur au domaine de la géoconservation (Burek & Prosser, 2008 ; Gray, 2004) en ce sens qu'elles peuvent sensibiliser le public à la valeur des sites et amener à un comportement plus respectueux, voire engendrer leur protection (sensibiliser pour protéger) (Coratza, 2004). En général, les activités de valorisation sont cependant associées au *géotourisme* (Hose, 1996 ; Dowling & Newsome, 2006 ; Megerle, 2008). Dans ce cas, la valorisation se définit plus par le cadre dans lequel elle s'inscrit (activités de loisirs) que par ses objectifs. La définition du géotourisme donnée par Megerle (2008) montre cependant que les deux aspects ne sont pas exclusifs :

> «*Geotourismus ist eine Sparte des Thementourismus, der auf einer Erfassung, Aufarbeitung, Inwertsetzung und Vermarktung des breiten Themenspektrums der Erd- und Landschaftsgeschichte inklusive ihrer Wechselwirkungen zu Vegetation, Fauna, Kulturlandschaftsgeschichte und zur heutigen Landschaftsnutzung durch den Menschen basiert. Mittels methodisch-didaktischer Formen der informellen Umweltbildung erfolgt eine ganzheitliche Vermittlung der regionalen Besonderheiten und Charakteristika, um hierdurch ein Bewusstsein und Verständnis für die Schutzwürdigkeit sowie ein Regionalbewusstsein zu schaffen. Ein qualitativ hochwertiger Geotourismus kann und sollte somit einen relevanten Beitrag zu einer nachhaltigen Regionalentwicklung leisten* » (Megerle, 2008 : 25-26).

Que ce soit donc dans le cadre de la géoconservation ou du géotourisme, la valorisation individuelle d'un site ou la mise en valeur d'une région engendre de nombreuses initiatives. Toute activité de valorisation implique une **communication** entre **spécialistes** (scientifique, vulgarisateur, médiateur) et **non-spécialistes** (autorités, grand public) qui se fait au travers de **médias** personnels (visite guidée,

conférence, etc.) ou impersonnels (expositions, panneaux, brochures, cartes, etc.). En ajoutant à cela le vaste choix des thématiques pouvant être abordées, on se rend compte de l'étendue des projets de valorisation possibles. Ces derniers sont fréquemment le sujet de communications lors de colloques scientifiques sur les thèmes des géomorphosites ou du géotourisme. Alors que les présentations concernant le contenu des réalisations ou l'utilisation d'un support innovant sont nombreuses, les communications relatives aux approches méthodologiques ou à l'évaluation de ces produits font généralement défaut (Sellier, 2009 ; Martin et al., 2010). Pourtant, comme les produits de valorisation sont sensés avoir un impact positif et intéresser un public grandissant, il est indispensable de s'appuyer sur des bases théoriques appropriées et d'évaluer leur qualité.

En raison de son caratère transversal, la cartographie des géomorphosite n'est pas présentée comme un axe de recherche au même titre que l'évaluation, la protection ou la valorisation des géomorphosites. Elle réunit en effet tous ces aspects en trouvant des applications aussi bien dans le cadre de l'évaluation, de la protection et de la valorisation. Le chapitre suivant retrace le développement de la cartographie et fait état de l'avancement des recherches.

1.3 Historique et état d'avancement des recherches concernant la cartographie des géomorphosites

La cartographie des géomorphosites apparaît dès le début des années 2000 comme l'un des axes de recherche du Groupe de travail sur les géomorphosites, avec pour objectif de publier des lignes directrices concernant l'évaluation et la cartographie des géomorphosites (Reynard et Coratza, 2001). Afin de retracer le développement de la cartographie des géomorphosites et de proposer un état de la question, nous avons consulté les publications principales et les résumés des communications en lien avec ce sujet présentées lors des colloques organisés ou co-organisés par le Groupe de travail sur les géomorphosites entre 2001 et 2010 (fig. 2.1, Annexe 1).

Dès le début, les recherches prennent en compte **deux types d'utilisateurs** différents : les **spécialistes et les non-spécialistes** (Carton et al., 2005). Il est intéressant de noter que les contributions focalisant sur la cartographie pour spécialistes se concentrent davantage sur la représentation des géomorphosites dans le cadre de leur évaluation (Josan & Ilies, 2003), alors que la cartographie pour non-spécialistes est réalisée avec l'objectif d'une valorisation touristique des géomorphosites (Tommasi et al., 2002 ; Castaldini et al., 2003). La publication de synthèse réalisée par Carton et al. (2005) met en avant la nécessité d'une approche différenciée de la cartographie des géomorphosites selon le type d'utilisateur.

En ce qui concerne les contributions traitant des **aspects méthodologiques**, cette distinction est bien présente puisque les deux champs évoluent séparément. Au début, la cartographie des géomorphosites pour spécialistes se caractérise par la prise en compte des aspects géomorphologiques (Cannillo et al., 2005 ; Di Gregorio & Piras, 2005 ; Serrano & González-Trueba, 2005). Ce n'est que plus tard que les premières cartes de synthèse incluant la représentation des valeurs scientifiques et additionnelles apparaissent (Reynard et al., 2007 ; Portal, 2010). Grâce aux propositions méthodologiques de chercheurs de plusieurs universités italiennes (Orrù

& Panizza, 2004 ; 2009 ; Rovere et al., 2010), la cartographie s'étend aux géomorphosites submergés.

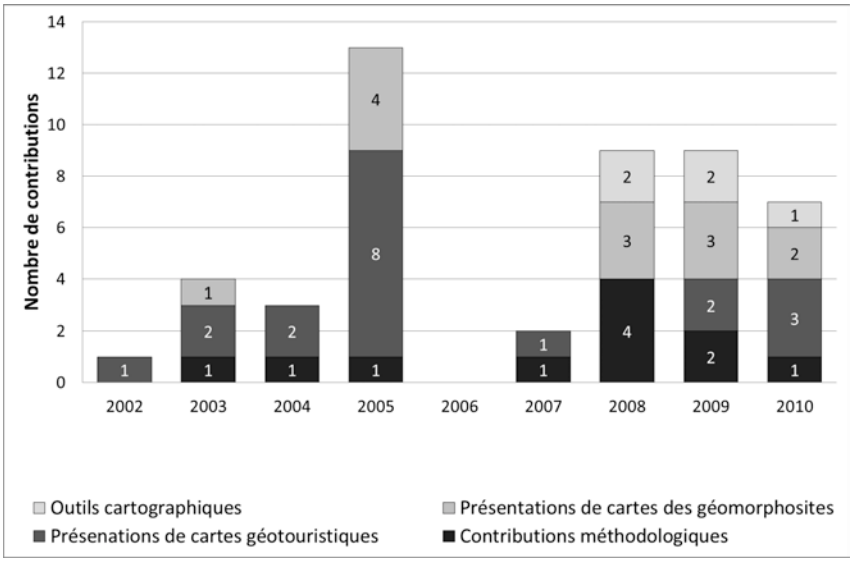


Fig. 1.2 Évolution des contributions liées à la thématique de la cartographie des géomorphosites dans les colloques (co)organisés par le Groupe de travail sur les géomorphosites entre 2001 et 2010 (n = 46).

La première méthode avancée pour la cartographie géotouristique est décrite par Castaldini et al. (2003 ; 2005a ; 2005b) et vise une adaptation des cartes pour spécialistes pour les non-spécialistes. Les cartes sont simplifiées et on y ajoute des informations touristiques. Parallèlement, d'autres chercheurs italiens développent une cartographie qui prend en compte l'aléa géomorphologique le long d'itinéraires géotouristiques et les caractéristiques physiques des sentiers (Picazzo et al., 2007 ; Pelfini et al., 2009 ; Brandolini & Pelfini, 2010). Du côté suisse, une approche plus axée sur les utilisateurs est proposée, qui cherche à intégrer des principes de médiation (Martin & Reynard, 2009 ; Martin, 2010 ; Regolini-Bissig, 2010).

En 2008, le colloque « Mapping Geoheritage » (Regolini-Bissig & Reynard, 2010) fait le point sur l'avancement des recherches. Il apparaît que les divers **outils géomatiques** sont de plus en plus utilisés pour la saisie des géomorphosites (Giardino et al., 2010). Quant à la représentation de ces derniers, les outils multimédias sont de plus en plus fréquents (Ghiraldi et al., 2010). Comme le montrent les diverses contributions aux colloques de Paris (Castaldini, 2009 ; Reynard et al., 2009b), Melbourne (Rice-Snow et al., 2009 ; Santos et al., 2009), et Lisbonne (Lahmar, 2010), l'utilisation des **nouvelles technologies** est en progression.

A la lumière des trois axes de recherche concernant la problématique des géomorphosites (fig. 1.1), force est de constater que la cartographie à des fins de gestion et de protection est pour le moment largement sous-représentée. Les auteurs

de cartes pour spécialistes en lien avec l'évaluation des sites mentionnent certes le potentiel de ce type de cartes pour soutenir des actions de géoconservation (Di Gregorio et al., 2010), mais le projet de Smith et al. (2010) concernant la cartographie des mouvements de terrain affectant la Chaussée des Géants et sa côte reste pour le moment l'une des rares applications concrètes.

L'aperçu des recherches concernant la cartographie des géomorphosites montre qu'elle a été étudiée sous différents angles, dont chacun amène de nouvelles connaissances à cette problématique vaste et diversifiée. La cartographie trouve ainsi une application à la fois comme outil de travail pour les spécialistes (description, monitoring, planification) et comme instrument de valorisation à l'attention des non-spécialistes (présentation et consultation d'informations). En effet, au vu de la diversité des applications cartographiques exigeant des mises en forme spécifiques, il serait plus correct de parler des cartographies des géomorphosites au pluriel.

La recherche d'approches méthodologiques pour les différentes sous-catégories a, selon nous, toujours sa raison d'être. Disposer d'un procédé commun serait avantageux tant pour les personnes impliquées dans des projets cartographiques que pour les utilisateurs futurs. Pouvoir s'appuyer sur une méthodologie éprouvée ferait gagner du temps dans l'établissement d'un projet cartographique et en faciliterait l'utilisation. Une telle méthodologie a, selon nous, pour objectif la définition des conditions cadre pour la réalisation de cartes qui remplissent les critères d'une communication cartographique efficace *(voir chapitre 3.1 et 3.4)*. Par cette recherche, nous visons à définir les éléments permettant de réaliser cet objectif.

2. Problématique

2.1 Problématique générale

Cette thèse se focalise sur la **cartographie pour non-spécialistes dans le domaine de la valorisation**. Dans ce domaine, les cartes sont communément appelées « cartes géotouristiques ». La racine *géo* fait référence aux sciences de la Terre (géographie, géomorphologie, géologie) et le terme *touristique* caractérise à la fois les circonstances dans lesquelles ce type de carte est utilisé (loisirs) et les usagers (touristes) (Regolini-Bissig, 2010). Grâce à la récolte de nombreuses cartes géotouristiques, il a été possible de mettre en évidence une forte variabilité dans la représentation des géomorphosites et le contenu des informations touristiques (Bissig & Berrebi, 2006).

A partir de cette observation, nous nous sommes intéressée d'une part au processus d'élaboration des cartes géotouristiques et d'autre part à l'utilisation de ces cartes. La consultation de la littérature existante a permis d'identifier des insuffisances méthodologiques. Dans bon nombre de cas, les choix concernant le public cible, le contenu scientifique et touristique ainsi que la mise en forme cartographique de ces informations ne sont, en effet, pas ou peu explicités. Ce manque de renseignements concernant la *phase de codification* (fig. 2.1) découle, à notre avis, de l'absence d'une approche méthodologique clairement définie qui entraîne une réflexion superficielle au moment de la conception des cartes. D'autre part, on remarque un manque de publications relatives à la *phase de décodification*. Nous entendons par là l'évaluation de l'efficacité d'une carte, qui peut être définie comme la capacité à soutenir un processus de communication avec un minimum de perte ou de mauvaise interprétation des informations véhiculées par cette dernière. Les investigations auprès des utilisateurs demeurent effectivement très rares. Pourtant, dans un projet cartographique, il faudrait tenter de maîtriser les deux phases : la codification et la décodification (Coratza & Regolini-Bissig, 2009).

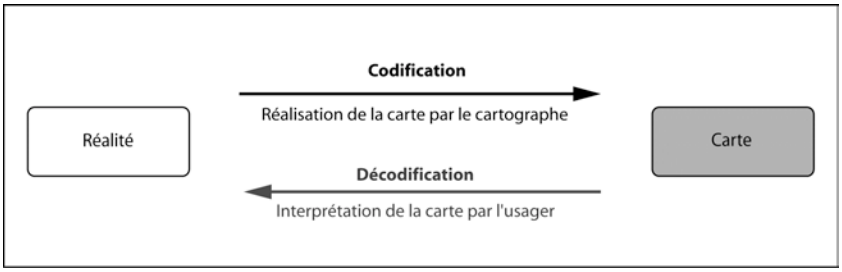


Fig. 2.1 Transformations de l'information entre réalité et représentation cartographique (d'après Coratza & Regolini-Bissig, 2009).

Le passage de l'information originale à l'information cartographique, et vice-versa, est au cœur de notre problématique de recherche. **Comment faut-il représenter les géomorphosites pour que les non-spécialistes soient en mesure de les identifier et de comprendre les informations les concernant ?** Ce

questionnement contient les éléments fondamentaux, auxquels il nous semble indispensable d'apporter des réponses si l'on veut créer un produit « *cohérent et adapté à la fois à son public, au site où il se trouve, au contenu informationnel et au support de ce dernier* » (Martin et al., 2010 : 56).

2.2 Délimitation du champ d'étude

Comme le suggère notre question de recherche générale, nous optons pour une approche globale en nous intéressant tant au processus de codification de l'information cartographique qu'au processus de décodification. Ceci implique de travailler sur plusieurs **axes de recherche** concernant :

1. le choix du contenu à transmettre ;
2. le choix des signes et symboles pour la représentation des géomorphosites ;
3. les principes de la lecture du paysage géomorphologique par les non-spécialistes ;
4. l'évaluation de la compréhension de l'information cartographique.

La figure 2.2 représente les quatre axes de recherche dans le schéma général de la transmission de l'information. Le **choix du contenu (C1) et de la représentation de celui-ci (C2)** est au cœur de la transformation de l'information originale (formes du relief, carte géomorphologique classique ou évaluation des géomorphosites) en information conçue pour les non-spécialistes (carte géotouristique). Ce passage se fait dans la grande majorité des cas en fonction du principe de la simplification (Castaldini et al., 2005a, 2005b ; Bertacchini et al., 2007), c'est-à-dire par la réduction du nombre de formes géomorphologiques ou géomorphosites et par la simplification de la légende géomorphologique classique (ex. un seul symbole pour des glissements de terrains actifs et inactifs). Cette simplification peut atteindre des niveaux extrêmes par la représentation des sites sous forme de points ou de symboles. La valeur explicative de ce type de cartes est alors minime et se résume à une simple localisation des sites. Dans l'autre cas extrême, la simplification est très faible, ce qui produit, à notre avis, des cartes beaucoup trop complexes contenant beaucoup d'informations superflues pour un public de non-spécialistes (Bissig, 2008).

Le degré de simplification n'est cependant pas seul en cause. Ce qui manque souvent dans cette phase, c'est une véritable approche de médiation scientifique : « *Pour bien informer, il importe d'abord d'être capable d'écouter et de repérer les représentations, attitudes et centres d'intérêt des publics auxquels on s'adresse. Une réelle connaissance des groupes et des personnes permettra une communication attrayante et stimulante, capable de susciter l'intérêt, retenir l'attention et faire penser* » (El Hadj 1985 : 158). C'est une telle approche, basée sur la prise en compte des représentations, attitudes et centres d'intérêt des groupes et des personnes, que nous voulons développer pour offrir une traduction, plutôt qu'une simplification, du contenu scientifique.

En géomorphologie, l'objet d'étude est constitué par les formes de surface et les processus qui les ont créées. Les objets susceptibles de se trouver au centre d'une valorisation font alors partie du relief. Pour le non-spécialiste désirant acquérir des

connaissances, il est donc primordial de pouvoir identifier les objets en question tant sur la carte que dans le paysage. Cet aspect devient très important lorsque le non-spécialiste se promène en autodidacte, une brochure ou une carte à la main. C'est pourquoi nous allons également nous intéresser aux **modalités de la lecture du paysage (D1)** et à **la compréhension de l'information cartographique par les usagers (D2).**

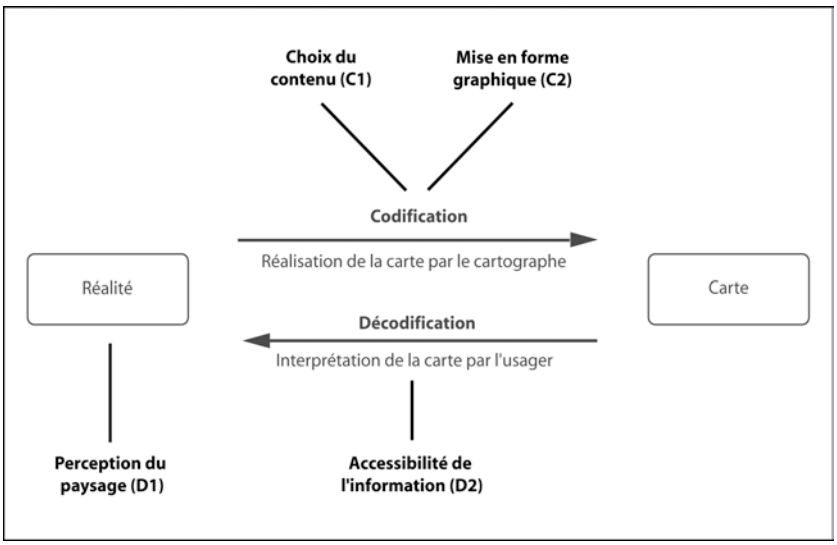


Fig. 2.2 Les quatre axes de recherche en fonction du schéma des transformations de l'information entre réalité et représentation cartographique (Coratza & Regolini-Bissig, 2009, modifié).

Cette manière **d'approcher le sujet dans sa globalité** limite les investigations dans d'autres domaines. De ce fait, les **aspects techniques** de la cartographie ne figurent pas dans nos priorités. Le lecteur ne doit donc pas s'attendre à des renseignements à ce sujet autres que les programmes et outils (limités) ayant été utilisés pour la réalisation de cette thèse.

Il faut également apporter quelques **précisions concernant le type de carte** que nous étudions. Les cartes, avec le développement des nouvelles technologies, sont aujourd'hui devenues digitales, interactives et dynamiques. Malgré tout, nous avons fait le choix de nous concentrer dans cette thèse sur les cartes imprimées et ceci pour plusieurs raisons. Premièrement, les cartes en papier offrent l'avantage du contact physique **:** « *The map users can touch, fold, flip, draw on, and put the printed map in their pocket* » (Lobben & Patton, 2003 : 51). Cet aspect est loin d'être négligeable puisque l'usage principal des cartes géotouristiques est prévu sur le terrain. Il est vrai que les smartphones et autres appareils portables permettent aujourd'hui la consultation de cartes numériques à tout moment. La visibilité de l'information peut cependant être fortement réduite ou incommode en raison de l'insolation et de la taille de l'écran. Deuxièmement, nous jugeons que l'accessibilité à des cartes

imprimées est meilleure. D'une part parce qu'elles ne nécessitent ni appareils particuliers, ni connaissances spécifiques en vue de leur maniement (par exemple par des personnes âgées). D'autre part, la distribution de l'information égale celle des produits numériques puisque la disponibilité d'une carte peut-être annoncée sur internet ou à travers d'autres canaux d'information. Troisièmement, les résultats des études que nous effectuerons sur les éléments cartographiques tels que les fonds de carte ou la représentation graphique des géomorphosites sont applicables aussi bien pour des cartes en papier que pour les cartes numériques.

Nous reconnaissons que la carte imprimée engendre certaines limitations quant au type et au volume des informations. Son caractère forcément statique nécessite une réflexion quant à la représentation de l'évolution d'un phénomène. Ainsi, le recul d'un glacier, par exemple, ne peut pas être représenté de façon continue comme avec une carte animée, mais demande d'autres techniques de visualisation (Martin, en cours). La carte traditionnelle supporte aussi beaucoup moins d'informations. Le processus de sélection de l'information prend alors toute son importance, puisqu'il n'est pas possible d'afficher les différents éléments « sur demande ». En choisissant le cadre plus restrictif de la carte imprimée, nous restreignons sciemment les options et variables cartographiques sans pour autant produire des résultats qui ne seraient applicables qu'à ce seul type de cartes (Lobben & Patton, 2003).

2.3 Objectifs de la thèse

Sur la base des quatre axes de recherche délimitant notre champ d'étude, nous avons formulé une série d'objectifs. Leurs sont associées des questions de recherche précisant le champ de nos interrogations. Les objectifs et questions de recherche sont brièvement mis en contexte par rapport à la problématique générale et au déroulement de l'étude (fig. 2.3).

Objectif 1 Analyser et évaluer les types de représentations cartographiques concernant les géomorphosites pour non-spécialistes dans le cadre de la valorisation.

Partant d'une collection de cartes géotouristiques, nous nous sommes intéressée aux caractéristiques des représentations des géomorphosites et des méthodes d'élaboration, ceci afin de dresser leur profil et d'identifier les besoins de recherche. Sont posées deux questions de recherche :

Question de recherche 1.1

Quelles sont les caractéristiques des représentations des géomorphosites dans le cadre de la cartographie géotouristique pour non-spécialistes ?

Question de recherche 1.2

Sur quelles considérations méthodologiques se base la cartographie des géomorphosites pour non-spécialistes ?

Objectif 2 Acquérir des connaissances concernant le regard que les non-spécialistes posent sur le paysage naturel.

Après avoir examiné la représentation des géomorphosites, il nous semble essentiel d'obtenir des renseignements sur la manière dont les non-spécialistes perçoivent le paysage naturel. Saisir ce regard et identifier les facteurs individuels et paysagers pouvant l'influencer (par exemple la familiarité avec le milieu alpin ou les caractéristiques des formes géomorphologiques) devrait aider à formuler des principes de codification afin de pouvoir proposer des représentations adaptées aux mécanismes de lecture du paysage géomorphologique par les non-spécialistes. Deux nouvelles questions de recherche guident notre réflexion :

Question de recherche 2.1

Quelles formes du paysage naturel sont perçues par les non-spécialistes et lesquelles ne sont pas reconnues ?

Question de recherche 2.2

Quel rôle jouent les caractéristiques individuelles, respectivement les caractéristiques géomorphologiques, dans la perception du paysage ?

Objectif 3 Vérifier l'efficacité de différents éléments cartographiques et moyens didactiques afin de favoriser la lecture d'une carte / d'un paysage géomorphologique.

Afin d'étudier le processus de décodification, différentes représentations sont testées auprès de non-spécialistes pour trouver des éléments pouvant favoriser le passage entre la carte et la réalité. Nos recherches se concentrent sur l'évaluation de différents fonds de carte et légendes ainsi que sur divers moyens didactiques et sont organisées autour de trois questions de recherche :

Question de recherche 3.1

Quel type de fond de carte favorise le passage entre la carte et la réalité ?

Question de recherche 3.2

Quel type de légende favorise la reconnaissance des formes géomorphologiques sur la carte et dans la réalité ?

Question de recherche 3.3

Quels sont les moyens didactiques pouvant favoriser la lecture d'une carte et d'un paysage géomorphologique ?

Objectif 4 Élaborer des propositions méthodologiques pour la cartographie des géomorphosites.

Finalement, les résultats issus de nos différentes recherches, enquêtes et tests sont utilisés pour formuler des recommandations en vue d'une amélioration de

l'accessibilité à l'information cartographique de la part des non-spécialistes. Ces recommandations concernent aussi bien le processus d'élaboration d'une carte que sa finalisation graphique. Cette partie est organisée autour de trois questions :

Question de recherche 4.1

Selon quels critères doit-on choisir le contenu d'une carte des géomorphosites ?

Question de recherche 4.2

Comment réaliser la mise en forme didactique des informations relatives aux géomorphosites ?

Question de recherche 4.3

Comment réaliser la mise en forme graphique des informations relatives aux géomorphosites ?

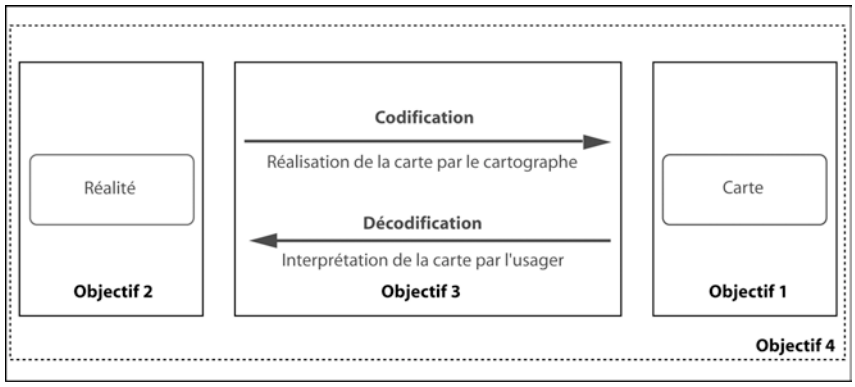


Fig. 2.3 Les quatre objectifs de recherche en fonction du schéma des transformations de l'information entre réalité et représentation cartographique (Coratza & Regolini-Bissig, 2009, modifié).

2.4 Démarche et méthodes de recherche

La problématique de recherche sera abordée à l'aide d'éléments théoriques et empiriques. Les premiers fournissent le cadre de référence relatif à la cartographie, aux géomorphosites et à la médiation scientifique, à partir duquel nous allons développer les études empiriques.

Afin de pouvoir réaliser les différentes étapes de la chaîne de production cartographique, de la carte géomorphologique à la carte géotouristique, nous nous appuyons sur un exemple concret. Pour ceci, la vallée de Maderan (Maderanertal), située dans le canton d'Uri, en Suisse centrale, a été choisie comme site de référence. Y seront également effectuées des enquêtes *in situ* d'évaluation de cartes

géotouristiques. La structure de recherche est présentée dans le schéma méthodologique de la figure 2.4.

En ce qui concerne le public, deux groupes sont étudiés. L'un est relativement hétérogène puisque composé de randonneurs adultes de 20 à 80 ans, majoritairement d'origine suisse (avec quelques personnes provenant d'autres pays européens). L'autre, plus restreint, concerne des écoliers du degré secondaire des cantons du Tessin et d'Uri. Les raisons pour lesquelles nous avons décidé de travailler avec deux publics différents sont d'ordre conceptuel et pratique. Ainsi, l'étude de deux *publics cibles* permet de les comparer entre eux et de mettre en évidence les similitudes et les différences. Ceci nous semble important afin de pouvoir caractériser les spécificités relatives à ces deux publics. Sur le plan pratique, il fallait avoir un accès aisé à un grand nombre d'individus pour les études empiriques. C'est pourquoi nous avons choisi, à côté des randonneurs adultes interrogés individuellement sur le site de référence, de travailler en collaboration avec des établissements scolaires. Ces derniers ont mis des élèves à disposition pour les différentes études en classe et sur le terrain.

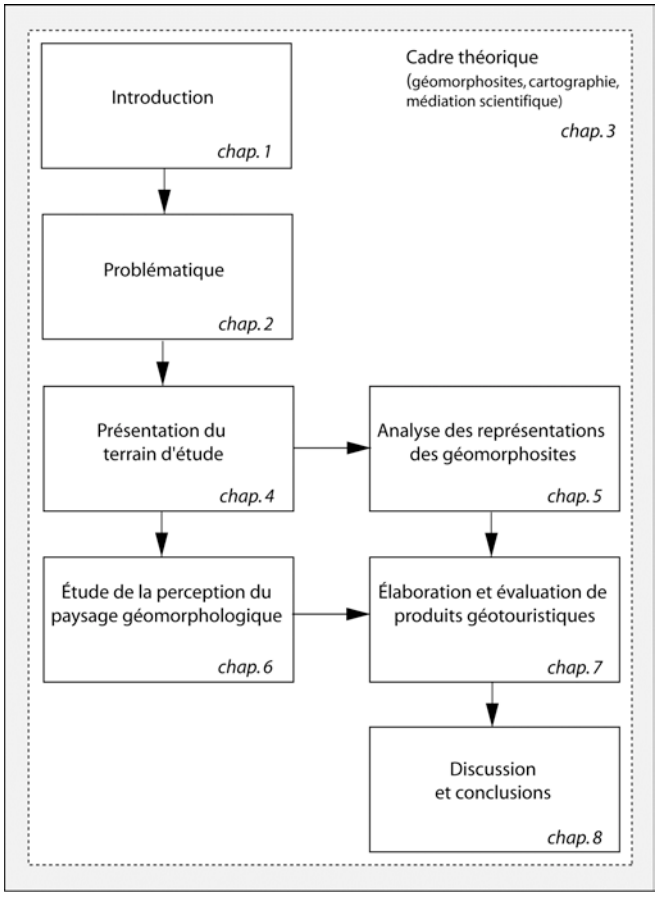


Fig. 2.4 Structure de la recherche et plan de thèse.

Les outils classiques du géomorphologue alpin (cartographie géomorphologique, reconstruction de l'histoire glaciaire) ont été utilisés dans l'analyse du terrain d'étude. Pour les études empirique concernant la perception du paysage et l'évaluation des cartes géotouristiques, les méthodes d'investigation (questionnaires, enquêtes, observation participative) sont empruntées aux sciences sociales. Le traitement statistique apparaît à plusieurs reprises, soit pour caractériser les représentations des géomorphosites, soit pour traiter les données issues des investigations par questionnaire.

Dans cette thèse seront présentées les études empiriques suivantes :

- morphogenèse et reconstruction de l'histoire glaciaire du site de référence (chap. 4) ;
- analyse des représentations des géomorphosites (proposition d'une typologie sur la base d'une classification hiérarchique ascendante) (chap. 5) ;
- enquête concernant la perception du paysage avec des randonneurs adultes et des élèves du secondaire I (chap. 6) ;
- évaluation d'une série de cartes géotouristiques pour adultes (chap. 7) ;
- évaluation d'une carte géotouristique pour élèves (chap. 7).

2.5 Plan de la thèse

Les chapitres de la thèse suivent le schéma général de la recherche (fig. 2.4). Après l'introduction et la problématique (chap. 1 et 2), nous présentons le cadre théorique (chap. 3). Seront abordés les champs de la cartographie, des géomorphosites et de la médiation scientifique.

Le chapitre 4 est dédié à la présentation du terrain d'étude : la vallée de Maderan (Uri). Après un aperçu du contexte climatique, géologique, géomorphologique et socio-économique à un niveau régional, nous nous concentrerons sur le site de référence pour lesquels nous avons effectué des études plus approfondies et qui a servi d'exemple pour la cartographie géotouristique. Dans le cinquième chapitre, nous proposons un état des lieux des méthodes cartographiques utilisées pour représenter les géomorphosites avant d'analyser plus en détail les cartes géotouristiques. Sur la base de nos analyses, nous formulons des principes de base pour une cartographie des géomorphosites et définissons une approche intégrée pour l'élaboration de cartes géotouristiques. Le chapitre 6 est consacré aux usagers. Nous nous interrogeons sur les caractéristiques de différents publics cibles et présentons l'étude concernant la perception du paysage géomorphologique. Les aspects graphiques et didactiques des produits cartographiques pour non-spécialistes sont au cœur du chapitre 7. On y trouve la présentation des cartes élaborées dans le cadre de cette thèse et les résultats des tests dont ils ont fait l'objet.

Dans la discussion (chap. 8), nous reviendrons sur nos questions de recherche avant de résumer les principaux enseignements et d'esquisser de nouvelles pistes de recherche.

3. Cadre théorique pour la cartographie des géomorphosites

3.1 La cartographie et ses enjeux

Différentes approches – historique, théorique et méthodologique – permettent d'aborder les divers aspects de la cartographie. Le point de vue historique décrit l'évolution de la cartographie en fonction des besoins sociétaux changeants et d'un développement technologique progressif. L'approche théorique met en exergue les paradigmes selon lesquels la cartographie a été considérée et dans le cadre desquels les recherches ont été et sont menées. Sur le plan méthodologique, se posent les questions de la réalisation des cartes touchant aux outils cartographiques et aux codes de représentation (sémiologie).

La présentation de la cartographie selon ces trois approches est un moyen d'aborder les enjeux de façon structurée et d'introduire des concepts qui seront repris dans l'élaboration d'une méthodologie pour la cartographie des géomorphosites.

3.1.1 L'approche historique

L'évolution de la cartographie est en lien étroit avec l'évolution sociale et technique. Issu du besoin de « *connaître, de mémoriser son milieu d'action et d'enregistrer les limites de ses propriétés* » (Béguin & Pumain, 2010 : 29), l'usage primaire des cartes fut la localisation et l'orientation de l'espace connu et parcouru. Dépassant les fonctions strictement utilitaires, se sont développées les représentations de territoires plus vastes, les premières représentations du monde où les zones encore inconnues sont fréquemment comblées par des représentations animales ou végétales fantastiques (Golay, 2004).

L'approche scientifique (astronomie, mathématique) des Grecs marque le début de la **cartographie moderne**. Ils déterminent la forme et la circonférence de la Terre, mettent en place un système de coordonnées géographiques et calculent la latitude et la longitude de 8000 points sur la Terre (Béguin & Pumain, 2010). Les Romains sont surtout intéressés à appliquer les connaissances techniques des Grecs afin de lever des cartes de l'Empire romain. L'une des rares cartes préservées, la Table de Peutinger, illustre la position relative des principaux lieux habités et indique en milles romains les routes les séparant (Kish, 1980). En Europe, la cartographie médiévale est fortement influencée par la vision symbolique et biblique du Monde (fig. 3.1a) et les cartes dites en T.O (Terrarum Orbis) sont répandues (Brezinski, 2010). A vocation plus décorative qu'utilitaire, il a fallu avoir recours à des itinéraires, sortes de tables indiquant les villes à traverser et des obstacles à franchir pour aller d'un point à un autre (Brezinski, 2010). On doit au monde arabe le renouveau de la cartographie. L'invention de la boussole permet aux Arabes d'établir des cartes nautiques et d'améliorer les cartes du monde, en élargissant considérablement les connaissances géographiques de la Terre (Brezinski, 2010). Le développement technique au niveau des instruments de mesure (lunettes astronomiques, chronomètre, baromètre) et de l'imprimerie engendre une plus grande rigueur dans le dessin des cartes et une plus grande diffusion de ces dernières. La carte reste cependant un objet réservé à un

public restreint. Mercator, cartographe flamand, définit une projection qui permet enfin de représenter la Terre dans sa globalité sur un plan en deux dimensions (Béguin & Pumain, 2010). Le besoin de la part des États de cartes afin de mener leurs guerres donne une nouvelle impulsion à la cartographie. La pression provient également des milieux scientifiques qui demandent des cartes précises pour leurs levées géologiques et minéralogiques. Ainsi voient le jour dès le XVII^{e} siècle les premières **cartes topographiques** et plusieurs pays d'Europe entreprennent des levés topographiques détaillés (fig. 3.1b). En raison des conflits continentaux, la cartographie reste encore essentiellement le domaine des militaires dans la première moitié du XIX^{e} siècle (Béguin & Pumain, 2010). Les importantes innovations techniques au cours du XX^{e} siècle (fabrication industrielle du papier, imprimerie à vapeur, impression en couleur) permettent une production de plus en plus raffinée des cartes topographiques.

A partir de la deuxième partie du XVII^{e} siècle, on assiste à la naissance de la cartographie thématique (Cauvin et al., 2007). Ces *cartes à but spécifique* représentent non plus ce qui est directement visible, mais décrivent le contenu des lieux (quantités démographiques, spatialisation des épidémies, etc.). De nouveaux modes d'expression qui s'éloignent des critères de base de la cartographie topographique sont mis au point : symboles ponctuels proportionnels, cercles par secteurs, cartes de flux, cartes choroplèthes, cartes dasymétriques, cartes isoplèthes, etc. (Cauvin et al., 2007) (fig. 3.1c). Des données plus facilement disponibles et l'accélération de la fabrication des cartes grâce à l'informatique (cartographique automatique, dessin assisté par ordinateur) font considérablement augmenter et diversifier la production cartographique.

L'objet (carte) qui était autrefois le fruit de préparations de longue haleine (campagnes de mesures, gravures….) et réservée à un public restreint (scientifiques, militaires) s'est fortement démocratisé au cours de l'histoire au point que *« la carte est devenue dans chaque foyer un bien de consommation quotidien, voire même à toute heure de la journée »* (Gauthier, 1988 : 1). Aujourd'hui, l'accès sans restriction à ce support, soit-il imprimé ou numérique, en fait un instrument privilégié de localisation, d'orientation et d'information connu et utilisé par une large partie de la population (fig. 3.1d).

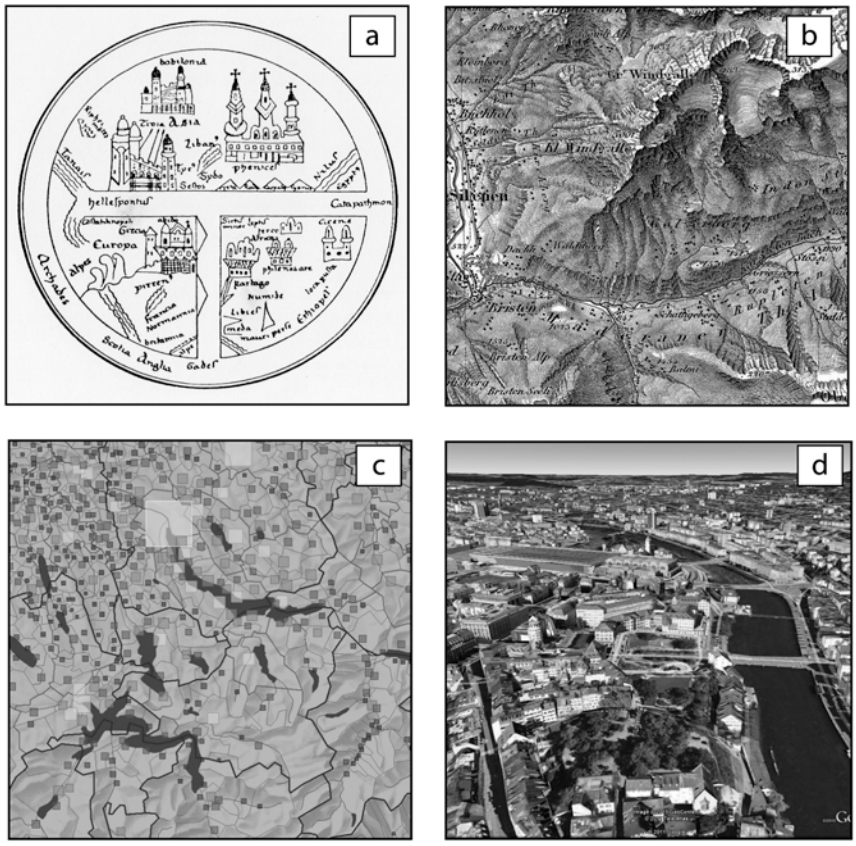


Fig. 3.1 Évolution des représentations cartographiques du Moyen-Age à nos jours : a) cartes en T.O (reproduit dans Golay, 2004), b) carte topographique suisse du XIX^{e} siècle (Carte Dufour), c) carte thématique (Atlas interactif de la Suisse 2.0), d) Représentation en 3D de la ville de Zürich (CH) (GoogleEarth, 2011).

3.1.2 L'approche théorique

Par rapport à la longue histoire de la cartographie, la recherche formelle concernant la carte en tant qu'objet d'étude est relativement jeune. C'est seulement au XX^{e} siècle que les processus impliqués dans l'élaboration et l'utilisation des cartes commencent à être étudiés (Bartz Petchenik, 1983). Auparavant, la priorité de la cartographie résidait dans l'acquisition souvent laborieuse de données précises et la représentation de celles-ci sur un plan en deux dimensions (question de la projection). Les questions graphiques et d'utilisation n'étaient que secondaires : « *Whether a particular map could have been* better *designed and made* more *useful through the choice of one graphic characteristic over another was not an issue when both data and maps were scare ; a map that was basically correct factually was better than no map at all, regardless of its design characteristics. Furthermore, the mapper in his perception of his maps was, in all likelihood, not very different from*

the limited group of people by whom the map might be used; whatever worked reasonably well for the mapper would probably be generally useful » (Bartz Petchenik, 1983 : 43).

Avec des données toujours plus disponibles et variées et l'apparition des nouvelles technologies, les préoccupations changent. Face aux multiples possibilités en matière de représentation de données, liées d'une part aux caractéristiques des données et d'autre part aux possibilités technologiques, et le public devenant beaucoup plus vaste et hétérogène, les cartographes commencent à s'intéresser à l'**importance** et aux **conséquences des choix graphiques**. Les travaux en *sémiologie graphique* débutent dans les années 1950. « *Comment faut-il dessiner, que faut-il imprimer pour « communiquer », c'est-à-dire pour* dire aux autres ce que l'on sait*, sans perte « d'information » ? »* (Bertin, 1998 : VI). Les recherches se focalisent sur l'identification et les propriétés des variables visuelles (nombre de composantes et leur longueur), les règles de construction (choix des variables visuelles) et les règles de lisibilité (écarts sensibles de la vision). Parallèlement, les méthodes d'investigation développées en psychologie à cette même époque permettent de tester les réponses de la part des utilisateurs face à des stimuli graphiques (Bartz Petchenik, 1983). Les recherches se focalisent dès lors surtout sur l'établissement de lignes directrices « objectives » concernant les représentations graphiques (Bertin, 1998).

A partir des années 1970, le concept de la ***« cartography as graphic communication »*** se développe et influence fortement les recherches en cartographie (Sluter, 2001). Selon cette conception, « *communication came to be viewed as the primary function of cartography and the map was considered the vehicle for that communication* » (MacEachren, 1995 : 4). Vues sous cet angle, les questions du cartographe ne se focalisent plus uniquement sur *comment* représenter les informations, mais avant tout sur le choix des informations (*quoi* et *pourquoi*) en fonction du message de la carte et de son public (*qui*). S'inspirant de la théorie de la communication, les cartographes développent des modèles de communication cartographique (*Map Communication Models*) (fig. 3.2 et 3.3).

Les **obstacles et filtres** décrits dans la théorie de la communication comme pouvant brouiller la transmission de l'information se situent aussi bien du côté de l'émetteur que de celui du récepteur et s'appliquent également aux différents moments de la **chaîne de transmission en communication cartographique** (fig. 3.3). Lors du passage de la réalité à la représentation, il y a inévitablement une perte d'information qui peut biaiser le résultat final. Les connaissances et l'expérience du cartographe, ainsi que les choix en matière de codage de l'information (projection, niveau de généralisation, choix des symboles, etc.) vont influencer le message. Quant à la réception, elle est régie par les conceptions et les connaissances préalables et bien sûr par l'expérience en matière de lecture de carte des utilisateurs. Ce dernier pourrait ne pas comprendre complètement le message (Sluter, 2001).

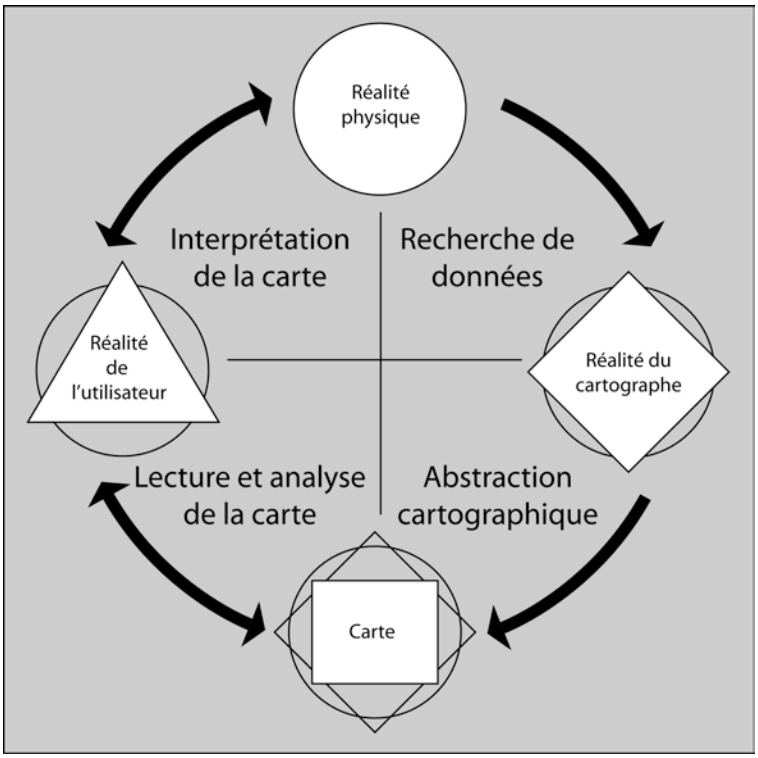


Fig. 3.2 Modèle de communication cartographique (d'après Muehrcke, 1986).

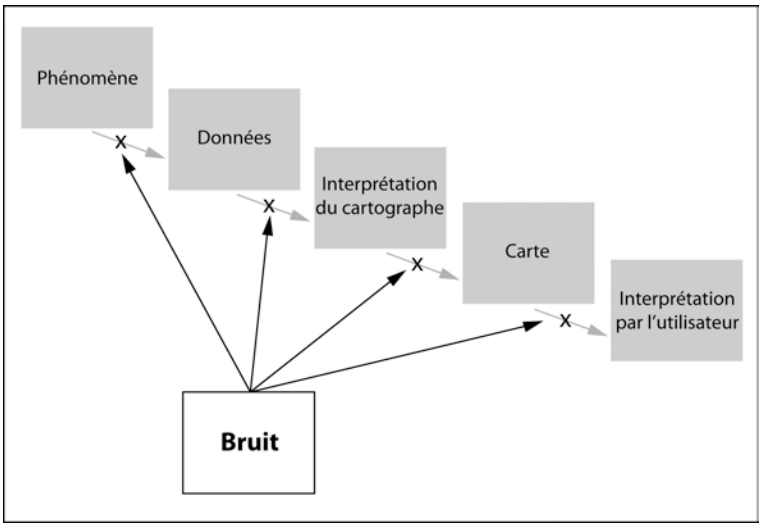


Fig. 3.3 Bruits de transmission durant le processus de communication (Sluter, 2001).

Le paradigme de communication a été critiqué sur plusieurs fronts : seul un petit sous-ensemble de cartes est effectivement destiné à véhiculer un message clairement défini, le rendement artistique est largement ignoré et le paradigme de communication s'appuie sur un fondement théorique inapproprié (behaviorisme) (MacEachren, 1995). Le point de vue *behavioriste* ayant été appliqué à l'ensemble des recherches mentionnées jusqu'ici se focalise sur la réponse aux stimuli plutôt que sur les processus de traitement de l'information (cognition).

Sur fond de ces critiques, les tenants d'un nouveau courant théorique proposent « *to study the perceptual and cognitive process involved in both map « reading » and spatial information processing to determine constraints and features of the « information-processing device » (i.e, humans) so that symbolization and design can be adapted to it* » (MacEachren, 1995 : 8). Cette approche cognitive prend en compte une suite d'étapes de transformation de l'information, des stimuli visuels émanant de la carte à la formation d'une image conceptuelle (fig. 3.4) et s'appuie sur des disciplines telles que la neuropsychologie et les sciences cognitives. Les questions de la construction d'images à partir de stimuli visuels et la mobilisation de schémas mentaux dans le processus d'élaboration des informations cartographiques sont au cœur de ces recherches.

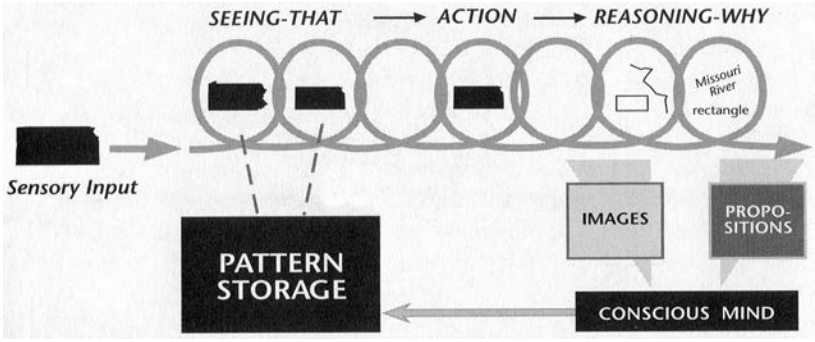


Fig. 3.4 Modèle d'élaboration des informations cartographiques de McEachren (1995) prenant en compte non seulement les stimuli visuels (*Sensory Input*) mais également les schémas mentaux mobilisés par l'utilisateur (*Conscious Mind*).

Dans le cadre de cette étude, nous nous référons au paradigme de communication. Tout d'abord, parce que la fonction primaire de la cartographie que nous avons choisi d'investiguer (cartographie pour non-spécialistes dans le cadre de la valorisation des géomorphosites) est justement la communication. De ce point de vue, il n'y a donc pas de contre-indication à utiliser cette approche théorique. Deuxièmement, cette approche permet une application pratique concrète en fournissant des conditions cadres bien définies pour l'élaboration de cartes (Slocum et al., 2009), ce que l'approche cognitive n'est pas encore en mesure de fournir.

3.1.3 L'approche méthodologique

Celui qui est amené à réaliser des cartes doit souvent adopter une approche pratique (ou pragmatique) pour faire face aux différentes contraintes entourant la production cartographique : moyens financiers, techniques et personnels limités et temps de réalisation souvent court. La notion de **qualité** joue alors un rôle central. Qu'est-ce qui définit la qualité et comment peut-elle être obtenue ?

La qualité d'une carte est une notion difficile à appréhender. Elle concerne à la fois des questions de **qualité des données**, de **qualité de la représentation** (*map design*) et de **qualité de la conception**. Selon the British Cartography Society (2008 : 30) « *a map can only be as good as the information that goes into it* ». Lorsqu'une carte est compilée à partir de différentes sources d'informations, il convient de contrôler une série de critères afin de s'assurer de la qualité et de la compatibilité des données qui vont être utilisées (The British Cartography Society, 2008 : 30-31) :

- la validité des données : sont-elles récentes et complètes ?
- l'exactitude et la précision des données : est-ce que l'emplacement des informations est correct et est-ce que le niveau de précision correspond à l'échelle de la représentation ?
- l'uniformité : des informations similaires sont-elles représentées de façon semblable ?
- l'échelle et la projection des informations de base : les données sont-elle compatibles ?

La **qualité de la représentation** fait référence à la **mise en forme des données** : « *A well-designed map communicates its message much better than a badly designed one* » (The British Cartography Society, 2008 : 34). Nous avons vu que les questions de design ont été étudiées à partir des années 1950 à travers le concept de *sémiologie graphique*. Bien qu'il n'existe pas de « recettes » universellement valables pour l'élaboration d'une « bonne » carte, la prise en compte des éléments de base suivants permet de viser une qualité graphique satisfaisante (The British Cartography Society, 2008) :

- utilisation de symboles discernables et lisibles ;
- instauration d'une hiérarchie et structure claire de l'information ;
- choix réfléchi des couleurs et grains utilisés ;
- production suffisante de contrastes visuels concernant la taille, la forme, les couleurs et l'orientation des symboles et par rapport au fond de carte ;
- recherche d'un équilibre interne et global de l'illustration ;
- emploi d'une typographie (type et taille de la police) adaptée.

La littérature offre de nombreux ouvrages théoriques et manuels pratiques en ce qui concerne la représentation des données géographiques dans différents environnements (cartes de référence, cartes thématiques, SIG, etc.) (Wood & Keller 1996 ; Bertin, 1998 ; Brewer, 2005 ; Denègre 2005 ; Le Fur, 2007 ; Slocum et al., 2009).

Dans une perspective de communication, le troisième aspect de la qualité d'une carte concerne son **efficacité à transmettre l'information qu'elle véhicule**. Ceci implique de définir clairement un message et de prendre en compte l'utilisateur final auquel la carte s'adresse : « *The best maps work because they're well designed and the mapmaker has thought about the purpose of the map and the target audience* » (The British Cartography Society, 2008 : 36).

Suivre un parcours défini de conception du contenu et de visualisation de l'information cartographique (fig. 3.5) permet de faire les choix nécessaires en se posant les questions essentielles.

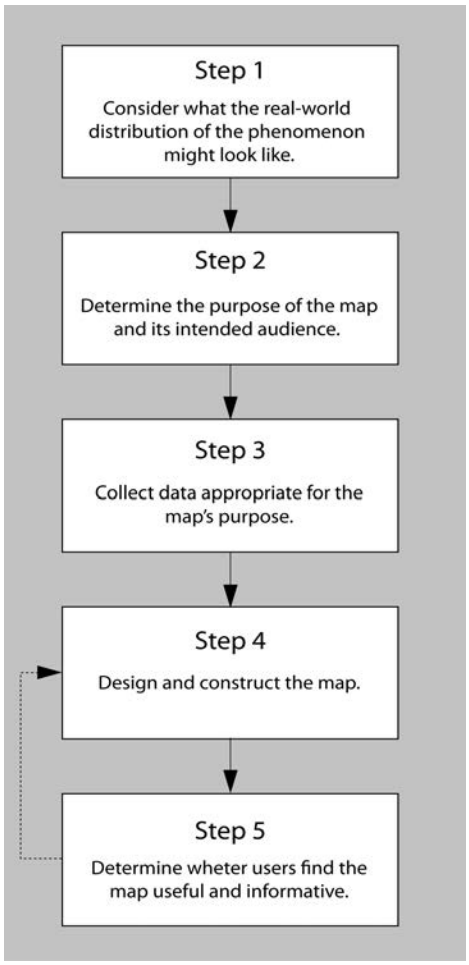


Fig. 3.5 Étapes principales pour l'élaboration d'un projet cartographique (d'après Slocum et al., 2009).

Le processus d'élaboration de cartes décrit par Slocum et al. (2009) met l'accent sur la création de cartes en fonction des besoins de l'utilisateur potentiel (préalablement défini) et l'évaluation de la carte par ce dernier. Lors de la première et deuxième étape, le contenu de la carte va être précisé en fonction de l'objectif de la carte et des besoins de l'utilisateur potentiel. La troisième étape prévoit le rassemblement des données utiles à partir de données disponibles (source secondaire) ou de levés de terrain (source primaire). L'étape du dessin (4) est complexe et combine des considérations graphiques, conceptuelles et techniques. Parallèlement aux conventions graphiques, les caractéristiques des utilisateurs potentiels et les aspects techniques de la création et reproduction de la carte doivent être considérés. Finalement, Slocum et al. (2009) prévoient l'appréciation de la carte par l'utilisateur potentiel afin de juger si celle-ci permet la bonne transmission de l'information. Si cela n'est pas le cas, il faut revenir sur certains choix de la quatrième étape et modifier la représentation (flèche en traitstillés dans la figure 3.5).

La cartographie en tant que discipline de recherche et domaine de production fixe le cadre général pour la représentation cartographique des géomorphosites. Celle-ci peut être considérée comme cartographie à but spécifique dans le sens qu'elle s'intéresse à des objets particuliers. Avant de nous focaliser sur les représentations des géomorphosites, il s'agit de présenter leurs caractéristiques puisque celles-ci ont une influence directe sur le mode de représentation.

3.2 Les objets à cartographier

Ce chapitre se propose de décrire les objets qui sont au cœur de notre problématique : les géomorphosites. Partant de la définition scientifique et culturelle de la notion de « géotopes », nous présentons les différents sous-groupes de géotopes pour finalement nous focaliser sur les caractéristiques et spécificités des géomorphosites. La présentation de ces spécificités est organisée en vue d'une cartographie des divers attributs des géomorphosites.

3.2.1 Géotopes et géomorphosites : définitions

Historiquement, les géotopes ont été définis selon deux points de vue, l'un scientifique, l'autre culturel. La définition du groupe de travail sur les géotopes de l'Académie suisse des sciences naturelles (ScNat) est représentative des définitions dites *restreintes* (Reynard, 2009c) qui mettent l'accent sur la valeur scientifique des sites : « *Les géotopes sont des portions de la géosphère délimités dans l'espace et d'une importance géologique, géomorphologique ou géoécologique particulière. Ils sont des témoins importants de l'histoire de la Terre et donnent un aperçu sur l'évolution du paysage et du climat* » (Strasser et al., 1995 ; Grandgirard, 1999).

Selon une approche plus large, d'autres valeurs sont accordées aux géotopes. «*Tout objet géologique ou géomorphologique présentant une certaine valeur, qu'elle soit scientifique, historico-culturelle, esthétique ou encore socio-économique* » (Panizza & Piacente 1993, 2003) est alors considéré comme un géotope. Reynard (2004b) ajoute dans sa définition de géotope également la valeur écologique. Il souligne l'importance centrale de la valeur scientifique par rapport aux autres valeurs, regroupées dans ce qu'il appelle les valeurs additionnelles (Reynard, 2004b ; 2005a ;

2009a). La valeur globale d'un géotope se compose dès lors de la valeur scientifique et des valeurs additionnelles (fig. 3.6). Plus récemment, Giusti et Calvet (2010) ont évoqué la possibilité de scinder les valeurs additionnelles en deux groupes : d'une part, les valeurs sociétales, pour tous les phénomènes relevant de l'économie, de l'enseignement de l'environnement et de la société, et, d'autre part, les valeurs culturelles, pour toutes les questions d'ordre esthétique, historique, identitaire, politique et religieux.

Le choix d'une définition restreinte, ou, au contraire, plus large, dépend de l'objectif de recherche (identification et description, protection ou valorisation des géomorphosites) et se répercute sur les travaux d'évaluation. Les différentes composantes devront alors être pondérées de manière à refléter l'importance relative de celles-ci.

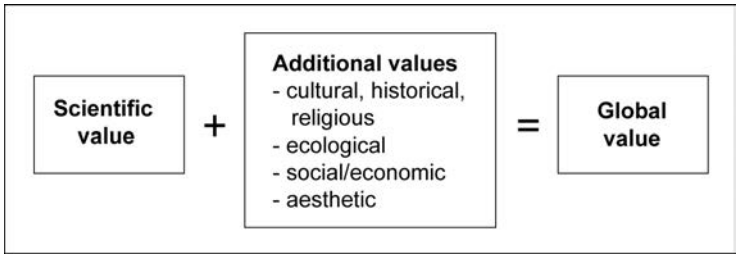


Fig. 3.6 Composantes de la valeur globale d'un géotope selon Reynard (2004b, 2009a).

Le terme « géotope » s'applique à tout site géologique ou géomorphologique aux caractéristiques définies ci-dessus. Selon les différents champs de recherche des géosciences, les géotopes peuvent être divisés en dix grandes catégories. On distingue ainsi les géotopes (Reynard, 2004a) :

1. structuraux
2. paléontologiques
3. sédimentologiques
4. minéralogiques-pétrographiques et géochimiques
5. géomorphologiques
6. hydrologiques et hydrogéologiques
7. spéléologiques
8. géohistoriques
9. géoculturels
10. stratigraphiques

Les géotopes géomorphologiques ou **géomorphosites** sont « *à 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 (glacier rocheux, lapiés, cônes d'éboulis). Formations superficielles meubles du Quaternaire (moraines, glaciers rocheux) et formes d'érosion dans la roche (marmites glaciaires, lapiés d'un karst superficiel)* » (Reynard, 2005a : 127). Le terme le plus utilisé actuellement pour

désigner des géotopes géomorphologiques est celui de ***géomorphosites*** (Panizza, 2001). Il a l'avantage de se décliner aussi bien en anglais (« *geomorphosite* »), qu'en italien (« *geomorfosito* ») ou en français (« *géomorphosite* ») et c'est peut-être à cause de cela qu'il a remplacé les autres synonymes comme *geomorphological assets* (Panizza & Piacente, 1993, Quaranta 1993)*, beni geomorfologici* (Carton et al. 1994), *geomorpholocial sites* (Hooke, 1994), *géotopes géomorphologiques ou geomorphological geotopes* (Grandgirard 1995, 1997, 1999)*, sites of geomorphological interest, SGI* (Rivas et al. 1997).

3.2.2 Caractéristiques des géomorphosites

Des définitions ci-dessus, il apparaît que les géomorphosites sont composés d'une **composante tangible** (formes ou processus géomorphologique) et d'une **composante intangible** (diverses valeurs attribuées aux formes ou processus géomorphologiques). Au vu de notre objectif de recherche – la cartographie des géomorphosites –, il convient de suivre cette distinction dans la présentation des caractéristiques des géomorphosites puisqu'elle influence directement les systèmes de représentation *(voir chap. 3.3)*.

Caractéristiques tangibles

D'un point de vue physique, les géomorphosites sont des processus ou des formes se développant à la surface de la Terre. Les géomorphosites sont qualifiés d'**actifs** lorsque les processus sont encore en cours. Ce dynamisme pose quelques difficultés en ce qui concerne la gestion des géomorphosites. Les processus peuvent d'une part auto-détruire un site, et, d'autre part, constituer une menace pour l'activité humaine et les infrastructures. La gestion des sites dynamiques est de ce fait au centre des préoccupations des chercheurs désireux de trouver des stratégies de gestion permettant à la fois une évolution naturelle des sites et la protection des environs (Alcántara-Ayala, 2009 ; Joyce, 2009 ; Smith et al., 2009, Bollati, en cours). Dans le cas de géomorphosites **passifs**, les processus ayant amené à leur formation se sont arrêtés. Les deux cas sont d'importance égale puisque le premier permet l'observation de processus en temps réel et le deuxième constitue le témoignage de conditions passées.

Quant à la formation des géomorphosites, on différencie entre des sites issus de processus **naturels**, et des sites **artificiels** dont la formation est liée à l'activité humaine, comme par exemple la mise en évidence de coupes stratigraphiques due à l'activité d'exploitation ou les terrils du Nord de la France. En ce qui concerne les **dimensions** des sites, on peut distinguer au premier abord des géomorphosites ponctuels (par ex. bloc erratique), linéaires (par ex. gorge) ou surfaciques (par ex. champ de drumlins) (Carton et al., 2005). La réalité est cependant souvent plus complexe dans la mesure où des sites de petite taille peuvent se trouver à l'intérieur de géomorphosites beaucoup plus vastes (Grandgirard, 1997). Cette coexistence de formes de taille variable dans un espace est un trait caractéristique des géomorphosites qui rend leur classification en fonction de la taille insatisfaisante. Afin de tenir compte de cette **imbrication des échelles,** Grandgirard (1997) a proposé quatre catégories d'objet qui se réfèrent non à la taille mais à la complexité croissante des processus et formes les composant (fig. 3.7).

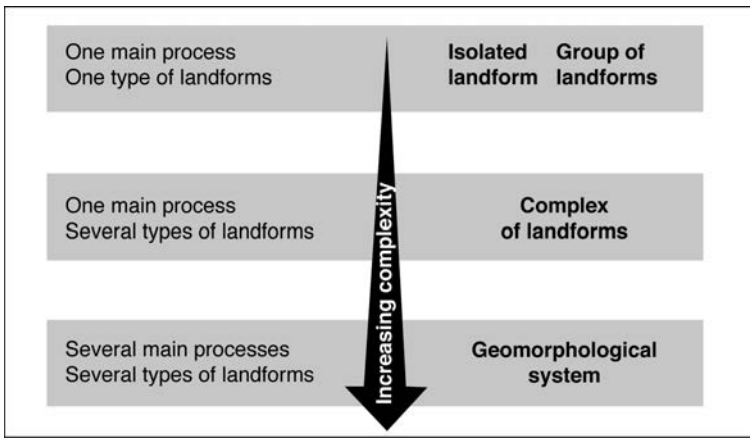


Fig. 3.7 Catégories de géomorphosites selon Grandgirard (1997), in Reynard (2009a).

Le terme « *paysages géomorphologiques* » introduit par Reynard (2004b, 2005a) est défini comme «*une portion du relief terrestre, vue, perçue (et parfois exploitée) par l'Homme*» (Reynard, 2005c : 107). Il désigne de vastes complexes de formes ou des systèmes géomorphologiques. La classification de Pereira et al. (2007) en *single places, areas* et *panoramic viewpoints,* recoupe partiellement celle proposée par Grandgirard (1997), mais définit les catégories en fonction du point d'observation des géomorphosites, plus ou moins rapproché. La difficulté émanant de l'imbrication des échelles est de taille. Elle se répercute non seulement sur la classification des formes, mais également sur leur évaluation (évaluation unique par système ou évaluation singulière des éléments d'un système) et la cartographie : question des échelles de représentation (Reynard, 2009c ; Rodrigues & Fonseca, 2010 ; Reynard & Martin, in prep.).

Caractéristiques intangibles

Ce que nous qualifions d'« intangible » a trait aux **valeurs scientifiques et additionnelles des géomorphosites.** Ces valeurs leurs sont attribuées par différents acteurs (scientifiques, autorités publiques, associations, etc.). La reconnaissance de la plupart des valeurs additionnelles découle des liens existant entre un géomorphosites et la société. Ceux-ci peuvent-être d'ordre culturel, socio-économique ou esthétique. Dans le cas de la valeur scientifique et de la valeur écologique, ce sont en premier lieu les scientifiques qui les attribuent en fonction de leur importance pour l'histoire de la Terre ou d'autres disciplines (ex. botanique). Qu'elles soient scientifiques ou additionnelles, les valeurs attribuées aux géomorphosites ne sont pas directement visibles dans la plupart des cas. Elles dépendent des systèmes de valeur variables selon les personnes, les sociétés et susceptibles de changer au fil du temps. Leur importance doit par conséquent être évaluée à l'aide d'indicateurs indirects.

La différence fondamentale entre les deux types de valeurs est que la valeur scientifique ne peut être nulle – sans quoi le site ne sera pas considéré comme un géomorphosite – alors que l'une ou toutes les composantes de la valeur additionnelle peuvent être absentes (Reynard, 2009a).

Caractéristique à la fois tangible et intangible

Une autre caractéristique des géomorphosites est leur **vulnérabilité**. Cette dernière concerne à la fois les composantes tangibles et intangibles. Sous sa forme tangible, la vulnérabilité s'exprime par la modification d'un site. Celle-ci peut être due à deux facteurs, humain et naturel (fig. 3.8). D'une part, les activités humaines peuvent altérer ou détruire un site, d'autre part, les modifications dérivent des processus naturels auxquels un site est exposé. L'altération ou la destruction d'un site peut être due au même processus qui l'a mis en place (autodestruction ; par exemple le site des Douze Apôtres sur la côte sud de l'Australie) ou à d'autres processus qui viennent s'y superposer (par ex. dépôt d'un éboulement, érosion, etc.). D'autres facteurs exogènes, comme le climat, peuvent également jouer un rôle (Reynard, 2009a). Les géomorphosites glaciaires sont particulièrement fragiles à ce titre.

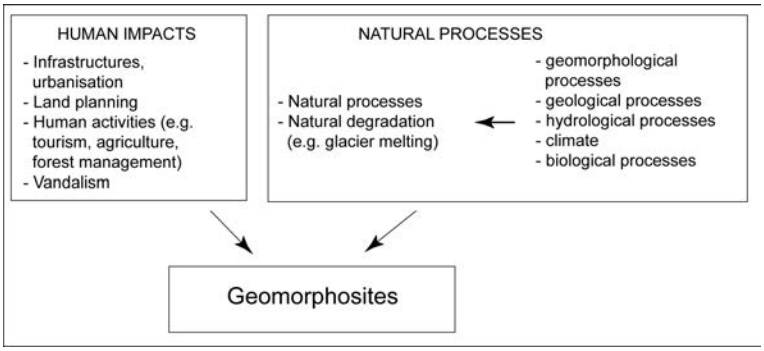


Fig. 3.8 La vulnérabilité des géomorphosites est liée aux facteurs humains et naturels (selon Reynard, 2009a).

La notion de vulnérabilité est cependant surtout une expression intangible. Elle découle de la conception selon laquelle un objet patrimonial doit être transmis aux générations futures. Ceci implique, selon les points de vue, la sauvegarde de ce patrimoine dans un état plus ou moins proche de l'état actuel. On essaiera alors d'empêcher ou de limiter l'évolution naturelle par des mesures de gestion ou de protection.

3.2.3 Méthodes d'évaluation

Afin d'apprécier les géomorphosites dans leur totalité, différentes méthodes d'évaluation ont été élaborées. Les caractéristiques principales des méthodes d'évaluation développées par des membres du Groupe de travail sur les géomorphosites sont résumées dans le tableau 3.1. Les différentes méthodes se distinguent par le **contexte, l'objectif, la démarche et le procédé d'évaluation**. Dans ce qui suit, nous présentons brièvement les différentes options possibles.

Méthode	Contexte d'évaluation	Domaines d'évaluation	Etapes d'évaluation	Démarche d'évaluation	Évaluation numérique	Auteurs
Université de Modena et Reggio Emilia (I)	EIE, Aménagement du territoire	Vsc Vad	• Analyse géomorphologique • Sélection de géomorphosites potentiels • Évaluation numérique	Démarche systématique	Oui	Coratza & Giusti, 2005
Université de Cantabria (E)	EIE, Inventaire régional	Vsc Vut Vprot	• Identification des sites • Inventaire et classification • Évaluation numérique	Démarche systématique	Oui	Bruschi & Cendrero, 2005
Université de Valladolid (E)	Inventaire dans une région protégée (espace naturel protégé, échelle locale)	Vsc Vad Vut Vprot	• Cartographie géomorphologique • Sélection de géomorphosites potentiels • Évaluation numérique	Démarche systématique	Oui	Serrano & González Trueba, 2005
Université de Lausanne (CH)	Inventaires régionaux	Vsc Vad	• Sélection de géomorphosites potentiels • Description et morphogenèse • Évaluation numérique • Évaluation qualitative	Démarche systématique	Oui	Reynard et al., 2007
Université de Minho (P)	Inventaire dans une région protégée	Vsc Vad Vut Vprot	• Identification de sites potentiels • Évaluation qualitative • Sélection • Description • Évaluation numérique • Classement	Démarche systématique	Oui	Pereira et al., 2007

Tabl. 3.1 Présentation générale des méthodes d'évaluation développées par les membres du Groupe de travail sur les géomorphosites (modifié d'après Reynard, 2009b). EIE = Etudes d'impact sur l'environnement, Vsc = Valeur scientifique, Vad = Valeurs additionnelles, Vut = Valeur ou potentiel d'utilisation, Vprot = Valeur ou besoin de protection et de gestion.

En ce qui concerne le contexte d'évaluation, Grandgirard (1999) identifie trois domaines : les inventaires d'objets, les études d'impact sur l'environnement (EIE) et l'évaluation à des fins de valorisation. Les objectifs peuvent varier, allant de la « simple » identification et description, à la protection ou à la valorisation des géomorphosites. A côté du cadre général de l'évaluation (contexte et objectif), la démarche d'évaluation influe fortement sur la manière d'aborder les géomorphosites. On différencie une démarche basée sur l'avis d'experts ou une démarche systématique (Grandgirard, 1999). Alors que dans le premier cas, ce sont les experts qui proposent des sites sur la base de leurs connaissances (ex. Inventaire des géotopes suisse, Berger et al., 2008), toute forme géomorphologique d'un espace de référence donné doit *a priori* être évaluée dans le deuxième cas. Quant à l'expression de la valeur des géomorphosites, on distingue entre des procédures « directes » ou « qualitatives » et des procédures « indirectes » ou « paramétriques »

(Bruschi & Cendrero, 2009). Le premier groupe a l'avantage d'être simple, rapide et facile à appliquer, mais comprend une plus grande part de subjectivité puisque les critères d'évaluation ne sont pas clairement définis (Bruschi & Cendrero, 2005, 2009). La démarche adoptée dans le deuxième groupe repose sur l'identification de caractéristiques particulières des sites « *that can be measured or described with sufficient objectivity, and then evaluated using clearly defined criteria* » (Bruschi & Cendrero, 2009 : 74).

Bien que chaque méthode présente ses particularités, toutes ont un « corps » de domaines et critères d'évaluation commun. Toutes les méthodes présentées évaluent la valeur scientifique. Les critères utilisés pour évaluer cette valeur à défaut d'être identiques sont assez similaires. L'intégrité, la rareté, l'exemplarité et la représentativité sont évaluées dans la plupart des méthodes. Les valeurs additionnelles sont également présentes dans toutes les méthodes, mais peuvent apparaître dans des domaines différents (intégrées à la valeur scientifique ou indépendamment) et avec une précision d'évaluation variable : évaluation individuelle pour chaque valeur additionnelle dans les méthodes de Serrano & González Trueba (2005), Reynard et al. (2007), Pereira et al. (2007) et évaluation sommaire dans les méthodes de Bruschi & Cendrero (2005) et Coratza & Giusti (2005). Les différences se font plus importantes concernant la valeur (ou le potentiel) d'utilisation et la valeur (ou les besoins) de protection. La méthode de Coratza & Giusti (2005) n'en tient pas compte et l'évaluation est qualitative dans la méthode proposée par Reynard et al. (2007). La variabilité d'une méthode à l'autre augmente également en ce qui concerne les critères avec lesquels ces deux valeurs sont jugées.

Nous pouvons encore citer les travaux de J.-P. Pralong (2005 ; 2006 ; Pralong & Reynard, 2005) proposant une méthode d'évaluation permettant de juger le potentiel et l'utilisation touristique des sites géomorphologiques à travers leur valeur touristique et leur valeur d'exploitation.

3.2.4 Conséquences pour la cartographie des géomorphosites

Grâce aux méthodes d'évaluation, il est possible d'aborder les géomorphosites dans leur globalité. Elles permettent une identification et une description précise des différentes composantes tangibles (délimitation des sites, processus à l'origine d'un site), intangibles (valeurs scientifique et additionnelles) ou mixtes (vulnérabilité, besoin de protection). Les résultats issus du processus d'évaluation peuvent ensuite être utilisés afin de développer des stratégies de géoconservation ou de valorisation. La cartographie peut soutenir ce processus (par ex. cartes de synthèse) ou en constituer l'aboutissement (par ex. carte des périmètres de protection ou carte géotouristique). Les représentations cartographiques seront différentes selon que la cartographie se focalise sur les composantes tangibles ou intangibles. Dans le premier cas, elle sera proche de la cartographie géomorphologique, dans le deuxième elle s'approchera de la cartographie thématique puisqu'on cherchera à représenter des données quantitatives ou qualitatives.

3.3 La cartographie des géomorphosites

Après avoir présenté les enjeux de la cartographie et caractérisé les géomorphosites, nous proposons une vue d'ensemble des différentes formes de représentations cartographiques dont ils ont fait l'objet jusqu'ici. Dans un premier temps, on distinguera entre une cartographie d'appoint et une cartographie spécifique avant de se focaliser sur les différents objectifs et utilisateurs de la cartographie des géomorphosites.

3.3.1 Visées et utilisateurs de la cartographie des géomorphosites

Dans un premier temps, il est possible de distinguer entre une **cartographie d'appoint** et une **cartographie spécifique**. Dans le premier cas, la cartographie peut être considérée comme un moyen d'étudier les caractéristiques géomorphologiques générales d'une région ou d'un site. Les méthodes cartographiques employées sont alors le plus souvent celles de la cartographie géomorphologique classique (par ex. Joly & Tricart, 1970 ; Tricart, 1972 ;Smith et al., 2011). La cartographie spécifique vise à représenter uniquement « *the form or set of forms making up a geomorphosite […] whereas all the other elements of the landscape will be omitted* » (Carton et al., 2005). Dans ce deuxième cas, les considérations méthodologiques pour la conception d'une carte représentant des géomorphosites sont beaucoup moins formalisées. Le choix des éléments à faire figurer (périmètre du site ou périmètre de protection, valeur scientifique ou additionnelle), l'échelle de représentation (grande à petite échelle), le fond de carte (carte topographique, photographie aérienne, modèle numérique de terrain, etc.), les symboles par lesquels sont représentés les géomorphosites dépendent en premier lieu de l'objectif et des utilisateurs de la carte.

La visualisation des différents domaines d'application cartographique dans une matrice à double entrée (tabl. 3.2) permet de les distinguer en fonction des divers objectifs et usagers. Les **objectifs principaux** sont : **l'évaluation, la gestion et la valorisation**. Quant aux usagers, ils peuvent être associés à deux groupes distincts : **les spécialistes et les non-spécialistes** (Carton et al., 2005). Dans le premier groupe, on considère les professionnels des sciences de la Terre ou, par extension, les professionnels de la géoconservation ou de la valorisation. Par non-spécialistes, on entend des personnes disposant de peu de connaissances en matière de géosciences. Dans le langage courant, cette catégorie est souvent appelée *grand public*.

		Usagers	
		Spécialistes	*Non-spécialistes*
Objectifs	*Évaluation*	Localiser, délimiter et décrire des géomorphosites exemple : **carte de synthèse**	Rendre le contenu d'un inventaire accessible au public exemple : **carte ou atlas interactif**
	Protection	Surveiller un site ou un réseau de sites ; localiser, délimiter et décrire des phénomènes naturels, gérer des flux touristiques exemple : **carte des événements**	Informer sur l'accessibilité, le danger et la vulnérabilité de différentes zones (type et étendue des phénomènes naturels) exemple : **carte d'accessibilité**
	Valorisation	Rassembler différents types d'information, concevoir des produits géotouristiques exemple : **carte multithématique**	Transmettre des informations géoscientifiques et touristiques exemple : **carte géotouristique**

Tabl. 3.2 Les champs d'intervention de la cartographie des géomorphosites en fonction des objectifs et des usagers.

La combinaison des objectifs et usagers donne lieu à des applications cartographiques distinctes. Dans le **processus d'évaluation** des géomorphosites, la cartographie intervient à plusieurs moments. Au début du processus, une carte géomorphologique détaillée de la région d'étude permet d'identifier les géomorphosites potentiels. Cette démarche est proposée dans les méthodes d'évaluation de Coratza & Giusti (2005) et Serrano & González Trueba (2005). D'autres auteurs (Pereira et al., 2007) mettent l'accent sur l'importance de la cartographie au moment de la description des géomorphosites. Il s'agit de localiser, délimiter et caractériser les sites d'un point de vue géomorphologique et géologique (aspects tangibles) et de faire accompagner les fiches d'évaluation de ces informations. Afin de faciliter l'identification et la caractérisation des géomorphosites potentiels, des méthodes d'identification semi-automatique des géomorphosites ont été proposées (Aucelli et al., 2005 ; Wiederkehr et al., 2010).

Une attention particulière devrait également être portée, selon Reynard (2009b), à la représentation des résultats des inventaires sous forme cartographique, par exemple à l'aide de cartes synthétiques représentant la valeur scientifique et additionnelle (aspects intangibles) des géomorphosites inventoriés (Reynard et al., 2007). En ce qui concerne les valeurs culturelles, Portal (2010) a proposé une légende spécifique permettant de visualiser les trajectoires patrimoniales des formes du relief.

Les exemples cités jusqu'ici concernent avant tout les spécialistes. La mise en ligne des données d'un inventaire sous forme de carte interactive peut être un moyen de rendre les informations accessibles aux non-spécialistes (Martin & Ghiraldi, 2010). À l'aide de fonctionnalités de recherche des navigateurs informatiques, les usagers peuvent adapter la carte à leurs besoins et visualiser les informations les intéressant.

Le projet de Smith et al. (2010) concernant la cartographie des mouvements de terrain affectant la Chaussée des Géants et sa côte illustre l'utilité à la fois scientifique et appliquée de la **cartographie dans la gestion d'un géomorphosite.** Les auteurs ont développé une base de données s'appuyant sur la

saisie cartographique des événements passés et présents (mise à jour continue) afin de fournir les informations concernant l'étendue et la fréquence des processus en cours. D'une part, l'outil est conçu comme instrument d'aide à la décision afin de pouvoir agir rapidement suite à de nouveaux événements (par ex. restriction d'accès), mais doit également permettre le développement de stratégies de gestion à long terme. L'outil permet d'autre part un usage *grand public* à travers une interface interactive afin de sensibiliser les visiteurs au caractère dynamique du site et d'expliquer les raisons des fermetures temporaires à certains endroits. Cet exemple montre bien que la cartographie est à même de participer à plusieurs niveaux aux mesures de conservation : identification (1), suivi (2) et communication (3) des phénomènes composant et/ou influençant un site.

Dans le domaine de la **valorisation**, les informations cartographiques relatives aux géomorphosites sont généralement couplées avec d'autres informations spatiales (Castaldini et al. 2005a, 2005b). Les spécialistes peuvent ainsi superposer les informations concernant les infrastructures, points d'intérêt touristiques, risques naturels, etc. Des requêtes peuvent ainsi être effectuées afin d'évaluer, par exemple, l'accessibilité d'un site en fonction de l'infrastructure routière, la proximité avec d'autres points d'intérêt (ex. site historique) ou l'exposition aux risques naturels (ex. sentier traversant un glissement de terrain). Ce genre d'application est utile dans la conception de produits de valorisation, comme par exemple les sentiers à thèmes.

Au même titre qu'une brochure ou des panneaux, la carte peut être utilisée comme support pour des informations destinées aux non-spécialistes. Dans la plupart des cas, la fonction primaire de la carte est de servir de dispositif à l'orientation en indiquant les points d'intérêt géomorphologique (géomorphosites) ou touristiques (restaurants, parkings, moyens de transport, etc.). Dans une démarche plus explicative, la carte peut également être utilisée pour visualiser des formes et processus géomorphologiques afin de fournir une clé de lecture du paysage aux non-spécialistes (Martin & Reynard 2009 ; Regolini-Bissig et al., 2009 ; Regolini-Bissig, 2010 ; Martin, 2010 ; Serrano & González-Trueba, 2010).

Les différentes applications cartographiques reposent sur des méthodes plus ou moins définies. Elles seront discutées au chapitre 5 lorsque nous analyserons les considérations méthodologiques de la cartographie des géomorphosites.

3.3.2 La question du public : spécialistes et non-spécialistes

La différenciation entre un public de spécialistes et un public de non-spécialistes est d'une importance primordiale puisque les deux groupes ne partagent pas les mêmes **connaissances en termes de lecture de carte** et n'ont pas forcément les mêmes **besoins d'information.**

Le système de codage utilisé dans la communication entre spécialistes repose sur des conventions nationales (légendes géomorphologiques), voire internationales (légendes géologiques). Le chercheur actif dans le domaine de la cartographie géomorphologique s'est familiarisé aux cours de ses études ou de sa spécialisation avec la sémiologie en question. L'interprétation de l'information cartographique ne lui pose de ce fait pas de problèmes particuliers. Ce n'est pas le cas pour les non-spécialistes, qui ne maîtrisent pas le « langage » utilisé et pour lesquels une carte

géomorphologique peut se révéler incompréhensible. L'utilisation d'une légende simplifiée, comme cela est proposé par Castaldini et al. (2005a et b) et Bertacchini et al. (2007), peut certes réduire la charge visuelle d'un document, mais ne change rien aux systèmes de codage inconnu du public. Ce dernier représente les formes géomorphologiques à l'aide de symboles conventionnels (points, lignes, surfaces) et utilise des couleurs qui ne sont pas forcément intuitives. Ainsi, la légende géomorphologique de l'IGUL (Schoeneich, 1993 ; Schoeneich et al., 1998) a attribué le rose aux formes périglaciaires et le vert au formes fluviatiles, des couleurs qui n'évoquent probablement pas spontanément ce type de processus chez les non-spécialistes. La difficulté qu'éprouvent beaucoup de personnes à lire des cartes topographique (Kealy, 1998 ; Kruhl, 2006), souvent utilisées comme fonds (*basemaps*) des cartes pour non-spécialistes, peut s'ajouter à celle d'une légende inconnue.

Une autre question fondamentale concerne le besoin d'information des spécialistes et des non-spécialistes. Est-ce que les non-spécialistes sont en mesure d'apprécier la masse d'informations proposée par une carte géomorphologique de détail ? Ou au contraire, le détail ne cacherait-il pas l'information essentielle ? Quelle information est utile pour les non-spécialistes ? Sous quelle forme peut-elle être appréciée ? Autant de questions qui montrent le besoin de différencier les deux groupes.

3.4 Communiquer avec un public de non-spécialistes

3.4.1 Le parcours de vulgarisation

Toute activité de valorisation implique une communication entre spécialistes et non-spécialistes. Lorsque l'objet de la communication traite des aspects géomorphologiques, on peut parler de *vulgarisation de la géomorphologie*. Au sens large, la notion de « vulgarisation » est définie comme l'*« action de mettre à la portée du plus grand nombre, des non-spécialistes des connaissances techniques et scientifiques* » (Larousse on-line). Nous l'utilisons dans cette étude comme terme générique pour la communication entre spécialistes et non-spécialistes, sans faire référence à l'une des différentes approches ou disciplines en particulier (voir plus bas).

Le *parcours de vulgarisation* du patrimoine géomorphologique décrit par Sellier (fig. 3.9) implique deux démarches fondamentales : *« La première réside dans une analyse initiale des reliefs, qui exige une compétence scientifique sans laquelle il n'existe aucun discours vulgarisateur crédible. La seconde consiste en une pédagogie adaptée au public des sites sans laquelle il n'y a pas de transmission possible »* (Sellier, 2009 : 71).

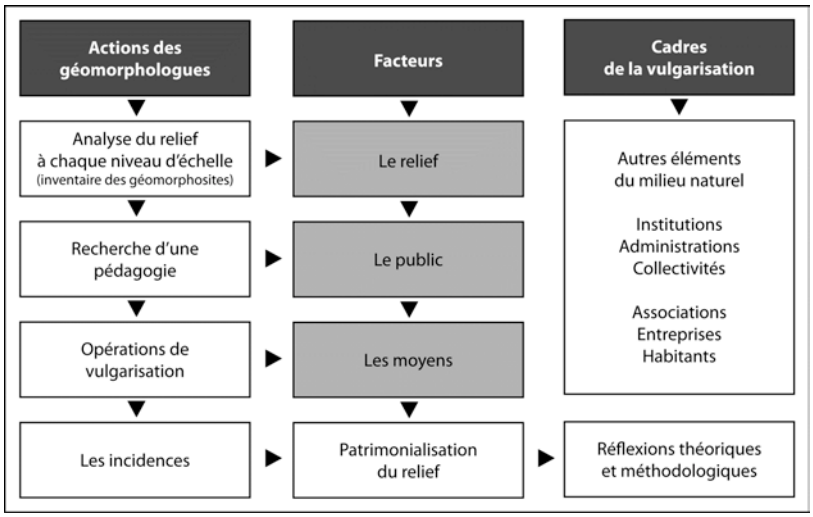


Fig. 3.9 Le parcours de vulgarisation selon Sellier (2010).

Dans ce chapitre, nous n'allons pas revenir sur l'analyse des reliefs sous l'angle des géomorphosites décrite plus haut, mais nous intéresser à l'étape de la **recherche d'une pédagogie** adaptée. Nous nous focalisons ici sur les actions des géomorphologues en ce qui concerne la définition des objectifs, méthodes et moyens de vulgarisation en fonction du public et d'un support prédéterminé, la carte.

3.4.2 La recherche d'une pédagogie

Parmi les difficultés de vulgarisation de la géomorphologie soulevées par Sellier (2009) (problèmes d'identification, problèmes de reconnaissance, problèmes de langage, problèmes de diffusion), celles liées à la transmission du savoir géomorphologique sont déterminantes en matière de recherche d'une pédagogie. Ils se situent aussi bien du côté du public, que du côté des personnes investies dans la vulgarisation. En raison de la place marginale qu'occupe la discipline dans les programmes de géographie dans l'enseignement en Suisse, les connaissances de base du public en matière de géomorphologie sont relativement faibles. Le vulgarisateur dispose de ce fait de peu de points d'appui sur lesquels construire son discours. En ce qui concerne les universitaires impliqués dans des projets de valorisation, ils n'ont souvent que des connaissances superficielles en matière de méthodes et moyens de vulgarisation. **La recherche d'une pédagogie a dès lors deux points de départ : la prise en compte des caractéristiques du public auquel on s'adresse** (voir 3.4.3) **et l'initiation à des méthodes et moyens de vulgarisation**.

Ces derniers sont au centre de plusieurs disciplines et courants et se focalisent tantôt sur les situations d'apprentissage dans le milieu scolaire (didactique des sciences), tantôt sur les méthodes pour une communication avec des jeunes et des adultes dans un contexte informel (médiation scientifique, interprétation). La consultation de

la littérature relative aux domaines de la didactique des sciences (Hertig, 2009 ; Astolfi, 2010), la médiation scientifique (Giordan & De Vecchi, 1990 ; Giordan, 1991 ; Raichvarg & Jacques, 1991) ou l'interprétation (Tilden, 1957 ; Ham, 1992 ; Beck & Cable, 2002) permet de repérer les différentes options en matière de communication avec les non-spécialistes. En raison de la diversité des projets et des publics cibles, nous nous limitons ici à présenter les aspects principaux des différentes disciplines et courants actifs dans le domaine de la vulgarisation. Nous parlerons des méthodes et moyens concrets plus loin, lorsqu'il s'agira de présenter les principes de base pour une cartographie géotouristique (Chapitre 5) et de l'élaboration des cartes-tests (Chapitre 7).

La didactique des sciences s'occupe des questions de l'enseignement et de l'acquisition des connaissances des différentes sciences scolaires telles que la géographie, l'histoire, les mathématiques, le français, etc. en lien avec la psychologie, la pédagogie et d'autres sciences humaines. Elle se focalise sur le choix des contenus, de leur organisation dans un curriculum scolaire et la formulation de séquences d'apprentissage (Hertig, 2009). Les enseignements issus de la didactique des sciences s'appliquent donc en premier lieu à l'éducation formelle. Les efforts pour la définition d'une didactique de la géomorphologie sont à notre connaissance plutôt rares (Kestler, 2005 ; Kruhl, 2006).

Le courant de l'interprétation patrimoniale **(*Heritage Interpretation*)** s'est développé aux Etats-Unis dans le cadre de l'éducation environnementale dans les parcs nationaux. Selon la définition de Tilden (2007), l'une des grandes figures du courant, « *interpretation is an educational activity which aims to reveal meanings and relationships through the use of original objects, by firsthand experience, and by illustrative media, rather than simply to communicate factual information* » (Tilden, 2007). L'approche interprétative met l'accent sur une communication qui vise à instaurer un lien émotif et intellectuel entre le visiteur et son vécu et les objets de l'interprétation. Différentes stratégies et techniques d'interprétation ont été développées par différents auteurs (Moscardo, 1999 ; Beck & Cable, 2002 ; Widner Ward & Wilkinson, 2006 ; Moscardo et al., 2007, Caputo et al., 2008) et trouvent une application dans divers contextes : musées, centres d'informations, sites naturels. Les recherches au sein de ce courant sont d'ordre appliqué et visent l'élaboration de « bonnes pratiques » en matière de communication. Aux Etats-Unis, les *interprètes* suivent une formation lors de laquelle ils acquièrent les qualifications nécessaires pour une communication efficace avec les visiteurs. Dans le domaine du gétourisme, les auteurs proposant d'intégrer une approche interprétative sont de plus en plus nombreux (Badman, 1994 ; Frei & Schillak, 1997 ; Hose, 2006 ; Lehnes & Glawion, 2006 ; Megerle, 2008 ; Hughes & Ballantyne, 2010).

En raison de l'application dans un contexte non-scolaire, la **médiation scientifique** est plus proche de l'interprétation que de la didactique des sciences. Souvent, elle est vue comme une nouvelle manière de faire de la vulgarisation, traditionnellement caractérisée par une approche « descendante », informative et explicative et à dimension simplificatrice (Eastes, 2009, communication orale). « *Placé par son étymologie « au milieu » des protagonistes, le « médiateur scientifique » facilite les contacts de la science avec la société, réduit les incompréhensions, écoute les préoccupations des non-scientifiques, partage et discute de ses valeurs avec eux,*

s'inspire de leurs conceptions pour élaborer son discours et tente finalement d'effacer les frontières entre la communauté scientifique et ceux qui utilisent ou sont touchés par des découvertes » (Eastes, 2009, communication orale). À l'université de Lausanne, l'« équipe du Professeur Marthaler » (Schlup, 2010) développe depuis plusieurs années des méthodes et produits de médiation pour les géosciences sur la base de cette philosophie (Marthaler, 2001 ; 2003 ; 2004 ; Pralong, 2003 ; Kramar & Pralong, 2005 ; Kramar, 2010).

Le dénominateur commun aux trois approches (didactique des sciences, interprétation et médiation) est l'élaboration de moyens et méthodes de vulgarisation (s.l) des géosciences pour un public profane.

3.4.3 Communication cartographique avec un public de non-spécialistes

« *The first and most important thing we have to realize is that the majority of our visitors are novices – not experts. They lack the specialized knowledge base, language, concepts, and ways of thinking and looking which experts acquire through learning and practice* » (Borun, 1991 : 4, cité par Moscardo 1999). La clé du succès de la vulgarisation est la **conception d'un message adapté au public**. Selon Moscardo (1999), trois éléments sont à considérer : le **contenu** et la **structure** du message et le **support** avec lequel celui-ci est transmis. Le contenu fait référence aux informations à transmettre, la structure à la façon dont ces informations sont présentées. Pour être véhiculées, les informations ont, enfin, besoin d'un support.

Définir le(s) public(s)

Avant de nous concentrer sur le processus de conception d'un message, il convient d'étudier plus en détail les publics auxquels on a l'intention de s'adresser. Ceux-ci se différencient par les caractéristiques des individus qui les composent (âge, niveau de formation, connaissances préalables, etc.) et par la connaissance variable des publics par rapport aux sites (visiteurs occasionnels, intentionnels, résidents) (Sellier, 2009). Dans le cadre de la valorisation touristique, différents auteurs ont proposé des typologies du grand public. Ils permettent de caractériser le public en fonction de critères démographiques et socio-économiques (Hose, 1994) ou du degré d'intérêt par rapport à un sujet donné (Origet du Cluzeau, 1998 ; Pralong, 2006). Dans certains cas, les typologies proposées peuvent se révéler insuffisantes parce que l'on a besoin de connaître, soit la composition spécifique d'un public donné à un endroit donné (Megerle, 2008), soit les intérêts spécifiques des visiteurs par rapport au site qu'ils visitent. Les méthodes d'investigation utilisées dans les sciences sociales permettent alors de répondre aux questions telles que la motivation et le centre d'intérêt des visiteurs (Hose, 1996 ; Pralong, 2006), les connaissances des processus géomorphologiques ou la perception du paysage (Moreau, 2010 ; Regolini-Bissig & Martin, submitted) et d'affiner le profil du public cible. Mieux on connaît son public, mieux on pourra adapter le message.

Concevoir un message adapté au public et au support de communication

Concevoir un message selon Moscardo (1999) implique de se pencher sur : le choix des informations à transmettre (contenu), la formulation d'un message (structure du contenu) et la création d'un support – cartographique dans notre cas. En matière de géomorphosites, le choix des informations à transmettre se décide à deux niveaux. Tout d'abord, il faut choisir dans un espace donné, les sites significatifs. Ensuite se décidera le type d'information qui va être communiqué à propos de ces sites. Concernant le **choix de sites significatifs** pour la vulgarisation de la géomorphologie, Sellier (2009 ; 2010) propose trois démarches non exclusives : la « démarche sélective », la « démarche généraliste » et la « démarche déductive ». La première se réfère aux méthodes d'évaluation et de sélection des géomorphosites et a tendance à privilégier les sites les plus spectaculaires. La deuxième, repose sur le principe que tous les sites justifient un commentaire, même les plus ordinaires. Un certain degré de sélection est cependant inévitable. La troisième nécessite une analyse multiscalaire du relief comprenant a) la définition des propriétés générales de l'espace considéré, b) l'identification de ses composants géomorphologiques majeurs et c) la détermination des unités de relief élémentaires. Lors de cette dernière étape sont sélectionnés les géomorphosites significatifs du relief qui vont être valorisés. La démarche utilisée pour la sélection des sites dépend des objectifs du projet de vulgarisation. Il est possible d'ajouter une quatrième démarche – « orientée » – où la sélection des sites se fait en fonction d'un message préalablement établi.

Dans un deuxième temps, il s'agit de **définir le type d'informations** que l'on souhaite transmettre et de **structurer le message**. Dans les produits de valorisation géotouristique actuels, on observe généralement une vulgarisation ponctuelle et factuelle, c'est-à-dire la diffusion d'informations avant tout scientifiques et spécifiques à un site (Ambert, 2009). À côté de la simple énumération des faits, il est possible d'intégrer les informations dans une histoire *(telling a story)* ou de poser des questions – provocatrices peut-être – afin d'engendrer une réflexion chez le récepteur (Moscardo, 1999). Les préceptes de l'interprétation et de la médiation scientifique renseignent sur les options afin de générer un message permettant une mise en réseau conceptuelle de plusieurs sites et un lien avec la vie courante ou la société en faveur d'une compréhension globale (prise en compte des valeurs additionnelles).

Finalement, le message est **mis en forme en fonction du support de transmission**. Celui-ci peut-être personnel ou impersonnel (Widner Ward & Wilkinson, 2006). Dans le premier cas, la communication est directe : dialogue entre un guide et les visiteurs (Musy, 2009). Dans le second cas, la communication se fait via un support et est de ce fait indirecte ou « médiatisée ». Le choix de média est vaste : son, texte, schéma, photographie annotée, carte, animation…. Chaque média a cependant des possibilités de communication limitées (Martin, en cours.). La carte est par exemple spécialement adaptée pour représenter des données spatiales et leurs corrélations. Elle peut également favoriser la création de modèles mentaux (Dransch, 2000). Par contre, sous forme imprimée, elle a l'inconvénient de ne pouvoir visualiser qu'une seule échelle à la fois, une représentation en deux dimensions et des données statiques. Le contenu que l'on souhaite véhiculer devrait donc correspondre aux possibilités du média choisi, puisque « *only media which are*

designed according to their actual functions support human information processing in a satisfactory way » (Dransch, 2000 : 5).

Poussant plus loin la recherche d'un message adapté, nous pouvons également nous interroger sur l'interaction du public cible avec le support de communication et le transfert effectif de l'information (Berrebi, 2006 : Reynard & Berrebi, 2008). Au moment de planifier un projet de vulgarisation s'appuyant sur un support cartographique, il peut être intéressant d'identifier l'influence de différents facteurs. Les capacités cognitives et physiques (McEachren, 1995) ainsi que l'expérience (Eastman & Castner, 1983) font partie des caractéristiques prédominantes. Sur le plan cognitif, l'aptitude à déchiffrer différentes perspectives dépend par exemple de l'âge des individus (Sobel, 1998). Au niveau physique, une personne âgée ou malvoyante peut avoir de la difficulté à distinguer des couleurs proches ou des figurés trop petits. Enfin, la lecture de carte dépend également des compétences des utilisateurs. Par leurs parcours professionnels ou par leurs activités de loisirs (ex. scouts, randonneurs, course d'orientation), certaines personnes sont plus familiarisées avec le média « carte » que d'autres. En d'autres termes, ils sont plus avancés ou ont terminé le processus d'apprentissage.

Cette partie théorique montre que notre problématique d'étude (la cartographie des géomorphosites dans le domaine de la valorisation) représente non seulement un défi cartographique, c'est-à-dire la représentation des valeurs tangibles ou intangibles des géomorphosites selon des standards établis, mais également un défi pédagogique constitué par la communication avec des non-spécialistes. Ou, comme l'exprime Tom Patterson (2009) : « *cartographic production is technical. Designing maps is artistic. Developing an interpretive message is pedagogical. Creating successful interpretive maps requires frequent switching between these very different modes of thinking* » (dans Bailey, 2009 : 60).

Dans les chapitres suivants, nous aborderons donc à tour de rôle et de façon combinée la géomorphologie de la vallée de Maderan (Chapitre 4), les considérations méthodologiques pour une cartographie des géomorphosites (Chapitre 5), la perception des formes et processus géomorphologiques par les non-spécialistes (Chapitre 6) et la mise en forme graphique et didactique des cartes géotouristiques (Chapitre 7).

4. La vallée de Maderan (UR) – Présentation de la région et du site d'étude

4.1 Situation géographique

Dans le canton d'Uri, une vallée latérale s'ouvre perpendiculairement à la vallée de la Reuss à la hauteur d'Amsteg : c'est le Maderanertal ou la vallée de Maderan (fig. 4.1, Annexe 2. D'orientation Est-Ouest, la vallée de Maderan s'étend sur une quinzaine de kilomètres du Claridenpass (2962 m) jusqu'à Amsteg (526 m). Elle est reliée à la vallée de la Reuss par les gorges du Bristentobel.

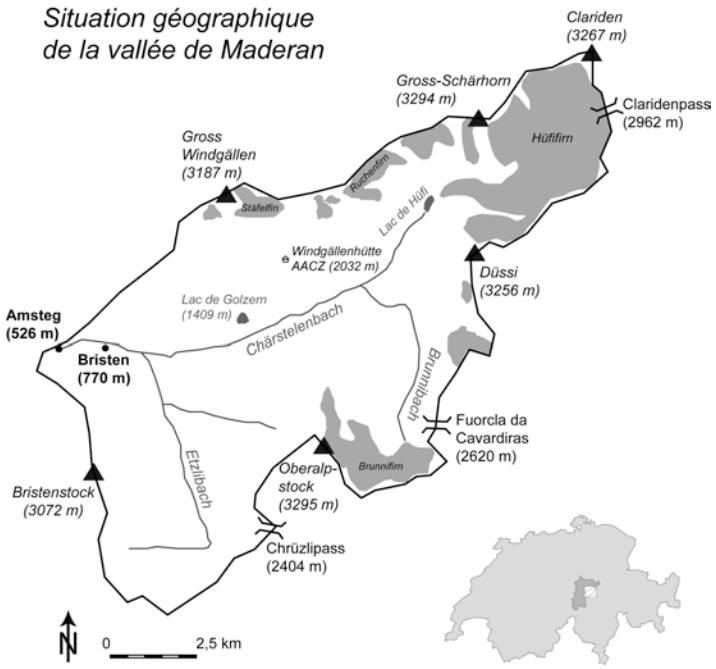


Fig. 4.1 Carte schématique de la vallée de Maderan (G. Regolini).

Entourée de sommets dépassant 3000 m d'altitude, il s'agit d'une vallée au fond étroit et parois raides. Deux vallées latérales, s'ouvrent en direction du Sud et constituent des passages vers les Grisons. Via l'Etzlithal et le Chrützlipass (2404 m), on peut rejoindre Sedrun et le Brunnital mène via la Fuorcla da Cavardiras (2620 m) à Disentis. Le chemin conduisant au Claridenpass (2962 m) permet le passage vers le canton de Glaris. Les sommets les plus importants de la région sont l'Oberalpstock (3295 m) sur le versant sud et le Gross-Schärhorn (3294.5 m) sur le versant nord.

L'ensemble du territoire d'environ 120 km^2 fait partie de la commune de Silenen, la plus grande commune du canton Uri par sa surface (144,79 km^2) (Urner Kantonalbank, 2007). La commune compte trois villages – Silenen, Amsteg, Bristen – qui totalisent 2302 habitants en 2009 (Fachstelle für Statistik, 2010). Seul le village de Bristen est

situé dans la vallée de Maderan. Il peut être rejoint par la route cantonale qui franchit le Bristentobel.

4.2 Contexte climatique

Le climat et les facteurs structuraux sont les principaux facteurs de contrôle de la morphogenèse. Le climat détermine par exemple la distribution du permafrost et l'occurrence d'autres processus géomorphologiques (processus glaciaires). La lithologie et la tectonique influencent par contre le type de relief et l'action des différents agents d'érosion (ex. processus karstiques). Pour une étude géomorphologique de la vallée de Maderan, il est donc important de connaître à la fois les principaux paramètres climatiques et la structure géologique. Les premiers sont traités dans ce chapitre, les seconds dans le suivant *(voir chap. 4.3)*.

Se situant sur le versant Nord des Alpes, la vallée de Maderan est plus humide que les vallées intra-alpines situées dans la partie centrale de la chaîne alpine. Les Préalpes centrales et orientales sont en effet plus exposées aux afflux d'air humide d'Ouest et du Nord, voire du Nord-Est, et qui provoquent des effets de barrage sur le versant nord des Alpes (Arbeitsgruppe Naturkundliche Höhenwege Uri, 1993 ; Fallot, communication orale).

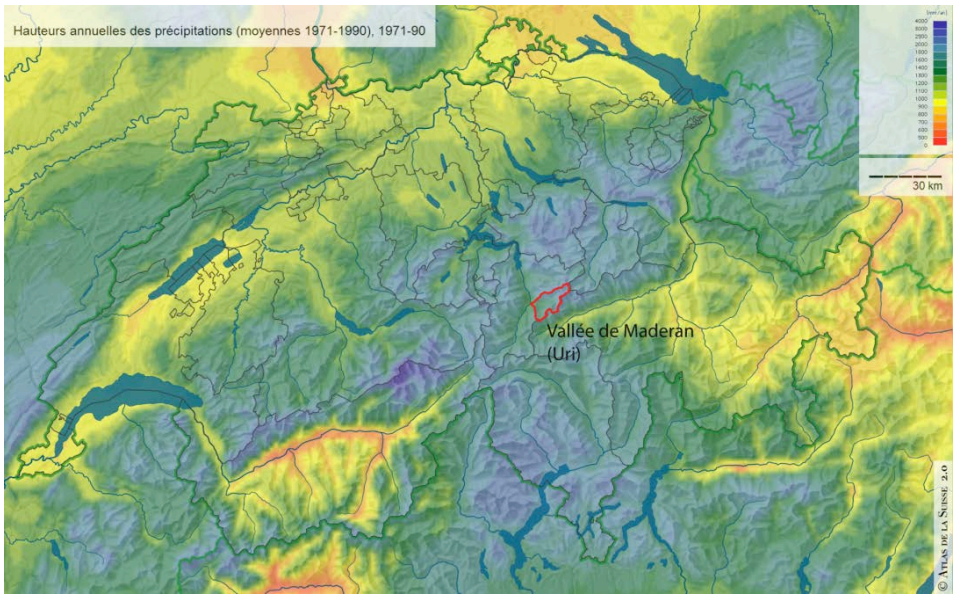


Fig. 4.2 Hauteurs annuelles des précipitations en Suisse. (Source : Atlas de la Suisse 2.0).

À la station météorologique de Bristen (696.690/180.300) située à 828 m, la moyenne annuelle des précipitations durant la période de 1961-1990 est de 1400 mm (MeteoSchweiz, 2005a). Par rapport à d'autres régions suisses comme par exemple le Valais central (500 à 800 mm/an) ou le Moyens Pays (900 à 1200 mm/ans), la vallée de Maderan est plutôt bien arrosée (fig. 4.2). En comparaison avec les vallées voisines, la

vallée de Maderan reçoit plus de précipitations que la région de Disentis (1190 m :1036 mm/an), mais moins que le Reusstal uranais (Göschenen (1100 m) : 1424 mm/an), le Linthal glaronais (Tierfehd (810 m) : 1732 mm/an) ou les Préalpes de Schwyz (Muotathal (620 m) : 2040 mm/an) (MeteoSchweiz, 2005a).

La courbe des précipitations moyennes mensuelles à Bristen pour la même période (1961-1990) indique que notre région d'étude jouit d'un régime pluviométrique semi-continental caractéristique du Nord des Alpes (fig. 4.3).

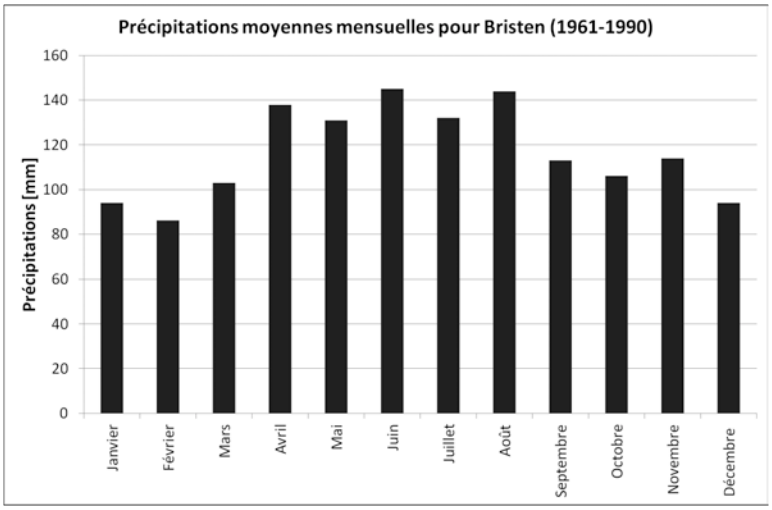


Fig. 4.3 Précipitations moyennes mensuelles pour la période 1961-1990 pour la station météorologique de Bristen (MeteoSchweiz, 2005a).

Utilisant la méthode des estimations des précipitations annuelles en Suisse de Fallot (2006), il est possible d'obtenir les valeurs de précipitations pour d'autres localités et d'autres altitudes dans la vallée de Maderan (tabl. 4.1). En raison du refroidissement et de la saturation de l'air avec l'augmentation de l'altitude, les précipitations sont plus importantes en haut des versants.

Pendant la saison hivernale, une grande partie des précipitations tombe sous forme neigeuse. Selon les estimations faites dans Naturkundlicher Höhenweg im Maderanertal (1993), il y a environ 20 journées avec précipitations neigeuses par année à Amsteg (526 m), 30 jours à Bristen (828 m), 40 jours au Lungenstutz (1172 m) et environ 80 jours à 2500 m. Afin d'avoir une idée des jours de gel (= jours avec T min < 0°C) et de jours sans dégel (= jours d'hiver avec T max < 0°C) pour la vallée de Maderan, nous pouvons nous baser sur les données de la station météorologique de Gütsch (2287 m). Pour la même altitude, la vallée de Maderan devrait bénéficier d'environ 233,6 jours de gel et d'environ 135,8 jours sans dégel (MeteoSchweiz, 2002a ; 2002b).

Localité	Altitude	Moyenne des précipitations annuelles (mm/an)	Moyenne des températures annuelles (°C)
Amsteg	520 m	1290 mm	8,7
Bristen	828 m	1400 mm*	7,2
Lungenstutz	1172 m	1590 mm	5,6
Griess	1500 m	1740 mm	3,6
Ober Frutt	2000 m	1970 mm	0,6
Ortliboden	2075 m	1940 mm**	2,4**
Witenalpstock	3016 m	2440 mm	-5,3

Tabl. 4.1 Tableau synthétique des précipitations et températures dans la vallée de Maderan à différentes altitudes. Estimations basées sur les modèles de Fallot (2006) et Bouët (1985).* données mesurées par MeteoSchweiz entre 1961 et 1990, ** données mesurées entre 2009 et 2011 à la station CSD à Ortliboden.

La station météorologique de Bristen mesurant uniquement les précipitations, il faut également recourir à des estimations pour connaître les valeurs de températures. Selon la méthode de Bouët (1985), on obtient pour le village de Bristen une moyenne de la température annuelle de 7,2°C (pour les autres localités voir le tabl. 4.1). L'isotherme de 0°C, -1°C et -2°C se situent approximativement à une altitude respective de 2100 m, 2300 m et 2500 m.

Suite aux intempéries de l'été 2005 qui ont causé des dégâts non seulement dans la vallée de Maderan, mais à plusieurs endroits du canton ainsi qu'ailleurs en Suisse, une station météorologique a été installée par le bureau CSD sur le versant nord de la vallée à 2075 m d'altitude (700.701/183.154). Depuis juillet 2009, cette nouvelle station mesure les précipitations et les températures. Les données de cette station permettent de valider nos calculs de précipitations. La moyenne annuelle des précipitations sur deux ans est très proche de la valeur calculée : valeur mesurée 1944 mm, valeur calculée pour une altitude de 2000 m = 1970 mm. L'écart entre la température moyenne annuelle calculée (0,6°C) et mesurée (2,4°C) est plus important. Notre hypothèse selon laquelle la période de mesure de 2009 à 2011 est plus chaude que celle de référence (1961-1990) a été confirmée en calculant les moyennes de températures pour les stations météorologiques les plus proches (Gütsch et Altdorf). Pour ces deux stations, les valeurs des températures entre 2009 et 2011 sont également plus hautes que la moyenne de la période de référence (Altdorf : + 1,35°C, Gütsch : + 1°C) (MeteoSchweiz, 2005b).

L'ensoleillement relatif de la vallée de Maderan, c'est-à-dire le rapport entre les heures de soleil mesurées durant un mois ou une année et les heures de soleil théoriquement possibles s'il faisait beau tout le temps durant la même période, doit également être estimé à l'aide de stations météorologiques comparables. Pour les stations d'Altdorf, Gütsch, Engelberg et Disentis (MeteoSchweiz, 2001), ce rapport est de 44 à 46 %. On devrait donc trouver des valeurs similaires dans la vallée de Maderan.

4.3 Contexte géologique

4.3.1 Introduction

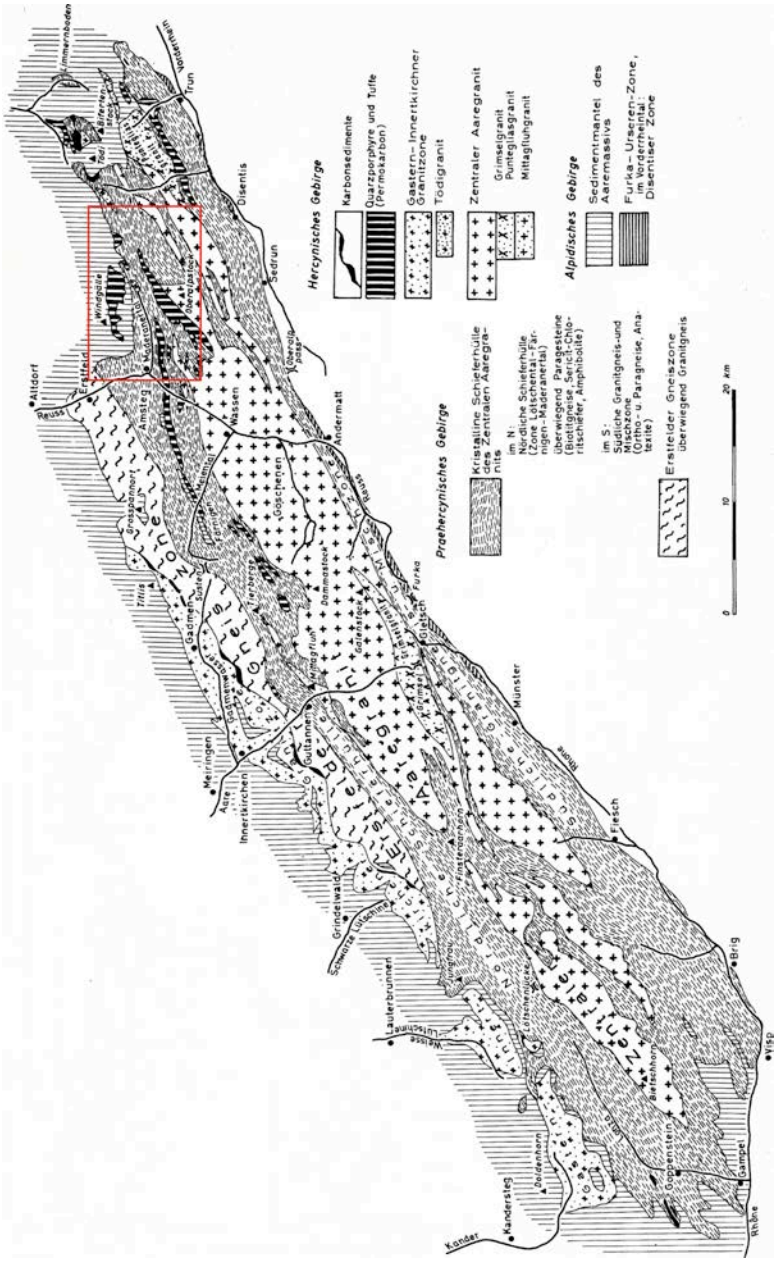


Fig. 4.4 Carte géologique schématique du massif de l'Aar (en rouge = la vallée de Maderan) (Gwinner, 1971).

La vallée de Maderan se situe sur le bord septentrional du massif de l'Aar (Spillmann et al., 2011). D'un point de vue lithologique, ce dernier peut être subdivisé en trois grandes unités : le Vieux Cristallin (Altkristallin), les intrusions granitiques et la couverture sédimentaire (fig. 4.4). Le Vieux Cristallin comprend les roches les plus anciennes. Il s'agit du vieux socle continental composé de roches métamorphiques ayant subi plusieurs cycles orogéniques (cadomien, calédonien, hercynien, alpin) (Labhart, 1993). Les intrusions granitiques sont liées à l'orogenèse hercynienne. Des datations de zircons ont révélé des âges de 298 ± 2 ma (Schaltegger & Quadt, 1990). Des roches volcaniques, tels les quartzporphyres, sont associées à cette même phase orogénique. Durant le Mésozoïque et le Tertiaire, des sédiments se sont déposés par dessus la croute continentale. Ils ont été déformés lors de l'orogenèse alpine et forment les nappes helvétiques.

4.3.2 La géologie de la vallée de Maderan

Dans ce qui suit, la géologie de la vallée de Maderan est présentée selon les trois unités décrites plus haut. Pour chaque unité, nous décrivons les principaux faciès et étapes d'évolution de leur mise en place.

Vieux Cristallin et intrusions granitiques

Les roches du vieux socle continental forment ce qu'on appelle l'*Erstfeldergneis-Zone* (Staub, 1911a ; Labhart, 1993). On y trouve principalement des roches métamorphiques très anciennes qui ont subi plusieurs phases orogéniques. Il s'agit entre autres de paragneiss, d'amphibolites, de méta-péridotites et des diorites (Staub, 1911a). Des datations faites sur des minéraux dans des roches de la même unité ont donné des âges de 1,2 à 2 M.a d'années (Labhart, 1993). Durant le Carbonifère et le Permien, la région d'étude fait partie d'un supercontinent, la Pangée, et est soumise à l'érosion. Les roches plutoniques et volcaniques qui percent le vieux socle continental durant cette période sont associées à l'orogenèse hercynienne. Les intrusions magmatiques que l'on retrouve par exemple au sommet de l'Oberalpstock (Giuvsynite, Düssidiorite, Brunnigranite) font parties du Granite central de l'Aar, le plus grand corps granitique de Suisse (Labhart, 1993). Nous trouvons sur notre terrain d'étude également des roches volcaniques. Le représentant le plus répandu est le quartzporphyre, localement appelé *Windgällenporphyr*. De couleur rouge, grise ou verte, il contient des lentilles de tuf et de conglomérats. Des schistes argileux noirs ainsi que des conglomérats volcaniques sont également associés à cette période d'activité volcanique (Schenker, 1980). Durant l'orogenèse alpine, une partie de ces roches cristallines ont été plissées ; c'est la raison pour laquelle l'on trouve aujourd'hui le quartzporphyre au dessus des sédiments mésozoïques, par exemple au sommet de la *Chli Windgällen* (2986,2 m) (fig. 4.8).

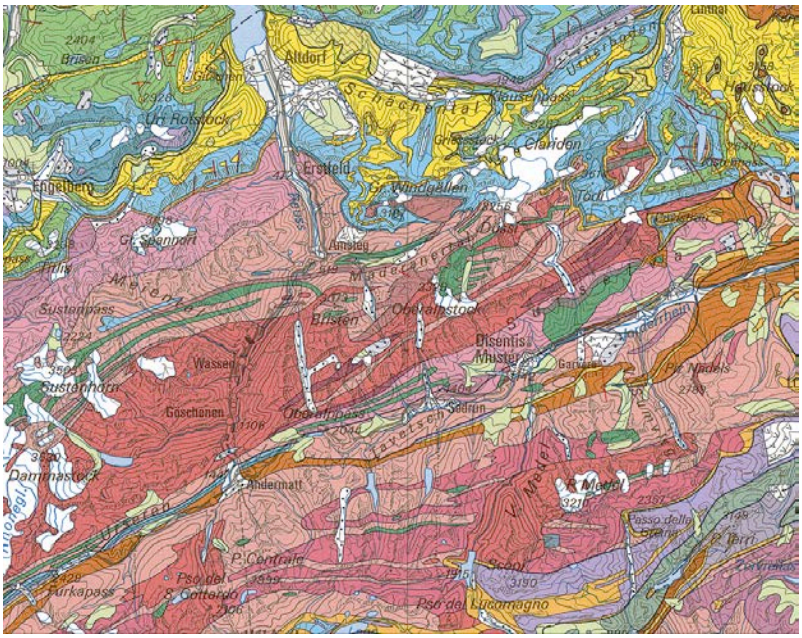


Fig. 4.5 Extrait de la carte géologique de la Suisse au 1 : 500'000 (Source : http://prod.swisstopogeodata.ch/kogis_apps/ga/ga.php?lang=fr#, consulté le 5 mars 2010).

Couverture sédimentaire du Mésozoïque et du Tertiaire

Suite à la déchirure du supercontinent au début du Mésozoïque, la région de la vallée de Maderan est le lieu de plusieurs transgressions et régressions marines sur la plate-forme continentale helvétique. Les phases de sédimentation et d'érosion alternent et les sédiments déposés dans la région par dessus les roches volcaniques lors du Trias sont ensuite érodées au cours du Lias (Staub, 1911a). On n'y trouve donc aucune roche de ces deux époques (fig. 4.7). Les plus vieux sédiments datent du Dogger (*178-157 ma)*. Il s'agit d'argiles, de calcaires marneux et d'oolithes ferrugineuses déposés dans une mer peu profonde. Les couches contenant les oolithes ferrugineuses (Tan, 1976) vont être exploitées du XVI^{e} au XVII^{e} siècle (Aschwanden, 2006) *(voir chap. 4.5.2)*. Des bélemnites (fig. 4.6), des ammonites ou des fragments d'étoiles de mer peuvent se retrouver dans les formations moins ferrugineuses de cette époque.

Des dépôts importants de calcaires compacts de couleur gri-bleuté se déposent tout au long du Jurassique supérieur *(Malm : 157-145 ma).* Leur épaisseur varie localement de 20 à 600 m (Schenker, 1980). Plusieurs sommets départageant la vallée de Maderan du Schächental (situé plus au Nord) sont composés de ces calcaires qui forment des parois abruptes (d'Est en Ouest : Gross Windgällen, 3187 m ; Gross Ruchen, 3138 m ; Alpgnofer Stock, 2767 m).

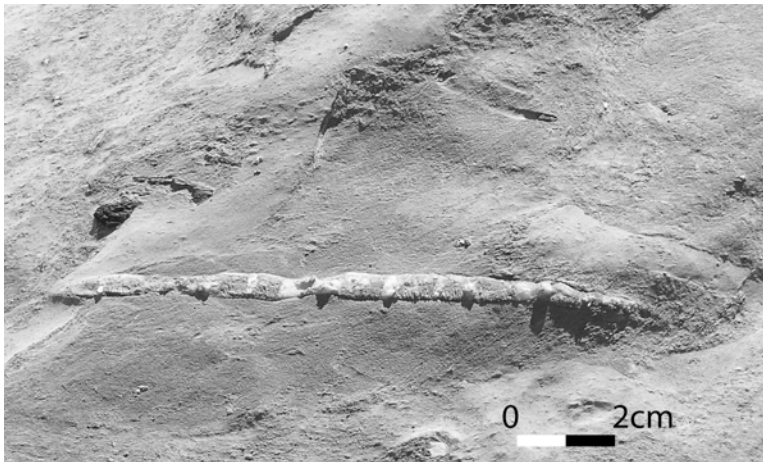


Fig. 4.6 Bélemnite étirée dans les couches du Dogger. Les points de rupture dus à la déformation tectonique des couches ont été cimentés par de la calcite (Photo : G. Regolini, 2007).

On ne trouve pas de dépôts datant du Crétacé puisque la région n'était pas submergée à cette époque (Staub, 1911a). Au début du Tertiaire, la mer recouvre une nouvelle fois la région et des calcaires à nummulites se déposent. Cette couche est facilement identifiable dans le terrain par son aspect jaunâtre. Plus tard, vers 40 ma, se déposent les grès de Taveyanne et des argiles.

Lors de l'orogenèse alpine, la couverture sédimentaire et une partie du massif cristallin ont été plissés en profondeur. D'après Staub (1911a), la zone aurait été affectée vers la fin de la mise en place des Alpes pendant le mouvement qui a plissé et transporté la nappe de l'Axen. Cette dernière a son origine dans la région du Vorderrheintal – Andermatt et a été déplacée jusque dans la région septentrionale du Schächental. Dans la vallée de Maderan, les sédiments du Mésozoïque et du début du Tertiaire forment le pli de la Windgälle (Lusser 1829 ; Müller, 1876 ; Heim, 1878 ; Staub, 1911a ; Schenker ; 1980 ; Gnos, 1991). Il se manifeste par un dédoublement des couches sédimentaires autour d'un noyau cristallin (quartzporphyre) dans la région de la Gross et la Chli Windgällen (fig. 4.8). Le flanc normal se trouve encore en position originale sur le massif cristallin. Les sédiments mésozoïques et tertiaires, à l'origine dans une position plus méridionale, se trouvent aujourd'hui dans une position para-autochtone. Le lien avec les sédiments autochtones est cependant encore intact.

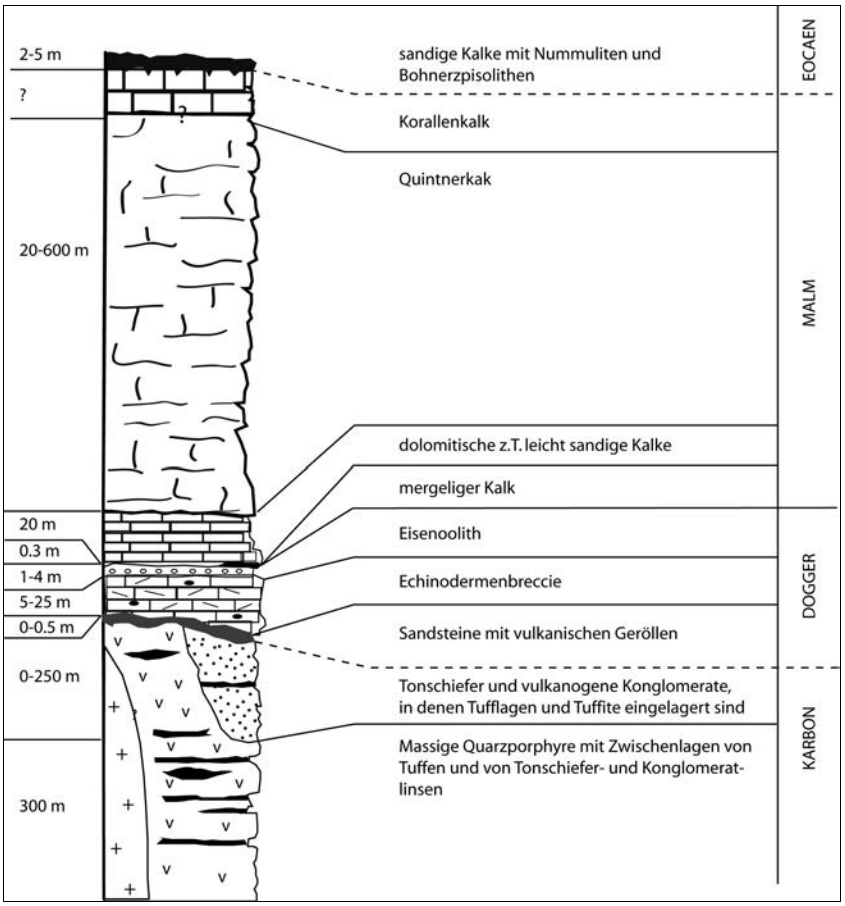


Fig. 4.7 Colonne stratigraphique simplifiée à travers les vulcanites et la couverture sédimentaire autochtone de la région des Windgällen (modifié d'après Schenker, 1980).

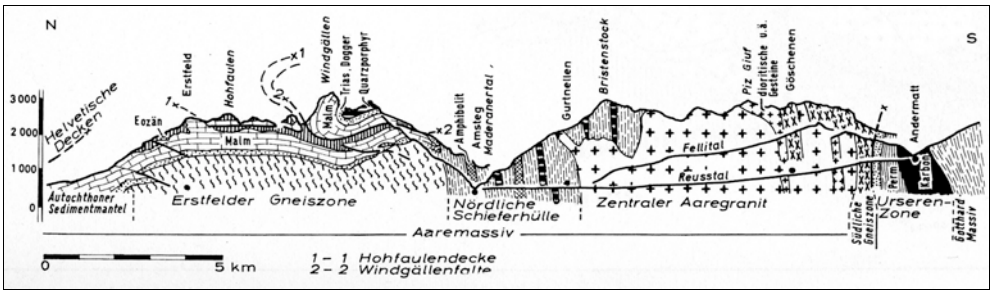


Fig. 4.8 Profil à travers le Massif de l'Aar (Gwinner, 1971).

Minéraux

Une description géologique de la vallée de Maderan ne peut se passer d'évoquer les gisements minéralogiques. Les plus riches se trouvent dans le versant sud sous le Tscharren et l'Oberalpstock dans les *Serizitschiefer (-gneiss)* et les amphibolites du Vieux Cristallin. Le Lungental, Grisserental, Saldental et Bändertal sont connus comme sites d'extraction classiques (Amacher, 1993).

Grâce à Franz Schenker (1980), la région de Windgällen, riche en minéraux elle aussi, est bien étudiée. Les diaclases générées lors de la mise en place du pli de la Windgällen contiennent plusieurs types de minéraux. Dans les *Fiederklüfte* (pinnate joints), qui se concentrent dans les quartzporphyres du cœur du pli et qui seraient contemporaines à la phase de plissement, on trouve des minéraux tels que le quartz, l'albite et la chlorite. Dans les roches cristallines affectées par le plissement prédominent le quartz, la chlorite, l'anatase et la brookite. Dans les *Milchquartzgänge,* les minéraux se sont formés après la phase tectonique. A proximité de la cabane de Windgällen se trouve un gisement important. Les minéraux prédominants sont le quartz, la chlorite et la brookite.

A côté de l'exploitation du fer (*voir chap. 4.5.2)*, la recherche de cristaux et de minéraux a une longue tradition dans le canton d'Uri. En effet, ce canton dispose des plus anciennes ordonnances et lois à ce sujet en Suisse (Arbeitsgruppe Naturkundlicher Höhenwege Uri, 1993 ; RB 753.41). Dans la vallée de Maderan, la recherche des cristaux et minéraux a toujours fait partie des gains accessoires et loisirs des habitants. A l'époque, les cristaux de quartz voyageaient jusqu'en Italie du Nord où ils étaient travaillés. Attirés par la richesse minéralogique de la vallée, plusieurs scientifiques et directeurs de musée ont demandé à la population locale des minéraux moins connus (l'anatase, le brookite ou le titanite) pour leurs collections. Ainsi, des minéraux de la vallée de Maderan se trouvent dans de nombreux musées autour du globe, dont le British Museum à Londres (Aschwanden, 2006). Encore aujourd'hui on trouve, à côté des habitations et le long des sentiers, de nombreux points de vente de cristaux (fig. 4.9) et chaque année une bourse aux minéraux est organisée à Bristen.

Fig. 4.9 Point de vente de minéraux de la vallée de Maderan à Golzern. (Photo : G. Regolini, 2010).

4.4 Contexte géomorphologique

4.4.1 Introduction

Contrairement aux études géologiques relativement abondantes, les travaux concernant la géomorphologie de la vallée de Maderan sont beaucoup plus rares. Les études existantes se concentrent pour la plupart sur le passé glaciaire de la vallée (Voskule, 1904 ; Hantke 1980 ; 1991) ou des événements particuliers et très localisés comme les coulées de boue (Thali & Bollinger, 2000). Schwab (1957) est le seul à avoir donné un aperçu géomorphologique de l'ensemble de la vallée de Maderan. Afin de pouvoir situer notre site d'étude *(voir chap. 4.7),* nous présentons ici les principaux processus géomorphologiques qui ont modelé et continuent à façonner la vallée de Maderan (fig. 4.10).

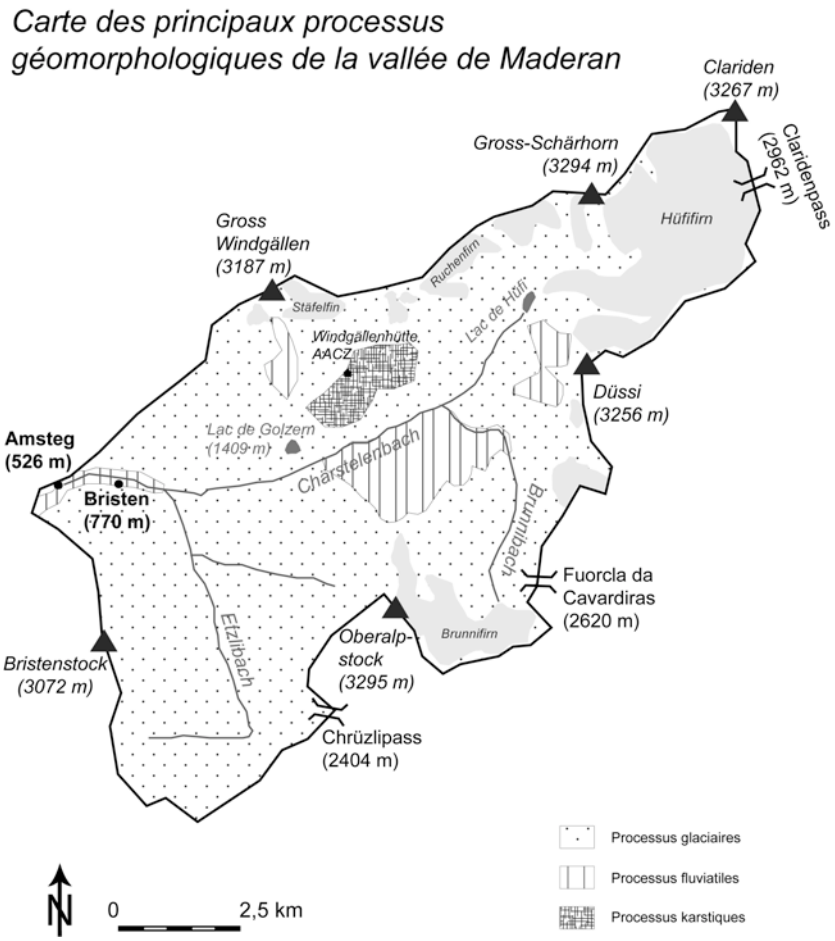


Fig. 4.10 Carte schématique des principaux processus géomorphologiques de la vallée de Maderan (d'après l'Atlas de la Suisse 2.0).

4.4.2 Processus glaciaires

Comme dans beaucoup d'autres vallées alpines, les processus glaciaires ont fortement modelé le relief de la vallée de Maderan. Le glacier de Maderan rejoignait le glacier de la Reuss à la hauteur d'Amsteg. Il a donné à la vallée la forme caractéristique d'une vallée en auge avec épaulements. Le versant nord a beaucoup mieux préservé les caractéristiques glaciaires que le versant sud. On y distingue notamment plusieurs étages dont le niveau situé à environ 1900 m (*Alp Gnof* et *Bernetsmatt*) correspondrait selon Schwabe (1957) à un fond de vallée pliocène. Le niveau inférieur, autour de 1400 m (Golzern), se serait formé plus tard, lorsque le fond de vallée s'est progressivement abaissé au niveau actuel. Dans la partie basse du versant nord, on trouve de nombreuses parois polies par le glacier. La figure 4.11 donne une idée d'un paysage passé lorsque le glacier de Maderan confluait avec celui de la Reuss (fig. 4.11).

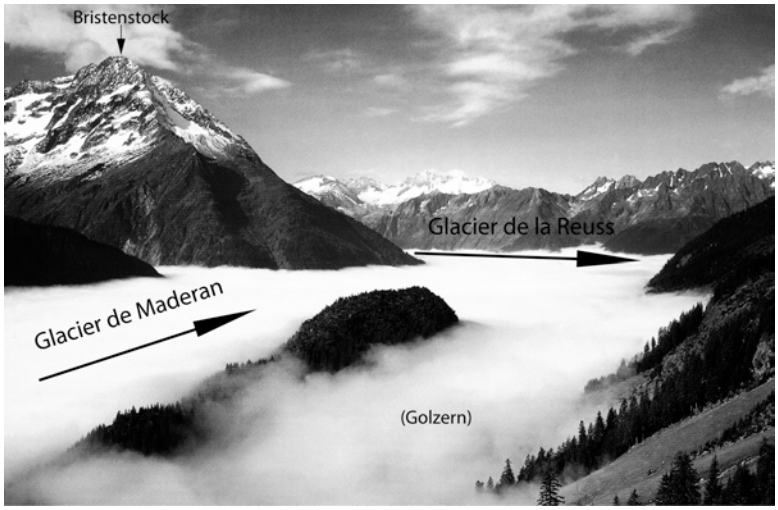


Fig. 4.11 Mer de brume à environ 1500 m dans la vallée de Maderan (Photo : H. Z'Graggen, modifié).

Le grand glacier de Maderan s'est aujourd'hui retiré tout au fond de la vallée et porte le nom de Hüfifirn. Il a fait l'objet d'études depuis le XVIII^{e} siècle. Grâce à un suivi de longue date, on dispose d'une série de mesures de 1882 à nos jours (réseau suisse des observations glaciaires).

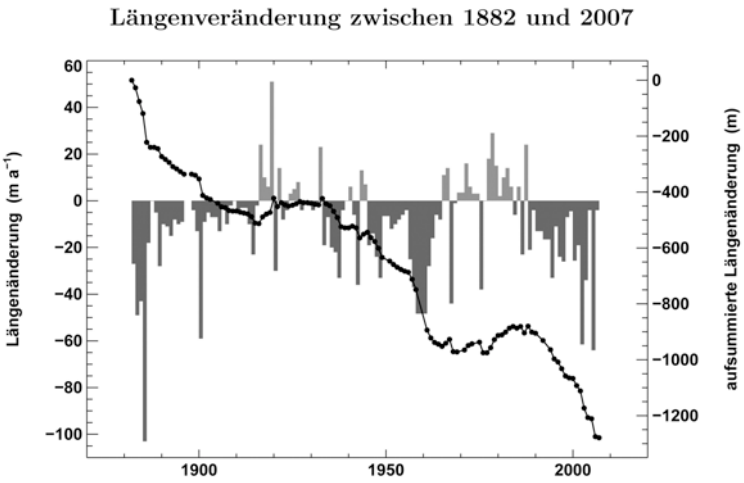


Fig. 4.12 Évolution du Hüfifirn entre 1881 et 2007 (Réseau suisse des observations glaciaires).

Comme beaucoup de glaciers alpins, le Hüfifirn a connu une avancée pendant le Petit Age Glaciaire (PAG), surtout entre 1760 et 1850 (Voskule, 1904). Entre 1850 et 1903, il s'est retiré de 1490,5 m, soit avec une moyenne de 26,74 m par année (Oechslin, 1955-1968). La zone libérée pendant cette période correspond, grosso modo, à la partie inférieure (jusqu'à l'entrée de la gorge) du périmètre délimité par la marge proglaciaire d'importance nationale (1008 : Hüfifirn) (fig. 4.24). Le graphique de l'évolution de la longueur du Hüfifirn (fig. 4.12) montre qu'il s'agit d'un glacier réagissant rapidement aux variations climatiques. Ainsi, les années froides et humides entre 1920-30 et 1970-80 provoquent une réavancée rapide du glacier.

Sur le versant sud, les formes glaciaires sont beaucoup moins évidentes puisque largement masquées par les processus fluviatiles. Cette dissymétrie des versants a une origine géologique (Schwabe, 1957). La karstification des calcaires – présents dans la partie supérieure du versant nord uniquement – diminue fortement les écoulements en surface, ce qui empêche l'accumulation de grands cônes de déjection comme cela est le cas sur le versant sud. La forme en auge sur le versant sud peut cependant être observée dans les parties récemment déglacées, par exemple sur le versant nord du *Chli Düssi* et à l'entrée du *Brunnital*.

Les deux principaux glaciers latéraux du versant sud (Brunnifirn et Etzlifirn) ont formé des vallées suspendues aujourd'hui raccordées à la vallée de Maderan par la cascade du Stäuber pour le Brunnital et la gorge de raccordement façonnée par l'Etzlibach (Hantke, 1980). Quelques petits glaciers de cirque sont encore présents sur la face nord de l'*Oberalbstock* (Staldenfirn, Bachenfirn) du *Witenalpstock* (Stöcklifirn) et du *Bristen* (Stockfirn, Hangfirn) (fig. 4.13).

Sur le versant nord, une série de petits glaciers subsistent de nos jours : d'ouest en est, ce sont le Windgällenfirn, Stäfelfirn, Alpgnoferfirn, Ruchenfirn, Bocktschingelfirn, Hälsifirn (fig. 4.13). Par leur extension plus importante dans le passé, ils ont poli les rochers affleurants de ce versant. De beaux exemples de roches moutonnées se

trouvent par exemple au nord de la cabane de Windgällen en dessous de la *Puchergand* et le versant en dipslope des *Alpgnofer Platten.* Des moraines de stades différents peuvent être observées sur ce versant nord. Certaines seront décrites plus en détail lors de la présentation du site d'étude (voir chap. 4.7).

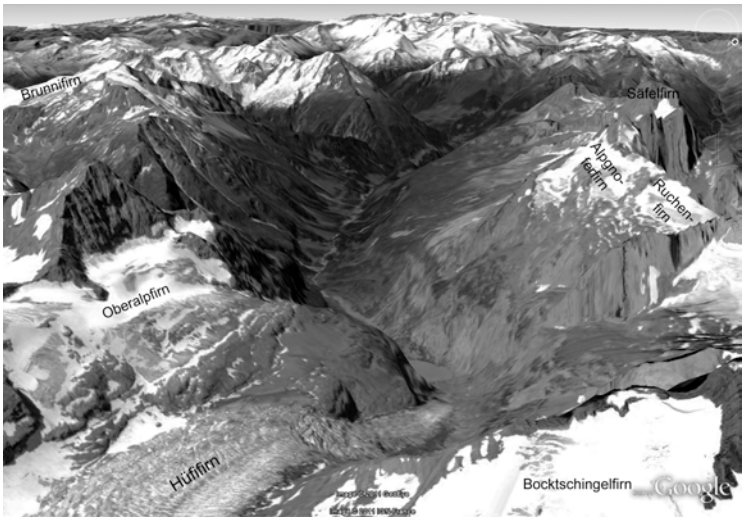


Fig. 4.13 La vallée de Maderan et ses glaciers (Imag GoogleEarth, modifié).

4.4.3 Processus périglaciaires

La distribution du permafrost dépend d'une multitude de paramètres climatiques et topographiques. L'isotherme des températures moyennes annuelles de l'air (Mean annual air temperature, MAAT) de -1°C à -2°C est un premier indicateur pour évaluer la limite inférieure du permafrost discontinu (Haeberli, 1985). L'orientation des pentes est un autre indicateur. Elle influence la radiation solaire potentielle et par là la distribution du permafrost discontinu en montagne (Hoelzle, 1994). En général, cette limite est plus basse sur les versants nord que sur les versants sud, plus ensoleillés. La configuration morphologique du terrain peut également jouer un rôle important dans la distribution du permafrost. Ainsi, il est plus probable au pied de hautes parois verticales faisant de l'ombre (Phillips & Reynard 1996). Finalement, la présence de permafrost dépend également, en plus des flux de chaleur de type conductif / convectif, de flux de type advectif (Delaloye, 2004 ; Lambiel, 2006).

En l'absence d'études concernant la distribution du permafrost dans la vallée de Maderan et de formes périglaciaires bien développées – nous n'avons pas observé de formes périglaciaires actives lors de nos visites dans la région des Windgällen et de la Puchergand –, nous nous limitons aux trois indicateurs principaux mentionnés ci-dessus (température moyenne, orientation des versants, topographie) afin de donner une estimation sur la répartition potentielle du permafrost. Selon les températures estimées pour la vallée de Maderan, la limite du permafrost discontinu se situerait au-dessus de 2300 m (MAAT -1°C à -2°C) sur le versant nord et plus haut sur le versant opposé. La

modélisation proposée dans l'Atlas de la Suisse (fig. 4. 14) prédit cependant la présence du permafrost uniquement dans les environs des crêtes (altitude minimale d'environ 2500 m). Les précipitations abondantes jouent certainement un rôle important *(voir chap. 4.2).* En effet, les chutes de neige sont importantes et favorisent la protection du sol contre les effets du refroidissement hivernal (Harris & Corte, 1992 ; Keller 1994). Il faut également mentionner que les zones potentielles de permafrost sont actuellement occupées par des glaciers.

Le levé d'une carte géologique dans l'*Erstfeldertal* (vallée latérale en rive gauche de la Reuss à 5 km plus au Nord de la vallée de Maderan) fait également état de peu de manifestations périglaciaires dans une vallée comparable à la nôtre (Lehmann, 2008). Mis à part quelques rares glaciers rocheux, la région ne montre pas d'autres formes périglaciaires évidentes.

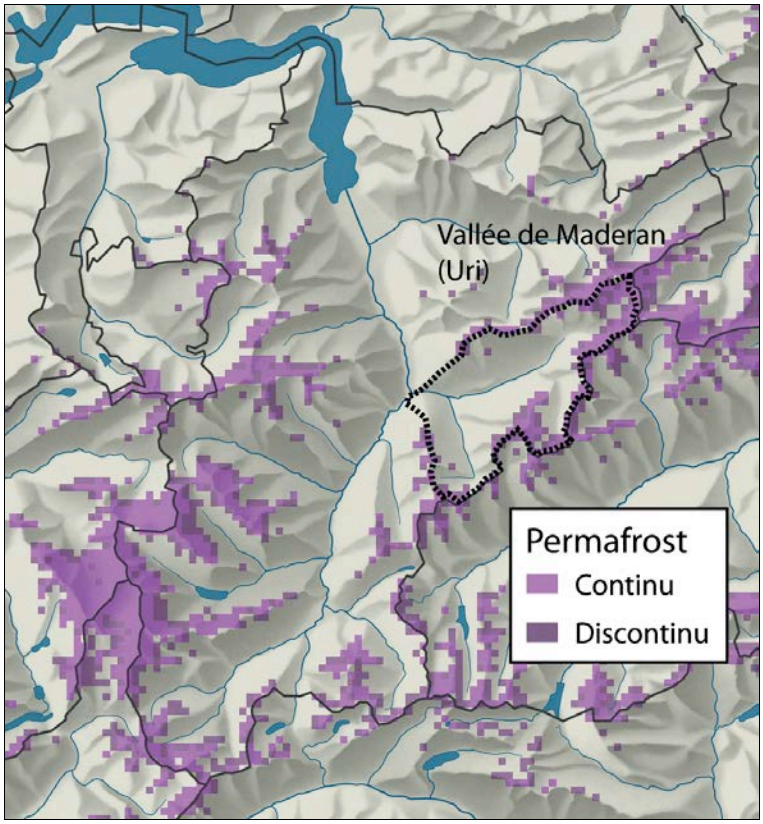


Fig. 4.14 Répartition potentielle du permafrost dans le canton d'Uri et la vallée de Maderan, (Source : Atlas de la Suisse 2.0).

4.4.4 Processus fluviatiles

Les processus fluviatiles représentent aujourd'hui la plus importante capacité de modification du paysage. Ceci s'observe bien sur le versant sud, où les formes

fluviatiles se sont superposées aux formes glaciaires. Ainsi, on trouve entre *l'alpage de Griesseren* et l'entrée du *Brunnital* plusieurs **systèmes torrentiels** (fig. 4.10 et 4.15). Leurs bassins de réception pluri-kilométriques se situent entre 1600 m et 2500 m. Les chenaux de transport sont, pour la plupart, assez courts et fortement incisés. Dans la partie basse, de grands cônes de déjection se sont développés. Ils sont constamment érodés par le *Chärstelenbach* qui coule à leur base et entraîne une partie du matériel.

Des laves torrentielles d'extension beaucoup moins importantes se trouvent également sur le versant nord, dans la région de Golzern. Là aussi, ils masquent partiellement l'héritage glaciaire et tendent à combler le petit lac de Golzern *(voir chap. 4.7).*

Fig. 4.15 Versant sud couvert par une série de laves torrentielles. Au centre, l'alpage de Stössi (Photo : G. Regolini, 2008).

Lors de périodes de fortes précipitations, ces systèmes torrentiels se mettent en charge et provoquent souvent des débordements, comme par exemple en 2005. Ainsi, le *Chärstelenbach* et ses affluents ont causés des inondations à plusieurs reprises. Dans sa partie aval, l'*Etzlibach* a détruit en 1977 cinq ponts et inondé une aire de sport et les affluents situés en rive droite du Chärstelenbach ont détruit des sentiers et des routes et épandu leur charge sur des terres agricoles (Nünlist, 1980).

En août 2005, le Chärstelenbach est de nouveau sorti de son lit et a fortement érodé les berges dans la partie supérieure et partiellement détruit le sentier pédestre ainsi que la route agricole. Cette dernière a été reconstruite plus haut dans le versant. Plus à l'aval, le Chärstelenbach s'est frayé un chemin à travers les habitations situées près de la station départ du téléphérique de Golzern, modifiant temporairement son lit (fig. 4.16). Les habitants ayant été évacués à temps, il n'y a heureusement pas eu de victimes humaines à déplorer. D'importants travaux d'ingénierie ont été nécessaires afin de confiner le Chärstelenbach dans son ancien lit et de protéger les habitations contre de nouvelles crues.

Fig. 4.16 Le 26 août 2005, le Chärstelenbach se fraye son chemin à travers les habitations. Le chenal ancien figure en traitstillés. (Photo : O. Jauch, 2005).

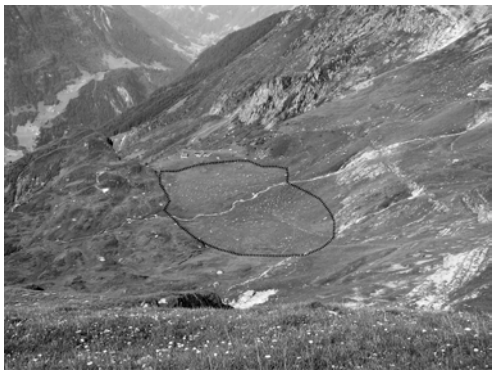


Fig. 4.17 Deux ombilics comblés par des accumulations fluvio-glaciaires, en haut celui d'Oberchäsern, en bas celui de l'Ortliboden (Photos : G. Regolini, 2007).

Des **accumulations fluviatiles et fluvio-glaciaires**, sont à mentionner dans la zone d'*Oberchäsern* (698.000/182.000), de l'*Ortliboden* (700.000/183.000) et de l'*Alp Gnof* (702.000/183.000). A Oberchäsern et Ortliboden, des ombilics ont été comblés par des accumulations fluvio-glaciaires (fig. 4.17). Recouvertes de végétation, elles constituent de bons pâturages. Lors des intempéries d'août 2005, l'Ortliboden a été complètement recouvert de sédiments, interrompant le pâturage pour plusieurs années.

4.4.5 Processus gravitaires

La vallée de Maderan étant entourée de sommets escarpés avoisinant les 3000 m, les processus gravitaires sont fréquents. Des **éboulis** s'accumulent au pied des parois, couvrent les glaciers ou forment des voiles d'éboulis étendus. L'absence de carte géologique pour l'ensemble de la région et l'inaccessibilité du terrain sur le versant sud nous contraignent malheureusement à limiter la description d'autres mouvements de terrain au versant nord. Sur ce dernier, il est possible d'individualiser plusieurs zones d'**éboulements** et de tassements. Entre 1900 m et 2300 m, Brückner & Zbinden (1987) indiquent une série d'éboulements ayant été remodelés par le passage des glaciers de versant. En raison de leur âge et de l'empreinte glaciaire, il est difficile de déterminer le lieu d'origine et l'étendue exacte de ces éboulements. Des éboulements plus récents peuvent être localisés aussi bien sur la partie haute que la partie basse du versant nord. Un de ces éboulements postglaciaires a créé le *Butzlisee* (701.000/182.000) (Schwabe, 1957).

Le versant nord est également affecté de mouvements plus lents et plus profonds, c'est-à-dire de **tassements et glissements rocheux**. Au-dessus du village d'Amsteg, une zone étendue est en train de se tasser. En remontant la vallée de Maderan, des tassements sont également en cours au-dessus de *Golzern* (698.000/181.000) et de *Balmenegg* (701.000/182.000). Selon Brückner & Zbinden (1987), ces mouvements situés dans les gneiss se sont déclenchés à la suite du retrait glaciaire et certains sont encore actifs. Un grand tassement affecte le flanc sud du Pucher (fig. 4.18). La dislocation dans la partie sommitale est telle que l'espace est occupé par un petit glacier.

La couverture morainique est sujette à des glissements de terrain superficiels et des coulées de boue. Affectant aussi bien le versant sud que le versant nord, les glissements et coulées de boue se déclenchent dans les terrains raides ou la concentration d'eau superficielle ou souterraine est importante. La zone située autour du hameau de *Silblen* près de *Golzern* est particulièrement sensible à ces événements. Elle a connu plusieurs épisodes destructeurs en 1910, 1940 et 1977, induisant le déplacement de masses de plusieurs milliers de m^3, la destruction de terrains agricoles et des dégâts matériels (Thali & Bollinger, 2000). A cet endroit, plusieurs coulées de boue se sont par ailleurs déclenchées au printemps 1999, après une période de fusion de neige et de précipitations intenses. Au total, 1000-2000 m^3 ont été déposés et trois bâtiments détruits ou endommagés. Une personne y a malheureusement perdu la vie. Des coulées de boue se sont également déclenchées lors des intempéries de l'été 2005 (fig. 4.19). Etant de taille réduite, ce type de formes gravitaires ne figurent pas sur la carte géomorphologique générale de la vallée de Maderan.

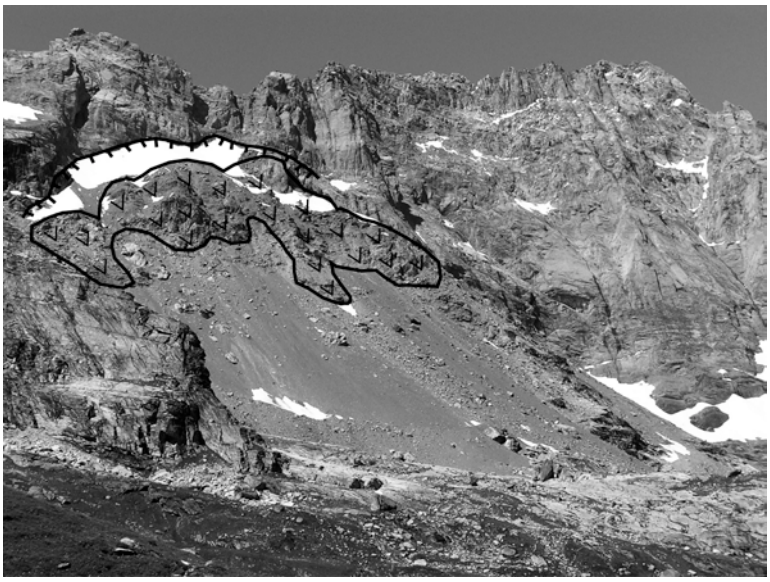


Fig. 4.18 Niche d'arrachement et tassement sur le flanc sud du Pucher (Photo : G. Regolini, 2007).

Fig. 4.19 Coulée de boue déclenchée sur le versant sud de la vallée de Maderan pendant les intempéries d'août 2005 (Photo : O. Jauch).

4.4.6 Processus karstiques

Des phénomènes karstiques se développent en présence de roches calcaires. Par un processus chimique, lors duquel à l'aide d'acide carbonique (H_2CO_3), le bicarbonate de calcium est extrait du calcaire, la roche calcaire est dissoute (Salomon, 2000). En

ruisselant et s'infiltrant dans la roche calcaire, la dissolution crée des formes aussi bien à la surface (exokarst) que dans le sous-sol (endokarst).

Dans la vallée de Maderan, la zone calcaire se limite au versant nord. Les **lapiés, dolines et ouvalas** sont les formes les plus répandues de l'exokarst sur le terrain d'étude. Elles peuvent être étudiées à proximité de la cabane de Windgällen et dans la région du *Widderegg* (699.000/182.000) (fig. 4.10).

Sur la carte géologique (Brückner & Zbinden, 1987), on note la présence de quelques **grottes** autour de la cabane de Windgällen. Le réseau hydrographique de la région (rareté de cours d'eau en surface, existence de pertes et de sources) indique la présence d'un **réseau souterrain** dont 4121 m ont été explorés à ce jour (Atlas de la Suisse 2.0). En comparaison avec d'autres zones calcaires (Jura, Alpes calcaires), l'étendue de la zone karstifiable dans la vallée de Maderan est très restreinte, ce qui explique l'absence de réseaux souterrains bien développés.

Fig. 4.20 Méga-doline près de la cabane de Windgällen (Photo : G. Regolini).

4.5 Contexte socio-économique

4.5.1 Passé et présent agricole

Différentes sources témoignent de l'activité alpestre dans la vallée de Maderan tout au long du Moyen-Age jusqu'à nos jours. L'agriculture et la sylviculture ont ainsi une longue tradition. L'agriculture étant pratiquée à différents étages, les hameaux se situent à différentes altitudes et les mouvements de troupeaux sont complexes. Si aujourd'hui l'élevage et la production de produits laitiers dominent, les habitants d'autrefois cultivaient aussi des fruits et pommes de terre, ce qui leur assurait un taux d'autosuffisance élevé.

Les rendements de la chasse (gibier) et de la pêche (truites) venaient compléter l'alimentation (Arbeitsgruppe Naturkundliche Höhenwege Uri, 1993).

Aujourd'hui, les transformations dans le secteur agricole ont entraîné le recul du nombre d'exploitations et l'abandon d'une partie des environ 1400 ha d'alpages. Alors que certains alpages sont intensément occupés, d'autres se transforment peu à peu en

terrains improductifs en raison de l'avancée des buissons, tels que le rhododendron des Alpes et l'aulne des Alpes, ou de l'accumulation de débris provenant des parois et des dépôts de laves torrentielles. Dans la commune de Silenen, le nombre d'exploitations agricoles a diminué de 90 à 65 entre 1985 et 2000, soit un recul de près de 30 % (Atlas de la Suisse 2.0).

4.5.2 Passé et présent minier

Les premières mentions écrites de la vallée se trouvent sous le nom de Kärstelental, du nom du fleuve Kärstelenbach. C'est seulement au cours du XVIII^{e} et XIX^{e} siècle, à la suite d'une longue activité minière de la famille de Madran, originaire du village Madrano près d'Airolo (TI, Suisse), que la vallée est peu à peu connue sous le nom de vallée de Maderan (Aschwanden, 2006).

En 1576, Hans Jakob Madran et Caspar Roman reçoivent le droit d'exploitation exclusif sur tout le territoire et ceci pour une durée de 100 ans (Aschwanden, 2006). L'exploitation principale se situait au *Schwarz Stöckli* au pied de la *Gross Windgällen* et au sud de l'*Unteren Furggeli* dans les couches d'oolites ferrugineuses (Tan, 1976). Un grand cône de débris témoigne des roches minées dans lesquelles on avait extrait le minerai.

C'est seulement à la fin du XVII^{e} siècle que deux autres mines entre la *Gross* et la *Kleine Windgällen* sont ouvertes. Le matériel était transporté via *Ortliboden* et *Stäfelalp* jusqu'au haut fourneau situé à Bristen. Les ressources nécessaires comme le minerai, le bois et l'énergie hydraulique étant à portée de main, l'exploitation s'est poursuivie jusqu'en 1734, date à laquelle les activités minières ont été interrompues à cause du manque de rentabilité. En 1762, une crue emporte le haut fourneau ainsi que la forge d'Amsteg où le fer était traité. À l'initiative de la commission cantonale de protection de la nature et du paysage, le haut fourneau a été remis en état entre 1965 et 1966 (fig. 4.21).

Fig. 4.21 Haut fourneau reconstruit entre 1965 et 1966 à Bristen (Photo : G. Regolini, 2009).

4.5.3 Passé et présent touristique

Perché sur une colline à *Balmenegg,* l'ancien « Hotel zum Schweizerischen Alpenclub (SAC) » domine la vallée. C'est ici que le développement touristique de la vallée de Maderan a pris son essor dès le milieu du XIX^{e} siècle. En absence de logement et de possibilité de ravitaillement pour les alpinistes, la découverte de cette région et l'ascension des sommets devaient être organisées à partir d'Amsteg*,* ce qui rallongeait considérablement les temps de marche. Sur demande et avec l'aide financière d'alpinistes bâlois, Albin Indergand d'Amsteg laisse alors construire en 1865 une auberge qui attire rapidement de nombreux clients. Les 250 hôtes de la première année sont doublés en cinq ans et à la fin du XIX^{e} siècle, on compte déjà entre 800 et 900 clients par été. Parmi ces derniers se trouvent d'abord des alpinistes bâlois et zurichois, plus tard suivent aussi des alpinistes anglais et allemands qui, avec des guides locaux, gravissent les sommets de la région. Grâce à la venue d'hommes d'Etat, de musiciens, de philosophes et de scientifiques, la clientèle se diversifie et pour le confort des nobles dames, des transports en palanquin sont organisés. Dans les registres de l'hôtel du Club alpin figurent entre autres les noms du philosophe Friedrich Nietzsche, de l'auteur anglais H.G. Wells et du scientifique Albert Heim (Aschwanden, 2006).

Afin d'accueillir tant d'hôtes et de satisfaire leurs besoins, des travaux d'agrandissement sont rapidement nécessaires. Au tournant du siècle, la simple auberge s'est muée en un complexe luxueux, avec l'infrastructure d'un petit village : dépendance, villa, parc avec lac et bateaux à rames, église, office postal, salon de coiffure, studio médical, boulangerie, charcuterie, cave à vin et à glace, buanderie, etc. (fig. 4.22). Les années de guerre sont marquées par une diminution nette des touristes. La deuxième guerre mondiale réduit les chiffres à environ 300 hôtes par an. Avec les profondes modifications de la société et les transformations de la demande touristique, le déclin est amorcé.

Depuis, l'hôtel a changé plusieurs fois de propriétaires et a connu plusieurs périodes de fermeture. Actuellement, il est ouvert sous le nom de « Hotel Maderanertal » pendant les mois d'été et attire la clientèle avec des chambres d'époque et différentes activités culturelles.

La vallée de Maderan n'a pas perdu de son charme au fil des années. Le cadre idyllique et la nature intacte loin des centres urbains attirent encore de nos jours beaucoup de randonneurs et d'alpinistes. Par beau temps, le parking du téléphérique menant à Golzern est plein et les familles se concentrent autour du *Lac de Golzern* pour se baigner et faire des grillades. Cependant, les rendements issus du secteur touristique sont relativement faibles, puisqu'il s'agit pour une grande partie de touristes journaliers. En 2001, 7779 nuitées ont été enregistrées dans la commune de Silenen (Arnold et al., 2004).

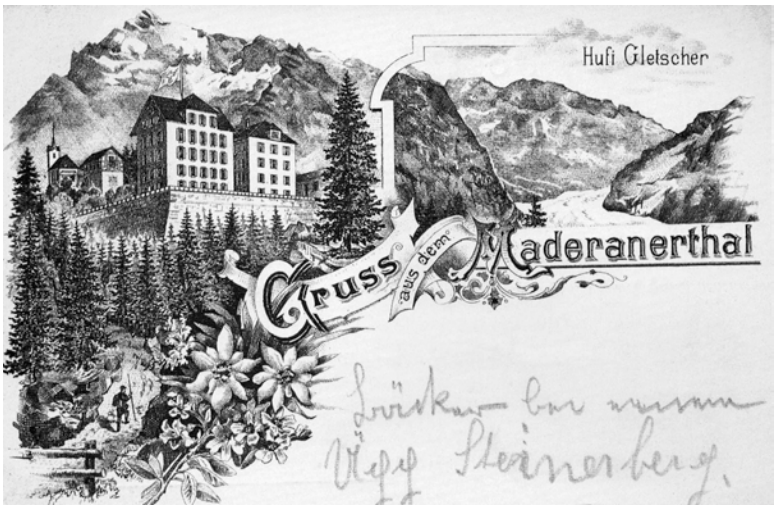


Fig. 4.22 En-tête de lettre de l'« Hotel zum Schweizerischen Alpenclub (SAC) » à la fin du XIX^{e} siècle (Archiv Baumann & Fryberg).

Pour un développement économique et démographique, la vallée de Maderan a forcément besoin de nouvelles perspectives. Ceci est valable pour toute la commune de Silenen qui voit sa population évoluer parallèlement aux grands projets économiques (routiers et industriels). Les pics de population des années 1870-1880, 1918-1922 et 1970-80 peuvent être attribués à des périodes de construction dans la vallée de la Reuss. La hausse s'explique par l'arrivée de la main d'œuvre « étrangère ». Le premier pic coïncide avec la construction de la voie ferrée par Alfred Escher et Louis Favre, le deuxième avec la réalisation de la centrale électrique des CFF à Amsteg. Le chantier du tunnel autoroutier du Gotthard fait une nouvelle fois grimper les chiffres, tout comme les débuts de travaux d'AlpTransit (fig. 4.23). L'augmentation de la population est essentiellement due à des travailleurs masculins venus de l'étranger. La fin des travaux prévue pour 2015 laisse prévoir une diminution de la population et des places de travail suivant le même schéma que par le passé.

Le fait que les rendements modestes provenant de l'activité agricole et du secteur touristique ne permettent pas à garantir suffisamment d'emplois aux habitants de la vallée de Maderan se manifeste également dans les flux pendulaires. Une grande partie de la population active de la commune de Silenen va travailler dans d'autres communes uranaises et dans une moindre mesure dans des communes hors du canton. Altdorf, Schattdorf et Erstfeld figurent parmi les communes d'accueil les plus importantes.

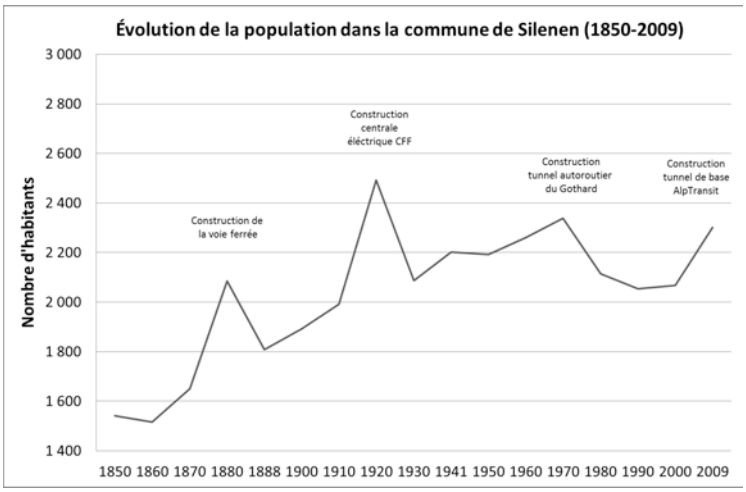


Fig. 4.23 Evolution de la population de la commune de Silenen de 1850 à 2009 (Source : Office fédéral de la statistique).

4.6. Une vallée au patrimoine riche et protégé

4.6.1 Le patrimoine biologique

La vallée de Maderan est bien connue des naturalistes, nombreux à fréquenter cette région présentant une grande variété biologique, tant au niveau de la flore que de la faune.

L'extension verticale de la vallée de Maderan, d'Amsteg (526 m) aux régions englacées des hautes montagnes (Oberalpstock, 3295 m) est telle que tous les étages de végétation de montagne sont présents. De l'étage collinéen à l'étage nival, la flore associée se différencie non seulement par l'altitude mais aussi en fonction de l'orientation des versants (tabl. 4.2).

Etage végétatif	Altitude*	Flore	Spécificités**
Etage collinéen	600m	Chênes et hêtres	Uniquement présent à l'entrée de la vallée à Amsteg
Etage montagnard	(600m - 1450m)	Extension des hêtres sur le flanc ombragé et dans la partie moyenne de la vallée	A cet étage se situent les habitations permanentes et les terrains agricoles à exploitation intensive
Etage subalpin	(1451m - 2300m)	Forêt d'épicéas étendue jusqu'à la limite des arbres	Forêt interrompue par les couloirs d'avalanches et de laves torrentielles ainsi que de quelques terrains agricoles (ex. Waldiberg, Golzern, Etzlital)
Etage alpin / nival	(>2300)	Etendues d'herbes (alpages) ainsi que champs de débris et moraines faiblement colonisés A l'étage nival, la végétation est essentiellement constituée de mousses et de lichens	Présence de plusieurs pâturages. La qualité du sol dépend du soubassement géologique. Une partie importante de la vallée de Maderan est couverte par des glaciers.

Tabl. 4.2 Distribution et caractéristiques des étages de végétation dans la vallée de Maderan. *Valeurs altitudinales tirées de Brändli & Keller (1985), **informations tirées de Arbeitsgruppe Naturkundliche Höhenwege Uri (1993).

Cet étagement de la végétation – les forêts laissent progressivement place à des étendues d'herbacées, des champs des débris faiblement colonisés, et finalement, à la quasi absence de végétation dans les milieux englacés – est souligné par des changements de couleur et contribue à la valeur paysagère de la vallée *(voir plus bas).*

Parmi la faune locale, des espèces typiques du paysage naturel et culturel des étages collinéen à nival sont représentées. Nous ne citons ici que quelques exemples :

- Gibier : cerfs, chamois, marmottes, bouquetins ;
- Prédateurs : renards, martres, blaireaux, belettes et hermines, aigles, faucons, buses, autours ;
- Divers reptiles : couleuvres, lézards, couleuvres à collier, vipères ;
- Animaux d'élevage : moutons, chèvres, bovins, vache laitières.

La vallée de Maderan est également fréquentée par des chasseurs et pêcheurs qui en apprécient la richesse en animaux sauvages et les populations de poissons dans le *Fellibach*, le *lac de Golzern* et *le lac de Seewli* par exemple.

En raison de leur forte valeur écologique, certaines zones sont inscrites dans des inventaires au niveau fédéral ou cantonal. Quatre objets sont inscrits dans l'inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale : deux font partie de la catégorie zone alluviale alpine (107 : Stössi, 355 : Stäuberboden) et deux sont des marges proglaciaires (1008 : Hüfifirn, 1010 : Brunnifirn). Toujours au niveau fédéral, l'inventaire en cours d'élaboration des prairies et pâturages secs (PPS) propose cinq sites dans la vallée de Maderan (sites n° 10407, 10409, 10211, 10417, 10427) (fig.4.24, tabl. 4.3).

Deux aires sont protégées au **niveau cantonal**. Il s'agit d'une part du *lac de Golzern* et ses environs qui abritent plusieurs petits hauts- et bas-marais. Cette zone est protégée depuis 1986 (Reglement über den Schutz der Region Maderanertal und Fellital, RB 10.5111). D'autre part, la région comprise entre Gross Windgälllen – Gross Ruchen au Nord et Balmenschachen – Blindensee au Sud renferme une réserve de chasse d'environ 10 km^2.

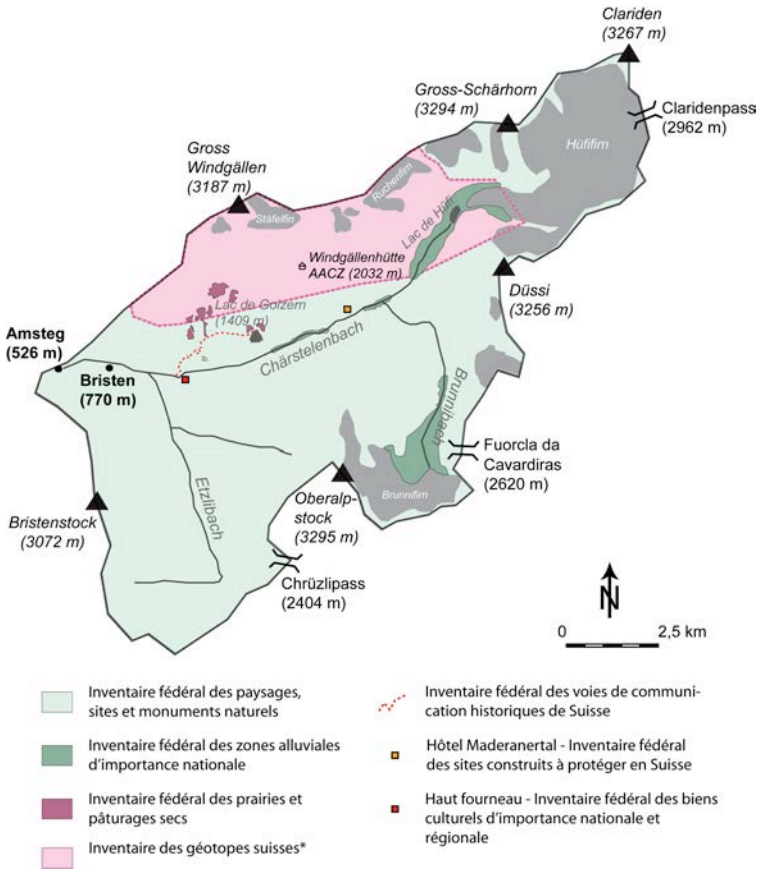


Fig. 4.24 Carte schématique des sites protégés au niveau fédéral de la vallée de Maderan (*L'inventaire des géotopes suisses n'est pas un inventaire officiel de la Confédération).

Au début de ce siècle, un projet de création d'un parc national couvrant la zone de la vallée du Maderan à l'Est et le *Göschenertal*, *Maiental* et *Isenthal* à l'Ouest a été initié par le canton. Malgré une étude de faisabilité positive (Ernst Basler und Partner, 2003) et un préavis favorable de la part de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), l'administration cantonale a décidé de mettre en attente le projet en raison de fortes oppositions de la part de la population locale et d'une prise de position négative de la Corporation Uri[1]. Les promesses avancées par les partisans d'un développement économique de cette région périphérique ne sont pas à même de convaincre la population locale qui ne veut pas d'interdiction de la chasse et de la pêche et de restrictions pour l'agriculture de montagne dans la zone centrale d'un futur parc et qui

[1] La corporation Uri rassemble 17 communes bourgeoises situées entre le Lac des Quatre Cantons et la Schöllenen. Les descendants des personnes habitant dans une de ces communes le 31 décembre 1888, sont bourgeois de la corporation. La corporation Uri est propriétaire d'environ 70 % de la surface du canton d'Uri et gère en grande partie les affaires relatives aux terrains d'alpages et aux forêts. Une partie des bénéfices revient à des projets culturels et sociaux (http://www.korporation.ch/, consulté le 19.11.2008).

craint d'être submergée par l'afflux de touristes. La position de la Corporation Uri publiée dans l'*Urnerwochenblatt* du 9 octobre 2000 résume bien le fond de l'opposition : « *Die Bergregionen sind nicht touristische Reservate für die städtische Bevölkerung. Sie sind Kultur und Lebensraum der Bergbevölkerung* ».

4.6.2 Le patrimoine historique et culturel

Du côté du patrimoine historique, la vallée de Maderan compte également plusieurs sites inscrits dans des inventaires fédéraux. C'est le cas de l'Hotel Maderanertal, figurant dans la liste de l'inventaire fédéral des sites construits à protéger en Suisse (ISOS). Même si la vallée de Maderan n'est pas à compter parmi les hauts-lieux du tourisme alpin du XIX^{e} siècle, son développement est néanmoins typique de cette période. Avec l'Hotel Maderanertal, la vallée dispose d'un lieu historique qui permet de relier le présent au passé. Le haut fourneau de Bristen rappelle le passé minier de la vallée et bénéficie également d'une valeur patrimoniale reconnue puisqu'il est inscrit à l'Inventaire suisse des biens culturels d'importance nationale et régionale (Inventaire PBC). Finalement, le sentier partant de Bristen (cabine téléphérique) au lac de Golzern, fait partie de l'inventaire des voies de communication historiques de la Suisse (IVS) (fig. 4.24).

La reconnaissance est moins formelle en ce qui concerne le patrimoine culturel. Bien que la vallée de Maderan ait été décrite et peinte par différents artistes (Aschwanden, 2006), les auteurs et artistes sont pour la plupart des cas peu connus et le rayonnement des œuvres reste limité. Dans le genre littéraire, plusieurs poésies et des romans s'inspirent du paysage et de la vie dans la vallée. Ils ont été publiés avant tout au cours du siècle passé (par ex. Schneider, 1980 ; Walter, 1983 ; Glas, 1997 ; Hohler, 2005). Nous évoquons uniquement l'auteur (et peintre) Ludwig Lussman [1911-2003] qui parle de la vallée de Maderan à plusieurs reprises dans des romans, des pièces radiophoniques et de théâtre (Aschwanden, 2006).

Les premières représentations graphiques de la vallée de Maderan sont faites dans un souci plus scientifique qu'artistique (Aschwanden, 2006). Il s'agit notamment d'esquisses de glaciers tels que le Hüfigletscher réalisé par Johann Jakob Scheuchzer et la représentation du Brunnigletscher de Hans Conrad Escher von der Linth ou de panoramas. C'est seulement à partir du milieu du XIX^{e} siècle que les touristes quittent la voie menant au Gothard pour découvrir les vallées latérales du canton d'Uri. La production de *vedute* (peintures très détaillées de paysages urbains ou de panoramas) s'installe afin de permettre aux touristes de ramener des souvenirs de ces coins reculés. Plusieurs artistes suisses (Friedrich Salathé [1793-1858], Heinrich Naegeli [1841-1936], Dr. med Karl Franz Lusser [1970-1859], Heinrich Danioth [1826-1913], Ludwig Lussman [1911-2003]) et étrangers (Friedrich Johann Boscovits sen. [1845-1918]), ont représenté la vallée et ses habitants au fils des années (Aschwanden, 2006).

4.6.3 Le patrimoine géologique et géomorphologique

Un paysage diversifié et naturel

La valeur paysagère de la vallée de Maderan repose sur sa diversité géologique et géomorphologique ainsi que sur son paysage culturel intact. Largement épargnée du trafic routier et du développement des sports d'hiver, la vallée a en effet su garder en

grande partie son aspect naturel du temps des premiers alpinistes. De nombreux sentiers pédestres reliant cabanes et sommets traversent un paysage marqué par l'agriculture de montagne. Les nombreux pâturages reflètent un paysage rural typique et peu perturbé par des infrastructures modernes. Dans la littérature excursionniste, la vallée de Maderan possède les attributs les plus bienveillants. Les références vantant la beauté de la vallée à l'heure actuelle, « *La nature à l'état pur!* » (CFF), « *Le cadre est idyllique, calme, majestueux* » (Le Temps, 8 août 2006), ne sont pas sans rappeler les descriptions des premiers voyageurs ayant visité la vallée. Les récits de voyages du début du XX^{e} siècle mettent en avant les sommets vertigineux, les eaux tourmentées et les prairies vertes : « *Ist es doch, als ob der Schöpfer hier auf diesem kleinen Fleck Erde alles Schöne und Grossartige hätte vereinigen wollen. Das liebliche Thal mit seinen fruchtbaren Gründen, die Alpen mit ihren herrlichen Blumen und saftigen Kräutern, die Berge und Gletscher in ihrer erhabenen Majestät und Pracht und all das belebt von einem fröhlichen, zufriedenen und freien Volk!* » (Sager 1895, cité par Aschwanden 2006, 13-14).

Au niveau du relief, la structuration du paysage suit aussi bien un axe vertical (succession des différents milieux géomorphologiques) qu'un axe horizontal (asymétrie des deux versants). La présence d'un réseau hydrographique varié – lacs de montagne, cascades, laves torrentielles, rivières partiellement à l'état naturel, glaciers – crée des éléments généralement appréciés et à forte connotation esthétique. Avec l'inscription à l'inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale (IFP), la valeur paysagère de la vallée de Maderan est reconnue au niveau fédéral. Elle fait partie de l'objet 1603 qui inclut également le *Fellital* voisin. La description de l'objet met en valeur l'aspect préservé des vallées (peu touchées par la technique), la richesse en minéraux, les torrents bien alimentés et à l'état naturel, la grande diversité de la flore et la richesse du gibier (EDI, 1977). Avec l'inscription à l'IFP, le canton d'Uri a réglementé les activités agricoles et touristiques dans le Maderanertal (RB 10.5111).

Le patrimoine géologique et géomorphologique

En Suisse, le patrimoine géologique et géomorphologique n'a pas le même statut que le patrimoine biologique. Le fait qu'il n'existe pas de législations spécifique (Jordan et al., 2004) est un fait révélateur, avec des conséquences aux différents niveaux politiques (fédéral, cantonal, communal). Selon la loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage (LPN, RS 451) et la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT, RS 700), la Confédération peut réaliser des inventaires d'objets d'importance nationale et délimiter des zones de protection. Cependant, dans ces deux lois, ne sont pas mentionnés explicitement les géotopes. À l'initiative du Groupe de travail pour la protection des géotopes (Strasser et al., 1995) qui avait élaboré une première liste de géotopes d'importance nationale (Grandgirard, 1999), les offices fédéraux responsables ont évalué la possibilité d'un inventaire fédéral des géotopes d'importance nationale. Le projet est cependant abandonné en 2000, entre autres en raison de restrictions budgétaires. De ce fait, la Suisse ne dispose pas d'inventaire officiel de géotopes. Le Groupe de travail a néanmoins poursuivi son travail et révisé la liste des géotopes d'importance nationale entre 2006 et 2011. Actuellement, 250 sites sont inscrits dans cet inventaire des géotopes suisses (Berger et al., 2010). Ils ne bénéficient cependant d'aucune protection officielle, à l'exception des sites qui se

trouvent de manière plus ou moins aléatoire dans des inventaires fédéraux officiels (Schoeneich, 2007) ou dans des inventaires de géotopes cantonaux. Au niveau cantonal, les dispositions légales sont variables et tous les cantons n'ont pas encore réalisé un inventaire (Berger et al., 2008). C'est le cas du canton d'Uri. Il n'existe également pas d'inventaire au niveau régional, comme cela est par exemple le cas pour le Valais où des travaux de Master de l'Université de Lausanne ont couvert plusieurs vallées (Kozlik, 2006 ; Fournier, 2007 ; Genoud, 2008 ; Maillard, 2009). La vallée de Maderan n'a par conséquent pas fait objet de ce type d'évaluation et ce n'est pas l'objectif de cette étude de combler cette lacune. En attendant qu'un inventaire soit réalisé pour la vallée de Maderan, nous pouvons toutefois signaler les zones et sites d'intérêt qui mériteraient une analyse détaillée.

Le patrimoine géologique et géomorphologique de la vallée de Maderan se compose de plusieurs éléments. Au niveau géomorphologique, la région dispose de nombreux sites pour illustrer le passé glaciaire de cette vallée alpine (vallée en auge, moraines de retrait de glaciers et d'âges divers, roches moutonnées, marges proglaciaires, etc.). Les laves torrentielles et certains tronçons de cours d'eau peuvent se développer librement sans être entravés par des interventions humaines. Ils offrent la possibilité (plutôt rare) d'observer l'évolution naturelle de processus dynamiques. Finalement, les différentes manifestations karstiques sont intéressantes tant au niveau des formes locales que de l'assymétrie qu'ils provoquent entre les deux versants de la vallée de Maderan. À côté de la valeur scientifique, certains sites ont également une valeur culturelle, historique, esthétique ou écologique. Nous pensons par exemple à l'impressionnant *Stäuber* (cascade raccordant le Brunnital), qui présente une valeur esthétique indéniable, aux marais et zones alluviales décrites plus haut, pour leur valeur écologique, et à la Chapelle de Golzern qui se situe sur un cordon morainique *(voir chap. 4.7)*.

En ce qui concerne la géologie, la transition entre le massif de l'Aar et sa couverture sédimentaire est représentative au niveau suisse et la venue d'Albert Heim et d'autres scientifiques donne à cette région une certaine valeur géohistorique. L'abondance des minéraux et leur présence dans différentes collections minéralogiques de musées dans le monde entier sont intéressants. Il n'existe cependant pas de gisements de minéraux exceptionnellement rares dans la région. On peut encore mentionner les vestiges de l'exploitation minière (lieux d'exploitation et haut fourneau) qui font partie de l'histoire de la vallée et dont elle a hérité le nom. Pour l'instant, le pli de la Windgällen est le seul géotope « officiel » (fig. 4.24, tabl. 4.3). Ce site est inscrit à l'inventaire des géotopes suisses (objet, GIN152) en raison du fait qu'il représente un point d'observation privilégié des grandes structures tectoniques des Alpes et de la succession stratigraphique du bord septentrional du massif de l'Aar *(voir chap. 4.3.)*. Il serait donc souhaitable que des travaux systématiques d'évaluation du patrimoine géologique et géomorphologique soient menés afin de le faire reconnaître auprès des autorités et de la population.

	Niveau fédéral	Niveau cantonal
Patrimoine biologique	• Inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale (Objets : 107, 355) • Inventaire des prairies et pâturages secs (Objets : 10407, 10409, 10211, 10417, 10427)	• Région de Golzern • Réserve de Chasse
Patrimoine paysager et géomorphologique	• Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale (Objet : 1603) • Inventaire des géotopes suisses (Objet : 152)*	• Pas d'inventaire cantonal de géotopes
Patrimoine historique	• Inventaire fédéral des sites construits à protéger en Suisse (Objet : Maderanertal Berghotel) • Inventaire suisse des biens culturels d'importance nationale et régionale (Objet : 5869) • Inventaire des voies de communication historiques de la Suisse (Objet : 533)	-

Tabl. 4.3 Sites et objets de la vallée de Maderan protégés au niveau fédéral et cantonal (*L'inventaire des géotopes suisses n'est pas un inventaire officiel de la Confédération).

4.6.4 Valorisation du patrimoine géomorphologique de la vallée de Maderan

Qu'ils soient géologiques, géomorphologiques, écologiques ou historico-culturels, nous avons vu que la vallée de Maderan possède de nombreux sites intéressants. Mis à part un sentier naturalistique se développant sur le versant nord (Arbeitsgruppe Naturkundliche Höhenwege Uri, 1993), qui inclut une partie géologique entre la cabane de Windgällen et le Stäfelfirn, et un petit sentier à thème reliant les différentes cascades de la partie basse du versant nord, le patrimoine géomorphologique n'est que très peu mis en valeur actuellement. Nous pensons qu'une valorisation intégrée qui vise à mettre en lien les différents patrimoines d'une région au profit d'un développement d'un tourisme de découverte et proche de la nature (Pralong, 2006) pourrait contribuer à diversifier l'offre et à développer l'économie régionale.

La possibilité de création d'un géoparc (Groupe de travail sur les géotopes en Suisse, 2007 ; www.europeangeoparks.org) devrait être évaluée sur la base d'inventaires établis préalablement. L'idée d'un géoparc serait peut être mieux accueillie par la population locale que celle d'un parc national, puisqu'il permettrait de créer une offre diversifiée (sentiers didactiques, excursions guidées, musée, centre d'information, offre dérivées gastronomiques, etc.) sans provoquer d'importantes restrictions pour l'agriculture et sans limiter considérablement la chasse et la pêche. L'interdiction d'extraction et de vente de biens géologiques – qui concerne les géoparcs associées

aux réseaux européen et global des géoparcs – constituerait cependant une restriction importante des pratiques liées à la recherche et à la vente locale des minéraux de cette région *(voir plus haut)*.

4.7 Le site d'étude

4.7.1 Choix du site d'étude et méthodes de recherche

La vallée de Maderan étant très étendue (environ 120 km²), il a fallu choisir un site d'étude plus restreint à partir duquel nous pouvions développer nos recherches en matière de cartographie géotouristique. Il devait permettre de réaliser un projet cartographique concret et de le tester auprès d'un public potentiel.

Après avoir évalué plusieurs possibilités, notre choix s'est rapidement porté sur la région de Golzern, qui combine plusieurs caractéristiques qui en font un site d'étude idéal. Tout d'abord, différentes formes issues de plusieurs processus géomorphologiques (gravitaires, glaciaires, fluviatiles) et bien visibles sont présentes sur une surface limitée (environ 2 km²). En terme de géomorphosites, on peut donc considérer que la région de Golzern constitue un *système géomorphologique* (Grandgirard, 1997) ou un *paysage géomorphologique* (Reynard, 2004b ; 2005a). L'intérêt scientifique réside dans la densité des formes, mais aussi dans leur potentiel pour la reconstitution d'une partie de l'histoire glaciaire de la vallée de Maderan (voir plus bas). La région de Golzern est également représentative de plusieurs des processus types de la vallée. Finalement, elle jouit d'une bonne intégrité. Du côté des valeurs additionnelles, nous pouvons mentionner l'attrait de cette zone sur le plan esthétique. Le lac de Golzern dans lequel se miroitent les sommets de plus de 3000 m, les prairies sèches et le côté rocheux du Geschel ont déjà enchanté plus d'un randonneur. Les prairies sèches et la zone protégée de Golzern (marais et environs du lac) témoignent de la valeur écologique de la région, partiellement liée à la géomorphologie. La chapelle de Golzern a été construite sur le cordon morainique pour qu'elle domine toute la zone. Même si le site n'a pas fait l'objet d'une évaluation formelle *(voir chap. 3.2.3),* l'intérêt, du moins régional, nous semble indéniable au vu des caractéristiques mentionnées ci-dessus.

Ensuite, il s'agit d'un site accessible (20 min à partir de l'arrivée du téléphérique sur une route agricole et un sentier pédestre), ce qui permet de s'y rendre facilement. Il est également très bien fréquenté par un large public (familles, randonneurs, retraités) pour qui le lac de Golzern constitue soit un but, soit une étape d'excursion. La présence d'un grand nombre de randonneurs devrait faciliter la récolte de données empiriques *(voir chap. 6 et 7).* Par ces caractéristiques géomorphologiques et touristiques, il s'agit donc d'une région à fort potentiel de valorisation.

Pour commencer, nous avons abordé la région de Golzern avec l'outil classique du géomorphologue alpin et dressé une carte géomorphologique de la zone (fig. 4.26). Afin d'en expliquer la morphogenèse, en particulier en ce qui concerne les formes glaciaires, nous avons étendu le périmètre d'étude à la région des *Golzernalpen* où nous avons effectué un levé géomorphologique des formes glaciaires associées aux Windgällen-, Stäfelf- et Alpgnoferfirn (fig. 4.31). Grâce aux calculs de la dépression de la ligne d'équilibre sur la base de la surface des paléoglaciers, il a été possible de

reconstruire une partie de l'histoire glaciaire et d'estimer l'âge des moraines présentes à Golzern. Notre site d'étude se compose ainsi d'une zone centrale (région de Golzern), dans laquelle nous avons concentré nos recherches en matière de cartographie des géomorphosites, et d'une zone élargie (Golzernalpen), qui nous fournit les informations nécessaires pour comprendre dans le détail la zone centrale (fig. 4.25).

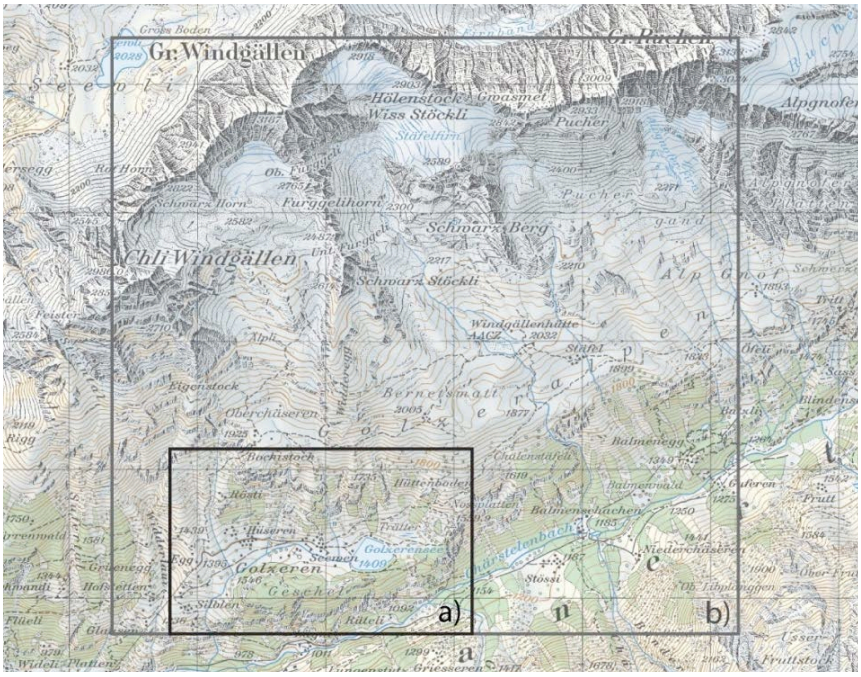


Fig. 4.25 Zone d'étude centrale (a) et zone d'étude élargie (b).

4.7.2 Géomorphologie de la région de Golzern

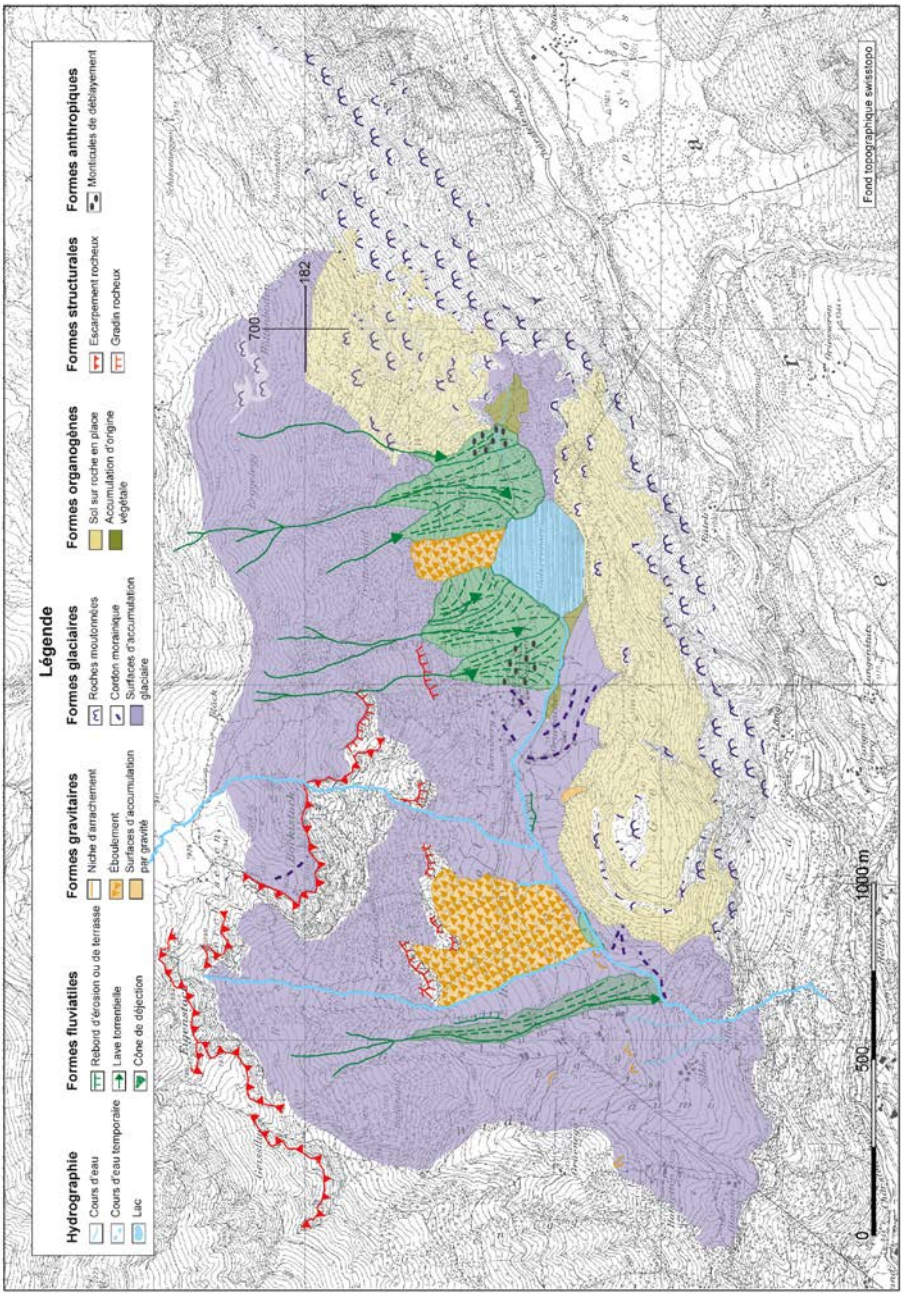


Fig. 4.26 Carte géomorphologique de la région de Golzern (Carte : G. Regolini).

La région Golzern se situe sur le versant nord de la vallée de Maderan à une altitude d'environ 1400 m. La zone est confinée entre le versant principal et le Geschel, un éperon rocheux formé d'amphibolites (Schwabe, 1957) (fig. 4.5 carte gélogique). La géologie est assez homogène puisque la zone s'étend principalement dans les roches métamorphiques de la Erstfeldergneis-Zone (Staub, 1911b). La diversité géomorphologique est plus importante. On y trouve des formes issues de plusieurs processus géomorphologiques (fig. 4.26).

Une bonne partie de la zone est couverte par des **accumulations d'origine glaciaire**. La **moraine de fond** s'étend sur la « plaine » située entre le lac et l'église de Golzern et se poursuit en direction du téléphérique en remontant sur le versant principal et sur celui du Geschel. Elle couvre également la partie comprises entre l'arrivée et le départ du téléphérique, rejoignant ainsi le fond de la vallée principal. À plusieurs endroits, la moraine de fond a été recouverte par des dépôts issus de processus plus récents (mouvements de terrain et laves torrentielles) (voir plus bas). Le **cordon morainique** sur lequel se dresse l'église de Golzern (fig. 4.27) se distingue nettement dans le paysage. La crête morainique longe le flanc du Geschel, en-dessous de la forêt, avant de rejoindre quelques maisons et l'église.

Le *Seebach* s'est frayé son chemin à travers le cordon et le prolongement vers le versant opposé est moins évident. Il passe juste derrière l'Auberge Edelweiss, dont la terrasse a partiellement entaillé la forme. A l'intérieur de ce premier cordon, on en repère un deuxième, beaucoup moins marqué. En face de l'arrivée du téléphérique, sur le versant du Geschel, sont visibles trois crêtes allongées que nous avons également interprétées comme des moraines. Des **roches moutonnées**, issues de l'érosion glaciaire, affleurent dans la partie nord-est du site d'étude, aux endroits portant les toponymes *Würzen* et *Nossplatten*. Ils affleurent également sur la rive sud du lac de Golzern et à différents endroits sur le Geschel, en particulier sur le versant surplombant la vallée principale.

Fig. 4.27 Cordon morainique au-dessus de Golzern (Photo : G. Regolini, 2007).

Le **réseau hydrographique** se caractérise par des écoulements pérénnes et intermittents. Le *Seebach* prend son origine au *lac de Golzern,* lui-même alimenté principalement par une source sous-lacustre (Arbeitsgruppe Naturkundliche Höhenwege Uri, 1993). Les eaux de plusieurs cours d'eau relativement courts (1 à 2 km) et pour certains intermittents rejoignent le *Seebach* pour se jeter plus en aval dans le *Chärstelenbach* qui draine la vallée de Maderan, franchit le Bristentobel pour finalement confluer avec la Reuss uranaise.

D'une superficie d'environ 60'000 m^2, le *lac de Golzern* occupe toute la largeur du replat situé entre le versant principal et le Geschel. Le lac s'approfondit rapidement sur le côté est, alors que la pente est plus douce sur la rive opposée. Le sentier qui fait le tour du lac gagne rapidement en hauteur du côté sud où des parois (roches moutonnées) surplombent le plan d'eau de quelques mètres. Au Nord, seule une mince bande parsemée de gros blocs sépare le versant du rivage. Le *lac de Golzern* était probablement plus grand par le passé. La zone humide à l'extrémité ouest et les travaux de drainage ayant été entrepris afin de gagner des terres agricoles entre le lac et les cordons morainiques soutiennent cette hypothèse. Le lac est également comblé peu à peu par l'apport de sédiments provenant de plusieurs **laves torrentielles** (fig. 4.28). Des interventions visant à réduire l'apport sédimentaire ou à extraire du matériel du lac ne nous sont toutefois pas connus.

Fig. 4.28 Lac de Golzern après les intempéries d'août 2005. (Photo : H. Baumann, 2005).

Sur le site d'étude, on dénombre également plusieurs **systèmes torrentiels** de taille modeste (fig. 4.29), surtout si on les compare aux systèmes torrentiels pluri-kilométriques du versant sud de la vallée de Maderan. Leurs bassins de réception et leurs zones de dépôt ne dépassent pas 0,5 km^2 et les chenaux de transition sont très courts. Ils occupent néanmoins une surface relativement importante parmi les formes géomorphologiques de la région de Golzern. Le matériel charrié par les laves torrentielles provient des barres rocheuses de gneiss au-dessus de Golzern et les dépôts

se sont superposés à la couverture morainique. Dans certains systèmes torrentiels, d'anciens chenaux et levées sont bien visibles. Pendant l'hiver, les chenaux de laves torrentielles peuvent fonctionner comme couloirs d'avalanche (ex. *Geisslauital*, près du téléphérique). Afin d'être exploités comme terrains agricoles pour le pâturage ou la production fourragère, les zones de dépôts de laves torrentielles et d'avalanches ont subi des modifications anthropiques. Les champs sont nettoyés et les blocs accumulés sur des murs et monticules de déblayement (fig. 4.29). Dans les zones les plus actives (*Trätter* et au-dessus de *Seewen*), l'épandage chaotique du matériel grossier est cependant bien visible.

Le long du *Seebach et* du cours d'eau temporaire du *Geisslauwital* (correspondant à un système torrentiel), des formes fluviatiles telles que des **rebords de terrasse** et des **surfaces d'accumulation fluviatile** sont présentes.

Fig. 4.29 Monticules de déblayement sur un cône déjection (Photo : G. Regolini, 2009).

Entre l'arrivée du téléphérique et le lac de Golzern, il a été possible d'individualiser **deux zones d'éboulement** sur le versant principal. Comme ils masquent la couverture morainique, ils ont dû se produire après le retrait du glacier. En raison de la lithologie homogène de la région, il est difficile de distinguer les niches d'arrachement. Nous pensons toutefois qu'ils ne proviennent probablement pas de plus haut que les parois du *Eigenstock* ou du *Bockistock* (éboulement de *Hüseren*) et du *Schijen* (éboulement situé au nord du lac de Golzern), puisqu'on est là à la limite entre la *Erstfeldergneis-Zone* et la couverture sédimentaire helvétique. Dans les deux cas, la zone d'origine est difficile à déterminer et la zone d'accumulation est mal délimitée. Il est également possible que les parois situées à la cote 1500 m soient la source de ces blocs tombés graduellement plutôt que lors d'événements uniques. En raison des incertitudes concernant les zones de déclenchement, nous n'avons représenté sur la

carte géomorphologique que les zones d'accumulation de ces deux éboulements. L'éboulement située au-dessus du lac de Golzern est entièrement recouvert de forêt. Qualifié de terrain improductif la zone n'a pas été déboisée.

Des mouvements gravitaires de plus petite étendue et d'autre nature (coulées de boue) se manifestent çà et là dans la couverture morainique. La zone située à l'ouest de l'arrivée du téléphérique est particulièrement exposée (Thali & Bollinger, 2000). En 2005, une coulée de boue s'est déclenchée dans la couverture morainique, sur le versant nord du Geschel.

Fig. 4.30 Début de la zone d'éboulement de *Hüseren* avec en arrière-plan le Bockistock, endroit présumé de la zone de déclenchement (Photo : G. Regolini, 2009).

Nous concluons notre description de la géomorphologie par les **formes organogènes** de la région de Golzern. À 300m à l'est du lac de Golzern se situe un petit **marais**. Malgré sa protection au niveau cantonal (Reglement über den Schutz der Region Maderanertal und Fellital vom 5. Mai 1986, RB 10.5111) et l'interdiction de quitter les sentiers pédestre officiels, le marais est passablement piétiné. Une zone humide se trouve à l'exutoire du lac de Golzern. Elle a partiellement été asséchée par des travaux d'assainissement. Dans les zones où la roche a commencé à s'altérer par pédogenèse, on trouve des sols minces. Ces **sols** correspondent assez bien aux zones d'extension des roches moutonnées.

La région de Golzern est marquée par des formes issues de différents processus géomorphologiques qui se superposent et dont certaines continuent à modifier le paysage. Dans le chapitre dédié à la morphogenèse, nous tenterons d'établir la chronologie des événements de mise en place de ce paysage qui porte également une empreinte anthropique en raison des activités agricoles séculaires. Le lien entre

géomorphologie et agriculture se distingue dans l'utilisation du sol. Les terrains morainiques en zone plane sont les plus prisés puisqu'ils permettent l'utilisation de machines agricoles. Sur les zones de dépôts fluviatiles, un effort de déblayement est fait afin de permettre le pâturage des bêtes. Les terrains les plus accidentés (accumulation de gros blocs) sont peu ou pas exploités. Ainsi, la forêt couvre la zone d'éboulement au-dessus de lac de Golzern et une série de chalets d'alpage ont été construits à Hüseren afin de préserver les « bonnes » terres.

4.7.3 Reconstruction de l'histoire glaciaire

Zone d'étude et démarche

La mise en place du paysage de la région de Golzern ne peut se comprendre uniquement en observant les formes du relief. S'il est possible d'établir une chronologie relative des événements – mise en place des formes glaciaires, réajustement des versants (éboulements, laves torrentielles), modifications continues et récentes (glissements de terrain et laves torrentielles) –, plusieurs questions restent néanmoins ouvertes, en particuliers en ce qui concerne les formes glaciaires. Quel est le glacier à l'origine des formes glaciaires ? À quel moment a-t-il occupé la région de Golzern et déposé les cordons morainiques ? Pour trouver des réponses à ces questions, il faut étendre la zone d'étude vers le haut du versant nord de la vallée de Maderan et trouver des indices permettant de reconstruire l'histoire glaciaire. Dans ce but, nous avons exploré les *Golzernalpen,* comprenant les alpages d'*Oberchäsern, de Stäfel et d'Alp Gnof* jusqu'aux sommets de la *Chli Windgällen, Gross Windgällen* et le *Gross Ruchen* (fig. 4.). Au pied des parois de ces sommets se situent actuellement trois glaciers – Windgällenfirn, Stäfelfin et Alpgnoferfirn – dont on trouve les traces d'extensions antérieures à différentes altitudes.

La démarche utilisée pour établir l'âge des différentes moraines (pour reconstruire l'histoire glaciaire du versant nord de la vallée de Maderan) est d'ordre paléogéographique. Elle permet de calculer la dépression de la ligne d'équilibre des glaciers (DLEG) par rapport à la position qu'ils occupaient au Petit Age Glaciaire (PAG) sur la base des relations géométriques entre formes géomorphologiques qui peuvent ensuite être corrélées avec des modèles de référence de déglaciation développés dans d'autres régions des Alpes. La méthode décrite par Schoeneich (1998) et Scapozza & Fontana (2009) résulte de la combinaison de la méthode des stades classiques (Gross et al., 1977 ; Maisch, 1981) et de la méthode holocène (Schneebeli & Röthlisberger, 1976). Les quatre étapes de la méthode ont été appliquées comme suit :

1. **Cartographie géomorphologique** : les moraines des trois glaciers mentionnés ci-dessus ont été cartographiées à l'aide de relevés de terrain et de l'analyse de la carte géologique (Brückner & Zbinden, 1987), d'orthophotos et du modèle numérique de terrain.
2. **Numérotation des positions des fronts glaciaires** : les moraines des différents glaciers locaux ont été numérotées de l'aval vers l'amont, avant de définir des positions de référence des paléoglaciers (fig. 4.31).
3. **Reconstitution des positions sélectionnées** : sur la base des différentes positions de référence, la surface glaciaire la plus cohérente possible a été

délimitée (fig. 4.32) avant de procéder aux calculs de l'altitude de la ligne d'équilibre glaciaire théorique (LEG) selon la méthode de partage des surfaces AAR (Accumulation Area Ratio) de 0.67 (Gross et al., 1976 ; Schoeneich, 1998 ; Scapozza & Fontana, 2009).

4. **Etablissement de séquences morphostratigraphiques** : toutes les moraines ayant servi à l'établissement des positions de référence d'un même cirque glaciaire ont été regroupées dans une seule séquence morpho-stratigraphique locale. Afin de définir une séquence composite régionale, les différentes séquences locales ont ensuite été corrélées entre elles sur la base des valeurs de la DLEG et de la morphologie des moraines. Finalement, une corrélation de la séquence régionale a été tentée avec des modèles de référence (en partie datés de manière absolue) de déglaciation développées dans des régions proches de la vallée de Maderan (Renner, 1982 ; Maisch, 1992).

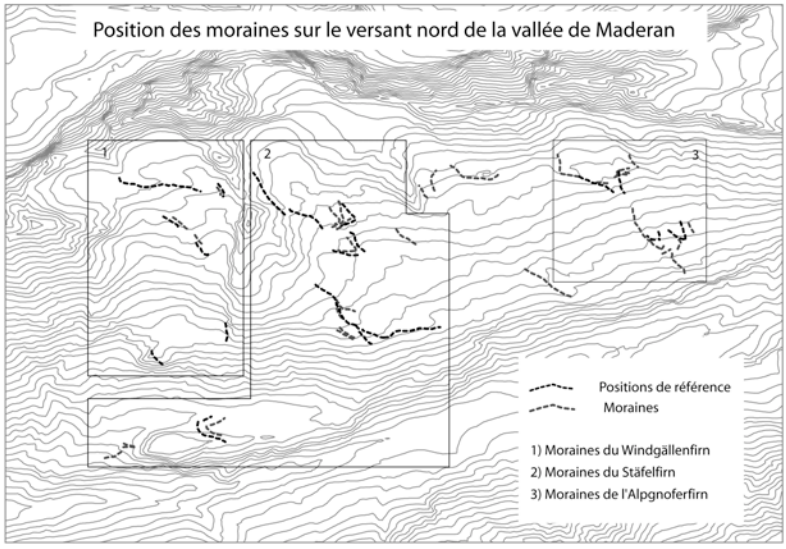


Fig. 4.31 Positions de référence pour les trois glaciers analysés.

Les différentes étapes ont été réalisées à l'aide d'un système d'information géographique (SIG) dans lequel les surfaces des paléo-glaciers ont été interpolées avec un modèle numérique de terrain (MNT). En calculant le percentile 33,33 % de l'histogramme des altitudes, on obtient l'altitude des différentes lignes d'équilibre. La DLEG a été calculée par rapport à l'avancée finale du Petit Age Glaciaire (stade 1850/1860 AD).

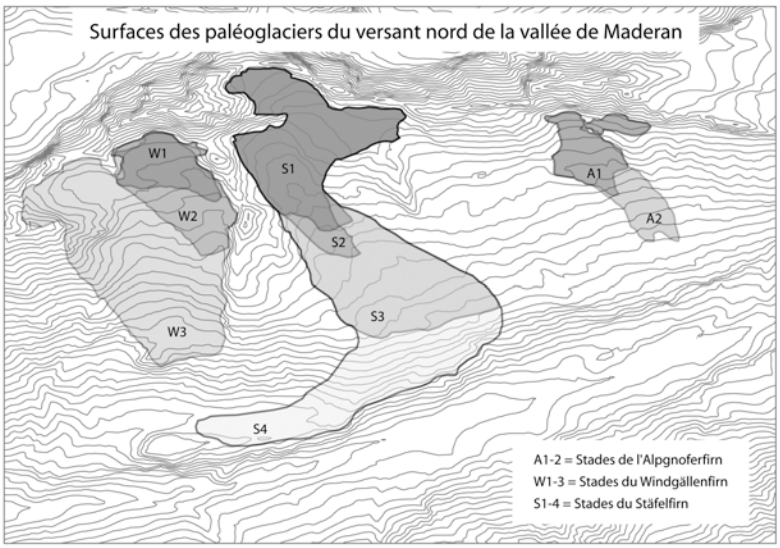


Fig. 4.32 Reconstitution des surfaces des paléoglaciers du versant nord de la vallée de Maderan.

Cadre général de l'histoire glaciaire de la Vallée de Maderan

Lors du dernier maximum glaciaire (LGM), la vallée de Maderan était occupée par le glacier de Maderan qui rejoignait perpendiculairement le glacier de la Reuss à la hauteur d'Amsteg (Hantke, 1991). Plus petit et moins puissant, le glacier de Maderan a moins creusé le fond de vallée que le glacier de la Reuss ; c'est pourquoi le Chärstelenbach rejoint la Reuss par une gorge de raccordement. Hantke (1991) estime le rapport des zones d'accumulation des deux glaciers à 1:4. Au fur et à mesure du retrait du glacier de Maderan, celui-ci s'est progressivement détaché de ses affluents, le Etzli- et le Brunnifirn sur le versant sud, et le Wingällen-, Stäfel-, Alpgnofer-, Ruchern-, Bocktschingel- et Hälsifirn sur le versant nord. Ces glaciers locaux ont laissé des traces de leur retrait dans le paysage. Ainsi, on trouve des moraines à différentes altitudes. Nous avons relevé celles du Wingällen-, Stäfel-, et Alpgnoferfirn (fig. 4.31) afin de calculer les DLEG selon la méthode décrite ci-dessus (Annexe 3) en vue de les corréler avec des modèles de référence de déglaciation pour essayer de leur attribuer un âge.

Description des moraines et calculs de la DLEG du Windgällenfirn

Les moraines attribuées au Windgällenfirn se situent à 2420, 2300 et 1860 mètres d'altitudes. Les plus basses en altitude sont recouvertes de végétation et ont une forme émoussée (fig. 4.33). A 2300 m, on trouve deux crêtes morainiques relativement bien dessinées et également couvertes par la végétation. Les moraines situées à 2420 m, sont bien construites et n'ont pas encore été colonisées par la végétation. Elles correspondant à l'extension du glacier pendant le Petit Age Glaciaire (PAG) et constituent la référence pour les calculs de la DLEG. Celles-ci sont de 85 m, respectivement 235 m (Annexe 3).

Fig. 4.33 Moraine du Windgällenfirn située à 1860 m (*Bläck*).

Description des moraines et calculs de la DLEG du Stäfelfirn

Pour le Stäfelfirn, les moraines se situent à 1420, 1900, 2080 et 2200 mètres d'altitude. Celles situées à 1420 m correspondent aux moraines de Golzern, mentionnées plus haut. Elles forment deux cordons, dont le plus interne est beaucoup moins marqué. En considérant leur position et leur forme nous sommes d'accord avec Schwabe (1957) et Hantke (1980) pour les attribuer au Stäfelfirn. Les trois moraines de Bernetsmatt (aux alentours de 1900 m) sont constituées de gros blocs et ont des crêtes émoussées. Elles se rejoignent à une altitude de 2100 m (699.750 /182.800) (fig. 4.34). Par endroits, leurs pentes sont affectées par des processus de solifluxion. Plus haut dans le versant, à 2080 m, se trouve un couple de moraines avec des crêtes bien définies (fig. 4.34). Le Stäfelbach qui les traverse a créé des coupes naturelles, ce qui permet d'observer la composition en matériaux plutôt fins des moraines. Une série de moraines très peu ou pas colonisées est visible à environ 2200 m. Elles sont érodées sur leurs flancs et partiellement remaniées par le Stäfelbach (fig. 4.34).

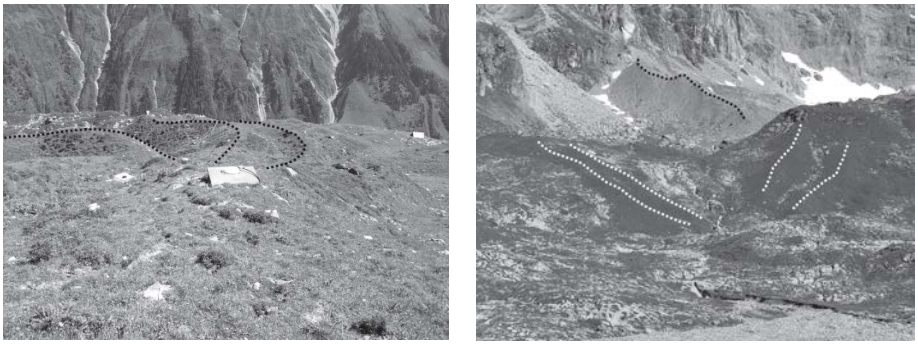


Fig. 4.34 Moraines du Stäfelfirn à Bernetsmatt à un altitude de 1900 m (à gauche) et à 2200 m et 2080 m d'altitude (à droite).

Sur la base de leur position et de leur morphologie, nous avons attribuées les moraines décrites en dernier au PAG et effectué les calculs de la DLEG à partir d'elles. Nous obtenons les valeurs suivantes pour les différents stades du Stäfelfirn : 420 m pour les moraines de Golzern, 320 m pour les moraines de Bernetsmatt et 20 m pour les moraines situées à 2080 m d'altitude (Lochplanggen) (Annexe 3).

Description des moraines et calculs de la DLEG de l'Alpgnoferfirn

Les moraines de l'Alpgnoferfirn se situent à 1900 m et 2120 m. Les plus basses indiquent une bipartition de la langue glaciaire. Du point de vue morphologique, elles ressemblent à celles du Windgällenfirn situées à 2300 m : crêtes bien définies, deux séries de moraines. Les moraines du PAG se situent à 2120 m et ne sont pas ou très peu recouvertes de végétation. La DLEG calculée est de 120 m (Annexe 3).

Corrélation des stades glaciaires

À partir des trois séquences morphostratigraphiques locales et de la description morphologique des moraines, nous avons élaboré une séquence régionale composite pour la déglaciation du versant nord de la vallée de Maderan (fig. 4.35).

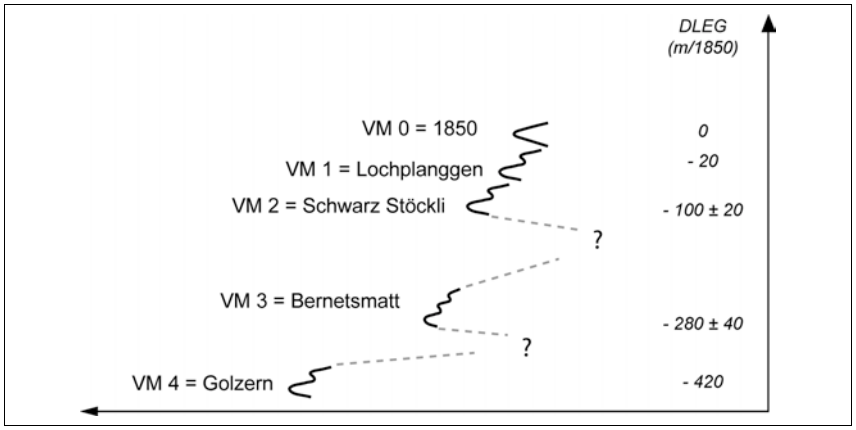


Fig. 4.35 Séquence régionale composite pour la déglaciation du versant nord de la vallée de Maderan (DLEG = Dépression de la ligne d'équilibre).

En comparant nos valeurs de DLEG et en tenant compte des conditions topographiques et climatiques du versant nord la vallée de Maderan (exposition sud, plutôt humide), nous avons tenté de corréler les stades obtenues avec ceux d'autres modèles alpins (tabl. 4.4).

Selon nos corrélations, les moraines de Golzern auraient été mises en place au cours du Daun et celles de Bernetssmatt et Bläck pendant l'Egesen I. Le stade Schwarz Stöckli, qui réunit les moraines du Wingällenfirn et du Alpgnoferfirn, représenterait une phase tardive de l'Egesen (II ou III?). Pour le Stäfelfirn, les moraines de Lochplanggen seraient antérieures à l'Egesen. Nous pensons qu'ils correspondent au Kromer, une période relativement froide à 8.2 cal BP (fig. 4.36).

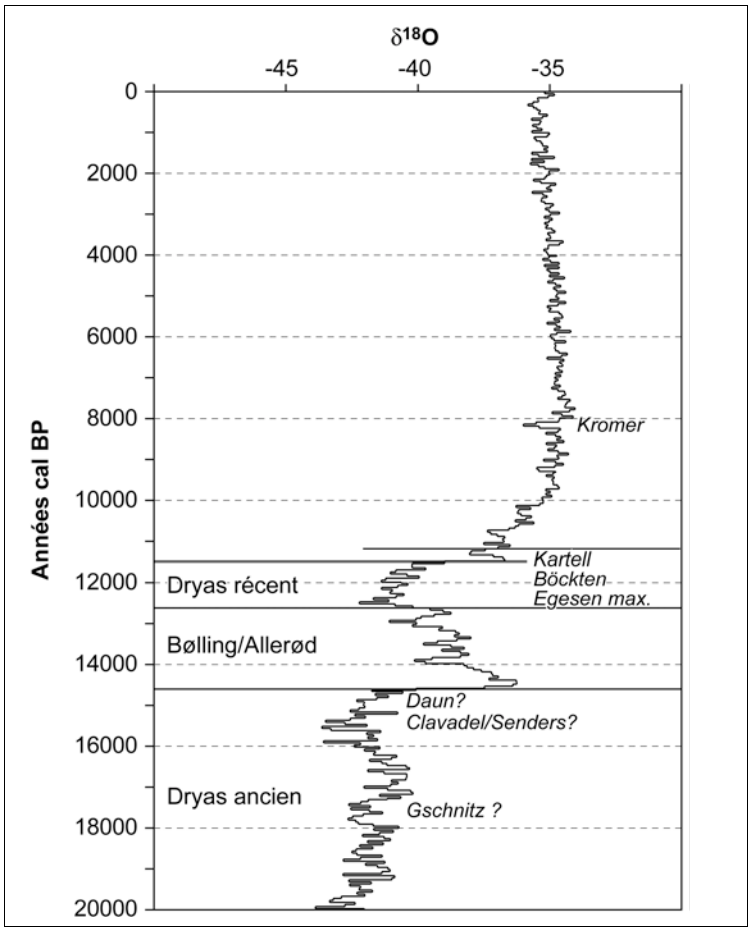


Fig. 4.36 Corrélation entre la courbe isotopique grœnlandaise du sondage NGRIP et les différentes phases de retrait des glaciers alpins (Scapozza, 2011).

Sur la base des corrélations aux différents stades glaciaire, il est possible de se prononcer sur l'âge des différentes moraines (tabl. 4.5). Il apparaît que l'âge minimal pour les moraines de Golzern est 14.5 cal BP. Celles du stade Bernetsmatt dateraient d'environ 12.3 ± 1.5 cal BP. Les moraines du stade Schwarz-Stöckli se situeraient aux alentours de 10.8 ± 1.0 cal BP et celles du stade de Lochplanggen vers 8.2 cal BP.

Vallée de Maderan		Cima di Gana Bianca		Modèle Gothard		Modèle des Alpes orientales		
Stade	**DLEG (m)**	**Stade**	**DLEG (m)**	**Stade**	**DLEG (m)**	**Stade**	**DLEG (m)***	***DLEG (m)****
Lochplanggen	20							
Schwarz Stöckli	85-120			Grobblockige Gletscherstände	67–91	Egesen III (Kartell ?)	*60–90*	*60–120*
				Sunnsbiel	116–138	Egesen II (Bockten ?)	*100–150*	*180–450*
Bernetsmatt	235-320	OW 1	285–300	Garschen	171–236	Egesen I	*170–240*	
Interstade du Bølling/Allerød								
Golzern	420	OW 2	375–400	Realp	260–315	Daun	250–350	250–400
		OW 3	540–545	Wassen	420–450	Clavadel/Senders	380–470	400–500

Tabl. 4.4 Corrélation des stades glaciaires de la vallée de Maderan avec le modèle du Massif de la Cima di Gana Bianca au Nord du Tessin (Scapozza & Fontana, 2009), le modèle de la région du Gothard (Renner, 1982) et le modèle des Alpes Orientales (* d'après Maisch, 1982 ; ** d'après Ivy-Ochs et al., 2006).

Stades Maderanertal	DLEG (m)	Stade	Age ka cal BP	Source
Lochplanggen	20	Kromer	ca. 8.2	Kerschner et al. (2006)
Schwarz Stöckli	100 ± 20	Egesen III = Kartell	ca. 10.8 ± 1.0	Ivy-Ochs et al. (2009)
		Egesen II = Böckten	-	
Bernetsmatt	280 ± 40	Egesen I = Egesen max	ca. 12.3 ± 1.5	Kerschner & Ivy-Ochs (2008)
Golzern	420	Daun	> 14.5 ka cal BP	

Tabl. 4.5 Attribution des âges relatifs à la séquence locale de la vallée de Maderan.

4.7.4 Morphogenèse de la région de Golzern

Sur la base des informations issues des différentes analyses effectuées pour le site d'étude, il est maintenant possible de décrire les grandes lignes de sa morphogenèse. Pour ce faire, nous appliquons le « modèle des trois histoires » du paysage (Pralong, 2003, Kramar, 2005). Ce modèle simple permet d'expliquer les paysages alpins en fonction de l'*histoire des roches*, l'*histoire des déformations* et l'*histoire des formes de surface (histoire géomorphologique)*.

L'histoire des roches

La majorité des roches que l'on rencontre dans la région de Golzern sont des roches métamorphiques associées au vieux socle continental (localement *Erstfeldergneiss-Zone, voir chap. 4.3*). Elles ont été formées il y a 1,2 à 2 Ma d'années (Labhart, 1993).

L'histoire des déformations

Ces roches métamorphiques ont subi plusieurs cycles orogéniques, dont le cycle alpin est le dernier. Selon Staub (1911a), la zone de la vallée de Maderan a été affectée par la phase tectonique qui a mis en place les nappes helvétiques entre 29,3 et 5,2 Ma (Labhart, 1993). Elles ont alors été déformées en profondeur et amenées à la surface, beaucoup plus tard, grâce au soulèvement et à l'érosion continue des Alpes.

L'histoire des formes (histoire géomorphologique)

C'est durant les deux derniers millions d'années (Quaternaire) que les roches précédemment formées, plissées et soulevées sont exposées à plusieurs cycles de glaciation et que la vallée de Maderan prend peu à peu la forme actuelle. Au Dernier Maximum Glacier (Last Glacial Maximum, LGM), la glace occupait les vallées alpines jusque vers 2000-3000 m d'altitude selon les endroits (Bini et al., 2009). La région de Golzern devait alors être couverte par une couche épaisse de glace d'environ 800 m (Kopp, 1959) et seuls les sommets les plus hauts de la vallée de Maderan n'étaient pas englacés. À cet époque, le glacier de Maderan rejoignait celui de la Reuss à la hauteur d'Amsteg est se poursuivait jusqu'à Mellingen (Argovie) dans le Moyen Pays suisse (Stiftung Reusstal, 1997). Depuis, le glacier de Maderan n'a cessé de se retirer, à l'exception de quelques réavancées, et les glaciers de versant de la vallée de Maderan ont fini par former des appareils indépendants. Le Stäfelfirn descendait dans la région de Golzern, où, coincé entre le versant et le Geschel, probablement à cause du glacier de Maderan qui occupait encore la vallée principale, il a surcreusé les zones où se situent aujourd'hui le marais et le lac de Golzern. Il y a environ 14'500 ans, il a dû déposer les cordons morainiques situés autour de 1420 m d'altitude. À son retrait, la zone surcreusée par le glacier s'est remplie d'eau et a forme le lac. Des forages dans le marais pourraient démontrer si un lac existait aussi à cet endroit. Le retrait du glacier se poursuit pour finalement libérer toute la zone de Golzern. Le stade suivant est marqué par les moraines de Bernettsmatt. Parallèlement au retrait du Stäfelfirn, les zones libérées des glaces sont attaquées par l'érosion. À côté de l'érosion continue des versants, des événements plus limités dans le temps se produisent. Nous pensons que les éboulements dans la zone de Golzern sont liés à la décompression des versants suite au retrait glaciaire. En même temps, les systèmes torrentiels se mettent en place et des cônes de déjection se forment. Ces dépôts (gravitaires et fluviatiles) couvrent partiellement les formes glaciaires, notamment la moraine de fond déposée plus tôt par le glacier. À d'autres endroits, la moraine de fond est érodée par les cours d'eau ou par des coulées de boue (par ex. Geschel). Les processus d'érosion et d'accumulation fluviatile et gravitaire sont encore actifs de nos jours et continueront à modifier le paysage. Finalement, l'Homme s'est établi dans la région et l'activité agricole séculaire a également contribué à façonner le paysage. Ainsi, on trouve sur certains cônes de déjection des monticules de déblai résultant du *nettoyage* des terrains afin d'y faire pâturer les bêtes et de produire du fourrage. Des travaux d'assainissement ont été entrepris dans les terrains humides entre le lac de Golzern et les cordons morainiques

afin de gagner des terres fertiles et des maisons et des infrastructures ont été construites.

Le paysage de Golzern est ainsi le fruit de millions d'années d'évolution que l'on peut retracer grâce aux différents témoins géologiques, géomorphologiques et culturels. La carte géomorphologique et les connaissances acquises quant à la morphogenèse de cette zone nous serviront de base pour l'élaboration de cartes géotouristiques qui seront testées *in situ (voir chap. 7).*

5. Considérations méthodologiques pour la cartographie des géomorphosites

La cartographie des géomorphosites se caractérise par des objectifs et des utilisateurs multiples *(3.3.1 Visées et utilisateurs de la cartographie des géomorphosites*). Cette diversité donne naissance à différentes applications et se traduit par une grande variabilité des cartes proposées. Ces dernières sont élaborées sur la base de considérations méthodologiques diverses puisqu'aucune méthode générale n'a encore été définie pour la cartographie des géomorphosites. Après l'aperçu des différentes démarches, nous proposons de définir un cadre général pour la cartographie des géomorphosites. Il se présente sous forme de lignes directrices pour l'élaboration de cartes de géomorphosites, toutes applications confondues.

Une série de réalisations actuelles ont été analysées avec pour objectif de préciser une méthode applicable à la cartographie géotouristique. La description de cinq types de cartes en fonction de leur contenu et de leur mise en forme montre que des améliorations en ce qui concerne leur qualité de communication sont possibles. Une approche intégrée est définie et des précisions sont apportées aux lignes directrices en vue de leur utilisation pour des projets de valorisation.

5.1 Etat de la question

5.1.1 Recommandations méthodologiques basées sur la cartographie géomorphologique classique

Carton et al. (2005) sont parmi les premiers chercheurs à avoir proposé des lignes directrices pour la cartographie des sites géomorphologiques. Leurs propositions se limitent cependant à des recommandations très générales concernant le lien entre l'échelle de représentation et la façon de symboliser les géomorphosites : « *On large-scale maps, geomorphosites will be best shown by means of the traditional symbols used in detailed geomorphological maps. Only the symbols showing the form or set of landforms making up a geomorphosite will be depicted, whereas all the other elements of the landscape will be omitted* » (Carton et al., 2005 : 212) (fig. 5.1). En outre, les recommandations concernent uniquement la représentation des caractéristiques tangibles des sites (aspects géologico-géomorphologiques) et rappellent de ce fait la cartographie géomorphologique classique. Les auteurs ne se prononcent pas sur une quelconque prise en compte des caractéristiques intangibles des géomorphosites (scores des valeurs scientifiques ou additionnelles) ou l'intégration de questions de protection des sites (ex. cartographie des zones vulnérables).

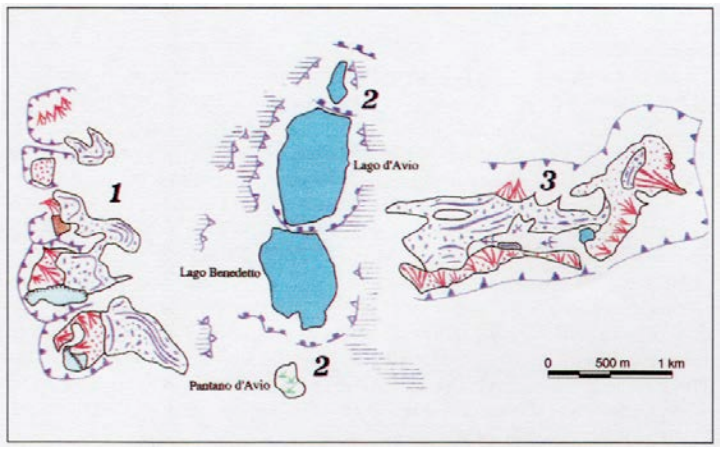


Fig. 5.1 Recommandations pour la cartographie des géomorphosites à l'aide d'une légende géomorphologique, selon Carton et al. (2005).

Les approches méthodologiques se basant sur ces recommandations générales ont été complétées et appliquées à la cartographie des géomorphosites sous-marins (Orrù & Panizza, 2009). Les auteurs décrivent les aspects techniques de l'investigation et la localisation des géomorphosites submergés et proposent d'utiliser les légendes géologiques et géomorphologiques (italiennes en occurrence) pour les représenter.

5.1.2 Cartographie des caractères intangibles des géomorphosites

À l'Université de Lausanne (Reynard, et al., 2007) et dans le domaine de la cartographie des géomorphosites sous-marins (Orrù & Panizza, 2009 ; Rovere et al., 2010a), des méthodes ont été développées pour représenter les caractères intangibles des géomorphosites. Dans le premier cas, l'accent est mis sur la création de cartes de synthèse (fig. 5.2) à partir des résultats d'inventaires (Reynard et al., 2007). La représentation des valeurs scientifiques et additionnelles se fait en jouant avec les variables visuelles appliquées à des symboles conventionnels *(voir chap. 7.1.2)*. Dans les applications de l'Université de Lausanne (Kozlik, 2006 ; Fournier, 2007 ; Duhem, 2008 ; Genoud, 2008 ; Pagano, 2008 ; Maillard, 2009), des cercles proportionnels sont utilisés pour indiquer la valeur scientifique ou la valeur globale des géomorphosites. Les valeurs additionnelles sont représentées en donnant aux cercles une couleur ou une trame pour indiquer par exemple la valeur additionnelle principale ou en divisant les cercles en plusieurs parties pour ainsi représenter la contribution des différentes valeurs à la valeur totale. Sur la base du même principe, d'autres caractères intangibles comme par exemple la valeur (ou le potentiel) d'utilisation et la valeur (ou des besoins) de protection pourraient être représentés. L'avantage de ces différentes cartes de synthèse est de rendre visibles les informations contenues dans des tableaux (Reynard, 2009b).

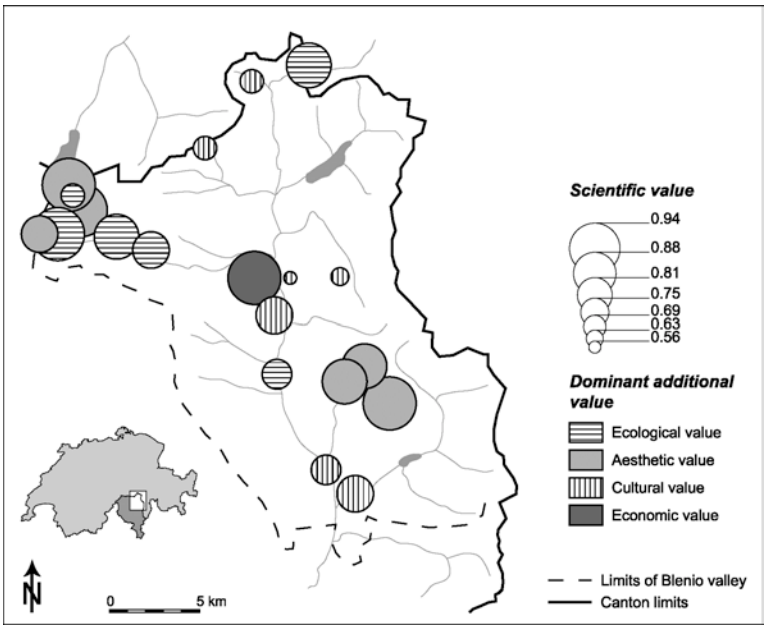


Fig. 5.2 Représentation des valeurs scientifiques et additionnelles pour les géomorphosites du Val Blenio (Tessin, Suisse) (Reynard et al., 2007).

Elles peuvent ainsi soutenir des processus décisionnels tels que le choix de sites propices à la valorisation (Kozlik et al., 2009 ; Maillard & Reynard, 2011).

À la différence des cartes de synthèse de l'Université de Lausanne, qui se basent sur la représentation ponctuelle des géomorphosites, la méthode décrite par Rovere et al. (2010) propose une cartographie des caractères intangibles des géomorphosites en fonction d'unités territoriales (par ex. 100 x 100 m) (fig. 5.3). Afin d'obtenir la valeur totale de l'héritage abiotique d'une unité territoriale, on calcule la moyenne des valeurs globales (valeur scientifique + valeur additionnelle) des différents géomorphosites se trouvant dans la même unité. En combinaison avec d'autres informations, par exemple l'accessibilité des différentes zones, des mesures de gestion ou de valorisation peuvent être élaborées à partir de ce type de carte.

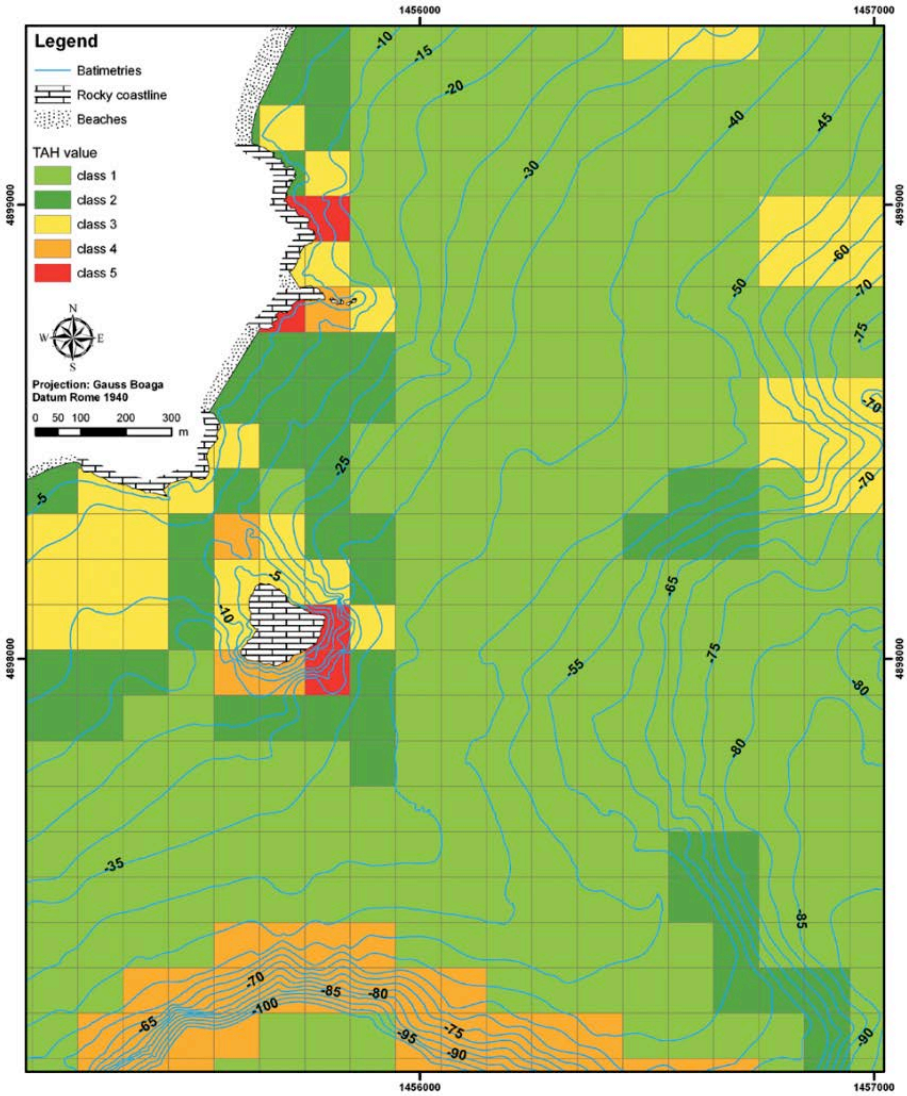


Fig. 5.3 Valeur totale de l'héritage abiotique (TAH) pour une unité territoriale des géomorphosites sous-marins de l'île de Bergeggi (Ligurie, Italie) (Rovere et al., 2010). Les classes de TAH sont attribuées selon le score obtenu de chaque unité territoriale en calculant la moyenne des valeurs totaux des différents géomorphosites. Exemple: moyenne (valeur globale du géomorphosite 1, valeur globale du géomorphosite 2, valeur globale du géomorphosite 3) = 2,9 = Classe 3.

5.1.3 Cartographie des aspects culturels des géomorphosites

Une démarche visant à cartographier les aspects culturels associés aux formes du relief a été proposée et appliquée aux sites et aux hauts-lieux à forte valeur géomorphologique des parcs naturels atlantiques par Portal (2010). Elle associe la représentation d'aspects géomorphologiques de quatre grands types de formes motrices de la patrimonialisation (« montagnes atlantiques », modelés granitiques, « reliefs en creux », reliefs artificiels) avec la représentation des regards portés sur ces reliefs (répulsif, sublime, productif, pittoresque, pittoresque écologique). En montrant l'évolution des représentations et des perceptions associées aux formes du relief, ces cartes permettent de visualiser les trajectoires patrimoniales des ces dernières (fig. 5.4). Ce type de carte peut soutenir le processus de sélection des géomorphosites dans le cadre d'inventaires ou de la valorisation pour le grand public en ce sens qu'elles mettent en évidence les lieux à haute valeur géomorphologique et culturelle et la transformation du regard que la société porte sur ces lieux.

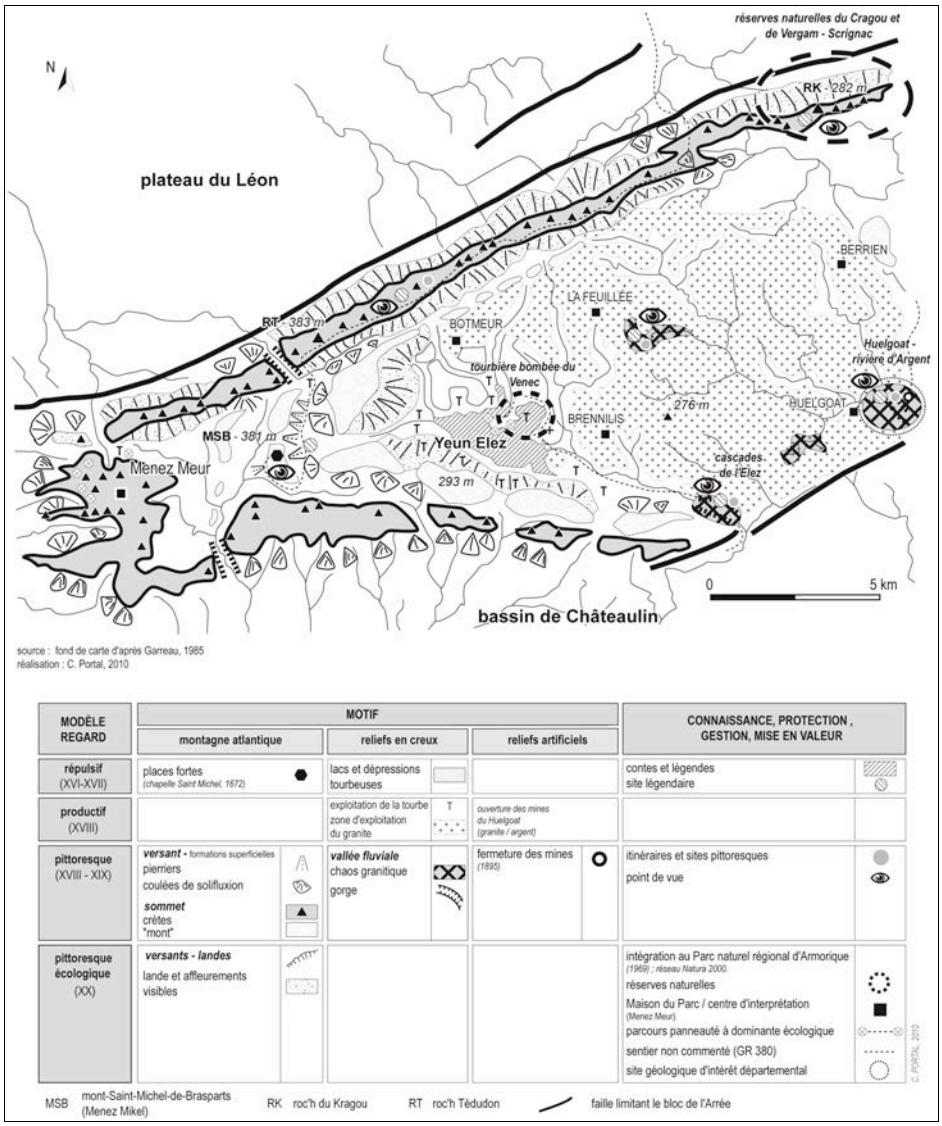


Fig. 5.4 Proposition de représentation des trajectoires patrimoniales des géomorphosites culturels (Portal, 2010).

5.1.4 Cartographie pour non-spécialistes

En ce qui concerne la cartographie pour non-spécialistes (sous-entendu la cartographie géotouristique), Carton et al. (2005 : 212) déclarent que « *a simplified version of a large-scale geomorphosite map is proposed as being accessible to everyone* » et renvoient aux travaux plus spécialisés sur le sujet (Castaldini et al. 2005a ; 2005b ; Bertacchini et al. 2007). Ces chercheurs italiens ayant publié plusieurs cartes géotouristiques (Castaldini et al., 2005c) décrivent un procédé qui se

base sur l'adaptation des cartes de spécialistes pour le grand public en passant par deux étapes principales : la simplification (1) de la carte géomorphologique classique et l'ajout d'informations touristiques (2) (fig. 5.5).

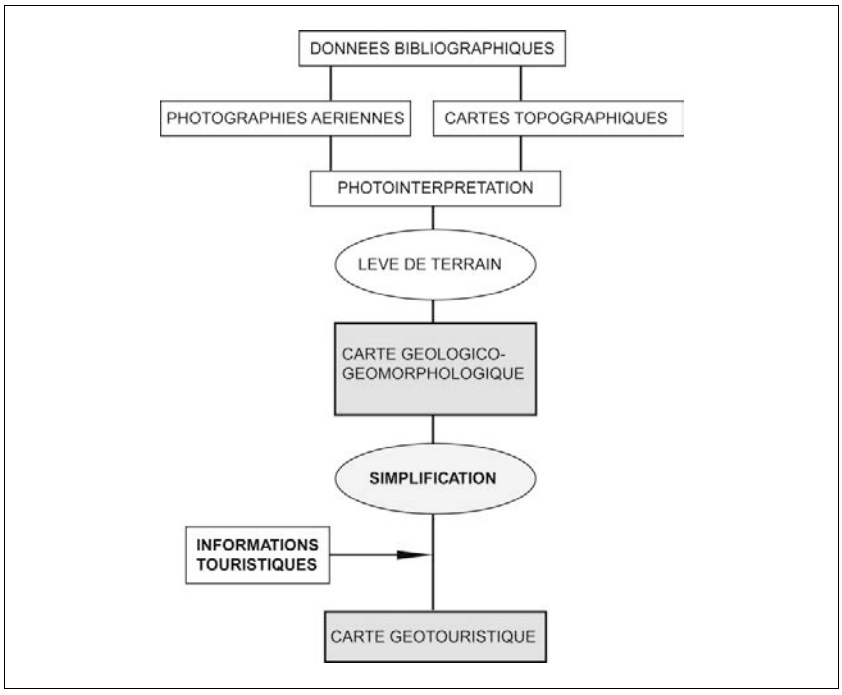


Fig. 5.5 Schéma méthodologique pour l'élaboration de cartes pour non-spécialistes (modifié selon Castaldini et al., 2005a et b et Bertacchini, 2007).

En ce qui concerne la simplification, les auteurs mettent l'accent sur le fait de ne retenir que les éléments du paysage qui sont facilement reconnaissables par l'utilisateur de la carte. Ces derniers seront présentés à l'aide de symboles qui se veulent facilement lisibles. Ainsi, on trouve, à côté des symboles inspirés de la légende géomorphologique, des symboles figuratifs, plus intuitifs (fig. 5.6). La deuxième étape consiste à ajouter des informations touristiques de base. Ces dernières sont dans la mesure du possible représentées par des symboles officiels des cartes touristiques et comprennent aussi bien des infrastructures (place de pique-nique, parking, auberge, centre d'information, etc.) que des services ou des possibilités d'activités (observation d'oiseaux, pêche, etc.). Malgré cette approche visant à faciliter la lecture pour les visiteurs, ces cartes surprennent souvent par leur caractère quasi exhaustif en ce qui concerne la représentation des formes du relief et du substrat géologique. Les usagers sont par conséquent confrontés à une légende relativement longue et complexe (fig. 5.6).

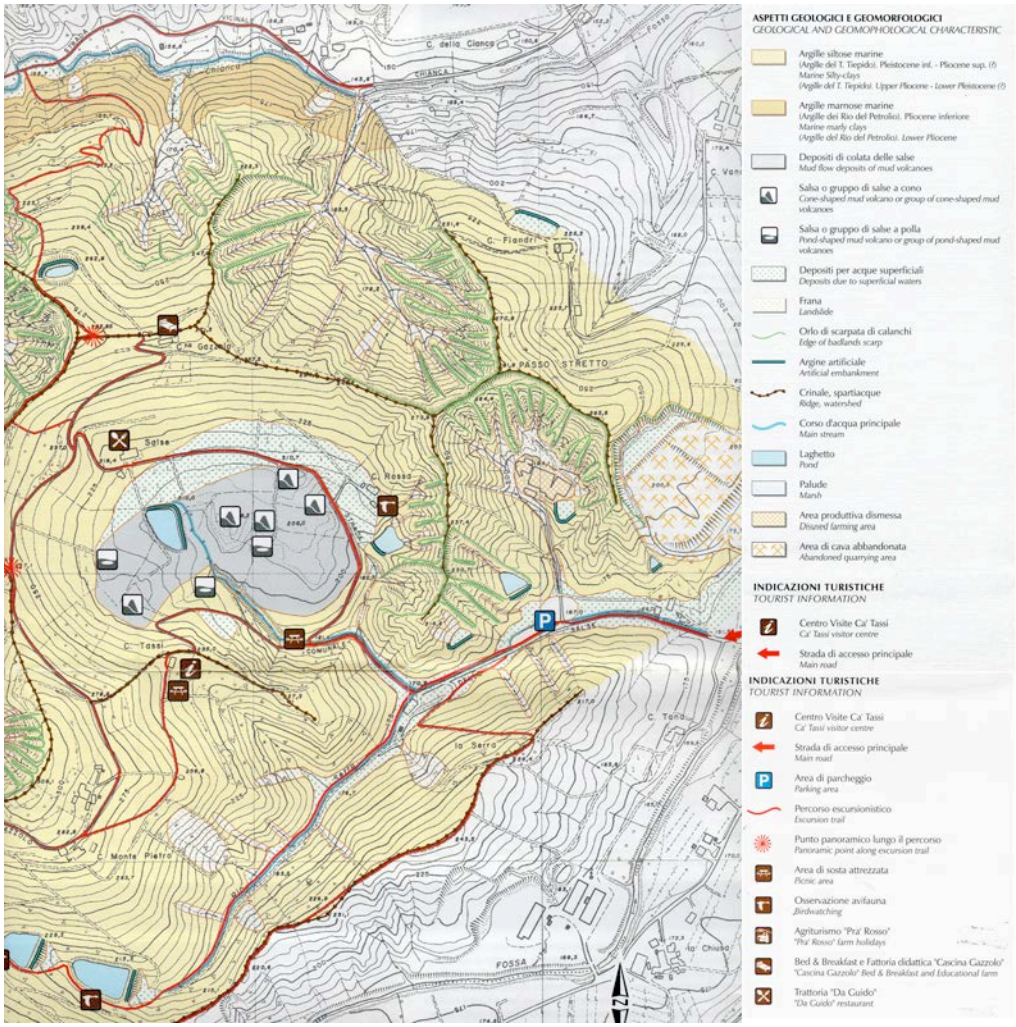


Fig. 5.6 Extrait de la carte géotouristique des Salse di Nirano (Modena, Italie) (Barozzini et al., 2004).

Afin de mieux informer les visiteurs, les recherches en matière de cartographie géotouristique se sont également concentrées sur l'optimisation des **conditions de visite** en proposant des informations destinées à faciliter la planification. Nous pouvons par exemple citer les propositions de Carton et al. (2005) d'intégrer sur les cartes des symboles et des idéogrammes indiquant les points d'observation *(inner or outer observation points)* ou le moment idéal pour la visite, lié aux conditions d'éclairage du site. Une application de ces idéogrammes a été proposée par Martin (2010). D'autres groupes de recherche se sont penchés sur le risque géomorphologique dans les aires touristiques (Piccazzo et al., 2007). Dans ce contexte, une méthode d'évaluation des risques naturels et de la vulnérabilité des visiteurs (Pelfini et al., 2009), ainsi qu'une légende pour la classification des

caractéristiques des sentiers (Brandolini & Pelfini, 2010) ont été développées. Les recherches dans ce domaine visent à donner aux touristes les informations nécessaires pour qu'ils puissent s'engager sur un sentier en connaissant les difficultés ou les risques qu'ils pourraient rencontrer. En Suisse, cette méthode a notamment été utilisée par Gabioud (2008) dans une étude sur la randonnée pédestre dans le Val Ferret.

5.1.5 Recherches récentes

Les considérations méthodologiques évoquées jusqu'ici se focalisent principalement sur la représentation des géomorphosites et des informations touristiques d'un point de vue graphique. Ce n'est que récemment que les études se sont concentrées sur le **processus de communication cartographique** (Coratza & Regolini-Bissig, 2009 ; Martin, 2010 ; Regolini-Bissig, 2010). Au centre des préoccupations de ces recherches se trouvent les questions relatives au choix du contenu (*quelle information transmettre ?*) et sa représentation graphique afin de faciliter l'utilisation et la compréhension des cartes par les usagers (fig. 5.7).

5.1.6 Constats

L'état de la question permet de faire le constat de la **coexistence de diverses méthodes**, qui concernent tantôt la cartographie pour spécialistes, tantôt la cartographie pour non-spécialistes, et qui conduisent à une cartographie des géomorphosites très disparate. En effet, chaque unité de recherche semble avoir ses propres méthodes et peu d'efforts ont été entrepris à ce jour afin de partager les expériences ou d'engager une discussion à un plus haut niveau, en créant par exemple un comité au sein du Groupe de travail sur les géomorphosites.

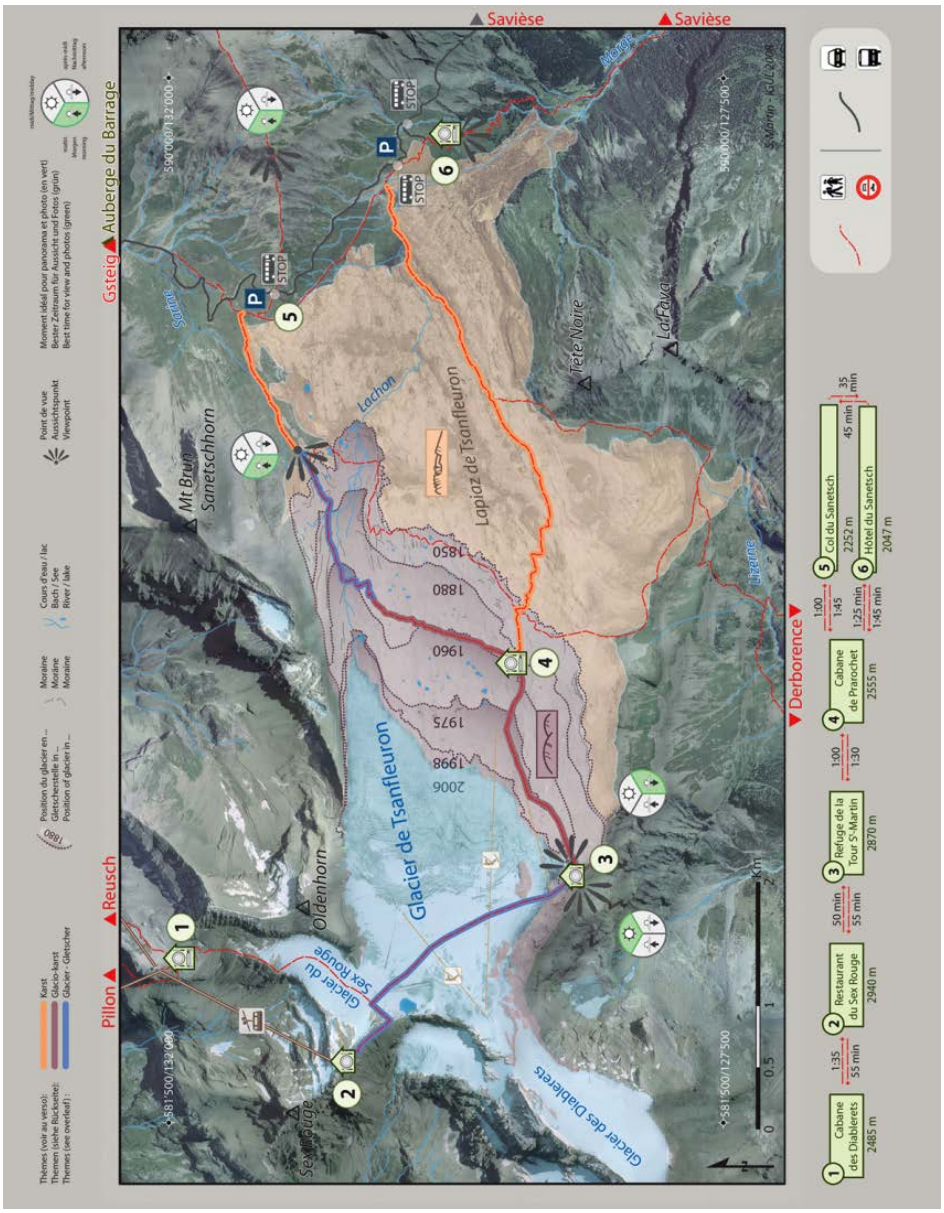


Fig. 5.7 Carte géotouristique de la région de Tsanfleuron (VS, Suisse) (Martin, 2010).

5.2 Proposition de lignes directrices pour la cartographie des géomorphosites

Dans le but de proposer une base commune pour engager la discussion concernant la représentation cartographique des géomorphosites parmi les chercheurs des différentes universités, nous avons tenté de formaliser un **cadre théorique et conceptuel général** pour la cartographie des géomorphosites qui soit en mesure d'intégrer les différents champs d'application. Les **lignes directrices** que nous proposons (tabl. 5.1) constituent une étape intermédiaire entre la définition d'un cadre général et l'élaboration d'une ou des méthodes cartographiques futures avec une marche à suivre et des recommandations concrètes. Elles se présentent actuellement sous forme de canevas de questions guides (Coratza & Regolini-Bissig, 2009). Elles ont été conçues pour soutenir le processus de conception d'un projet cartographique en fournissant les éléments clés à considérer pour une réalisation cohérente.

5.2.1 Cadre général pour la cartographie des géomorphosites

Sur le plan théorique, le cadre général pour la cartographie des géomorphosites se rattache au paradigme de communication *(voir 3.1.2 L'approche théorique).* Selon ce paradigme, une carte devrait avoir une **fonction** et un **public clairement déterminé** :« *Als Glied des Beziehungsgefüges zwischen Nutzer, Karte und durch die Karte zu repräsentierendes Objekt, wird die Karte […] stets sowohl durch die Wesenseigenschaften des Kartierungsobjektes […] als auch durch die Anforderungen des Kartennutzers […] bzw. die Zweckbestimmung der Karte determiniert* » (Demek et al., 1982 : 25). À partir du moment que la carte est utilisée comme outil de communication – plutôt que comme outil d'exploration (MacEachren, 1995) –, il devient nécessaire de définir un **contenu**. **Ces trois éléments – utilisateurs, fonction, contenu – constituent les piliers d'un projet cartographique** (fig. 5.8). Ils sont interdépendants (tout contenu ou fonction n'est pas adapté à n'importe quel public) et influencent les choix graphiques (ex. fond de carte, manière de représenter les géomorphosites) qui devront être faits au cours de la réalisation.

Nous avons vu que pour la cartographie des géomorphosites, les cartes peuvent soutenir différentes fonctions : évaluation, gestion ou valorisation des géomorphosites *(3.3.1 Visées et utilisateurs de la cartographie des géomorphosites).* A l'intérieur de ces trois champs d'application, la fonction spécifique d'une carte dépend du type d'information (contenu) que l'on souhaite communiquer et/ou des utilisateurs auxquels on s'adresse. En ce qui concerne ces derniers, ils se caractérisent par des connaissances en termes de lecture de carte et des besoins d'informations variables (*3.3.3 La question du public : spécialistes et non-spécialistes, 3.4.3 Communication cartographique avec un public de non-spécialistes*). Ainsi, une carte conçue pour la communication parmi des spécialistes ne requiert pas le même contenu et la même mise en forme qu'une carte qui s'adresse à des planificateurs ou à des touristes. Définir l'utilisateur de la carte est par conséquent indispensable et aide à déterminer les deux autres piliers. Afin d'éviter la surcharge visuelle, nous proposons de limiter les fonctions et les publics pour une même carte.

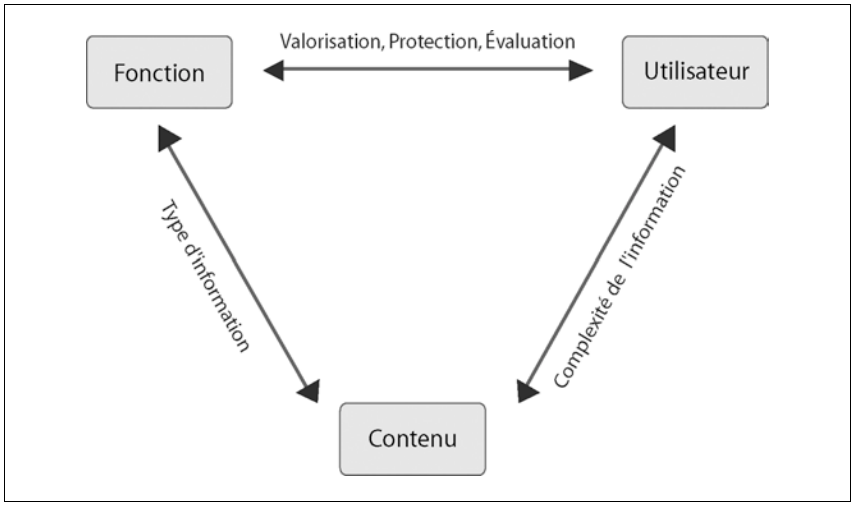


Fig. 5.8 Les trois piliers définissant les conditions cadres d'un projet cartographique.

Pour permettre une transmission correcte de l'information et la création d'une image cartographique aisément accessible aux utilisateurs, toute cartographie devrait s'aligner sur les règles de construction de la symbolique : la sémiologie (Bertin, 1998 ; Denègre, 2005). En l'absence de réflexion sur l'emploi d'un graphisme, le côté artistique – indispensable pour un rendu esthétique et harmonieux – prévaut et peut induire des ambigüités ou suggérer de fausses associations (Cronyn, 1998 ; Denègre, 2005). De même, respecter au mieux les conventions cartographiques permettra aux utilisateurs de retrouver des signes qui leur sont familiers. La cartographie des géomorphosites ne peut se soustraire à ces règles très générales. Elle devrait par contre avoir une certaine liberté de s'éloigner des canons de la cartographie géologique ou géomorphologique classique, d'une part parce que les systèmes de représentation sont trop contraignants lorsqu'il s'agit par exemple de représenter des valeurs additionnelles ou des données qualitatives et, d'autre part, parce que tous les utilisateurs ne sont pas familiers avec cette tradition cartographique, en particulier les non-spécialistes (Kruhl, 2006 ; Savaton, 1998).

5.2.2 Présentation des lignes directrices

Les différentes considérations générales décrites ci-dessus ont été résumées en neuf **lignes directrices** (Coratza & Regolini-Bissig, 2009). Elles sont présentées dans un tableau subdivisé en trois parties et contenant les **questions guides** et des **éléments de réflexion** pour chaque **critère** (tabl. 5.1).

	Critères	Question guide	Lignes directrices
conditions cadres	Utilisateur	Quel est le public visé ?	Le public cible doit être défini au début du processus de réalisation pour que la fonction de la carte, le contenu et les choix graphiques puissent s'accorder aux besoins et aux exigences des utilisateurs (scientifiques, gestionnaires, touristes, etc.). Plus le public cible est précis et connu, mieux on pourra satisfaire ses besoins et exigences.
	Fonction	Quelle est la fonction de la carte ?	Les cartes produites dans le cadre de l'évaluation, la gestion et la valorisation des géomorphosites poursuivent différents objectifs. Définir clairement ces derniers aide à déterminer la fonction de la carte et par conséquent les besoins spécifiques qu'elle doit satisfaire envers les utilisateurs et le contenu. Il est déconseillé de vouloir attribuer de multiples fonctions à une même carte puisque cela risque de la surcharger et de la rendre trop complexe.
	Contenu	Que va-t-on communiquer avec la carte ?	Le contenu d'une carte doit s'adapter à la fonction et au public visé. Seuls les éléments essentiels seront représentés. En cas d'informations complexes et abondantes, il est recommandé de faire plusieurs cartes afin d'éviter de surcharger le document.
Choix graphiques	Complexité	Quel degré de complexité est désiré / requis ?	Le degré de complexité de l'information est déterminé selon la fonction et le public cible de la carte. Il faut veiller à offrir la complexité nécessaire sans charger la carte avec des détails superflus.
	Échelle	Quelle est la zone à couvrir et la représentation des géomorphosites souhaitée ?	L'échelle d'une carte dépend à la fois de l'étendue de la zone à couvrir et du type de représentation des géomorphosites (symboles ponctuels, périmètres, légende détaillée). Les petites échelles sont plutôt adaptées pour des cartes générales, les grandes échelles pour des cartes de détail.
	Fond de carte	Comment représenter la topographie ?	Le choix du fond de carte (topographique, photographie aérienne, satellite, ombrage, schéma, etc.) se fait en fonction de la morphologie de la zone à représenter et en considérant la fonction de la carte et les compétences de lecture de carte des utilisateurs. Il peut être utile de produire plusieurs variantes afin d'évaluer laquelle est la plus adaptée.
	Graphisme	Comment produire des cartes belles et compréhensibles ?	La mise en forme du contenu ne se fait pas uniquement sur la base de considérations esthétiques, mais selon les règles de construction symbolique et les conventions cartographiques. Il peut s'avérer utile de soumettre la carte à un spécialiste (graphiste ou cartographe) pour vérification.
Considérations pratiques	Conditions d'emploi	Dans quel contexte la carte va-t-elle être utilisée ?	L'utilisation de la carte (conditions et distance de lecture, mobilité du lecteur, etc.) détermine le choix et les caractéristiques du support (numérique ou papier, format, pliage, etc.) afin que la lecture de la carte soit aussi confortable que possible. Il faut considérer également que les différentes options ont des incidences diverses sur la réalisation et la mise à jour des cartes.
	Budget	Comment repartir efficacement le budget ?	Une répartition précoce du budget parmi les différentes postes (coûts de conception et de production) permet de gérer au mieux les contraintes financières.

Tabl. 5.1 Lignes directrices pour la cartographie des géomorphosites (modifié d'après Coratza & Regolini-Bissig, 2009).

La première section est composée des trois critères centraux (utilisateurs, fonction et contenu) qui définissent les **conditions cadres** d'un projet cartographique. Il n'existe pas d'ordre chronologique préétabli pour la réflexion concernant ces trois critères qui

doivent être traités en parallèle. Il est cependant important de considérer les critères de cette première partie au début du processus de planification (pour les recommandations, voir directement le tableau 5.1), puisque ils influencent directement les **choix graphiques** qui devront être faits.

Les recommandations concernant la mise en forme sont regroupées dans la deuxième partie. Elles visent à déterminer les éléments cartographiques proprement dits qui doivent s'accorder au cadre fixé au préalable. Ainsi, la **complexité** du contenu cartographique dépend à la fois du public et de la fonction de la carte. Dans certains cas, une carte détaillée est indispensable, alors que dans d'autres, une légende simple ou simplifiée peut s'avérer suffisante. Dans tous les cas, les éléments présentés devraient être en lien direct avec la fonction de la carte, afin d'éviter des informations superflues qui risquent de surcharger la carte ou de troubler l'utilisateur. **L'échelle** d'une carte se définit en fonction de l'étendue de la zone à couvrir et de la manière de représenter les géomorphosites. Une carte conçue pour le monitoring des géomorphosites (ex. Smith et al., 2010) ne peut pas se satisfaire de représenter les géomorphosites à l'aide de symboles ponctuels, mais devrait au moins permettre une représentation des périmètres. Le **fond de carte** a également été défini comme critère. Nombreuses sont aujourd'hui les possibilités (carte topographique, image satellite, ombrage, etc.) et il s'agit donc de choisir le fond de carte qui se prête le mieux pour le projet défini. Trouver la réponse nécessite parfois de tester plusieurs alternatives. Relativement peu de place a été accordée au **graphisme** (choix des couleurs, des symboles, mise en page, etc.), essentiellement parce que le champ est très vaste et qu'il n'existe que peu de règles « universelles ». Afin de se conformer aux conventions graphiques et cartographiques, la consultation d'ouvrages spécifiques est indispensable (par exemple Wood & Keller 1996 ; Bertin, 1998 ; Brewer, 2005 ; Denègre, 2005 ; Le Fur, 2007 ; Slocum et al., 2009). Si les personnes ayant réalisé la carte ne sont pas spécialistes des domaines cartographiques et géographiques, il peut être utile de soumettre le document final à un cartographe ou un graphiste (Martin & Reynard, 2009).

La troisième partie fait référence à des **réflexions d'ordre pratique** concernant les **conditions d'emploi** d'une carte et la **production**. Le choix du format, du support (propriétés du papier), des couleurs et la finesse du rendu graphique dépendent directement de l'utilisation de la carte (Denègre, 2005). Les exigences sont en effet très différentes selon la mobilité du lecteur (par ex. document d'étude, document de terrain), la distance de lecture (par ex. écran ou panneau mural), les conditions d'éclairage (par ex. résistance des couleurs aux UV) et les contraintes de manipulation (par ex. pliage fréquent). Prendre en compte les conditions d'emploi dès le départ permet de réaliser une carte *« en rapport avec la mission qui lui est impartie »* (Denègre, 2005 : 36). Les coûts de production sont à considérer au même titre que la conception de la carte, l'acquisition des données, la mise en forme, la vérification du produit par un spécialiste, et éventuellement par des utilisateurs, et la distribution. Il s'agit de gérer les **contraintes financières** en déterminant la répartition efficace des ressources à disposition.

La fonction des lignes directrices est de déterminer, à l'aide des questions guides, les grandes lignes d'un projet cartographique. En suivant les propositions de réflexion, la carte à élaborer sera définie dans ses caractéristiques principales, ce qui facilitera sa

réalisation concrète et une éventuelle répartition du travail. Par contre, elles n'ont pas la prétention de fournir une démarche complète (étapes à suivre) et des conseils pratiques (au niveau du graphisme par exemple) pour la réalisation d'une carte. Leur emploi est donc limité au moment de la conception d'un projet cartographique. Pour les étapes suivantes, la collaboration avec des experts est souvent indispensable pour obtenir à un produit de qualité.

5.2.3 Expériences dans l'application des lignes directrices

Les lignes directrices présentées ci-dessus n'ont pas fait l'objet d'une évaluation formelle à grande échelle auprès de scientifiques et cartographes impliqués dans la cartographie des géomorphosites. À notre connaissance, elles ont surtout été appliquées pour la réalisation de projets cartographiques dans le domaine de la valorisation de géomorphosites auprès de non-spécialistes (Regolini-Bissig et al., 2009 ; Martin & Reynard, 2009 ; Martin, 2010).

Nous pouvons citer l'exemple de l'élaboration d'une carte géotouristique (fig. 5.7) de la région de Tsanfleuron-Sanetsch (Martin & Reynard, 2009 ; Martin, 2010) qui a suivi ces lignes directrices. Se basant sur le tableau proposé par Coratza & Regolini-Bissig (2009) et d'autres méthodes cartographiques plus générales (MacEachren, 1994 ; Bailey et al., 2007 ; Slocum et al., 2009), les auteurs ont défini les conditions cadres de leur projet avant de se focaliser sur des questions permettant de faciliter l'utilisation de la carte et la compréhension de l'information qu'elle contient.

Un autre exercice cartographique a été réalisé par les participants au workshop « Mapping Geoheritage », organisé par l'Université de Lausanne en 2008 (Regolini-Bissig & Reynard, 2010), auxquels on a demandé d'élaborer une carte de la région de Derborence (Valais, Suisse). La discussion autour des différentes questions directrices lors de la visite du terrain a permis aux participants de rapidement fixer les conditions cadres de leur projet. Si tôt les grandes lignes du projet clarifiées, ils ont pu se diviser en plusieurs groupes pour récolter les données et informations relatives aux différents aspects préalablement discutés. Ce deuxième exemple montre l'utilité des lignes directrices non seulement pour fixer les conditions cadres d'un projet cartographique, mais aussi en tant que **canevas de discussion**, lorsque le projet implique plusieurs personnes.

Dans les deux cas, les cartes réalisées n'ont malheureusement pas été évaluées. Il n'est donc pour le moment pas possible de savoir si l'application des lignes directrices a des effets positifs sur la phase de décodification, c'est-à-dire la compréhension des informations cartographiques par les utilisateurs.

5.3 La cartographie géotouristique : proposition d'une typologie

Afin de préciser les recommandations des lignes directrices pour la cartographie géotouristique, nous proposons dans un premier temps une analyse des réalisations existantes. Elle a pour but de mettre en évidence et de caractériser différents types de cartes ainsi que de dresser un bilan de leur potentiel de communication. Pour rejoindre cet objectif, nous avons analysé une cinquantaine de cartes géotouristiques d'un point du vue de la représentation des géomorphosites et de la proportion relative de l'information géoscientifique et touristique (Bissig, 2008).

5.3.1 Objectifs de l'étude de l'analyse des cartes géotouristiques

L'étude réalisée a pour point de départ l'impression que les cartes géotouristiques rencontrées au cours de nos recherches montrent une très forte variabilité qui concerne tant le plan graphique (système de représentation) que le contenu (type d'information véhiculé). Afin de mesurer cette observation personnelle, une série de cartes a été analysée avec l'objectif d'établir une typologie de celles-ci. Deux questions ont guidé l'analyse : Comment les géomorphosites sont-ils représentés sur les cartes à vocation géotouristique ? Quelle est la part de l'information scientifique et touristique ? La première question vise à caractériser le contenu graphique des cartes, c'est-à-dire le système de représentation utilisé pour la communication avec les non-spécialistes. L'analyse prend en compte les aspects tels que l'échelle et le fond de carte ainsi que les symboles avec lesquels les géomorphosites sont représentés. La deuxième question cherche à déterminer l'importance relative de l'information scientifique et touristique. Les proportions donnent une indication pertinente en ce qui concerne la fonction d'une carte.

5.3.2 Recueil de cartes et analyse des données

L'analyse se base sur un ensemble de cartes collectionnées entre 2005 et 2007 lors de colloques internationaux concernant les thématiques *géomorphosites*, *géoparcs* et *géotourisme*. L'échantillonnage a pu être élargi grâce à un courrier adressé en automne 2006 aux géoparcs membres du Réseau européen des Géoparcs (EGN), les invitant à envoyer des cartes pour la présente étude. En même temps, les membres du Groupe de travail sur les géomorphosites ont également été contactés et invités à transmettre des cartes. Avant de procéder à l'analyse, une sélection guidée par la problématique générale de notre recherche (*voir chap. 2*) a été opérée sur l'ensemble des cartes recueillies. Seuls les documents pouvant être emportés sur le terrain sans moyens techniques ont été retenus. Par conséquent, les cartes numériques et interactives ont été écartées de l'analyse. Une deuxième précision doit être apportée concernant les cartes pliables ou faisant partie de brochures qui contiennent d'autres éléments d'informations, comme par exemple des photos, schémas et textes explicatifs : seule la carte proprement dite a été traitée. Au final, ce sont 51 cartes de huit pays européens qui ont été analysées (tabl. 5.2, Annexe 4).

Pays	**Nombre de cartes**
Italie	19
Allemange	11
Grande -Bretagne	7
Suisse	9
France	2
Irlande	1
Grèce	1
Albanie	1
Total	**51**

Tabl. 5.2 Provenance des cartes étudiées.

Afin d'élaborer une typologie des cartes, nous avons utilisé la méthode de la classification hiérarchique ascendante (CHA), qui permet d'obtenir, à partir d'une

série de critères, le regroupement d'individus similaires dans des classes homogènes (Bavaud, 1998). L'analyse des critères de chaque classe permet ensuite la caractérisation des groupes les uns par rapport aux autres. Afin de pouvoir appliquer cette méthode statistique il a fallu générer un tableau où chaque carte a été décomposée en plusieurs critères. Le tableau de saisie (Annexe 5) comporte des informations et des critères relatifs aux thématiques suivantes : identification de la carte, forme et format de la carte, représentation du contenu géo(morpho)logique, informations relatives à la visite et aux offres et services de la région. Les différents critères ont d'abord été traduits en modalités qui, à leur tour, ont été codifiées afin d'obtenir des valeurs numériques. Ce procédé peut facilement être expliqué à l'aide de l'exemple du critère *échelle*. Dans ce cas, trois modalités possibles ont été déterminées et à chaque modalité correspond un score : petite échelle = 1, échelle moyenne = 2, grande échelle = 3.

Parmi les critères initialement relevés (Annexe 5), sept ont finalement été retenus pour la CHA. Ce choix a été guidé par le fait que les critères retenus permettent de marquer une différence significative entre les cartes du point de vue de la représentation des géomorphosites, de la quantité des informations touristiques et de l'aspect général (par ex. format). Les critères ayant trait à l'identification de la carte (par ex. nom de la carte), représentant des informations trop détaillées (par ex. type d'infrastructures touristiques) ou redondantes (par ex. délimitation des géomorphosites) ont été écartés. La CHA s'est finalement faite sur les critères suivants :

1. Support de la carte (cartes pliables, brochures ou dépliants, revues ou journaux) ;
2. Échelle de la carte (petite, moyenne, grande) ;
3. Fond de carte (topographique, géologique, schématique, 3D ou panoramique, image satellite, images topographiques et géologiques combinés) ;
4. Représentation des géomorphosites (symboles ponctuels, symboles figuratifs, légende de type géomorphologique, périmètres) ;
5. Informations d'aide à la visite (absent, présent (au moins un), abondant (plusieurs types) ;
6. Infrastructures touristiques (absent, présent (au moins un), abondant (plusieurs types) ;
7. Autres sites d'intérêt (absent, présent (au moins un), abondant (plusieurs types).

Les résultats de la CHA sont représentés au moyen d'un arbre de classification (ou dendrogramme) montrant la hiérarchisation des groupes (Annexe 6). Le choix du nombre de groupes à retenir revient à l'auteur et découle d'un compromis permettant une distinction à la fois claire et nuancée des groupes. Dans notre cas, cinq groupes ont été retenus. Ils correspondent aux cinq types de cartes dont les caractéristiques spécifiques sont décrites ci-dessous.

5.3.3 Typologie des cartes géotouristiques

Les caractéristiques de chaque groupe ont été mises en évidence en établissant un profil des groupes par rapport au profil moyen de tous les individus (Annexe 7). La description des traits communs à l'intérieur d'un groupe et des critères les distinguant des autres groupes a permis de proposer une nomenclature pour chaque type. Elle reflète soit la fonction des cartes d'un certain type, soit le public auquel les cartes d'un groupe donné s'adressent. Chaque type de carte est accompagné d'un exemple représentant le mieux le groupe en question et la figure 5.13 schématise les caractéristiques principales de chaque type de carte.

Type 1 : Cartes générales

Les cartes du type 1 sont caractérisées par des fonds de carte schématiques (par exemple relief) et à petite échelle. Les géomorphosites y sont représentés à l'aide de symboles ponctuels indiquant leur localisation. Ce type de représentation et l'absence d'informations scientifiques supplémentaires ne permet pas une lecture immédiate du contenu du site. L'information touristique est également faible. Les cartes de ce type sont fréquentes dans les brochures d'information des géoparcs. Elles peuvent être regroupées sous le terme« cartes générales » (fig. 5.9).

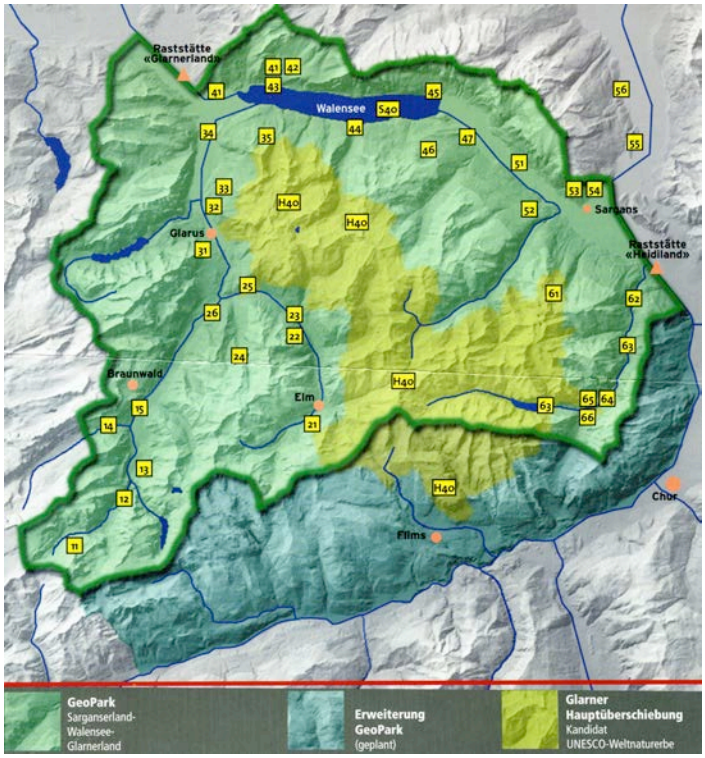


Fig. 5.9 Carte générale du géoparc Sardona (Suisse)(www.geopark.ch, consulté le 4 octobre 2008).

Type 2 : Cartes géotouristiques

Dans ce groupe de cartes, les géomorphosites sont représentés par des symboles ponctuels sur des fonds de carte topographiques ou schématiques à petite échelle. L'information scientifique est généralement faible. Les cartes se distinguent du type 1 par d'avantage d'informations touristiques (places de pique-nique, parkings, possibilités de logement, etc.), c'est pourquoi elles peuvent être qualifiées de « cartes géotouristiques » (fig. 5.10).

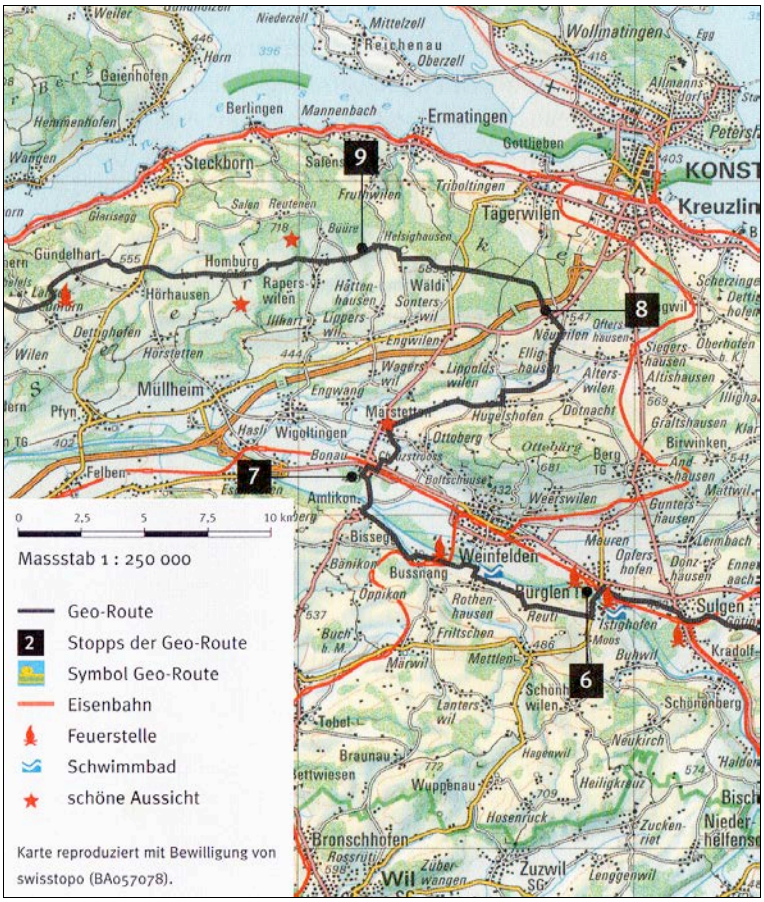


Fig. 5.10 Extrait de la carte géotouristique « Geo-Radroute » (Kanton Thurgau, 2005)

Type 3 et 4 : Cartes géoscientifiques pour amateurs en sciences de la Terre

Le terme « carte géoscientifique pour amateurs en sciences de la Terre » a été choisi pour désigner les cartes d'échelle moyenne à grande et à forte composante géologique et/ou géomorphologique (fond de carte topographique ou géologique, informations scientifiques abondantes). La distinction en deux groupes (type 3 et 4)

est basée sur les modalités de représentation des géomorphosites qui sont représentés par des symboles ponctuels dans le premier cas (type 3) et par un ensemble de symboles inspirés de la cartographie géologique ou géomorphologique classique dans le deuxième cas (type 4, fig. 5.11). Le contenu touristique peut être qualifié de moyen (pour le type 3) à élevé (pour le type 4).

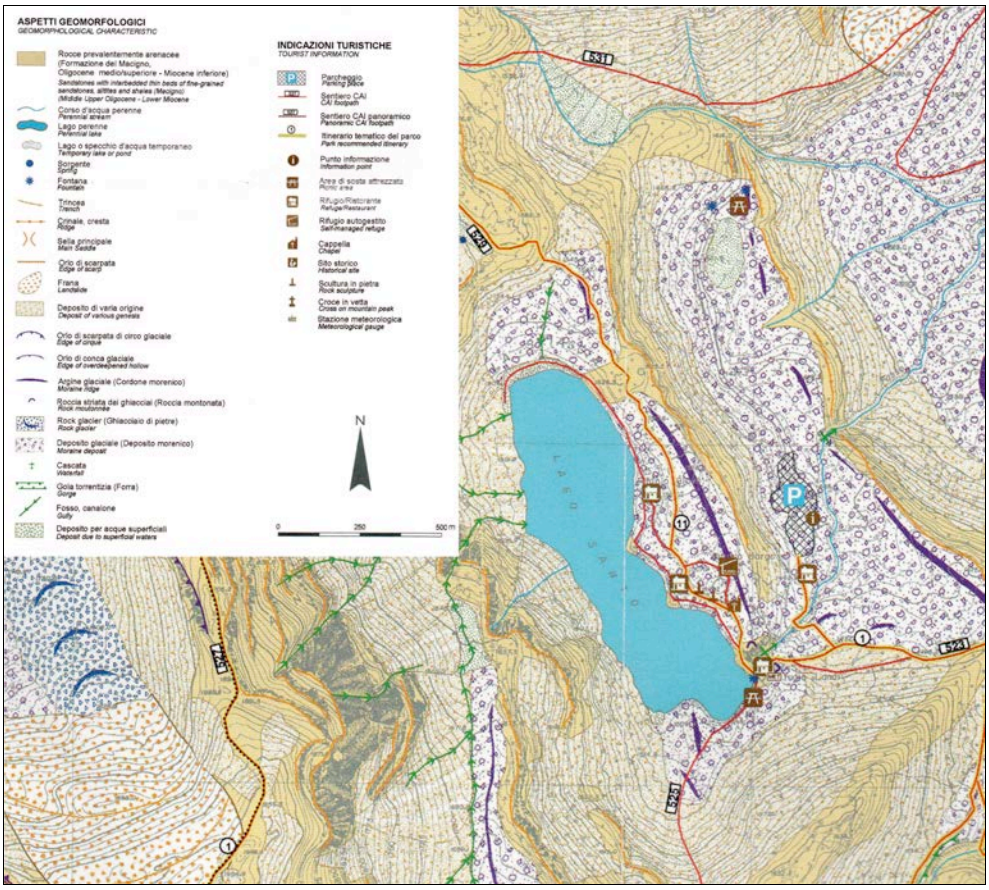


Fig. 5.11 Extrait de la « Carta Turistico-Ambientale dell'Alta Valle delle Tagliole » (Castaldini et al., 2005c).

Type 5 : Cartes géodidactiques

Ce cinquième type combine des fonds de carte schématiques à grande échelle avec des symboles figuratifs ou un ensemble de symboles classiques pour la représentation des géomorphosites. Le fait de mettre en évidence les formes du relief et un rapport équilibré entre les éléments explicatifs et touristiques vaut à ce groupe l'appellation « cartes géodidactiques » (fig. 5.12).

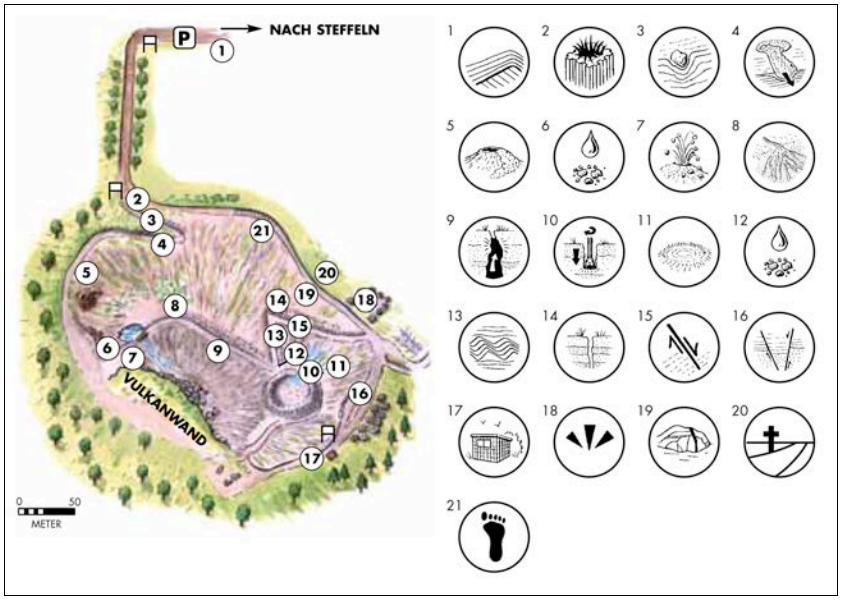


Fig. 5.12 Extrait de la carte du « Vulkangarten Steffeln » (Allemagne) (www.naturpark-hohesvenn-eifel.de, consulté le 4 octobre 2008). 1) Kraterrand-Diskordanz (Schräge Schichtauflagerung ; Eingang Vulkangarten), 2) Pflanzkübel aus vulkanischem Material, 3) Einschlagtrichter mit Gesteinsblöcken, 4) Channelfüllung eines Aschestroms, 5) Schlackenkegelvulkan aus vulkanischem Steffelbergmaterial, 6) Experimentierstation Wasser & Basaltgestein, 7) Erkaltetes Gesteinsmaterial aus Lavafontänen, 8) Entstehung von Abflussrinnen im Buntsandstein, (ursprünglich Erdoberfläche), 9) Blick auf eingedrungenen Basaltlavagang (engl. dyke), 10) Bohrtum "Wassererschließung", 11) Modell-Maar, 12) Experimentierstation Wasser & Maartephra (vulkanisches Auswurfsmaterial), 13) Antidünen-Strukturen, 14) Offene Spalten in Ascheschichten, 15) Mehrfach versetzte Tuffschichten, 16) Grabenartige Verschiebungen in vulkanischen Schichten, 17) Vogel-Beobachtungshütte, 18) Aussichtspunkt mit Vulkaneifel-Rundblick, 19) Blick zur Vulkanwand - Schnitt durch den alten Krater (Echo), 20) Wegekreuz aus Palagonittuff, 21) Barfußpfad.

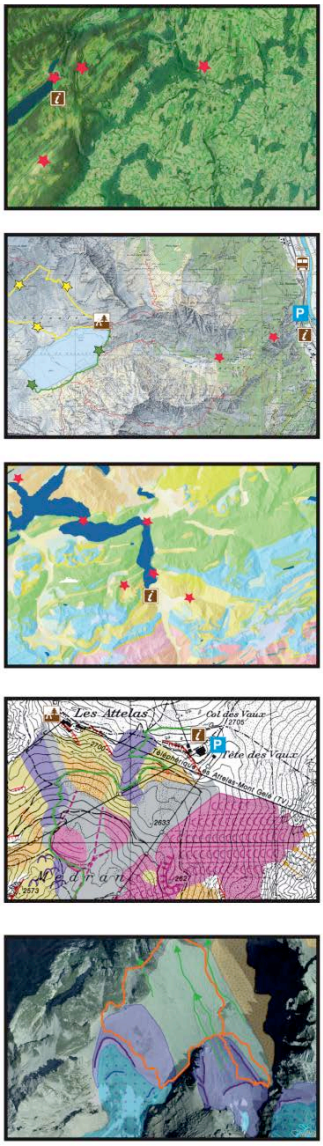


Fig. 5.13 Représentation schématique des caractéristiques principales des différents types de cartes (Bissig, 2008).

Occurrence des différents types de cartes

Nous avons également procédé à une analyse de l'occurrence de chaque type de carte de notre échantillon (fig. 5.14) afin de cerner l'importance de leur usage. Selon les résultats obtenus (Bissig, 2008), presque la moitié des cartes analysées (46 %) sont des cartes à faible contenu scientifique et touristique (type 1 ou 2). Une autre part importante de l'échantillon (38 %) concerne des cartes plutôt complexes de type 3 et 4. 16 % des cartes se trouvent dans le type 5.

Bien que ces chiffres ne rendent pas forcément compte d'une répartition statistiquement significative (échantillonnage des cartes géotouristique), ils montrent une répartition qui tend vers les deux extrêmes (le contenu des informations est soit très faible, soit relativement fourni et complexe).

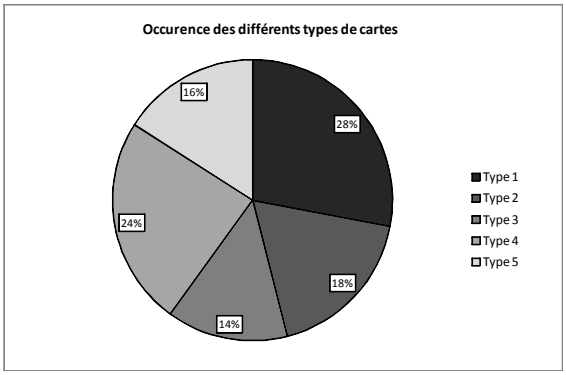


Fig. 5.14 Répartition des cartes selon leurs types (n = 51).

5.3.4 Caractéristiques et potentiel de communication des différents types de cartes géotouristiques

Variabilité des cartes géotouristiques

La classification hiérarchique ascendante effectuée sur notre collection de cartes a permis de regrouper ces dernières en cinq groupes. Chacun de ces groupes est constitué de cartes suffisamment semblables entre elles et suffisamment différentes par rapport aux autres groupes identifiés. Les critères permettant de distinguer les différents types sont d'une part liés aux **aspects graphiques** et, d'autre part, au **type et à l'importance des informations scientifiques et touristiques**. En ce qui concerne les aspects graphiques, les cartes à petite et moyenne échelle se distinguent des cartes à grande échelle. Dans le premier cas, les géomorphosites sont majoritairement représentés par des symboles ponctuels. Dans le deuxième cas, la légende est plus diversifiée. Elle est constituée soit d'un ensemble de symboles proches d'une légende géomorphologique ou de symboles figuratifs, c'est-à-dire des miniatures schématisées des formes géomorphologiques elles-mêmes. Ces deux critères (échelle et représentation) sont naturellement corrélés entre eux, puisque les petites échelles se prêtent mal à une représentation détaillée des géomorphosites. L'utilisation d'un certain type de fond de carte n'est pas spécifique aux différents

groupes identifiés – ni à l'échelle – puisque certains fonds apparaissent à plusieurs reprises (ex. fond de carte topographique). **Au total, 2/3 des cartes (types 1, 2 et 3) se caractérisent par une représentation ponctuelle à petite échelle des géomorphosites.**

Par rapport aux informations scientifiques et touristiques des cartes, il a pu être constaté que le degré de complexité des cartes est très variable. Plutôt faible dans le cas des cartes d'ensemble (type 1) et des cartes géotouristiques (type 2), l'information scientifique devient complexe dans le cas des cartes pour amateurs en sciences de la Terre (type 3 et 4). Les variations observées vont de la mise en avant de la localisation des différents sites (information ponctuelle) aux informations de détail concernant la géologie et la géomorphologie d'un site ou d'une région (cartes à forte connotation géologique ou géomorphologique). L'information touristique varie également d'un type à l'autre avec des extrêmes dans les cartes de type 1 (informations essentielles) et de type 2 (informations abondantes). Les cartes géodidactiques (type 5) représentent un bon équilibre entre l'information scientifique et touristique qui n'est ni trop basique, ni trop complexe.

La variabilité du graphisme et du contenu scientifique et touristique dans les cartes géotouristiques a plusieurs origines. Premièrement, toutes les cartes ne remplissent pas la même fonction et chaque fonction nécessite une mise en forme spécifique. Une représentation opportune pour une fonction peut être considérée comme maladroite pour une autre. Il est possible d'attribuer les **fonctions principales** suivantes aux cinq types de cartes identifiées :

- Type 1 (cartes générales) : indication des points d'intérêt géologique ou géomorphologique ;
- Type 2 (cartes géotouristiques) : indication des points d'intérêt géologique ou géomorphologique et services touristiques ;
- Type 3 et 4 (cartes pour amateurs en sciences de la Terre) : représentation d'informations géoscientifiques et touristiques pour un public averti ;
- Type 5 (cartes géodidactiques) : représentation d'informations géoscientifiques et touristiques pour un public novice.

Nous avons vu plus haut que les cinq types se caractérisent par des choix d'échelles, de symboles et de fonds de carte différents.

Deuxièmement, aucun style de représentation n'a été défini à ce jour, ni pour la cartographie géotouristique en général, ni pour une des fonctions citées précédemment. Une même carte réalisée par deux producteurs a de fortes chances de montrer des différences importantes. Finalement, la variabilité des cartes est également liée au contexte géologique et géomorphologique de la zone à représenter. Celui-ci peut en effet considérablement varier d'une région à l'autre (plaine vs. environnement alpin, plus ou moins de processus géomorphologiques) et influencer la complexité des cartes.

Potentiel de communication des différents types de cartes

La problématique générale de cette thèse met entre autres l'accent sur la compréhension des informations cartographiques par des non-spécialistes

(décodification). Il convient donc d'évaluer les différents types de cartes en fonction de leur potentiel à soutenir un processus de communication entre spécialistes et non-spécialistes.

En l'absence de publications concernant l'évaluation de l'efficacité de cartes géotouristiques auprès des utilisateurs qui pourraient nous fournir des critères d'évaluation, les considérations qui suivent contiennent inévitablement une part de subjectivité importante. Afin de la réduire un maximum, nous nous basons sur les enseignements d'auteurs ayant réfléchi aux processus de communication entre spécialistes et non-spécialistes pour guider nos appréciations. Dans un article concernant les conditions cadres pour une didactique des géotopes et géoparcs, Kruhl (2006) considère que les informations présentées dans le système de représentation cartographique des scientifiques peuvent poser problème à un public de non-spécialistes. Lehnes & Glawion (2006) ont formulé un principe selon lequel les visiteurs font usage des diverses offres géotouristiques uniquement s'ils ont l'impression que le bénéfice qu'ils tirent d'une activité dépasse l'effort fourni. En appliquant ce principe à la lecture de cartes géotouristiques, cela signifie que le visiteur aimerait pouvoir tirer des informations pertinentes dans un temps de lecture adéquat. En résumant ces deux indicateurs, nous pouvons dire que dans l'idéal une carte géotouristique devrait être conçue de manière à ce que les lecteurs y trouvent les informations qui les intéressent sans pour autant devoir rester penchés trop longtemps sur la carte pour en comprendre le sens.

Vues sous cet angle, les cartes d'ensemble (type 1) et les cartes géotouristiques (type 2) sont assez pauvres en information. Elles fournissent certes des renseignements sur les points d'intérêts d'une région et peuvent aider à planifier une visite dans les grandes lignes : choix des sites à visiter, renseignements touristiques basiques. Par contre, elles ne donnent pas d'informations scientifiques immédiates. Ces informations doivent être tirées des textes et des photographies accompagnant éventuellement la carte ou d'autres sources d'information.

L'objectif des cartes géoscientifiques pour amateurs en sciences de la Terre (type 3 et 4) va clairement dans le sens d'une communication du contenu scientifique. La carte fournit des informations géologiques/géomorphologiques de détail. Malgré une simplification de la carte originale, les légendes restent dans la plupart des cas complexes et de bonnes bases en géosciences sont, à notre avis, nécessaires afin utiliser ce type de cartes. On peut supposer qu'une bonne partie des utilisateurs qui n'en disposent pas est susceptible d'être découragée et pourrait se référer directement aux informations concernant les sites particuliers disponibles sous forme textuelle et d'illustrations. Dans ce cas, la carte servirait plutôt à se procurer des informations sur la localisation des géomorphosites et des informations touristiques. Les informations disponibles ne sont alors pas mobilisées et la fonction de la carte est réduite à une utilisation décrite par les types 1 et 2.

Les cartes géodidactiques (type 5) présentent le meilleur équilibre entre effort et bénéfice. Les territoires représentés sont d'une extension modeste, ce qui permet de bien mettre en évidence les formes du terrain. Les symboles figuratifs utilisés pour désigner des formes particulières dévoilent aux visiteurs sur quoi focaliser leur attention. Les informations pouvant être tirées de la carte elle-même (sans texte et

illustration l'accompagnant) sont *a priori* plus importantes que sur les autres types de cartes. Dans un objectif de valorisation à l'aide d'un support cartographie, ce cinquième type présente donc le meilleur potentiel.

5.3.5 Conclusions

L'analyse des cartes géotouristiques a confirmé en grande partie notre impression initiale. Il y a effectivement une variabilité importante des représentations : différentes échelles, fonds de carte et représentations des géomorphosites (ponctuels, ensemble de symboles et symboles figuratifs), complexité de l'information scientifique et touristique variable. Cette variabilité est principalement due à l'absence d'un style prédéfini pour la cartographie géotouristique et aux différentes fonctions des cartes. A l'aide de la classification hiérarchique ascendante, il a été possible de regrouper les cartes analysées. Cinq types de cartes, dont chacun présente des caractéristiques graphiques et fonctions spécifiques, ont été identifiés et appréciés en fonction de leur potentiel de communication.

En général, le transfert d'informations à l'aide des cartes géotouristiques semble plutôt faible, soit parce que les cartes sont trop simples (type 1 et 2), soit parce que les cartes sont trop complexes (type 3 et 4). Seuls 16 % des cartes ont été qualifiées de « didactiques » (type 5). Il faut cependant souligner que les cartes géodidactiques de notre collection se démarquent des autres types de cartes surtout sur le plan graphique. Elles n'intègrent pas plus que les autres les principes d'interprétation (Bailey et al., 2007 ; Bailey, 2009) qui permettraient de passer d'une simple représentation des sites *(où se trouve tel ou tel site ?)* à l'explication des structures sous-jacentes et des liens entre sites *(par ex. pourquoi ici et pas ailleurs ?) (voir chap. 5.4.1)*. **Nous concluons que le potentiel de communication à l'aide de cartes est, pour l'instant, largement sous-exploité**.

5.4 Considérations méthodologiques pour l'élaboration de cartes géotouristiques

Il n'est ni possible, ni souhaitable de réduire la cartographie des géomorphosites dans le domaine de la valorisation à une représentation standard unique. Chaque carte est produite dans un contexte géologique et géomorphologique bien précis et répond à ses propres objectifs. La correspondance entre les différents éléments cartographiques peut par contre être améliorée, comme cela est proposé par les lignes directrices pour la cartographie des géomorphosites (Coratza & Regolini-Bissig, 2009), tout comme le potentiel de communication. Les lignes directrices ne sont cependant pas assez précises pour tenir compte des particularités de la cartographie géotouristiques qui découlent d'un public (non-spécialistes) et d'une mission (valorisation) spécifique. Dans ce qui suit, elles sont précisées en vue d'une application géotouristique. Nous accordons une place importante à l'amélioration de la qualité de communication des cartes géotouristiques, lacune principale mise en avant par l'analyse de ces dernières. Les recommandations pour la mise en forme graphique et didactique seront formulées ultérieurement *(voir chap. 7)*, lorsque nous disposerons également des éléments d'informations issus d'études auprès des utilisateurs.

5.4.1 Proposition d'une approche intégrée

L'objectif général de la cartographie géotouristique est de fournir des documents permettant aux utilisateurs de se **renseigner sur les aspects géoscientifiques et touristiques** d'une région. Cet objectif peut être traduit de différentes façons, comme le montrent les cinq types de cartes individualisés plus haut. Force est de constater que les renseignements géoscientifiques donnés se limitent généralement à des informations factuelles : localisation des points d'intérêt, représentation des différentes formes et processus géologiques et géomorphologiques. L'enjeu véritable de la cartographie géotouristique réside, selon nous, dans la **mise à disposition des utilisateurs d'une clé de lecture pour comprendre les phénomènes géomorphologiques ou géologiques par rapport à leur distribution, évolution ou liens avec d'autres thématiques**. Tous les types de cartes peuvent, dans une plus ou moins grande mesure, permettre de sélectionner et présenter les informations selon une thématique plus précise.

Prenons l'exemple de la carte générale de l'inventaire suisse des géotopes d'importance nationale où les géotopes sont représentés selon trois catégories : sites géologiques, géomorphologiques et spéléologiques. Sur la carte destinée aux non-spécialistes, la Suisse est actuellement parsemée de petits points rose, vert et bleu en fonction de ces trois catégories (fig. 5.15).

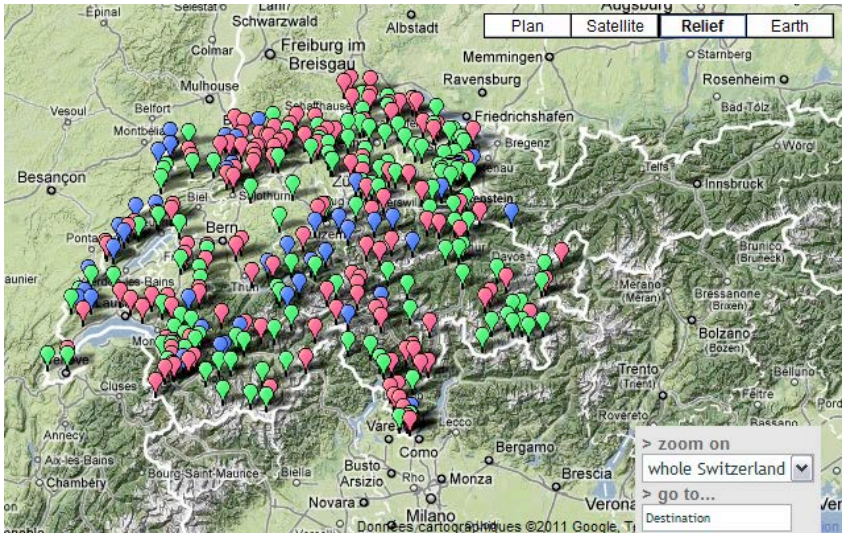


Fig. 5.15 Carte interactive des géotopes d'importance nationale (http://mesoscaphe.unil.ch/geodata/geosites2/, consulté le 15 août 2011).

Ne serait-il pas plus instructif de les regrouper en fonction de thématiques telles que « sites témoins de l'extension glaciaire au Dernier Maximum Glaciaire (Last Glacier Maximum, LGM) » ou « grandes structures tectoniques de la Suisse » ? L'atout principal du support cartographique (montrer la répartition spatiale des objets) serait

beaucoup mieux exploité et le lien entre les sites deviendrait évident d'un seul coup d'œil.

Afin d'améliorer la qualité de communication des cartes géotouristiques, nous proposons qu'elles soient élaborées selon une **approche intégrée**. Si nous nous sommes inspirée de l'interprétation patrimoniale pour définir cette nouvelle approche, c'est parce qu'elle offre, selon nous, le plus d'appuis concrets et transposables à la cartographie géotouristique. Elle est en effet spécialisée dans la communication entre visiteurs et la ressource dans un cadre informel (Sharpe, 1976), tel que l'est le géotourisme. Les autres disciplines et courants engagés dans la communication entre spécialistes et non-spécialistes *(voir chap. 3.4.2)* offrent également des approches pédagogiques intéressantes. Nous en donnons un aperçu au chapitre 7.1.3.

L'interprétation a pour objectif de révéler la signification profonde d'un site à l'aide de messages directement inspirés des particularités des sites (Tilden, 2007). En termes cartographiques, cela signifie qu'il faut pousser plus loin la représentation conventionnelle des géomorphosites pour dépasser la simple localisation des points d'intérêt ou la simplification de cartes géomorphologiques en faveur de l'éclaircissement d'un aspect particulier (message d'ordre supérieur), par exemple en ce qui concerne l'évolution et la distribution des géomorphosites ou leurs liens avec des aspects culturels, économiques ou écologiques. **L'approche intégrée veut donc donner une nouvelle perspective à la cartographie géotouristique : renseigner sur les particularités d'un site en focalisant sur un message précis, plutôt que de *tout* montrer.**

Choix et mise en forme du contenu (codification)

Le **processus de codification** a une importance cruciale puisque c'est pendant cette phase que s'opèrent le choix et la mise en forme du contenu. Il faut tout d'abord s'interroger si la carte est effectivement la meilleure option pour communiquer les informations souhaitées ou si ces dernières seraient mieux mises en valeur à l'aide d'autres supports. Ensuite, il convient de définir la **fonction** de la carte (Keay, 1998). Si certaines fonctions se laissent combiner (aperçu général en fonction d'une thématique), il est cependant déconseillé de vouloir *tout* faire avec une même carte : « *Like an exhibit or program, visitor map should be clear, concise, and easy to understand. Too much information will clutter your map. If you have multiple reasons for making a map, you may need to create more than one* » (Bailey, 2009 : 49). En ce qui concerne la définition d'un **message** approprié, les sites inspirent normalement plusieurs **thématiques** en fonction de leurs spécificités. Toutes les thématiques ne se prêtent cependant pas de façon égale à une interprétation. En règle générale, les thématiques qui s'appuient sur des éléments bien visibles dans le paysage sont à privilégier et il faudrait éviter de multiplier les thématiques pour un même support (Caputo et al., 2008). Pour illustrer ce propos, nous pouvons reprendre l'exemple de la carte géotouristique de Derborence (Valais, Suisse) (Regolini-Bissig et al., 2009 ; Regolini-Bissig, 2010). Le choix de focaliser la carte sur le lac (objet bien visible et point d'attrait de la zone) et sa création (Bekker, 1883 ; Mariétan, 1960) a certes exclu certains processus et formes présentes dans la zone,

mais a permis de fédérer plusieurs aspects géomorphologiques (éboulements à l'origine de la formation du lac, laves torrentielles qui ont tendance à combler ce dernier) dans un message principal. Nous pensons qu'en termes de compréhension de la dynamique de ce site, le visiteur en retient plus que si *tous* les processus géomorphologiques (ex. processus karstiques sans lien direct avec le lac) avait été présentés.

Pour aider à développer un thème, Bailey (2009 : 50) propose par exemple une série de questions qui visent à mettre en exergue les spécificités d'un site (choix) :

- Quelle est la particularité de la zone à cartographier ?
- Pourquoi les visiteurs fréquentent-ils ce site ?
- Le site a-t-il été créé par des processus particuliers ?
- Le site a-t-il connu des changements au fil du temps ?
- Quel est le lien de ce site avec le quotidien des visiteurs ?
- Pourquoi ce site a-t-il besoin d'être protégé ?

Les manuels d'interprétation (Moscardo, 1999 ; Beck & Cable, 2002 ; Widner Ward & Wilkinson, 2006 ; Moscardo et al., 2007) proposent de nombreux autres conseils intéressants pour formuler un **message**. Les différents auteurs mettent notamment l'accent sur l'adaptation du message découlant de la thématique principale en fonction du **public** auquel on s'adresse. Un des principes d'interprétation formulé par Tilden (2007 : 53) souligne l'importance de distinguer entre des produits destinés aux enfants et aux adultes : « *Interpretation addressed to children […] should not be a dilution of the presentations to adults but should follow a fundamentally different approach* ». À l'intérieur de ces deux grandes catégories (enfants, adultes), d'autres spécificités liées à l'**âge**, aux **intérêts** et aux **compétences** des individus devraient être prises en compte *(voir 3.4.3)*.

Chez les enfants, les différentes étapes du **développement intellectuel, physique et social** (Piaget, 1970) nécessitent une mise en valeur différenciée de la ressource patrimoniale en ce qui concerne le niveau d'abstraction du message et les types d'activités à entreprendre (Widner Ward & Wilkinson, 2006). Sur le plan cartographique, on peut se référer aux étapes d'apprentissage de la lecture de carte de Sobel (1998) pour définir l'utilisation de certaines perspectives cartographiques en fonction de l'âge des jeunes utilisateurs. Pour la définition du **public cible adulte**, le facteur **« âge »** est moins important que les facteurs **« intérêt »** et **« compétences** ». Connaître les souhaits des utilisateurs en termes d'informations par rapport à un site (Hose, 1996 ; Pralong, 2006 ; Caputo et al., 2008 ; Martin, 2011) peut aider à déterminer le contenu d'une carte géotouristique adaptée aux interrogations du public cible. Par compétences, nous entendons autant le niveau de connaissance en sciences de la Terre que les compétences en lecture de carte. Les deux aspects influencent la complexité de la carte, tant en ce qui concerne le contenu qu'en ce qui concerne sa représentation. Par leur complexité, les cartes pour amateurs en sciences de la Terre (Type 3 et 4) sont typiquement un produit pour des utilisateurs expérimentés (contenu et représentation complexes dans le système de référence des scientifiques).

Sur le plan pratique, deux démarches peuvent être envisagées pour définir les utilisateurs d'une carte : la définition *a priori* d'un public (Megerle, 2008) ou l'identification du public sur la base d'enquêtes de terrain (Martin et al., 2010). Dans le premier cas, on dressera le profil de l'utilisateur type pour lequel une carte sera réalisée. Dans le second, les données statistiques révèleront les caractéristiques des visiteurs pour un site donné (Hose, 1994 ; Pralong, 2006, Moreau, 2010 ; Leite Mansur & Soares da Silva, 2011 ; Martin, en cours). Les publics hétérogènes, comme par exemple le public familial, constituent un défi particulier en termes de définitions des caractéristiques. Ces dernières varient en fonction des sous-groupes qui le composent – enfants, parents, grands-parents pour reprendre l'exemple du public familial – et peuvent s'avérer incompatibles (Reynard, 2008). Une solution consiste par exemple à offrir plusieurs niveaux de lecture (Martin & Reynard, 2009). La carte principale peut ainsi donner les informations relatives à la structure spatiale globale pendant que des informations plus spécifiques sous forme textuelle ou graphique (ex. schémas) peuvent être placées au verso de celle-ci.

Vérification de la bonne transmission des informations (décodification)

On peut apporter le plus grand soin à la phase de codification en suivant les meilleures recommandations, tant que la carte n'a pas été testée auprès des utilisateurs, on ne saura pas si elle est véritablement efficace (Slocum et al., 2009, fig. 3.5). Afin de s'assurer que le produit proposé aux utilisateurs remplit effectivement sa fonction, on devrait également s'intéresser au processus de décodification (fig. 2.1). **L'évaluation fait ainsi partie intégrante du processus d'élaboration d'une carte.** Elle peut intervenir à plusieurs moments et sous différentes formes.

L'évaluation *front-end* se pratique pendant la phase de planification d'un produit. Une enquête auprès des utilisateurs potentiels peut aider à éclaircir les questions liées au contenu (Hocking & Keller, 1992 ; 1993). Sans connaître les intérêts, connaissances et besoins du public, on risque de gâcher du temps et des ressources pour un produit qui n'est finalement pas adapté aux exigences des utilisateurs (Moscardo et al., 2007).

Il peut être utile de tester des prototypes pendant le développement du produit (*formative evaluation*). Dans un procédé *ex situ*, les aspects tels que l'appréciation du fond de carte ou la compréhension des symboles utilisés peuvent par exemple être testés assez facilement avec un groupe d'utilisateurs représentant le groupe cible (*focus groups*). Ensuite, des procédés *in situ* peuvent être mis en place (Schobesberger & Patterson, 2007). Différentes approches sont possibles : observations, interviews, questionnaires. La combinaison de plusieurs techniques d'évaluation permet d'obtenir un aperçu général sur les conditions d'emploi et l'efficacité de la carte. En ce qui concerne la fonctionnalité, des observateurs ou les utilisateurs peuvent évaluer le caractère pratique d'une carte (format, forme, résistance du papier, etc.) (Patterson, n.d. ; Harrower ; 2003). Le transfert de l'information (décodification) peut être abordé à l'aide d'interviews ou de questionnaires (Berrebi, 2006 ; Reynard & Berrebi, 2008). Est-ce que le repérage des géomorphosites sur le terrain à l'aide de la carte est garanti ? Est-ce que le message principal est retenu ? Quel est le niveau de compréhension de la part des utilisateurs

par rapport au contenu ? L'analyse des résultats des différentes approches informera sur les nécessités de modifications avant la finalisation du produit. Plusieurs cycles d'évaluation-modifications peuvent être nécessaires avant d'obtenir un produit satisfaisant (Widner Ward & Wilkinson, 2006).

Après la mise en circulation, il peut également être intéressant d'évaluer l'impact d'un nouveau produit (Megerle, 2008) : est-ce qu'il attire de nouveaux visiteurs ? Génère-t-il des recettes ? Pose-t-il des problèmes au niveau de la protection de la ressource ? etc.

Actuellement, l'évaluation des produits géotouristiques en général, et des cartes en particulier, demeure plutôt rare (Martin et al., 2010). Pourtant, la garantie de la qualité des produits devrait être une priorité pour ce secteur du tourisme en développement (Dowling & Newsome, 2006).

5.4.2 Adaptation des lignes directrices

L'approche intégrée cherche à inverser la tendance *top-down* de la cartographie géotouristique traditionnelle en faveur d'une approche *bottom-up.* Au lieu d'une simplification du contenu scientifique d'une carte pour spécialistes, notre approche préconise de formuler un message en fonction des caractéristiques d'un public cible et des spécificités du site. L'approche intégrée ayant été présentée, nous pouvons maintenant apporter des précisions aux lignes directrices générales afin de guider le concepteur de cartes dans cette nouvelle approche. Elles se limitent pour l'instant aux considérations conceptuelles ; les aspects graphiques seront traités plus loin.

Les utilisateurs

Le public cible devrait être défini avec le plus de précision possible. Les concepteurs d'une carte géotouristique veilleront à dresser le profil des utilisateurs (définition *a priori* ou par enquête de terrain) par rapport aux facteurs *âge*, *intérêts* et *compétences* (connaissances de base et lecture de carte). Pour un public hétérogène, il est conseillé de proposer plusieurs niveaux de lecture.

Les fonctions

Est-ce que la carte est le meilleur support de communication pour l'objectif visé ? Si oui, quelle fonction doit-elle remplir ? Si certaines fonctions se laissent combiner, il est cependant déconseillé de vouloir *tout* faire avec une même carte. Lorsque les raisons de réaliser une carte sont multiples, il est peut être nécessaire d'en faire plusieurs. Il faudra donc choisir le type de carte selon la fonction principale des différentes cartes géotouristiques : cartes générales = indication des points d'intérêt géologique ou géomorphologique ; cartes (géo)touristiques = indication des points d'intérêt géologique ou géomorphologique et services touristiques ; cartes pour amateurs en sciences de la Terre = transmission d'informations géomorphologiques et géologiques pour un public averti ; cartes géodidactiques = clés de lecture favorisant la compréhension de phénomènes géomorphologiques et géologiques pour un public novice.

Le contenu

La carte, comme les autres supports de valorisation (panneaux, brochures, expositions, etc.), devrait se focaliser sur un nombre réduit de thématiques. Les thématiques s'appuyant sur des éléments bien visibles dans le paysage sont à privilégier et il s'agit de formuler un message en lien avec la thématique principale et adapté au public cible.

L'évaluation

Seule une évaluation du produit auprès des utilisateurs peut éclairer sur la qualité du transfert des informations (*décodification*). Elle peut intervenir à plusieurs moments (avant, pendant ou après la réalisation) et sous différentes formes (*in situ, ex situ*, par enquêtes, questionnaires, interviews, entretiens collectifs).

5.4.3 Conclusions et perspectives

La cartographie des géomorphosites est un axe de recherche relativement peu développé pour l'instant. Les méthodes proposées jusqu'à présent concernent des domaines spécifiques tels que les géomorphosites sous-marins ou des applications particulières comme la valorisation touristique. Avec les lignes directrices développées dans ce chapitre, nous proposons un cadre général pour l'ensemble des applications. En nous appuyant sur l'analyse de la cartographie géotouristique actuelle, nous avons formulé une approche intégrée inspirée des principes d'interprétation. Elle a pour objectif d'améliorer le potentiel de communication des cartes géotouristiques, jugées plutôt faibles dans les cinq types de cartes identifiés. **Réaliser une carte selon l'approche intégrée implique de sélectionner les éléments à cartographier en fonction d'un message général visant à mettre en évidence les particularités d'un site et faciliter la compréhension des informations cartographiques en adaptant la représentation aux spécificités du public**. Cette approche *bottom-up* met également l'accent sur l'importance d'évaluer les réalisations pour assurer la qualité des produits.

L'approche intégrée proposée veut apporter un cadre conceptuel formalisé à la cartographie géotouristique. Il doit encore être amélioré et précisé tant au niveau de la définition de l'approche générale que des différentes recommandations. Dans les prochains chapitres, nous allons approfondir certains aspects concernant les utilisateurs (Chapitre 6) et la mise en forme des cartes (Chapitre 7) afin de compléter au mieux le travail initié. L'approfondissement d'autres aspects et la validation de cette approche cartographique ne peuvent se faire dans le cadre de cette thèse. Ils nécessitent la collaboration d'autres chercheurs et surtout des expériences concrètes avec cette nouvelle approche.

6. Perception et compréhension des formes et processus géomorphologiques par les non-spécialistes

6.1 Introduction

Jusqu'à très récemment, les géomorphosites ont essentiellement été approchés d'un point de vue de spécialistes. Diverses méthodes ont été élaborées afin d'évaluer ces sites sur la base de critères scientifiques, économiques, esthétiques et sociaux (*3.2.3 Méthodes d'évaluation*). La discussion concernant leur représentation cartographique (*3.3 La cartographie des géomorphosites*) et la gestion de ces sites est en cours. Cependant, peu de démarches ont été entreprises afin d'étudier l'**appréciation des géomorphosites de la part des non-spécialistes**.

A ce propos, plusieurs pistes peuvent être explorées. On peut s'interroger sur la **reconnaissance de ces sites par la société d'un point de vue patrimonial** (Giusti & Calvet, 2010 ; Portal, 2010 ; Giusti, en cours), c'est-à-dire chercher à comprendre le lien entre la société et le géopatrimoine. Est-ce qu'il s'agit avant tout d'un patrimoine reconnu par un cercle restreint de spécialistes ou, au contraire, le géopatrimoine est-il reconnu par une large partie de la société ? Quelles valeurs les non-spécialistes attribuent-ils aux géomorphosites ?

En termes de valorisation, se pose d'une part la question de l'**intérêt porté aux géomorphosites** et donc de la définition d'un discours adapté aux préoccupations des non-spécialistes ; d'autre part, on sait encore très peu de choses en matière de **connaissances de base en sciences de la Terre par les non-spécialistes**. Quels concepts (par ex. imbrication des échelles) et principes (par ex. érosion régressive) de la géomorphologie sont-ils connus et compris ou au contraire posent problème (par ex. conception du temps) (Kramar & Pralong, 2005 ; Martin, en cours) ?

Finalement, il reste également à « *identifier ce qui est connu et ce qui est perçu par les observateurs de ce qui reste ignoré et non distingué dans le paysage* » (Moreau, 2010 : 166). **Saisir le regard des non-spécialistes sur le paysage naturel** ouvre de nouvelles perspectives pour la médiation de la géomorphologie. Elle peut soit se focaliser sur les éléments les plus largement identifiés, évitant ainsi de brouiller le message avec des informations secondaires, soit mettre en œuvre des moyens afin de guider les regards vers les éléments les moins visibles.

C'est essentiellement dans cette dernière optique que s'insère ce chapitre qui présente les résultats d'une étude empirique. Elle a été conçue pour **acquérir des connaissances concernant le regard que les non-spécialistes posent sur le paysage naturel** (objectif de recherche 2). Accessoirement, l'étude fournit également quelques éléments sur les conceptions des non-spécialistes en ce qui concerne les formes et processus géomorphologiques. Par rapport à notre problématique principale, cette étude concernant la perception et la compréhension par les non-spécialistes doit être vue comme une contribution pour une meilleure connaissance du public auquel on veut s'adresser à travers des cartes géotouristiques.

6.2 Structure de l'enquête

6.2.1 Démarche et objectifs de l'enquête

Lorsqu'il est question de l'évaluation de la perception du paysage, la difficulté du choix de l'approche à privilégier réside dans le fait que le paysage – et sa perception – englobe à la fois un pôle objectif (l'espace concret) et un pôle subjectif (représentation mentale) indissociables (Le Floch, 1996). Les différentes approches théoriques privilégient tantôt le premier pôle (réaction des individus aux formes spatiales), tantôt le deuxième (système de valeurs des individus). Le but principal de cette enquête par questionnaire est de déterminer **quelles sont les formes géomorphologiques identifiées ou ignorées par les non-spécialistes dans un paysage donné**. De ce point de vue, nous adoptons une vision objective selon laquelle « *il est possible d'isoler la réaction des individus aux formes spatiales de l'interprétation par le filtre individuel* » (Le Floch, 1996 : 27).

Au-delà de l'identification des facteurs explicatifs liés aux attributs des formes (caractéristiques géomorphologiques), nous nous intéressons tout de même à certaines caractéristiques individuelles pouvant influencer la perception du paysage. Ce sont notamment les **déterminants sociaux, les pratiques de loisirs** et les **connaissances des formes et processus géomorphologiques** qui peuvent éventuellement permettre de caractériser des publics cibles. Nous n'effectuerons cependant pas d'analyse des systèmes de valeurs des personnes interrogées, ce qui demanderait d'autres méthodes de recherche que celle choisie (par ex. des interviews).

Afin d'étudier la perception du paysage de la part des non-spécialistes, nous avons conduit un travail **d'enquête par questionnaire** basé sur l'interprétation d'images. Deux groupes ont été interrogés, dune part des élèves de l'école secondaire tessinoise (étude principale), qui ont rempli le questionnaire en classe, d'autre part, des randonneurs adultes auxquels un questionnaire similaire à celui des élèves a été soumis sur le terrain d'étude. Les résultats issus de ce deuxième groupe ont été utilisés à des fins de comparaison afin de mettre en exergue les principales similitudes et différences entre les deux publics cibles.

Il faut encore souligner que cette enquête a été conçue et réalisée de manière à faire apparaître des tendances en ce qui concerne la perception du paysage géomorphologique. Elle n'est pas exhaustive en ce qui concerne les types de paysages et processus géomorphologiques analysées et ne peut prétendre à une représentativité statistique.

6.2.2 Contenu du questionnaire

Le questionnaire a été développé en s'appuyant sur deux hypothèses de travail qui s'articulent autour des pôles « nature » et « culture » :

Hypothèse 1 *: La perception des éléments du paysage géomorphologique par les non-spécialistes des sciences de la Terre dépend des caractéristiques géomorphologiques.*

***Hypothèse 2** : Il existe une différence significative dans la perception du paysage géomorphologique de la part des non-spécialistes des sciences de la Terre selon leurs caractéristiques individuelles (âge, sexe, expériences, intérêts, etc.).*

Les hypothèses de base visant à déterminer les facteurs influençant la perception des éléments géomorphologiques du paysage : les facteurs géomorphologiques (H1) ou les facteurs individuels (H2). Le test de ces hypothèses de base permettra de déterminer dans quelle mesure l'interprétation du paysage géomorphologique doit se fonder sur les aspects naturels en définissant par exemple la visibilité des différentes formes et processus ou si, au contraire, elle doit plutôt prendre en compte les aspects individuels en définissant par exemple des publics cibles.

Afin de pouvoir approcher une notion théorique telle que la **perception du paysage géomorphologique**, il faut trouver des indicateurs empiriques susceptibles d'être mesurés (Singly 2005). L'articulation d'hypothèses secondaires (tabl. 6.7) autour des deux pôles exposés ci-dessus a permis de produire des indicateurs (tabl. 6.1) sur la base desquels nous avons élaboré les questions de l'enquête. Les indicateurs ont été multipliés afin de réduire l'imperfection de la mesure liée aux conditions de déroulement de toute enquête et l'imperfection de l'indicateur due au fait qu'« *aucune question ne peut jamais approcher de manière entièrement satisfaisante la notion* » (Singly 2005 : 28).

En raison des limites posées par l'enquête par questionnaire, il n'est pas possible de tester l'intégralité des formes associées à tous les processus géomorphologiques. Le temps de participation dépasserait en effet largement la disponibilité des personnes interrogées. Nous nous sommes donc focalisée sur les processus principaux actifs dans un environnement alpin, c'est-à-dire les processus glaciaires, périglaciaires, gravitaires et fluviatiles.

	Perception du paysage géomorphologique	
	Pôles	
	Facteurs géomorphologiques	**Facteurs individuels**
Indicateurs	• Caractéristiques géomorphologiques des formes individualisées (hypothèses secondaires) • Occurrence d'identification des formes géomorphologiques	• Déterminants sociaux • Pratiques de loisirs • Connaissances des formes et processus géomorphologiques • Vocabulaire

Tabl. 6.1 Pôles et indicateurs permettant d'aborder la perception du paysage géomorphologique.

6.2.3 Structure du questionnaire

Les questions ont été formulées et placées au sein du formulaire selon les conseils d'élaboration de questionnaire de différents manuels méthodologiques (Ghiglione & Matalon, 1998 ; Meier Kruker & Rauh, 2005 ; Singly 2005). On trouve aussi bien des *questions ouvertes* que des *questions fermées*, ainsi que des *questions d'opinion*. Comme le sujet de recherche concerne la perception et la connaissance du paysage géomorphologique, il a été jugé opportun de travailler avec des images. Elles ont été utilisées à des fins d'illustration de différentes formes et processus géomorphologiques que les sujets ont dû identifier ou décrire.

Les annexes 8 et 9 présentent les questionnaires employés dans l'enquête auprès des élèves et des randonneurs. Ils ont une structure identique en quatre parties, soit :

1. **Questions concernant les pratiques de loisirs**. Les pratiques de loisirs donnent des indications sur la familiarité avec le milieu alpin et l'intérêt pour les sciences de la Terre. Ce sont deux indicateurs importants afin de déterminer l'influence des caractéristiques individuelles sur la perception du paysage géomorphologique.
2. **Identification des éléments du paysage géomorphologique sur des photographies**. Plusieurs paysages alpins sont soumis à l'observation des personnes interviewées qui doivent identifier et nommer les éléments. Le décompte de la fréquence avec laquelle les différents éléments sont mentionnés donne une indication sur leur visibilité. L'absence d'énumération est également analysée.
3. **Interprétation des formes et processus géomorphologiques**. Les questions posées dans cette partie ont pour but de jauger le niveau de connaissance des processus géomorphologiques par les non-spécialistes et de détecter leurs conceptions en termes de formation du paysage.
4. **Renseignements concernant les déterminants sociaux**. Les déterminants sociaux (âge, sexe, niveau de formation, etc.) sont des indicateurs permettant de dresser le profil des personnes ayant répondu au questionnaire. Ils pourraient influencer la perception du paysage géomorphologique, au même titre que les pratiques de loisirs.

Avant d'entreprendre les différentes campagnes de récolte de données, des pré-tests ont été effectués avec des individus issus des deux groupes cibles. Cette étape nous a permis de reformuler certaines questions ambigües. Il a également été décidé de supprimer un exercice qui demandait aux sujets d'esquisser un paysage à partir d'une photo en raison des difficultés liées au traitement des résultats.

6.2.4 Echantillonnage et déroulement de l'enquête

Le choix des méthodes d'échantillonnage a été guidé par des considérations méthodologiques, mais également par des contraintes d'ordre pratique (financement de l'étude et temps à disposition). Après avoir pesé le pour et le contre de différentes méthodes d'échantillonnage (Ghiglione & Matalon, 1998 ; Singly, 2005), nous avons opté pour une double approche.

D'une part, les questionnaires ont été distribués dans **cinq établissements d'école secondaire du Tessin**. Des considérations géographiques sont à l'origine du choix des régions d'étude. Ainsi, les établissements sont répartis du Nord au Sud afin de couvrir les différents espaces naturels du canton. Les établissements scolaires se situent également dans des communes de taille variable, plus ou moins proche des grands centres (tabl. 6.2, fig. 6.1). Cette distribution spatiale a été choisie afin de permettre de tester un éventuel lien entre la proximité du lieu d'habitat avec le milieu alpin et la perception de ce dernier.

Etablissement	Commune	Habitants en 2000*	District	Situation	Années scolaires (nombre élèves)
Scuola Media di Acquarossa	Acquarossa	1778	Blenio	milieu rural	2ème(19), 3ème(21)
Scuola Media di Giubiasco	Giubiasco	7418	Bellinzona	milieu urbain, agglomération	3ème (17)
Scuola Media di Pregassona	Lugano (Quartiere di Pregassona)	7354	Lugano	milieu urbain, agglomération	2ème (21), 3ème (21)
Scuola Media di Riva San Vitale	Riva San Vitale	2292	Mendrisio	agglomération	2ème (18), 3ème (17) 4ème (16)
Scuola Media diStabio	Stabio	3627	Mendrisio	agglomération	2ème (17), 3ème (19) 4ème (15)

Tabl. 6.2 Caractéristiques des établissements scolaires ayant participé au sondage par questionnaire. *Données : Ufficio di Statistica, http://www.ti.ch/dfe/USTAT/(consulté le 7 octobre 2009).

Plusieurs classes de 2ème, 3ème et 4ème secondaire ont participé à l'enquête (tabl. 6.2 et 6.3). En raison d'une éventuelle comparabilité future avec d'autres cantons, aucune première classe n'a été contactée. En effet, le Tessin connaît un système scolaire composé de 5 ans d'école primaire et 4 ans d'école secondaire, alors que dans la plupart des autres cantons suisses, l'école primaire dure 6 ans et l'école secondaire 3 ans.

Fig. 6.1 Localisation des établissements tessinois ayant participé à l'étude.

Dans chaque établissement, un professeur de géographie a reçu les questionnaires qu'il a ensuite distribués aux élèves pendant une heure de cours. Après la présentation du questionnaire par le professeur, les élèves l'ont rempli de manière individuelle. Selon les élèves, le remplissage a demandé entre 20 et 45 minutes.

Année scolaire	Nombre de classes	Nombre d'élèves par année scolaire
2ème	4	75
3ème	5	95
4ème	2	31
Total	11	201

Tabl. 6.3 Nombre et distribution des élèves ayant participé à l'étude sur la perception du paysage alpin.

Pour l'interrogation des randonneurs adultes, la méthode de l'échantillonnage sur place a été retenue. Elle consiste à approcher les personnes là où l'on a le plus de probabilité de retrouver la population que l'on recherche (Ghiglione & Matalon, 1998). L'idéal serait de distribuer les questionnaires au centre d'information d'un géoparc, sur les sites d'attraction (sentiers didactiques) ou lors des différentes activités (excursions guidées). Malheureusement, ces types de structure et d'activités sont encore assez peu répandues en Suisse et le terrain d'étude n'en dispose pas pour le moment. En outre, le taux de retour pour une distribution systématique est assez faible et il aurait fallu prévoir un nombre important de questionnaires. Nous avons donc choisi de distribuer et recueillir personnellement le questionnaire sur notre terrain d'étude fréquenté par des randonneurs « de tout type ». Le lac de Golzern a été choisi comme point de distribution unique puisqu'un public varié y conflue : familles qui viennent y passer la journée, retraités qui font le tour du lac et randonneurs et alpinistes qui s'y arrêtent sur le chemin de la Cabane de Windgällen ou d'autres destinations de la vallée de Maderan.

Les questionnaires ont été distribués de façon aléatoire aux personnes en leur demandant de bien vouloir répondre aux questions dans les minutes suivantes. A cet effet, des sous-mains et du matériel du bureau ont également été distribués. Après la présentation du questionnaire, les personnes l'ont rempli de façon autonome. Le temps moyen pour répondre aux questions se situait entre 20-30 minutes. Un deuxième passage auprès des personnes interrogées a permis de répondre à d'éventuelles questions et de récolter les questionnaires. Le contact personnel avec les personnes interrogées au moment de la distribution et du rendu des questionnaires a influencé favorablement le taux de participation à cette étude. La plupart des excursionnistes ont en effet répondu positivement à notre demande (taux de participation de l'ordre de 70 %).

En revanche, il n'a pas été possible de faire remplir simultanément plus de 3-4 questionnaires avec ce procédé, afin d'éviter d'imposer un temps d'attente aux excursionnistes. Afin d'éviter des questionnaires remplis « en double », nous avons demandé à une seule personne par groupe de participer à l'enquête. Ces facteurs ont limité la quantité des questionnaires distribués par jour de récolte. En variant les jours sur le terrain (jours ouvrables et week-ends), nous avons néanmoins pu toucher un public assez large au cours des étés 2008 et 2009 et rassembler 56 questionnaires.

6.2.5 Analyse des données

Pour le traitement des réponses aux questionnaires, différentes méthodes ont été mobilisées. En vue d'une **analyse statistique** des données, la plupart des réponses ont été codées et réunies dans un tableau à double entrée (Annexe 10). À partir de ce tableau, nous avons effectué le *tri à plat* et entrepris des analyses de corrélation à la recherche de liens entre les variables. Afin de tester les hypothèses de base, nous avons eu recours à la régression linéaire. Elle permet d'estimer la validité de la prédiction d'un score sur la base d'une série de variables indépendantes (Bavaud, 1998).

La nature des données issues de l'identification des formes géomorphologiques sur les images ne permettant pas une analyse statistique, nous avons eu recours à une **interprétation qualitative** des résultats.

6.3 Perception et compréhension des formes et processus géomorphologiques

Dans ce qui suit, nous exposons les résultats issus de l'enquête auprès des élèves de l'école secondaire tessinoise. Les similitudes et différences par rapport à un public de randonneurs adultes seront présentées lors de la discussion des résultats (*6.4.3 Comparaison avec les résultats des randonneurs adultes*).

6.3.1 Profil des élèves

De par la distribution du questionnaire dans des établissements d'école secondaire, la population interrogée est assez homogène en ce qui concerne l'âge, situé entre 10 et 16 ans. L'échantillon est constitué de 44 % de filles et 56 % de garçons.

Au niveau des loisirs, les sujets disent pratiquer un sport (68 %) et des activités de plein air (37 %). Lors des sorties en famille, les excursions diverses (balades en montagne, promenades en forêt ou au bord du lac) sont également appréciées (59 %). 63,7 % des sujets disent fréquenter le milieu alpin plus de deux fois par saison estivale (juin-septembre).

Interrogé sur le comportement lors de séjours en montagne, la plupart des sujets indiquent qu'ils ne ramènent que rarement des roches ou minéraux à la maison. Ils ne s'interrogent guère sur les particularités du paysage et ne se documentent que dans de rares occasions. L'intérêt pour les roches, fossiles et minéraux ainsi que pour les formes géomorphologiques est en moyenne plus faible que pour les animaux et les plantes.

Le cadre scolaire apparaît comme source d'information principale (58,2 %) concernant les questions de la formation du paysage alpin. Seul un faible pourcentage des sujets va à la recherche d'informations durant le temps libre.

Si l'on résume le comportement lié aux loisirs des sujets en termes d'intérêt pour la géomorphologie, il est possible de le répartir entre un intérêt géomorphologique actif et un intérêt géomorphologique passif (fig. 6.2). L'intérêt actif se manifeste dans le choix de l'environnement naturel comme support ou décor pour les activités de loisirs. L'intérêt est passif quant à la volonté de compréhension de la géomorphologie.

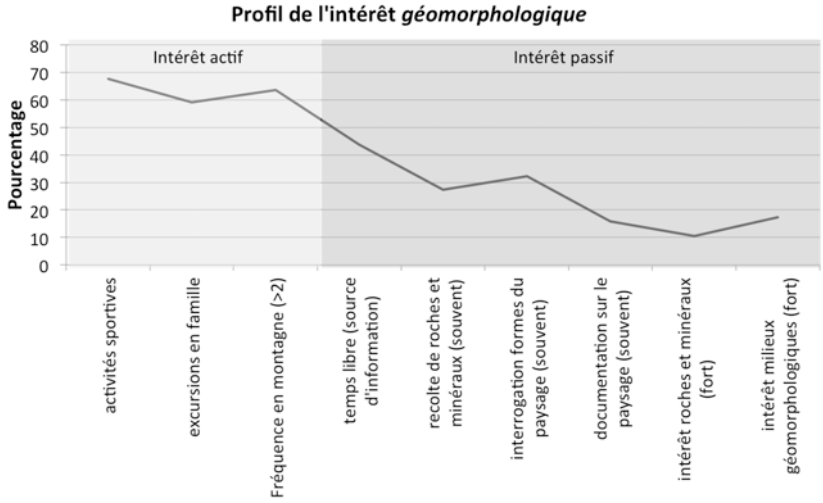


Fig. 6.2 Profil de l'intérêt « géomorphologique » des sujets (n = 201).

6.3.2 Analyse de la perception des formes géomorphologiques

Nombre d'éléments géomorphologiques reconnus par personne

À l'aide de quatre images de paysages, le questionnaire invitait les élèves à identifier les formes naturelles (fig. 6.3). Le terme « formes géomorphologiques » n'a sciemment pas été employé, puisqu'il n'aurait probablement pas été compris par les élèves. Pour analyser le nombre d'éléments identifiés par individu et par image, nous n'avons ensuite compté que les formes géomorphologiques.

On constate que le nombre d'éléments géomorphologiques identifiés varie en fonction du contexte géomorphologique (fig. 6.4). Ainsi, le paysage fluviatile dénombre le moins et le paysage glaciaire le plus de formes reconnues (1,4 de moyenne pour le premier ; 3,1 pour le second). Nous aborderons les raisons de ces différences lors de l'analyse qualitative des images.

Fig. 6.3 Les quatre paysage proposés dans l'étude auprès des non-spécialistes (élèves et randonneurs adultes) : a) paysage fluviatile, b) paysage glaciaire, c) paysage périglaciaire, d) paysage mixte.

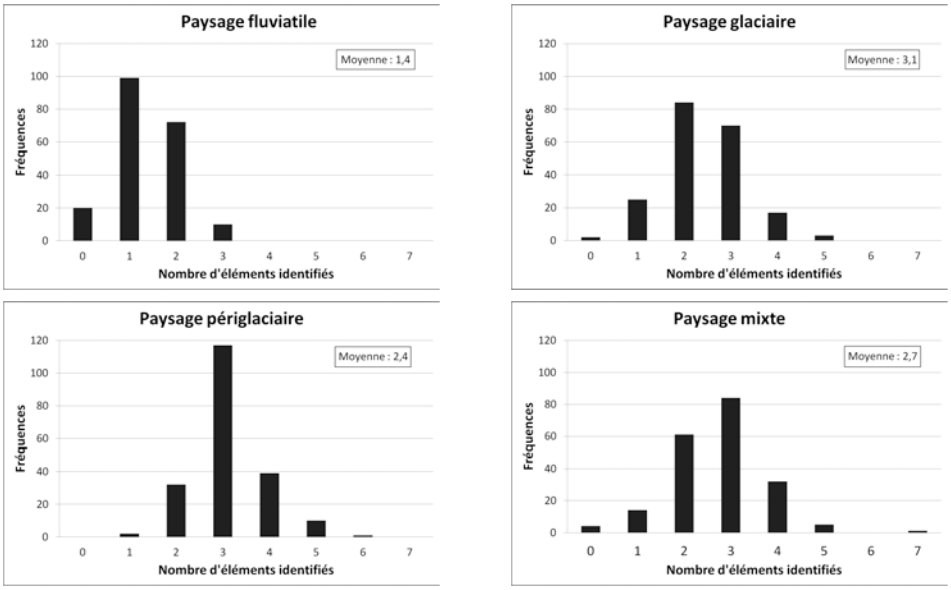


Fig. 6.4 Distribution du nombre de formes géomorphologiques reconnues par type de paysage (pour tous les graphiques : n= 201).

Dans un deuxième temps, le nombre total de formes géomorphologiques identifiées par individu (toutes images confondues) a été calculé. Ce score servira à tester les hypothèses de base, c'est-à-dire la présence ou l'absence de lien entre les caractéristiques individuelles et la reconnaissance des formes *(voir chap. 6.3.4).*

Saillance des différents éléments géomorphologiques du paysage

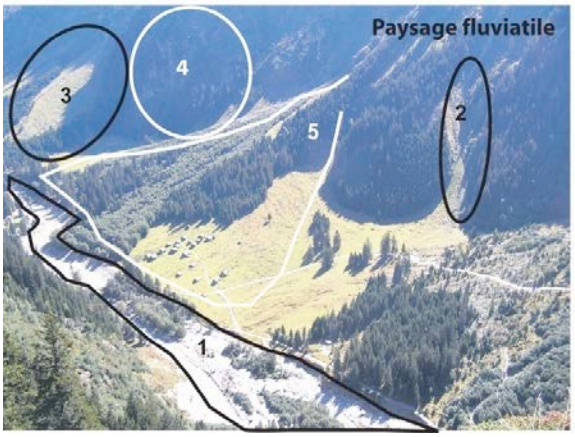
Nous avons également analysé la reconnaissance des formes géomorphologiques au niveau de l'ensemble des résultats, c'est-à-dire tous sujets confondus. Le traitement suivant a permis de produire des images synthétiques (fig. 6.5 - 6.8) qui ont ensuite été analysées de façon qualitative :

1. tous les éléments de tous les sujets ont été rapportés sur une seule image ;
2. les formes non géomorphologiques ont été éliminées ;
3. les formes n'ayant pas été mentionnées par au moins 10 % (= 20 personnes) ont été écartées afin d'obtenir un certain niveau de généralisation ;
4. les formes géomorphologiques restantes ont été classées selon l'occurrence d'identification en quatre catégories : catégorie 1 = reconnu par 19-49 personnes ; catégorie 2 = reconnu par 50-99 personnes ; catégorie 3 = reconnu par 100-149 personnes ; catégorie 4 = reconnu par plus de 150 personnes.

Avant d'entamer l'analyse des images synthétiques, il est intéressant de constater quelle place les formes géomorphologiques occupent par rapport aux éléments paysagers éliminés. Il apparaît que les élèves attribuent une place importante aux composantes végétales (forêts, pâturages, pelouses alpines). Celles-ci sont mentionnées avec une grande fréquence et totalisent dans plusieurs des cas un score supérieur à certaines formes géomorphologiques. **La perception du paysage se trouve ainsi grandement influencée par la végétation**. Le **ciel** et les **nuages** figurent également parmi les éléments constituant le paysage alpin puisqu'ils ont été cités à plusieurs reprises. Bien que la consigne demandait de façon claire de focaliser sur les composantes naturelles du paysage alpin (Annexe 8), des **éléments anthropiques** tels que les sentiers et habitation sont souvent été indiqués. Ce comportement peut s'expliquer par une lecture inattentive de la question ou par la difficulté des élèves à se focaliser sur un aspect particulier du paysage – constatation déjà faite dans d'autres études (Portal, 2010). **Il faut donc garder à l'esprit que le paysage a tendance à être perçu comme un ensemble d'éléments (relief-végétation-infrastructures), parmi lesquels les formes géomorphologiques n'occupent pas forcément une place prépondérante.**

La première image à interpréter par les élèves (fig. 6.3a) montrait un **paysage fluviatile**. Un cours d'eau naturel traverse un fond de vallée. En rive gauche, plusieurs cônes de déjection, pour la plupart couverts de végétation, se terminent contre le cours d'eau. Plusieurs chenaux d'écoulement sont visibles, ainsi qu'une importante paroi rocheuse. Le paysage se situe en moyenne montagne. La végétation y occupe une place importante (forêt de différents types et pâturages) et recouvre une grande partie des formes géomorphologiques.

Sur cette image, les formes retenues (fig. 6.5) sont avant tout liées au processus morphogénétique dominant : le processus fluviatile. La majorité des sujets a individualisé le cours d'eau (n°1) traversant l'image. Dans une moindre mesure, un chenal d'écoulement (n°2) et une partie d'un cône de déjection (n°3) ont été reconnus. Les sujets ne font cependant pas le lien entre ces deux formes comme appartenant à des systèmes de laves torrentielles puisque la reconnaissance ne concerne pas les mêmes cônes de déjection et que les termes utilisés pour les décrire ne font pas référence aux processus fluviatiles. Les notions de *frana* (n°2) (en italien, le terme signifie autant un glissement de terrain qu'un éboulement) ou *spazi rocciosi* (n°3) (trad. pierriers, éboulis) font plutôt penser à des processus gravitaires. Dans ce paysage à forte composante végétale, seules les formes géomorphologiques partiellement recouvertes ou dénudées sont repérées.

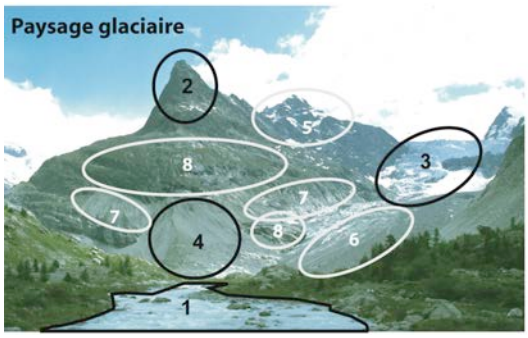


Forme reconnues	Fréquence
1) Cours d'eau	144
2) Chenal d'écoulement	53
3) Cône de déjection	20
Formes non reconnues	
5) Paroi rocheuse	*< 20*
6) Cône de déjection	*< 20*

Fig. 6.5 Occurrence d'identification des formes géomorphologiques pour le paysage fluviatile (en noir : formes reconnues, en gris : formes non reconnues par au moins 20 personnes).

Un **paysage glaciaire** est représenté sur la deuxième photo soumise aux élèves (fig. 6.3b). Le glacier occupe une place restreinte sur l'image. La photo présente cependant plusieurs formes qui témoignent d'une extension glaciaire plus importante : moraines médianes et latérales, roches moutonnées, accumulations fluvio-glaciaires. Les tons gris dominent dans cet environnement principalement minéral.

Dans ce paysage (fig. 6.6), le cours d'eau (n°1), le sommet (n°2) et le glacier (n°3) sont les trois formes les plus reconnues. La moraine médiane (n°4) a également été repérée, mais par nettement moins de personnes. On est en droit de douter de l'identification par les sujets de cet élément comme étant issu du processus glaciaire. La terminologie employée pour le décrire – « tas de sable » – est un indice appuyant cette hypothèse. L'identification d'autres éléments glaciaires (N° 5-8) n'a pas dépassé le seuil de 10 %. Sur cette image, les formes reconnues se distinguent des formes non reconnues par contraste de couleur (ex. glacier) et de forme (ex. sommet).

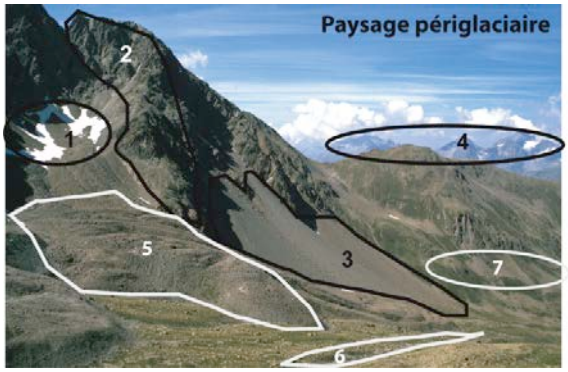


Forme reconnues	Fréquence
1) Cours d'eau	188
2) Sommet	167
3) Glacier	163
4) Moraine médiane	51
Formes non reconnues	
5) Sommet	*< 20*
6) Glacier couvert	*< 20*
7) Moraines latérales	*< 20*
8) Roches moutonnées	*< 20*

Fig. 6.6 Occurrence d'identification des formes géomorphologiques pour le paysage glaciaire (en noir : formes reconnues, en gris : formes non reconnues par au moins 20 personnes).

Au premier plan de l'image représentant un **paysage périglaciaire** (fig. 6.3c), on observe un versant rocheux au pied duquel se sont accumulés des éboulis et des glaciers rocheux. Quelques névés persistent dans une cuvette. Dans cet environnement de haute montagne, la couverture végétale est mince et disparate. A distance, elle se distingue mal de la roche affleurante et des accumulations de débris. L'arrière-plan est occupé par une succession de sommets (dont certains abritent des glaciers) et par un ciel nuageux.

Les éléments mentionnés avec la plus grande fréquence sur cette image (fig. 6.7) sont les névés (n°1) et la paroi rocheuse (n°2). Le voile d'éboulis est reconnu par un peu moins de la moitié des sujets (n°3, score : 88), alors que le glacier rocheux le jouxtant n'atteint tout juste pas le seuil fixé (score : 19). Cet écart important est surprenant puisque les deux formes se trouvent à un niveau visuel similaire (même couleur, même taille, même position sur l'image). Les voiles d'éboulis sur les pentes plus éloignées ont également été mentionnés par peu de personnes et peuvent être considérés, dans ce cas, comme formes non-perçues. Il en est de même pour le cours d'eau situé au premier plan, qui se distingue mal de la pelouse alpine environnante (< 20 mentions). Les sommets situés à l'arrière-plan bénéficient par contre d'une visibilité discrète (n°4). La reconnaissance des certaines formes géomorphologiques sur cette image s'explique par les contrastes de couleurs ou de formes (ex. névés) ; pour d'autres, l'identification est soutenue par le caractère banal (ex. éboulis). Le faible taux d'identification du glacier rocheux mérite d'être étudié plus en détail (voir discussion).



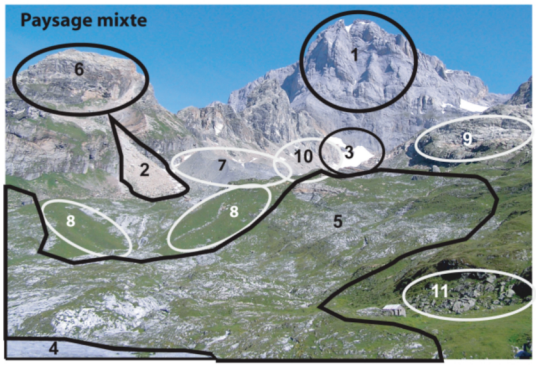
Forme reconnues	Fréquence
1) Névé	145
2) Paroi rocheuse	118
3) Eboulis	88
4) Sommets	44
Formes non reconnues	
5) Glacier rocheux	*< 20*
6) Cours d'eau	*< 20*
7) Voiles d'éboulis	*< 20*

Fig. 6.7 Occurrence d'identification des formes géomorphologiques pour le paysage périglaciaire (en noir : formes reconnues, en gris : formes non reconnues par au moins 20 personnes).

En comparaison avec les trois autres images, celle représentant un **paysage mixte** (fig. 6.3d) est la plus complexe puisqu'elle montre des éléments issus de plusieurs processus géomorphologiques. La roche affleurant au premier plan est affectée par les processus de karstification. Les processus glaciaires sont responsables du dépôt de moraines et du polissage de roches moutonnées. La différence d'âge des moraines est bien visible grâce à la présence / absence de végétation. Finalement, des processus gravitaires se manifestent à plusieurs endroits (éboulements et éboulis).

Ce paysage mixte a permis la reconnaissance de six formes (n°1-6) et les éléments reconnus sont issus de quatre processus géomorphologiques différents (gravitaire, nival, fluviatile et karstique). Aucune des trois formes glaciaires (moraine historique (n°7), moraines tardiglaciaires (n°8) et roches moutonnées (n°9) n'a cependant été reconnue sur cette image. Les éboulis (n°10) et les blocs éboulés (n°11) n'ont pas été mentionnés souvent. Beaucoup de formes non reconnues se cofondent dans le paysage.

La **lecture transversale des éléments paysagers** identifiés sur les différentes images montre que certains d'entre eux accumulent systématiquement des scores élevés. C'est le cas des sommets, des glaciers (et névés) et des cours d'eau. Nous les qualifions d'**« éléments géomorphologiques primaires »**. D'une part, ces éléments structurent le paysage (sommets, cols, parois et barres rocheuses) et, d'autre part, ils contrastent souvent – par leur forme ou par leur couleur – avec les éléments environnants (ex. glaciers, cours d'eau). D'autres éléments géomorphologiques peuvent par contre être considérés comme des **« éléments géomorphologiques secondaires »**. Il s'agit de formes qui ne sont en général pas jugées comme très esthétiques, mais au contraire, plutôt banales (ex. voiles d'éboulis) et ne participent à la perception du paysage que lorsqu'elles se trouvent dans une situation favorable, par exemple au premier plan ou en contraste de couleurs. Les formes du relief n'étant peu ou pas décelées constituent la catégorie des d'**objets « non perçus »** (ex. moraine recouverte de végétation, glacier rocheux).



Forme reconnues	Fréquence
1) Sommet	156
2) Éboulement	115
3) Névé	102
4) Remplissage fluviatile	73
5) Karst	59
6) Sommet	23
Formes non reconnues	
7) Moraine historique	*< 20*
8) Moraines tardiglaciaires	*< 20*
9) Roches moutonnées	*< 20*
10) Cônes d'éboulis	*< 20*
11) Éboulement	*< 20*

Fig. 6.8 Occurrence d'identification des formes géomorphologiques pour le paysage mixte (en noir : formes reconnues, en gris : formes non reconnues par au moins 20 personnes).

Caractéristiques géomorphologiques des éléments identifiées

A l'aide d'une grille d'analyse (tabl. 6.4), nous avons identifié les formes géomorphologiques principales et les avons traitées d'un point de vue géomorphologique en les décrivant selon plusieurs critères. Ensuite, les formes sélectionnées par les élèves ont été reportées dans le tableau. A partir du nombre total de formes identifiables et du nombre de formes sélectionnées par les élèves, un taux de reconnaissances a été calculé pour les différentes modalités de la grille d'analyse (tabl. 6.5 et 6.6), sur la base de la formule suivante :

$$\text{Taux de reconnaissance} = \frac{\text{Nombre de formes reconnues par les élèves}}{\text{Nombre de formes présentes dans le paysage}} \times 100$$

Les tableaux 6.5 et 6.6 résument les résultats obtenus. En raison du nombre parfois réduit ou inégal de formes d'un certain type, certains résultats doivent être interprétés avec précaution. Ainsi, sur les quatre paysages soumis à l'évaluation par les élèves, seuls trois processus géomorphologiques (gravitaire, fluviatile, glaciaire) sont suffisamment représentés pour permettre le calcul de taux de reconnaissance. Nous avons également renoncé à poursuivre l'analyse concernant le critère « taille » lorsqu'il est apparu que la grande majorité des formes identifiées étaient de taille moyenne. Ceci est un biais induit par le choix de travailler avec des photographies de format modeste (environ 10 x 7 cm). Sur celles-ci, les macro-formes sont généralement tronquées par le cadre de l'image et les micro-formes sont trop petites pour être identifiées.

Critère d'évaluation	Définition	Commentaire
Formes (expert)	Identification des formes géomorphologiques principales	Sur la base de l'analyse des images par plusieurs géographes
Formes (élèves)	Identification des formes géomorphologiques perçues	Sur la base des images synthétiques (fig. 6.5-6.8)
Processus morphogénétique	Classification selon le processus morphogénétique dominant ayant généré la forme	Processus morphogénétique ayant effectivement généré la forme et non comme supposé par les élèves
Activité des processus	Classification selon des processus actifs ou inactifs	
Dynamique morphologique	Classification selon la distinction entre dynamique érosive ou dynamique d'accumulation	Tous les cours d'eau ont été classifiés en tant que formes d'érosion
Extension verticale	Classification selon l'extension verticale : forme positive ou négative	
Couverture végétale	Classification selon le niveau de couverture végétale : dénudé, partiellement couvert, recouvert de végétation	
Taille	Classification selon la taille de la forme : micro, méso, macro	

Tabl. 6.4 Grille d'analyse pour l'évaluation des caractéristiques des composantes géomorphologiques du paysage.

Caractéristiques géomorphologiques	Nbre total de formes	Formes reconnues par les élèves	Taux de reconnaissance
Formes actives	21	13	**62%**
Formes inactives	12	3	25%
Formes d'accumulation	17	7	41%
Formes d'érosion	16	9	**56%**
Formes positives	26	12	46%
Formes négatives	7	4	**57%**
Formes couvertes	5	1	20%
Formes partiellement couvertes	1	1	100%
Formes dénudées	27	14	**52%**

Tabl. 6.5 Taux de reconnaissances concernant les caractéristiques géomorphologiques des formes (en gras les caractéristiques dominantes).

Processus géomorphologique	Nbre total de formes	Formes reconnues par les élèves	Taux de reconnaissance
Formes gravitaires	11	7	64%
Formes fluviatiles	10	5	50%
Formes glaciaires	9	2	22%

Tabl. 6.6 Taux de reconnaissances selon les processus géomorphologiques les plus répandus sur les images soumises à l'analyse.

Nous avons vérifié les hypothèses secondaires sur la base des résultats obtenus et en tenant compte des restrictions et limitations mentionnées ci-dessus.

Hypothèses secondaires	Vérification
Activité des processus : Les formes issues de processus actifs ou récents sont plus fréquemment énumérées que des formes dont les processus de formation sont inactifs.	**Confirmé** : Deux tiers des formes actives sont reconnus contre seulement un quart des formes passives.
Dynamique morphologique : Les formes issues des processus d'accumulation sont plus souvent énumérées que celles des formes d'érosion.	**Infirmé** : La comparaison des résultats montre que les formes reconnues sont plus souvent des formes d'érosion.
Extension verticale : Les éléments marquants des formes positives dans le paysage géomorphologique sont plus susceptibles d'être énumérés que des formes négatives.	**Infirmé** : Cette hypothèse ne semble pas vérifiée. Cependant, les formes négatives étaient en nombre nettement inférieur et la différence du taux de reconnaissance n'est pas très importante.
Couverture végétale : Les formes recouvertes par de la végétation ne sont pas considérées en tant qu'éléments du paysage géomorphologique.	**Confirmé** : Le taux de reconnaissance des formes couvertes de végétation est plus faible (1 sur 5) que celui des formes non couvertes (1 sur 2).
Processus morphogénétiques : Les formes issues de certains processus morphogénétiques sont plus souvent énumérées que d'autres.	**Partiellement confirmé** : Considérant les processus géomorphologiques les plus répandus dans l'échantillon, à savoir les processus gravitaires, fluviatiles et glaciaires, il semble y avoir une différence dans le taux de reconnaissance. En raison du petit nombre de formes issues des autres processus, il n'est cependant pas possible de se prononcer de manière définitive.
Taille : Par rapport à la taille des éléments du paysage géomorphologique (macro-méso-micro-formes), ce sont les mésoformes qui captent spontanément l'attention des non-spécialistes des sciences de la Terre.	La vérification de cette hypothèse n'est pas été possible avec le procédé choisi (voir texte).

Tabl. 6.7 Vérification des hypothèses secondaires.

Sur la base de la vérification des hypothèses secondaires, nous pouvons conclure que les éléments géomorphologiques disposant des caractéristiques suivantes bénéficient en principe d'une bonne « visibilité » :

- les formes actives ;
- les formes d'érosion ;
- les formes négatives ;
- les formes non recouvertes de végétation.

Nous présumons que l'addition de plusieurs de ces caractéristiques favorise davantage la reconnaissance d'une forme. Une doline ou un couloir de lave torrentielle active devraient par conséquent être particulièrement bien visibles dans le paysage.

6.3.3 Analyse de la connaissance des processus géomorphologiques

Pour juger de la connaissance des processus géomorphologiques par les personnes interrogées, un indicateur direct et un indicateur indirect ont été utilisés. L'indicateur direct provient de l'analyse d'une question demandant aux élèves d'expliquer la genèse de sept formes géomorphologiques (fig. 6.9). Les réponses des sujets ont été codées en réponses correctes et incorrectes, ce qui permet d'évaluer le pourcentage de bonnes réponses. L'indicateur indirect résulte de l'analyse de la terminologie utilisée pour décrire les formes identifiées sur les images montrant différents paysages (fig. 6.4). A cet effet, tous les termes utilisés pour une même forme ont été recueillis afin de déterminer la variabilité et le degré de spécificité de l'ensemble des termes.

Fig. 6.9 Formes géomorphologiques dont les élèves ont dû expliquer la genèse : a) lapiés, b) sols polygonaux, c) lave torrentielle, d) moraines recouvertes de végétation, e) roche polie par un glacier, f) voiles d'éboulis, g) doline.

Connaissance des formes géomorphologiques

La difficulté dans l'analyse de cette question a été le nombre important de réponses incorrectes. Beaucoup de sujets ont décrit ou nommé la forme présentée sur l'image

au lieu d'en donner une explication. Dans ces cas, les réponses ont été qualifiées d'incorrectes.

Comme pour les formes reconnues dans un paysage, l'analyse de la connaissance des processus géomorphologiques peut se faire à deux niveaux : selon l'individu et selon les formes géomorphologiques à décrire. Le score total de chaque individu a été calculé en additionnant toutes les bonnes réponses. La figure 6.10 présente la distribution du nombre de réponses correctes. On constate que 24 individus n'ont aucune réponse correcte et que le score maximal est de 5 réponses correctes sur un total de 7 réponses. La moyenne se situe à 1,96 bonnes réponses par personne. Tous ces chiffres indiquent une connaissance générale des processus géomorphologiques plutôt faible.

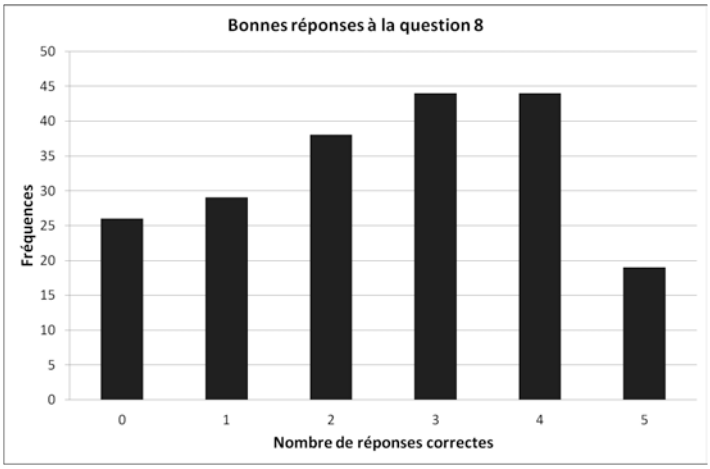


Fig. 6.10 Fréquences des réponses correctes pour la question concernant la genèse des formes géomorphologiques (n = 201).

Le tableau 6.8 représente par contre les scores de l'ensemble des individus par rapport aux différentes formes géomorphologiques. Il permet d'individualiser quelles formes ont obtenu le plus ou le moins de réponses correctes.

Forme géomorphologique	Réponses correctes %	Réponses incorrectes %	Pas de réponse %
Roche polie	57	17	26
Voiles d'éboulis	52	24	24
Lapiés	35	46	19
Moraines végétalisées	22	43	34
Lave torrentielle	18	68	14
Doline	8	70	22
Sols polygonaux	1	76	23

Tabl. 6.8 Réponses aux questions concernant la genèse des formes géomorphologiques.

Seules deux formes totalisent une légère majorité de réponses correctes : roche polie (57 %) et voiles d'éboulis (52 %). Pour les cinq autres formes (lapiés, sols polygonaux, lave torrentielle, moraines recouvertes de végétation, doline), les réponses incorrectes dominent largement avec des pics de mauvaises réponses de 68 à 76 %. Avec seulement une bonne réponse (0,5%), les sols polygonaux recensent le score le plus mauvais. L'absence de réponse se situe selon les cas entre 14 et 34 % et doit être interprétée comme un manque de connaissance.

La classification des réponses incorrectes selon les facteurs supposés de façonnement des éléments présentés donne un aperçu sur les conceptions des personnes interrogées en ce qui concerne la formation du paysage alpin. Parmi les réponses systématiquement évoquées comme étant responsables de la formation des différents éléments géomorphologiques figurent les mouvements gravitaires (avant tout les éboulements) et la météorisation. Pour le reste, la gamme des réponses incorrectes est relativement large, impliquant des processus aussi variés que des mouvements tectoniques, des processus volcaniques et la déshydratation (assèchement). L'action de l'homme à la base de la genèse des différentes formes n'est que rarement évoquée (1-10 % des réponses incorrectes). La seule forme ayant obtenu un score élevé est la doline. Dans ce cas, 28 % des interrogés pensent que la dépression est due à l'intervention humaine (excavation, explosion) ou extraterrestre (météorite). Ce score relativement important peut cependant s'expliquer par la présence d'un marteau de géologie sur l'image, suggérant une exploitation du site.

En résumé, un nombre important de processus géomorphologiques sont évoqués par les élèves de l'école secondaire tessinoise. L'attribution correcte d'un processus à une forme est cependant rare. Les connaissances concernant la genèse des formes périglaciaires et karstiques sont également faibles et elles sont interprétées en fonction des agents et processus connus.

Terminologie utilisée lors de la description des formes

La « connaissance géomorphologique » a également été évaluée au moyen de la terminologie utilisée par les sujets pour nommer les différents éléments du paysage alpin. Elle a été analysée en fonction de la différenciation du vocabulaire en deux catégories : un vocabulaire technique se qualifiant par des termes spécifiques attribués aux formes géomorphologiques et un vocabulaire simple (ou topographique) empruntant les termes du langage courant (Tricart et al., 1972). Selon cette distinction, « une colline allongée longeant le versant et non recouverte de végétation » (vocabulaire simple) correspondrait par exemple à « une moraine latérale récente » (vocabulaire technique).

Les observations suivantes peuvent être faites suite à l'analyse de la terminologie :

- **Prédominance de termes descriptifs :** Le langage utilisé est le plus souvent descriptif, utilisant des termes du langage courant. Exemple : Pour désigner des éboulis, les sujets emploient des termes tels que *sassi, pietre, rocce, sabbia, terra*, (trad : cailloux, pierres, roches, sable, terre).
- **Description détaillée :** Des adjectifs ou diminutifs sont utilisés pour préciser la nature (caractéristiques physiques) des éléments observés. Les deux cas se manifestent dans la description de la granulométrie de débris par exemple. Utilisation d'un adjectif : *piccole pietre*, utilisation d'un

diminutif : *sassolini*. Les descriptions sont également très détaillées en ce qui concerne les parois : *parete rocciosa, parete di roccia, parete ghiaiosa, parete sabbiosa, parete erbosa* (trad : paroi rocheuse, paroi de roche, paroi graveleuse, paroi sableuse, paroi herbeuse).

- **Variabilité des termes :** Pour un même élément, le vocabulaire peut être très riche. 13 termes ont été relevés pour la dénomination « sommet » : *pizzo, picco, punta, vetta, cima, cucuzzolo, cresta, monte, montagna, montaggia, cima della montagna, punta della montagna, alpi.*

Force est de constater que le vocabulaire est à la fois riche (beaucoup de termes pour un même objet) et pauvre (sans connotation explicative). La grande variabilité et le recours à un langage descriptif indiquent l'absence d'un apprentissage standardisé.

6.3.4 Vérification des hypothèses de travail

Un des objectifs de cette étude par questionnaire était d'acquérir des connaissances concernant la perception du paysage naturel de la part des non-spécialistes des sciences de la Terre afin de pouvoir définir si l'interprétation du paysage doit plutôt se fonder sur les aspects naturels ou sur les aspects individuels. Deux hypothèses de travail ont été formulées à ce propos :

H1 : La perception des éléments du paysage géomorphologique par les non-spécialistes des sciences de la Terre dépend des caractéristiques géomorphologiques de ces éléments.

H2 : Il existe une différence significative dans la perception du paysage géomorphologique de la part des non-spécialistes des sciences de la Terre selon leurs caractéristiques individuelles (âge, sexe, expériences, intérêts, etc.).

A l'aide des données récoltées et de l'interprétation des résultats obtenus dans les diverses analyses, il est maintenant possible tester ces hypothèses. La vérification de la première hypothèse se base sur l'analyse qualitative des photographies et sur une série d'hypothèses secondaires concernant les caractéristiques géomorphologiques des formes identifiées.

Les informations relatives aux pratiques de loisirs et les déterminants sociaux servent à vérifier la seconde hypothèse de travail. Les pratiques de loisirs donnent des indications sur la familiarité avec le milieu alpin et l'intérêt pour les sciences de la Terre. Ce sont donc deux indicateurs importants permettant de déterminer l'influence des caractéristiques individuelles sur la perception du paysage géomorphologique. Les déterminants sociaux sont des indicateurs solides pour dresser le profil des sujets (âge, sexe, etc.) (Singly, 2005). Afin de vérifier les liens entre différentes variables, plusieurs analyses statistiques ont été effectuées (corrélations, analyse en composante principale et régression linéaire).

Influences des caractéristiques individuelles

Une première étape de vérification a été effectuée en établissant les **corrélations** entre le nombre total de formes reconnues par individu et des indicateurs personnels (Annexe 11). Aucun lien statistiquement significatif ne résulte des corrélations entre le **nombre total de formes reconnues** et les **déterminants sociaux** pris en

considération (sexe, âge, profession de la mère et du père, établissement scolaire). En ce qui concerne **les pratiques de loisirs**, les activités auxquelles se consacrent les jeunes durant leur temps libre ou en famille n'influencent pas la reconnaissance des formes. Des liens faibles, mais significatifs, peuvent cependant être observés pour les variables concernant l'**intérêt des élèves** pour les animaux, plantes, minéraux et formes géomorphologiques. Toutefois, la prudence est de mise avant d'affirmer un lien direct entre l'intérêt pour les sciences de la Terre et le niveau de connaissances des individus, tel qu'observé par Pralong (2006) pour un public d'adulte, puisque c'est l'intérêt pour les animaux qui montre la plus forte corrélation. Il s'agit probablement d'un effet lié à l'intérêt général de la personne pour son environnement. La **familiarité avec le milieu de montagne influence positivement la reconnaissance des formes.** Ainsi, plus un individu fréquente le milieu alpin, va à la recherche de roches et minéraux, s'interroge concernant la formation du paysage et consulte de documents spécialisés (ex. brochures explicatives), plus le nombre des formes reconnues est élevé.

L'**analyse en composante principale** (ACP) a été entreprise avec pour objectif de résumer les variables avant de procéder à la régression linéaire. Après plusieurs essais, des données recodifiées en scores binaires (présence = 1 ou absence = 0 d'une certaine caractéristique) et groupées (ex. deux catégories de passe-temps au lieu de quatre) (Annexe 12) ont été retenues pour l'ACP. Le « *scree graph* » suggère de retenir les deux premiers facteurs (fig. 6.11) qui peuvent être interprétés comme suit :

- **L'axe X** oppose les activités intérieures (Hob2_int, Fam2_divert) aux activités extérieures (Hob2_ext, Fam2_sport, Fam2_intell). Il a été nommé **« intérêt pour les activités en plein air »** ;
- **L'axe Y** oppose le cadre d'apprentissage scolaire (info2_ecole) au cadre d'apprentissage volontaire (Info2_libre) et a été nommé **« cadre d'apprentissage »**.

Avec 33,6 %, la variance expliquée par ces deux facteurs est plutôt faible.

La **régression multiple** visant à prédire les scores des formes reconnues à partir des cinq scores factoriels ayant une valeur propre > 1 (variance expliquée de 56,6 %) donne à son tour des résultats insatisfaisants. La variance expliquée pour la prédiction des formes reconnues est de 9,8 % (variance ajustée 7,3 %).

Comme la régression multiple sur les scores factoriels ne donne pas un résultat satisfaisant, nous avons procédé à une **régression multiple des scores bruts**. La variable dépendante correspond toujours aux scores de la reconnaissance totale des formes. Les déterminants sociaux et pratiques de loisirs suivants ont été utilisés en tant que prédicteurs : sexe, âge, activités en famille, hobbies, intérêt pour différentes thématiques, fréquentation de la montagne comportement en montagne, sources d'informations sur le sujet.

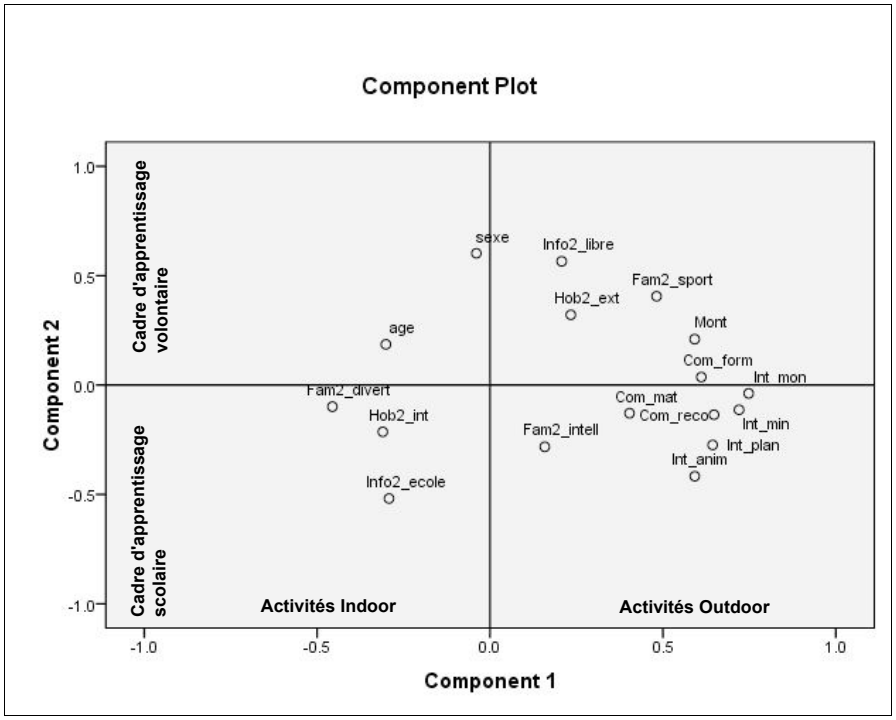


Fig. 6.11 Plan factoriel défini par les axes F1 (23,43 %) et F2 (10,19 %) pour les variables concernant les déterminants sociaux, pratiques de loisirs et comportement en montagne.

La variance expliquée pour la prédiction du nombre de formes reconnues est de 20,8 % (R2 ajusté 12,9 %) et significative (0.001). Cela signifie qu'il y a un lien statistique entre la variable dépendante et les variables indépendantes. La chance de prédire correctement le score des formes totales reconnues est cependant plutôt faible. Plusieurs essais prenant en compte différentes variables ont été effectués ; dans aucun cas, la régression linéaire n'a donné de meilleurs résultats.

Les diverses analyses statistiques n'ont pas révélé un lien univoque entre la perception du paysage et les différentes variables représentant des caractéristiques individuelles. Avec les variables prises en compte, l'hypothèse H2 n'est pas confirmée. Il n'est cependant pas exclu que d'autres facteurs individuels (connaissances particulières, motivation, questionnements) puissent exercer une plus grande influence sur la perception des formes.

Influence des facteurs géomorphologiques

Plusieurs résultats montrent que les facteurs géomorphologiques jouent un certain rôle dans la perception des formes du relief par les non-spécialistes. D'une part, la vérification des hypothèses secondaires (se basant sur des critères exclusivement géomorphologiques) indique que **certaines formes sont susceptibles d'être repérées plus que d'autres** (taux de reconnaissance plus important). Il s'agit notamment des formes actives, issues de processus d'érosion, à extension négative et non recouvertes de végétation. D'autre part, l'analyse qualitative des éléments

identifiés sur les différentes images a montré que certaines formes totalisent un score élevé, alors que d'autres ne sont mentionnées que par peu ou très peu d'individus, d'où la proposition de classification en formes géomorphologiques primaires, secondaires et objets non perçus. **Au vu de ces résultats, nous concluons que la perception n'est pas complètement aléatoire. Par rapport aux influences des facteurs individuels pris en compte dans cette étude, les facteurs géomorphologiques représentent, pour l'instant, un plus grand potentiel explicatif.**

6.3.5 Comparaison avec les résultats des randonneurs adultes

Profil des randonneurs adultes

Le profil des randonneurs adultes interrogés *in situ* a été dressé selon les caractéristiques socio-économiques les plus communes. On remarque une légère surreprésentation du genre masculin (60,7 % des personnes interrogées). En ce qui concerne l'âge des répondants, la répartition est assez équilibrée avec toutefois une majorité de personnes entre 40-49 ans (30,4 %). La moitié des sujets (48 %) a atteint un niveau de formation supérieur (maturité ou plus). Environ trois quarts des excursionnistes interrogés sont suisses alémaniques (76,8 %). Le quart restant est composé d'excursionnistes étrangers, principalement des ressortissants de l'Union européenne. Cette distribution n'est pas très différente de celles observées dans des études similaires faites en Suisse (Martin, 2011) et en France (Pralong, 2006) (fig. 6.12). Nous pouvons donc considérer que **l'échantillon reflète les caractéristiques typiques d'un public de géotouristes (visiteurs nationaux, âge moyen entre 40 et 60 ans, niveau de formation plutôt élevé).**

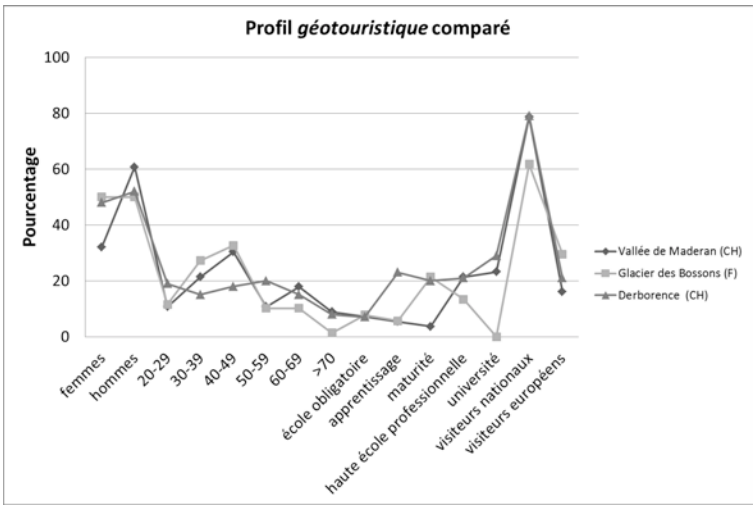


Fig. 6.12 *Profil géotouristique* comparé des randonneurs sur trois sites d'étude différents : vallée de Maderan (CH) (cette étude), glacier des Bossons (F) (Pralong, 2006) et Derborence (CH) (Martin, 2011).

Comme on peut l'attendre de personnes interrogées en milieu alpin, un pourcentage important (41,1 %) se rend régulièrement en montagne (> 10 fois de juin-septembre) (fig. 6.13). La randonnée (89,3 %) et les observations naturalistes (42,9 %) sont les activités les plus fréquentes. La plupart des personnes se disent plutôt intéressées aux roches et minéraux, ainsi qu'aux formes paysagères et à leur genèse et beaucoup planifient leurs randonnées en fonction des spécificités paysagères de leur destination. Les aides à la lecture et à l'interprétation du paysage ne sont par contre utilisées que rarement (fig. 6.13). 80,3 % des répondants disent s'intéresser un peu ou beaucoup aux thématiques liées aux géosciences et 59 % lisent des revues géographiques spécialisées (ex. *Geo*, *National Geographic*, *Les Alpes*). **Sur la base de ces observations, on est en droit de parler d'un public habitué au milieu alpin et plutôt intéressé aux questions paysagères.**

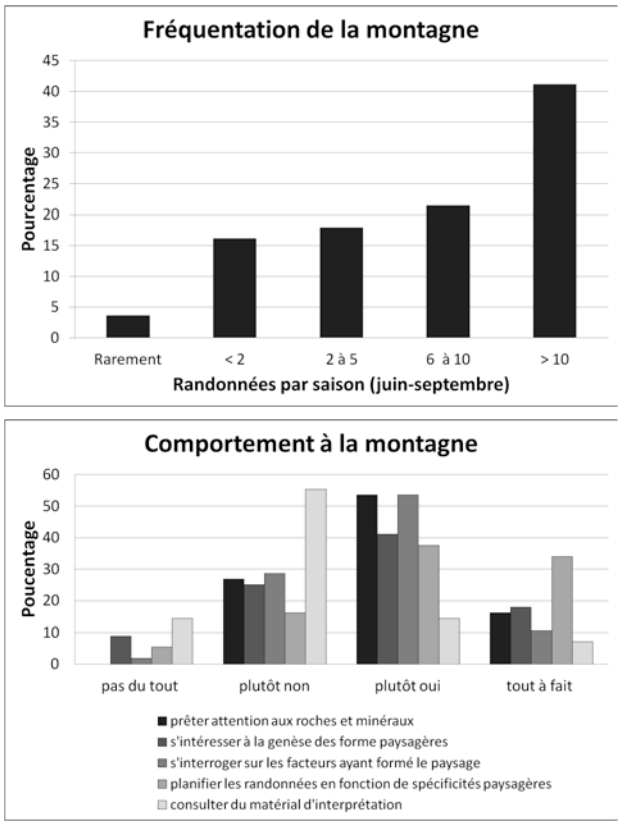


Fig. 6.13 Fréquentation de la montagne (en haut) et comportement des personnes en cas d'activités en montagne (en bas) (n = 56).

Analyse de la perception des formes géomorphologiques chez les adultes

Par souci de comparaison, les mêmes images de paysage et le même traitement pour l'élaboration d'images synthétiques ont été utilisés tant pour les élèves que pour les randonneurs adultes pour l'évaluation de la perception des formes géomorphologiques (fig. 6.3).

Le nombre de formes reconnues par personne pour une même image est similaire : chez les adultes le paysage fluviatile dénombre aussi le moins de mentions (1,8 de moyenne chez les adultes, 1,4 chez les élèves) et le paysage glaciaire le plus de formes reconnues (3,4 de moyenne chez les adultes, 3,1 chez les élèves). Pour les paysages périglaciaires (moyenne : adultes 2,3 ; élèves 2,4) et mixte (moyenne : adultes 2,3 ; élèves 2,7), les valeurs des adultes sont légèrement inférieures à celles des élèves.

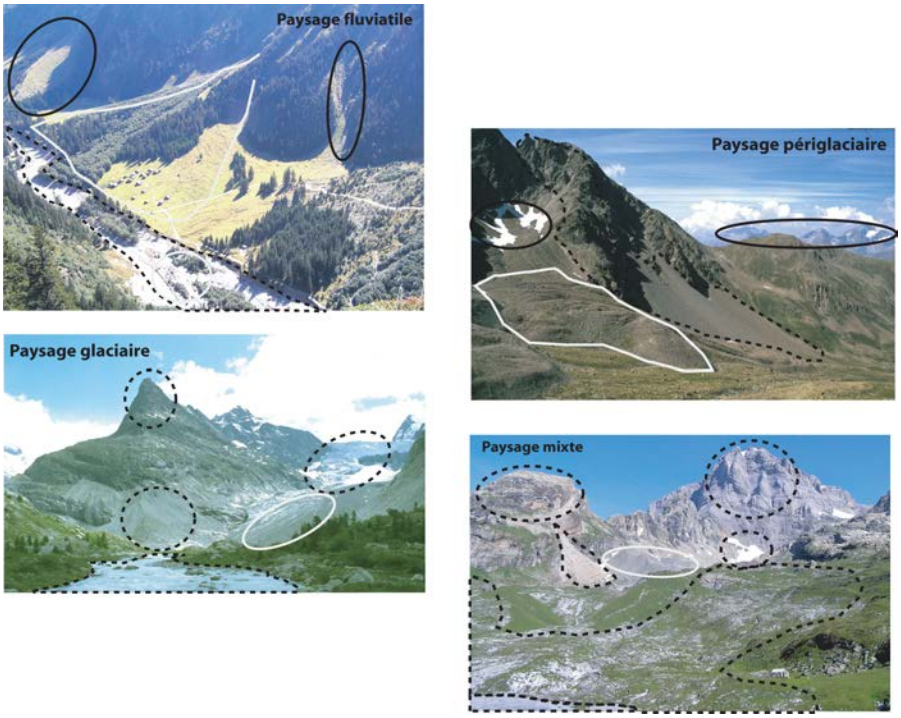


Fig. 6.14 Comparaison de la perception des formes géomorphologiques entre adultes et élèves (en noir : formes uniquement identifiées par les élèves, en blanc : formes uniquement identifiées par les adultes, en traitstillés : formes identifiées par les deux groupes).

En ce qui concerne les formes identifiées par paysage, les deux publics sont, à quelques exceptions près, semblables (fig. 6.14). Les différences concernent par exemple la fréquence avec laquelle les différentes formes sont reconnues et donc leur codage en différentes classes. Les écarts sont toutefois minimes (au maximum une classe de différence) et il est difficile d'évaluer si elles sont la conséquence d'un échantillon restreint (adultes), ou s'il s'agit, par contre, d'une véritable différence de perception entre les deux publics. Dans le paysage fluviatile, les différences sont le

plus marquées, puisque le cours d'eau représente le seul élément commun aux deux publics.

Analyse de la connaissance des processus géomorphologiques chez les adultes

La connaissance des formes et processus géomorphologiques est meilleure chez les adultes que chez les élèves et peut être qualifiée de **moyenne.** Deux observations permettent de soutenir ce constat. Premièrement, la moyenne de réponses correctes par personne en ce qui concerne l'identification des processus générant les sept formes géomorphologiques présentées (fig. 6.9) est plus élevée chez les adultes. En effet, trois au lieu de deux formes (élèves) totalisent une majorité de réponses correctes : lave torrentielle (77 % de bonnes réponses, majorité de réponses incorrectes chez les élèves), roche polie (61 %) et voiles d'éboulis (59 %). Deuxièmement, l'analyse de la terminologie utilisée pour la description des formes individualisées sur les images des différents paysages (même si elle reste descriptive et très variable aussi chez les adultes) montre que les termes employés correspondent généralement aux processus responsables. Ce n'est pas le cas chez les élèves où il y avait souvent des inadéquations.

Dans le questionnaire soumis aux randonneurs, une question supplémentaire pour évaluer les conceptions des adultes invitait à donner les facteurs naturels principaux contribuant au façonnement du paysage alpin. Les réponses sous forme de mots-clés ont été regroupées dans plusieurs catégories (fig. 6.15). Les agents météorologiques (eau, pluie, neige, vent) et le climat sont vus comme les principaux facteurs de façonnement du paysage. Ils sont suivis des processus d'érosion d'ordre continu (désintégration des roches) et soudain (catastrophes naturelles). Les glaciations se trouvent en troisième position des facteurs cités avec le plus de fréquence. Comme le constate Moreau (2010), la diffusion des informations concernant le recul des glaciers actuels comme conséquence du réchauffement climatique semble avoir été intégrée par les randonneurs et alpinistes. A part cette ouverture vers le « passé glaciaire », la formation du paysage selon les conceptions des adultes semble ancrée dans le présent. Les références aux mouvements tectoniques sont en effet plutôt rares (7 cas).

Vérification des différentes hypothèses

Pour la vérification des différentes hypothèses, les mêmes procédés employés pour l'analyse des résultats chez les élèves ont été appliqués aux données récoltées auprès des adultes.

Au niveau des **facteurs individuels**, les résultats peuvent différer dans le détail, mais indiquent également un lien globalement faible avec la perception du paysage. En ce qui **concerne les corrélations** directes, l'âge des individus, le fait de s'interroger sur les facteurs qui ont façonné le paysage et les connaissances en géosciences influencent la reconnaissance des formes géomorphologiques par les adultes.

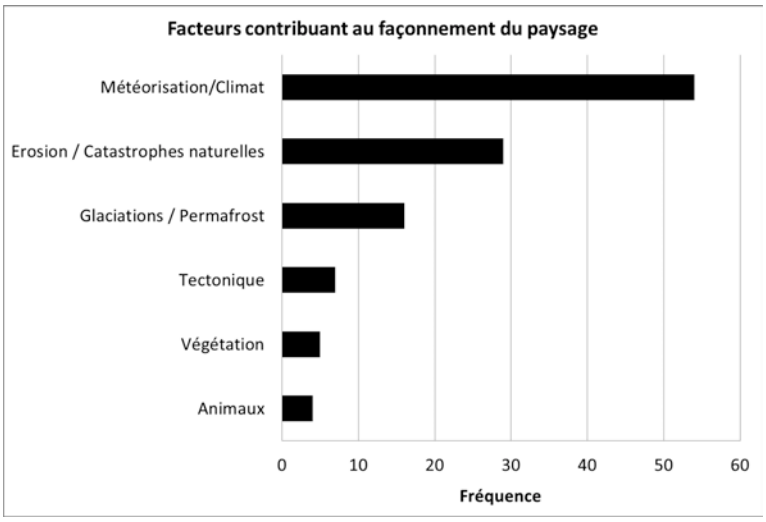


Fig. 6.15 Facteurs principaux du façonnement du paysage cités par les randonneurs adultes (n = 56).

Nous avons également effectué une **régression linéaire sur les données brutes** pour voir s'il était possible de prédire le score des formes reconnues (variable dépendante). La variance expliquée pour la prédiction du nombre des formes reconnues est de 36,8 % (R2 ajusté 10,2 %) et non significative (0.201). Les analyses auprès du public adulte n'ont ainsi pas révélé un lien univoque entre la perception du paysage et les caractéristiques individuelles.

Au niveau des **facteurs géomorphologiques**, on observe des similitudes et des différences entre les deux publics. En ce qui concerne les **hypothèses secondaires,** les formes actives et non recouvertes de végétation sont également mieux perçues par les adultes. Il y a cependant des différences quant à la dynamique morphologique et l'extension verticale des formes. Chez les adultes, les formes d'accumulation et les formes positives sont légèrement mieux perçues que les formes d'érosion et les formes négatives. Quant aux processus géomorphologiques, les formes issues du processus gravitaire bénéficient de la meilleure identification auprès des deux publics. Avant de se prononcer définitivement sur la saillance des formes en fonction de ces caractéristiques géomorphologiques, il faudrait vérifier les hypothèses secondaires avec un échantillon d'adultes plus important afin de voir si les différences dans la perception persistent.

Comme décrit plus haut, l'analyse de l'**occurrence des formes** identifiées sur les images ne montre pas de différences importantes. En général, les mêmes formes sont identifiées ou ignorées par les deux publics. Cette observation renforce notre point de vue selon lequel la perception des formes n'est pas le fruit du hasard, mais dépend, au moins partiellement, de facteurs géomorphologiques.

6.4 Discussion

6.4.1 Facteurs influençant la perception des formes géomorphologiques

Suite à l'analyse des questionnaires, on peut constater que **les caractéristiques individuelles prises en compte ne sont pas à même de fournir des explications probantes sur la perception des formes géomorphologiques.** Il serait cependant erroné de nier toute influence individuelle puisque le procédé choisi a favorisé l'analyse des facteurs géomorphologiques. En effet, l'enquête par questionnaire peut seulement viser à identifier des indicateurs comme par exemples les déterminants sociaux ou formuler des hypothèses par rapport au type ou à l'importance d'autres facteurs individuels, moins tangibles. Afin d'avancer dans cette problématique, les recherches devraient se poursuivre à l'aide d'autres méthodes, des interviews *in situ* par exemple, qui auraient également l'avantage d'éliminer les biais de perception induits par l'utilisation de photographies.

Par rapport aux facteurs individuels étudiés**, les facteurs géomorphologiques ont un plus grand pouvoir explicatif.** Nous avons en effet observé que la perception des formes géomorphologiques est loin d'être complètement aléatoire. En mettant en lien les résultats de l'analyse qualitative des images et des hypothèses secondaires (des élèves), il a été possible d'observer des facteurs influençant positivement ou négativement la perception du paysage. Nous nous sommes appuyés sur le concept de *saillance* (ou prégnance) utilisé dans l'analyse de la perception visuelle et désignant la caractéristiques d'une forme à émerger par rapport à un fond ou à d'autres formes (Landragin, 2004), pour formuler des critères influençant la perception des formes géomorphologiques (tabl. 6.9). Landragin (2004) différencie entre une saillance physique (ou P-saillance) qui dépend des caractéristiques physiques des éléments d'une scène visuelle (par ex. forme, couleur, taille), et une saillance cognitive (ou C-saillance) qui découle des processus cognitifs (représentations mentales, intentions de perception, expérience personnelle, émotions). En observant le type et l'occurrence des formes identifiées par les élèves sur les différents paysages du questionnaire, plusieurs de ces facteurs physiques et cognitifs de saillance ont pu être identifiés (effet de contraste, de (géo)diversité, de popularité). D'autres facteurs relevés expliquent par contre pourquoi certaines formes du relief sont mal perçues (effet de dissimulation, de scission et de l'inconnu). En d'autres termes, ils influencent négativement la perception.

En ce qui concerne les facteurs influençant positivement la perception, l'effet de contraste est un phénomène bien connu (Grujard et al., 1988 ; Landragin, 2004). Dans un contexte paysager, ce sont surtout les contrastes de forme et de couleur qui font émerger certaines formes géomorphologiques. L'effet de la (géo)diversité s'explique par ce que Landragin (2004) appelle la saillance liée à une singularité dans un ensemble d'objets *: « Il s'agit ici de la saillance due à une mise en relief contextuelle du fait de la présence de plusieurs objets. Compte tenu d'un ensemble d'objets, un élément de cet ensemble est saillant s'il se distingue par une propriété que les autres éléments n'ont pas ».* Dans un paysage mixte, les formes issues des différents processus se différencient ainsi par leurs caractéristiques

géomorphologiques et sont plus facilement repérées. Les formes les plus représentées – dans les médias par exemple – bénéficient, selon nos observations, d'une meilleure reconnaissance (ex. glaciers). Elles jouissent de l'effet de popularité qui rend leur identification plus aisée par rapport à d'autres formes avec lesquelles le public est moins familier (ex. glacier rocheux).

Facteurs influençant positivement la perception	**Description**
Effet de contraste	Les contrastes de couleur et de forme par rapport aux éléments environnants augmentent la saillance des formes géomorphologiques (ex. névés ou sommets).
Effet de la popularité	Les formes géomorphologiques trouvant un écho important dans les médias ou sur des images grand public (ex. cartes postales, calendriers) sont facilement reconnues (ex. glaciers). La reconnaissance diminue rapidement pour les éléments mois populaires et banaux (ex. accumulations de débris d'origine diverse).
Effet de la (géo)diversité	Dans un paysage complexe (plusieurs processus géomorphologiques), le nombre de formes reconnues est plus important que dans un paysage simple (dominance d'un processus géomorphologique).
Facteurs influençant négativement la perception	**Description**
Effet de la dissimulation	Lorsque les formes géomorphologiques sont couvertes de végétation, c'est cette deuxième qui est reconnue au détriment de la forme (ex. cône de déjection ou moraine recouverte de la végétation).
Effet de scission	Dans la majorité des cas, les formes sont perçues comme éléments singuliers et ne sont en général pas rattachées à un processus ou à une forme complexe (ex. différentes parties d'un système torrentiel, lien entre formes glaciaires).
Effet de l'inconnu	Les formes non médiatisées tendent à être ignorées même si elles occupent une place favorable sur l'image ou se distinguent de leur environnement (ex. glacier rocheux).

Tabl. 6.9 Facteurs qui influencent positivement et négativement la perception du paysage.

Trois effets influencent négativement la reconnaissance des formes géomorphologiques. C'est le cas pour les formes recouvertes par la végétation (effet de dissimulation). Cela pourrait être dû au fait que la végétation, par contraste de couleur, prend le dessus sur les formes géomorphologiques. En postulant que les non-spécialistes considèrent en tant que formes géomorphologiques avant tout des formes minérales, la non-saillance des formes recouvertes de végétation pourrait cependant également être due à une forme de discrimination (les formes recouvertes ne sont pas prises en compte). Comme nous n'avons pas explicitement demandé d'identifier les formes géomorphologiques, mais les formes naturelles du paysage, ceci reste pour l'instant une hypothèse. En ce qui concerne les effets de scission et de l'inconnu, nous pouvons citer Grujard et al. (1988 : 54) qui soulignent que « *...nous ne voyons bien que ce que nous connaissons* ». Selon ces auteurs, l'« *être tout entier* » participe à la lecture du paysage, impressions antérieures et mémoire incluses. Même constat chez Hockney : ***« la mémoire fait partie intégrante de la vision »*** (cité in Grujard et al. (1988 : 54). Même si les deux effets ont une origine

commune, l'effet de scission est à distinguer de l'effet de l'inconnu. Dans le premier cas, le manque de connaissances en matière de géomorphologie ne permet pas de mettre en lien les différentes formes liées à un même processus, ce qui diminue leur identification. Dans le deuxième cas, nous supposons que les personnes tendraient à ne pas signaler des formes qu'ils ne connaissent pas. L'exemple du glacier rocheux illustre ce propos. Loin d'être des formes géomorphologiques rares dans les paysages alpins, les informations vulgarisées concernant les glaciers rocheux sont beaucoup moins diffusées que pour d'autres formes du relief (ex. glaciers).

Puisque les études sur la perception des formes géomorphologiques, telle qu'abordée dans cette enquête, restent peu développées, il y a actuellement peu de sources de comparaison des résultats. Nous avons néanmoins trouvé certaines similitudes avec les résultats d'une enquête *in situ* auprès de randonneurs et alpinistes interrogés sur les changements paysagers en haute montagne (Moreau, 2010). Les personnes montrent certains comportements semblables quant à l'identification des formes paysagères : elles ne mettent pas forcément en lien les formes issues d'un même processus géomorphologique (effet de scission) et elles ont de la difficulté à identifier certaines formes particulières (effet de popularité, effet de l'inconnu). Si les facteurs identifiés nécessitent encore d'être confirmés par d'autres études avant de se prononcer de façon définitive sur les relations entre formes géomorphologiques et ceux qui les observent, nous pensons qu'ils peuvent néanmoins servir à estimer la saillance, du moins relative, des éléments géomorphologiques constituant un paysage. Ceci peut servir pour définir des pistes pour une meilleure prise en compte du public lors de la conception de produits géotouristiques (voir plus bas).

6.4.2 Hypothèses sur l'origine des connaissances en géosciences des non-spécialistes

Les deux indicateurs (terminologie utilisée et explication de la genèse de formes géomorphologiques) qui ont été examinés pour éclairer le niveau de connaissance géomorphologique des élèves de l'école secondaire tessinoise et des randonneurs adultes nous amènent à conclure que les connaissances sont faibles pour les premiers et moyennes pour les seconds.

En ce qui concerne les élèves, les plans d'étude tessinois de l'école secondaire en matière de géographie accordaient jusqu'ici très peu de place à l'enseignement de la géographie physique (Dipartimento dell'educazione, della cultura e dello sport, 2004). L'enseignement de la géographie physique se limitait en outre aux deux premières années du secondaire et concernait essentiellement le relief et le réseau hydrographique au niveau cantonal et national. La partie physique du territoire était ainsi reléguée au rang de point de départ pour aborder l'organisation sociale et les activités humaines s'inscrivant sur le territoire et ne constituait ainsi pas un objet d'étude en soi. Même si l'enseignement aux problématiques liées aux géopatrimoine n'est pas encore à l'ordre du jour, les plans d'étude ont néanmoins été modifiés récemment (Dipartimento dell'educazione, della cultura e dello sport, 2011) en faveur d'une plus grande intégration des questions liées à la géographie physique. Compte tenu de la formation actuelle des élèves, les initiatives de médiation liées aux thématiques des géosciences, que ce soit dans le cadre scolaire (par ex. excursion

guidée) ou familial (activités géotouristiques), représentent une réelle opportunité pour améliorer les connaissances en ce qui concerne la genèse et la transformation du paysage alpin.

Nous excluons l'hypothèse selon laquelle les connaissances des randonneurs adultes seraient meilleures en raison de l'acquisition de ces dernières au cours de cursus scolaires de niveaux supérieurs (gymnase). En Suisse, ces derniers ne se focalisent généralement pas sur des enseignements spécifiques liés au domaine géomorphologique. Comme la plupart des sujets interrogés sont des passionnés de la montagne, nous pensons plutôt que l'acquisition des connaissances se fait par la fréquentation et donc la familiarisation avec le milieu alpin et par la lecture d'ouvrages et de revues spécialisés. Vu l'expérience du milieu alpin de ces personnes, il devrait être relativement aisé d'augmenter le niveau de connaissance au moyen d'une offre adaptée aux intérêts des randonneurs.

6.4.3 Perspectives pour la cartographie géotouristique

La présente étude a mis en évidence différentes catégories d'objets en fonction de leur saillance (éléments géomorphologiques primaires, secondaires, objets non perçus) et des facteurs influençant positivement et négativement leur reconnaissance. Pour la cartographie géotouristique, les connaissances acquises permettent de développer des pistes pour une meilleure prise en compte du public. Deux approches sont envisageables.

La première consiste à concevoir les représentations cartographiques sur la base d'une **sélection préférentielle d'éléments du paysage dont la perception pose *a priori* peu de problèmes** (éléments géomorphologiques primaires). Cette piste offre la possibilité d'éliminer des éléments « superflus » qui risquent de surcharger la carte. Elle peut ainsi se concentrer sur ce que les usagers réussissent à discerner dans le paysage. Afin d'augmenter efficacement la qualité des cartes, l'intégration d'un message d'interprétation plus général, comme proposé par l'approche intégrée, est conseillée *(voir chap. 5.4),* sans quoi la cartographie géotouristique risque de rester cloîtrée dans sa conception conventionnelle.

La deuxième piste consiste à **guider le regard du public dans la découverte d'éléments moins visibles** (éléments secondaires, objets non perçus, valeurs intangibles, interrelations causales et spatio-temporelles). L'enjeu de cette deuxième piste réside dans la mobilisation de moyens d'interprétation afin de rendre visible les éléments moins accessibles. À ce propos, les facteurs influençant positivement ou négativement la perception du paysage se laissent transformer en **objectifs cartographiques** (tabl. 6.10) sur la base desquels on pourra entreprendre la conception d'une carte géodidactique. Les objectifs sont formulés de façon générale. Seule l'analyse des particularités d'un site et du contexte de mise en valeur (thèmes abordés sur d'autres supports par exemple), permettra de voir lesquels peuvent être mobilisés, lesquels nécessitent d'être adaptés et si d'autres objectifs plus appropriés émergent.

Facteurs	Objectif cartographique	Exemple
Effet de scission	Etablir le lien entre les différentes formes géomorphologiques appartenant à un même processus	Mettre en avant l'influence d'un processus géomorphologiques dans la formation du paysage (ex. traces laissées par un glacier)
Effet de dissimulation	Dévoiler le lien entre formes géomorphologiques et autres aspects du paysage (végétation, habitat, utilisation du sol)	Partir de la différence de végétation pour parler de la structure géomorphologique sous-jacente (ex. succession de différents stades de végétation dans une marge proglaciaire ou différence de végétation dans une zone karstique)
Effet de l'inconnu	Sortir les formes et processus inconnus de leur anonymat	Focaliser uniquement sur des objets peu connus
Effet de la (géo)diversité	Révéler la diversité des processus géomorphologiques	Aider à établir le lien entre les différents processus et formes
Effet de popularité	Associer les formes connues aux formes moins connues	Partir des formes connues pour parler des formes moins connues
Effet de contraste	Jouer sur les contrastes	Expliquer les facteurs à l'origine des contrastes observés (ex. pentes fortes / douces, roches foncées / claires, formes positives / négatives)

Tabl. 6.10 Objectifs cartographiques pour la conception d'une carte géotouristique.

6.5 Conclusions partielles et perspectives

L'enquête par questionnaire auprès d'élèves de l'école secondaire tessinoise et de randonneurs adultes et le traitement statistique et qualitatif des données a permis d'explorer la question de la perception et de la compréhension des formes et processus géomorphologiques, encore peu abordée dans le domaine des géomorphosites.

À travers différentes questions, nous nous sommes intéressée à l'influence de différents facteurs individuels et géomorphologiques. L'analyse des facteurs individuels donne des résultats limités puisque les caractéristiques personnelles pouvant être extraites à l'aide de questionnaires sont plutôt superficielles et générales (ex. âge, sexe, niveau de formation, intérêts et comportements généraux). En ce qui concerne la perception et la compréhension des formes et processus géomorphologiques, il n'a pas été possible d'établir de liens univoques avec les caractéristiques individuelles relevées. Des études plus approfondies et mobilisant d'autres méthodes (ex. interviews) sont indispensables pour éclairer la question.

L'enquête par questionnaire et l'utilisation des images s'est par contre révélée adaptée pour l'étude de l'influence des facteurs géomorphologiques. A partir de l'interprétation de formes individualisées par les sujets sur quatre paysages alpins, il a été possible de se prononcer sur l'occurrence d'identification des différentes formes et sur l'influence des caractéristiques géomorphologiques (hypothèses secondaires). En ce qui concerne l'occurrence avec laquelle les formes ont été sélectionnées, une classification en trois catégories a été proposée (formes géomorphologiques primaires, secondaires et objets non perçus). Suite à l'analyse de la saillance des formes identifiées, nous avons formulé des facteurs influençant positivement et négativement la perception. Ceux-ci nécessitent encore d'être confirmés par d'autres études. Au vu des résultats, la recherche de critères solides grâce auxquels un

paysage pourrait être analysé *a priori* sous l'angle de la visibilité des formes géomorphologiques devrait être poursuivie.

Beaucoup d'autres questions sont encore ouvertes. Dans notre enquête, nous avons seulement effleuré la problématique de la compréhension de la dynamique du relief naturel et de processus géomorphologiques par les non-spécialistes et pas du tout abordé les interrogations des non-spécialistes par rapport aux formes et processus géomorphologiques spécifiques et l'évolution du paysage. Il s'agit d'autant de pistes à explorer pour une meilleure prise en compte des intérêts et exigences du public dans la conception de produits géotouristiques.

7. Mise en forme graphique et didactique des cartes géotouristiques

7.1 Objectifs et bases théoriques

7.1.1 Objectifs généraux du chapitre

Ce chapitre est focalisé sur la phase de décodification de l'information cartographique. Afin d'étudier l'efficacité des différentes options graphiques et didactiques (objectif de recherche 3), nous avons réalisé différentes cartes de notre terrain d'étude, la région de Golzern en particulier. Elles sont toutes dérivées de la carte géomorphologique de base (chapitre 4).

Une première série de cartes servira à **évaluer les préférences des utilisateurs** par rapport à différents **fonds de carte et symboles représentant les formes géomorphologiques**. Une étude *in situ* a été menée auprès d'utilisateurs potentiels. Parallèlement, une **carte géodidactique** pour élèves du niveau secondaire a été réalisée sur la base de l'approche intégrée définie plus tôt dans ce travail (chapitre 5). Elle intègre plusieurs éléments didactiques ayant été appréciés par une **évaluation croisée** par **plusieurs évaluateurs** (élèves, professeurs accompagnant les élèves, évaluateur externe et nous-mêmes) et au moyen de diverses méthodes d'évaluation (questionnaires, observation participante, analyse des cartes utilisées, méthode d'évaluation pour les sentiers à thèmes).

7.1.2 Bases théoriques pour la mise en forme graphique

Dans la partie théorique (chapitre 3), nous avons vu que la qualité d'une carte dépend de la qualité de la conception, des données et de la représentation (*map design*). Après avoir dédié un chapitre à la conception d'une carte géotouristique (chapitre 5), nous abordons ici la question de sa mise en forme graphique. Dans ce qui suit, nous décrivons les différents paramètres à prendre en compte.

Le choix du fond de carte

Le fond de carte est la base de chaque représentation cartographique. Il comporte l'ensemble des informations géographiques nécessaires à l'identification de l'espace représenté par la carte et à la localisation des objets à représenter (Le Fur, 2007). Il existe une large variété de fonds de carte allant de représentations extrêmement complexes et précises (par ex. fond topographique, image satellite) à des représentations schématiques (par ex. découpage de limites administratives). Le choix du fond de carte dépend de l'échelle, du sujet traité et de la fonction de la carte. Plus il est complexe, plus son impact visuel est important et fera concurrence aux autres informations. C'est pour cette raison que les cartographes conseillent habituellement d'utiliser les fonds de carte les moins invasifs possibles, mais qui permettent tout de même de remplir la fonction de la carte (Patterson, 2000 ; Denègre, 2005). Ainsi, les autres composantes pourront être perçues avec plus de facilité (voir plus bas).

Pour l'élaboration de cartes touristiques pour les parcs nationaux américains, Kealy (1998) et Patterson (2000) formulent des recommandations pouvant faciliter le

processus de décodification par les usagers inexpérimentés. Ils suggèrent notamment de rendre la carte la moins abstraite possible et discutent les possibilités offertes par différents types de fond de carte et leur combinaison. Selon Patterson (2000) : « *Users can comprehend realistically portrayed map information relatively effortlessly without explanation (such as text and legends), so they can spend more of their limited time extracting essential information and examining spatial relationships* ».

Les composantes du langage cartographique

Comme les lettres de l'alphabet, les signes graphiques élémentaires constituent le vocabulaire de base du langage cartographique (Béguin & Pumain, 2010). Ils sont au nombre de trois : le point, la ligne et la zone (appelée polygone ou tranche en fonction des auteurs). À l'aide des variables visuelles (Bertin, 1998), il est possible de varier leur représentation (fig. 7.1). Ceci augmente considérablement les options graphiques (variations selon la taille, valeur, texture-structure, grain, couleur, orientation, forme) et attribue une signification unique à chaque élément.

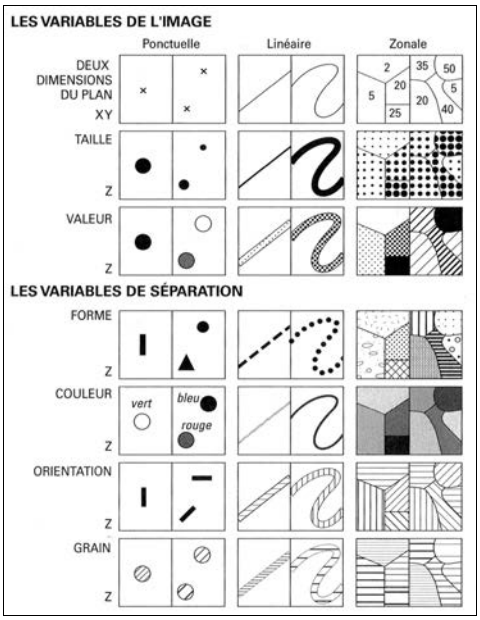


Fig. 7.1 Variables visuelles (Le Fur, 2007).

Pour une représentation ponctuelle, nous avons l'option entre des symboles conventionnels, évocateurs ou figuratifs (Denègre, 2005). Les premiers utilisent les variables visuelles pour se distinguer. La signification d'un point vert par exemple ne se révèle qu'en consultant la légende ; la compréhension de l'information qu'il véhicule n'est donc pas immédiate. Comme l'indique leur nom, les symboles évocateurs représentent de manière simplifiée l'apparence d'un phénomène. La localisation d'un aéroport peut par exemple être représentée à l'aide d'un avion, un camping à l'aide d'une tente, etc. Ce type de symbole est plus suggestif et ne nécessite pas forcément la consultation de la légende. Les symboles figuratifs représentent les sujets avec un niveau de détail important (par exemple une

personne assise à table pour symboliser un restaurant). L'avantage de ce troisième type de symbole est que l'identification de la signification est élevée, pour ne pas dire immédiate. Par contre, ils sont très encombrants et la complexité de la représentation peut brouiller la lecture (Denègre, 2005). Le point est l'élément de localisation d'un objet par excellence.

Alors que le point a surtout une connotation positionnelle, la ligne est essentiellement la limite entre deux surfaces (Bertin, 1998). Lorsqu'elle est courbe ou sinueuse, elle évoque la durée et le mouvement. On dit aussi qu'elle est prolixe. Les phénomènes naturels (cours d'eau ou littoral) sont souvent représentés à l'aide de lignes courbes. Une ligne droite est dite silencieuse et définit généralement un espace immobile. Elles sont volontiers associées aux créations humaines telles que lignes à haute tension, les téléphériques ou les voies ferrées. Sous sa forme interrompue, la ligne peut être utilisée pour véhiculer une signification d'incertitude (par ex. périmètre incertain ou provisoire), de discontinuité (par ex. un cours d'eau temporaire) ou d'abstraction (par ex. des limites administratives).

La zone désigne une partie d'un plan ayant une surface mesurable. Pour représenter une zone donnée, on peut varier de valeur, de grain et de couleur. Il n'est par contre pas possible d'utiliser les variables visuelles telle que la taille, la forme ou l'orientation puisque ceci compromettrait sa surface (Bertin, 1998).

Si sur chaque carte la légende traduit la signification exacte de chaque symbole utilisé, soit-il ponctuel, linéaire ou zonal, il est néanmoins déconseillé d'en utiliser un nombre trop important, surtout pour les cartes pour non-spécialistes (Kealy, 1998). En citant la devise « *the length of the legend is a mesure of the failure of the map* » de Duncan Fitchet (un cartographe du Service des Parcs nationaux américains), elle recommande de limiter la légende à environ 10 signes. La qualité visuelle d'une carte ne dépend cependant pas uniquement de la longueur de la légende, mais également de sa lisibilité et de sa présentation générale.

Créer un ensemble lisible et harmonieux

Afin de créer une image lisible, cohérente et harmonieuse, il convient de prendre en considération certains concepts. Nous présentons les plus importants et suggérons aux lecteurs avides de plus d'informations la lecture des ouvrages spécialisés (par exemple Wood & Keller 1996, Bertin, 1998, Brewer, 2005, Denègre 2005, Le Fur, 2007, Slocum et al., 2009).

Un premier concept fondamental est celui de la **lisibilité** de l'information. Celle-ci dépend de la facilité de percevoir les informations représentées. Pour garantir une bonne lisibilité, les différentes figures doivent clairement se distinguer les unes des autres (Le Fur, 2007). Le choix des variables visuelles est alors primordial. L'amplitude (ou la longueur) varie selon les différentes variables visuelles et peut être définie théoriquement (par ex. la variable longueur a une taille infinie). En pratique, des contraintes physiologiques limitent cependant les choix. Ainsi, l'œil humain ne peut distinguer par exemple qu'un nombre limité de tonalités d'une même couleur. La lisibilité peut également être renforcée en regroupant des éléments (par ex. selon une thématique donnée) (Denègre, 2005, Le Fur, 2007). La légende pour la cartographie géomorphologique de l'Institut de géographie de Lausanne

(Schoeneich, 1993) associe par exemple les signes d'un même processus géomorphologique à l'aide de la couleur ce qui permet de créer une identité visuelle.

Puisque les informations cartographiques sont présentées *en bloc*, une grande importance revient à la **hiérarchisation de l'information** (*visual levels*). Une bonne hiérarchisation permet de percevoir ce qui est important en premier **niveau de lecture**, les éléments secondaires en deuxième niveau et ainsi de suite par ordre décroissant d'importance. Les variables *couleur* et *taille* permettent une bonne structuration des niveaux de lecture. Ainsi, des couleurs plus saturées sont perçues avec plus de force que des teints pastels et un symbole de grande taille est le première perçu (Denègre, 2005). Il existe de nombreuses autres solutions, comme par exemple l'utilisation de contrastes et la combinaison de différentes variables.

L'habillage, c'est-à-dire la mise en forme des différents renseignements et graphismes faisant partie de la carte (titre, légende, échelle, etc.), influence également grandement la lisibilité et l'esthétique d'un document. Il s'agit de trouver une répartition spatiale harmonieuse des différents éléments afin d'attirer et de garder l'attention du lecteur. Pour définir la taille et l'emplacement des éléments, la hiérarchisation de l'information est importante ici également. Le titre par lequel le lecteur prend connaissance du sujet de la carte ne se situe pas au même niveau que l'échelle, les sources ou encore l'indication de l'orientation.

7.1.3 Bases théoriques pour la mise en forme didactique

Pour l'élaboration de la carte géodidactique de Golzern pour élèves du niveau secondaire, nous avons tout d'abord cherché à approfondir les connaissances par rapport aux différentes options didactiques qui pourraient s'adapter à la cartographie géotouristique en consultant les manuels d'interprétation du patrimoine (Moscardo, 1999 ; Beck & Cable, 2002 ; Widner Ward & Wilkinson, 2006 ; Moscardo et al., 2007) et des ouvrages concernant la didactique des sciences (Giordan & De Vecchi, 1990 ; Hertig, 2009 ; Astolfi, 2010). Elles sont résumées brièvement dans ce sous-chapitre.

Méthodes d'apprentissages

Pour chaque produit de valorisation, la mise en forme implique la recherche d'une pédagogie (Sellier, 2009) s'appuyant sur des choix plus ou moins conscients. Un domaine, dans lequel la recherche d'une pédagogie est primordiale et fait l'objet de choix explicites est le domaine scolaire. L'apprentissage se base en général sur des « modèles d'enseignement ». Dans le contexte scolaire occidental, trois modèles dominent les démarches mise en œuvre (Hertig, 2009) : les modèles transmissif, behavioriste et constructiviste. Nous en donnons les principales caractéristiques par rapport au rôle de l'enseignant, de l'apprenant et à la manière d'appréhender le processus d'apprentissage, puis nous verrons comment ils peuvent être appliqués à la cartographie géotouristique.

Le modèle transmissif confère à l'enseignant le rôle traditionnel de transmetteur du savoir. C'est lui qui détient le savoir qu'il s'agit de transmettre à l'apprenant qui n'aurait aucune idée personnelle préalable sur le sujet abordé (Astolfi, 2010). Ce modèle d'enseignement ou d'apprentissage se caractérise par un dialogue

unidirectionnel (émetteur → récepteur).

Dans le modèle beahavioriste, le savoir à transmettre est fractionné en petits morceaux qui sont présentés à l'apprenant sous forme de sous-objectifs à atteindre, lesquels sont évalués en fonction des comportements observables de l'apprenant. Cette démarche découle de la conception que les *« structures mentales de l'élève sont une* boîte noire *à laquelle l'enseignant n'a pas accès et qui cache ainsi les processus. Il va alors s'intéresser aux « entrées » (inputs) et « sorties » (outputs) de la* boîte noire » (Hertig, 2009 : 14).

Le modèle constructiviste trouve une large acceptation dans les systèmes éducatifs occidentaux depuis les années 1980 (Hertig, 2009). Il place l'élève au centre de l'apprentissage, considérant que celui-ci construit ses connaissances en transformant les informations qu'il reçoit à travers ses expériences. L'apprentissage par problème, lors duquel l'apprenant élabore le savoir par lui-même est un trait caractéristique du constructivisme.

Considérant que la cartographie géotouristique s'insère dans un contexte d'apprentissage informel, dans lequel des non-spécialistes sont confrontés à des informations (savoir = contenu cartographique) qu'il s'agit d'appréhender, on peut s'interroger sur l'application de ces trois modèles d'enseignement dans la conception d'une carte (tabl. 7.1). Selon le modèle transmissif, l'apprenant est censé s'imprégner l'information telle qu'elle est présentée par celui qui détient le savoir. Cette conception n'est pas sans rappeler les cartes géotouristiques conventionnelles qui présentant les informations dans leur globalité et de manière factuelle. Une série de cartes montrant différents aspects d'une région ou des cartes interactives où l'apprenant choisi parmi différentes thématiques peuvent être considérées comme conçues selon un modèle behaviouriste. L'information y est découpée en plusieurs unités et présentée de manière progressive. Finalement, une carte conçue selon un modèle constructiviste donnerait à l'utilisateur la possibilité d'élaborer une partie de l'information lui-même. Ceci pourrait être obtenu par exemple en proposant des exercices ou des activités permettant à l'utilisateur de faire ses propres expériences et ainsi s'approprier les informations.

Modèles d'enseignement	**Principales caractéristiques**	**Conceptions cartographiques**
Modèle transmissif	Transmission classique et unidirectionnelle du savoir	Représentation globale et factuelle de l'information *Ex. cartes géotouristiques conventionnelles*
Modèle behavioriste	Apprentissage par sous-objectifs	Présentations en série ou par unités *Ex. cartes géotouristiques interactives*
Modèle constructiviste	Construction personnelle du savoir à travers les actions sur les objets de l'environnement	Élaboration (partielle) de l'information par l'utilisateur *Ex. cartes géodidactiques intégrant une interactivité intellectuelle*

Tabl. 7.1 Application de trois modèles d'enseignement à la cartographie géotouristique.

Méthodes d'interprétation

C'est sur les travaux du psychologue Jean Piaget (1896-1980) qui a élaboré l'une des plus célèbres théories constructivistes que beaucoup d'interprètes se basent pour définir des pratiques d'interprétation pour un jeune public (Widner Ward & Wilkinson, 2006 ; Moscardo et al., 2007). Chez l'enfant, les capacités cognitives et le rapport au monde varient selon l'âge. Aussi les centres d'intérêt ne sont pas les mêmes pour des enfants en bas âge ou pour des adolescents. S'appuyant sur les différentes étapes du développement intellectuel, physique et social des enfants décrits par Piaget (1970), Widner Ward & Wilkinson (2006) et Moscardo et al. (2007) définissent chacun quatre groupes et leurs associent des pratiques d'interprétation propres (tabl. 7.2 et 7.3). Ces pratiques se différencient par rapport au niveau d'abstraction du message et aux types d'activités à entreprendre avec les enfants.

	Caractéristiques	**Pratiques d'interprétation**
Niveau 1 : 2-6 ans	égocentriques, approchent le monde avec leur sens, pensent que les objets sont vivants	programmes et activités centrés autour d'objets concrets et d'expériences personnelles, anthropomorphisation des objets pour faciliter la compréhension de concepts plus difficiles
Niveau 2 : 7-11 ans	capables de faire des raisonnements logiques simples, de classifier des objets et de comprendre des liens basiques, travaillent bien en groupe ou seul, commencent à voir le monde aussi dans la perspective d'autres personnes	découverte guidée et contact direct avec la ressource, utilisation de métaphores et analogies pour approcher la ressource de manière intellectuelle
Niveau 3 : 12-14 ans	ne se considèrent plus comme des enfants, ont acquis la logique inductive et déductive, conscients des normes sociales et de leur apparence physique	discussions des relations abstraites et concepts globaux, activités de groupes et de discussion, activités permettant aux jeunes de jouer un rôle d'adulte
Niveau 4 : adolescents	concernés par comment ils sont perçus par les personnes du même âge, se sentent *trop grands* pour jouer	ne pas s'adresser à eux comme à des enfants, les encourager à exprimer leurs opinions, sentiments et idées, activités permettant de résoudre des problèmes

Tabl. 7.2 Caractéristiques des enfants et adolescents et propositions de pratiques d'interprétation dans le cadre de visites guidées (d'après Widner Ward & Wilkinson, 2006).

Au-delà des capacités et préférences liées aux différentes étapes de développement, la **curiosité,** l'**énergie abondante** et l'envie de **découvrir avec les cinq sens** peuvent être considérés comme des caractéristiques communes à « tous » les enfants (Widner Ward & Wilkinson, 2006 ; Moscardo et al., 2007). Selon ces auteurs, il s'agit non seulement d'en tenir compte, mais également d'en tirer profit. Ainsi, la curiosité innée des enfants peut être entretenue en posant ou répondant à des questions et en favorisant la découverte de la ressource par les cinq sens. Pour

canaliser l'« énergie inépuisable », des activités qui permettent des opportunités fréquentes de mouvement conviennent le mieux.

	Caractéristiques	Pratiques d'interprétation
Pré-scolaires	actifs, désireux d'explorer, découvrent les relations cause-effet, motricité fine et durée d'attention limitée	présentation des instructions et explications par petits pas, une information à la fois, activités courtes et axées sur la découverte plutôt que sur l'explication, activités qui incluent des mouvements physiques
Enfants écoliers	actifs, désireux d'attirer l'attention des adultes, posent beaucoup de questions, capables de lire des explications simples, capacité de comprendre des séquences historiques en développement	activités de comparaison, présence d'éléments d'imagination (par ex. personnages de fantaisie)
Préadolescents	actifs et sociaux, préfèrent apprendre en groupe, peuvent lire des explications plus conséquentes mais préfèrent poser des questions, expriment leur idées et points de vue	activités de classification, mises en scène
Adolescents	l'appréciation par des pairs est importante, se déplacent généralement en groupe	opportunités de discussions de groupes, d'expériences de découverte et d'aventure *(adventure experience)*

Tabl. 7.3 Caractéristiques des enfants et adolescents et propositions de pratiques d'interprétation dans le cadre d'expositions (d'après, Moscardo et al., 2007).

Favoriser la lecture de carte et son apprentissage

Le maniement d'une carte à des buts d'orientation ou de lecture du paysage est quelque chose qui s'apprend à même titre qu'une langue étrangère ou les mathématiques (Kealey, 1998) et qui peut être favorisé à l'aide de plusieurs techniques (tabl. 7.4). La première consiste à adapter le fond de carte aux capacités cognitives du public. Sobel (1998) distingue quatre étapes d'évolution chez les enfants. Elles sont reprises par Bailey (2009) pour définir les perspectives appropriées des cartes utilisées dans le cadre de l'interprétation patrimoniale. Pour les enfants de 5-6 ans, elle recommande l'utilisation d'images, de peintures murales ou de représentations en trois dimensions qui correspondent à la visualisation de l'environnement d'une perspective frontale de cette tranche d'âge. En grandissant, la perspective avec laquelle les enfants de 7-8 ans représentent leur environnement devient oblique (comme s'ils regardaient par une fenêtre au deuxième étage) et l'utilisation de la perspective cavalière est envisageable. La vue panoramique est indiquée pour les enfants entre 9-10 ans qui apprennent à combiner la visualisation frontale et verticale. Cette perspective est souvent utilisée par les offices de tourismes (par ex. cartes été - hiver représentant la région avec son réseau des sentiers de randonnée et domaines skiables), puisque beaucoup d'adultes gardent une

préférence pour ce type de carte (Bailey, 2009). A partir de 11 ans, la capacité à s'orienter avec des cartes à vol d'oiseau émerge. Le sous-chapitre précédent a fait état des différentes possibilités de représentation des objets montrés sur une carte. Pour cet aspect, le choix devrait également se faire en fonction des compétences du public afin de permettre une bonne transition de l'information.

Une brève **introduction** sous forme textuelle peut être une stratégie pour mettre en confiance l'utilisateur d'une carte (Harrower, 2003). Elle permet de lui fournir des explications quant à l'utilisation de la carte et d'introduire les données quelle contient. Ainsi, l'utilisateur est aidé dans la découverte des informations. Une autre aide consiste à proposer des **exercices pouvant soutenir l'apprentissage de la lecture de carte et développer les capacités de décodage**. Bailey (2009) les appelle ***maptivities*** (combinaison de *map* et *activities).* Elles sont conçues pour créer des opportunités d'interaction mentale *(minds-on)* avec la carte et peuvent aider les utilisateurs à appréhender les notions telles que l'échelle, la légende, la projection, ou renforcer la compréhension du contenu cartographique (par ex. distribution spatiale). Les activités peuvent se présenter sous forme aussi variée que des mots croisés dont les réponses se trouvent en consultant la carte ou des questions complexes qui nécessitent une analyse de l'information cartographiée. Les bénéfices de cette interaction mentale dépassent la simple interaction manuelle qui permettrait à l'utilisateur d'appuyer sur un bouton pour localiser certains éléments par exemple sur un relief ou une carte murale : « *Ask your visitor to push a button that turns on a light and the visitor will look at the light. Ask a visitor a question that begs an answer and the visitor will look at the map* » (Bailey, 2009 : 78). Dans le chapitre précédent, nous avons constaté plusieurs difficultés de la part du public à percevoir certaines formes et processus géomorphologiques dans le paysage (facteurs influençant la perception des éléments, tabl. 6.9). Les *maptivities* sont un bon moyen permettant d'impliquer les utilisateurs d'une carte dans la découverte du géopatrimoine en ce qu'elles permettent de guider le regard afin de surmonter ces difficultés, par exemple en suivant l'un des objectifs cartographiques (tabl. 6.10). Un autre moyen de rapprocher la représentation de la réalité et de faciliter l'orientation est de **placer la carte dans le sens principal de la marche** puisque beaucoup de personnes associent le haut de la carte avec le mouvement en avant (Bailey, 2009). L'application de cette mesure dépend cependant de plusieurs facteurs (échelle de la carte, point de distribution, consultation simultanée d'autres cartes, etc.) et doit être évaluée au cas par cas.

Facilitateurs pour la lecture de carte
• Fond de carte adapté aux compétences cognitives du public
• Sémiologie adaptée au niveau de lecture du public
• Introduction à l'utilisation et contenu de la carte
• Exercices de lecture de carte (*Maptivities)*
• Orientation de la carte dans le sens de la marche

Tabl. 7.4 Possibilités de faciliter la lecture de carte.

Les options didactiques présentées ci-dessus sont autant de possibilités de rendre une carte géotouristique plus accessible à l'utilisateur. L'aperçu des possibilités ne peut prétendre être exhaustif et chaque concepteur de carte est bien évidemment libre (et même encouragé) à tester de nouvelles stratégies. Parmi les possibilités décrites ci-dessus, celles qui s'adaptaient le mieux à notre contexte d'étude ont été retenues pour élaborer une carte géodidactique de Golzern pour élèves de l'école secondaire afin d'en tester l'efficacité *(voir chapitre 7.3).*

7.2 Évaluation des préférences de différents fonds de carte et types de légende

7.2.1 Présentation de l'enquête

Objectif et déroulement de la recherche

La présente enquête s'intéresse aux **préférences des utilisateurs en ce qui concerne le graphisme de supports cartographiques.** L'enquête ne se limite pas aux préférences d'ordre esthétique, mais focalise avant tout sur les choix préférentiels des utilisateurs en ce qui concerne des fonctions précises des supports cartographiques, à savoir l'orientation et la représentation du paysage. L'évaluation des préférences selon ces trois aspects a été faite dans **le but d'identifier l'attractivité et la fonctionnalité de différents fonds de carte et légendes** utilisés couramment dans la cartographie géotouristique *(voir chap. 5.3)* afin de pouvoir fournir des indications pour la mise en forme graphique des cartes géotouristiques. Une série de réalisations variant les fonds de carte et la légende a donc été élaborée *(voir plus bas)* et testée au moyen d'une enquête auprès d'utilisateurs potentiels.

L'enquête a été menée *in situ*, c'est-à-dire dans la zone représentée par les cartes, pendant l'été 2010. Des randonneurs qui se trouvaient autour du Lac de Golzern (Vallée de Maderan, Uri) ont été approchés en leur demandant s'ils voulaient participer à une étude sur la lecture de cartes. Sur environ 100 personnes approchées, 75 ont participé à l'enquête.

Les participants ont suivi un processus de sélection guidé par l'enquêteur (fig. 7.2) et sur la base d'un protocole préétabli (Annexe 14). Pour commencer, les participants ont dû choisir parmi cinq cartes. Afin de focaliser sur l'influence du fond de carte (fig. 7.3), les cartes présentées à ce moment de la sélection étaient toutes munies de la légende la moins incisive au niveau visuel (fig. 7.4, Légende 1). Les participants ont sélectionné celle qui était à leurs yeux :

1. la carte la plus attrayante ;
2. la carte la moins attrayante ;
3. la carte la mieux adaptée pour l'orientation sur le terrain ;
4. la carte qui représentait le mieux le paysage.

L'entretien s'est poursuivi sur la base de ce quatrième choix. Nous postulons qu'un fond de carte qui permet une bonne représentation du paysage (effort mental minimal pour passer de la réalité à la représentation) devrait aider à réduire les

difficultés que peuvent éprouver les non-spécialistes à identifier des formes géomorphologiques dans le paysage (*voir chap. 6*).

En fonction du choix du fond de carte pour la meilleure représentation du paysage, deux autres légendes (fig. 7.4, Légende 2 et 3) ont été présentées aux personnes interrogées. Elles ont alors été invitées à déterminer parmi les trois légendes celle qui permettait le mieux d'identifier les formes géomorphologiques sur la carte.

Après ce processus de sélection, les participants ont encore répondu à des questions concernant leurs habitudes de randonnée et des déterminants sociaux. Ces informations ont été recueillies pour la recherche de facteurs explicatifs des choix opérés plus tôt dans le test. Au cours de l'entretien, les différents choix et réponses ont été notés sur la feuille de protocole (Annexe 14) afin de permettre le traitement ultérieur des données. Ces dernières ont été regroupées et soumises à des traitements statistiques en vue de déterminer les différentes préférences et les éventuels liens avec les facteurs socio-économiques. Les remarques émises par certaines personnes interrogées ont également été recueillies et utilisées pour expliquer les résultats.

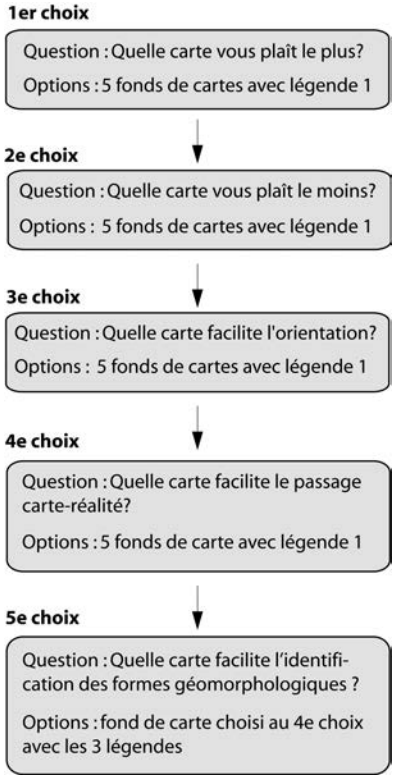


Fig. 7.2 Schéma du déroulement de l'enquête.

Au cours de l'entretien, les différents choix et réponses ont été notés sur la feuille de protocole (Annexe 14) afin de permettre le traitement ultérieur des données. Ces dernières ont été regroupées et soumises à des traitements statistiques en vue de déterminer les différentes préférences et les éventuels liens avec les facteurs socio-économiques. Les remarques émises par certaines personnes interrogées ont également été recueillies et utilisées pour expliquer les résultats.

7.2.2 Présentation du matériel test

Afin de pouvoir comparer l'attractivité et la fonctionnalité de différentes cartes, il n'est pas possible de varier tous les éléments en même temps, c'est pourquoi nous nous sommes concentrés sur deux variables, le fond de carte et la légende, et les caractéristiques graphiques principales des cartes géotouristiques analysées dans le chapitre 5.

A l'intérieur de ces deux variables, la représentation peut de nouveau prendre différentes formes. En ce qui concerne les fonds de carte une première distinction s'opère au niveau du type de fond de carte (topographique, ombrage ou autre). Un deuxième niveau de différenciation découle de la géométrie du fond de carte (2D ou 3D). Ensuite, on peut encore modifier le rendu, comme par exemple la saturation des couleurs pour une représentation hypsographique, dans les différents types de fonds de carte et géométries (troisième niveau de différenciation).

Pour la variable « **fond de carte »**, le premier niveau de différenciation semble le plus pertinent pour l'analyse par les utilisateurs. La grande variabilité des cartes géotouristique découle en effet de l'utilisation de toute une série de fonds de carte différents. La variation de la géométrie (deuxième niveau) est beaucoup moins importante puisque la grande majorité des cartes utilisent des représentations planes plutôt que tridimensionnelles (Bissig, 2008). A ce stade de la recherche, il était trop tôt pour tester les variations (subtiles) pour un même type de fond de carte (troisième niveau). Ce type de réflexion pourra être entamé, lorsque les questions fondamentales auront été abordées.

Nous avons donc repris les principaux fonds de carte utilisés dans la cartographie géotouristique pour constituer la série de cartes tests, à savoir (fig. 7.3) :

- une carte topographique au 1 : 10'000 (Topo10) ;
- une carte topographique au 1 : 25'000 (Topo25) ;
- un modèle numérique de terrain (MNT) ;
- une représentation de la couverture du sol combinée avec le modèle numérique de terrain (MNTSol) ;
- une photographie aérienne (PhotoA).

La carte géologique au 1 : 25'000 (fond de carte souvent utilisé dans les cartes géotouristiques) n'a pas pu être proposée en raison de l'absence d'un tel document pour la région d'étude.

Les cinq fonds de carte représentent des niveaux d'abstraction différents, ce qui permet d'évaluer le degré de réalisme qui facilite au mieux le passage entre la réalité et la représentation (document cartographique).

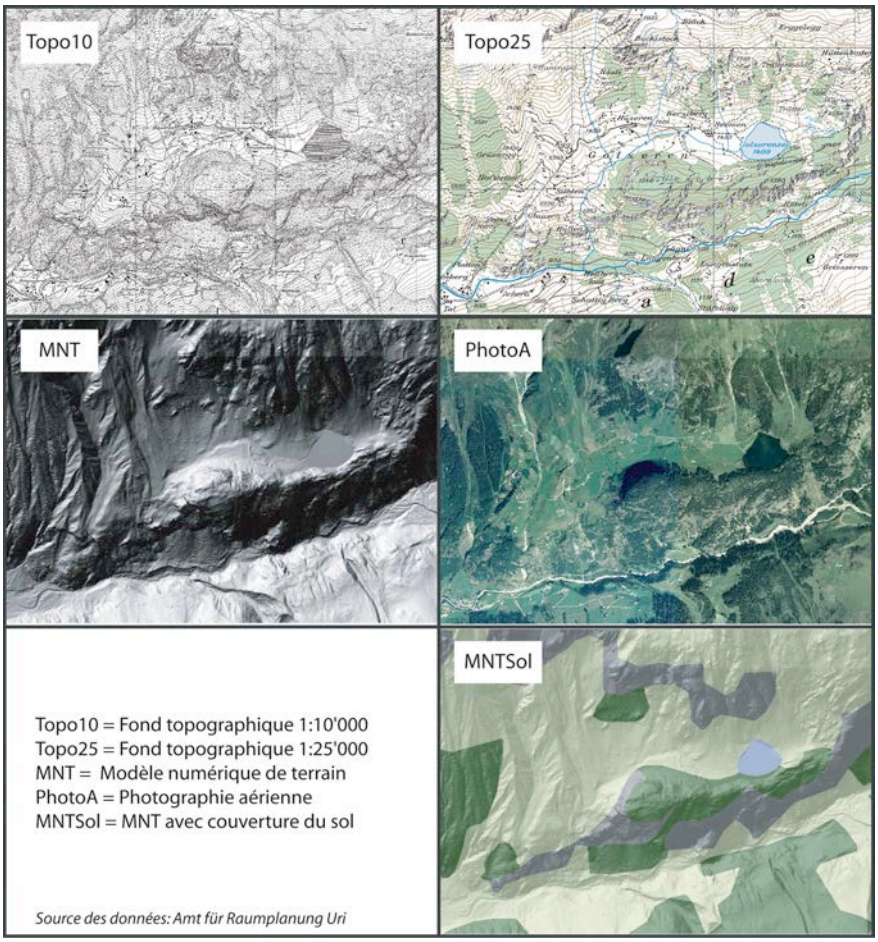


Fig. 7.3 Les cinq fonds de carte utilisés dans l'étude.

Les **symboles utilisés pour représenter l'information géomorphologique** constituent la deuxième variable testée. Sur la base des légendes généralement employées dans les cartes géotouristiques (Bissig, 2008), cette enquête reprend les trois types suivants (fig. 7.4) :

1. symboles ponctuels ;
2. symboles figuratifs (représentant les différentes formes géomorphologiques), auxquels nous avons ajouté également le périmètre afin de délimiter les formes ;
3. symboles ponctuels, linéaires et zonaux proches d'une légende géomorphologique.

Leur graphisme s'inspire des légendes ayant pu être observées dans des cartes géotouristiques (Bissig, 2008). Pour compléter les légendes, des éléments

« touristiques » (parkings, téléphériques, réseaux de sentiers, points d'intérêt) ont été ajoutés. Ces éléments ne font cependant pas partie de l'évaluation.

La combinaison des cinq fonds de carte et des trois légendes a permis de préparer un corpus de 15 cartes (Annexe 15).

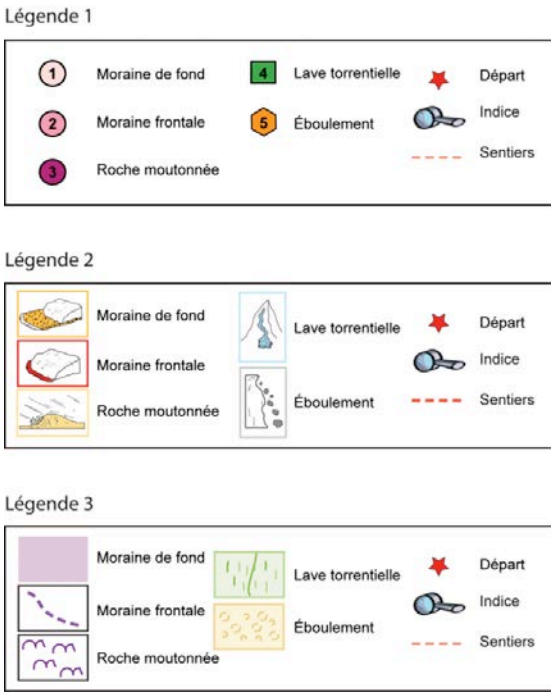


Fig. 7.4 Les trois types de légende utilisés pour l'étude.

7.2.3 Fonds de carte et types de légende préférés

Profil de l'échantillon

La population interrogée compte 75 individus. La répartition entre hommes et femmes est équivalente avec 38 individus pour la première et 37 pour la deuxième catégorie. Les individus sont âgés entre 18 et 83 ans (fig. 7.5). Comme dans l'étude sur la perception du paysage par les randonneurs adultes (Chapitre 6), la tranche d'âge entre 40 et 49 ans est la plus représentée. Ceci n'est pas très étonnant, puisqu'il s'agit du même site d'étude. Les jeunes randonneurs (< 15 ans) ont délibérément été écartés de l'enquête puisqu'un produit spécifique s'adressant à un public jeune a été testé avec des élèves *(voir chap. 7.3)*. La majorité des personnes interrogées a fait un apprentissage (53,3 %). Les personnes avec une formation supérieure (université et haute école) sont représentées à raison de 32 %. 9,3 % ont fait l'école obligatoire et 5,3 % ont obtenu une maturité.

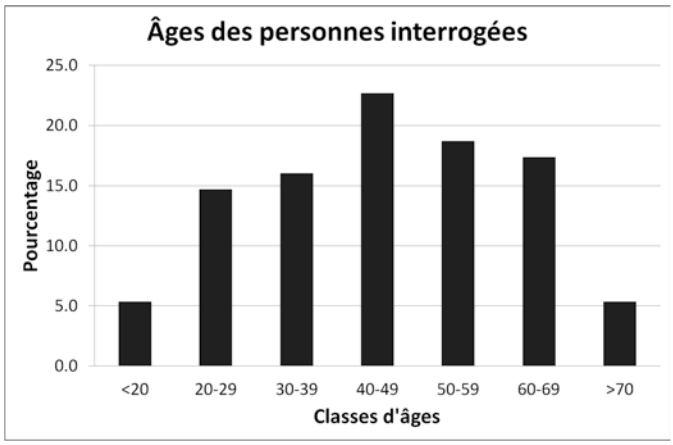


Fig. 7.5 Distribution des individus interrogés selon les classes d'âge (n = 75).

Il s'agit de randonneurs plutôt coutumiers, avec en moyenne de 5 à 10 sorties par saison (juin à septembre) et la moitié des personnes utilise fréquemment une carte, tandis que l'autre moitié n'en consulte que rarement (fig.7.6).

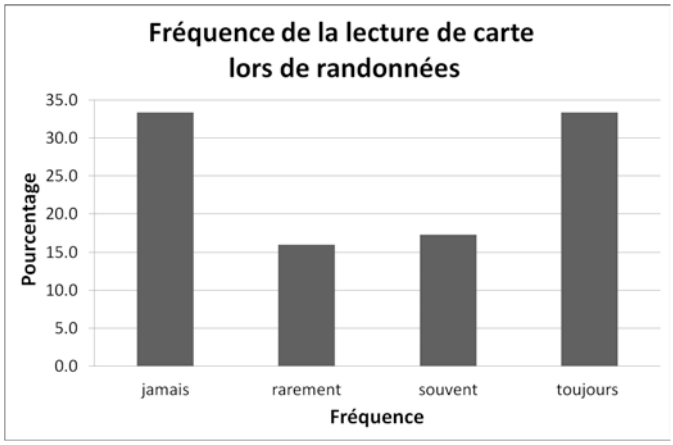


Fig. 7.6 Réponses à la question « Fréquence d'utilisation de cartes lors des randonnées » (n = 75).

Préférences concernant les fonds de carte

Le résultat concernant l'attractivité des cartes proposées est sans équivoque. Les fonds de carte Topo25 et PhotoA totalisent chacun 48 %, ce qui représente la quasi-totalité des avis. **La carte topographique est surtout appréciée pour son caractère précis et détaillé**. L'habitude de lire ce type de carte a également été citée de nombreuses fois. Les **points forts de la photographie aérienne** résident, selon les interviewés, dans **l'attrait des couleurs et dans la ressemblance avec le paysage réel**.

Les fonds de carte Topo10, MNT et MNTSol sont jugées les moins attractifs (fig. 7.7). 57,3 % ont indiqué le modèle numérique de terrain comme étant le fond de carte le moins attrayant. Ils expliquent leur choix par le manque de couleur (image sombre et triste) et l'incompréhension par rapport au contenu. Plusieurs personnes ont fait le rapprochement avec une carte lunaire ou d'une autre planète. La carte utilisant la couverture du sol comme fond n'a également pas été appréciée (29,3 %). On déplore le manque d'indications concernant les couleurs utilisées et le peu d'information qu'elle véhicule. Le fond topographique au 1 : 10'000 est au contraire rejeté (10,7 %) à cause du « trop d'information » qui rend la carte difficile à lire.

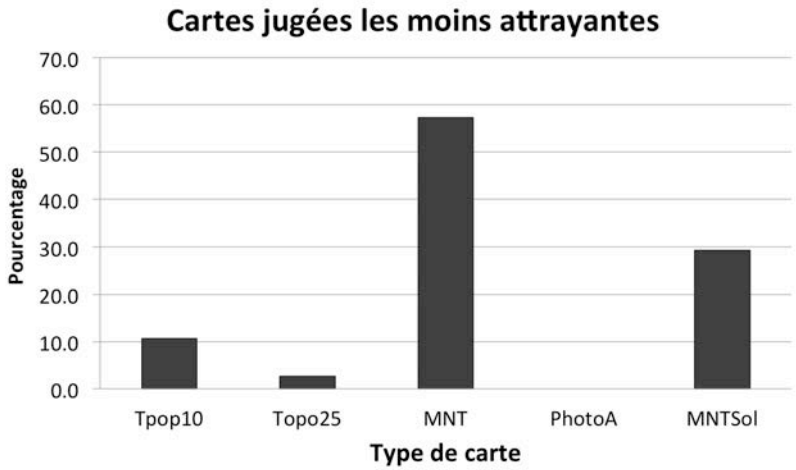


Fig. 7.7. Scores des fonds de carte ayant été jugés les moins attrayants (n = 75).

En termes de classement, l'ordre selon l'attractivité des différents fonds de carte est ainsi le suivant (du plus au moins attrayant) :

1. Topo25 et PhotoA ;
2. Topo10 ;
3. MNTSol ;
4. MNT.

En ce qui concerne son utilité, le fond de carte Topo25 fait quasiment l'unanimité en raison de sa valeur pour l'**orientation sur le terrain** et 81,3 % des interviewés l'ont choisi. La PhotoA représente la meilleure option pour seulement 14,7 % des personnes interrogées. Les trois autres fonds de carte ont été choisis une fois chacun.

La réponse à la question de la **représentation du paysage** avait une grande importance, puisque de ce choix dépendait la question suivante concernant le type de légende. Selon les personnes interrogées, **le fond de carte qui permet le mieux de faire le lien entre la représentation et la réalité est la photographie aérienne (66,7 %)**. Le niveau d'abstraction est en effet le moins important dans ce type d'image par rapport aux autres fonds de carte. Néanmoins, 25,3 % des sujets arrivent à se représenter le paysage au mieux à l'aide du fond Topo25. Les autres fonds de carte sont une nouvelle fois écartés.

Le choix du fond de carte est une question de genre. Parmi les personnes qui ont choisi le fond Topo25, 68,4 % sont des hommes. Pour la PhotoA c'est l'inverse puisque 56 % des personnes ayant choisi ce type de carte sont des femmes (fig. 7.8a). La corrélation entre sexe et fond de carte est significative (Annexe 16).

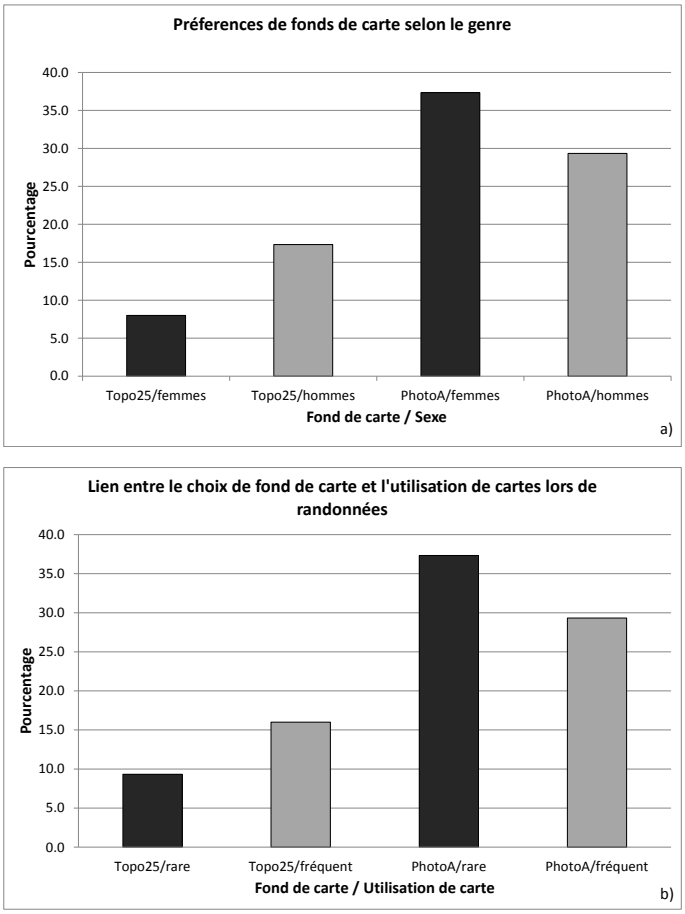


Fig. 7.8 Lien entre le choix de fond de carte et des caractéristiques individuelles : a) genre, b) fréquence d'utilisation de cartes (n = 75).

Le fait d'utiliser rarement ou fréquemment des documents cartographiques influence également le choix du fond de carte qui représente le mieux le paysage (fig. 7.8b). Les personnes ayant choisi le fond Topo25 sont le plus souvent de grands consommateurs de cartes, tandis que les personnes ayant choisi le fond PhotoA n'utilisent que rarement des cartes. Ce lien s'avère également être significatif (Annexe 16)

Préférences concernant les légendes

Sur la base du choix du fond de carte pour la représentation du paysage, trois variantes ont été proposées aux personnes interrogées (symboles ponctuels, symboles figuratifs et symboles proches d'une légende géomorphologique, fig. 7.4).

Si l'on analyse uniquement le choix de la légende, les symboles figuratifs et ceux proches d'une légende géomorphologique obtiennent un score presque similaire (50,7 % pour le premier, 42,7 % pour le deuxième). On pourrait conclure qu'elles sont appréciées de manière équivalente et que les deux représentent un bon choix, quel que soit le fond de carte. Mais lorsqu'on analyse le choix de la légende en fonction du fond de carte, des différences significatives apparaissent (Annexe 16). Ainsi, avec comme fond la photographie aérienne, c'est la légende des symboles figuratifs qui est le plus souvent sélectionnée ; avec le fond Topo25, c'est par contre la légende géomorphologique qui prévaut. La légende utilisant un symbole ponctuel pour indiquer les points d'intérêt n'est que très peu appréciée, quel que soit le fond de carte.

Combinaisons de fond de carte et de légende préférées

Un des objectifs de cette étude était de définir quel type de carte est le plus à même de favoriser la reconnaissance des formes géomorphologiques. Selon l'avis des personnes interrogées, ce serait la combinaison entre la photographie aérienne et la légende de symboles figuratifs (41,3 %) (fig. 7.9a) qui convainc le plus. 22,7 % ont choisi la photographie aérienne, mais avec la légende géomorphologique (fig. 7.9b). Suivent les cartes à fond Topo25 avec légende géomorphologique (14,7 %), et avec les symboles figuratifs (6,7 %) (fig. 7.9c et d). Ces quatre combinaisons (fig. 7.9) totalisent 85 % des scores et relèguent les autres combinaisons au second plan.

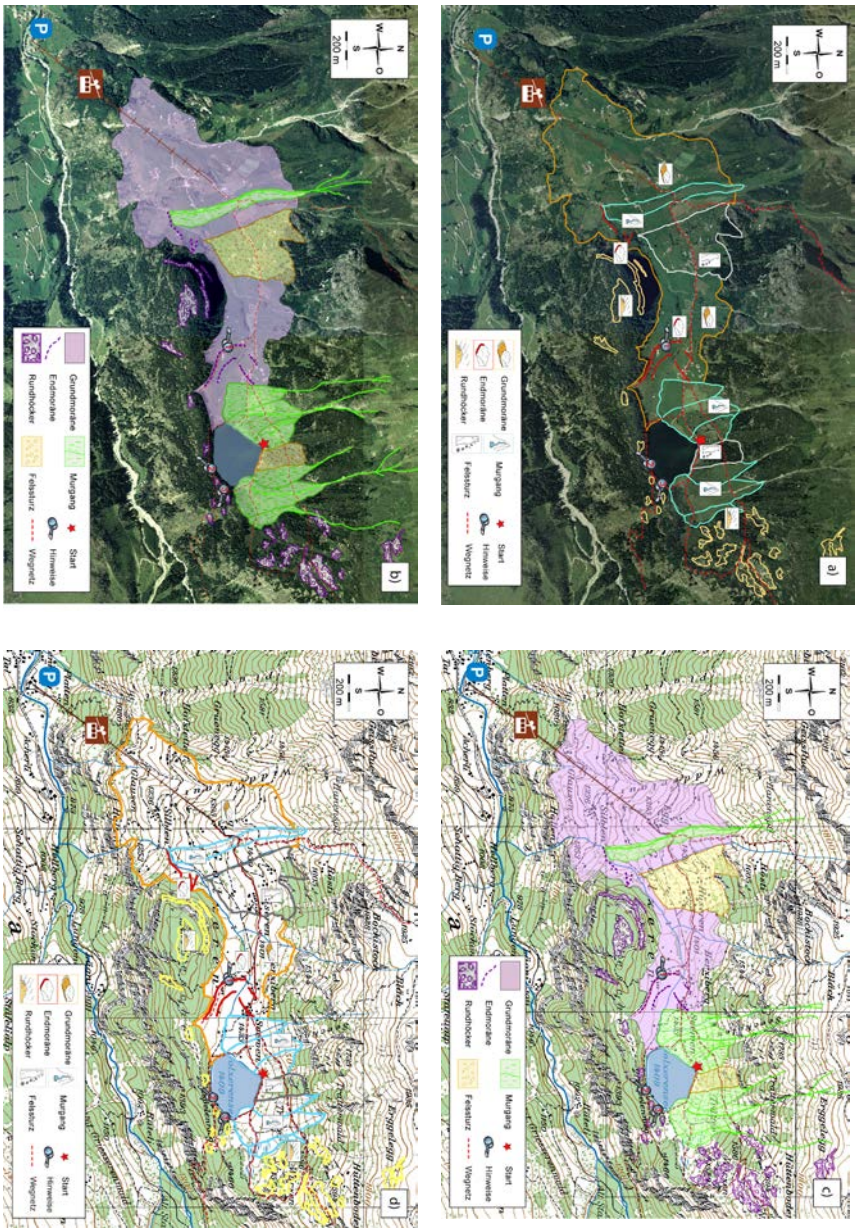


Fig. 7.9 Combinaisons de fond de carte et légendes les plus préférées : a) photographie aérienne avec légende 2, b) photographie aérienne avec légende 3, c) carte topographique avec légende 3, c) carte topographique avec légende 2.

7.2.4 Discussion des préférences

Fonds de carte

Ce qui ressort très clairement de cette étude est une **bipartition des fonds** de carte – d'une part la photographie aérienne et le fond Topo25, d'autre part le MNT, la carte Topo10 et le MNTSol – qui se retrouve pour tous les critères d'évaluation (attractivité, orientation, représentation du paysage). Le premier groupe parvient à rassembler la majorité des scores, alors que le deuxième est relégué au rôle de figurant avec des scores nuls pour certaines catégories. La grande différence d'appréciation réside, à notre avis, dans l**'habitude** du randonneur « moyen » à certaines représentations. Les fonds topographiques au 1 :10'000 étant en effet rarement utilisés pour des réalisations grand public et les modèles numériques du terrain étant encore plutôt réservés aux professionnels, il ne retiennent que faiblement l'attention de notre panel de personnes interrogées. Confrontées à ce genre de représentations, ces dernières avouent avoir de la peine à lire ce type de carte, soit parce qu'elles contiennent trop d'informations (Topo10), soit parce qu'elles n'arrivent pas à attribuer un sens à la représentation (MNT). Le deuxième élément explicatif est la **couleur**. Selon des études ayant analysé l'impact des variations de couleurs, tons de gris versus couleurs, deux effets sont apparus. Premièrement, la couleur influence la perception et les réactions subjectives des utilisateurs (Pearce & Black, 1984). C'est ce que nous avons pu constater : la prédominance de tons gris rend la représentation beaucoup moins attrayante. Deuxièmement, l'utilisation de couleurs semble avoir un impact positif sur la décodification (Robinson, 1967 ; Stringer 1974 ; Garland et al., 1979 ; Pearce & Black, 1984). Les études citées reportent de meilleures performances au niveau de l'exécution de tâches spécifiques et de la capacité à mémoriser des informations cartographiques sur la base de cartes en couleurs. Au vu de ce double bénéfice, l'emploi de couleurs semble à préférer. Pour rendre plus attractif le modèle numérique de terrain, il est possible de le combiner avec d'autres informations en couleur. Nous avons proposé une combinaison avec les surfaces du sol (MNTSol). La carte en question n'est malheureusement pas le meilleur exemple de ce type. En raison de la généralisation importante des surfaces (bases de la carte au 1 :200'000), la carte s'avère être trop schématique (par ex. toutes les surfaces boisées ne sont pas indiquées) et les limites sont peu naturelles (lignes droites). Le rendu graphique médiocre a pu influencer le choix formulé par les participants à cette étude.

Ce premier constat (bipartition des fonds de carte) a une incidence sur l'utilisation des fonds de carte. *A priori*, les fonds de carte issus du deuxième groupe sont moins adaptés à la réalisation géotouristique. Nous ne voulons pas dire par là qu'ils ne doivent être utilisés sous aucun prétexte, mais qu'il faut en faire une utilisation réfléchie, c'est-à-dire choisir un fond topographique au 1 :10'000 ou 1 :5'000 uniquement s'il apporte une plus-value par rapport à un fond moins précis et fournir à l'utilisateur les clés pour lire un MNT. Nous avons trouvé un bon exemple dans la *Carta turistico-ambientale dell'Alta Vallee delle Tagliole* (Castaldini et al., 2005c) qui dédie un petit paragraphe à ce qu'est un modèle numérique de terrain et ce qu'on peut y voir. De la même manière, il serait erroné de proclamer une utilisation équivalente des fonds de carte issus du premier groupe pour toute production

cartographique géotouristique. Au vu des résultats obtenus, le choix du fond de carte dépend fortement de l'utilisation de la carte. Dans un but de représentation du paysage pour localiser ou repérer des formes géomorphologiques, la photographie aérienne semble la meilleure option, puisqu'elle demande un moindre effort mental pour passer de la représentation à la réalité. Si la carte doit par contre également permettre une orientation précise sur le terrain en raison des difficultés topographiques, de l'étendue à parcourir ou du besoin de trouver un endroit déterminé, une carte topographique est alors plus adaptée.

Type de légende

En ce qui concerne la représentation des formes géomorphologiques, l'étude menée a également fourni quelques enseignements intéressants. Des légendes utilisant des symboles ponctuels pour localiser les points d'intérêt sont très fréquentes sur les cartes géotouristiques (Bissig, 2008). Pourtant, ce type de légende n'est que très modérément apprécié par les personnes interrogées (6,7 %). A notre avis, les indications pouvant être véhiculées par un symbole ponctuel sont trop vagues. D'une part, un tel symbole ne rend pas compte de l'étendue exacte de l'objet. Ceci est surtout gênant quand il s'agit de formes surfaciques ou linéaires comme par exemple un cône de déjection ou une moraine. Se pose alors aussi la question de la localisation du symbole sur la carte : au centre de la forme géomorphologique ? Là ou l'on observe le mieux ses caractéristiques ?

D'autre part, avec des symboles conventionnels (point), il faudra toujours se référer à la liste des objets pour avoir des indications sur ce que l'on va trouver à l'endroit indiqué. Mise à part son utilisation pour des cartes à petite échelle où la représentation de surfaces devient problématique, ce type de légende devrait être évité au profit d'une légende plus précise et explicite.

Comme le montrent les résultats, l'emploi des deux autres légendes (type géomorphologique et périmètres avec symboles figuratifs) dépend du fond de carte utilisé. Sur une carte à fond topographique, la légende de type géomorphologique s'adapte mieux, car l'utilisation de surfaces produit une image plus harmonieuse que des périmètres avec symboles figuratifs. Il faut cependant veiller à ce que les surfaces colorées de la légende géomorphologique laissent transparaître le plus possible le fond de carte (plusieurs remarques de la part des participants). Il serait intéressant de tester différentes variantes d'une légende de type géomorphologique. Un figuré brun pour représenter un éboulement ou du vert pour des laves torrentielles – tel que le préconise la légende géomorphologique de l'IGUL (Schoeneich, 1993) – n'est *a priori* que très peu intuitive pour un non-spécialiste. Le choix de couleurs et de figurés rappelant mieux la réalité (par ex. le gris avec des blocs anguleux pour un éboulement, le brun avec des blocs de différentes tailles pour les laves torrentielles) faciliterait peut-être davantage la lecture.

La légende avec périmètres et symboles figuratifs a l'avantage de délimiter de façon exacte l'objet – sans cacher le fond de carte – et de fournir une indication graphique sur son identité (type de forme). Graphiquement, elle s'adapte bien sur des fonds de carte imagés (photographie aérienne, MNT, MNT avec couverture du sol).

Influence des caractéristiques individuelles

Les caractéristiques individuelles jouent un certain rôle dans le choix des fonds de carte. On note une préférence pour les cartes topographiques de la part des hommes et personnes utilisant fréquemment des cartes lors des sorties en montagne. Les femmes et les personnes utilisant rarement des cartes penchent plutôt vers la photographie aérienne (fig. 7.8). L'âge des participants ressort dans l'appréciation de la photographie aérienne. Plus les personnes sont jeunes, plus le choix de ce type de fond de carte est important.

L'influence des caractéristiques individuelles en ce qui concerne la préférence ou la performance avec différentes cartes a également été étudiée par d'autres auteurs. L'étude de Schobesberger (2007) concernant la différence d'appréciation d'une carte en version 2D et 3D a mis en évidence des liens en fonction des paramètres « âge », « sexe », « expériences en lecture de carte », « langue maternelle » et le fait d'être droitier ou gaucher. Les cartes en deux dimensions seraient plus appréciées par des hommes et des personnes anglophones, alors que celles en trois dimensions conviennent mieux aux personnes jeunes, de sexe féminin et qui ne sont pas anglophones. Elles seraient également largement plus appréciées par les gauchers (Schobesberger, 2007). Dans l'étude de Pearce et Black (1984), les critères de l'âge, du sexe, de l'expérience en lecture de carte et de la familiarité avec la région représentée par les cartes-tests n'ont cependant pas influencé de manière significative les performances des personnes interrogées.

Recommander l'utilisation d'un fond de carte plutôt qu'un autre en fonction des préférences et critères individuels (ex. carte topographique pour un public masculin, d'âge avancé et familier avec la lecture de carte ; photographie aérienne pour un public féminin, jeune et inexpérimenté dans la lecture de carte) nous semble peu pertinent pour plusieurs raisons. D'une part, les corrélations entre préférences et caractéristiques individuelles sont peu nettes (Annexe 16) D'autre part, une telle typologie nous semble peu adaptée à la réalité du terrain dans la mesure où le public est rarement aussi fractionné. Dans la région test, le public est composé aussi bien d'hommes que de femmes de tout âge. Ceci devrait être le cas pour de nombreux autres sites à potentiel géotouristique. Nous retenons que le choix de la représentation cartographique devrait se faire en premier lieu selon la fonction de la carte.

7.2.5 Conclusions et perspectives

L'étude des fonds de carte et légendes auprès de randonneurs adultes a montré l'importance en termes d'attractivité du choix des fonds dans la production cartographique. Parmi les cinq cartes testées, deux (Topo25 et PhotoA) totalisent ensemble 96 % des votes. C'est donc un aspect important à prendre en compte. Ensuite, il faut nuancer l'utilisation de l'un ou l'autre fond en fonction du but de la carte (orientation = carte topographique, interprétation = photographie aérienne). Dans le contexte de la préparation de cartes géodidactiques, le choix de la photographie aérienne s'avère dès lors plus judicieux. La légende avec les miniatures convient à presque la moitié (41,3 %) des personnes ayant choisi la photographie aérienne. Cette combinaison est mieux à même de satisfaire une part importante de la popula-

tion de l'échantillon.

Si cette étude a pu montrer certains liens intéressants, il reste néanmoins encore beaucoup de questions ouvertes. Plusieurs pistes devraient encore être explorées avec les combinaisons de cartes les plus prometteuses (PhotoA et légende 1, PhotoA et légende 2, Topo25 et légende 1, Topo25 et légende 2) afin de répondre aux interrogations concernant :

- l'optimisation des légendes de type géomorphologique et périmètres avec symboles figuratifs (par exemple des figurés et couleurs plus réalistes pour la légende géomorphologique, coloration légère des périmètres) ;
- la facilité de reconnaissance des formes géomorphologiques dans le paysage selon le type de carte / légende ;
- l'efficacité de la transmission du message, c'est-à-dire le degré de compréhension après lecture de différentes représentations.

7.3 Evaluation de la carte géodidactique de Golzern

7.3.1 La carte géodidactique de Golzern pour élèves de l'école secondaire

Concept général

Pour élargir la recherche sur la mise en forme des cartes géotouristiques à but didactique, il a été décidé d'élaborer une carte géodidactique selon l'approche intégrée et d'en tester la décodification. Les **conditions cadres** ont été fixées en premier (tabl. 7.6). Ayant acquis des connaissances quant à la perception du paysage par un public jeune *(voir chapitre 6)*, la carte géodidactique s'adresse à cette même population, à savoir des enfants d'environ 10 à 14 ans. En ce qui concerne la fonction de la carte, elle doit en premier lieu servir d'outil d'interprétation des formes géomorphologiques de la région de Golzern. Il a été décidé de poursuivre un objectif cartographique tel que défini dans le chapitre précédent (tabl. 6.10). Au vu des caractéristiques de la région (Chapitre 4), il semblait intéressant de se focaliser sur la mise en relation des différentes formes géomorphologiques issues d'un même processus, glaciaire en l'occurrence. Une fois le patrimoine glaciaire défini comme thématique principale, nous avons cherché un message plus spécifique : révéler l'origine du Lac de Golzern. Ce message offre à la fois la possibilité de raconter l'histoire de sa création et de mettre en lien les différentes formes glaciaires de la région.

Mise en forme didactique

Après avoir fixé les conditions cadres de la carte à réaliser, il a été procédé à la **mise en forme didactique**. Au vu du public cible et des recommandations des manuels d'interprétation et de la didactique des sciences (voir plus haut), nous avons voulu créer une carte qui permette aux élèves d'être actifs dans la découverte et l'acquisition du savoir (modèle constructiviste). « *Special programs that encourage them to take on adults role can be very successful. For example, a research-assistant program where they collect, analyze, and discuss data can have a significant impact on these participants who consider themselves "too old to play"* » (Widner Ward &

Wilkinson, 2006 : 158). L'idée d'organiser un jeu de piste lors duquel les élèves vont chercher les informations a fait son chemin. Afin de donner un fil rouge au jeu de piste, nous avons créé le personnage du *Détective Géo*. C'est lui que les élèves accompagnent en tant qu'assistants pour découvrir l'énigme de la création du Lac de Golzern. Les formes géomorphologiques constituent ainsi des indices qu'il faut trouver et analyser. La carte donne la localisation des indices et des *maptivities* (exercices de lecture de carte et du paysage), guidant les élèves dans l'analyse des formes géomorphologiques (tabl. 7.5). Des explications se trouvent au verso de la carte et permettent d'obtenir des informations pour résoudre l'énigme et de compléter la légende de la carte, initialement vide. A la fin du jeu, les élèves peuvent comparer leurs solutions avec celle donnée par le détective.

La carte géodidactique de la région de Golzern se compose par conséquent d'un extrait de carte proprement dit et d'une série d'exercices et d'explications (fig. 7.10 et 7.11). Elle intègre les **éléments didactiques** suivants :

- Titre sous forme de question pour attirer l'attention et réveiller la curiosité des utilisateurs (Moscardo, 1999) ;
- Introduction annonçant la thématique et expliquant l'utilisation de la carte ;
- Conception de la carte comme jeu de piste permettant d'attribuer aux élèves un rôle actif en tant qu'assistants (Widner Ward & Wilkinson, 2006)
- Les *maptivities* (Bailey, 2009) qui guident les élèves à la fois en ce qui concerne la lecture de la carte et du paysage ;
- Approche d'apprentissage constructiviste (Hertig, 2009). Les élèves effectuent des tâches (*maptivities*) qui leur permettent de découvrir les formes géomorphologiques et d'obtenir des renseignements afin de pouvoir résoudre le mystère de la création du Lac de Golzern par eux-mêmes ;
- Variation dans les exercices (Moscardo, 1999 ; Moscardo et al., 2007). Chaque *maptivity* requiert une approche différente, axée sur les différents sens.

Dans les différentes évaluations, nous ferons référence à la carte géodidactique de Golzern (carte et annexes) en utilisant le terme *activité* ou *document* ; le terme *carte* renvoie à la partie cartographique uniquement.

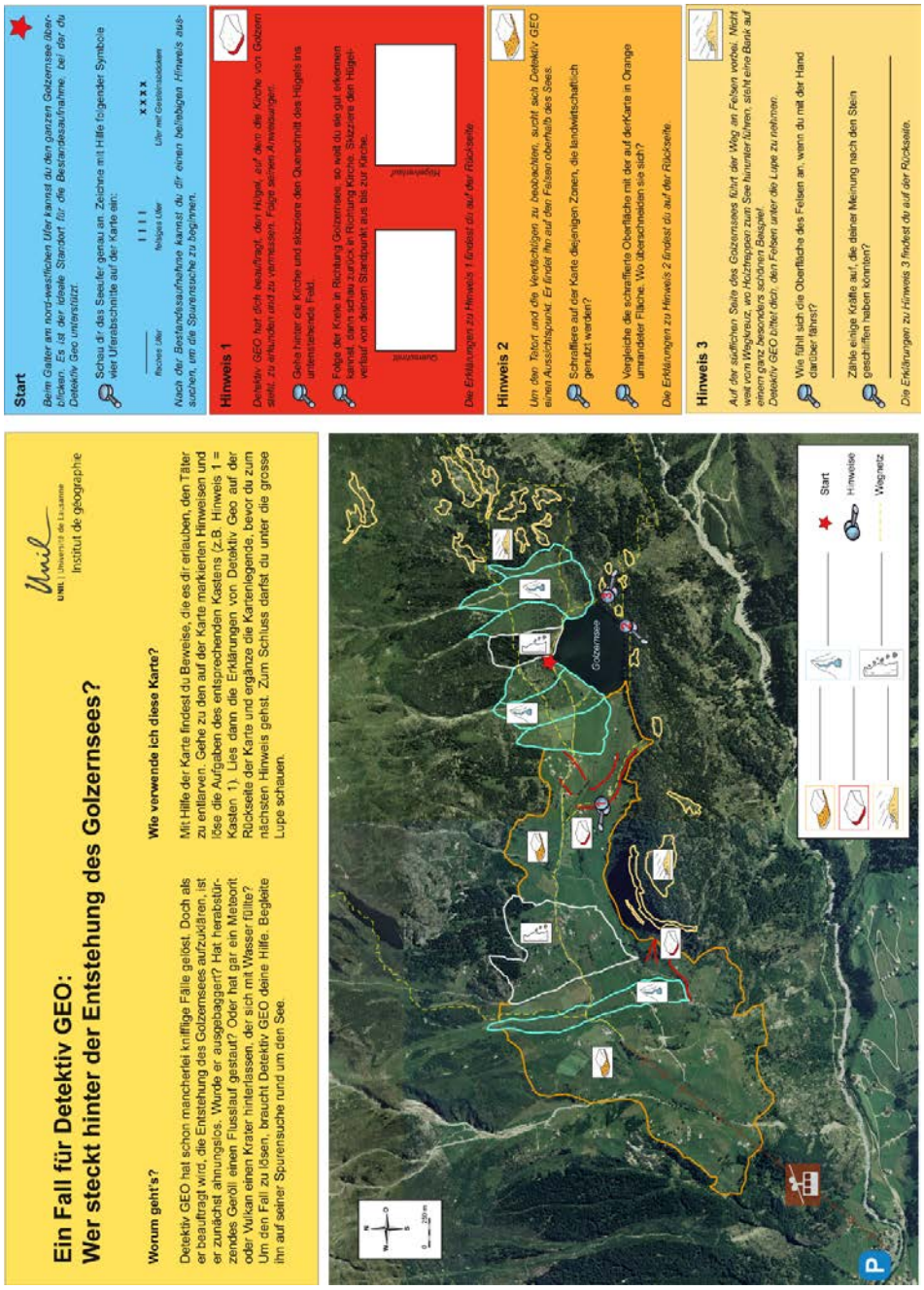


Fig. 7.10 Face recto de la carte géodidactique de Golzern.

Hinweis 1

Detektiv GEO erklärt

Du hast gerade einen Hügel vermessen, der von einem Gletscher aufgeschüttet wurde, der einst bis nach Golzern vorstiess. Zu jener Zeit war die Stelle, wo sich heute der See befindet, von einer dicken Eisschicht bedeckt und die Gletscherzunge reichte bis hierher. Beim Rückzug des Gletschers blieb das Material, welches er wie ein Bulldozer mit sich führte, hier liegen. Es zeugt heute in Form eines gekrümmten Hügels (**Endmoräne**) von der ehemaligen Ausdehnung des Gletschers.

Gletscher

Schema einer Endmoräne

Auf der Karte findest du noch andere Endmoränen, die weitere Gletscherpositionen darstellen. Je weiter talabwärts sie geformt wurden, desto alter sind sie. Die älteren Moränen sind von der Seilbahnstation aus zu sehen.

Übertrage denn Begriff „Endmoräne" in die Legende und gehe zum nächsten Hinweis.

Hinweis 2

Detektiv GEO erklärt

Eine für die Landwirtschaft geeignete Zone erstreckt sich vom Golzernsee in Richtung Seilbahnstation. In diesem Teil setzt sich der Boden aus Material zusammen, das beim Abschmelzen von Gletschern flächendeckend abgelagert wird (**Grundmoräne**). In der Tat war das ganze Gebiet von Golzern einst von einem Gletscher bedeckt. Im Golzernsee bildet die Grundmoräne eine **wasserundurchlässige Schicht, die das Versickern des Wassers verhindert.**

Schema eines Grundmoränendepot

An den Hängen ist die Grundmoräne vielerorts von Material überdeckt, welches nach dem Gletscherrückzug abgelagert wurde. Es sind vorwiegend Gesteinsansammlungen von Felsstürzen und Murgängen. Weil diese Gebiete steil und steinig sind (siehe Karte: Felssturz und Murgänge), eignen sie sich weniger gut für die Landwirtschaft.

Kartensymbole für:

Grundmoräne Felssturz Murgang

Übertrage die Begriffe „Felssturz", „Murgänge" und „Grundmoräne" in die Legende und gehe zum nächsten Hinweis.

Hinweis 3

Detektiv GEO erklärt

Vor dir hast du einen **Rundhöcker**. Im Gletschereis mitgeführtes Gestein verhält sich wie Schleifpapier, welches den Stein glättet. An der ungleichen Form der Rundhöcker kannst du die Fliessrichtung des Gletschers erkennen. Bergwärts ist er aufgrund des grossen Drucks des Eises gerundet, talwärts ergibt sich eine stufenförmige Oberfläche, da das Schmelzwasser, das unter dem Druck entsteht, gefriert und Stücke mit sich reisst. Wenn du auf dem Wegstück vor und zurück läufst, kannst du diese asymmetrische Form erkennen.

Gletschereis

Fliessrichtung

Schema zur Entstehung von Rundhöcker.

Es ist anzunehmen, dass auch unter der Wasseroberfläche des Golzernsees Gletscherschliffe zu finden sind, da das ganze Gebiet früher unter einer dicken Eisdecke lag.

Weitere Rundhöcker in Grossformat findest Du nord-östlich des Sees. Sie können vom kleinen Moor aus (stufenförmig Seite) und auf dem Weg zur Windgallenhütte (abgerundete Seite) gut beobachtet werden.

Zeichne auf der Karte mit einem Pfeil die Fliessrichtung des ehemaligen Gletschers ein und übertrage den Begriff „Rundhöcker" in die Legende.

Wer steckt hinter der Entstehung des Golzernsees?

Alle Beweise, die du zusammen mit Detektiv GEO gesammelt hast, stammen vom gleichen Verdächtigen: einem Gletscher. Doch woher kam er und in welchem Zusammenhang steht er mit dem See?

Der Gletscher, der auf Golzern seine Spuren hinterliess, erstreckte sich vor ca. 15'000 Jahren von der Grossen Windgallen her in Richtung Seilbahnstation. Im Gebiet des Golzernsees wurde er zwischen dem Hang und dem Geschel (bewaldeter Felsriegel) eingekeilt und höhlte eine Mulde aus. Beim Rückzug hinterliess der Gletscher End- und Grundmoränen, welche das Abfliessen des Schmelzwassers hemmten. So entstand in der Mulde ein sogenannter Gletschersee. Heute wird er hauptsächlich von einem kleinen Bach und einer unterirdischen Quelle gespiesen. Der Gletscher der für die Entstehung des Sees verantwortlich ist, ist seither bis weit oberhalb der Windgallenhütte zusammengeschmolzen. Er trägt den Namen Stäfelifirn.

Gletscherseen kommen in der ganzen Schweiz und in verschiedenen grössen vor. So sind zum Beispiel auch der Vierwaldstätter-, der Boden- und der Genfersee Gletscherseen.

In diesem Schema findest du die einzelnen Gletscherformen, die du angeschaut hast, in ihrer ursprünglichen Position zum Gletscher.

Gletschermulde (See)

Endmoräne

Grundmoräne

Rundhöcker

Längsschnitt eines Gletschers.

Fig. 7.11 Face verso de la carte géodidactique de Golzern.

Indices	Objectif	*Maptivity*	Explication
Exercice de départ	Se familiariser avec l'endroit	Observer les rives du lac et dessiner avec une légende proposée les différentes sections	Pas d'explication
Indice 1	Mesurer la moraine frontale	a) Réaliser une coupe topographique transversale de la moraine b) Marcher le long de la moraine et dessiner sa forme générale	Informations relatives à la position passée du glacier
Indice 2	Observer l'extension de la moraine de fond	a) Délimiter sur la carte les zones agricoles b) Comparer les zones délimitées avec le périmètre indiqué de la moraine de fond	Formation et extension de la moraine de fond. Processus géomorphologiques ayant couvert la moraine de fond par endroits.
Indice 3	Décrire une roche moutonnée	a) Toucher et décrire la surface d'une roche moutonnée b) Réfléchir aux forces qui ont pu polir la roche en question	Mécanisme du polissage glaciaire

Tabl. 7.5 Description des différents maptivities et explications.

Mise en forme graphique

Les décisions concernant la mise en forme graphique de l'extrait de carte (fig. 7.12) ont été prises avec pour objectif de renforcer le plus possible l'identification des formes géomorphologiques et de soutenir l'orientation. Les options suivantes ont été prises afin de faciliter la lecture de la carte et du paysage :

- Choix d'un fond de carte (photographie aérienne) à faible niveau d'abstraction pour faciliter le passage entre la réalité et la représentation et vice versa ;
- Concentration de l'extrait de la carte sur la zone parcourue pour permettre le plus possible d'agrandir l'échelle et réduire le facteur de conversion entre réalité et représentation ;
- Représentation des formes du relief en utilisant des périmètres qui indiquent l'étendue des différentes formes et des symboles figuratifs permettant la visualisation des formes géomorphologiques ;
- Localisation des points d'observation (indices) ;
- Dessin des sentiers pédestres principaux (peu visibles sur le fond de carte choisi) ;
- Indication des principaux éléments touristiques (parking et téléphérique).

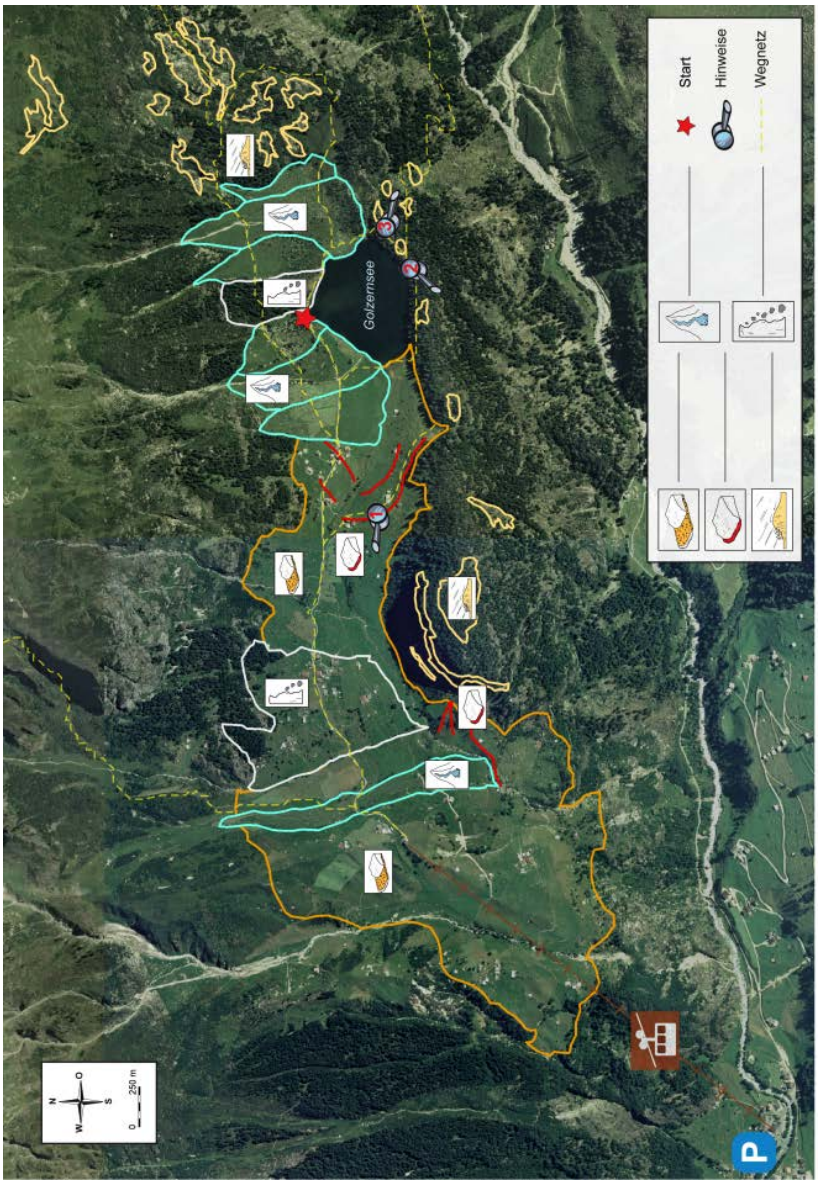


Fig. 7.12 Extrait de carte proposé dans la carte géodidactique de Golzern (la légende doit être complétée au cours de l'activité).

Des informations textuelles et visuelles donnent des indications pour la **navigation dans le jeu.** Au niveau textuel, un premier cadre expose le titre, le jeu et l'utilisation de la carte et ses annexes (*maptivities* et explications). Après avoir consulté la carte, il s'agit d'aller au point de départ et suivre les différentes indications du *Détective Géo* qui guide les assistants (élèves) d'un indice à l'autre en passant par les différentes explications. Quand la légende est complétée, la solution peut être découverte.

Des éléments visuels renforcent les liens entre les différentes parties du document. Ainsi, un code de couleurs relie l'introduction à la solution et les *maptivities* aux explications et un code de symboles – qui reprend les figurés de la légende – permet de faire le lien entre la carte et les *maptivities* et explications.

	Critères	***Question guide***	***Choix***
Conditions cadres	*Utilisateur*	Quel est le public visé?	Elèves du niveau secondaire 1 (env. 10-14 ans).
	Fonction	Quelle est la fonction de la carte?	Révéler le patrimoine glaciaire de la région de Golzern (fonction d'interprétation), en particulier le lien entre les différentes formes glaciaires (objectif cartographique).
	Contenu	Que va-t-on communiquer avec la carte?	La carte doit permettre de répondre à la question : Comment le lac de Golzern a-t-il été créé ?
Mise en forme graphique	*Complexité*	Quel degré de complexité est désiré / requis ?	*Informations touristiques:* Puisque la carte est conçue comme activité didactique, les éléments touristiques sont réduits au minimum. Ils ont avant tout la fonction de faciliter l'orientation. *Informations scientifiques:* Les usagers sont des novices (faibles connaissances en sciences de la Terre). Il suffit de représenter de façon simple les formes essentielles à la transmission du message général. Les formes qui ne sont pas en lien direct avec celui-ci ne sont pas représentées.
	Échelle	Quelle est la zone à couvrir et la représentation des géomorphosites souhaitée?	La région à couvrir est d'environ 2 km^2. Afin de permettre une identification précise des formes géomorphologiques, l'étendue de ces dernières va être délimitée. Une carte à grande échelle s'impose.
	Fond de carte	Comment représenter la topographie ?	La photographie aérienne a été choisie comme fond de carte pour plusieurs raisons: - réduire l'écart entre la réalité et la représentation (niveau d'abstraction faible) ; - faciliter l'identification des formes géomorphologiques ; - permettre une bonne orientation générale.
	Graphisme	Comment produire des cartes belles et compréhensibles ?	Recherche d'une unité et de liens entre les différentes composantes de la carte à l'aide d'un code de couleurs et de symboles.
Considérations pratiques	*Condition d'emploi*	Dans quel contexte la carte va-t-elle être utilisée?	La carte doit être facilement maniable puisqu'il 'y a des informations des deux côtés et qu'il faut à plusieurs reprises tourner la carte (pas trop grand). Elle doit également être assez résistante pour pouvoir dessiner dessus (*maptivities*).
	Budget	Comment répartir efficacement le budget ?	Non défini (prototype élaboré dans le cadre de la thèse).

Tabl. 7.6 Application des lignes directrices pour la carte géodidactique de Golzern.

7.3.2 Structure de l'étude

L'objectif général de l'évaluation de la carte géodidactique de Golzern est de tester la contribution des différents moyens didactiques en ce qui concerne la phase de décodification. Pour obtenir des informations à ce sujet, la carte a été soumise à une évaluation croisée impliquant différentes personnes et méthodes d'enquête :

- évaluation par les utilisateurs (questionnaire) ;
- évaluation par les enseignants (questionnaire) ;

- évaluation par l'auteur (observation participante et analyse du matériel test) ;
- évaluation par un évaluateur externe selon une méthode pour des sentiers à thèmes.

Les différents objectifs et méthodes de recherche sont décrits dans les sections correspondantes.

Initialement, il était prévu de faire tester la carte par de jeunes randonneurs approchés autour du Lac de Golzern. A cet effet, entre 50 et 60 cartes ont été distribuées un week-end en juillet 2010. Des boîtes étaient installées à plusieurs endroits pour que les *testeurs* puissent rendre la carte et un questionnaire qui avait été joint. Malgré l'enthousiasme initial des participants (la plupart des familles approchées semblaient en effet intéressées par le projet et n'ont pas hésité à prendre le matériel proposé), cette enquête n'a pas donné le résultat espéré. Très peu de cartes et questionnaires ont été rendus à la fin des deux journées tests. En raison de ce faible taux de retour, il a été décidé de changer la méthode de récolte des données. Nous avons alors contacté onze établissements scolaires des communes proches de la Vallée de Maderan (Uri, Suisse) afin de trouver des classes tests. Six enseignants de quatre établissements se sont finalement mis à disposition pour effectuer le test avec leurs classes (tabl. 7.7). Quatre classes ont réalisé l'activité dans le cadre de leur *Bergtag*, course d'école organisée au début de l'année scolaire. Une classe a intégré le test de la carte géodidactique de Golzern dans le programme de géographie en tant que leçon en plein air. En raison d'une météo défavorable, le test avec la sixième classe a finalement dû être annulé.

Nous avons profité de la présence des enseignants pour leur soumettre un questionnaire visant à évaluer la carte géodidactique de Golzern de leur point de vue de spécialistes des aspects didactiques. Ils ont pu se prononcer sur la qualité des *maptivities*, des explications et du contenu cartographique.

Pour diriger la procédure d'évaluation des élèves et des enseignants, nous étions sur place au moment des différents tests et avons accompagné les élèves dans la découverte de la région de Golzern à l'aide de la carte géodidactique. Nous avons saisi l'occasion d'observer attentivement le comportement des élèves concernant l'utilisation de la carte pour examiner l'interaction des élèves avec le matériel test. Ce dernier a été rendu à la fin du processus d'évaluation. Nous avons alors pu examiner comment les élèves avaient effectué les différents exercices et à quel point il y avait eu transfert du message principal.

Finalement, une personne a évalué le sentier selon la méthode pour l'évaluation de sentiers à thèmes (Regolini & Martin, 2010). Cette méthode prend en compte différents paramètres tels que la qualité du site, le contenu scientifique et didactique du produit ainsi que sa mise en forme et la gestion du public. Cette évaluation permet d'avoir un avis global sur la carte géodidactique de Golzern.

Etablissement scolaire	Âge des élèves	Nombre d'élèves	Cadre du test	Type d'évaluation
Primarschule Bristen	10-11	14	Randonnée	Questionnaires élèves Questionnaire enseignants Analyse du matériel test
Oberstufe Bürglen	13-15	16	Randonnée	Questionnaires élèves Questionnaire enseignants Observation participante Analyse du matériel test
Kollegi Karl Borromäus	12-14	20	Randonnée	Questionnaires élèves Questionnaire enseignants Observation participante Analyse du matériel test
	12-14	20	Randonnée	Questionnaires élèves Questionnaire enseignants Observation participante Analyse du matériel test
Oberstufe Silenen	11-14	18	Leçon en plein air	Questionnaires élèves Questionnaire enseignants Observation participante Analyse du matériel test
Total		88	Randonnée (4) Leçon en plein air (1)	Questionnaires élèves (5) Questionnaire enseignants (5) Observation participante (4) Analyse du matériel test (5)

Tabl. 7.7 Classes test, conditions et méthodes d'évaluation de la carte géodidactique de Golzern.

7.3.3 Evaluation par les utilisateurs

Objectifs de l'évaluation par questionnaire

L'objectif général de l'enquête auprès des utilisateurs est de savoir si la carte géodidactique est adaptée au public visé, c'est-à-dire si l'activité qu'elle propose suscite de l'intérêt et si les informations cartographiques et relatives aux *maptivities* et explications sont comprises. Le questionnaire (Annexe 17) soumis aux élèves évalue les trois aspects suivants :

- la difficulté des *maptivities* et des explications ;
- la compréhension du contenu cartographique ;
- l'appréciation générale de l'activité.

Trois questions fermées invitaient les élèves à se prononcer sur la difficulté des *maptivities* et la difficulté et la complexité des explications. Les réponses à ces questions étaient prédéfinies, soit *trop simple*, *trop difficile* ou *adéquat* en ce qui concerne la difficulté, soit *pas assez précis*, *trop complexe* ou *adéquat* en ce qui concerne la complexité. Une quatrième question demandait aux élèves de juger s'ils avaient appris ou non quelque chose au cours de l'activité.

Le contenu cartographique a été évalué selon sa fonction d'aide à l'orientation pour se déplacer et trouver les indices et son rôle de support à la lecture du paysage. Les deux fonctions ont été jugées à l'aide d'une question fermée.

Pour l'appréciation générale de l'activité, les élèves ont pu s'exprimer en choisissant parmi des mots-clés (appréciation qualitative) et en attribuant une note entre 1 et 6 (1 = insuffisant, 6 = très bien) à l'activité (appréciation quantitative). Ils ont également pu suggérer d'éventuelles améliorations.

Déroulement de l'enquête

Après une introduction générale sur la Vallée de Maderan (UR) par nos soins ou par l'enseignant, le matériel test a été distribué aux élèves. Afin d'éviter des rassemblements trop importants sur les lieux des différents indices, la moitié de la classe a réalisé l'activité en suivant les indices 1-3, l'autre moitié dans les sens inverse (3-1) (fig. 7.12). Les élèves ont été invités à former des groupes de deux et à suivre de la manière la plus autonome possible les instructions. Une personne adulte a accompagné les élèves dans chaque direction afin de pouvoir intervenir en cas de besoin. A la fin de l'activité, les élèves se sont retrouvés au point de départ. Après avoir rendu la carte, le questionnaire leur a été distribué (un par personne). Au retour de tous les questionnaires, l'activité a été close par une petite explication et quelques illustrations complémentaires.

Informations générales

Sur les 88 élèves ayant testé la carte géodidactique de Golzern, 57% sont des garçons et 43 % des filles. Leur âge est compris entre 10 et 15 ans (environ la moitié des élèves ont 12 ou 13 ans). Selon les paires d'élèves, l'activité proposée par la carte a duré entre 30 et 80 minutes. La moyenne se situe autour de 75 minutes. Le remplissage du questionnaire a duré environ 10 minutes.

Appréciation des maptivities *et des explications*

Dans l'ensemble, les réponses aux questions relatives aux *maptivities* et explications sont satisfaisantes puisque la majorité des élèves a jugé **le niveau de difficulté et de complexité des *maptivities* et des explications approprié et plus de la moitié disent avoir appris quelque chose** (tabl. 7.8). La part relativement importante de réponses manquantes concernant la difficulté et la complexité des explications (21-25 %) s'explique par un souci de mise en forme du questionnaire. Les deux aspects étaient regroupés dans une seule question (a et b), ce qui a posé problème aux élèves. Certains d'entre eux ont uniquement répondu à l'un ou l'autre aspect.

	Trop simple	Trop difficile	Adéquat	Pas de réponse
Niveau de difficulté des *maptivities*	23 %	8 %	67 %	2 %
Niveau de difficulté des explications	9 %	23 %	43 %	25 %
	Pas assez précis	**Trop complexe**	**Adéquat**	**Pas de réponse**
Niveau de détail des explications	1 %	23 %	55 %	21 %
	Oui	**Non**		**Pas de réponse**
Gain de connaissance	65 %	25 %		10 %

Tabl. 7.8 Résultats de l'évaluation des maptivities et explications par les élèves.

Appréciation du contenu cartographique

La grande majorité des utilisateurs déclare avoir su décoder les informations cartographiques avec succès (tabl. 7.9). En effet, 81 % des élèves disent n'avoir eu aucune difficulté à s'orienter sur le terrain et à reconnaître les formes géomorphologiques dans le paysage à l'aide de la carte. Les résultats issus des autres évaluations (observation participante et avis des professeurs) viennent cependant nuancer quelque peu cette auto-évaluation. La formulation personnelle des questions ayant amené les élèves à s'exprimer indirectement sur leur capacité à lire une carte et à reconnaître des éléments dans le paysage a pu influencer ces résultats (Question originale : Est-ce que tu as pu facilement t'orienter, respectivement reconnaître les éléments paysagers, à l'aide de la carte ?). Une formulation plus axée sur l'objet aurait peut-être évité ce biais, mais rendu la question plus compliquée (formulation alternative : Est-ce que la carte t'a permis de t'orienter, respectivement de reconnaître les éléments paysagers ?).

	Sans problèmes	Avec quelques difficultés	Pas de réponse
Orientation à l'aide de la carte	81 %	16 %	3 %
Reconnaissance des formes géomorphologiques à l'aide de la carte	81 %	18 %	1 %

Tabl. 7.9 Résultats de l'évaluation du contenu cartographique par les élèves.

Appréciation générale de l'activité

Pour juger de l'intérêt général de l'activité, les élèves ont dû choisir des mots-clés parmi trois paires antagonistes : intéressant/inintéressant, captivant/ennuyeux, varié/répétitif. Des problèmes structuraux du questionnaire (plusieurs lignes de réponses pour une même question) ont affecté cette appréciation qualitative générale. La plupart des élèves ont en effet choisi un seul mot-clé parmi les six proposés au lieu d'en choisir un par paire de mots-clés. De ce fait, les pourcentages ont été calculés sur la base du nombre de réponses pour chaque paire et non du nombre total des élèves. Ces pourcentages partiels (fig. 7.13) indiquent que **l'activité est jugée intéressante et variée, mais plutôt ennuyeuse**.

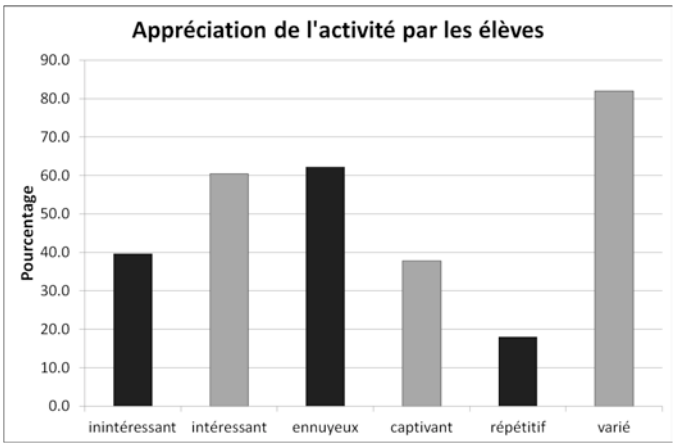


Fig. 7.13 Appréciation des élèves en ce qui concerne l'intérêt de l'activité proposée par la carte géodidactique de Golzern (n = 88).

L'appréciation quantitative n'a posé aucun problème aux élèves puisque la gradation leur est très familière (= système d'évaluation scolaire du canton d'Uri). **L'activité reçoit une note moyenne de 4,2**. Les différences entre les classes sont cependant importantes (moyennes entre 3,2 et 5,1). Il s'avère que l'appréciation générale est influencée par les conditions dans lesquelles le test a été effectué Les bons résultats ont été obtenus dans les classes qui faisaient l'activité comme leçon en plein air et au début de la journée d'excursion. Les mauvais résultats proviennent des classes ayant testé l'activité dans l'après-midi et après une randonnée. Nous attribuons ces variations dans le jugement général à la motivation des élèves au moment du test. Dans les cas où celui-ci a été proposé comme alternative à la leçon classique en salle, la motivation des élèves est intacte. Il en est autrement pour les élèves qui ont effectué l'activité dans le cadre d'une randonnée. Alors qu'ils sont encore réceptifs le matin, l'appel à la baignade et à la détente en fin d'après-midi et après une randonnée est plus important que celui de la découverte.

Propositions d'amélioration de la part des utilisateurs

De nombreux élèves ont fait usage de la possibilité de suggérer des propositions pour améliorer la carte géodidactique de Golzern.

Au niveau de l'activité, la remarque la plus récurrente concerne son attractivité. « *Man könnte es viel spannender gestalten* », trouve cet élève en exprimant le souhait partagée par treize collègues de **rendre l'activité plus captivante**. Ils sont également plusieurs à demander **d'avantage d'indices** (12 cas). Les remarques demandant de préciser les *maptivities* et de simplifier les explications sont relativement rares (2 à chaque fois). Les distances à parcourir en général ou entre les différentes indices sont jugée trop longues par sept élèves. En même temps, certains élèves expriment l'avis contraire. Pour une meilleure orientation sur le terrain, les améliorations proposées vont dans le sens d'un balisage des sentiers et des indices (2 suggestions). Finalement, il est aussi intéressant de relever que sept élèves pensent que rien n'a besoin d'être modifié.

Synthèse de l'évaluation par les utilisateurs

Le test de la carte géodidactique de Golzern par les utilisateurs a permis de rassembler les avis des personnes directement concernées par le produit. Ce sont elles qui sont le mieux à même d'évaluer la difficulté des *maptivities* et des explications et de juger de l'intérêt général. Dans la présentation des résultats, nous avons évoqué plusieurs biais (formulation de certaines questions, motivation) qui nécessitent de nuancer certains énoncés, sans pour autant remettre en question la validité de l'évaluation.

L'évaluation de la carte géodidactique de Golzern par les élèves n'a pas mis en évidence de défauts de conception graves puisque la majorité des utilisateurs concernés a jugé le niveau de difficulté des *maptivities* et explications adéquat et les informations cartographiques compréhensibles. Des modifications apportées aux textes et aux illustrations des explications devraient toutefois permettre de clarifier le contenu afin de rendre les explications accessibles au plus grand nombre.

L'aspect qui demande le plus à être modifié est l'attractivité générale de l'activité, jugée intéressante et variée mais ennuyeuse. Nous ne disposons malheureusement pas d'informations précises quant aux raisons de ce jugement, mais supposons qu'il faudrait renforcer le lien entre l'histoire générale *(Détective Géo)* et la découverte des différents indices ainsi qu'améliorer l'habillage de la carte, par exemple en cachant non seulement la solution, mais également les différentes explications. Des enquêtes supplémentaires (par exemple suite à des entretiens collectifs avec des élèves) pourraient éclairer sur les possibilités d'amélioration pour rendre l'activité plus ludique.

7.3.4 Evaluation par les enseignants

Objectifs et déroulement de l'enquête

Les avis des enseignants ayant accompagné les classes lors du test de la carte géodidactique de Golzern ont été récoltés à l'aide de questionnaires (Annexe 18) à la fin de l'activité. Les répondants (au nombre de 8) ont été invités à se prononcer sur le matériel test en fonction des observations faites par rapport au comportement du public cible lors de l'activité. A ces fins, le questionnaire reprend certaines questions qui ont été posées aux élèves. Il s'agit des questions concernant l'évaluation des *maptivities*, des explications, du contenu cartographique et de l'attractivité de l'activité. Ce questionnement croisé permet de confronter les opinions et de déceler d'éventuels problèmes. D'autres questions ont été posées uniquement aux enseignants. Elles visent à approfondir les connaissances concernant la qualité de la carte, le mérite des illustrations et explications et l'apport global de l'activité en termes de nouvelles connaissances.

Comparaison des évaluations des enseignants et des élèves

La comparaison des évaluations des *maptivities* et explications par les élèves et les enseignants montre que les avis concordent. Le niveau de difficulté des *maptivities* ainsi que celle des explications est jugée adéquate par les deux parties. Additionnellement, interrogés sur le nombre et la durée des *maptivities*, les enseignants s'expriment également positivement : elles sont en nombre approprié et ne demandent ni trop, ni trop peu de temps.

Des différences apparaissent sur le plan de l'utilisation de la carte. Alors que 81 % des élèves affirment n'avoir eu aucun problème d'orientation, cinq des huit enseignants disent avoir dû aider les élèves à s'orienter. Ils sont également la moitié à noter que les élèves n'ont pas systématiquement repéré les formes géomorphologiques à l'aide uniquement de la carte. Seuls 18 % des élèves admettent avoir eu des difficultés à cet égard.

Le **manque d'enthousiasme** de la part des élèves n'a pas échappé aux enseignants. Ils confirment que les élèves trouvaient l'activité plutôt ennuyeuse, mais n'attribuent pas ce constat uniquement à la conception de celle-ci. Les enseignants évoquent entre autres les conditions cadres du test (randonnée) et la dynamique de groupe qui a joué un rôle important. Pour les élèves de l'école primaire de Bristen, l'enseignant responsable explique le manque d'intérêt par le fait que les élèves connaissent trop bien les lieux. Le départ du téléphérique pour rejoindre Golzern se situe en effet dans le village de Bristen (voir Chapitre 4). Il semblerait que le Lac de Golzern n'ait plus de mystères pour les habitués de la région et qu'il faudrait mettre en place des moyens plus sophistiqués pour leur faire découvrir une région déjà connue.

Appréciation de la carte et des illustrations

Avec les questions aux enseignants, nous voulions approfondir l'analyse du contenu cartographique. A ce sujet, ils ont été interrogés sur la pertinence du fond de carte et de la légende ainsi que sur la fonction de la carte comme outil d'interprétation. **Le choix du type de fond de carte et de légende a été évalué positivement.** Sept enseignants sur huit jugent ces éléments appropriés aux compétences de lecture de carte des élèves. Le rendu graphique est cependant critiqué dans les remarques : « *Das Zeichnen auf der Karte mit Farbstiften gestaltete sich als schwierig. Eingetragene Symbole und Schraffuren sind nur schwer zu erkennen* ». En cause, le fond de carte foncé qui rend difficile l'exécution de certaines *maptivities* qui demandent de dessiner sur la carte (tabl. 7.6).

Comme déjà mentionné, le repérage des formes géomorphologiques à l'aide de la carte a posé problème à certains élèves. Dans les formes ayant été aisément identifiées, les enseignants mentionnent les moraines et les éboulements. La moraine de fond arrive en tête des formes difficilement repérables. **La carte comme outil d'interprétation** n'est cependant pas remise en question par les enseignants et les alternatives proposées (schémas, photographies ou informations textuelles) n'ont pas été jugées plus adaptées. Nous ajoutons que la difficulté dans l'identification des formes n'est pas uniquement une question de représentation cartographique, mais dépend également de facteurs liés à leur observation sur le terrain *(voir chapitre 6)*.

Les **illustrations** ont été évaluées par rapport à leur conception et leur apport pour la compréhension des différentes explications. La plupart des enseignants estiment qu'elles sont **à la portée des élèves et qu'elles contribuent à mieux comprendre les informations données dans les explications.** Interrogés sur l'acquisition de nouvelles connaissances par les élèves grâce à l'activité, les enseignants sont plutôt réservés. Ils considèrent que les élèves ont moyennement appris. Des commentaires des enseignants ressort la conclusion que l'activité nécessite selon eux une préparation en classe afin d'introduire au préalable certains concepts et termes techniques.

Synthèse de l'évaluation par les enseignants

En tant que spécialistes des aspects didactiques, il nous semblait important de recueillir les avis des enseignants. En jugeant **les *maptivities* et les explications** (illustrations inclues) adaptées au public visé, cette partie de l'activité peut être considérée comme **validée par les enseignants**. En ce qui concerne l'utilisation de la carte, des différences par rapport à l'appréciation par les élèves sont apparues. Les observations des enseignants coïncident avec les nôtres ; **des modifications pour améliorer la fonction de la carte comme outil d'interprétation semblent donc nécessaires** *(voir chap. 7.3.5)*.

Pour améliorer l'attractivité de l'activité, décidément jugée faible, la collaboration d'enseignants de ce niveau d'enseignement devrait être envisagée. Ils pourraient apporter des informations concernant l'intérêt des élèves et des idées d'adaptations concrètes.

7.3.5 Evaluation par observation participante

Objectifs et déroulement de l'enquête

Pour obtenir des renseignements directs sur l'utilisation de la carte géodidactique de Golzern, le comportement des élèves a été observé lors de quatre tests (tabl. 7.7). Dans ces cas, nous avons dirigé la procédure d'évaluation des élèves et des enseignants, de l'introduction générale à la restitution des questionnaires. Au moment de la découverte de l'activité proposée par la carte géodidactique, nous nous sommes joints aux élèves pour les observer. L'objectif principal de cette observation participante (Meier Kruker & Rauh, 2005) était de voir comment les élèves utilisent la carte pour s'orienter et observer le paysage. En second lieu, nous avons observé comment les élèves traitent les différents *maptivities* et explications. À la fin de chaque test, les observations ont été notées dans un journal de recherche. L'évaluation qui suit se base sur la comparaison et l'analyse des notes issues de l'observation des différentes classes.

Observations concernant l'utilisation de la carte

La carte est principalement utilisée comme aide à l'orientation. La majorité des élèves n'a aucune difficulté avec le fond de carte proposé. Ils trouvent facilement des points de repère sur la carte et dans le paysage qui leur permettent d'orienter la carte et de déterminer la direction de marche pour rejoindre les différents indices. Malgré la représentation à grande échelle (environ 1 :10'000) et la localisation ponctuelle des indices, trouver l'endroit exact où s'arrêter pour effectuer les différentes

maptivities a généralement posé problème. Pour deux des indices, il s'agissait en effet de rejoindre des endroits bien précis (Indice 2 et 3). La présence de la forêt sur la photographie aérienne et la superposition de différentes couches d'information (sentiers, symboles pour les formes géomorphologiques et les indices) a rendu cet exercice difficile. Ayant déjà reconnu ce problème au cours de la conception de la carte, une description écrite de la localisation des lieux d'observation était placée au début de chaque tâche. Une certaine réticence de la part des élèves vis-à-vis des informations textuelles *(voir plus bas)* fait que beaucoup n'ont pas lu ces indications.

Au niveau de la légende, les symboles proposés semblent convenir aux élèves. Ces derniers ne sont pas particulièrement surpris des représentations figuratives dont la signification est seulement révélée dans les explications. **Compléter la légende n'a pas constitué un défi.** La seule observation négative concerne le symbole des indices (loupes). Certains élèves n'ont pas facilement discerné les loupes sur la carte. Celles-ci sont sciemment assez petites pour indiquer le mieux possible les points d'intérêt.

En ce qui concerne le maniement de la carte, nous avons encore remarqué que les élèves ne l'utilisent pas spontanément comme aide à l'observation du paysage. Nous déduisons que pour les élèves, une telle fonction est inhabituelle ou même complètement inconnue. Les *maptivities* leur permettent de s'exercer à cette fonction en ce sens qu'elles poussent à une observation attentive de la carte et du paysage et à la réflexion. Les bénéfices apportés par les *maptivities* pourraient davantage être développés en proposant d'autres exercices de ce style.

Observations concernant les maptivities *et explications*

Le contact direct avec les élèves au cours du test de la carte géodidactique de Golzern nous a donné une idée assez claire de leur état d'esprit, de la manière dont ils abordent l'activité et des changements nécessaires en ce qui concerne les différentes *maptivities* et explications. Pour ce que nous pouvons en juger, les élèves se sont comportés de façon naturelle, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas hésité à manifester leur intérêt ou leur désintérêt pour l'activité et en conséquence se sont plus ou moins engagés à faire les exercices et à lire les explications. Nous avons donc pu observer une série de comportements différents et identifier les imperfections des *maptivities* et explications. Nous n'allons pas revenir sur les causes et les conséquences de la motivation déjà discutées plus haut, mais focaliser sur ce qui nous semblait être des comportements transversaux et des soucis de compréhension généraux.

Dans beaucoup de groupes, nous avons pu observer une **répartition des tâches** : un élève lisait et complétait les informations, l'autre faisait les observations. En conséquence, les moments de discussion étaient relativement rares. Nous avons également remarqué que beaucoup d'élèves ont une certaine **réticence face à la lecture**. Le pourcentage de ceux qui ont lu toutes les informations (introduction, *maptivities*, explications) est faible. Cette réticence est particulièrement flagrante dans la lecture les explications. Certains élèves ont uniquement regardé les illustrations à la recherche des informations pour compléter la légende afin de passer à la tâche suivante et d'autres se sont carrément limités à écouter ou copier les solutions des autres groupes.

En ce qui concerne les différentes *maptivities*, les **indications des différents exercices n'ont pas toujours été comprises**. Les rares moments de discussion tournaient en effet autour de la question de ce qu'il fallait faire et les enseignants sont intervenus à plusieurs reprises pour aider les élèves à comprendre. Les raisons des incompréhensions sont d'origines diverses : vocabulaire trop spécifique, formulation trop générale de la question ou objectif de l'exercice insuffisamment clair. Une fois clarifiées les consignes, les exercices étaient à la portée des élèves. Le tableau 7.10 résume les principales observations et propositions de modification.

Maptivities	**Observations**	**Propositions de modification**
Exercice de départ	• Consigne claire • Difficulté de dessiner sur le fond de carte foncé	• Améliorer la carte : fond plus clair ou laisser des espaces en blanc pour pouvoir y dessiner • Ajouter une explication pour cet exercice au verso de la carte
Indice 1	• La consigne nécessite des explications puisque certains termes (ex. crête, section) ne sont pas compris	• Simplifier le vocabulaire de la consigne
Indice 2	• La consigne nécessite des explications puisque trop vague • Les conditions d'observation changent durant la saison (ex. présence / absence du bétail)	• Reformuler ou proposer d'autres exercices en lien avec la moraine de fond
Indice 3	• Consigne claire	• Aucune nécessité de modification

Tabl.7.10 Principales conclusions de l'observation participante concernant les différentes maptivities.

En général, **les explications n'ont pas attiré beaucoup d'attention.** Le lien qui a été créé avec la légende de la carte en reprenant les mêmes symboles pour illustrer les différentes formes a été surexploité, c'est-à-dire que certains élèves ont sauté directement des illustrations à la légende sans lire les explications. Celles-ci ne sont probablement pas suffisamment attractives pour motiver la lecture (trop long, mêmes illustrations que dans la légende). L'absence d'explication pour l'exercice de départ a cependant surpris les élèves qui s'attendaient à recevoir des informations supplémentaires. L'explication finale, cachée sous une loupe au verso de la carte, n'a pas été lue spontanément par tout le monde. Deux hypothèses sont possibles : soit les élèves en question estiment avoir résolu l'énigme par eux-mêmes et n'ont pas cherché d'informations supplémentaires, soit une partie n'a pas vu qu'il y avait une information cachée. Les principales observations et propositions d'améliorations pour les explications sont résumées dans le tableau 7.11.

Explication	Observations	Propositions de modification
Indice 1	• Difficulté des élèves à reconnaitre les moraines frontales intérieures	• Focaliser l'explication uniquement sur la moraine qui est observée au cours des exercices • Modifier la carte : représenter uniquement la moraine analysée • Améliorer l'illustration (en couleurs réelles) ou proposer un photomontage
Indice 2	• L'explication contient trop d'éléments (moraine de fond, lave torrentielle, éboulement)	• Focaliser sur l'explication de la moraine de fond • Les autres éléments (lave torrentielle, éboulement) peuvent être traités dans l'explication liée à l'exercice d'introduction
Indice 3	• Description trop factuelle • Difficulté des élèves à indiquer correctement le sens de l'écoulement du glacier sur la carte	• Utiliser un langage plus visuel (chercher des analogies ou métaphores) • Tourner le schéma pour qu'il soit orienté dans le même sens que l'affleurement observé
Solution	• Beaucoup d'élèves n'ont pas remarqué la solution cachée	• Mettre une indication plus visible concernant la solution cachée

Tabl. 7.11 Principales conclusions de l'observation participante concernant les différentes explications.

Synthèse de l'observation participante

L'observation de l'utilisation de la carte a mis en évidence la **difficulté à satisfaire simultanément différents objectifs avec une seule représentation**. Le fond de carte choisi (photographie aérienne) favorise le passage entre réalité et représentation et l'orientation générale, mais est moins adapté pour la localisation d'endroits précis. Dans l'impossibilité de pouvoir tout faire avec une carte, il convient de choisir la représentation en fonction de l'objectif principal et de déterminer les limites que ceci peut entraîner dans les autres domaines. Celles-ci peuvent ensuite être atténuées en proposant des alternatives : deuxième carte, informations écrites, informations graphiques, indications dans le terrain etc. Dans notre cas, la difficulté de la localisation précise pourrait par exemple être surmontée à l'aide d'un balisage. Quant au problème lié au niveau de lecture des symboles de localisation (loupes), on devrait tester des représentations alternatives (variations dans la taille, la couleur ou des symboles).

L'observation des élèves a également fait apparaître leur inexpérience en ce qui concerne la fonction interprétative de la carte. **L'utilisation de la carte comme outil d'aide à l'observation du paysage nécessite un apprentissage.** Afin de favoriser l'éducation à cette nouvelle fonction, les *maptivities* pourraient encore plus focaliser sur la reconnaissance d'éléments sur la carte et dans le paysage et vice-versa et le contenu scientifique de la carte pourrait être simplifié afin de mieux faire ressortir les formes géomorphologiques indispensables à la compréhension du message général. A ce sujet, on pourrait par exemple envisager de ne représenter que les moraines analysées et d'accentuer la différence de niveau de lecture entre les formes glaciaires et les autres formes (laves torrentielles et éboulements).

En ce qui concerne les difficultés de compréhension des consignes de certaines *maptivities*, la collaboration des enseignants, déjà évoquée plus haut, pourrait amener à une formulation plus claire des exercices. Au niveau des explications, nous reconnaissons le besoin de mieux prendre en compte les conseils de l'*interpretive writing* (Moscardo et al., 2007). Ceux-ci recommandent de réduire au maximum le texte, de le rendre le plus attractif possible en évitant des explications trop factuelles et en utilisant les techniques du *story telling*, des analogies et des métaphores et de bonnes illustrations. Surtout, ce dernier aspect peut être amélioré pour rendre les explications plus attrayantes et fournir des éléments explicatifs sous forme visuelle.

7.3.6 Evaluation du matériel test

Analyse des réponses

Les cartes utilisées par les élèves durant le test ont été récupérées afin d'analyser la qualité des réponses, les interventions sur la carte et le degré de transfert du message principal. La qualité des réponses sert d'indicateur pour évaluer si les exercices sont à la portée des élèves. Nous n'avons pas cherché à juger si les réponses étaient correctes ou incorrectes, ce qui est d'ailleurs impossible pour certains exercices qui demandent une appréciation (sensorielle) par exemple, mais nous nous sommes intéressée aux taux de réponses (nombre d'élèves ayant effectué les différents exercices) et à la manière que les élèves ont de traiter les exercices (précision des dessins, niveau de détail des réponses). Il s'agit donc d'une appréciation générale de ce qui a pu être observé sur les différentes cartes.

En ce qui concerne les interventions sur la carte, ce sont les réponses aux exercices demandant de dessiner (exercice de départ, indice 2, explication 3) ou de compléter des informations (légende) sur l'extrait de la carte qui ont été examinées.

Finalement, l'impact global de l'activité a été évalué en termes de transfert d'information. A ce sujet, les solutions données par les élèves ont été réparties en trois catégories (description concise, description détaillée, mauvaise compréhension ; *misconception*). Comme certaines cartes nous sont parvenues sans les solutions des élèves, cette dernière analyse a été faite uniquement sur 37 exemplaires au lieu de 45 (une carte par groupe d'élèves).

La qualité des réponses

La qualité des réponses varie d'un exercice à l'autre (tabl. 7.12). Elle peut être jugée bonne pour les exercices de l'indice 3, où le taux de réponse atteint 98 % et où beaucoup d'élèves ont donné des réponses complètes (par ex. plusieurs adjectifs pour décrire les roches moutonnées). Les réponses à l'indice 1 sont également satisfaisantes. Tout le monde à fait l'exercice et les dessins reflètent la géométrie de la moraine frontale (section et tracé). Ils sont cependant d'un caractère très abstrait (lignes courbes). Demander dans la consigne d'indiquer sur les dessins des points de repères tels que la forêt ou la chapelle permettrait une meilleure observation des formes et des dessins plus précis (fig. 7.14).

Fig. 7.14 Deux exemples de tracés de moraines réalisées par des élèves, a) sans et b) avec points de repère.

L'exercice de départ donne d'assez bons résultats. La majorité des élèves a divisé le rivage en plusieurs sections et a utilisé la légende proposée pour caractériser les différents tronçons. Le taux de réponse de 75 % (le taux le plus bas de tous les *maptivities*) est probablement dû à l'absence d'explication pour cette partie. On peut imaginer que certains élèves ont considéré qu'il était inutile de répondre. Seuls les exercices de l'indice 2 ne donnent pas de résultats satisfaisants. D'une part la participation est faible (80 %), d'autre part la délimitation des zones agricoles est imprécise et la légende est dans beaucoup de cas remplacée par des griffonnages. Nous avons observé que la comparaison des zones agricoles avec l'extension de la moraine de fond n'a souvent pas été faite. Une ligne de réponse sur la carte pour cet exercice pourrait suffire pour remédier à cette inattention.

Compte tenu de la motivation généralement basse et du fait que l'on ne peut pas prétendre que les exercices sont effectués de manière parfaite par tous les élèves, la qualité des réponses, à l'exception de l'indice 2, est largement satisfaisante.

Maptivities	Qualité des réponses	Taux de réponses	Remarque
Départ	Moyen	75 %	Peu d'élèves ont répondu correctement à cet exercice
Indice 1	Bonne	100 %	Les dessins correspondent à la forme de la moraine observée
Indice 2	Mauvais	80 %	Les indications sur la carte sont imprécises
Indice 3	Très bonne	98 %	Les descriptions sont souvent complètes
Légende	Bonne	100 %	Tous les élèves ont complété la légende

Tabl. 7.12 Taux et qualité des réponses.

Interaction avec la carte

Comme en témoignent les taux de réponses des différents exercices, la majorité des élèves a fait usage de la carte. La qualité des réponses est décrite ci-dessus. Nous pouvons ajouter que dans le cas de l'exercice de départ et de l'indice 2, les élèves n'ont pas eu de difficultés à trouver des points de repère (bonne orientation) pour effectuer les exercices. Il n'en va pas de même pour l'exercice qui demandait d'indiquer avec une flèche la direction d'écoulement du glacier. Outre le fait que cet exercice supplémentaire était « caché » dans l'explication 3 et de ce fait n'a été réalisé que par 46 % des élèves, seule la moitié des réponses correspond à la direction générale de l'écoulement. En discutant avec les élèves, nous avons pu

constater qu'ils avaient des difficultés à se représenter les altitudes à l'aide de la carte. En effet, nombreuses sont les flèches remontant la pente, depuis le cours d'eau principal de la vallée vers le Lac de Golzern au lieu de descendre depuis les sommets. Nous pensons qu'il s'agit de l'effet combiné du choix du fond de carte et de l'extrait relativement restreint de la carte ne montrant pas les sommets et ne permettant ainsi pas une représentation proche de la réalité de la morphologie de la région. Nous pouvons encore citer la difficulté d'intervention sur la carte liée au choix du matériel (papier glacé) et des couleurs saturées (fond de carte assez foncé) déjà relevée plus haut.

La légende a été complétée par la totalité des élèves. 80 % d'entre eux ont associé correctement les termes spécifiques (moraine de fond, moraine frontale, roche moutonnée, lave torrentielle, éboulement) aux symboles de la légende, de façon à obtenir une carte complète à la fin de l'activité.

Transfert du message principal

En vue d'analyser l'impact de la carte en ce qui concerne le transfert de l'information, nous avons examiné les solutions données par les élèves.

Elles ont été transcrites et classées en trois catégories :

- **description concise** (mention du processus glaciaire comme moteur principal de la création du lac).
- **description détaillée** (mention du processus glaciaire et de plusieurs formes associées).
- conception erronée concernant le processus de formation du lac (***misconception***).

Dans la grande majorité des cas, le message principal a été retenu. 49 % des élèves sont en mesure de citer le processus principal de la formation du lac et 40 % donnent même une description détaillée (fig. 7.15). Seul dans 11 % des cas, les réponses passent à côté du message principal. En guise d'illustration, nous présentons ci-dessous quelques exemples de réponses.

- **Exemple d'une description concise :**
  « Er [der See] ist durch einen Gletscher entstanden ».
  Traduction : Il [le lac] a été créé par un glacier.
- **Exemple d'une description détaillée :**
  « Frühe war hier ein Gletscher der dieses Material vor sich her schiebte. Diese nennt man Endmoräne. Dank der Grundmoräne, die sich unter dem Gletscher bildete, gab es den See, weil das Wasser nicht durch die Grundmoräne sickert ».
  Traduction : Autrefois, il y avait un glacier à cet endroit qui poussait devant lui du matériel que l'on appelle moraine frontale. Grâce à la moraine de fond, qui s'est formée sous le glacier, le lac à pu se créer puisque l'eau ne peut pas s'infiltrer.

- **Exemple d'une *misconception* :**
  « Es war kalt. »
  Traduction : Il faisait froid.

Par rapport aux conceptions erronées (Giordan & De Vecchi, 1990), il faut préciser qu'elles ont été détectées autant au sein des réponses concises que détaillées. Mais, il s'agit alors d'une mauvaise compréhension d'un aspect particulier et non du message général.

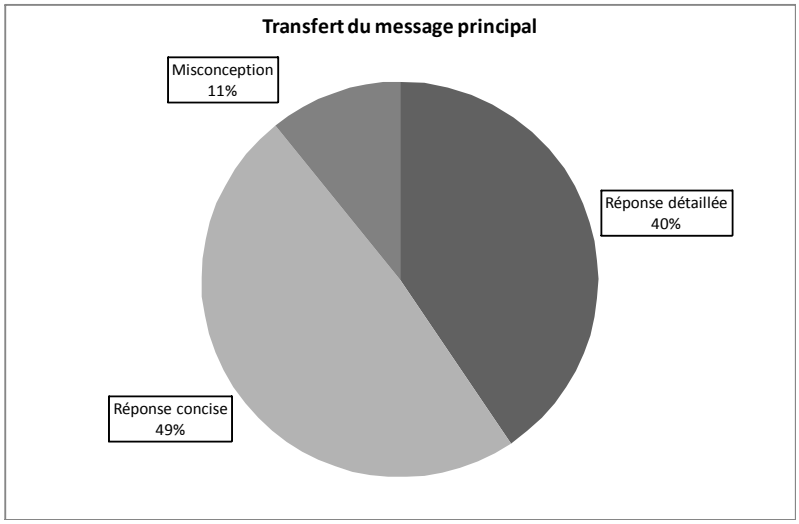


Fig. 7.15 Résultats concernant le transfert du message principal (n = 88).

Synthèse de l'analyse du matériel test

La carte géodidactique de Golzern a été utilisée comme prévu par les élèves qui ont bien suivi les indications et en général effectué les différents exercices (taux de réponses entre 75 et 100 %). Globalement, la qualité des réponses est satisfaisante. Là ou elle ne l'est pas (Indice 2), les causes sont souvent à chercher dans la formulation des consignes.

L'extrait de carte proposé a montré des déficits à deux niveaux. D'une part, la carte n'est pas optimale en ce qui concerne le rendu (fond trop foncé), d'autre part les élèves ont de la peine à se représenter les altitudes, et plus généralement la forme du relief. Il serait intéressant de tester si une carte différente (par exemple la combinaison de la photographie aérienne avec un ombrage) donnerait des résultats meilleurs.

La conclusion la plus réjouissante que nous pouvons tirer de l'analyse du matériel test est que **89 % des élèves ont retenu le message principal**. Certes, des erreurs de conception peuvent subsister par rapport aux différents processus géomorphologiques, mais il est illusoire de penser qu'avec une activité d'environ 1h à 1h30 et des explications relativement restreintes l'on puisse dispenser les informations équivalentes à un cours de géomorphologie complet.

7.3.7 Evaluation selon la méthode pour l'évaluation de sentiers à thèmes

Présentation de la méthode d'évaluation

En 2010, la Société valaisanne des sciences naturelles (la Murithienne) a lancé un projet (Bernard & Kunz, 2009) visant à certifier des sentiers à thèmes en lien avec les sciences naturelles dans le canton (Valais, Suisse). Sur la base d'une évaluation de la qualité scientifique et didactique et de l'impact socio-économique des sentiers à thèmes, le label *Valais Excellence* (Association Marque Valais, 2007) sera attribué aux sentiers remplissant un certain nombre de critères. La méthode d'évaluation présentée ici concerne uniquement les aspects scientifiques et didactiques, le volet socio-économique étant en cours d'élaboration par la Haute Ecole Spécialisée de Suisse occidentale (HES-S0). 250 sentiers à thèmes valaisans sont actuellement en cours d'évaluation.

La méthode d'évaluation des sentiers à thèmes (Martin et al., 2010 ; Regolini-Bissig & Martin, 2010) se base sur une approche globale de la qualité qui prend en compte non seulement la qualité scientifique et didactique des sentiers, mais aussi la forme des produits (par ex. mise en forme et maniabilité des supports) et la gestion du public (par ex. orientation, sensibilisation des visiteurs) (tabl. 7.13). Une attention particulière est accordée à la cohérence entre les différents éléments, comme par exemple le lien entre le contenu du sentier à thèmes et le site dans lequel il se développe.

Les critères présentés dans le tableau 7.13 sont accompagnés d'une description détaillée afin de réduire le plus possible la subjectivité et les différences d'appréciation des évaluateurs (Bruschi & Cendrero, 2005). Ces derniers attribuent un score qualitatif prédéfini pour chaque critère (Annexe 19).

Nous avons jugée opportun de tester la carte géodidactique de Golzern avec cette méthode, puisque l'activité quelle propose ressemble beaucoup à un sentier à thèmes (le parcours est prédéfini) avec support mobile (sous forme de carte ou lieu d'une brochure) et que la thématique principale (géomorphologie) entre dans la catégorie des sciences naturelles. Afin d'avoir un avis neutre et compétent, l'appréciation de la carte géodidactique a été confiée à l'un des évaluateurs du projet d'évaluation des sentiers à thèmes du Valais.

Catégorie	Critères d'évaluation
1) Site	rareté*, intégrité, intérêt didactique, intérêt culturel et historique
2) Support	*pour tous les types de supports* design (conception), lien entre support et objet *pour les supports fixes (ex. : panneaux thématiques)* entretien, emplacement, intégration paysagère *pour les supports mobiles (ex. : brochures, appareils numérique...)* qualité, maniabilité (structure, navigation), forme (ex. : taille), marquage des arrêts
3) Mise en forme	mise en page, lisibilité, structure de l'information, diversité et qualité des illustrations, indépendance et pertinence des illustrations, traductions disponibles
4) Gestion du public	parcage des véhicules, orientation des visiteurs, protection du site, sensibilisation des visiteurs, visibilité de l'information
5) Contenu (thème et message)	clarté de l'énoncé, cohérence entre les éléments du produit, prise en compte de la complexité naturelle, portée sociale et intérêt général
6) Contenu scientifique	justesse et rigueur scientifique*, honnêteté scientifique*, intérêt scientifique du site ou des objets présentés*, pertinence de l'information, respect de la propriété intellectuelle
7) Contenu didactique	équilibre (trop général / trop détaillé), accessibilité et complexité du contenu, attractivité du contenu, concision

Tabl. 7.13 Critères d'évaluation de la méthode d'évaluation des sentiers à thèmes en lien avec les sciences naturelles (modifié d'après Martin et al., 2010).
* ce critère doit être évalué par un expert.

Résultats de l'évaluation

Pour la description des résultats, nous allons reprendre les différentes sections de la méthode d'évaluation et résumer les principaux points positifs et négatifs (pour les scores individuels consulter l'annexe 20).

Les critères évaluant l'aptitude du site pour une valorisation didactique (section 1, tabl. 7.13) ont obtenu de bons à très bons scores. Le site est jugée adapté en raison d'une grande densité de formes géomorphologiques bien visibles, faciles à reconnaître et pas modifiés par les activités humaines.

L'aspect général du support (section 2, tabl. 7.13) est également satisfaisant. À la première impression, la carte apparaît soignée. La partie interactive n'est pas assez visible et les illustrations (carte comprise) sont peu attractives selon l'évaluateur. La qualité et la maniabilité du support sont jugées bonnes.

La carte géodidactique de Golzern se voit attribuer des scores variables pour la section 3 (tabl. 7.13) se rapportant à la conception et la mise en forme graphique du support. La structure des différentes parties (textes, illustrations) est bonne, mais

dans l'ensemble il y a trop d'éléments, ce qui donne au document un aspect surchargé. La structuration de l'information (lien entre texte, carte et images) et la lisibilité (taille et police des caractères, contraste entre fond et caractères) du texte sont bonnes. L'évaluateur suggère de choisir des titres explicites se rapportant au contenu de chaque explication pour améliorer d'avantage la structure. Les illustrations sont uniquement de deux types (carte et schémas) et ne peuvent être comprises en dehors du texte (légende absente dans la carte et très sommaire pour les schémas), ce qui ne permet pas d'offrir plusieurs niveaux de lecture. Les scores pour les critères concernant les illustrations sont par conséquent plutôt faibles. Il faut cependant relativiser ce résultat négatif. D'une part, la présence de plusieurs niveaux de lecture indépendants nuirait considérablement à l'aspect *découverte* de l'activité puisque l'énigme serait résolue trop vite et avec trop de facilité (par ex. il n'y aurait pas besoin de faire les exercices, il suffirait de regarder les images pour dévoiler le *responsable* de la création du lac). D'autre part, le remplissage de la légende de la carte fait partie intégrante de l'activité. C'est donc la conception même de la carte géodidactique de Golzern qui restreint les possibilités de la mise en forme. L'absence de traduction du contenu a encore été relevée par l'évaluateur. S'agissant d'un produit en phase de test, ce critère n'est pour l'instant pas pertinent. En vue d'une réalisation concrète, la solution serait probablement de proposer la carte en différentes langues, mais comme le public est essentiellement germanophone (selon les enquêtes menées *in situ* auprès des adultes), une traduction est peut-être superflue.

La section 4 (tabl. 7.13) évalue la gestion du public en ce qui concerne la protection du site, l'orientation, la sensibilisation des visiteurs et la visibilité de l'information. Avec la gestion actuelle (parcage des véhicules en dehors du site, chemins balisés, barrières et clôtures le long du marais), le site est relativement bien protégé. Un appel à se conformer aux règles de comportement faisant foi dans une zone protégée, telle que la zone située autour de lac de Golzern, ou un message de sensibilisation plus général manquent cependant sur le document. Pour l'orientation des visiteurs, quelques améliorations sur la carte permettraient de mieux les guider sur leur parcours. La visibilité de l'information (publicité dans des offices de tourisme ou sur internet) est pour l'instant faible puisque la carte n'est pas disponible par les particuliers.

La qualité didactique est jugée dans les sections 5 et 7 (tabl. 7.13). La signification du message global est bien évaluée : le titre est clair et en rapport direct avec le contenu, la cohérence entre les éléments du produit est très bonne, la prise en compte de la complexité naturelle, la portée sociale du message et intérêt général sont satisfaisants.

La qualité scientifique de l'information fournie est au centre de l'évaluation de la section 6 (tabl. 7.13). Le contenu scientifique est jugée imprécis en ce qui concerne la rigueur scientifique (trop simplifié), uniquement satisfaisant concernant l'honnêteté scientifique (pas de mention des incertitudes) et insatisfaisant par rapport au respect de la propriété intellectuelle (absence du nom de l'auteur et des références utilisées). Selon l'évaluateur, les métaphores utilisées sont inadaptées et le produit laisse croire que l'explication est unique et uniquement tirée des observations proposées. La simplification et la généralisation du contenu pour adapter un

message aux connaissances préalables du public demande nécessairement de faire des compromis par rapport à la complexité de l'information. Afin de fournir un message clair, les explications ne contiennent pas toutes les informations disponibles.

Synthèse de l'évaluation par la méthode d'évaluation de sentiers à thèmes

En général, la méthode utilisée s'est avérée être un outil adéquat pour évaluer la carte géodidactique de Golzern. Nous exprimons quelques réserves par rapport à la pertinence (par ex. visibilité de l'information, traduction) ou la formulation des modalités d'évaluation de certains critères (qualité scientifique) qui n'étaient pas adaptées à notre cas précis.

Néanmoins, la méthode a permis de mettre en évidence les points forts et faibles de la carte géodidactique de Golzern : la mise en forme didactique et l'aspect général du support sont satisfaisants, mais des modifications devraient être apportées à la mise en forme graphique et au contenu scientifique. Il apparaît aussi qu'il est difficile d'élaborer un produit « parfait ». Des choix dans un certain domaine (conception didactique) peuvent entraver les possibilités dans d'autres (conception graphique).

La richesse et l'utilité des informations que nous avons pu tirer de l'évaluation ouvrent des perspectives intéressantes pour une adaptation de celle-ci en vue de l'évaluation plus spécifique des cartes géotouristiques.

7.3.8 Bilan de l'évaluation croisée et de l'apport des éléments didactiques

Grâce à l'évaluation croisée, nous disposons d'informations provenant de différents évaluateurs et éclairant différents aspects de la carte géodidactique de Golzern qui permettent de dégager les points forts et faibles de cette réalisation et de proposer des améliorations (tabl. 7.14).

Parmi les points forts, nous pouvons citer le succès important en ce qui concerne la transmission du message général (89 %) et l'apport des *maptivities* comme aide à la lecture de la carte et du paysage. Le fil rouge proposé n'a par contre pas eu l'impact espéré puisque beaucoup d'élèves ne se sont pas laissé captiver par l'histoire du *Détective Géo*. Le manque de motivation lié aux conditions de test (randonnée) n'explique pas totalement le manque d'attractivité. A l'époque des séries télévisées tels que *Les experts*, nous concluons que le fil rouge en question ne correspond pas tout à fait aux intérêts des élèves de cet âge, mais serait plus adapté pour des élèves de l'école primaire. Susciter l'intérêt des préadolescents constitue donc un défi à ne pas sous-estimer.

En ce qui concerne l'extrait de carte – pièce centrale de l'activité puisque c'est elle qui permet de s'orienter afin de découvrir les indices et qui révèle les formes géomorphologiques permettant de comprendre la formation du Lac de Golzern – des points positifs et négatifs sont apparus au fil des évaluations. Ainsi, la carte permet une bonne orientation générale, mais n'est pas suffisamment explicite concernant la morphologie de la zone qu'elle représente. Pour mieux faire ressortir les altitudes et les formes géomorphologiques, il faudrait tester des fonds de carte alternatifs. La légende utilisée est par contre adaptée aux besoins.

	Points forts	Points faibles	Propositions d'amélioration
Maptivities	Permettent d'utiliser la carte comme outil d'interprétation	-	Certaines consignes méritent d'être clarifiées
Explications			
Textes	Le message principal est retenu	Les explications sont rédigées dans un style trop factuel	Mieux prendre en compte les recommandations de l'*interpretive writing*
Illustrations	Les illustrations contribuent à la compréhension générale et permettent de compléter la légende	Les illustrations ne sont pas assez diversifiées	Diversifier les illustrations (schémas, photomontages, dessins, etc.) pour varier leur fonction
Contenu cartographique			
Interprétation	La légende permet l'identification des formes géomorphologiques	Le fond de carte n'est pas assez explicite en ce qui concerne la morphologie de la zone	Essayer un fond de carte combiné (photographie aérienne et ombrage)
Orientation	La carte permet une bonne orientation générale	La carte est moins adaptée pour une localisation précise, par exemple des indices	Double encodage des informations concernant la localisation des indices (texte ou balisage)

Tabl. 7.14 Bilan de l'évaluation croisée de la carte géodidactique de Golzern.

Idéalement, une deuxième carte de la région de Golzern représentant de façon traditionnelle les formes géomorphologiques de la zone aurait dû être testée avec les mêmes méthodes afin de permettre une comparaison directe de l'apport des éléments didactiques. Malgré l'absence de preuves formelles, le bon résultat en ce qui concerne le transfert du message peut, selon nous, être attribué en grande partie à la *mise en forme didactique* de la carte géodidactique de Golzern. Nos observations ont montré que **la carte n'est pas spontanément utilisée comme outil d'interprétation du paysage**. Sans aide explicite qui favorise cette fonction, nous pensons que les informations géoscientifiques contenues dans les cartes géotouristiques sont difficilement accessibles aux utilisateurs (jeunes et moins jeunes). La mise en forme didactique peut alors constituer une aide précieuse pour l'utilisateur puisqu'elle le guide, par différentes techniques, dans la lecture de la carte et du paysage. Dans ce qui suit, nous résumons l'**apport des différents éléments didactiques** utilisés (tabl. 7.15).

Une manière d'attirer l'attention et de susciter de l'intérêt est d'utiliser un titre sous forme de question permettant à l'utilisateur de lire la carte et le paysage en fonction d'un objectif ou d'un questionnement précis afin de focaliser son attention. Ceci est plus difficile avec une carte intitulée « Patrimoine géomorphologique de la Vallée X ». Une introduction peut être utile afin de fournir des éclaircissements sur la manière d'utiliser la carte comme outil d'interprétation du paysage. Les *maptivities* sont utiles à plusieurs niveaux. Elles constituent une autre façon de guider le regard de l'utilisateur. Par les petites tâches que celui-ci doit accomplir, il est amené à regarder la carte et le paysage et à faire le lien entre les deux. En même temps, les *maptivities* confèrent à l'utilisateur un rôle actif. On peut lui demander d'interagir

avec des objets ou de mener des réflexions. Par cette implication personnelle, l'utilisateur construit une partie du savoir lui-même, ce qui lui permettra de plus facilement retenir les informations puisqu'elles seront liées à des expériences personnelles. **Nous soutenons par conséquent l'idée qu'une carte devrait proposer, sous une forme ou une autre, des aides à l'interprétation aux utilisateurs.**

Option didactique	Apport pour l'utilisateur
Titre sous forme de question	• Focalise l'attention : lecture de la carte et du paysage en fonction d'un objectif ou questionnement précis
Introduction	• Donne des informations comment utiliser une carte pour interpréter un paysage
Maptivities	• Guident la lecture de la carte et du paysage • Confèrent un rôle actif • Construction personnelle du savoir

Tabl. 7.15 Apport de différentes options didactiques pour l'utilisateur d'une carte.

Si certains des éléments didactiques utilisés peuvent se décliner en différentes variantes (par exemple un jeu de piste avec une autre thématique ou avec un autre personnage, *maptivities* différentes) et peuvent être adaptés à différents publics, il existe encore bien d'autres possibilités. Il serait donc erroné de vouloir dispenser des recettes universelles. **La mise en forme qui va au-delà de la présentation factuelle des informations nous semble par contre essentielle et nous recommandons d'effectuer pour chaque projet cartographique une recherche pour une pédagogie en fonction des spécificités du site et des utilisateurs.**

Au final, **seule une évaluation rigoureuse du produit permettra de dire si un projet cartographique est de qualité**. Alors que certains aspects formels (contenu cartographique ou didactique) peuvent être jugés par des spécialistes (enseignants, graphistes, cartographes, etc.), d'autres peuvent uniquement être révélés lorsque la carte est testée dans des conditions réelles et par l'usager final (intérêt global, niveau de difficulté du contenu).

7.4 Principaux enseignements concernant la mise en forme graphique et didactique des cartes géotouristiques

Par ces deux études empiriques concernant la mise en forme graphique et didactique des cartes géotouristiques, différentes réalisations ont été testées auprès du public. Dans la première étude, nous avons interrogé un public de randonneurs sur leurs préférences en ce qui concerne différents fonds de carte et types de légende. Cette démarche a été entreprise pour obtenir des informations sur les représentations susceptibles de favoriser la décodification du contenu cartographique.

Nous nous abstenons de donner des recommandations clés-en-main pour le choix des fonds de carte et des types de légende, qui dépend de plusieurs facteurs liés à la fonction et aux objectifs de la carte, à l'étendue et la morphologie de la zone à

parcourir et à la précision avec laquelle les géomorphosites doivent être représentés, ainsi qu'aux publics cibles. C'est en considérant tous ces paramètres que la « bonne » décision va pouvoir être prise. Soulignons toute de suite que la carte parfaite n'existe pas. Elle peut aspirer à satisfaire le plus de paramètres possible, mais devra toujours faire l'objet d'un certain nombre de compromis. Dans le tableau 7.16, nous avons essayé de résumer les champs d'application pour les différents fonds de carte et légendes. Le fond de carte qui combine le modèle numérique de terrain avec la couverture du sol n'y figure pas. Son rendu est mauvais et c'est pourquoi nous le jugeons non représentatif. Une combinaison plus réussie aurait probablement donné d'autres résultats.

Fond de carte	Appréciation générale par les utilisateurs	Considérations par rapport à l'utilisation	Légende conseillée
Carte topographique (1 : 25'000)	Jouit d'une grande popularité en raison de son caractère précis et détaillé. Beaucoup de personnes ont l'habitude de lire ce type de carte.	+ Idéal pour des projets où une bonne orientation sur le terrain est indispensable. – Moins indiqué pour des projets où la carte doit faciliter le passage entre réalité et représentation.	Se combine bien avec une légende ponctuelle et de type géomorphologique.
Photographie aérienne	Jouit d'une grande popularité en raison des couleurs et de sa ressemblance avec le paysage réel. Grâce à GoogleEarth, beaucoup de personnes ont l'habitude de ce type de représentation.	+ Idéal pour les projets où la carte doit faciliter le passage entre réalité et représentation. – Moins indiqué pour des projets où une bonne orientation sur le terrain est indispensable.	Se combine bien avec une légende de symboles figuratifs et périmètres ou symboles ponctuels.
Carte topographique (1 :10'000)	Peu appréciée en raison du manque de couleur et de la surcharge d'informations (trop détaillée).	Son utilisation se justifie dans les projets où son niveau de détail apporte une plus-value par rapport à des fonds topographiques moins précis.	Se combine bien avec une légende ponctuelle et de type géomorphologique.
Modèle numérique de terrain	Très peu apprécié en raison du manque de couleur et de l'inexpérience avec ce type de représentation.	Les utilisateurs doivent être introduits à la lecture du relief basée sur un modèle numérique de terrain.	Se combine bien avec une légende de type géomorphologique.

Tabl. 7.16 Aide à la décision pour le choix du fond de carte et du type de légende.

Dans la deuxième étude, nous avons élargi la notion de décodification non seulement à la lecture du support cartographique au sens strict (extrait de carte), mais également à la lecture du paysage. Une carte a alors été élaborée et soumise à une évaluation croisée afin de juger de l'apport d'éléments didactiques dans le but de favoriser la compréhension globale.

Nous avons constaté l'inexpérience des individus (élèves) à utiliser la carte comme outil d'interprétation et conclu, sur la base de la bonne transmission du message

général et de l'analyse de l'apport de différents éléments didactiques, que ces derniers peuvent favoriser l'accès à l'information. Les éléments que nous avons testés sont transposables à d'autres projets cartographiques, mais ne représentent qu'un choix limité. Nous ne voulons donc pas donner de recommandations quant à leur utilisation, mais **encourager les concepteurs de projets cartographiques à entreprendre leur propre recherche de pédagogie en considérant les points suivants** :

Site

- Chaque projet cartographique nécessite l'identification des spécificités du site.
- Plus le projet cartographique se base sur les spécificités du site, plus il se démarquera des autres cartes géotouristiques.
- Révéler les aspects particuliers du site en s'appuyant sur des éléments bien visibles ou en mettant en place des mesures afin d'augmenter la visibilité des éléments plus discrets.

Public

- Chaque projet cartographique requiert la définition d'un public cible.
- Une bonne connaissance préalable du public cible est indispensable.
- La mise en forme didactique se fait en fonction des spécificités du public cible.

Et enfin,

- La collaboration avec des spécialistes du public, des techniques d'interprétation, des options pédagogiques et graphiques peut être utile lors de l'élaboration d'un projet cartographique.
- Il faut tester si la mise en forme didactique est efficace.

8. Discussion et conclusion

8.1 Introduction

Le schéma général de transmission de l'information cartographique (fig. 2.1) nous a guidé tout au long de ce travail. Nous en avons extrait des axes de recherche et formulé des objectifs de recherche visant à compléter les connaissances sur la cartographie des géomorphosites dans le domaine de la valorisation *(voir chap. 2)*. Afin de délimiter nos champs d'investigation, nous avons formulé des questions de recherche plus spécifiques auxquelles nous avons tenté de répondre à l'aide de différentes méthodes. Nos objectifs et questions de recherche sont repris et discutés ci-dessous à la lumière des résultats obtenus.

8.2 Retour sur les objectifs et questions de recherches

Objectif 1 **Analyser et évaluer les types de représentations cartographiques concernant les géomorphosites pour non-spécialistes dans le cadre de la valorisation.**

Le but de ce premier objectif de recherche était d'acquérir une vue d'ensemble de la cartographie des géomorphosites dans le domaine de la valorisation, tant au niveau des caractéristiques des représentations que sur le plan des méthodes sous-jacentes. Cet état de l'avancement des recherches a constitué le point de départ pour le développement d'un cadre théorique et conceptuel pour la cartographie géotouristique *(voir objectif 4)* et l'orientation des recherches appliquées *(objectifs 2 et 3)*.

Question de recherche 1.1

Quelles sont les caractéristiques des représentations des géomorphosites dans le cadre de la cartographie géotouristique pour non-spécialistes?

Nous sommes partie de l'évaluation d'une cinquantaine de réalisations existantes pour dresser le profil des cartes géotouristiques actuelles *(voir chap. 5.3)*. Cinq types de cartes ont pu être identifiés. Ils se caractérisent par des fonctions différentes et s'adressent à des publics divers. Nous avons constaté que la variabilité en termes de représentation des géomorphosites (échelle, fond de carte, type de légende) est grande, que la proportion de l'information géoscientifique / touristique varie beaucoup entre ces cinq types de cartes et que la répartition des différents types de carte n'est pas équivalente dans notre échantillon. 46 % des cartes sont à faible contenu scientifique (type 1 et 2) et 38 % des cartes sont par contre plutôt complexes (type 3 et 4). Cette répartition et le constat que le potentiel de communication des différents types de cartes est plutôt faible nous ont amenée à conclure que la carte comme support de valorisation est pour l'instant sous-exploitée. Les cartes de type 1 et 2 se limitent en effet à donner des informations géoscientifiques très basiques, comme par exemple le type et la localisation des sites d'intérêt. Les cartes du type 3 et 4 sont au contraire remplies d'informations que le non-spécialiste a de la difficulté à extraire sous cette forme. Seul dans un petit pourcentage de cartes (Type 5, 16%), on remarque qu'un effort pour rendre accessibles les informations a été réalisé.

Question de recherche 1.2

Sur quelles considérations méthodologiques se base la cartographie des géomorphosites pour non-spécialistes?

Les considérations méthodologiques selon lesquelles les cartes géotouristiques ont été élaborées ne sont souvent pas explicitées. Le peu d'articles méthodologiques que nous avons trouvés à ce sujet se focalisent sur la transformation de cartes pour spécialistes selon le principe de la simplification de la carte géomorphologique classique et l'ajout d'informations touristiques (Castaldini et al., 2005a ; 2005b ; Bertacchini et al., 2007) ou d'aide à la visite (Carton et al., 2005 ; Martin, 2010) et de l'évaluation et de la représentation des risques géomorphologiques dans les aires touristiques (Picazzo et al., 2007 ; Pelfini et al., 2009 ; Brandolini & Pelfini, 2010). Récemment, des propositions méthodologiques ont été faites qui prennent en compte le processus de communication cartographique et qui focalisent de ce fait sur le choix du contenu et sa représentation graphique afin de faciliter l'utilisation et la compréhension des cartes par les usagers (Coratza & Regolini-Bissig, 2009 ; Martin, 2010 ; Regolini-Bissig, 2010). Les lignes directrices découlant de cette approche sont pour l'instant très générales et les applications plutôt rares.

Actuellement, la cartographie des géomorphosites dans le domaine de la valorisation est le résultat de l'application de différentes méthodologies. Il en résulte une cartographie disparate, tant sur le plan visuel que conceptuel. Les cartes géotouristiques sont pour l'instant le fruit de réalisations individuelles qui reposent tout au mieux sur les *traditions* des différents instituts de recherche. Il n'y a donc aucune identité commune entre les différents projets cartographiques comme ceci est par exemple le cas pour les cartes des parcs nationaux américains (National Park Service, 1998) ou les zones protégées en Suisse (Pro Natura, 2009) qui bénéficient de lignes directrices précises pour uniformiser sur un plan conceptuel et visuel les informations destinées aux visiteurs. En termes de valorisation des géomorphosites, nous avons conclu que la cartographie géotouristique exploite généralement mal le potentiel de communication inhérent au support. Le développement de propositions méthodologiques axées sur l'interprétation plutôt que sur la représentation factuelle des informations a constitué le moteur de la suite de nos recherches.

Objectif 2 Acquérir des connaissances concernant le regard que les non-spécialistes posent sur le paysage naturel.

La valorisation des géomorphosites, que ce soit à l'aide d'une carte ou d'autres supports impersonnels ou personnels, implique une communication entre spécialistes et non-spécialistes *(voir chap. 3.4)*. Les différentes disciplines et courants spécialisés dans ce type de communication (didactique des sciences, médiation scientifique ou interprétation du patrimoine) soulignent tous l'importance de connaître le public auquel on s'intéresse. Les connaissances dont on devrait idéalement disposer afin « *de mettre au point une offre qui leur* [publics cibles] *soit adaptée en termes de contenu et de méthode* » (Pralong, 2006 : 200) sont de plusieurs nature :

- renseignements sur la composition du public (Hose, 1994 ; Origet du Cluzeau, 1998 ; Pralong, 2006b) ;

- intérêt porté aux géomorphosites (Pralong, 2006a ; Giusti & Calvet, 2010 ; Giusti, en cours) ;
- étendue des connaissances en sciences de la Terre (Kramar & Pralong, 2005 ; Martin, en cours) ;
- regard sur le paysage (Moreau, 2010 ; Regolini-Bissig & Martin, soumis).

C'est pour obtenir des renseignements sur ce dernier point, que nous avons mené une enquête par questionnaire auprès de deux publics cibles différents (élèves et randonneurs adultes) *(voir chap. 6).* L'enquête que nous avons menée en vue d'évaluer l'importance du rôle des caractéristiques individuelles et des caractéristiques géomorphologiques dans la perception du paysage par les non-spécialistes peut être qualifiée d'exploratoire. Les études auprès des non-spécialistes sont en effet encore rares (Reynard, 2008), en particulier en ce qui concerne notre thématique. Par conséquent, nous n'avons pas pu nous appuyer sur des hypothèses solides pour élaborer notre questionnaire et nous avons seulement partiellement pu comparer nos résultats avec ceux d'autres études (Moreau, 2010).

Question de recherche 2.1

Quelles formes du paysage naturel sont perçues par les non-spécialistes et lesquelles ne sont pas reconnues?

L'analyse d'images montrant différents paysages alpins sur lesquels les personnes interrogées devaient identifier les formes naturelles et dont nous n'avons finalement considéré que les formes géomorphologiques, nous a permis de mettre en évidence une série de facteurs influençant la perception des formes géomorphologiques (tabl. 6.9). Ces facteurs peuvent influencer positivement ou négativement la saillance des formes géomorphologiques. Il faut préciser qu'ils expliquent la saillance relative et non absolue des formes géomorphologiques. Nous entendons par là qu'ils ne désignent pas des formes spécifiques comme étant plus *visibles* que d'autres, mais qu'ils permettent d'estimer la probabilité avec laquelle une forme est reconnue en fonction du contexte dans lequel elle se trouve. Ainsi, un cône d'éboulis peut bénéficier d'une bonne visibilité lorsqu'il est en contraste avec d'autres formes (par ex. s'il n'est pas couvert de végétation) ou ne pas être reconnu lorsqu'il se confond avec d'autres éléments du paysage (par ex. en raison de couleurs semblables).

En matière de cartographie géotouristique, les connaissances acquises concernant la perception des formes géomorphologiques sont directement applicables en ce qu'elles peuvent soutenir le processus de sélection des sites à représenter sur une carte. Une possibilité est de se concentrer uniquement sur les formes bien visibles afin de baser l'interprétation du paysage sur des formes qui peuvent facilement être reconnues par les non-spécialistes. Ceci a l'avantage de faciliter aux usagers l'accès à l'information, mais ne leur permet pas de découvrir des éléments nouveaux. Une autre option consiste à mobiliser des outils graphiques ou didactiques pour renforcer la visibilité des formes plus discrètes. À cet effet, des objectifs cartographiques se basant sur les facteurs influençant la perception des formes géomorphologiques ont été formulés. Ils visent à connecter sur un plan conceptuel les formes de saillance variable afin de faciliter l'identification des formes moins visibles par les non-

spécialistes. Ainsi, on peut par exemple réaliser une carte qui établisse le lien entre les différentes formes géomorphologiques relatives à un même processus. Une forme visible, comme un glacier, sera connectée à des formes moins visibles, comme les roches moutonnées ou la moraine de fond. Cette deuxième approche nous semble plus profitable en matière de valorisation des géomorphosites puisqu'elle permet d'aborder des sujets plus riches.

Question de recherche 2.2

Quel rôle jouent les caractéristiques individuelles, respectivement les caractéristiques géomorphologiques, dans la perception du paysage ?

De nos enquêtes auprès des élèves et des randonneurs adultes, il est apparu que les caractéristiques géomorphologiques ont un plus grand pouvoir explicatif de la perception du paysage que les caractéristiques liées aux personnes interrogées.

D'une part, nous avons observé que la reconnaissance des formes géomorphologiques est loin d'être aléatoire. Sur les images de paysages analysées, certaines formes totalisent un score élevé alors que d'autre ne sont identifiées que par peu d'individus. D'autre part, la reconnaissance des formes est liée à leurs caractéristiques géomorphologiques. L'analyse des formes du relief identifiées par les non-spécialistes en fonction de critères géomorphologiques tels que l'activité du processus ou la dynamique morphologique (érosion-accumulation) a montré que pour les élèves, les formes actives, d'érosion, négatives et non recouvertes de végétation bénéficient en général d'une bonne reconnaissance. Les résultats des adultes ont partiellement confirmé les résultats des élèves. Comme seul un nombre restreint de formes du relief a pu être testé, des études ultérieures sont nécessaires pour établir avec précision les critères géomorphologiques conférant aux formes du relief une bonne visibilité.

Les analyses statistiques mettant en lien les caractéristiques individuelles avec les formes reconnues n'ont pas été concluantes – ni pour les élèves, ni pour les adultes – puisqu'aucun facteur ou combinaison de facteurs individuels n'a pu être mis en évidence. Il faut cependant préciser que l'enquête a été conçue pour étudier en premier lieu l'influence des caractéristiques géomorphologiques. La forme (enquête par questionnaire) et le contenu n'ont probablement pas permis de dégager les facteurs individuels déterminants. Les études dans ce sens devraient être poursuivies.

Les conclusions que nous pouvons tirer de notre enquête montrent l'intérêt de la démarche empirique pour avancer dans les questions relatives au public cible, citées en introduction à ce deuxième objectif de recherche. L'adaptation des méthodes d'enquêtes en sciences sociales (questionnaires, interviews, entretiens collectifs, observation participante, etc.) aux problématiques de recherche des géosciences promet de donner des résultats intéressants en vue d'une meilleure prise en compte des intérêts et exigences du public dans la conception de produits de valorisation.

Objectif 3 Vérifier l'efficacité de différents éléments cartographiques et moyens didactiques afin de favoriser la lecture d'une carte / d'un paysage géomorphologique.

Les questions de la visualisation des informations géographiques touchent au domaine de la géovisualisation (MacEachren & Kraak, 2001 ; Slocum et al., 2003 ;

Dykes et al., 2005). Dans sa conception large, ce terme peut être défini comme « *the use of concrete visual representations – whether on paper or through computer displays or other media – to make spatial contexts and problems visible, so as to engage the most powerful human information-processing abilities, those associated with vision* » (MacEachren et al., 1992 : 101). L'objectif de la géovisualisation est d'accompagner et de faciliter la pensée, la résolution des problèmes et la prise de décisions. Différentes méthodes et supports, dont la carte sous toutes ses formes (imprimée, numérique, interactive ou animée), peuvent être employés pour atteindre cet objectif. La question du choix du média et des outils de visualisation pouvant soutenir la valorisation du patrimoine géomorphologique est actuellement étudiée par Martin (en cours). Notre étude s'insère dans cette thématique en ce qu'elle a exploré différentes manières de représenter les géomorphosites sur des cartes imprimées pour non-spécialistes.

Avec pour objectif de compléter les considérations méthodologiques formulées dans l'approche intégrée pour une cartographie géotouristique *(voir chap. 5 et discussion de l'objectif 4)* par des recommandations d'ordre pratique concernant la mise en forme graphique, nous avons exploré deux aspects :

- **Question de recherche 3.1 : Quel type de fond de carte favorise le passage entre la carte et la réalité ?**

- **Question de recherche 3.2 : Quel type de légende favorise la reconnaissance des formes géomorphologiques sur la carte et dans la réalité ?**

Au moment de l'élaboration du matériel pour une évaluation *in situ* auprès d'usagers potentiels, nous avons dû à la fois faire des choix et gérer des contraintes, ce qui a limité le nombre et le type de représentations ayant été évalués.

Parmi les contraintes, nous pouvons citer celles liées au site d'étude et à la démarche d'évaluation. Les caractéristiques de la région de Golzern *(voir chap. 4)* nous ont amenée à nous focaliser sur la visualisation des aspects tangibles des formes du relief composant ce que nous avons défini comme le *paysage géomorphologique de Golzern*. Certaines formes disposent certes d'attributs intangibles (par ex. valeur culturelle de la moraine de Golzern ou valeur écologique des zones humides autour du lac), mais ils ne sont à notre avis pas suffisants pour en constituer un message principal fort selon l'approche intégrée. De ce fait, nous avons par la suite cherché à représenter uniquement les formes du relief d'un point de vue géomorphologique et ne pouvons pas compléter les recherches sur la représentation des caractères intangibles (Reynard et al., 2007 ; Portal, 2010 ; Rovere et al., 2010). Le site d'étude étant confiné (environ 2 km^2), la cartographie qui en résulte est caractérisée par des représentations à grande échelle. Les résultats que nous avons obtenus ne pourront pas être appliqués dans tous les cas directement aux petites échelles.

La procédure d'évaluation, impliquant l'appréciation *in situ* de cartes par des utilisateurs potentiels, a contraint le nombre des cartes tests proposées afin de ne pas avoir une durée d'interrogation excessive. En limitant le nombre de cartes, nous avons limité le type des représentations afin de garantir la comparabilité entre les

cartes. Seuls cinq fonds de cartes en deux dimensions et trois types de légende (15 combinaisons, Annexe 15) ont été soumis aux personnes interrogées. Dans le choix des fonds de carte et des types de légende, nous nous sommes basée sur les réalisations géotouristiques existantes (Bissig, 2008) afin de conférer à nos résultats une portée pratique maximale.

À l'aide des données récoltées sur les préférences d'usagers potentiels concernant l'attractivité et la fonctionnalité des cartes proposées, nous avons pu dégager des recommandations concernant l'utilisation de différents fonds de carte et légendes les plus utilisées *(tabl. 7.10)*. Pour la mise en forme graphique d'une carte géotouristique, nous recommandons de considérer les points suivants :

- **la fonction et l'objectif de la carte** : Pour des projets nécessitant une bonne orientation sur le terrain, des cartes topographiques sont à privilégier. Les photographies aériennes, images satellites ou modèles numériques de terrain sont adaptés à des projets où la carte doit faciliter le passage entre réalité et représentation.
- **l'échelle, le type de fond de carte et la précision avec laquelle on souhaite représenter les géomorphosites :** Les légendes utilisant des symboles ponctuels devraient être réservées aux cartes à petite échelle puisqu'elles ont un pouvoir communicationnel faible. Les périmètres et symboles figuratifs ont l'avantage de délimiter de façon exacte l'objet et de fournir une indication graphique immédiate sur son identité. Graphiquement, ce type de légende s'adapte bien à des fonds de carte imagés (photographie aérienne, images satellites, modèles numériques de terrain), mais ne donne pas de très bons résultats pour des fonds de carte topographiques. Pour ces derniers, une légende de type géomorphologique est la plus adaptée, car l'utilisation de surfaces produit une image plus harmonieuse.

Des études auprès du public se sont penchées sur les caractéristiques individuelles pouvant influencer les préférences et les performances (Pearce & Black, 1984 ; Schobesberger, 2007). Dans notre cas, de légères différences d'appréciation entre les cartes topographiques et les photographies aériennes ont pu être observées. Les premières sont plus appréciées par un public familier avec la lecture de carte, d'âge avancé et de sexe masculin, les seconds par un public inexpérimenté dans la lecture de cartes, jeune et de sexe féminin. Les résultats ne sont cependant pas assez étendus en ce qui concerne le nombre des participants et la diversité des représentations pour fournir des recommandations fiables. Nous suggérons donc que le choix des représentations cartographiques se fasse en premier lieu selon la fonction et l'objectif de la carte.

Pour les raisons évoquées ci-dessus, seule une petite partie des possibilités de mise en forme graphique a pu être explorée dans cette étude. La recherche en ce qui concerne la codification de l'information (fig. 2.1) doit se poursuivre pour inclure non seulement les possibilités de représentations écartées :

- types de fonds de carte et de légendes non étudiés ;
- visualisation des aspects intangibles ;
- représentation des informations touristiques ;

mais également pour approfondir l'impact des représentations en termes de :

- facilité de reconnaissance des formes géomorphologiques dans le paysage selon le type de carte / légende ;
- efficacité de la transmission du message selon différents types de représentations, c'est-à-dire le degré de compréhension après lecture de la carte.

Question de recherche 3.3

Quels sont les moyens didactiques pouvant favoriser la lecture d'une carte et d'un paysage géomorphologique?

Au même titre qu'à la mise en forme graphique, nous nous sommes intéressée à la mise en forme didactique des cartes géotouristiques. L'intérêt pour les moyens didactiques découle de notre conception que **la cartographie des géomorphosites dans le domaine de la valorisation représente non seulement un défi cartographique mais également un défi pédagogique**. Ce dernier concerne la bonne transmission d'informations scientifiques à un public de non-spécialistes. Nous avons vu que la communication entre spécialistes et non-spécialistes survient dans différents contextes (scolaire, informel) et selon différentes approches (didactiques de sciences, médiation scientifique, interprétation du patrimoine) *(voir chap. 3.4).* C'est donc dans la littérature relative à ces différents courants et disciplines que nous avons cherché des moyens didactiques transposables à notre problématique de recherche afin d'évaluer leur potentiel à favoriser la décodification de l'information cartographique et l'interprétation des formes du paysage.

Comme pour les éléments graphiques, nous n'avons pu appliquer qu'un nombre restreint de moyens didactiques sur notre carte test. Le choix a été fait en fonction du public cible (élèves de l'école secondaire) et de l'objectif principal de la carte (fournir une explication de la formation du lac de Golzern) *(voir chap. 7.3).* La conception de la carte géodidactique de Golzern se base sur une approche constructiviste (Hertig, 2009), l'utilisation de « *facilitateurs* » pour la lecture de carte (Sobel, 1998 ; Horrower, 2003 ; Bailey, 2009) et des principes d'interprétation (Moscardo, 1999 ; Widner Ward & Wilkinson, 2006 ; Moscardo et al., 2007).

La carte géodidactique de Golzern et l'apport de différentes options didactiques pour l'utilisateur d'une carte ont été appréciés au moyen d'une évaluation croisée impliquant différents groupes d'évaluateurs (usagers, enseignants, évaluateur externe, nous-mêmes) et méthodes d'évaluation (questionnaires, observation participante, analyse des cartes utilisées, méthode d'évaluation pour les sentiers à thèmes). Chaque processus d'évaluation a permis de mettre en lumière un aspect différent de la carte, comme par exemple la qualité du contenu cartographique ou didactique, la fonctionnalité de la carte, l'intérêt global de l'activité et le transfert de l'information.

Sur la base des résultats de cette évaluation croisée, l'impact positif des différentes options didactiques nous semble évident. Le plus grand intérêt réside dans le fait

qu'elles permettent de soutenir l'utilisation plutôt inhabituelle de la carte comme outil d'interprétation du paysage. Les options didactiques utilisées permettent de focaliser l'attention sur une problématique spécifique (par ex. à l'aide d'un titre sous forme de question), de guider la lecture de la carte et du paysage (par ex. à l'aide d'une introduction et de *maptivities*) et d'impliquer activement l'utilisateur dans l'acquisition des connaissances (par ex. approche constructiviste). En d'autres termes, **les différentes options didactiques prennent le rôle, à notre avis indispensable, d'un médiateur faisant le lien entre l'utilisateur et les informations.** Cet aspect est trop souvent absent dans les cartes géotouristiques existantes.

Pour une mise en forme didactique réussie, le concepteur d'un projet cartographique devrait s'appuyer sur les caractéristiques du site (indentification des spécificités, des éléments bien visibles, d'un message fédérateur), **l'analyse du public** (composition du public, intérêt, compétences), **la collaboration avec des spécialistes** (didacticiens, interprètes, psychologues, etc.) **et finalement, sur l'évaluation de son projet.** Seule cette dernière peut révéler si un projet cartographique est de qualité.

À notre connaissance, c'est la première fois qu'une carte géotouristique a été soumise à une évaluation croisée, c'est pourquoi nous nous permettons quelques conclusions sur l'intérêt et l'apport des différentes méthodes d'enquête.

Par rapport à l'utilisation et à la fonctionnalité de la carte, l'observation participante a fourni le plus d'informations utiles puisque nous avons pu observer directement le comportement des élèves. Les enquêtes par questionnaire auprès des utilisateurs et des enseignants ont permis d'obtenir leur avis sur différents points (difficulté des *maptivities*, complexité des explications, appréciation générale), mais le pouvoir explicatif des questionnaires courts et avec beaucoup de questions fermées est limité. Il serait intéressant d'essayer de récolter les avis à l'aide d'entretiens collectifs (élèves) et d'interviews (enseignants). Nous pensons qu'ils fourniraient les informations que nous avons obtenues par questionnaires, mais permettraient en plus d'approfondir le *pourquoi* de certaines questions restées ouvertes (par ex. le manque d'attractivité de l'activité) et de mieux prendre en compte les propositions d'améliorations. Bien qu'elle ne soit pas conçue pour l'évaluation de cartes géotouristiques, la méthode pour l'évaluation des sentiers à thèmes a permis d'évaluer des aspects qui n'ont pas forcément été pris en compte avec les autres méthodes d'enquête (intérêt du site, gestion du public, mise en forme graphique, qualité du contenu). Elle pourrait servir d'assise pour l'élaboration d'une méthode d'évaluation pour les cartes géotouristiques.

En ce qui concerne les perspectives de recherche par rapport à la mise en forme didactique, nous pensons que celles-ci se situent surtout dans la recherche, l'application et l'évaluation de différentes options afin de pouvoir partager les expériences et de constituer par exemple un recueil d'options sur lesquelles les concepteurs pourraient se baser lors de la mise en forme de nouveaux projets cartographiques.

Objectif 4 Élaborer des propositions méthodologiques pour la cartographie des géomorphosites.

Au début de ce travail, nous avons fait le constat de la coexistence de diverses méthodes plus ou moins formalisées pour la cartographie des géomorphosites, soit pour spécialistes, soit pour non-spécialistes. Nous avons ensuite proposé un cadre théorique et conceptuel général et applicable à l'ensemble des projets (évaluation, protection, valorisation) lié à la représentation des géomorphosites (Coratza & Regolini-Bissig, 2009). Des lignes directrices (tabl. 5.1) précisent les éléments à considérer pour une réalisation cohérente. Comme le montrent les quelques applications concrètes des lignes directrices (Regolini-Bissig et al., 2009 ; Martin & Reynard, 2009 ; Martin, 2010), elles ont surtout été utilisées dans le domaine de la valorisation auprès de non-spécialistes. Dans ce contexte, elles ont servi à fixer les conditions cadres de projets cartographiques ou de canevas de discussion pour des projets impliquant plusieurs personnes (par ex. mandants et mandataires ou un groupe de géoscientifiques).

Pour notre problématique de recherche, il nous semblait important de préciser le cadre conceptuel et théorique pour la cartographie des géomorphosites afin de l'adapter au cas spécifique de la cartographie dans le domaine de la valorisation. L'analyse des méthodes et des réalisations dans ce domaine *(chap. 5)* a constitué le point de départ de nos réflexions. Constatant que les cartes géotouristiques existantes ont un pouvoir communicationnel plutôt faible *(voir chap. 5.3, Objectif de recherche 2)* et considérant que l'enjeu de la cartographie géotouristique réside précisément dans la mise à disposition d'une aide à l'interprétation des phénomènes géomorphologiques ou géologiques quant à leur répartition, à leur évolution ou aux liens avec d'autres thématiques, nous nous sommes inspirée des disciplines et courants spécialisés dans la communication entre spécialistes et non-spécialistes (didactiques des sciences, médiation scientifique, interprétation du patrimoine). Une approche intégrée mettant l'accent sur la prise en compte des particularités d'un site et les spécificités du public cible pour formuler un message précis, au lieu de *tout* montrer, a été développée *(voir chap. 5.4*). Elle constitue la réponse à notre **question de recherche 4.1 : Selon quels critères choisir le contenu d'une carte des géomorphosites?** (voir tabl. 8.1, Conditions cadres).

C'est sur la base de cette approche intégrée que nous avons entrepris les recherches afin de préciser des lignes directrices. L'essentiel des questions de recherche **4.2 Comment réaliser la mise en forme didactique des informations relatives aux géomorphosites? et 4.3 Comment réaliser la mise en forme graphique des informations relatives aux géomorphosites?** a été discuté dans les questions de recherche de l'objectif 3. Les résultats servent à formuler les lignes directrices pour la cartographie dans le domaine de la valorisation (tabl. 8.1). Elles complètent l'approche intégrée.

L'approche intégrée a été appliquée dans cette étude dans le cadre de la réalisation de la carte géodidactique de Golzern. Cette dernière ayant également été soumise à une évaluation sous différents aspects (chap. 7.3, objectif 3), nous pouvons dresser un premier bilan de l'apport de cette nouvelle approche.

Sur le plan pratique, l'approche intégrée a le mérite de fournir un cadre bien défini pour la conception d'une carte en ce qu'elle encourage le concepteur à faire des choix fondamentaux par rapport au public cible, à la fonction et au contenu de la carte. Les conditions cadre ainsi définies, la mise en forme (graphique et didactique) est facilitée puisqu'on peut se tenir aux choix précédents et aux informations déjà récoltées sur les spécificités du public et du site. Au niveau du contenu, une carte conçue selon l'approche intégrée est un produit unique puisqu'elle transmet un message particulier en lien direct avec le site. Ce n'est pas le cas des cartes géotouristiques classiques dont les titres (carte touristique-environnementale de la vallée X) et le contenu (énumération des différents géomorphosites des différentes vallées) se ressemblent. A juger du bon transfert de l'information, la mise en forme en fonction d'un public cible bien défini et selon des principes didactiques permet d'offrir à l'utilisateur une clé de lecture efficace et qui lui permet de retenir un message clair, ce qui pourrait l'inciter à découvrir les spécificités d'autres régions. Les différentes évaluations ont certes montré le potentiel d'amélioration, mais n'ont pas révélé des erreurs de conception fondamentales. Nous concluons que l'approche intégrée offre suffisamment d'appuis pour permettre de concevoir un produit cohérent.

Le revers d'un produit profilé (message précis, public cible bien défini) est sa portée limitée en termes d'utilisateurs. La carte géodidactique de Golzern qui a été conçue expressément pour les élèves de l'école secondaire illustre bien ce problème. Pour des élèves de degré inférieur, elle risque d'être trop complexe, pour des élèves de degré supérieur, la mise en forme (jeu) ne correspond vraisemblablement pas à leurs intérêts. Pour les cartes destinées à des adultes, la différence pourrait se manifester dans la complexité des informations et l'intérêt par rapport à des sujets, par exemple en fonction de la distinction d'un public local/international ou plus/moins chevronné en ce qui concerne les géosciences. Cet inconvénient pourra éventuellement se faire ressentir au moment de chercher des financements pour la réalisation d'un produit. Il devrait probablement être plus facile de trouver des fonds pour un produit à *large spectre* qu'un produit pour un public restreint. Il reste cependant à démontrer qu'en termes de qualité du produit et de satisfaction des utilisateurs, un produit *grand public* satisfait effectivement plus de personnes qu'un produit profilé.

	Critères	*Question guide*	*Lignes directrices*
Conditions cadres	*Utilisateur*	Quel est le public visé?	Le public cible devrait être défini avec le plus de précision possible. Les concepteurs d'une carte géotouristique veilleront à dresser le profil des utilisateurs (définition *a priori* ou par enquête de terrain) par rapport aux facteurs *âge*, *intérêts* et *compétences* (connaissances de base et lecture de carte). Pour un public hétérogène, il est conseillé de proposer plusieurs niveaux de lecture.
	Fonction	Quelle est la fonction de la carte?	Est-ce que la carte est le meilleur support de communication pour l'objectif visé ? Si oui, quelle fonction doit-elle remplir ? (cartes générales = indication des points d'intérêt géologique ou géomorphologique ; cartes (géo)touristiques = indication des points d'intérêt géologique ou géomorphologique et services touristiques ; cartes pour amateurs en sciences de la Terre = transmission d'informations géomorphologiques et géologiques pour un public averti ; cartes géodidactiques = clé de lecture favorisant la compréhension de phénomènes géomorphologiques et géologiques pour un public novice). Si certaines fonctions se laissent combiner, il est cependant déconseillé de vouloir *tout* faire sur une même carte. Lorsque les raisons de réaliser une carte sont multiples, il est peut être nécessaire d'en faire plusieurs. Il faudra donc choisir le type de carte selon la fonction principale des différentes cartes géotouristiques**.**
	Contenu	Que va-t-on communiquer avec la carte?	La carte, comme les autres supports de valorisation (panneaux, brochures, expositions, etc.), devrait se focaliser sur un nombre réduit de thématiques. Les thématiques s'appuyant sur des éléments bien visibles dans le paysage sont à privilégier et il s'agit de formuler un message en lien avec la thématique principale et adapté au public cible.
Mise en forme didactique	*Site*	Quelle est la particularité du site?	Pour un produit profilé et original, il convient d'étudier le site à cartographier en fonction de thématiques et messages d'ordre général pouvant révéler son intérêt aux non-spécialistes. Il s'agit de s'appuyer sur des éléments bien visibles ou de mettre en place des mesures (graphiques ou didactiques) afin d'augmenter la visibilité des éléments plus discrets ou à caractère intangible.
	Outils	Quelles sont les nécessités du public?	La recherche d'une pédagogie se fait en fonction du public cible. Les options sont d'ordre conceptuel (par ex. choix d'un modèle d'apprentissage, intégration de principes d'interprétation) et pratique (par ex. utilisation de « facilitateurs » pour la lecture de carte). Une collaboration avec des spécialistes (didacticiens, interprètes, psychologues, professionnels du tourisme, etc.) peut être bénéfique pour satisfaire au mieux les besoins et les intérêts du public.

Tabl. 8.1 Lignes directrices pour la cartographie géotouristique.

	Critères	*Question guide*	*Lignes directrices*
Mise en forme graphique	*Complexité*	Quel degré de complexité est désiré / requis ?	Considérer la fonction, le message et les compétences des utilisateurs de la carte pour déterminer sa complexité. Veiller à offrir la complexité nécessaire sans charger la carte avec des détails superflus.
	Échelle	Quelle est la zone à couvrir et la représentation des géomorphosites souhaitée?	L'échelle d'une carte dépend à la fois de la fonction de la carte, de l'étendue de la zone à couvrir et du type de représentation des géomorphosites (symboles ponctuels, périmètres, légende détaillée) souhaitée.
	Fond de carte	Quel fond de carte pour quelle fonction ? Quel fond de carte pour quel public?	Le fond de carte se choisit en considérant la fonction de la carte et le public visé. Pour des projets nécessitant une bonne orientation sur le terrain, les cartes topographiques sont à privilégier. On de devrait utiliser les cartes topographiques à grande échelle (1:10'000, 1:5'000) que lorsque le niveau de détail qu'elles contiennent apporte une plus-value par rapport à des fonds topographiques moins précis. Les photographies aériennes, images satellites ou modèles numériques de terrain sont adaptés à des projets où la carte doit faciliter le passage entre réalité et représentation. La lecture du relief basée sur un modèle numérique de terrain devrait être accompagnée d'une explication pour son utilisation par l'usager.
	Représentation des géomorphosites	Comment représenter les géomorphosites ?	La représentation des géomorphosites dépend de plusieurs facteurs: l'échelle, le type de fond de carte, la précision avec laquelle on souhaite représenter les géomorphosites. Les légendes utilisant des symboles ponctuels devraient être réservées aux cartes à grande échelle puisqu'elles ont pouvoir communicationnel faible (il faut toujours consulter la légende) et qu'elles ne sont pas très appréciées par le public. Une indication des géomorphosites à l'aide de périmètres et symboles figuratifs a l'avantage de délimiter de façon exacte l'objet et de fournir une indication graphique immédiate sur son identité. Graphiquement, elle s'adapte bien aux fonds de carte imagés (photographie aérienne, MNT, MNT avec couverture du sol), mais ne donne pas de très bons résultats sur des fonds de carte topographiques. Pour ces derniers, une légende de type géomorphologique et la plus adaptée, car l'utilisation de surfaces produit une image plus harmonieuse que des périmètres avec symboles figuratifs.
Considérations pratiques	*Conditions d'emploi*	Dans quel contexte la carte va-t-elle être utilisée?	L'utilisation de la carte (conditions et distance de lecture, mobilité du lecteur, etc.) détermine le choix et les caractéristiques du support (numérique ou papier, format, pliage, etc.) afin que la lecture de la carte soit aussi confortable que possible. Il faut également considérer que les différentes options ont des incidences diverses sur les réalisations et la mise à jour des cartes.
	Budget	Comment répartir efficacement le budget ?	Une répartition précoce du budget parmi les différentes postes (coûts de conception et de production) permet de gérer au mieux les contraintes financières.
	Evaluation	La carte répond-t-elle aux objectifs et est-t-elle adaptée au public cible?	Seule une évaluation du produit auprès des utilisateurs peut éclairer sur la qualité de la carte. Elle peut intervenir à plusieurs moments (avant, pendant ou après la réalisation) et sous différentes formes (*in situ, ex situ*, par enquêtes, questionnaires, interviews, entretiens collectifs, etc.).

8.3 Limites de l'étude et perspectives de recherche

Lors de la formulation de notre problématique de recherche *(voir chap. 2)* et au moment de concevoir les études empiriques, nous avons dû faire des choix par

rapport à nos objectifs et questions de recherche. Ces choix ont été nécessaires afin de pouvoir aborder des thématiques spécifiques, mais ont également eu pour conséquence de réduire le champ d'investigation et la portée des résultats.

La décision de nous concentrer sur les cartes imprimées a fait que la cartographie numérique des géomorphosites, qui prend de l'ampleur notamment dans la valorisation des géomorphosites, n'a pas pu être prise en considération. De plus en plus de sites et de géoparcs proposent des cartes interactives et des visites virtuelles aux internautes ou des applications numériques pour la visite sur le terrain. Les possibilités qu'offrent ces produits en termes de marketing et de support de médiation méritent que l'on s'y intéresse de plus près. Si certains de nos résultats peuvent également trouver une application dans la cartographie digitale, interactive et dynamique, celle-ci a des questions de recherche bien spécifiques comme par exemple ce qui a trait à la facilité d'utilisation *(usability)* des cartes. Il serait également intéressant d'étudier l'utilisation des cartes par les usagers (par ex. temps et parcours de consultation, choix des informations, etc.) et l'apport des cartes numériques en matière d'outil de médiation *ex situ* et *in situ*.

Tout au long de notre travail, nous avons essayé de prendre en compte le mieux possible les spécificités des non-spécialistes. Par conséquent, certaines études ont été réalisées avec des publics cibles spécifiques et pas avec d'autres. Ainsi, les préférences cartographiques n'ont été testées qu'avec les adultes et la mise en forme didactiques seulement avec les écoliers du niveau secondaire. Des études complémentaires sont de ce fait nécessaires pour non seulement compléter les recommandations formulées dans cette étude, mais pour aborder les nombreuses questions restées ouvertes. Des questions étant liées au domaine spécifique de la cartographie pour non-spécialistes (utilisation et attentes par rapport à des cartes géotouristiques, apport par rapport au transfert de l'information), mais également à la connaissance générale des non-spécialistes (intérêt, étendue des connaissances, comportement, etc.). En nous concentrant davantage sur les utilisateurs finaux des cartes, nous nous sommes moins intéressée aux responsables des stratégies de valorisation afin d'étudier leur conception de la carte et le statut qu'ils lui attribuent parmi les autres produits de valorisation.

8.4 Conclusion et perspectives

Aujourd'hui, après une vingtaine d'années de recherches, les géomorphosites sont toujours au cœur de nombreuses études et le Groupe de travail sur les géomorphosites continue à être actif. Si les préoccupations initiales de la discipline – la définition et l'élaboration de méthodes d'évaluation – sont quelque peu passées en second plan, de nouvelles problématiques de recherche ont émergé. Avec la reconnaissance progressive des géomorphosites à différents niveaux institutionnels et sociaux, leur gestion constitue l'un des principaux défis. Ainsi, les recherches sur la géoconservation (Brilha, 2005 ; Gray, 2004 ; Henriques et al., 2010), la gestion des géomorphosites dynamiques ou exposés aux risques naturels (Alcántara-Ayala, 2009 ; Joyce, 2009 ; Smith et al., 2009 ; Diolaiuti et Smiraglia, 2010 ; Garavaglia et al., 2010 ; Bollati, en cours), la promotion des géomorphosites (Pralong, 2006a ; Cayla, 2009 ; Martin, en cours ; Kozlik, en cours ; Sellier, 2009 ; 2010) et l'utilisation du géopatrimoine comme ressource pour le développement économique local

(Megerle, 2008 ; Zouros, 2009 ; Reynard et al., 2011) sont des thématiques d'actualité. Le cours intensif et la conférence organisés par le Groupe de travail sur les géomorphosites de l'année 2011 intitulé « International Symposium on Geosite Management », reflète parfaitement les questions de recherche actuelles.

Notre étude sur la cartographie des géomorphosites dans le domaine de la valorisation se situe dans les problématiques actuelles sur la promotion des géomorphosites. Elle est née de la volonté d'offrir aux personnes non-spécialistes un support d'interprétation qui leur permette de découvrir le patrimoine géomorphologique sur le terrain. Nous avons par conséquent accordé une place importante aux caractéristiques des non-spécialistes et aux moyens de médiation lorsqu'il a été question d'étudier les différentes phases de la transmission de l'information cartographique (fig. 2.1).

Du côté de la réalité, nous nous sommes intéressée à la perception des formes et processus géomorphologiques par les non-spécialistes afin de mieux pouvoir appréhender leurs connaissances et leur manière de concevoir les éléments géomorphologiques du paysage (*voir chap. 6*). Nous avons observé que les caractéristiques géomorphologiques ont une certaine influence sur la perception des formes et qu'il est possible de dégager des facteurs influençant positivement ou négativement cette perception. Sur la base de ces observations, nous avons esquissé des perspectives pour la cartographie des géomorphosites qui peuvent être de se concentrer sur ce que les gens perçoivent par eux-mêmes ou alors de les guider dans la découverte de nouveaux éléments. Ce dernier point nous paraît essentiel pour tout projet de valorisation.

L'analyse des méthodes et des réalisations concrètes en matière de cartographie géotouristique a montré que le processus de conception de carte (codification) ne tient généralement pas ou peu compte de cet aspect. Les cinq types de cartes géotouristiques que nous avons individualisés et analysés selon leur qualité de communication sont en effet assez pauvres en ce qui concerne la mise à disposition d'aides à l'interprétation *(voir chapitre 5.3).* Ils se limitent généralement à une représentation factuelle des informations et ne proposent pas d'aides à la lecture de la carte ou du paysage.

Sur la base de ce constat, nous avons formulé une approche intégrée mettant l'utilisateur et le site au centre du processus de codification *(voir chapitre 5.4)* et préconisant une interprétation plutôt qu'une présentation factuelle des informations. Cette approche nécessite une bonne connaissance du public auquel on veut s'adresser et requiert que l'on se familiarise avec les techniques de communication entre spécialistes et non-spécialistes. Afin de fournir des appuis plus tangibles aux futurs concepteurs de cartes qui voudront réaliser des projets selon cette nouvelle philosophie, nous avons étoffé notre approche à l'aide de lignes directrices générales. Elle se base sur des considérations théoriques et les résultats de nos études empiriques par rapport à la décodification des informations cartographiques. Lors de ces études *(voir chap. 7),* nous avons cherché à tester les différentes possibilités de mise en forme graphique et didactique et leur impact sur la lecture de la carte et du paysage. Nous avons ainsi pu formuler des recommandations pour l'utilisation des fonds de carte et des types de légende et montrer les avantages de

différents outils d'aide à l'interprétation.

Au cours de nos recherches, nous avons ainsi effectué un cycle complet de la transmission de l'information cartographique : de la codification de la réalité à la décodification de la représentation de cette réalité. L'approche intégrée et les lignes directrices associées représentent notre contribution à la cartographie des géomorphosites pour le domaine de la valorisation à la fin de cette étude. Nous encourageons les futurs concepteurs de cartes géotouristiques à poursuivre les recherches et à tester cette approche et à évaluer leur carte afin que l'approche et les lignes directrices puissent être améliorées, précisées et validées. Beaucoup de questions restent encore ouvertes. Les connaissances et les intérêts des différents publics cibles n'ont pu être qu'effleurés. Connaître au mieux le public n'est pas seulement fondamental pour la cartographie, mais pour tout projet de valorisation des géomorphosites. Du point de vue cartographique, les recherches doivent se poursuivre en ce qui concerne la représentation des géomorphosites pour quitter le cadre strict de la carte imprimée et pour avancer dans la problématique de la visualisation des aspects intangibles. Finalement, il sera important de vérifier l'impact auprès des utilisateurs de ces nouvelles manières de représenter les géomorphosites afin de ne pas se laisser emporter par les possibilités techniques ou de se contenter d'une représentation uniquement esthétique.

Avec ces nouvelles connaissances et les expériences issues de projets concrets, **un comité pluridisciplinaire (géologues, géomorphologues, cartographes, graphistes, psychologues, médiateurs) du Groupe de travail des géomorphosites pourrait se pencher sur la création d'un document explicitant davantage l'approche intégrée et les lignes directrices afin d'uniformiser sur le plan conceptuel et visuel les cartes géotouristiques.** Ce document pourrait ensuite aussi bien être utilisé dans les structures bien définies comme les géoparcs que pour des réalisations de projets cartographiques autonomes. **Une autre voie consiste à transformer le tableau existant en canevas de discussion pour les rencontres entre mandants (ex. office de tourisme, conseil municipal, association) et mandataires (ex. scientifique ou cartographe).** Un tel document devrait focaliser sur la définition des grandes lignes d'un projet (section 1 du tableau 8.1), les aspects pratiques (section 4 du tableau 8.1) et organisationnels. Ce dernier volet viserait à établir un planning, à définir les libertés dans les choix graphiques des mandataires et l'étendue de la supervision des mandants, etc.

Nous comptons sur la communauté scientifique et les réalisateurs de cartes pour avancer dans cette problématique afin que les utilisateurs puissent profiter de cartes de qualité toujours meilleure.

Bibliographie

A

Alcántara-Ayala, I. (2009). Geomorphosite managment in areas sensitive to natural hazards. In Reynard, E., Coratza, P., Regolini-Bissig, G., (Eds). Geomorphosites, Pfeil Verlag, München, 163-173.

Amacher, P. (1993). Von Strahlern und Kristallen. In Arbeitsgruppe Naturkundliche Höhenwege Uri (Ed). *Naturkundlicher Höhenweg im Maderanertal*, Altdorf, Gisler Druck, 51-60.

Ambert, M. (2009). Vulgarisation et valorisation du patrimoine géologique et géomorphologique en Languedoc-Roussillon: retour d´expériences. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 1, 82-95.

Arbeitsgruppe Naturkundliche Höhenwege Uri (Ed). (1993). *Naturkundlicher Höhenweg im Maderanertal*. Altdorf, Gisler Druck.

Arnold, D., Gisler, R., Metry, D. (2004). *Silenen – Amsteg – Bristen. Eine Gemeinde – drei Dörfer*. Travail de recherche, Altdorf, Kaufmännische Berufsschule Uri, non publié.

Aschwanden, F. (2006). *« Düä Bääbä » - Das Maderanertal*. Altdorf, Verlag Gisler.

Association Marque Valais. (2007). *Marque Valais. Règlement d'attribution.* Sierre.

Astolfi, J.-P. (2010). *L'école pour apprendre : l'élève face aux savoirs*. Issy-les-Moulineaux, ESF.

Atlas de la Suisse 2.0 [DVD] (2000). Wabern, Office fédéral de topographie.

Aucelli, P.P.C., Cinque, A., Esposito, A. (2005). A GIS aided procedure for the automated detection and correlation of paleosurfaces form Digital Elevation Models. *6th International Conference on Geomorphology,* Zaragoza, 7-11 September 2005*,* Abstract volume, 406.

B

Badman, T. (1994). Interpreting Earth science sites for the public. In O'Halloran, D., Green, C., Harley, M., Stanley, M., Knill, J. (Eds). *Geological and Landscape Conservation*, London, Geological Society, 429-432.

Bailey, H. (2009). *Putting Interpretation on the Map : An Interpretive Approach to Geography.* National Association for Interpretation, InterpPress.

Bailey, H., Smaldone, D., Elme, G., Robert, B. (2007). Geointerpretation : the interpretive potential of maps. *Journal of Interpretation Research*, 12(2), 46-59.

Barozzini, E., Bertogna, I., Castaldini, D., Chiriac, C., Dallai, D., Del Prete, C., et al. (2004). *Riserva Naturale Regionale delle Salse di Nirano. Carta Turistico-Ambientale* [Document cartographique]. Parma, Eliofototechnicabarbieri.

Bartz Petchenik, B. (1983). A Map Maker's Perspective on Map Design Research 1950-1980. In Taylor, D.R.F (Ed). *Graphic Communication and Design in Contemporary Cartography*, Chichester, John Wiley & Sons, 37-68.

Bavaud, F. (1998). *Modèles et données. Une introduction à la statistique uni-,bi et trivariée.* Paris, L'Harmattan.

Beck, L., Cable, T. (2002). *Interpretation for the 21st Century : Fifteen guiding principles for interpreting nature and culture*. Champaign, Sagamore Publishing.

Béguin, M., Pumain, D. (2010). *La représentation des données géographiques : statistique et cartographie*. Paris, Armand Colin.

Bekker, F. (1883). Bergsturz der Diablerets, *Ann. CAS,* 18, 310-316.

Berger, J., Reynard, E., Bissig, G., Constandache, M., Dumas, J., Felber, M., Häuselmann, P., et al. (2008). *Révision de la liste des géotopes d'importance nationale ; rapport du groupe de travail 2006-2007.* Fribourg, Groupe de travail pour les géotopes en Suisse.

Berger, J., Reynard, E., Constandache, M., Dumas, J., Felber, M., Häuselmann, P., et al. (2010). Geotopes of national significance : report 2010. *8th Swiss Geoscience Meeting,* Fribourg, 19 – 20 November 2010, Abstract Volume, 348.

Bernard, R., Kunz, P. (2009). *Nature & Tourisme. Projet 2010-2011*. Sion, La Murithienne.

Berrebi, Y. 2006. *Les sentiers didactiques. Analyse de la perception du public face à quatre réalisations géodidactiques.* Mémoire de licence publié sous format électronique. Université de Lausanne.

Disponible sur : http://mesoscaphe.unil.ch/Site-IGUL-Jahia/Memoires/ (consulté le 12.9.2007).

Bertacchini, M., Benito, A., Castaldini, D. (2007). Carta geo-archeo-turistica del territorio di Otricoli (Terni, Umbria). *3rd National Conference of the Italian Association Geology and Tourism,* Bologna, 1-3 March 2007, Proceedings*,* 213-220.

Bertin, J. (1998). *Sémiologie graphique. Les diagrammes – Les réseaux – Les cartes* (3e éd.). Paris, Les ré-impressions des éditions de l'EHESS.

Bini A., Buoncristiani J.-F., Coutterand S., Ellwanger D., Felber M., Florineth D., Graf H.R., Keller O., Kelly M., Schlüchter C., Schöeneich P. (2009). *La Suisse durant le Dernier Maximum Glaciaire, 1:500'000*. Wabern, Office fédéral de topographie Swisstopo.

Bissig G. (2008). Mapping geomorphosites : an analysis of geotourist maps. *Geoturystika*, 3(14), 3-12.

Bissig, G., Berrebi, Y. (2006) Géotopes géomorphologiques : cartographie dans le cadre de la valorisation géotouristique. *4th Swiss Geoscience Meeting,* Bern, 24-25 november 2006, Abstract volume, 24-25.

Bollati, Irene (en cours). *Investigation and monitoring on active geomorphosites in the framework of touristic and educational valorisation*. Thèse de doctorat, Université de Milan.

Bouët, M. (1985). *Climat et météorologie de la Suisse romande*. Lausanne, Payot.

Brandolini, P., Pelfini, M. (2010). Mapping geomorphological hazards in relation to geotourism and hiking trails. In Regolini-Bissig, G., Reynard, E. (Eds). *Mapping Geoheritage*, Lausanne, Institut de géographie, Géovisions n°35, 31-45.

Brändli, U.-B., Keller, W. (1985). *Die Vegetationshöhenstufen im LFI.* Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL, non publié.

Brewer, C.A. (2005). *Designing better Maps*. Redland, ESRI Press.

Brezinski, C. (2010). *Les images de la Terre. Cosmographie, géodésie, topographie et cartographie à travers les siècles*. Paris , L'Harmattan.

Brilha, J. (2005). *Património Geológico e Geoconservação. A conservação da natureza na sua vertente geológica*. Braga, Palimage.

Brückner, W., Zbinden, P. (1987). *Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt 1192 Schächental*. Schweizerische Geologische Kommission.

Bruschi, V.M, Cendrero, A. (2005). Geosite evaluation ; can we measure intangible values? *Il Quaternario*, 18(1), 293-306.

Bruschi, V.M, Cendrero, A. (2009). Direct and parametric methods for the assessment of geosites and géomorphosites. In Reynard, E., Coratza, P., Regolini-Bissig, G., (Eds). *Geomorphosites*, Pfeil Verlag, München, 73-88.

Burek, C.V., Prosser, C.D. (2008). The history of geoconservation : an introduction. In Burek, C.V., Posser, C.D. (Eds). *The History of Geoconservation*. London, Geological Society, Special Publications, 300, 1-5.

C

Cannillo, C., Di Gregorio, F., Eltrudis, A. (2005). Map of the geological and geomorphological sites of the Malfatano coast in SW Sardinia : a contribution to the knowledge of the Island's geodiversity. *Il Quaternario*, 7 (1), 257-266.

Caputo, P., Lewis, S., Brochu, L. (2008). *Interpretation by Design. Graphic Design Basics for Heritage interpreters*. National Association for Interpretation, InterpPress.

Carton, A., Cavallin, A., Francavilla, F., Mantovani, F., Panizza, M., Pellegrini, G.G., Tellini, C. et al. (1994). Ricerche ambientali per l'individuazione e la valutazione dei beni geomorfologici – metodi ed esempi. *Il Quaternario*, 7 (1), 365-372.

Carton, A., Coratza, P., Marchetti, M. (2003). Methodological proposal for mapping geomorphosites. *Geomorphological Sites : assessment and mapping*, Cagliari, 1-5 October 2003, Workshop Proceedings, 21-22.

Carton, A., Coratza, P., Marchetti, M. (2005). Guidelines for geomorphological sites mapping. Examples from Italy. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 3, 209-218.

Castaldini, D. (2009). Maps and multimedia tool for the popularization and promotion of protected areas of the Apennines of Modena. *Geomorphosites 2009. Raising the profile of geomorphological heritage through iconography, inventory and promotion,* Paris, 10-12 June 2009, Abstracts Volume, 50.

Castaldini, D., Jairo, V., Chiriac, C., Ilies, D. C. (2003). Geomorphological documents for the environmental-tourist map of the Salse di Nirano natural reserve (Modena Apennines, Northern Italy). *Geomorphological Sites : assessment and mapping*, Cagliari, 1-5 October 2003, Workshop Proceedings, 50-51.

Castaldini, D., Valdati, J., Ilies, D.C. (2005a). The contribution of geomorphological mapping to environmental tourism in protected areas : examples from the Apennines of Modena (Northern Italy), *Revista de Geomorfologie*, 7, 91-106.

Castaldini, D., Valdati, J., Ilies, D.C., Chiriac, C. (2005b). Geo-tourist map of the natural reserve of Salse di Nirano (Modena Apennines, Northern Italy), *Il Quaternario,* 18(1), 245-255.

Castaldini, D., Valdati, J, Ilies, D., Barozzini, E., Bartoli, L., Dallai, D., et al. (2005c). *Carta Turistico-Ambientale dell'Alta Valle delle Tagliole* [Document cartographique]. Parma, Eliofototecnicabarbieri.

Cayla, N. (2009). *Le patrimoine géologique de l'arc alpin. De la médiation scientifique à la valorisation géotouristique*. Thèse de doctorat, Université de Savoie.

Chappex, L. (2008, 8 août). Golzern, perchoir insolite. *Le Temps* [en ligne]. Disponible sur : www.letemps.ch (consulté le 5 août 2007).

Coratza, P. (2004). Géomorphologie et culture : Exemples de valorisation en Emilie Romagne (Italie). In Reynard, E., Pralong, J.-P. (Eds). *Paysages géomorphologiques*. Compte-rendu du séminaire de 3ème cycle CUSO 2003, 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.

Coratza, P., Regolini-Bissig, G. (2009). Methods for mapping geomorphosites, In Reynard, E., Coratza, P., Regolini-Bissig, G. (Eds). *Geomorphosites,* München, Pfeil Verlag, 89-103.

Cronyn, M. (1998). NPS Design Ethics. In National Park Service (Eds). *Information Design. Tools and Techniques for Park-Produced Publications* [en ligne], 15-19. Disponible sur : http://www.nps.gov/hfc/pdf/pubs/idt2p3.pdf. (consulté le 13.6.2010).

D

Delaloye R. (2004). *Contribution à l'étude du pergélisol de montagne en zone marginale*. Thèse de doctorat, Université de Fribourg, Geofocus, Vol. 10.

Demek, J., Embelton, C., et al. (1982). *Geomorphologische Kartierung in Mittleren Massstäben : Grundlagen, Methoden, Anwendungen*. Gotha, H. Haack.

Denègre, J. (2005). *Sémiologie et conception cartographique*. Paris, Hermès.

Di Gregorio, F., Piras, G., (2005). Map of the landscape units and geomorphosites of Monte Arci (Sardinia). *Il Quaternario*, 18(1), 267-273.

Di Gregorio, F., Piras, G., Puliga, G., Orrù, P. (2010). Coastal and marine geomorphological map, geosites and geodiversity of San Pietro Island (SW Sardinia). *International Conference on Geoheritage and Geotourism (ICGG2010)*, Lisbon, 14-17 October 2010, Proceedings, 21-22.

Diolaiuti, G., Smiraglia, C. (2010). Changing glaciers in a changing climate : how vanishing geomorphosites have been driving deep changes in mountain landscapes and environments. *Géomorphologie : relief, processus, environnemen*t, 2, 131-152.

Dipartimento dell'educazione, della cultura e dello sport (2004). *Piano di formazione della scuola media*. Bellinzona.

Dipartimento dell'educazione, della cultura e dello sport (2011). *Piano di formazione della scuola media*. Bellinzona.

Dowling, RK., Newsome D. (2006). *Geotourism*. Oxford, Elsevier.

Doyle, P., Bennett, M.R. (1998). Earth heritage conservation : past, present and future agendas. In Bennett, M.R., Doyle, P. (Eds). *Issues in Environmental Geology : A British Perspective*, London, Geological Society, 41-67.

Dransch,D. (2000). The use of different media in visualizing spatial data. *Computers & Geosciences*, 26, 5-9.

Dufour Map [CD Rom] (2003). *Cartographie hier et aujourd'hui : carte Dufour – carte nationale 1 :100'000*. Wabern, Office fédéral de topographie.

Duhem, V. (2008). *Inventaire et proposition de mesures de valorisation des géomorphosites du PNR Gruyère - Pays-d'Enhaut*. Mémoire de master publié sous format électronique. Université de Lausanne. Disponible sur : http://mesoscaphe.unil.ch/Site-IGUL-Jahia/Memoires/ (consulté le 10.8.2011).

Dykes, J., MacEachren, A., Kraak, M.-J. (Eds). (2005). *Exploring Geovisualization*. Amsterdam, Elsevier.

E

Eastes, R.-E. (2009). *Vulgarisation, communication, médiation scientifique.* Communication orale.
Disponible sur : http://www.sciences-et-democratie.net/dossiers-et-debats/la-culture-scientifique-et-technique/vulgarisation-mediation-communication-entend) (consulté le 20 mars 2011).

Eastman, J.R., Castner, H.W. (1983). The Meaning of Experience in Task-Specific Map Reading. In Taylor, D.R.F (Ed). *Graphic Communication and Design in Contemporary Cartography*, Chichester, John Wiley & Sons, 115-147.

EDI, Eidgenössisches Departement des Innern (1977). *Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung*. Bern, Eidg. Oberforstinspektorat, Abteilung Natur- und Heimatschutz.

El Hadj, S.A., Bélisle C. (Eds). (1985). *Vulgariser : un défi ou un mythe ? La communication entre spécialistes et non spécialistes*. Lyon, Chronique sociale.

Erikstad, L. (2008). History of geoconservation in Europe. In Burek, C.V., Posser, C.D. (Eds). *The History of Geoconservation*. London, Geological Society, Special Publications, 300, 249-256.

Ernst Basler und Partner (2003). *Machbarkeitsstudie für einen Nationalpark im Kanton Uri, Schlussbericht zur Phase 1*. Kanton Uri, Justizdirektion.

F

Fachstelle für Statistik (2010). *Bestand der Wohnbevölkerung in Uri 2009*. Finanzdirektion Uri.

Disponible sur :
http://www.ur.ch/dateimanager/10.08.25_2009_espop_gemeinden_regionen_ur.pdf (consulté le 10 août 2011).

Fallot, J.-M. (2006-2007). *Environnement périglaciaire alpin : caractéristiques, dynamique et méthodes d'étude* [support de cours]. Université de Lausanne, Institut de géographie.

Fournier, X. (2007). *Inventaire et évaluation des géotopes géomorphologiques des vallées d'Hérens, de la Printse et de la Fare (Valais).* Mémoire de licence publié sous format électronique. Université de Lausanne.

Disponible sur : http://mesoscaphe.unil.ch/Site-IGUL-Jahia/Memoires/ (consulté le 10.8.2011).

Frei, M.-L., Schillak, A. (1997). Anforderungen, Grundlagen und Methoden eines Transfers geowissenschaftlicher Sachverhalte in die Umweltbildung. *Zbl. Geol. Paläont*., 1(7/8), 703-712.

G

Gabioud, C. (2008). *Itinéraires pédestres et dynamiques géomorphologiques : le cas du Val Ferret (VS).* Mémoire de licence publié sous format électronique. Université de Lausanne. Disponible sur :

http://mesoscaphe.unil.ch/Site-IGUL-Jahia/Memoires/ (consulté le 10.8.2011).

Garavaglia, V., Pelfini, M., Bollati, I. (2010). The influence of climate change on glacier geomorphosites : the case of two Italian glaciers (Miage Glacier, Forni Glacier) investigated through dendrochronology. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 2, 153-164.

Garland, H., Haynes, J., Grubb, G. (1979). Transit map color coding and street detail. *Environment and behavior*, 11, 162-184.

Gauthier, M.J. (Ed). (1988). *Cartographie dans les médias*. Québec, Presses de l'Université du Québec.

Genoud, M. (2008). *Inventaire, évaluation et projets de valorisation des géomorphosites du Val de Bagnes.* Mémoire de licence publié sous format électronique. Université de Lausanne.

Disponible sur : http://mesoscaphe.unil.ch/Site-IGUL-Jahia/Memoires/ (consulté le 10.8.2011).

Ghiglione, R., Matalon, B. (1998). *Les enquêtes sociologiques. Théories et pratique*. Paris, Armand Colin.

Ghiraldi, L., Coaratza, P., Marchetti, M., Giardino, M. (2010). GIS and geomatics application for the evaluation and exploitation of Piemonte geomorphosites. In Regolini-Bissig, G., Reynard, E. (Eds). *Mapping Geoheritage*, Lausanne, Institut de géographie, Géovisions n°35, 97-113.

Giardino, M., Perotti, L., Carletti, R., Russo, S. (2010). Creation and test of a mobile GIS application to support field data collection and mapping activities on geomorphosites. In Regolini-Bissig, G., Reynard, E. (Eds). *Mapping Geoheritage*, Lausanne, Institut de géographie, Géovisions n°35, 115-127.

Giordan, A. (1991). La modélisation dans l'enseignement et la vulgarisation des sciences. *Impact : science et société,* 41(4), 337-355.

Giordan, A., De Vecchi, G. (1990). *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques.* Neuchâtel, Delachaux & Niestlé.

Giusti, C. (Ed). (en cours). Les sites d'intérêt géomorphologique : un patrimoine invisible ? *Géocarrefour,* en cours d'élaboration.

Giusti, C., Calvet, M. (2010). L'inventaire des géomorphosites en France et le problème de la complexité scalaire. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 2, 223-244.

Glas, J. (1997). *Alpenfieber. Eine Frau aus der Grossstadt wird Hirtin in den Bergen. Ein Lebensbericht*. Bern, Verlag Scherz.

Gnos, E. (1991). Neue geologische Überblickskarte des Maderanertals. *Mineralienfreund,* 4, 8-9.

Golay, L. (Ed). (2004). *Images du Monde. Une histoire de la cartographie.* Lausanne, Imprimeries Réunies Lausanne.

Grandgirard, V. (1995). Méthode pour la réalisation d'un inventaire de géotopes géomorphologiques*. UKPIK*, *Cahiers de l'Institut de Géographie de l'Université de Fribourg*, 10, 121-137.

Grandgirard, V. (1997). *Géomorphologie, protection de la nature et gestion du paysage.* Thèse de doctorat, Université de Fribourg.

Grandgirard, V. (1999). L'évaluation des géotopes. *Geol. Insubr.*, 4(1), 66-69.

Gray, M. (2004). *Geodiversity, valuing and conserving abiotic nature*. Chichester, John Wiley & Sons.

Groupe de travail sur les géotopes en Suisse (2007). Géoparcs en Suisse : un rapport stratégique. Fribourg, Académie Suisse des sciences naturelles.

Gross, G., Kerschner, H., Patzelt, G. (1977). Methodische Untersuchungen über die Schneegrenze in alpinen Gletschergebieten. *Zeitschfrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 12, 223-251.

Grujard, M., Le Roux, A., Nove, A. (1988). *Un Paysage,* Paris, Calmann-Lévy.

Gwinner, M. P. (1971*). Geologie der Alpen, Stratigraphie, Paläogeographie, Tektonik*. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.

H

Haeberli, W. (1985). Creep of mountain permafrost : internal structure and flow of alpine rockglaciers. *Mitteil. der VAW-ETH Zürich*, Nr. 77.

Ham S. (1992). *Environmental Interpretation : A Practical Guide for People with Big Ideas and Small Budgets*. Golden (CO), North American Press.

Hantke, R. (1980). *Eiszeitalter : die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete.* Bd. 2, Letzte Warmzeiten, Würm-Eiszeit, Eisabbau und Nacheiszeit der Alpen-Nordseite von Rhein- zum Rhone-System. Thun, Ott Verlag.

Hantke, R. (1991). *Lanschaftsgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. Erd-, Klima- und Vegetationsgeschichte der letzten 30 Millionen Jahre.* Thun, Ott Verlag.

Harris, S.A, Corte, A.E. (1992). Interactions and relations between mountain permafrost, glaciers, snow and water. *Permafrost and Periglacial Processes*, 3(2), 143-147.

Harrower, M. (2003). Tips for Designing Effective Animated Maps. *Cartographic Perspectives*, 44, 63-65.

Heim, A. (1878). *Untersuchungen ueber den Mechanismus der Gebirgsbildung : im Anschluss an die geologische Monographie der Toedi - Windgaellen – Gruppe*. Basel, Schwabe.

Henriques, M.H., dos Reis, R.P., Brilha, J., Mota, T. (2010). Geoconservation as an emerging Geoscience. *Geoheritage*, 3, 117-128.

Herger, E. (2000, 9 octobre). Engere Rat der Korporation Uri : Gegen einen Urner Nationalpark. *Urner Wochenblatt* [en ligne].
Disponible sur : http://www.urnerwochenblatt.ch/start.asp?level=2 (consulté le 5 avril 2007).

Hertig, Ph. (2009). *Didactique de la géographie et formation initiale des enseignants spécialistes. Conception et première évaluation du nouveau dispositif de formation initiale des enseignants de géographie du Secondaire supérieur à la HEP Vaud*. Thèse de doctorat, Université de Lausanne.

Hocking, D., Keller, C. P. (1992). A User Perspective on Atlas Content and Design. The *Cartographic Journal*, 29, 109-117.

Hocking, D., Keller, C. P. (1993). Analysis of State and Provincial Atlas Reviews. *Professional Geographer*, 45, 73-83.

Hoelzle, M. (1994). Permafrost und Gletscher im Oberengadin. Grundlagen und Anwendungsbeispiele für automatisierte Schätzverfahren. *Mitteil. der VAW-ETH Zürich*, Nr. 132.

Hohler, F. (2005). *52 Wanderungen*. München, Verlag Luchterhand.

Hooke, J.M. (1994). Strategies for conserving and sustaining dynamic geomorphological sites. In O'Halloran, D., Green, C., Harley, M., Knill, J. (Eds). *Geological and landscape conservation*, London, Geological Society, 1991-1995.

Hose, T.A. (1994). Telling the story of stone - assessing the client base. In O'Halloran, D., Green, C., Harley, M., Knill, J. (Eds). G*eological and landscape conservation*, London, Geological Society, 451-457.

Hose T.A. (1996). Geotourism, or can tourist become casual rock hounds? In Bennet, M.R., Doyle, P., Larwood, J.G., Posser, C.D. (Eds). *Geology on your doorstep : the role of urban geology in earth heritage conservation*, London, Geological Society, 207-228.

Hose, T. A. (2006). Geotourism and Interpretation. In Dowling, RK., Newsome, D. (Eds). *Geotourism*, Oxford, Elsevier, 221-241.

Hughes, K., Ballantyne, R. (2010). Interpreting rocks! Designing signs for geotourism sites. In Newsome, D., Dowling, R. K. (Eds.). *Geotourism. The Tourism of Geolgoy and Landscape.* Oxford, Goodfellow Publishers, 184-199.

I-J

Ivy-Ochs, S., Kerschner, H., Kubik, P.W., Schlüchter, C. (2006). Glacier response in the European Alps to Heinrich Event 1 cooling : the Gschnitz stadial. *Journal of Quaternary Science,* 21, 115–130.

Ivy-Ochs, S., Kerschner, H., Maisch, M., Cristel, M., Kubik, P.W., Schlüchter, C. (2009). Latest Pleistocene and Holocene glaciers variations in the European Alps. *Quaternary Science Reviews*, 28, 2137–2149.

Joly, F., Tricart, J. (1970). *Légende pour la carte géomorphologique de la France au 1:50.000*, Vol. 77. Paris, Centre National de la Recherche Scientifique.

Jordan, P., Hipp, R., Reynard, E. (2004). La protection des géotopes et la création des géoparcs en Suisse. In Reynard, E., Pralong, J.-P. (Eds). *Paysages géomorphologiques*, Compte-rendu du séminaire de 3ème cycle CUSO 2003, Lausanne, Institut de Géographie, Travaux et Recherches n° 27, 151-60.

Josan, N., Ilies, D. C. (2003). The map of the geomorphosites of geologic interest from Bihor county (Vestern Romania). *Geomorphological Sites : assessment and mapping*, Cagliari, 1-5 october 2003, Workshop Proceedings, 73.

Joyce, B. (2009). Geomorphosites and volcanism. In Reynard, E., Coratza, P., Regolini-Bissig, G., (Eds). *Geomorphosites*, Pfeil Verlag, München, 175-188.

K

Kanton Thurgau (2005). *Auf den Spuren verschwundener Gletscher, Flüsse und Seen. Geo Radroute* [Document cartographique]. Frauenfeld, Huber & Co.

Kealey, M. (1998). Mapmaking for Parklands. In National Park Service (Ed). (1998). *Information Design. Tools and Techniques for Park-Produced Publications* [en ligne].

Disponible sur : http://www.nps.gov/hfc/pdf/pubs/idt2p3.pdf. (consulté le 13.6.2010)

Keller, F. (1994). Interaktionen zwischen Schnee und Permafrost. Eine Grundlagenstudie im Oberengadin. *Mitteil. der VAW-ETH Zürich*, Nr. 127.

Kerschner, H., Hertl, A., Gross, G., Ivy-Ochs, S., Kubik, P.W. (2006). Surface exposure dating of moraines in the Kromer valley (Silvretta Mountains, Austria) – evidence for glacial response to the 8.2 ka event in the Eastern Alps? *The Holocene*, 16, 7–15.

Kerschner, H., Ivy-Ochs, S. (2008). Palaeoclimate from glaciers : examples from the Eastern Alps during the Alpine Lateglacial and early Holocene. *Global and Planetary Change,* 60, 58–71.

Kestler, F. (2005). *Der Tölzer Lobus des würmeiszeitlichen Isar-Loisach-Gletschers als Gegenstand einer geodidaktischen Exkursion. Eine empirische Untersuchung zur Exkursionsdidaktik.* Thèse de doctorat, Fakultät für Geowissenschaften der Ludwig-Maximilians-Universität, München.

Kish, G. (1980). *La carte. Image des civilisations.* Paris, Seuil.

Kopp, J. (1959). Auf den Spuren des Reussgletschers. *Die Alpen,* 48-52.

Kozlik, L. (2006). *Les géomorphosites culturels des vallées du Trient, de l'Eau Noire et de Salanfe. Inventaire, évaluation et valorisation.* Mémoire de licence publié sous format électronique. Université de Lausanne. Disponible sur : http://mesoscaphe.unil.ch/Site-IGUL-Jahia/Memoires/ (consulté le 10.8.2011).

Kozlik, L., Reynard, E., Ehinger J., Fallot, J.-M., Marthaler, M. (2009). *Le patrimoine géomorphologique des vallées du Trient, de l'Eau Noire et de la Salanfe*. Association VallisTriensis, Hors-Série.

Kozlik, L. (en cours). *Didactique des sciences de la Terre. Recherche appliquée en communication scientifique et technique dans le domaine du géotourisme.* Thèse de doctorat, Université de Lausanne.

Kramar N. (2005). Enjeux didactiques et épistémiques liés à l'utilisation d'un modèle historique en Sciences de la Terre. In Giordan A., Martinand J.-L., Raichvarg, D. (Eds). *XXVIIe Journées Internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifique et industrielle.* Cachan, LIREST.

Kramar, N. (2010). La médiation des géosciences : laboratoire pour renouveler le rapprochement entre science et culture. *Les géosciences au service de la société,* Lausanne, 24-26 Juin 2010, Résumés, 23.

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*, Lausanne, Institut de Géographie, Travaux et Recherches n° 31, 43-56.

Kruhl, J.H. (2006). Rahmenbedingungen einer Geotop- und Geopark-bezogenen Didaktik. In Vogt, J., Megerle, A. (Eds). Geopark- und Geotourismusforschung. Ergebnisse des internationalen Workshops in Karlsruhe 2006, *Regionalwissenschaftliche Forschung,* 31, 41-49.

L

Labhart, T.P. (1993). *Geologie der Schweiz.* Thun, Ott Verlag.

Lahmar, L. (2010). Geomorphosites mapping by using GIS in Mid-Majerda valley (northwestern Tunisia). *International Conference on Geoheritage and Geotourism (ICGG2010),* Lisbon, 14-17 October, Proceedings, 55-56.

Lambiel, Ch. (2006). *Le pergélisol dans les terrains sédimentaires à forte déclivité: distribution, régime thermique et instabilités*. Thèse de doctorat, Université de Lausanne.

Landragin, F. (2004). Saillance physique et saillance cognitive, *Cognition, Représentation, Langage (CORELA)*, 2(2) [revue électronique]. Disponible sur : http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/13/71/06/PDF/04_CORELA.pdf (consulté le 23 juin 2011).

Le Floch, S. (1996). Bilan des définitions et méthodes d'évaluation du paysage. *Ingénieries*, 5, 23-32.

Le Fur, A. (2007). *Pratiques de la cartographie*. Paris, Armand Colin.

Lehmann, A. (2008). *Geologie des hinteren Erstfeldertals*. Mémoire de licence publié sous format électronique. Universität Bern. Disponible sur : http://www.erstfeld-tourismus.ch/geologie.html (consulté le 4 mars 2011).

Lehnes, P., Glawion, R. (2006). Landschaftsinterpretation. Erd- und Landschaftsgeschichte als Freizeit-Erlebnis. *Geographie und Schule*, 159, 23-28.

Leite Mansur, K., Soares da Silva, A. (2011). Society's Response : Assessment of the Performance of the « Caminhos Geológicos » (« Geological Paths ») Project, State of Rio de Janeiro, Brazil. *Geoheritage*, 3, 27–39.

Lobben, A. K., Patton, D. K. (2003). Design Guidelines for Digital Atlases. *Cartographic Perspectives*, 44, 51-62

Lusser, C. F. (1829). Geognostische Forschung und Darstellung des Alpen-Durchschnitts vom St. Gotthard bis Art am Zugersee. *Denkschriften der allg. Schweiz. Ges. für die gesammten Naturwissenschaften*, Erster Band, Erste Abteilung.

M

MacEachren, A. (1994). *Some truth with maps. A primer on symbolization and design.* Washington DC, Association of American Geographers.

MacEachren, A. (1995). *How maps work. Representation, visualization, and design.* New York, Guilford Press.

MacEachren, A., Kraak, M. (2001). Research Challenges in Geovisualization. *Cartography and Geographic Information Science,* 28, 3-12.

Maillard, B. (2009). *Inventaire des géomorphosites des vallées d'Entremont et de Ferret. Propositions de valorisation.* Mémoire de master publié sous format électronique. Université de Lausanne. Disponible sur : http://mesoscaphe.unil.ch/Site-IGUL-Jahia/Memoires/ (consulté le 10.8.2011).

Maillard, B., Reynard, E. (2011). Inventaire des géomorphosites des vallées d'Entremont et de Ferret (Valais) et propositions de valorisation. In Lambiel, C., Reynard, E., Scapozza, C. (Eds). *La géomorphologie alpine : entre patrimoine et contrainte.* Actes du colloque de la Société Suisse de Géomorphologie, 3-5 septembre, 2009, Olivone, Université de Lausanne, Institut de géographie, Géovisions n° 36, 1-18.

Maisch, M. (1981). Glaziomorphologische und Gletschergeschichtliche Untersuchungen im Gebiet zwischen Landwasser- und Albulatal (Kt. Graubünden, Schweiz). Geographisches Institut der Universität Zürich, *Physische Geographie*, 3, 1-215.

Maisch, M. (1982). Zur Gletscher- und Klimageschichte des alpinen Spätglazials. *Geographica Helvetica,* 37, 93–104.

Maisch, M. (1992). Die Gletscher Graubündens. Rekonstruktion und Auswertung der Gletscher und deren Veränderung seit dem Hochstand von 1850 im Gebiet der östlichen Schweizer Alpen (Bündnerland und angrenzende Regionen). Geographisches Institut der Universität Zürich, *Physische Geographie*, 33.

Marietan, I. (1960). Le Val de Derborence. *Bull. Murithienne* 77, 92-126.

Marthaler M. (2001). *Le Cervin est-il africain ? Une histoire géologique entre les Alpes et notre planète*. Le Mont-sur-Lausanne, L.E.P.

Marthaler, M. (2003). La mémoire de la Terre cachée derrière les panoramas. In Reynard, E., Holzmann, C., Guex, D., Summermatter, N. (Eds). *Géomorphologie et tourisme*, Lausanne, Institut de Géographie, Travaux et Recherches n° 24, 105-114.

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*, Compte-rendu du séminaire de 3ème cycle CUSO 2003, Lausanne, Institut de Géographie, Travaux et Recherches n° 27, 51-66.

Martin, S. (2010). Popularisation of geoheritage and cartographic visualisation. Geotourism in the Tsanfleuron-Sanetsch area (VS, Switzerland). In Regolini-Bissig G., Reynard E. (Eds). *Mapping Geoheritage,* Université de Lausanne, Institut de géographie, Géovisions n°35, 15-30.

Martin, S. (2011). *Explications et informations sur un site naturel : intérêt, support, usages*. Rapport d'enquête, non publié.

Martin, S. (en cours). *Apports des médias visuels à la valorisation du patrimoine géomorphologique.* Thèse de doctorat, Université de Lausanne.

Martin, S., Reynard, E. (2009). How can a complex geotourist map be made more effective? Popularisation of the Tsanfleuron heritage (Valais, Switzerland). *6th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems*, Munich, 9-12 June 2009, Proceedings, 2, 261-264.

Martin, S., Regolini-Bissig, G., Perret, A., Kozlik, L. (2010). Élaboration et évaluation de produits géotouristiques. Propositions méthodologiques. *Téoros – Revue de recherche en Tourisme*, 29(2), 55-66.

Martin, S., Ghiraldi, L. (2010). Internet au service du patrimoine. Cartographie dynamique de l'inventaire des géotopes d'importance nationale. *Les géosciences au service de la société,* Lausanne, 24-26 Juin 2010, Résumés, 28.

Megerle, H. (2008). *Geotourismus. Innovative Ansätze zur touristischen Inwertsetzung und nachhaltigen Regionalentwicklung*. Geographie in Wissenschaft und Praxis, Band 1, Rottenburg am Neckar, Wissenschaftlicher Verlag Marc Oliver Kersting.

Meier Kruker, V., Rauh, J. (2005). *Arbeitsmethoden der Humangeographie*. Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

MeteoSchweiz (2001). *Normwerte 1961-1990 der relativen Sonnenscheindauer*. Zürich, MeteoSchweiz.

MeteoSchweiz (2002a). *Langjährige Mittelwerte der Eistage (Tmax < 0°C)*. Zürich, MeteoSchweiz.

MeteoSchweiz (2002b). *Langjährige Mittelwerte der Frosttage (Tmin < 0°C)*. Zürich, MeteoSchweiz.

MeteoSchweiz (2005a). *Normwerte 1961-90 der Niederschlagssumme*. Zürich, MeteoSchweiz.

MeteoSchweiz (2005b). *Normwerte 1961-90 der Lufttemperatur*. Zürich, MeteoSchweiz.

Moreau, M. (2010). Visual perception of changes in a high mountain landscape : the case of the retreat of the Évettes Glacier (Haute-Maurienne, northern French Alps), *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 2, 165-174.

Moscardo, G. (1999). Making *visitors mindful. Principles for creating sustainable visitor experiences through effective communication*. Champaign, Sagamore.

Moscardo, G, Ballantyne, R., Hughes, K., (2007). *Designing Interpretive Signs. Principles in Practice*. Colorado, Fulcrum Publishing.

Muehrcke, P.C. (1986). *Map use. Reading, Analysis, and Interpretation*. Madison, JP Publications.

Müller, A. (1867). Über die krystallinischen Gesteine der Umgebung des Maderanertals. *Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel*, Vierter Band, 355-397.

Musy, C. (2009). *L'imaginaire et l'expérience comme moteurs de la vulgarisation scientifique : Apport des visites en milieu naturel dans la vulagarisation des sciences de la Terre.* Mémoire de recherche, Université de Bourgogne.

N

National Park Service (1998). Information Design. Tools and Techniques for Park-Produced Publications [en ligne]. Disponible sur : http://www.nps.gov/hfc/pdf/pubs/idt2p3.pdf. (consulté le 13.6.2010).

Nünlist, H. (1980). *Das Maderanertal einst und jetzt.* Luzern, Murbacher-Verlag.

O

Oechslin, M.(1955-1968). Der Hüfisee. *Berichte der Naturforschenden Gesellschaft Uri 1955-1968*, 8, 45-52.

Origet du Cluzeau, C. (1998). *Le tourisme culturel*. Paris, Presses Universitaires de France.

Orrù, P., Panizza, V. (2005). Methodological proposal for cartography of submerged geomorphosites. *32nd International Geolgoical Congress*, Florence, 20-28 August 2004, Abstract volume, 83.

Orrù, P., Panizza, V. (2009). Assessment and management of submerged geomorphosites. A case study in Sardinia (Italy). In Reynard, E., Coratza, P., Regolini-Bissig, G., (Eds). *Geomorphosites*, Pfeil Verlag, München, 201-212.

P

Pagano, L. (2008). Inventaire des géotopes géomorphologiques du Val Bavona et du Val Rovana. Sélection, évaluation et perspectives. Mémoire de licence publié sous format électronique. Université de Lausanne. Disponible sur : http://mesoscaphe.unil.ch/Site-IGUL-Jahia/Memoires/ (consulté le 10.8.2011).

Panizza, M. (2001). Geomorphosites : concepts, methods and example of geomorphological survey. *Chinese Science Bulletin*, 46, 4-6.

Panizza, M., Piacente, S. (1993). Geomorphological assets evaluation. *Zeitschr. für Geomorphologie N.F.*, 87, 13-18.

Panizza, M., Piacente, S. (2003). *Geomorphologia culturale*. Bologna, Pitagora.

Patterson T. (n.d.). *Developing a new visitor map of Glacial Bay National Park, Alaska* [en ligne].

Disponible sur : http://nps.gov/hfc/pdf/glba-article.pdf (consulté le 18.02.2009).

Patterson, T. (2002). Getting real: reflecting on the new look of National Park Service Maps. *3rd ICA Mountain Cartography Workshop,* Timberline Lodge, Mt. Hood, Oregaon, 15-19 May 2002.

Pearce, P.L, Black, N. (1984). Dimensions of national park maps: a psychological evaluation. *Cartography*, 13(3), 189-203.

Pelfini, M., Brandolini, P., Carton, A., Piccazzo, M. (2009). Geotourist trails: a geomorphological risk-impact analysis. In Reynard, E., Coratza, P., Regolini-Bissig, G., (Eds). *Geomorphosites*, Pfeil Verlag, München, 131-143.

Pereira, P., Pereira, D., Alves, MI. (2007). Geomorphosite assessment in Montesinho Natural Park (Portugal). *Geographica Helvetica*, 62, 159-168.

Phillips, M., Reynard, E. (1996). Influence régionale du climat et de la morphologie sur la distribution du permafrost : l'exemple des Hautes Alpes Calcaires, Actes de la Réunion annuelle de la SSGm, Sornetan, 6-8 octobre 1995, *Rapports de recherche UKPIK*, 8, 197-206.

Piaget, J. (1970). *The Science of Education and the Psychology of the Child*. New York, Grossman.

Picazzo, M., Brandolini, P., Pelfini, M. (Eds). (2007). *Clima e rischio geomorfologico in aree turistiche*. Bologna, Pàtron Editore.

Portal, C. (2010). *Reliefs et patrimoine géomorphologique. Applications aux parcs naturels de la façade atlantique européenne*. Thèse de doctorat, Université de Nantes.

Pralong, J.-P. (2003). Valorisation et vulgarisation des sciences de la Terre : les concepts de temps et d'espace et leur application à la randonnée pédestre. In 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. (2005). A method for assessing the tourist potential and use of geomorphological sites. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 3, 189-196.

Pralong, J-P. (2006a). *Géotourisme et utilisation de sites naturels d'intérêt pour les sciences de la Terre : les régions de Crans-Montana-Sierre (Valais, Alpes suisses) et Chamonix-Mont-Blanc (Haute-Savoie, Alpes françaises).* Thèse de doctorat, Université de Lausanne.

Pralong, J-P. (2006b). Research approaches concerning the guiding image of « Protection through Use » in geoparks and geotouristic destination. *Regionalwissenschaftliche Forschung*, 31, 51-55.

Pralong, J.P., Reynard, E. (2005). A proposal for a classification of geomorphological sites depending of their tourist value. *Il Quaternario*, 18(1), 315-321.

Pro Natura (2008) *Manuel Pro Natura, Information des visiteurs dans les réserves naturelles*. Bâle.

Q

Quaranta, G. (1993). Geomorphologial assets: conceptual aspect and application in the area of Croda da Lago (Cortina d'Ampezzo, Dolomites). In Panizza, M., Soldati, M., Barani, D. (Eds). *European Intensive Course on Applied Geomorphology*, Proceedings, Università degli Studi di Modena, Istituto di Geologia, 49-60.

R

Regolini-Bissig, G. (2010). Mapping geoheritage for interpretive purpose. Definition and interdisciplinary approach. In Regolini-Bissig, G., Reynard E. (Eds). *Mapping geoheritage*, Lausanne, Institut de géographie, Géovisions n° 35, 1-13.

Regolini-Bissig, G., Reynard, E. (Eds). (2010). *Mapping geoheritage*. Lausanne, Institut de géographie, Géovisions n° 35.

Regolini-Bissig, G., Alves, A., Brandolini, P., Garavagli, V., Ghirald, L., Giardino, M., Hobléa, F., Martin, S., Pelfin, M., Reynard, E., Rodrigues, M., Theler, D., Welc, E. (2009). How

was Lake Derborence (VS, Switzerland) formed? Popularisation of Geosciences by means of a geotourist map. *6th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems*, Munich, 9-12 June 2009, Proceedings, 2, 290-293.

Regolini-Bissig, G., Martin, S. (2010). Quality assessment of natural heritage trails. *8th Swiss Geoscience Meeting*, Fribourg, 19 - 20 September 2010, Abstract volume, 352-353.

Regolini-Bissig, G., Martin, S. (soumis). Regards sur le relief naturel. *Géocarrefour*, en cours de révision.

Reichvarg, D., Jacques, J. (1991). *Savants et Ignorants. Une histoire de la vulgarisation des sciences*. Paris, Seuil.

Renner, F. (1982). Beiträge zur Gletscher-Geschichte des Gotthhardgebietes und dendroklimatologische Analysen an fossilen Hölzern. Geographisches Institut der Universität Zürich, *Physische Geographie*, 8, 1-182.

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*, Leiden, Balkema, 3-7.

Reynard, E. (2004b). Géotopes, géo(morpho)sites et paysages géomorphologiques. In Reynard, E., Pralong, J.-P. (Eds). *Paysages géomorphologiques*, Compte-rendu du séminaire de 3ème cycle CUSO 2003, Lausanne, Institut de géographie, Travaux et recherches n° 27, 124-137.

Reynard, E. (2005a). Géomorphosites et paysages. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 3, 181-188.

Reynard, E. (2005b). Geomorphological sites, public policies and property rights. Conceptualization and examples from Switzerland. *Il Quaternario*, 18(1), 323-332.

Reynard, E. (2005c). Paysage et géomorphologie : quelques réflexions sur leurs relations réciproques. In Droz, Y., Miéville-Ott, V. (Eds). *Polyphonie du paysage*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 101-124.

Reynard, E. (2008). Scientific research and tourist promotion of geomorphological heritage. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.,* 31, 225-230.

Reynard, E. (2009a). Geomorphosites : definitions and characteristics. In Reynard E., Coratza P., Regolini-Bissig G. (Eds). *Geomorphosites*, München, Pfeil Verlag, 63-71.

Reynard, E. (2009b). The assessment of geomorphosites. In Reynard E., Coratza P., Regolini-Bissig G. (Eds). *Geomorphosites*, München, Pfeil Verlag, 9-20.

Reynard, E. (2009c). The problem of scale in geomorphosites studies. *Geomorphosites 2009. Raising the profile of geomorphological heritage through iconography, inventory and promotion,* Paris, 10-12 June 2009, Abstracts Volume, 156-157.

Reynard, E., Coratza, P. (2001). *Proposals 2001-2004*, Lausanne / Modena, unpublished report.

Reynard, E., Coratza, P. (2005). *Geomorphosites, Resarch, protection and education. Proposal for the period 2005-2009*, Lausanne / Modena, 21st May 2005, unpublished report.

Reynard E., Coratza P., (2007). Geomorphosites and geodiversity : a new domain of research. *Geographica Helvetica*, 62, 138-139.

Reynard, E., Fontana, G., Kozlik, K., Scapozza, C. (2007). A method for assessing « scientific » and « additional values » of geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62, 148-158.

Reynard, E., Berrebi, Y. (2008). Percorsi geodidattici e aspettative del pubblico. In *Geologia e turismo : beni geologici e geodiversità*, Atti del Terzo congresso nazionale Geologia e Turismo, Bologna 1-3 marzo 2007, 15-21.

Reynard, E., Coratza, P. (2009). *IAG Working Group on Geomorphosites. Period 2009-2013,* Lausanne, 15 July 2009, unpublished report.

Reynard, E., Coratza, P., Regolini-Bissig, G. (2009a). Scientific research on geomorphosites over the last eight years: improvements and aims of the book. In Reynard E., Coratza P., Regolini-Bissig G. (Eds). *Geomorphosites*, München, Pfeil Verlag, 5-8.

Reynard, E., Erhartic, B., Kozina, K., Martin, S., Regolini-Bissig, G., Rovere, A., Theler, D., Vacchi, M. (2009b). Mapping the geomorphological heritage for geotourist purpose: the case of Derborence Lake area (Switzerland). *Geomorphosites 2009. Raising the profile of geomorphological heritage through iconography, inventory and promotion,* Paris, 10-12 June 2009, Abstracts Volume, 157.

Reynard, E., Martin, S. (in prep). Scale issues in geomorphosites studies, in preparation.

Rice-Snow, S., Tiedemann, N., McGuire, K., Parker, D., Wolfe, D., Chezem, M., Balakrishnan, A., Kelley, B. (2009). Toward a Comprehensive Image Map of the Kelleys Island Glacial Grooves, USA. *7th International Conference on Geomorphology,* Melbourne, 6-11 July 2009, Abstract volume, Poster Number 89.

Rivas, V., Rix, L., Frances, E., Cendrero, A., Brunsden, D. (1997). Geomorphological indicators for environmental impact assessment : consumable and non-consumable geomorpholgical resources. *Geomorphology*, 18, 169-182.

Robinson, A.H. (1967). Psychological aspects of color in cartography. *International yearbook of cartography*, 7, 50-59.

Rodrigues, M.L., Fonseca, A. (2010). Geoheritage assessment based on large-scale geomorphological mapping: contributes from a Portuguese limestone massif example. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 2, 189-198.

Rovere, M., Vacchi, V., Parravicini, C., Morri, C.N., Bianchi, M., Firpo, M. (2010). Bringing geoheritage underwater: methodological approaches to evaluation and mapping. In Regolini-Bissig, G., Reynard E. (Eds). *Mapping geoheritage*, Lausanne, Institut de géographie, Géovisions n 35, 65-80.

S

Sager, H. (1895). *Erinerrungen aus dem Maderanerthal*. Bern.

Salomon, J.-N. (2000). *Précis de karstologie*. Pessac, Presses Universitaires de Bordeaux.

Santos, J., Coelho, R., Miranda, L. (2009). INOVMAP: a geoportal for mashups conception covering Coimbra county using Kml services in Web2.0 platforms. *7th International Conference on Geomorphology*, Melbourne, 6-11 July 2009, Abstract volume, Poster Number 90.

Savaton, P. (1998). *La carte géologique dans l'enseignement secondaire. Bilan historique et didactique, réflexion et propositions d'apprentissage*. Thèse de doctorat, Université Paris VII.

Scapozza, C. (2011). *Stratigraphie, morphodynamique, paléoenvironnements des terrains sédimentaires meubles à forte déclivité du domaine périglaciaire alpin*. Thèse de doctorat, Université de Lausanne.

Scapozza, C., Fontana, G. (2009). Le Alpi Bleniesi. Storia glaciale e periglaciale e patrimonio geomorfologico. *Memorie della Società ticinese di Scienze naturali e del Museo cantonale di stria naturale*, 10, 1-111.

Schaltegger, U., Quadt, A. (1990). U-Pb zircon dating of the Central Aar Granite (Aar Massif, Switzerland). *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.*, 70(3), 361–371.

Schenker, F. (1980). *Geologische und mineralogische Untersuchungen im Gebiet der Kleinen und Grossen Windgälle, Maderanertal, Kanton Uri*. Diplomarbeit, Universität Bern.

Schlupp, M. (2010). Petit aperçu des méthodes et réalisations didactiques de l'équipe Marthaler. *Les géosciences au service de la société*, Lausanne, 24-26 Juin 2010, Résumés, 24.

Schneebeli, W., Röthlisberger, F. (1976). 8000 Jahre Gletschergeschichte im Wallis. *Die Alpen*, 52 (3/4), 5-134 et annexes.

Schneider, H.J. (1980). *Lieber Leo*. Zürich, Verlag Benziger.

Schobesberger, D. (2007). Evaluating the effectiveness of 2D vs. 3D trailhead maps: A study conducted at Zion National Park, Utah [en ligne]. Disponible sur : http://www.nps.gov/hfc/carto/zion_map_study.pdf. (consulté le 3 mars 2010).

Schobesberger, D., Patterson, T. (2007). Evaluating the effectiveness of 2D vs. 3D trailhead maps: A study conducted at Zion National Park, United States. *6th ICA Mountain Cartography Workshop* « *Mountain Mapping and visualization* », 201-205.

Schoeneich, Ph. (1993). Comparaison des systèmes de légende français, allemand et suisse – principes de la légende IGUL. In Reynard,E., Schoeneich, Ph. (Eds). *Cartographie géomorphologique, cartographie des risques*, Lausanne, Institut de géographie, Travaux et recherches n°9, 15-24.

Schoeneich, Ph. (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, Ph. (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, Ph., Reynard, E., Pierrehumbert, G. (1998). Geomorphological mapping in the Swiss Alps and Prealps. *Wiener Schriften zu Geographie und Kartographie*, Band 11, 145-153.

Schwabe, E. (1957). Aus der Geomorphologie des Maderanertales (Uri). *Geographica Helvetica*, 12, 216.

Sellier, D. (2009). La vulgarisation du patrimoine géomorphologique : objets, moyens et perspectives. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 1, 67-81.

Sellier, D. (2010). L'analyse intégrée du relief et la sélection déductive des géomorphosites : application à la Charente-Maritime (France). *Géomorphologie : relief, processus, environnement,* 2, 199-214.

Serrano, E., González-Trueba, J.J. (2005). Assessment of geomorphosites in natural protected areas. The Picos de Europa National Park (Spain). *Géomorphologie : relief, processus, environnement,* 3, 197-208.

Serrano, E., González-Trueba, J.J. (2010). Documents for geotourism in nature. A geotourism map of the Picos de Europa National Park. *International Conference on Geoheritage and Geotourism (ICGG2010)*, Lisbon, 14-17 October 2010, Proceedings, 83-84.

Sharpe, G. (1976). *Interpreting the Environment*. New York, John Wiley & Sons.

Singly, F. (2005). *L'enquête et ses méthodes. Le questionnaire*. Paris, Armand Colin.

Slocum, T.A., McMaster, R.B., Kessler, F.C., Howard, H.H. (2009). *Thematic cartography and geovisualisation*. Upper Saddle River, Pearson Education.

Sluter, R.S. Jr. (2001). New theoretical research trends in cartography. *Revista Brasileira de Cartografia*, 53, 29-37.

Smith, B.J, Orford, J.D., Betts, N.L. (2009). Management challenges of a dynamic geomorphosites : climate change and the Giant's Causeway Heritage Site. In Reynard, E., Coratza, P., Regolini-Bissig, G., (Eds). *Geomorphosites*, Pfeil Verlag, München, 145-162.

Smith B.J., Pellitero Ondicol R., Alexander, G. (2010). Mapping Slope Instability at the Giant's Causeway and Causeway Coast World Heritage Site : Implications for Site Managment. *Geoheritage* [en ligne].

Disponible sur : http://www.springerlink.com/content/1867-2477/?k=Mapping+Slope+Instability+ (consulé le 20 Novembre 2010).

Smith, M.J., Paron, P., Griffiths, J.S (Eds) (2011). *Geomorphological Mapping: Methods and Applications*. Oxford, Elsevier, Developments in Earth Surface Processes, Volume 15.

Sobel, D. (1998). *Mapmaking With Children : Sense of place Education for the Elementary Years.* Portsmouth, Heinemann.

Spillmann, P., Labhart, T.P., Brücker, W., Renner, F., Gisler, Ch., Zgraggen, A. (Eds) (2011). *Geologie des Kantons Uri.* Altdorf, Naturforschende Gesellschaft Uri.

Staub, W. (1911a). *Geologische Beschreibug der Gebirge zwischen Schächtental und Maderanertal im Kanton Uri.* Doktorarbeit, Eidgenössisches polytechnische Schule in Zürich.

Staub, W. (1911b). Geologische Karte der Gebirge zwischen Schächtental und Maderanertal. *Schweiz. geol. Kommission*, Kartographia Winterthur AG, 1 :50'000.

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*. Groupe de travail pour la protection des géotopes en Suisse, Fribourg.

Stiftung Reusstal (1997). *Geomorphologisches Inventar. Endmoränen der Würm-Maximalvereisung und Durchbruch der Reuss bei Mellingen* [en ligne].

Disponible sur : http://www.stiftung-reusstal.ch/?cID=1100 (consulté le 10 août 2011).

Stringer, P. (1974). A use of repertory grid measures for evaluating map formats. *British Journal of Psychology*, 65, 23-34.

T

Tan, B.K. (1979). Oolite deformation in Windgällen, Canton Uri, Switzerland. *Tectonophysics,* 31(3-4), 157-174.

Taylor, W. (2006). The effectiveness of interactive maps in secondary historical geography education. *Cartographic Perspectives*, 55, 18-33.

Thali, U., Bollinger, D. (2000). Hangmuren Golzern im Maderanertal (Silenen, UR). *Bull. angew. Geol*, 5(1), 127-130.

The British Cartography Society (2008). *Cartography: an Introduction*. London, The British Cartography Society.

Thomas, B.A., Warren, L.M. (2008). Geological conservation in the nineteenth and early twentieth centuries. In Burek, C.V., Prosser, C.D. (Eds). *The History of Geoconservation*, London, Geological Society, Special Publications, 300, 17-30.

Tilden, F. (2007). *Interpreting our Heritage* (4th ed.). North Carolina, University of North Carolina Press.

Tommasi, G., Casolar, E., Carton, A. (2002). Geosites and geological mapping : a starting point to make geology popular for tourists. In Coratza, P., Marchetti, M. (Eds). *Geomorphological Sites : research, assessment and improvement*, Modena, 19-22 June 2002, Workshop Proceedings, 90-91.

Tricart, J. (1972). *Normes pour l'établissement de la carte geomorphologique detaillée de la France: (1:20.000, 1:25.000, 1:50.000)*. Memoires et Documents, année 1971, n.s. 12, Paris, France.

Tricart, J., Rochefort, M., Rimbert, S. (1972). *Initiation aux travaux pratiques de géographie. 1er cycle*. Paris, Société d'Edition d'Enseignement Supérieur.

U

Urner Kantonalbank (2007). *Uri in Zahlen*. Altdorf.

V

Voskule, G.A. (1904). *Untersuchungen und Vermessungen des in der letzten Rückzugsperiode verlassenen Bodens des Hüfi-Gletschers.* Doktorarbeit, Universität Zürich.

W

Walter, O.F. (1983). *Das Staunen der Schlafwandler am Ende der Nacht*. Hamburg / Zürich, Verlag Rowohl D-21465 Reinbek / Paul & Peter Fritz Zürich.

Widner Ward, C., Wilkinson, A.E. (2006). *Conducting Meaninful Interpretation. A Field Guide for Success.* Colorado, Fulcrum Publishing.

Wiederkehr, E., Dufour, S., Piégay, H. (2010). Localisation et caractérisation semi-automatique des géomorphosites fluviaux potentiels. Exemples d'applications à partir d'outils géomatiques dans le bassin de la Drôme (France). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 2, 175-188.

Wood, C.H., Keller, C. P. (1996). *Cartographic Design : Theoretical and Practical Perspectives*. Chichester, John Whiley & Sons.

Z

Zouros, N. (2009). Geomorphosites within Geoparks. In Reynard, E., Coratza, P., Regolini-Bissig, G., (Eds). *Geomorphosites*, Pfeil Verlag, München, 49-61.

Textes législatifs

Au niveau fédéral

Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage du 1er juillet 1966 (LPN), RS 451.

Loi fédérale sur l'aménagement du territoire du 22 juin 1979 (LAT), RS 700.

Ordonnance du 10 août 1977 concernant l'inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels (OIFP), RS451.

Ordonnance du 9 septembre 1981 concernant l'Inventaire fédéral des sites construits à protéger en Suisse (OISOS), RS451.12.

Ordonnance du 17 octobre 1984 sur la protection des biens culturels en cas de conflit armé (OPBC), RS520.31.

Ordonnance du 28 octobre 1992 sur la protection des zones alluviales d'importance nationale (Ordonnance sur les zones alluviales), RS451.31.

Ordonnance du 13 janvier 2010 sur la protection des prairies et pâturages secs d'importance nationale (OPPS), RS451.37.

Ordonnance du 14 avril 2010 concernant l'inventaire fédéral des voies de communication historiques de la Suisse (OIVS), RS451.13.

Au niveau cantonal

Reglement über den Schutz der Region Maderanertal und Fellital vom 5. Mai 1986, RB 10.5111.

Verordnung über das Suchen von Kristallen und Mineralien auf dem Gebiete der Korporation Uri vom 20. Juni 2003, RB 753.41.

Sites web

http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index.html
Site de l'office fédéral de statistique.

http://www.geopark.ch/
Site internet du géoparc Sardona.

http://glaciology.ethz.ch/messnetz/?locale=fr
Site du réseau suisse des observations glaciaires.

http://www.google.com/earth/index.html
Site principal de GoogleEarth contenant les différents applications et téléchargements.

http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais
Dictionnaire français en ligne.

http://mesoscaphe.unil.ch/geodata/geosites2/
Site hôte de la carte interactive de l'inventaire des géotopes d'importance nationale.

http://www.naturpark-hohesvenn-eifel.de/
Site de parc naturel Hohesvenn – Eifel.

http://prod.swisstopogeodata.ch/kogis_apps/ga/ga.php?lang=fr#
Visualiseur de swisstopo de données géologiques suisses.

http://www.ti.ch/dfe/USTAT/
Site de l'office statistique du canton Tessin.

http://www.ur.ch/de/la/sk/statistik-m740/
Sites contenant des informations statistiques concernant le canton Uri.

Annexes

Annexe 1 Liste des colloques (co)organisés par le Groupe de travail sur les géomorphosites entre 2001-2010

Annexe 2 Cartes topographiques de la vallée de Maderan (UR, Suisse)

Annexe 3 Calculs de la DLEG et séquences morphostratigraphiques locales pour les glaciers du versant nord de la vallée de Maderan (UR, Suisse)

Annexe 4 Cartes utilisées pour l'analyse de la cartographie géotouristique

Annexe 5 Tableau de saisie pour l'analyse de la cartographie géotouristique

Annexe 6 Dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante (CHA) sur les cartes géotouristiques

Annexe 7 Profils des différents types de cartes

Annexe 8 Questionnaire concernant la perception du paysage pour les élèves

Annexe 9 Questionnaire concernant la perception du paysage pour les randonneurs adultes

Annexe 10 Labels et codes utilisées pour l'analyse de la perception du paysage chez les élèves

Annexe 11 Résultats des analyses statistiques concernant la perception du paysage chez les élèves

Annexe 12 Analyse en composante principale de l'étude concernant la perception du paysage chez les élèves

Annexe 13 Régressions linéaires de l'étude concernant la perception du paysage chez les élèves

Annexe 14 Protocole d'entretien avec les randonneurs adultes

Annexe 15 Matériel test pour l'étude concernant la préférence des différents fonds de carte et types de légende

Annexe 16 Résultats des corrélations concernant l'étude sur les préférences de différents fonds de carte et légendes

Annexe 17 Questionnaire concernant la carte géodidactique de Golzern pour les élèves

Annexe 18 Questionnaire concernant la carte géodidactique de Golzern pour les enseignants

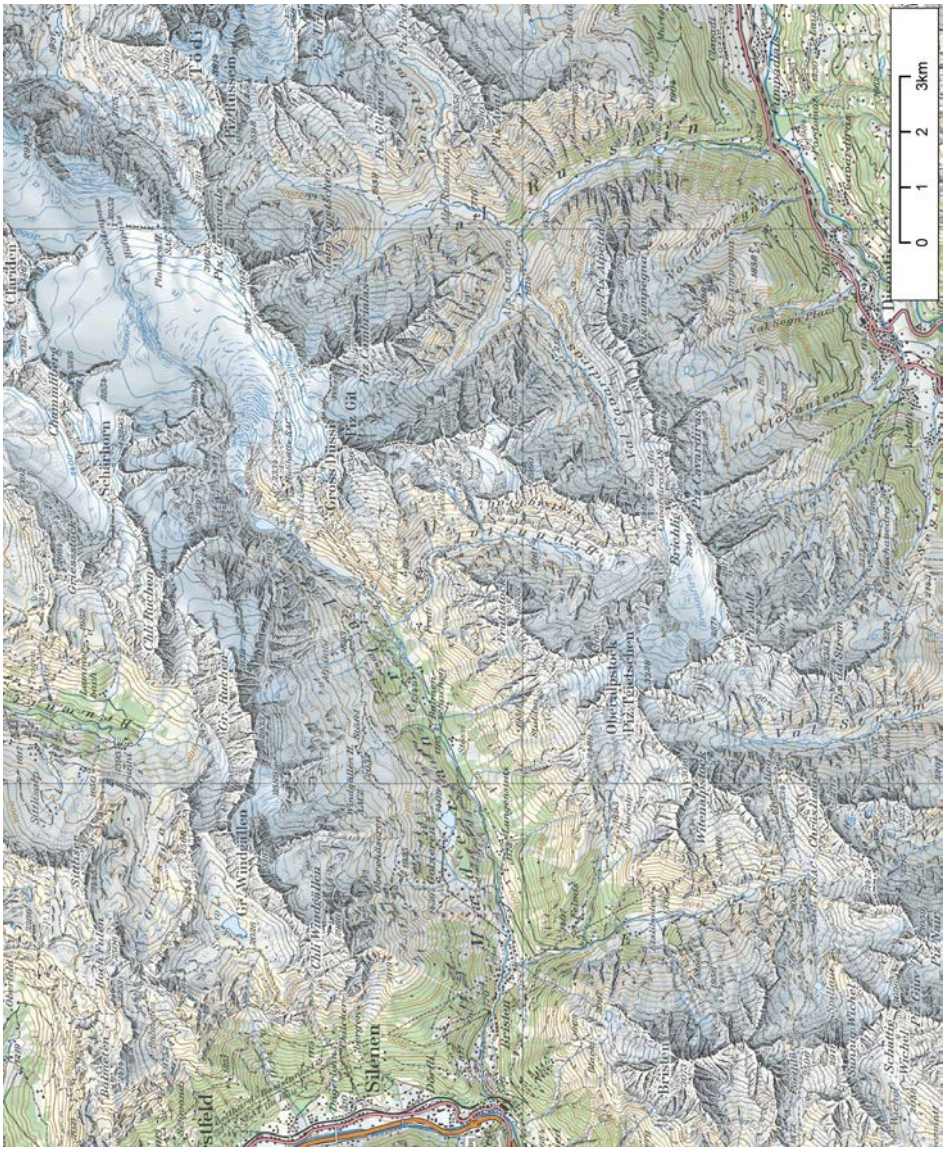
Annexe 19 Méthode d'évaluation pour les sentiers à thème dans le domaine des sciences naturelles.

Annexe 20 Fiche d'évaluation pour la carte géodidactique de Golzern

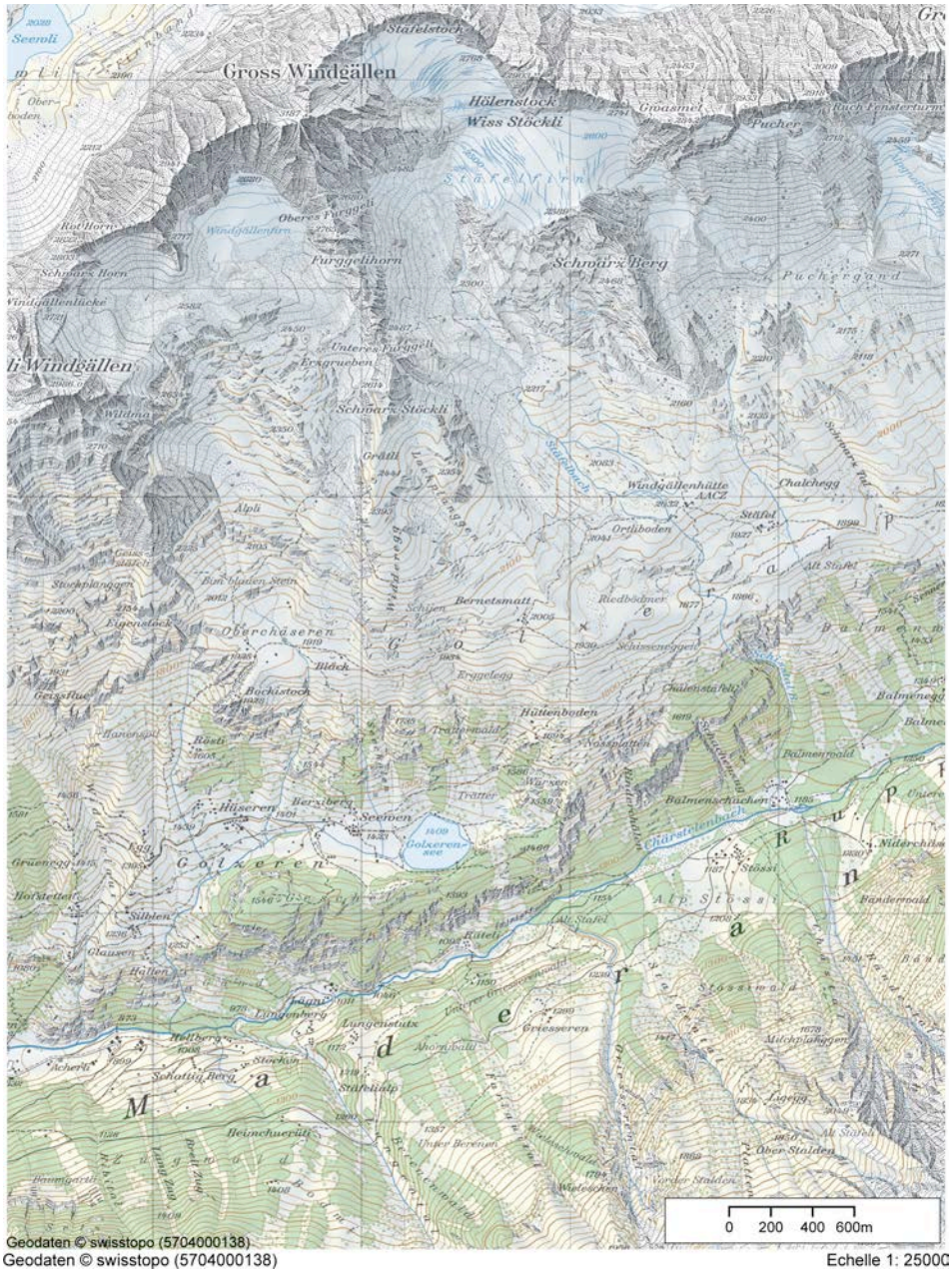
Annexe 1 Liste des colloques (co)organisés par le Groupe de travail sur les géomorphosites entre 2001-2010

Colloques (co)organisés par le Groupe de travail sur les géomorphosites	**Nombre de contributions analysées**
Geomorphological sites : research, assessment and improvement, Workshop, Modena (Italy), 19-22.6.2002	1
Geomorphological sites : assessment and mapping, Workshop, Cagliari (Italy), 1-5.10.2003	3
Geomorphic hazards : Towards the prevention of disasters, Session 13 : Geomorphological sites : vulnerability and assessment, Regional Geomorphology Conference of the IAG, Mexico-City (Mexico), 27.10-2.11.2003	0
32nd International Geological Congress, Session 27 : Geomorphological sites in a cultural integrated landscape, Florence (Italy), 20-28.8.2004	2
6th International Conference on Geomorphology, Session 16 : Geomorphology and natural-cultural heritage, WG : Geomorphological sites : research, assessment and mapping, International Conference of the IAG, Zaragoza (Spain), 7-11.9.2005	13
Geomorphosites, Geoparks and Geotourism, Workshop, Lesvos (Greece), 30.9-3.10.2007	2
Mapping geoheritage, Workshop, Lausanne (Switzerland), 17-20.6.2008	7
33nd International Geological Congress, Session IES-03 : Geosites and landscape – conservation and management strategies, Oslo (Norway), 6.14.8.2008	2
IAG Regional Conference on Geomorphology, WG2 : Geomorphology and human heritage, Brasov (Roumania), 17-19.9.2008	0
Geomorphosites 2009 : raising the profile of geomorphological heritage through iconography, inventory and promotion, Session 2 : Geomorphological heritage in scientific imagery and discourse, Session 3 : Theoretical aspects: geosites and geomorphosites, Session 4 : The assessment and Inventory of geomorphological heritage, Paris (France), 10-12.6.2009	3
7th International Conference on Geomorphology, Session: Geomorphosites and Geotourism, Melbourne (Australia), 6-11.7.2009	6
International Conference on Geoheritage and Geotourism, Workshop, Lisbon (Portugal), 14-17.2010	7
	Total : 46

Annexe 2 Cartes topographiques de la vallée de Maderan (UR, Suisse)



Extrait de la Carte nationale suisse au 1:100'000 de la région de la vallée de Maderan (CN 38, Panixerpass).



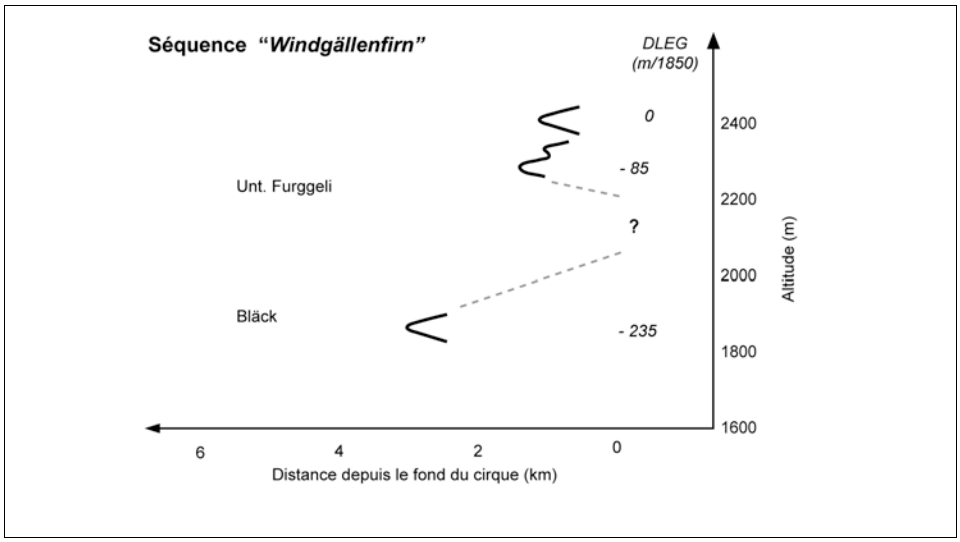
Extrait de la Carte nationale suisse au 1:25'000 de la région Golzern-Windgällen (CN 1192 et 1212).

Annexe 3 Calculs de la DLEG et séquences morphostratigraphiques locales pour les glaciers du versant nord de la vallée de Maderan (UR, Suisse)

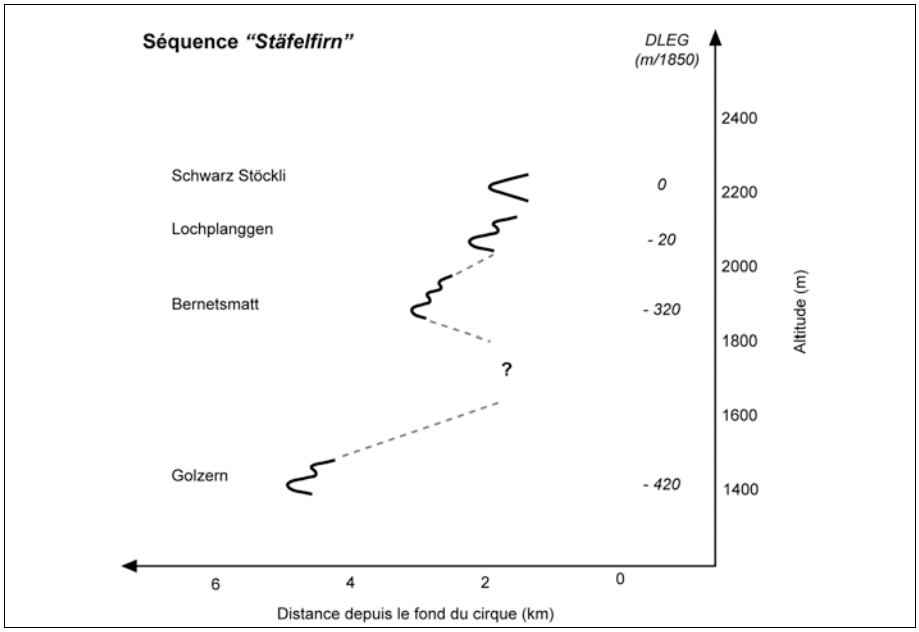
Calculs de la DLEG pour les glaciers du versant nord de la vallée de Maderan

Glaciers et stades	Altitude des moraines de référence (m)	LEG calculée* (m)	LEG selon Maisch (1992)	DLEG
Stäefelfirn				
Stäfelfirn 1	2220	2420	**2440**	
Stäfelfrin 2	2080	2400		20
Stäfelfrin 3	1900	2100		320
Stäfelfrin 4	1420	2000		420
Windgällenfirn				
Wndgällenfirn 1	2420	2535	**2535**	
Windgällenfirn 2	2300	2450		85
Windgällenfirn 3	1860	2300		235
Apgnoferfirn				
Alpgnoferfirn 1	2120	2270	**2270**	
Alpgnoferfirn 2	1900	2150		120

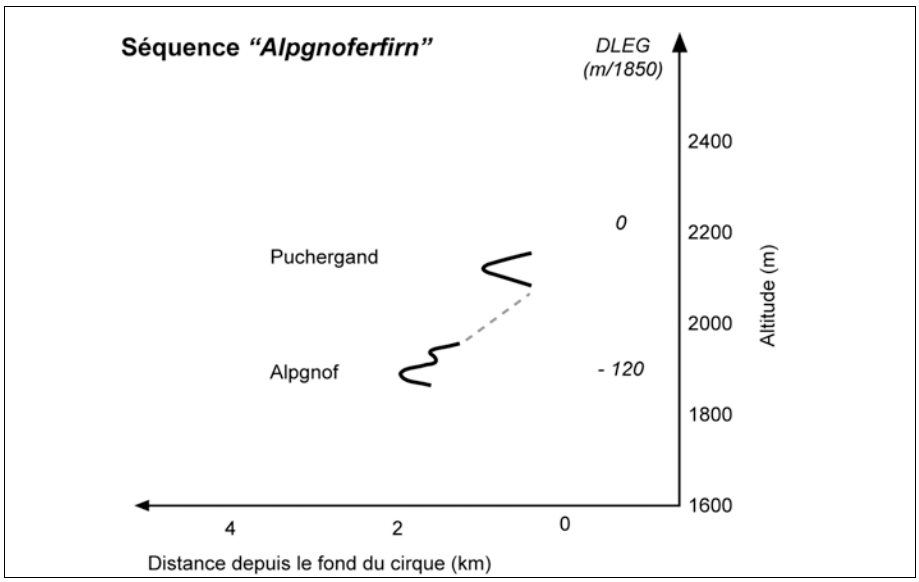
* selon la méthode décrite par Schoeneich (1998) et Scapozza & Fontana (2009).



Séquence morphostratigraphique locale pour le Windgällenfirn (DLEG = Dépression de la ligne d'équilibre).



Séquence morphostratigraphique locale pour le Stäfelfirn (DLEG = Dépression de la ligne d'équilibre).



Séquence morphostratigraphique locale pour l'Alpgnoferfirn (DLEG = Dépression de la ligne d'équilibre).

Annexe 4 Cartes utilisées pour l'analyse de la cartographie géotouristique

Nom de la Carte	Année de publication	Éditeur	Région	Code
Geotouristische Karte Nationaler GeoPark Schwäbische Alb mit Umgebung	2003	Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau	Baden-Württemberg (D)	D1
Geopark Mecklenburgische Eiszeitlandschaft	(n.d)	Geopark Mecklenburgische Eiszeitlandschaft	Mecklenburg-Vorpommern (D)	D2
Eiszeitrouten Geopark Mecklenburgische Eiszeitlandschaft	(n.d)	Geopark Mecklenburgische Eiszeitlandschaft	Mecklenburg-Vorpommern (D)	D3
Geopark Harz-Braunschweigerland-Ostfalen	(n.d)	Geopark Harz-Braunschweigerland-Ostfalen	Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen (D)	D4
Vulkangarten Steffeln	(n.d)	Naturpark Hohes Venn - Eifel	Hohes Venn - Eifel (D/ BE)	D7
Messel Pit	2004	Welterbe Grube Messel	Darmstadt-Dieburg (D)	D8
Gerolsteiner Dolomiten	(n.d)	Vulkaneifel Geopark	Gerolsteiner Land (D)	D9
Vulkan Rockeskyller Kopf	(n.d)	Vulkaneifel Geopark	Gerolsteiner Land (D)	D10
Kleiner Odenwald	2006	Naturpark Bergstrasse-Odenwald	Hessen (D)	D11
Frickenhäusersee	(n.d)	Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen	Bayern (D)	D12
Vulkane im Hegau	2002	Landvermessungsamt Baden-Württemberg	Baden-Württemberg (D)	D13
North West Highlands Geopark	(n.d)	British Geological Survey	Nord West Highlands (UK)	UK1
The Cuilcagh mountains	1992	Limestone Research Group	Scotland (UK)	UK2
The Causeway Coast	(n.d)	Geological Survey of Northern Ireland	Northern Ireland (UK)	UK3
Gleann Comhann	(n.d)	Lochaber Geopark Association	Scotland (UK)	UK4
Gleann Ruadh	(n.d)	Lochaber Geopark Association	Scotland (UK)	UK5
The Causewy Coast	(n.d)	Geological Survey of Northern Ireland	Northern Ireland (UK)	UK8
Abberley and Malvern Hills	(n.d)	Abberley and Malvern Hills Geopark	Gloucestershire, Herefordshire, Shropshire and Worcestershire (UK)	UK9
Psiloritis Natural Park	(n.d)	Casa edritrice Tabacco	Central Crete (Greece)	GR1
Itinerari geologici-geomorfologici N. 3	(n.d)	Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia	Dolomiti (IT)	I1
Itinerari geologici-geomorfologici N. 1	(n.d)	Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia	Dolomiti (IT)	I2
Le Salse di Nirano (1)	2004	Regione Emilia-Romagna	Emilia-Romagna (IT)	I3
Anfiteatro morenico di Ivrea	2004	Università degli studi di Torino	Torino (IT)	I4
Itinerario di Villarbasse	2004	Università degli studi di Torino	Torino (IT)	I5
Itinerario dell'alta Val Pellice	2004	Università degli studi di Torino	Torino (IT)	I6

Giardino glaciale del Granero	2004	Università degli studi di Torino	Torino (IT)	I7
Geological-tourisme itinerary Isle of Lipari	2005	Università degli Studi di Messina	Sicilia (IT)	I9
Salse di Nirano (2)	2006	Regione Emilia-Romagna	Emilia-Romagna (IT)	I10
Geological Path N.1 Inghiottitoio della Battaglietta Portella Colla	2004	Parco delle Madonie	Sicilia (IT)	I13
Itinerary of Petralia Sottana	(n.d)	Parco delle Madonie	Sicilia (IT)	I14
Itinerari geologico-Ambientale	2002	Regione Emilia-Romagna	Emilia-Romagna (IT)	I15
Itinerari geologico-Ambientale nella Val Trebbia	2002	Regione Emilia-Romagna	Emilia-Romagna (IT)	I16
Carta geologico-escursionistica	2004	Casa edritrice Tabacco	Dolomiti (IT)	I17
Percorso geologico-naturalistico da Lecco ai Piani Resinelli	(n.d)	Irealp	Lombardia (IT)	I18
Beigua Geopark	(n.d)	Ente Parco del Beigua	Liguria (IT)	I19
Itinerari geologico-ambientali nelle terre matildiche	2004	Regione Emilia-Romagna	Emilia-Romagna (IT)	I20
Carta del Parco Geominerario del Monte Arci	(n.d)	Provincia di Oristano	Sardegna (IT)	I21
Itinerari geologico-ambientali nel Parco Nazionale delle Froreste Casentinesi	(n.d)	Regione Emilia-Romagna	Emilia-Romagna (IT)	I22
What to see and do on the Copper coast	(n.d)	Copper Coast Tourism	Waterford (Irl)	IR1
GEORadroute	2005	Amt für Raumplanung Natur und Landschaft	Thurgau (CH)	CH1
Übersichtskarte GeoPark	(n.d)	Geopark Sardona	Ostschweiz (CH)	CH2
GeoPark-Höhenweg	(n.d)	Geopark Sardona	Ostschweiz (CH)	CH3
Alpenakademie Engadin	(n.d)	Alpenakademie Engadin	Engadin (CH)	CH4
Lebendiges Gletschervorveld	1999	Geographisches Institut der UNI ZH	Engadin (CH)	CH5
Geo-Guido del Monte San Giorgio	2000	Geologia Insubrica	Ticino (CH)	CH6
Parco delle Gole della Breggia	(n.d)	Parco delle Gole della Breggia	Ticino (CH)	CH7
Sentiero delle meraviglie	(n.d)	Ente Turistico del Malcantone	Ticino (CH)	CH8
Geo-Weg Hidiland	2002	Ferienregion Heidiland	St. Gallen (CH)	CH9
Le désert de Platé	1999	Diren Rhône-Alpes	Haute -Savoie (F)	F1
Réserve géologique de Haute-Provence	(n.d)	Réserve Naturelle Géologique de Haute Provence	Haute Provence (F)	F2
Albania geotourist Map	(n.d)	UNESCO, ProGeo	Albania (AL)	Al1

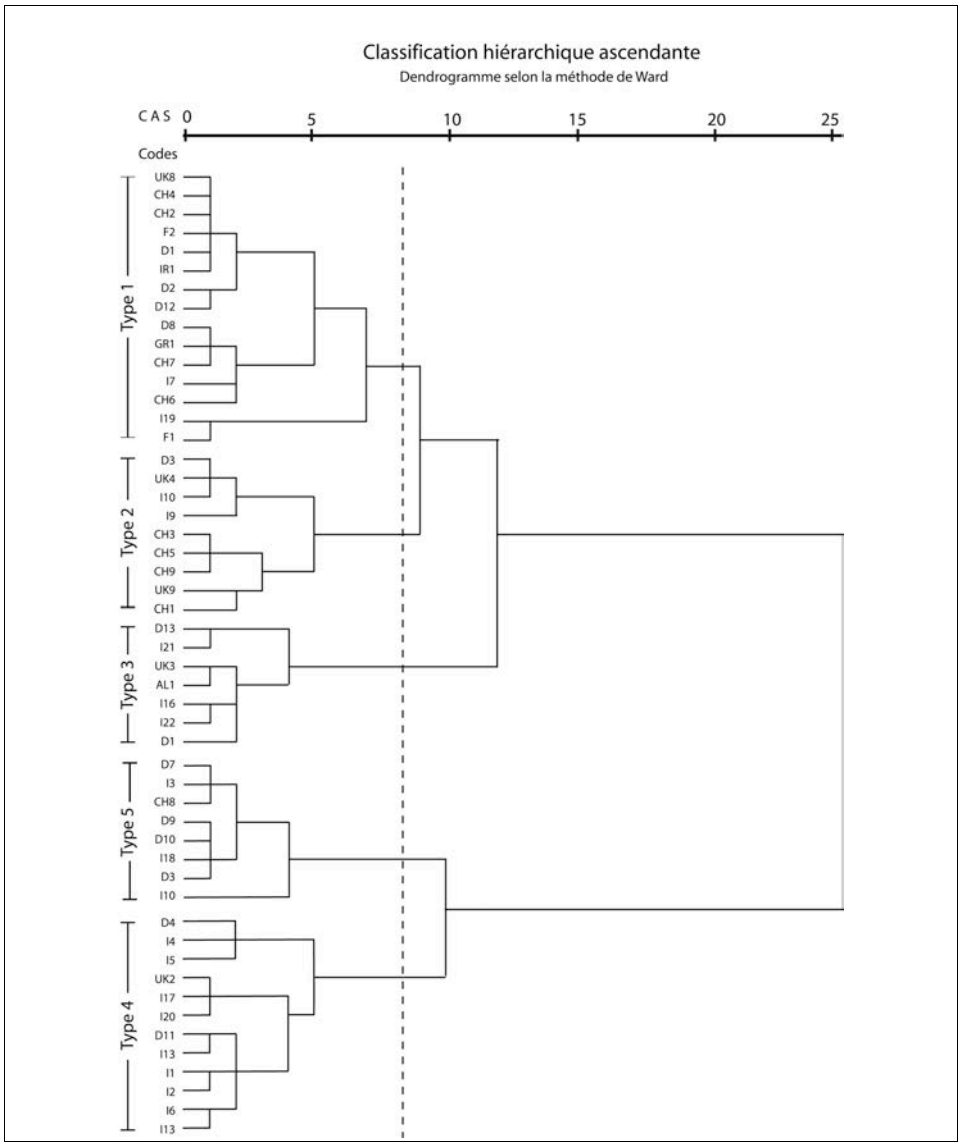
n.d = non daté

Annexe 5 Tableau de saisie pour l'analyse de la cartographie géotouristique

Identification de la carte (informations qualitatives)					
Nom de la carte	Code		Géoparc		Pays
Éditeur	Année de publication		Lieu de publication		
Forme et format de la carte					
Échelle *	Matériel	Format	Support *	Fond de carte*	
1= petite > 25'000	*1 = papier*	*1 = petit*	*1 = carte pliable*	*1 = topographique*	
2= moyenne 25'000	*2 = numérique*	*2= moyen*	*2 = brochure ou dépliant*	*2 = géologique*	
3= grande < 25'000		*3 = grand*	*3 = journal ou revue*	*3 = schématique*	
		4= écran	*4 = site web*	*4 = 3D ou panoramique*	
				5 = image satellite	
				6= topographique et géologique	
Représentation des géomorphosites					
Représentation des géomorphosites*		Délimitation des géomorphosites	Classification des géomophosites	Type de géomorphosite	
1 = ponctuelle		*1= oui*	*1= oui*	*1 = géomorphologique*	
2 = figurative		*2 = non*	*2 = non*	*2= géologique*	
3 = symboles classiques				*3 = autre*	
4 = périmètre					
Information touristique					
Informations pour la visite*	Type d'information pour la visite	Infrastructure touristique*	Type d'infrastructure touristique	Points d'intérêt*	Type de points d'intérêt
0 = aucune	*0 = aucune*	*0 = aucune*	*0 = aucune*	*0 = aucune*	*0= aucune*
1 = au moins une	*1 = vue panoramique*	*1 = au moins une*	*1= parking*	*1 = au moins une*	*1 = site historique ou culturel*
2 = plusieurs	*2 = sentiers*	*2= plusieurs*	*2 = transport public*	*2 = plusieurs*	*2 = site d'intérêt biologique*
	3 = centre d'information		*3 = hébergement*		*3 = autres*
	4= panneaux d'information		*4 = place pique-nique*		
	5 = autres		*5 = autres*		

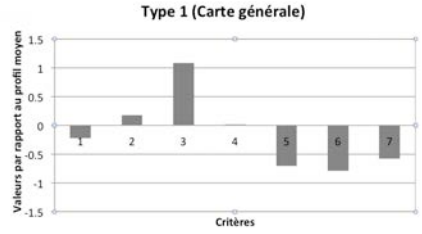
* Critères utilisés pour la classification hiérarchique ascendante.

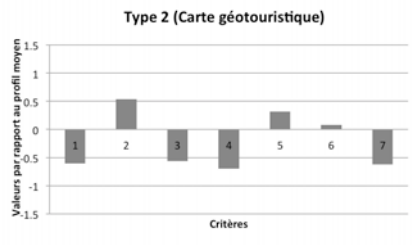
Annexe 6 Dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante (CHA) des cartes géotouristiques

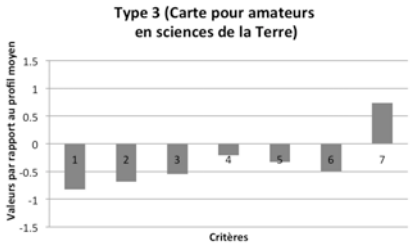


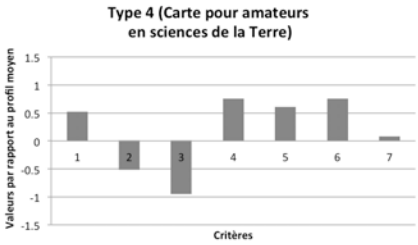
Voir Annexe 4 pour la correspondence entre code et carte.

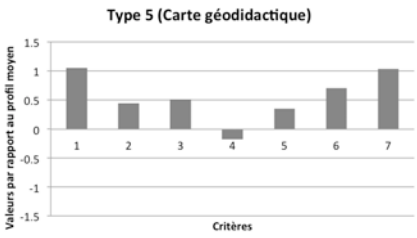
Annexe 7 Profils des différents types de cartes











Critères

1) Échelle
2) Support
3) Fond de carte
4) Représentation des géomorphosites
5) Informations pour la visite
6) Infrastructures touristiques
7) Points d'intérêt

Annexe 8 Questionnaire concernant la perception du paysage pour les élèves

UNIL | Université de Lausanne
Institut de géographie

Géraldine Regolini-Bissig
Institut de Géographie
Université de Lausanne
Bâtimen Anthropole
1015 Lausanne

tel: 021 692 36 12
e-mail: geraldine.bissig@unil.ch

Questionario sulla percezione del paesaggio alpino

Quest'indagine si iscrive nell'ambito di una ricerca condotta dall'Università di Losanna. È parte integrante di una tesi di dottorato.

Informazioni riguardanti il questionario
Nel presente questionario il termine "paesaggio alpino" definisce paesaggi situati nell'arco alpino. Sono paesaggi che potete incontrare in occasione di diverse attività a media ed alta montagna (sopra i 1000m). Un paesaggio alpino tipico è ad esempio quello di un lago di montagna ed i suoi dintorni.

Le risposte saranno trattate in modo anonimo e non trasmesse a terzi.

Vogliate riconsegnare il questionario compilato al vostro insegnante.

Géraldine Regolini-Bissig Losanna, Maggio 2008

Domanda 1

Quali sono i tuoi passatempi preferiti? *(Segna al massimo due risposte)*

- ☐ attività all'aria aperta
- ☐ sport
- ☐ lettura
- ☐ giochi video
- ☐ altro Specificare: _____

Domanda 2

Quale è il tuo interesse per...

... gli animali.

1	2	3	4	5	6

Se il tuo interesse è molto forte segna 6, se non hai alcun interesse segna 1

... le piante.

1	2	3	4	5	6

... le rocce, i fossili e i minerali.

1	2	3	4	5	6

... le montagne, i vulcani ed i deserti.

1	2	3	4	5	6

Domanda 3

In occasione di uscite in famiglia, quale tipo di attività svolgete generalmente ? *(Segna al massimo due risposte)*

- ☐ Visite di musei, di esposizioni o di percorsi didattici.
- ☐ Escursioni in montagna, passeggiate nella foresta o lungo un lago.
- ☐ Attività sportive (bicicletta, corsa, sci, nuoto...)
- ☐ Spettacoli (cinema, teatro, concerti)
- ☐ Shopping
- ☐ Altro Specificare: _____

Domanda 4

Quante volte ti rechi nell'ambito alpino per delle attività di svago durante la stagione estiva (giugno-settembre)?
Segna la risposta corrispondente

- ☐ mai
- ☐ < 2 volte
- ☐ 2-5 volte
- ☐ 6-10 volte
- ☐ >10 volte

Domanda 5

Per i comportamenti descritti sotto, segna la risposta che ti corrisponde meglio.

In occasione delle mie attività in montagna...

... raccolgo delle rocce o dei minerali.

mai	raramente	sovente	sempre

... mi chiedo come si sono create delle forme particolari del paesaggio (per esempio cascate, sommità delle montagne, gole,...)

mai	raramente	sovente	sempre

... consulto i documenti (carte topografiche, carte geologiche od opuscoli esplicativi) che i miei accompagnatori hanno portato per avere informazioni sul paesaggio.

mai	raramente	sovente	sempre

Domanda 6

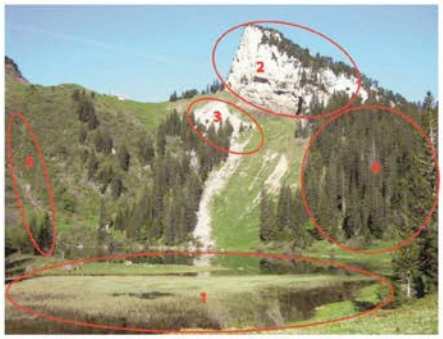
Attraverso quale canale hai già sentito parlare o hai già ricevuto delle informazioni riguardanti la formazione del paesaggio alpino? Segna *una sola risposta.*

- ☐ scuola.
- ☐ riviste, giornali o libri di divulgazione.
- ☐ esposizioni o documentari.
- ☐ internet.
- ☐ altro Specificare: _____

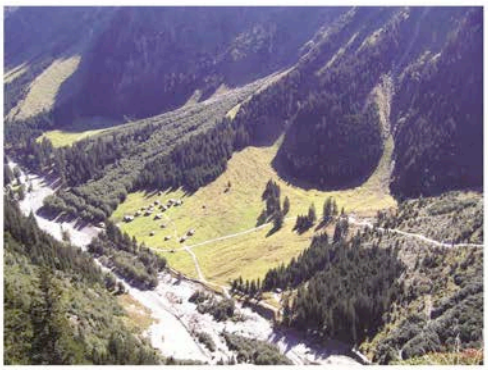
Domanda 7

a) Circonda ed enumera le forme naturali che riconosci sulle immagini seguenti, come da esempio.
b) Ricopia i numeri nella tabella e nomina con una parola (o una descrizione molto breve) gli elementi che hai individuato, come da esempio.

Esempio



Numero	Designazione della forma
1	**Lago**
2	**Parete**
3	**Frana**
4	**Foresta**
5	**Ruscello**
...	**etc.**



Numero	Designazione della forma
1	
2	
3	

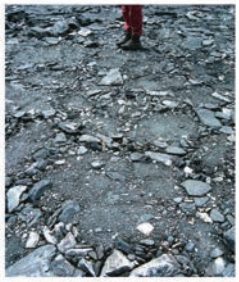
Numero	Designazione della forma
1	
2	
3	

Numero	Designazione della forma
1	
2	
3	

Numero	Designazione della forma
1	
2	
3	

Domanda 8

Quali sono i fattori naturali e/o umani che hanno contribuito a creare le forme rappresentate sulle immagini seguenti?
Dà delle parole-chiave per i fattori e il loro modo d'agire.



Genere ed età

☐ femminile ☐ maschile

☐ 10-12 ☐ 12-14 ☐ 14-16 ☐ >16

Quale anno scolastico segui attualmente?

☐ 2a media ☐ 3a media ☐ 4a media

Quale è la situazione professionale di tua madre?

☐ operaia ☐ dipendente ☐ insegnante ☐ indipendente

☐ dirigente ☐ ingegnere ☐ medico ☐ avvocato

☐ altro Specificare: _____

Quale è la situazione professionale di tuo padre?

☐ operaio ☐ dipendente ☐ insegnante ☐ indipendente

☐ dirigente ☐ ingegnere ☐ medico ☐ avvocato

☐ altro Specificare: _____

Domicilio

Comune: _____

Osservazioni o commenti riguardanti il presente questionario:

_____

_____

_____

_____

Grazie per il tempo che hai dedicato al presente questionario!

Annexe 9 Questionnaire concernant la perception du paysage pour les randonneurs adultes

Géraldine Regolini-Bissig
Geographisches Institut
Universität Lausanne
Anthropole
1015 Lausanne

Tel: 021 692 30 77
e-mail: geraldine.regolini@unil.ch

Umfrage betreffend der Wahrnehmung von Berglandschaften

Diese Umfrage wird im Rahmen einer Doktorarbeit an der Universität Lausanne durchgeführt. Die Angaben, die Sie zu den untenstehenden Fragen machen sind für mich von grösstem Wert. Vielen Dank, dass Sie sich für meine Studie Zeit nehmen.

Informationen zum Fragebogen
Unter dem Begriff **"Berglandschaft"** werden im Fragebogen Landschaften verstanden, die im Alpenraum bei den verschiedenen Freizeitaktivitäten im Mittel- oder Hochgebierge (ab 1000 m.ü.M) anzutreffen sind. Eine typische Berglandschaft ist zum Beispiel die eines Bergsees umgeben von Gipfeln. Im Allgemeinen kann jedoch jeder Blickfang als Berglandschaft verstanden werden, der im Alpenraum einen Teil des Territoriums einschliesst.

Falls Sie in einer Gruppe unterwegs sind, einigen Sie sich bitte auf eine Person, die den Fragebogen eigenständig ausfüllt.
Es ist wichtig, dass alle Fragen beantwortet werden.

Ihre Angaben werden vertraulich behandelt und nicht an Drittpersonen wietergegeben.

Bitte geben Sie den Fragebogen nach dem Ausfüllen ab oder senden Sie ihn bis spätestens Ende Oktober 2009 an die oben stehende Adresse zurück.

Géraldine Regolini-Bissig Lausanne, August 2009

Frage 1

Wie oft gehen Sie in der Sommersaison (Juni-September) für Freizeitaktivitäten in die Berge?
Kreuzen Sie die zutreffende Antwort an.

☐ Nie ☐ < 2 mal ☐ 2-5 mal ☐ 6-10 mal ☐ >10 mal

Frage 2

Welchen Freizeitaktivitäten gehen Sie in den Begen am häufigsten nach? *Kreuzen Sie maximal zwei Antworten an.*

☐ Naturkundliche Beobachtungen (Flora, Faune) oder sammeln (Pilze, Beeren)
☐ Didaktische Aktivitäten (z.B. Lehrpfade, geführte Exkursionen)
☐ Mineralien- oder Fossiliensuche
☐ Sport (z.B. Mountainbike, Berglauf, klettern)
☐ Wandern
☐ Andere Welche? _____

Frage 3

Welchen Freizeitaktivitäten gehen Sie an Ihrem Wohnort am häufigsten nach? *Kreuzen Sie maximal zwei Antworten an.*

☐ Theater-, Kino-, Konzert-, Ausstellungs- oder Museums-Besuche
☐ Sprachunterricht, Vortragsreihen, Konferenzen
☐ Sport
☐ Einkaufen
☐ Andere Welche? _____

Frage 4

Kreuzen Sie für die untenstehenden Verhaltensweisen die Antwort an, die am Besten auf Sie zutrifft.

Im Alltag oder ganz allgemein...

... sind Sie umweltbewusst und leisten im täglichen Leben einen Beitrag zum Schutz der Umwelt (Recycling, öffentliche Verkehrsmittel,...).

trifft überhaupt nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft voll und ganz zu

... unterstützen Sie Vereine, die sich für den Natur- und Umweltschutz einsetzen. Sie sind Mitglied, unterzeichnen Petitionen oder spenden für Vereine wie ProNatura, WWF, Greenpeace , Earthwatch.

trifft überhaupt nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft voll und ganz zu

... begeistert Sie mindestens eines der folgenden Themen: Berge, Vulkane, Höhlenforschung, Dionsaurier, Fossilien, Mineralien.

trifft überhaupt nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft voll und ganz zu

... lesen Sie regelmässig Zeitschriften mit geographischem Inhalt wie zum Beispiel Geo, National Geographic oder die Alpen.

trifft überhaupt nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft voll und ganz zu

Während Aufenthalten in den Bergen...

... schenken Sie Gesteinen und Mineralien Ihre Aufmerksamkeit.

trifft überhaupt nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft voll und ganz zu

... interessieren Sie sich für die Entstehung von besonderen Landschaftselementen wie zum Beispiel Wassefällen, Moränen, einzelne Blöcke, Mulden, u.s.w.

trifft überhaupt nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft voll und ganz zu

... fragen Sie sich nach den Faktoren welche die Landschaft, die Sie durchqueren, geformt haben.

trifft überhaupt nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft voll und ganz zu

... planen Sie die Ausflüge aufgrund der landschaftlichen Besonderheiten, die Sie zu sehen erwarten.

trifft überhaupt nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft voll und ganz zu

... nehmen Sie Interpretationsmaterial wie zum Beispiel erläuternde Broschüre und geologische Karten mit um die Landschaft besser lesen und verstehen zu können.

trifft überhaupt nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft voll und ganz zu

Frage 5

Welches sind Ihrer Meinung nach die wichtigsten natürlichen Faktoren, die zur Gestaltung der Berglandschaft beitragen.
Notieren Sie stichwortartig einige Faktoren und deren Wirkungsweise.

_____

_____

_____

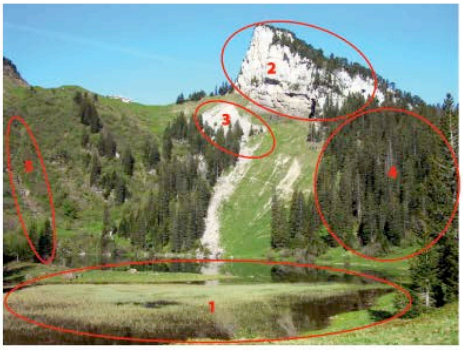
_____

Frage 6

a) Erfassen und numerieren Sie auf den folgenden Bildern alle natürlichen Formen die Sie in der Berglandschaft erkennen.

b) Übertragen Sie die Nummern in die nebenstehende Tabelle und bezeichnen Sie mit einem Wort (oder einer kurzen Beschreibung) die verschiedenen Elemente.

Beispiel



Nummer	Bezeichnung
1	**See**
2	**Felswand**
3	**Geröll**
4	**Wald**
5	**Bach**
...	

Nummer	Bezeichnung
1	
2	
3	

Nummer	Bezeichnung
1	
2	
3	

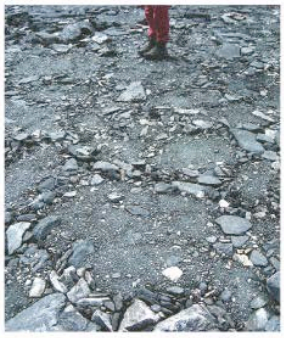
Nummer	Bezeichnung
1	
2	
3	

Nummer	Bezeichnung
1	
2	
3	

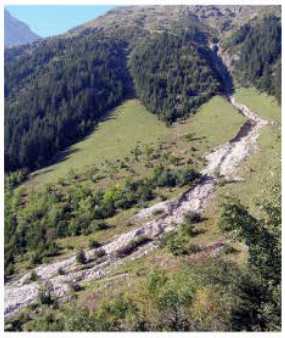
Frage 7

Welches sind die natürlichen und/oder menschlichen Faktoren, die zur Gestaltung der unten dargestellten Landschaftsformen führten? *Notieren Sie stichwortartig einige Faktoren und deren Wirkungsweise.*

Faktoren und Wirkungsweise:



Faktoren und Wirkungsweise:



Faktoren und Wirkungsweise:

Faktoren und Wirkungsweise:

Faktoren und Wirkungsweise:

Faktoren und Wirkungsweise:

Faktoren und Wirkungsweise:

Geschlecht und Alter

☐ weiblich ☐ männlich

☐ unter 15 Jahre ☐ 16-19 Jahre ☐ 20-29 Jahre ☐ 30-39 Jahre
☐ 40-49 Jahre ☐ 50-59 Jahre ☐ 60-69 Jahre ☐ 70 Jahre und mehr

Was für eine Ausbildung haben Sie abgeschlossen?

☐ obligatorische Schulzeit ☐ Lehre ☐ Berufsschule
☐ Matura ☐ Fachhochschule ☐ Hochschulabschluss
☐ Andere _____

Welche berufliche Tätigkeit üben Sie zur Zeit aus?

☐ SchülerIn ☐ StudentIn ☐ HandwerkerIn ☐ Angestellte(r) ☐ LandwirtIn
☐ Lehrperson ☐ Techniker ☐ Kaufmann, Chef von KMU ☐ Kader, Ingenieur, Anwalt, Arzt
☐ pensioniert ☐ stellenlos ☐ Andere _____

Wohnort

☐ Deutschschweiz ☐ Romandie ☐ Tessin ☐ Europäische Union ☐ ausser Europa
☐ städtisches Gebiet ☐ ländliches Gebiet

Angaben zum Aufenthalt im Maderanertal

Sind Sie zum ersten Mal im Maderanertal?

☐ Ja
☐ Nein Zum wievielten mal? _____
☐ Ich wohne (habe ein Ferienhaus) im Maderanertal

Welches ist Ihre vorgesehene Wanderroute? *Geben Sie bitte mehrere Stationen auf Ihrer Wanderroute an.*

_____

_____

Wodurch ist Ihr Aufenthalt im Maderanertal motiviert? *Kreuzen Sie bitte maximal zwei Antworten an.*

☐ Entspannung und Erholung
☐ Naturkundliche Beobachtungen
☐ Sport, Aktivurlaub
☐ Andere _____

Welche Unterlagen dienen Ihnen bei Ihrem Aufenthalte im Maderanertal? *Kreuzen Sie bitte alle zutreffenden Antworten an.*

☐ Kartenmaterial
☐ Reiseführer
☐ Naturkundlicher Führer
☐ Andere _____

Annexe 10 Labels et codes utilisées pour l'analyse de la perception du paysage chez les élèves

Questions	**Q1 (Hobby)**	**Q2 (Intérêts divers)**	**Q3 (Activités en famille)**	**Q4 (Séjour montagne)**	**Q5 (Comportement à la montagne)**	**Q6 (Source d'information)**	**Q7 (Interprétation d'images)**	**Q8 (Connaissance)**
Label	*Hob_1* *Hob_2*	*Int_anim* *Int_plan* *Int_min* *Int_mon*	*Fam_1* *Fam_2*	*Mont*	*Com_recolte* *Com_form* *Com_mat*	*Info_1* *Info_2*	*Recon_7a_d* *Term_7a_d* *autres_7a_d*	*Con_forme_a* *Con_fact_a* *Con_agent_a* *con_score_a*
Codes	1) activités plein air	1) aucun intérêt	1) musées, expositions, sentiers	1) jamais	1) jamais	1) école	n° formes géomorphologiques: 1 à n	terminologie: saisie qualitative
	2) sport	…	2) montagne, forêt, lac	2) <2	2) rarement	2) revues, journaux ou livres	terminologie: saisie qualitative	facteurs:
	3) lecture	6) très fort intérêt	3) activités sportives	3) 2-5	3) souvent	3) expositions, documentaires	autres formes :	1) naturel
	4) jeux vidéo		4) spectacles	4) 6-10	4) toujours	4) internet	1) Forêt	2) humain
	5) autres		5) shopping	5) >10		5) autres	2) Verdure, prairie, prés, herbe	manière d'agir: saisie qualitative
				6) autres			3) ciel, nuages	score:
							4) habitation, route	1 = juste 0=faux

Questions	**sexe**	**âge**	**année scolaire**	**profession de la mère**	**profession du père**	**établissement**
Label	*sexe*	*age*	*ann_scol*	*prof_m*	*prof_p*	*etab*
Codes	1) féminin 2) masculin	1) 10-12 2) 12-14 3) 14-16 4) >16	1) 6ème = 1a 2) 7ème= 2a 3) 8ème= 3a 4) 9ème= 4a	1) ouvrière 2) employée 3) enseignante 4) indépendante 5) dirigeante 6) ingénieure, médecin, avocate 7) mère au foyer	1) ouvrier 2) employé 3) enseignant 4) indépendant 5) dirigeant 6) ingénieure, médecin, avocat 7) autre	saisie qualitative

Indicateurs	**Nbre total des formes géomorphologiques reconnues**	**Nbre total de bonnes réponses**	Addition des deux totaux
	Recon_tot	**Con_tot**	**RECON_tot**
	Recon_cl	**Con_cl**	**RECON_cl**

Annexe 11 Résultats des analyses statistiques concernant la perception du paysage chez les élèves

Corrélations entre le nombre de formes géomorphologiques reconnues (Recon_tot) et les déterminants sociaux

		Recon_tot	sexe	age	prof_m	prof_p	etab
Recon_tot	Pearson Correlation	1	-.046	-.036	.079	-.023	-.120
	Sig. (2-tailed)		.522	.617	.355	.742	.091
	N	201	198	199	141	201	201
sexe	Pearson Correlation	-.046	1	.081	.181*	-.046	.051
	Sig. (2-tailed)	.522		.255	.034	.524	.472
	N	198	198	198	138	198	198
age	Pearson Correlation	-.036	.081	1	.109	.012	.110
	Sig. (2-tailed)	.617	.255		.203	.863	.123
	N	199	198	199	139	199	199
prof_m	Pearson Correlation	.079	.181*	.109	1	.293**	-.026
	Sig. (2-tailed)	.355	.034	.203		.000	.762
	N	141	138	139	141	141	141
prof_p	Pearson Correlation	-.023	-.046	.012	.293**	1	.159*
	Sig. (2-tailed)	.742	.524	.863	.000		.024
	N	201	198	199	141	201	201
etab	Pearson Correlation	-.120	.051	.110	-.026	.159*	1
	Sig. (2-tailed)	.091	.472	.123	.762	.024	
	N	201	198	199	141	201	201

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Calculs effectués avec SPSS 16.0

Corrélations entre le nombre de formes géomorphologiques reconnues (Recon_tot) et les pratiques de loisirs

		Recon_tot	Hob2_ext	Hob2_int	Fam2_intell	Fam2_sport	Fam2_divert
Recon_tot	Pearson Correlation	1	.089	-.098	.000	.001	-.043
	Sig. (2-tailed)		.208	.166	.997	.988	.548
	N	201	200	201	201	201	201
Hob2_ext	Pearson Correlation	.089	1	-.310**	-.059	.225**	-.099
	Sig. (2-tailed)	.208		.000	.406	.001	.164
	N	200	200	200	200	200	200
Hob2_int	Pearson Correlation	-.098	-.310**	1	.014	-.107	.197**
	Sig. (2-tailed)	.166	.000		.842	.132	.005
	N	201	200	201	201	201	201
Fam2_intell	Pearson Correlation	.000	-.059	.014	1	-.141*	-.219**
	Sig. (2-tailed)	.997	.406	.842		.046	.002
	N	201	200	201	201	201	201
Fam2_sport	Pearson Correlation	.001	.225**	-.107	-.141*	1	-.346**
	Sig. (2-tailed)	.988	.001	.132	.046		.000
	N	201	200	201	201	201	201
Fam2_divert	Pearson Correlation	-.043	-.099	.197**	-.219**	-.346**	1
	Sig. (2-tailed)	.548	.164	.005	.002	.000	
	N	201	200	201	201	201	201

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Calculs effectués avec SPSS 16.0

Corrélations entre le nombre de formes géomorphologiques reconnues (Recon_tot) et des indicateurs de la familiarité avec le milieu de montagne

		Recon_tot	Mont	Com_reco	Com_form	Com_mat
Recon_tot	Pearson Correlation	1	.293**	.217**	.144*	.208**
	Sig. (2-tailed)		.000	.002	.041	.003
	N	201	201	201	201	201
Mont	Pearson Correlation	.293**	1	.296**	.436**	.240**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.001
	N	201	201	201	201	201
Com_reco	Pearson Correlation	.217**	.296**	1	.349**	.265**
	Sig. (2-tailed)	.002	.000		.000	.000
	N	201	201	201	201	201
Com_form	Pearson Correlation	.144*	.436**	.349**	1	.292**
	Sig. (2-tailed)	.041	.000	.000		.000
	N	201	201	201	201	201
Com_mat	Pearson Correlation	.208**	.240**	.265**	.292**	1
	Sig. (2-tailed)	.003	.001	.000	.000	
	N	201	201	201	201	201

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Calculs effectués avec SPSS 16.0

Annexe 12 Analyse en composante principale de l'étude concernant la perception du paysage chez les élèves

Communalities					
	Initial	Extraction		Initial	Extraction
sexe	1.000	.559	Mont	1.000	.497
Info2_ecole	1.000	.753	Com_reco	1.000	.506
Info2_libre	1.000	.784	Com_form	1.000	.402
Hob2_ext	1.000	.556	Com_mat	1.000	.322
Hob2_int	1.000	.549	Int_anim	1.000	.602
Fam2_intell	1.000	.810	Int_plan	1.000	.629
Fam2_sport	1.000	.554	Int_min	1.000	.642
Fam2_divert	1.000	.427	Int_mon	1.000	.684
Mont	1.000	.497	age	1.000	.348

Extraction Method: Principal Component Analysis

Total Variance Explained

	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
Component	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3.984	23.437	23.437	3.984	23.437	23.437
2	1.733	10.195	33.632	1.733	10.195	33.632
3	1.428	8.398	42.029	1.428	8.398	42.029
4	1.290	7.589	49.619	1.290	7.589	49.619
5	1.188	6.990	56.609	1.188	6.990	56.609
6	.992	5.837	62.446			
7	.962	5.661	68.106			
8	.867	5.102	73.209			
9	.722	4.250	77.458			
10	.705	4.148	81.606			
11	.657	3.866	85.472			
12	.557	3.275	88.747			
13	.539	3.172	91.919			
14	.473	2.782	94.701			
15	.335	1.968	96.670			
16	.299	1.761	98.431			
17	.267	1.569	100.000			

Calculs effectués avec SPSS 16.0

Annexe 13 Régressions linéaires de l'étude concernant la perception du paysage chez les élèves

Régression linéaire à partir des 5 facteurs de l'ACP avec une valeur propre >1

Variables Entered/Removed[b]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	REGR factor score 5 for analysis 5, REGR factor score 4 for analysis 5, REGR factor score 3 for analysis 5, REGR factor score 2 for analysis 5, REGR factor score 1 for analysis 5[a]	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Recon_tot

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.313[a]	.098	.073	2.246

a. Predictors: (Constant), REGR factor score 5 for analysis 5,REGR factor score 4 for analysis 5, REGR factor score 3 for analysis 5, REGR factor score 2 for analysis 5, REGR factor score 1 for analysis 5

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	99.793	5	19.959	3.958	.002[a]
	Residual	917.761	182	5.043		
	Total	1017.553	187			

a. Predictors: (Constant), REGR factor score 5 for analysis 5, REGR factor score 4 for analysis 5, REGR factor score 3 for analysis 5, REGR factor score 2 for analysis 5, REGR factor score 1 for analysis 5

b. Dependent Variable: Recon_tot

Calculs effectués avec SPSS 16.0

Régression linéaire à partir des données brutes

Variables Entered/Removed[b]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Info2_libre, Fam2_divert, Com_mat, sexe, Hob2_ext, age, Int_min, Fam2_intell, Hob2_int, Com_form, Mont, Fam2_sport, Int_plan, Com_reco, Info2_ecole, Int_anim, Int_mon[a]	.	Enter

a. All requested variables entered.

. Dependent Variable: Recon_tot

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.456[a]	.208	.129	2.177

a. Predictors: (Constant), Info2_libre, Fam2_divert, Com_mat, sexe, Hob2_ext, age, Int_min, Fam2_intell, Hob2_int, Com_form, Mont, Fam2_sport, Int_plan, Com_reco, Info2_ecole, Int_anim, Int_mon

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	211.678	17	12.452	2.627	.001[a]
	Residual	805.875	170	4.740		
	Total	1017.553	187			

a. Predictors: (Constant), Info2_libre, Fam2_divert, Com_mat, sexe, Hob2_ext, age, Int_min, Fam2_intell, Hob2_int, Com_form, Mont, Fam2_sport, Int_plan, Com_reco, Info2_ecole, Int_anim, Int_mon

b. Dependent Variable: Recon_tot

Calculs effectués avec SPSS 16.0

Annexe 14 Protocole d'entretien avec les randonneurs adultes

UNIL | Université de Lausanne
Institut de géographie

Kartenauswahl „Golzern" Erwachsene Sommer 2010

Datum: **Code:**

Kartenauswahl

1) Welche der folgenden Karten spricht Sie spontan am meisten an?
☐ ***Karte 1*** *(10'000)* ☐ ***Karte 2*** *(25'000)* ☐ ***Karte 3*** *(Laser)* ☐ ***Karte 4*** *(Flugbild)* ☐ ***Karte 5*** *(Landcover)*
*Warum:*_____
_____

2) Welche der folgenden Karten spricht Sie am wenigsten an?
☐ ***Karte 1*** *(10'000)* ☐ ***Karte 2*** *(25'000)* ☐ ***Karte 3*** *(Laser)* ☐ ***Karte 4*** *(Flugbild)* ☐ ***Karte 5*** *(Landcover)*
*Warum:*_____
_____

3) Mit welcher dieser Karten könnten Sie sich im Gelände am einfachsten orientieren?
☐ ***Karte 1*** *(10'000)* ☐ ***Karte 2*** *(25'000)* ☐ ***Karte 3*** *(Laser)* ☐ ***Karte 4*** *(Flugbild)* ☐ ***Karte 5*** *(Landcover)*

4) Mit welcher dieser Karten können Sie sich die Landschaft am besten vorstellen?
☐ ***Karte 1*** *(10'000)* ☐ ***Karte 2*** *(25'000)* ☐ ***Karte 3*** *(Laser)* ☐ ***Karte 4*** *(Flugbild)* ☐ ***Karte 5*** *(Landcover)*

5) Mit welcher der folgenden Kartenlegend können sie bestimmte Landschaftsformen am einfachsten erkennen?
☐ ***Legede 1*** *(Figuren)* ☐ ***Legende 2*** *(Geomorphologie)* ☐ ***Legende 3*** *(Punkte)*

6) Wie viele Male gehen Sie in der Sommersaison (Juni-September) wandern?
☐ Nie ☐ < 2 mal ☐ 2-5 mal ☐ 6-10 mal ☐ >10 mal

7) Wie oft verwenden Sie beim Wandern Karten?
☐ Nie ☐ selten ☐ häufig ☐ immer

Allgemein Angaben

8) Wie viele Male waren sie schon in Golzern ? _____

9) Wären Sie an Informationsmaterial (z.B. Broschüre) über die Entstehung der Landschaft auf Golzern interessiert? ☐ Ja ☐ Nein

10) Dürfte diese etwas kosten ? ☐ Ja ☐ Nein
wie viel? _____

11) Was für eine Ausbildung haben Sie abgeschlossen?
☐ Obligatorischer Schulzeit ☐ Lehre ☐ Matura
☐ Fachhochschule ☐ Hochschule

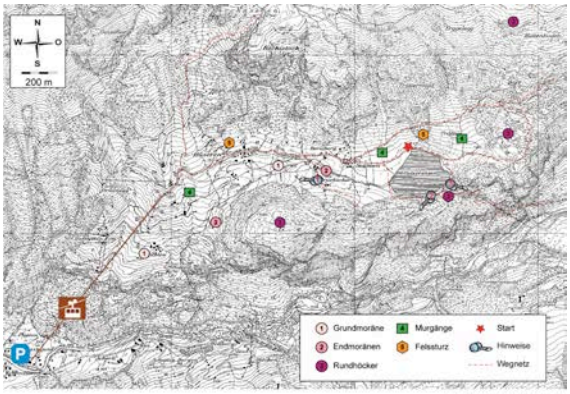
12) ☐ weiblich ☐ männlich

13) Jahrgang: _____

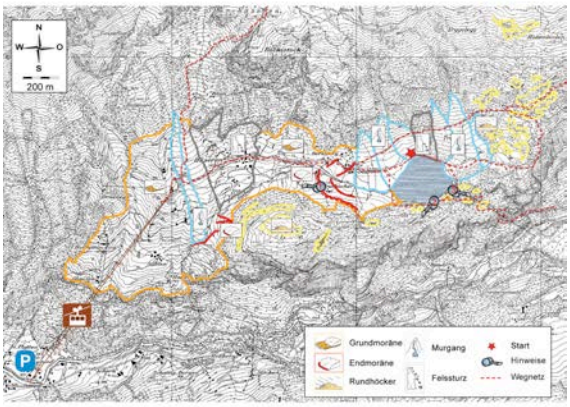
14) Wohnort/Kanton:_____

Géraldine Regolini-Bissig, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Anthropole, 1015 Lausanne

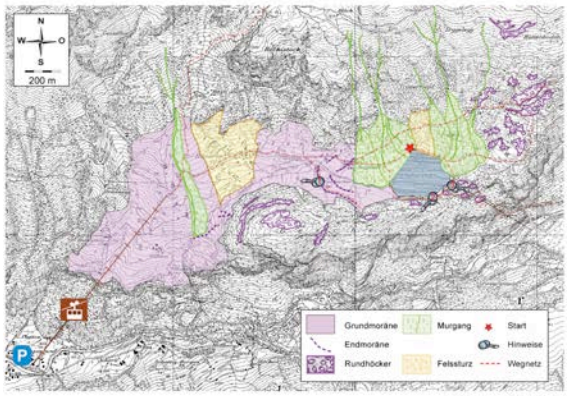
Annexe 15 Matériel test pour l'étude concernant la préférence des différents fonds de carte et types de légende



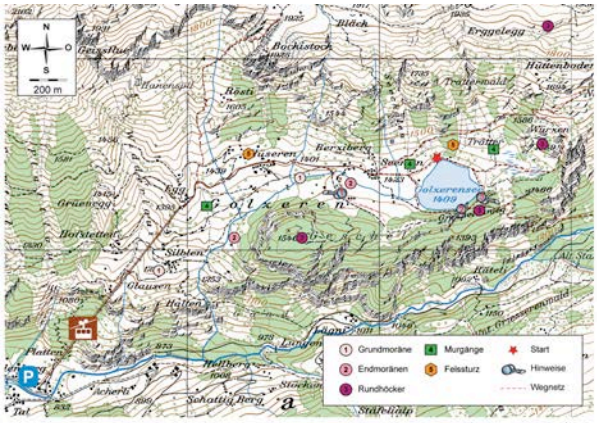
Topo10/L1



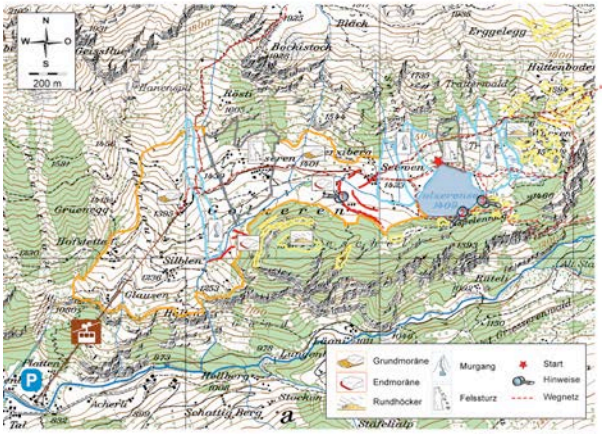
Topo10/L2



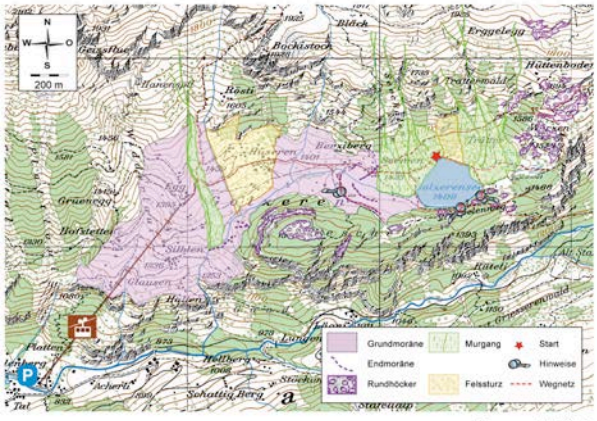
Topo10/L3



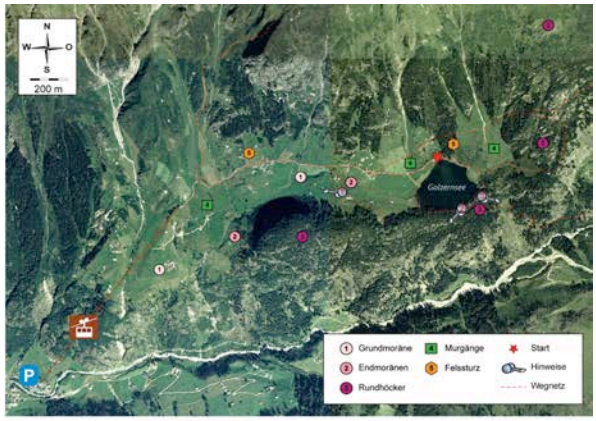
Topo25/L1



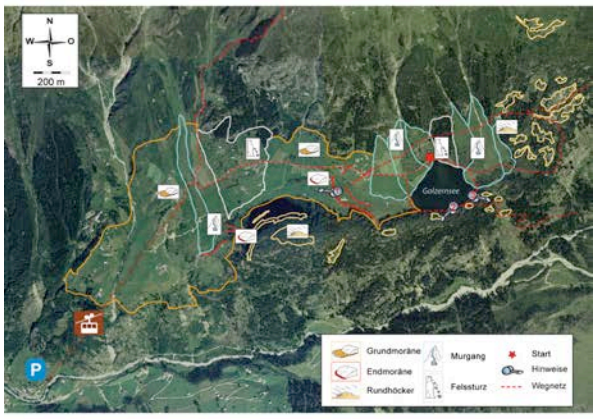
Topo25/L2



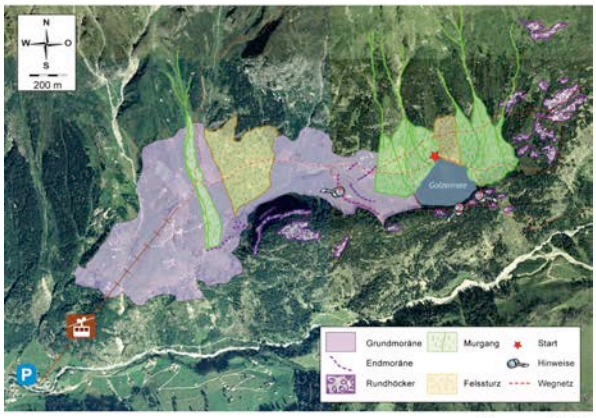
Topo25/L3



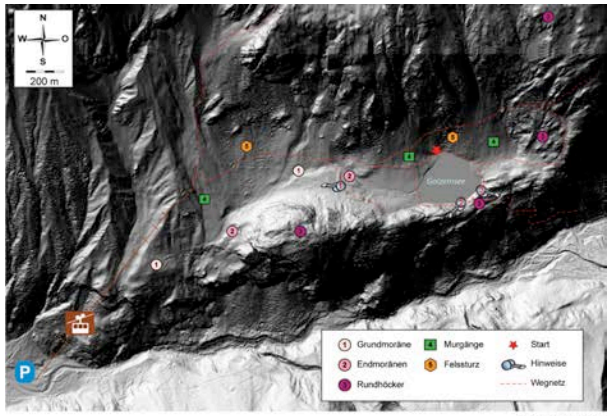
PhotoA/L1



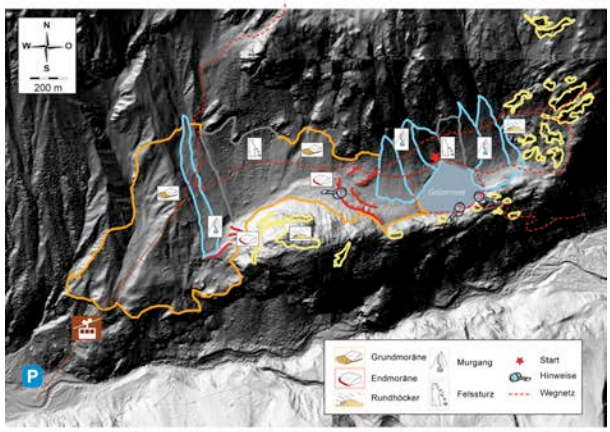
PhotoA/L2



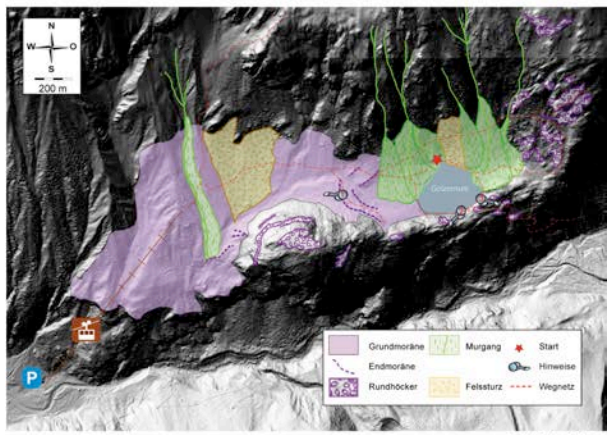
PhotoA/L3



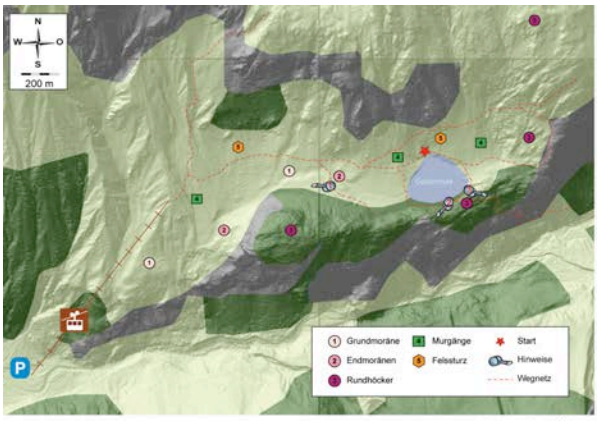
MNT/L1



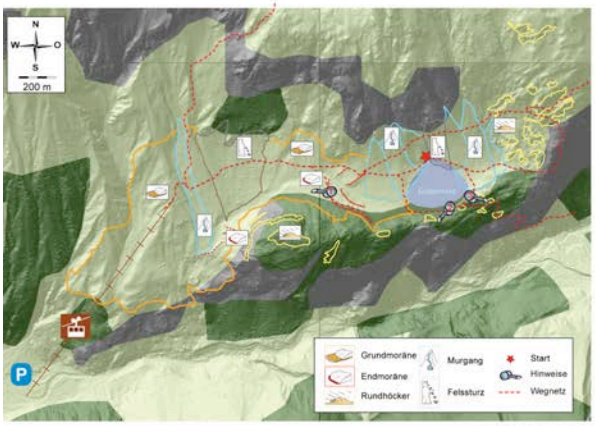
MNT/L2



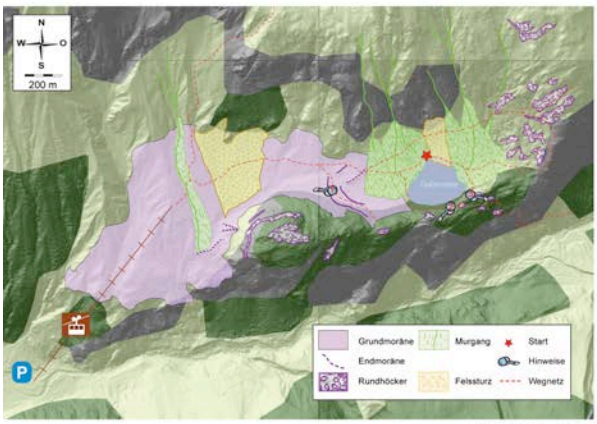
MNT/L3



MNTSol/L1



MNTSol/L2



MNTSol/L3

Annexe 16 Résultats des corrélations concernant l'étude sur les préférences de différents fonds de carte et légendes.

		Carte_P	Légende	Lecture_c	Randonnée	Niveau_edu	Sexe	Âge
Carte_P	Pearson Correlation	1	-.327**	-.250*	-.109	-.038	-.231*	-.225
	Sig. (2-tailed)		.004	.030	.350	.744	.046	.052
	N	75	75	75	75	75	75	75
Légende	Pearson Correlation	-.327**	1	.012	-.198	-.090	-.099	.119
	Sig. (2-tailed)	.004		.916	.089	.442	.400	.308
	N	75	75	75	75	75	75	75
Lecture_carte	Pearson Correlation	-.250*	.012	1	.310**	.375**	.207	.142
	Sig. (2-tailed)	.030	.916		.007	.001	.075	.225
	N	75	75	75	75	75	75	75
Randonnée	Pearson Correlation	-.109	-.198	.310**	1	.174	.268*	.000
	Sig. (2-tailed)	.350	.089	.007		.136	.020	1.000
	N	75	75	75	75	75	75	75
Niveau_educ	Pearson Correlation	-.038	-.090	.375**	.174	1	.125	-.332**
	Sig. (2-tailed)	.744	.442	.001	.136		.285	.004
	N	75	75	75	75	75	75	75
Sexe	Pearson Correlation	-.231*	-.099	.207	.268*	.125	1	.177
	Sig. (2-tailed)	.046	.400	.075	.020	.285		.130
	N	75	75	75	75	75	75	75
Âge	Pearson Correlation	-.225	.119	.142	.000	-.332**	.177	1
	Sig. (2-tailed)	.052	.308	.225	1.000	.004	.130	
	N	75	75	75	75	75	75	75

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Calculs effectués avec SPSS 16.

Carte_P =	Carte qui soutient le mieux la représentation du paysage
Légende =	Légende
Lecture_ c =	Fréquence de lecture de carte
Randonnée =	Nombre de randonnées par saison
Niveau_edu =	Niveau d'éducation des personnes interrogées
Sexe =	Genre
Âge =	Âge

Annexe 17 Questionnaire concernant la carte géodidactique de Golzern pour les élèves

UNIL | Université de Lausanne
Institut de géographie

Deine Meinung interessiert uns!

Sommer 2010

Mit diesem Fragebogen kannst du das Detektiv-Spiel bewerten. Vielen Dank, dass du dir dafür Zeit nimmst. Deine Antworten werden uns helfen, die Karte zu verbessern.

1) Allgemeine Angaben:
☐ weiblich ☐ männlich
Alter: _____ Schulklasse fürs Jahr 2010/2011: _____
Wie viele Male warst du schon in Golzern ? _____

2) Die verschiedenen Aufgaben waren im Allgemeinen:
☐ zu einfach ☐ zu schwierig ☐ weder zu einfach, noch zu schwierig
Diese Aufgabe(n) war(en) zu schwierig: ☐ Start ☐1 ☐2 ☐3

3a) Die Erklärungen waren: *(mehrere Antworten möglich)*
☐ zu kurz ☐ zu lang ☐ weder zu kurz, noch zulang

3b) Die Erklärungen waren: *(mehrere Antworten möglich)*
☐ zu einfach ☐ zu kompliziert ☐ weder zu einfach, noch zu kompliziert
Diese Erklärung(en) war(en) zu kompliziert ☐Endmoräne ☐Grundmoräne ☐Rundhöcker ☐ Lösung

4) Hast du während der Spurensuche etwas gelernt? ☐ ja ☐ nein

5) Konntest du dich mit dieser Karte gut orientieren? (zutreffende Aussage ankreuzen)
☐ Ich habe die Hinweise ohne Problem gefunden.
☐ Ich hatte Schwierigkeiten, die Hinweise zu finden.

6) Hat dir die Karte geholfen die Landschaftsformen (Endmoräne, Grundmoräne,…) zu erkennen?
☐ Ja, mit Hilfe der Karte habe ich die Formen in der Landschaft erkannt.
☐ Nein, ich habe die Karte nicht verstanden.

7) Die Spurensuche mit Detektiv Geo fand ich: (für jedes Paar eine Antwort ankreuzen)
a) ☐ interessant ☐ uninteressant
b) ☐ spannend ☐ langweilig
c) ☐ abwechslungsreich ☐ wiederholend

8) Was für eine Note gibst du der Spurensuche: (6 sehr gut - 1 ungenügen): _____

Was könnte man verbessern? _____

_____

Fragebogen bitte abgeben.

Géraldine Regolini-Bissig, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Anthropole, 1015 Lausanne

Annexe 18 Questionnaire concernant la carte géodidactique de Golzern pour les enseignants

UNIL | Université de Lausanne
Institut de géographie

Bewertung der Karte zur Entstehung des Golzernsees Herbst 2010

1) Verwendung der Karte

1a) Wie haben Sie das Geo-Detektiv-Spiel mit Ihren Schülern verwendet?
☐ Im Selbsttest
☐ Zusammen mit der Autorin

1b) In welchem Rahmen wurde das Geo-Detektiv-Spiel gemacht?
☐ Als Herbstwanderung
☐ Als ausserschulische Lerneinheit
☐ Andere:_____

1c) Wie lange hat die Aktivität ungefähr gedauert?
___ Stunden ___ Minuten (nur Spiel)
___ Stunden ___ Minuten (mit Einführung und Bewertung des Spiels)

2) Ihre Meinung zu den verschiedenen Aufgaben (Start und Hinweis 1-3):

2a) Anzahl der Aufgaben:
☐ Es hat zu viele Aufgaben ☐ Es hat zu wenige Aufgaben ☐ Die Anzahl der Aufgaben ist richtig

2b) Die verschiedenen Aufgaben waren für die Schüler im Allgemeinen:
☐ zu einfach ☐ zu schwierig ☐ weder zu einfach, noch zu schwierig
Diese Aufgabe(n) war(en) zu einfach: ☐ Start ☐1 ☐2 ☐3
Diese Aufgabe(n) war(en) zu schwierig: ☐ Start ☐1 ☐2 ☐3

2c) Die verschiedenen Aufgaben waren für die Schüler im Allgemeinen:
☐ zu kurz ☐ zu lang ☐ weder zu kurz, noch zu lang
Diese Aufgabe(n) war(en) zu kurz: ☐ Start ☐1 ☐2 ☐3
Diese Aufgabe(n) war(en) zu lang: ☐ Start ☐1 ☐2 ☐3

3) Ihre Meinung zu den Erklärungen (Hinweis 1-3 und Lösung)

3a) Die Erklärungen waren:
☐ zu kurz ☐ zu ausführlich ☐ weder zu kurz, noch zu ausführlich

3b) Die Erklärungen waren:
☐ zu einfach ☐ zu kompliziert ☐ weder zu einfach, noch zu kompliziert

3c) Waren die Figuren auf der Rückseite des Spiels für die Schüler verständlich ? ☐ Ja ☐ Nein

3d) Haben die Figuren zum Verständnis der Erklärungen beigetragen? ☐ Ja ☐ Nein

3e) Haben die Schüler während der Spurensuche etwas gelernt? ☐ viel ☐ etwas ☐ nichts

4) Ihre Meinung zur Karte auf der Vorderseite

4a) Konnten sich die Schüler mit der Karte orientieren?
☐ Die Schüler habe die Hinweise selber gefunden.
☐ Den Schüler musste beim Kartenlesen geholfen werden.

Géraldine Regolini-Bissig, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Anthropole, 1015 Lausanne

UNIL | Université de Lausanne
Institut de géographie

Bewertung der Karte zur Entstehung des Golzernsees Herbst 2010

4b) Haben die Schüler die verschiedenen Landschaftsformen (Endmoräne, Grundmoräne, Rundhöcker, Murgänge, Felssturz) erkannt?
☐ Mit Hilfe der Karte haben sie die Formen in der Landschaft gut erkannt.
☐ Sie hatten Schwierigkeiten die Formen in der Landschaft auch mit Hilfe der Karte zu erkennen.
☐ Andere: _____

4c) Folgende Formen habe sie ohne Problem erkannt:
☐ Endmoräne ☐ Grundmoräne ☐ Rundhöcker
☐ Felssturz ☐ Murgänge

4d) Folgende Formen haben sie nur schwer oder gar nicht erkannt:
☐ Endmoräne ☐ Grundmoräne ☐ Rundhöcker
☐ Felssturz ☐ Murgänge

4e) Die Symbole der Kartenlegende sind für die Schüler:
☐ einfach zu verstehen ☐ nur schwer zu verstehen

4f) Die Karte ist als Orientierungshilfe (Wegfindung):
☐ geeignet ☐ ungeeignet
Besser wäre Ihrer Meinung nach: ☐ Kroki ☐ Landkarte (z.B. 1:25'000) ☐ Karte in 3D

4e) Die Karte ist als Interpretationshilfe (Darstellung von Landschaftsformen):
☐ geeignet ☐ ungeeignet
Besser wäre Ihrer Meinung nach: ☐ Blockdiagramme ☐ Fotografien ☐ mehr Text

5) Globale Bewertung

Die Spurensuche mit Detektiv Geo fanden die meisten Schüler
a) ☐ interessant ☐ uninteressant
b) ☐ spannend ☐ langweilig
c) ☐ abwechslungsreich ☐ wiederholend

Ihre Bemerkungen und Änderungsvorschläge zum Spiel:
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Angaben zur Schulklasse
Schulklasse (z.B. 6. Primar): _____
Anzahl der Schüler: _____
Durchschnittsalter der Schüler: _____
Schule der Gemeinde _____

Géraldine Regolini-Bissig, Université de Lausanne, Institut de Géographie, Anthropole, 1015 Lausanne

Annexe 19 Méthode d'évaluation pour les sentiers à thème dans le domaine des sciences naturelles.

Critères d'évaluation	Evaluation	Modalités
2 Site (Si)		
2.1 Rareté du site	*La thématique développée se base-t-elle sur un site exceptionnel ?* **Remarque :** L'espace de référence pour évaluer la rareté du site est le Valais. Les sites exceptionnels ont souvent une portée plus large (nationale au moins). Les sites comparables ne sont pas forcément des sites mis en valeur.	Le site est: • **commun** : plus de 10 sites comparables • **rare** : 3-10 sites comparables • **exceptionnel** : 1-2 sites comparables **Note :** Ce critère doit être évalué par un expert.
2.2 Importance culturelle et historique du site	*Le site présente-t-il un intérêt culturel ou historique particulier en lien avec les objets naturels présentés ?* La présence d'autres éléments matériels et immatériels architecturaux, religieux, culturels ou historiques – également dans l'histoire des sciences –renforce l'attractivité du site auprès du public et permet de mettre en évidence le lien entre nature et société humaine (usages variés du site, de ses ressources, représentations, explications théoriques...). **Types d'éléments culturels** • plantations (vignes, cultures en terrasse, châtaigneraie, ...) • exploitation des ressources (bisses, mines, carrières) • monuments • histoire (chemin historique, site) • art (peinture, sculptures, littérature,...)	Importance culturelle et historique : • **nulle**: aucun élément culturel • **moyenne** : 1 à 3 types d'éléments culturels • **forte** : Plus de 3 types d'éléments culturels **Note** : le contenu du produit ne doit pas forcément faire référence à ces éléments culturels et historiques.
2.3 Intérêt didactique des objets	*Existe-t-il des objets dignes d'intérêt pour l'éducation et la formation de personnes non-spécialistes de la discipline ?* **Remarque :** Pour qu'un site ait un intérêt didactique fort, il doit présenter des objets exemplaires, représentatifs ou particulièrement bien lisibles dans le paysage.	Intérêt didactique : • **oui** : objets exemplaires, facilement repérables • **non** : objets difficilement repérables ou absence d'objets exemplaires **Note :** ne pas tenir compte de la saison ou du moment de la journée. Ex : une fleur est jugée repérable si la plante est visible, même sans fleurs.

2.4 Intégrité du site ou des objets	*Quel est l'état de conservation du site ou des éléments, tels qu'ils sont exploités touristiquement ?* **Remarque :** La mauvaise conservation peut être due soit à des facteurs naturels (ex. érosion), soit aux impacts des activités humaines.	L'intégrité du site ou des objets est: • **mauvaise**: forte dégradation ; disparition des particularités du site • **moyenne**: dommages partiels ; caractéristiques principales du site conservées ou préservées de manière trop artificielle • **bonne**: site intact, parfaitement préservé (avec éventuelles interventions humaines bien intégrées)
3 Supports (Su)		
3.1 Aspect général	*Quel est l'aspect général du support ?* **Remarque :** Ce critère concerne autant les supports fixes que les supports mobiles. Il rend compte de la première impression donnée par le support.	Conception: • **mal soignée** : trop ou trop peu d'éléments, graphisme médiocre • **soignée**, mais sans recherche • **originale** : soignée et contient en plus des éléments interactifs ou originaux (suscitant la curiosité) **Note :** Ce critère doit être évalué au début (impression au premier coup d'œil), avant d'avoir lu le contenu.
3.2 Lien explicite entre arrêts et objets	*Les objets présentés sont-ils bien signalés et les arrêts bien positionnés en fonction des objets ?* ***Remarque :** à prendre en considération la localisation des points d'arrêt, les indications écrites ou graphiques (croquis, schémas, etc.).*	Lien explicite entre arrêts et objets: • **faible** : absence d'indications écrites ou graphiques des objets présentés ou localisation des arrêts arbitraire • **moyenne** : indications écrites ou graphiques insuffisantes, mauvaise localisation des arrêts • **bonne:** indications écrites ou graphiques claires des objets présentés et bonne localisation des arrêts
ports fixes *3.3a Entretien des supports*	*Quel est l'état de conservation et la fonctionnalité du support ?* **Remarque :** Ce critère concerne uniquement les supports fixes (ex. panneaux). Pour l'évaluation de supports mobiles (ex. brochures) voir maniabilité et qualité des supports.	Entretien des supports : • **mauvais**: message partiellement illisible (supports fortement dégradés), majorité des éléments interactifs non fonctionnels • **moyen**: message lisible (supports sales ou altérés), quelques éléments interactifs non fonctionnels • **bon**: message parfaitement lisible (supports propres, non altérés), éléments interactifs fonctionnels **Note :** Le score le moins bon est déterminant.

b. Evaluation des supports mobiles	*3.3b Qualité des supports*	*Quelle est la qualité de l'impression du document ou de la technologie du support numérique ?* **Remarque :** Ce critère concerne uniquement les supports mobiles (ex. brochures, téléphone portable). Pour l'évaluation de supports fixes (ex. panneaux) voir entretien et emplacement des supports.	Qualité: • **faible** • **moyenne** • **bonne** **Note :** L'attribution de la valeur doit prendre en considération, pour les brochures la qualité de l'impression (nette) ainsi que la résistance du papier à la lecture répétée et aux conditions météorologiques (vent, pluie) ; pour les appareils électroniques l'autonomie, la lisibilité de l'information sur le terrain (ex. au soleil), la résistance à l'humidité et aux chocs.
	3.4b Maniabilité des supports	*Est-ce que les supports mobiles permettent une lecture facile et confortable sur le terrain ?* **Remarque :** Ce critère concerne uniquement les supports mobiles (ex. brochures, téléphone portable). Pour l'évaluation de supports fixes (ex. panneaux) voir entretien et emplacement des supports.	La structuration du support mobile permet de trouver facilement l'information par rapport à un objet ou un sujet précis : • **mauvaise** : l'information n'est pas organisée dans le même ordre que celui des arrêts; navigation difficile • **moyenne** : l'information est organisée dans le bon ordre, mais il manque par ex. une table des matières, un index, des hyperliens. • **bonne** : la navigation est aisée, intuitive La forme du support mobile permet une lecture confortable sur le terrain : • **oui** : support maniable • **non** : support encombrant, trop volumineux, écran trop petit par rapport à l'information présentée, etc.
a. Evaluation des supp	*3.4a Visibilité, sécurité et intégration des supports*	*Les supports se trouvent-ils dans une position adéquate qui permet une lecture sûre et confortable ? S'intègrent-ils bien dans le paysage par leur position et le choix des matériaux ?* **Remarque :** Ce critère concerne uniquement les supports fixes (ex. panneaux). Pour l'évaluation de supports mobiles (ex. brochures) voir maniabilité et qualité des supports.	Choix des emplacements : • **mauvais** • **moyen** • **bon** **Note :** prendre en compte la *sécurité* du public à l'emplacement des panneaux (chute de pierres, pente) ; la *hauteur* (panneau trop haut ou trop bas…) ; la *place* à disposition (pour un groupe de 5 pers.) ; la *visibilité* (recouvert par la végétation ou des infrastructures). Bonne intégration du sentier dans le paysage :

3.5b Qualité du marquage des arrêts	*Les jalons/repères indiquant les arrêts sont-ils tous présents, bien entretenus, intégrés dans le paysage, visibles et dans une position adéquate (sécurité) ?*	Bonne qualité et bon emplacement des jalons/repères indiquant les arrêts : • **oui** : jalons-repères de bonne qualité, bien placés et intégrés • **non**: jalons-repères de mauvaise qualité ou mal placés et intégrés
4 Forme (F)		
4.1 Mise en page – construction et équilibre	*Le contenu est-il visuellement structuré pour permettre une lecture agréable et facile ?* La mise en page doit servir l'information en mettant en avant ce qui est important, en rendant le contenu attractif et en facilitant la lecture.	Construction et équilibre : • **faible** : gros blocs de texte, nombre insuffisant d'illustrations • **moyen** : parties distinctes, texte plutôt aéré, mais déséquilibre général (trop d'éléments ou de vides) • **bon** : idem, avec bonne répartition entre texte et illustrations : aération, équilibre, mise en rapport **Note** : possibilité de se baser sur la « règle » des trois tiers : 1/3 de texte, 1/3 d'images, 1/3 de blancs.
4.2 Texte – lisibilité	*Le texte est-il complet et lisible à distance de lecture appropriée?* **Remarque :** tenir compte des capacités de lecture d'une personne âgée.	Lisibilité: • **insuffisante** • **moyenne** • **bonne** **Note :** Les critères à prendre en compte sont : la taille des caractères, le contraste entre le fond et les caractères, la police de caractères.
4.3 Texte – structure	*L'information fournie est-elle structurée logiquement pour faciliter la compréhension et offrir plusieurs niveaux de lecture ?*	Structure : • **mauvaise** : texte continu, titres insuffisants en nombre ou non visibles, pas ou mal structuré, aucun renvois (autres chapitres, illustrations) • **moyenne** : information bien structurée, titres clairs, mais peu de renvois et absence de niveaux de différents lecture (encadrés, paragraphes distincts selon le niveau de complexité, rubriques spécifiques pour les experts ou pour les enfants) **bonne** : présence de renvois, répartition équilibrée de l'information entre les différents éléments du produit, présence de différents niveaux de lecture

4.4 Illustrations – diversité et qualité	*Les illustrations présentes sont-elles de différents type, de bonne qualité et de quantité suffisante ?* **Types d'illustration différents** : photographie, photographie commentée, dessin, dessin commenté, schéma, graphique, bloc-relief et autre représentations en relief, reconstitution numérique, carte topographique, carte thématique, …	Diversité et qualité des illustrations : • **faible**: illustrations en nombre insuffisant ou de mauvaise qualité • **moyenne** : illustrations en nombre suffisant et de bonne qualité • **bonne** : illustrations en nombre suffisant et de bonne qualité, avec au moins trois types différents **Note :** Les logos, emblèmes, fioritures, etc. ne sont pas à prendre en compte.
4.5 Illustrations – indépendance et pertinence	*Les illustrations sont-elles pertinentes et facilement compréhensibles en dehors du texte ?* Les illustrations sont souvent ce qui est vu en premier ; c'est parfois aussi le seul élément sur lequel le visiteur s'arrête. Il est donc nécessaire que les illustrations apportent des informations pertinentes et correctes et puissent être lues de manière indépendante.	Indépendance des illustrations : • **faible**: absence d'illustrations ou de légende, illustrations inappropriées • **moyenne**: la plupart des illustrations possèdent un titre et/ou une légende et illustrent le propos • **bonne**: présence de titres explicites et/ou de légendes complètes qui apportent des informations pertinentes en dehors du texte
4.6 Langue – traduction	*L'information est-elle disponible en plusieurs langues ?* **Remarque** : il faut qu'au moins une partie de l'informations de chaque élément soit traduite (pas uniquement un élément d'introduction)	Disponibilité des informations en plusieurs langues : • **insuffisante**: L'information n'est pas traduite • **moyenne**: l'information principale est traduite dans une autre langue • **bonne**: l'information principale est traduite en plusieurs langues **Note :** Les traductions ne doivent pas forcément figurer sur le même support que le texte original.

5 Gestion du public (P)		
5.1 Gestion du parcage des véhicules	*La zone de parcage est-elle clairement définie ?*	Gestion du parcage des véhicules : • **insuffisante**: absence d'une zone de parcage délimitée (parcage anarchique) • **moyenne** : zone de parcage délimitée, mais sous-dimensionnée ou mal indiqué (il est possible de se garer plus près du site) • **bonne**: zone de parcage bien délimitée et indiquée
5.2 Orientation des visiteurs	*Est-ce que le visiteur s'oriente facilement ?* **Exemples d'aide à l'orientation** *:* balisage officiel (ex. sentier pédestre) ou spécifique de l'itinéraire, carte, plan, description de l'itinéraire,…	Orientation des visiteurs : • **insuffisante**: aucune aide à l'orientation ou indications erronées (grand risque de se perdre) • **moyenne** : aide à l'orientation de qualité médiocre ; lacunes dans le balisage • **bonne**: bonne aide à l'orientation; indication du point de départ
5.3 Protection physique du site	*Est-ce que toutes les mesures de protection physiques (clôtures, zones interdits d'accès, chemin balisé) ont été employées pour réduire au maximum les atteintes aux sites du à sa fréquentation?*	Niveau de protection par des mesures de protection physiques : • **faible** : site mal protégé, impacts étendus (altération, dégradation majeure) • **moyen**: lacunes dans la protection du site, impacts limités (altération, dégradation mineure) • **bon** : site bien protégé, site n'ayant pas besoin de protection particulière **Note :** Les mesures de protection du site sont à évaluer en fonction de la vulnérabilité du site.
5.4 Sensibilisation des visiteurs	*Est-ce que le public est sensibilisé à la vulnérabilité du site ou des objets ?* La sensibilisation des visiteurs est très souvent l'objectif exprimé par les autorités lors de la mise en place d'un produit de valorisation touristique du patrimoine naturel local.	Sensibilisation : • **insuffisante** : aucune sensibilisation • **moyenne** : sensibilisation indirecte (à travers la thématique abordée) • **bonne** : règles de comportement ou absence de sensibilisation car le site n'est pas vulnérable
5.5 Visibilité de l'information	*Peut-on accéder à des informations concernant le produit aisément et à distance ?* **Remarque** : par informations concernant le produit, nous entendons ce qui est nécessaire pour planifier la visite: l'existence du produit à cet endroit, son thème et au moins quelques indications pratique (accès, temps de marche, difficulté).	Visibilité de l'information : • **faible** : accès impossible ou très difficile • **moyenne** : sur place uniquement : affiches, panneaux, brochures (office du tourisme, hôtels, gare,…) • **bonne** : depuis chez soi (internet : visible sur le site de la station, de l'office du tourisme,…)

6 Thème et message (TM)		
6.1 Nom du sentier (thème)	*Est-il large ou restreint, multiple ou simple?* Pour se démarquer et intéresser, le produit devrait mettre en avant un thème particulier (ce qui n'empêche pas d'aborder différents sujets dans le contenu).	Clarté de l'énoncé du nom du sentier : • **nulle** : absence de titre ou de nom au sentier • **moyenne** : titre vague et très large (« sentier nature ») ou lié uniquement au site (« sentier du Val Ferret ») • **bonne** : titre en rapport avec le contenu ou partie de celui-ci (« sentier des adonis », « sentier du glacier »)
6.2 Message – cohérence entre les éléments du produit	*Les éléments composant le produit sont-ils ordonnés de manière cohérente autour d'un message général ; les liens sont-ils explicités ?* Pour devenir une expérience didactique et de divertissement de qualité, le produit ne devrait pas être un inventaire non structuré, mais une aide à la construction d'un savoir cohérent sur le site.	La cohérence générale entre les éléments du produit (panneaux, chapitres) est: • **faible** : chaque élément présente un sujet différent, sans renvoi aux autres • **moyenne** : maintenue principalement par un fil conducteur thématique ou par l'introduction et la conclusion générale; grande indépendance des éléments • **bonne**: présence de renvois entre les éléments, chaque élément est relié à l'ensemble, avec, dans les meilleurs cas, la construction progressive d'un message transversal
6.3 Message – prise en compte de la complexité naturelle	*Le message vise-t-il à la compréhension de la dynamique du site et des interactions entre les objets ?*	Prise en compte de la complexité naturelle : • **faible** : simple présentation des faits • **moyenne** : explication superficielle de la dynamique et des interactions • **bonne** : explication de la dynamique et des interactions à plusieurs échelles
6.4 Message – portée sociale et intérêt général	*Le message fondamental transmis par le produit a-t-il un lien avec la vie courante, la société ; conduit-il à une prise de conscience (ex : fragilité du milieu, impacts de l'homme, risques) ?* Le produit devrait non seulement informer sur les faits naturels, mais permettre au visiteur d'en retirer quelque chose en lien avec sa vie et ses préoccupations.	Intérêt général et portée sociale du message transmis : • **faible** : absence de message, ou message ne sortant pas du cadre naturaliste • **moyen :** seulement quelques renvois à la vie courante et la société • **bon** : message en lien avec la vie courante, la société et avec un but de sensibilisation

7 Contenu scientifique (Cs)		
7.1 Justesse et rigueur scientifique	*Les informations transmises sont-elles correctes selon l'état actuel des connaissances ?* **Remarque** : cette évaluation peut être maximale, même si le contenu du produit est incompréhensible pour le visiteur moyen (cela est évalué dans la partie 8)	Justesse et rigueur scientifique : • **insuffisante** : erreurs, simplifications outrancières ou fausses de la réalité • **satisfaisante (moyenne)** : imprécisions ou simplifications pouvant entraîner une fausse compréhension de la réalité • **bonne**: l'information présentée est correcte **Note** : ce critère doit être réévalué par un expert.
7.2 *Honnêteté scientifique*	*Les informations transmises sont-elles le fruit d'une démarche scientifique solide et le reflet d'une approche non partisane et documentée du sujet ?* **Remarque** : cette évaluation peut être maximale, même si le contenu du produit est incompréhensible pour le visiteur moyen (cela est évalué dans la partie 8)	Honnêteté scientifique : • **insuffisante** : parti-pris, absence de nombreux éléments essentiels, plagiat • **satisfaisante (moyenne)** : la complexité réelle des objets n'est pas évoquée ; pas de mention des méthodes, des sources ou des incertitudes (« probablement », « il semble que ») • **bonne** : l'information présente tous les éléments essentiels à la compréhension de la question, ainsi que les voix discordantes ou les incertitudes s'il y a lieu. Le texte ne donne pas à croire qu'il est le fruit du travail de l'auteur seulement (références explicites ou implicites (« des études montrent que »). **Note** : ce critère doit être réévalué par un expert.
7.3 Intérêt scientifique du site ou des objets présentés	*Quel est l'intérêt scientifique du site ou des objets présentés ?*	Intérêt scientifique du site ou des objets présentés: • **faible** • **moyen** • **fort** **Note :** Ce critère est laissé à l'appréciation d'un expert.
7.4 Pertinence de l'information	*L'information est-elle adaptée aux particularités des objets présents sur le site et au thème exprimé (cf. 1.1) ?* Le contenu ne devrait pas s'éloigner du thème et du message. Le texte ne devrait pas « profiter de l'occasion » pour tout dire sur le sujet en oubliant ce qui fait la singularité des objets visibles à cet endroit. **Remarque** : par objets, nous entendons les éléments présents sur le site et sur lesquels porte le contenu du produit : espèce végétale ou animale, type de roche, forme du relief, cours d'eau, type d'habitat, œuvre humaine.	Pertinence de l'information : • **nulle ou faible** : Le produit n'a aucun rapport avec les objets présents sur le site (il serait donc transposable ailleurs) ou ceux-ci ne sont qu'un prétexte, une porte d'entrée pour un exposé de portée bien plus générale • **moyenne** : Les objets présents sur le site sont bien présentés, mais le texte donne une importance disproportionnée à d'autres objets absents du site • **bonne** : Les objets présents sur le site sont au centre de l'information ; leurs particularités sont mises en avant ; les comparaisons et exemples sont choisis avec pertinence

7.5 Respect de la propriété intellectuelle – Références	*La propriété intellectuelle est-elle respectée ? Les personnes impliquées dans le projet (auteurs, concepteurs, photographes et graphistes) sont-elles citées ?*	Respect de la propriété intellectuelle : • **oui** : références complètes • **non** : références incomplètes
8 Contenu didactique (Cd)		
8.1 Contenu - équilibre	*L'information est-elle trop générale, trop détaillée, ou équilibrée ?* Un produit présentant un contenu trop général n'aurait que peu d'intérêt par rapport à un livre grand public sur la question. A l'inverse, une information trop détaillée – listes complètes, typologies, abondantes données de mesures, tableaux de chiffres – sort du cadre d'un produit touristique de loisir et n'est pas didactique. Il s'agit par conséquent aussi d'une mesure de l'intérêt pour le visiteur des apports informatifs du texte.	Equilibre entre « trop grande généralisation » et « trop de détails », intérêt de ce qu'apporte le contenu: • **insuffisant** • **moyen** • **bon**
8.2 Accessibilité et complexité	*L'information est-elle accessible à une large part des visiteurs ?*	Accessibilité et complexité de l'information : • **insuffisante** • **moyenne** • **bonne** **Note :** Les critères à prendre en compte sont : le niveau de simplification du langage (pas de jargon inutile) ; la présence de définitions ou d'illustrations des termes complexes (concepts importants, détails des objets) ; la possibilité de comprendre l'essentiel sans forcément tout lire (plusieurs niveaux de lecture).

8.3 Attractivité du contenu	*Le contenu est-il vivant, varié, interactif pour susciter l'intérêt et l'attention du visiteur ?* Il a été montré que pour susciter et maintenir l'attention du visiteur – et donc son intérêt pour la visite – le contenu doit l'impliquer plus ou moins activement et le surprendre par une certaine diversité.	Attractivité du contenu : • **insuffisante** : l'information est présentée avec platitude et sans recherche, dans un langage purement factuel ou de mauvaise qualité • **moyenne** : l'information est présentée dans un langage vivant et de bonne qualité. Présence de questions au moins dans les titres • **bonne** : le contenu est vivant et varié. La langue est de bonne qualité. L'information est présentée sous une forme originale (histoire, enquête). Le visiteur est engagé à participer par des questions, des énigmes, des jeux sur le thème et/ou le site.
8.4 Concision (temps de lecture adapté)	*Le temps à consacrer au contenu du produit est-il adapté à la durée de l'itinéraire, au site ?*	Répartition de l'information et son adéquation entre quantité et durée de la visite : • **insuffisante**: l'information est mal répartie entre les éléments du produit; la quantité d'information par élément ou pour l'ensemble du produit est trop grande (ou év. trop restreinte) par rapport à la longueur du sentier • **moyenne**: l'information est bien répartie entre les éléments du produit, mais, par élément ou pour l'ensemble du produit, elle est trop grande (ou év. trop restreinte) par rapport à la longueur du sentier • **bonne**: bonne répartition et quantité totale adaptée à la longueur du sentier (temps de visite)la longueur du sentier (temps de visite)

Annexe 20 Fiche d'évaluation pour la carte géodidactique de Golzern

1 Informations générales *Fiche Nature (juin 2011)*

Nom du sentier:

Evaluateur: Simon Martin

N° de l'inventaire: GRB 001

Date: 23.06.11

Domaine principal abordé par le sentier :

☐ *A réévaluer par un deuxième évaluateur (indiquez les critères):*

3/4 **2 Site et objets** (indépendants du produit !) Espace de référence : canton d'Uri

2.1* Rareté du site. Le site est : les lacs de surcreusement sont communs, mais celui-ci se distingue par sa taille et son environnement.

☐ commun ☒ rare ☐ exceptionnel

2.2 Importance culturelle et historique du site

☐ nulle ☒ moyenne ☐ forte chapelle Bruder Klaus

indiquez les éléments observés

2.3 Intérêt didactique des objets Formes bien visibles, indépendantes, concentrées ds une zone peu étendue et toujours appréhendables (faire le tour, aller dessus, toucher)

☐ non ☒ oui

2.4 Intégrité du site ou des objets les bâtiments ne masquent actuellement pas les moraines. La tranchée derrière l'église est intéressante.

☐ mauvaise ☐ moyenne ☒ bonne

** Critère laissé à l'évaluation d'un expert du domaine principal.*

4,5/5 **3 Support**

3.1 Aspect général et première impression. Conception:

☐ mal soignée ☒ soignée ☐ originale (attractive) • la partie interactive n'est pas visible au 1er regard
• peu d'illustrations attractives, même la carte

3.2 Lien explicite entre arrêts et objets • le point 3 ne donne qu'un point de vue très partiel sur la zone cultivée

☐ faible (absent) ☐ moyen (peu évident, non explicite) ☒ bon (explicite)

Supports fixes (panneaux)

3.3a Entretien des supports

☐ mauvais ☐ moyen ☐ bon

3.4-1a Emplacement des supports. Choix des emplacements:

☐ mauvais ☐ moyen ☐ bon

3.4-2a Bonne intégration paysagère

☐ non ☐ oui

Supports mobiles (brochures,...)

3.3b Qualité des supports

☐ faible ☐ moyenne ☒ bonne même si un papier placé sous la pluie serait bien, cela obligerait à utiliser un feutre indélébile pour les activités.

3.4-1b Maniabilité des supports. Organisation/navigation:

☐ mauvaise ☐ moyenne ☒ bonne

3.4-2b Forme confortable pour la lecture sur le terrain

☐ non ☒ oui mais la taille est un maximum (29 cm, c'est long)

3.5b Qualité du marquage des arrêts. Bonne qualité:

☐ non ☒ oui (sécurité)

5/6 **4 Contenu du produit : forme**

4.1 Mise en page - construction et équilibre dans l'ensemble, il y a trop de texte et d'éléments

☐ faible ⊗ moyen ☒ bon

4.2 Texte - lisibilité

☐ insuffisante ☐ moyenne ☒ bonne

4.3 Texte - structure selon l'interprétation des niveaux de lecture... au verso, des titres explicites se rapportant au contenu de chaque thème serait un + et confirmerait le bon.

☐ mauvaise ☐ moyenne ☒ bonne

4.4 Illustrations - diversité et qualité nombreuses, mais seulement 2 types : carte et schémas

☐ faible ☒ moyenne ☐ bonne

4.5 Illustrations - indépendance et pertinence les illustrations ne peuvent pas être comprises en dehors du texte : dommage pr. les niveaux de lecture. Cela concerne d'ailleurs aussi la carte (sans légende).

☒ faible ⊛ ☐ moyenne ☐ bonne

4.6 Langue – traduction d'ailleurs, je n'ai pas compris : au final, c'est bien un cratère de volcan?

☒ insuffisante ☐ moyenne ☐ bonne

⊛ le prix à payer pour maintenir le mystère et "forcer" le lecteur à progresser pas à pas, guidé par le texte d'une découverte à l'autre.

N° de l'inventaire: GRB001

2,5/5 **5 Gestion du public**

2,5/4 **5.1 Gestion du parcage des véhicules**
☐ insuffisante ☐ moyenne ☒ bonne : en dehors du site

5.2 Orientation des visiteurs
☐ insuffisante ☒ moyenne ☐ bonne
⚠ Les arrêts sont bien indiqués (sauf peut-être le 2).
L'échelle de la carte est fausse (x2)!
Le fond de carte sans relief et le marquage partiel du réseau des sentiers rend les déplacements difficiles hors du Seerundgang.

5.3 Protection physique du site. Niveau de protection:
☐ faible ☐ moyen ☒ bon
↳ Barrières et clôtures le long du marais.

5.4 Sensibilisation des visiteurs
☒ insuffisante ☐ moyenne ☐ bonne
Aucune sensibilisation directe ou indirecte.
Des règles concernant la réserve naturelle sont indiquées sur des panneaux au bord du sentier parcouru.

5.5 Visibilité de l'information
5.5a sur internet : ☒ non ☐ oui
5.5b sur place : ☒ non ☐ oui
=> globalement : ☒ faible ☐ moyenne ☐ bonne

3/4 **6 Contenu du produit : thème et message**

6.1 Nom du sentier (thème) - clarté de l'énoncé
☐ nulle ☐ moyenne ☒ bonne et même mieux

6.2 Message – cohérence entre les éléments du produit
☐ faible ☐ moyenne ☒ bonne et c'est rare

6.3 Message – prise en compte de la complexité naturelle
☐ faible ☒ moyenne ☐ bonne
par exemple, on ne voit pas le rapport entre le matériel qui cause les stries et le polissage et celui des moraines.

6.4 Message – portée sociale et intérêt général lien avec l'agriculture + autres régions et lacs glaciaires
☐ faible ☒ moyen ☐ bon

2,5/5 **7 Contenu du produit : aspects scientifiques**

7.1 Justesse scientifique -** contenu scientifique
☐ erroné ☒ imprécis ☐ correct
- la comparaison glacier-bulldozer au point 1 serait à éviter // toutes les moraines ne sont pas frontales

7.2 Honnêteté scientifique**
☐ insuffisante ☒ satisfaisante ☐ bonne
- le produit laisse croire que l'explication est unique et uniquement tirée des observations proposées.

7.3* Intérêt scientifique du site ou des objets présentés
☐ faible ☒ moyen ☐ fort (difficile pour moi de juger)

7.4 Pertinence de l'information
☐ faible ☐ moyenne ☒ bonne

7.5 Respect de la propriété intellectuelle – Citation des personnes impliquées
☒ non ☐ oui je n'ai vu ton nom nulle part, la mention de l'IGUL ne désigne pas l'auteur.

* *Critère laissé à l'évaluation d'un expert du domaine principal.*
** *Ce critère doit être réévalué par un expert.*

3,5/4 **8 Contenu du produit : aspects didactiques**

8.1 Contenu – équilibre (trop général / trop détaillé)
☐ insuffisant ☐ moyen ☒ bon
Pour les élèves, le contenu va sûrement plus à fond qu'un cours sur les glaciers, mais en montrant moins de formes.

8.2 Accessibilité et complexité
☐ insuffisante ☐ moyenne ☒ bonne
difficile pr moi de juger du niveau de langue; certains mots ne sont peut-être pas très explicites pr des enfants: Querschnitt, landwirtschaftlich genutzt, kräfte, asymmetrisch,..

8.3 Attractivité du contenu
☐ insuffisante ☐ moyenne ☒ bonne

8.4 Concision. Temps de lecture adapté.
☐ insuffisante ☒ moyenne ☐ bonne
- Le contenu des arrêts est OK.
- Les arrêts sont mal répartis : temps morts 0→1
  1→2
  3→retour

22,5/28

N° 37 Emmanuel REYNARD, LAetitia LAIGRE, Nicolas KRAMAR (eds) (2011) : Les géosciences au service de la société. Actes du colloque organisé en l'honneur du Professeur Michel Marthaler, 24-26 juin 2010, Lausanne. 262 pages.

N° 36 Christophe LAMBIEL, Emmanuel REYNARD, Cristian SCAPOZZA (eds) (2011) : La géomorphologie alpine: entre patrimoine et contrainte. Actes du colloque de la Société Suisse de Géomorphologie, 3-5 septembre 2009, Olivone. 273 pages.

N° 35 Géraldine REGOLINI-BISSIG, Emmanuel REYNARD (eds) (2010) : Mapping Geoheritage, 127 pages.

N° 34 Lawali DAMBO (2007) : Usages de l'eau à Gaya (Niger) : entre fortes potentialités et contraintes majeures. Thèse de doctorat, 354 pages. Version couleur sur CD-ROM annexé.

N° 33 Christophe LAMBIEL (2006) : Le pergélisol dans les terrains sédimentaires à forte déclivité : distribution, régime thermique et instabilités. Thèse de doctorat, 260 pages.

N° 32 Jean-Pierre PRALONG (2006) : Géotourisme et utilisation des sites naturels d'intérêt pour les sciences de la Terre : les régions de Crans-Montana-Sierre (Valais, Alpes suisses) et Chamonix-Mont-Blanc (Haute-Savoie, Alpes françaises). Thèse de doctorat, 224 pages.

N° 31 Lawali DAMBO, Emmanuel REYNARD (eds) (2005) : Vivre dans les milieux fragiles : Alpes et Sahel. Hommage au Professeur Jorg WInistorfer. 348 pages.

N° 30 Marina MARENGO et Jean-Bernard RACINE (avec la collaboration de C.-A. BLANC) (2005) : De l'Etat Providence à la solidarité communautaire : le monde associatif à Lausanne. (Agenda 21). Vers un nouveau projet de société locale. 242 pages.

N° 29 Veronica NOSEDA (2005) : "Violences urbaines". Une exploration au-delà des interprétations reçues. 142 pages.

N° 28 Caterina GENTIZON (2004) : Méthode d'évaluation des réserves naturelles en suisse. Le cas de la Pierreuse et des Grangettes. Thèse de doctorat, 222 pages.

N° 27 Emmanuel REYNARD, Jean-Pierre PRALONG (eds) (2004) : Paysages géomorphologiques. Actes de colloque. 258 pages.

UNIL | Université de Lausanne
Institut de géographie

Quartier - Dorigny
Anthropole
CH-1015 Lausanne

www.unil.ch/igul

ISBN 978-2-940368-13-6