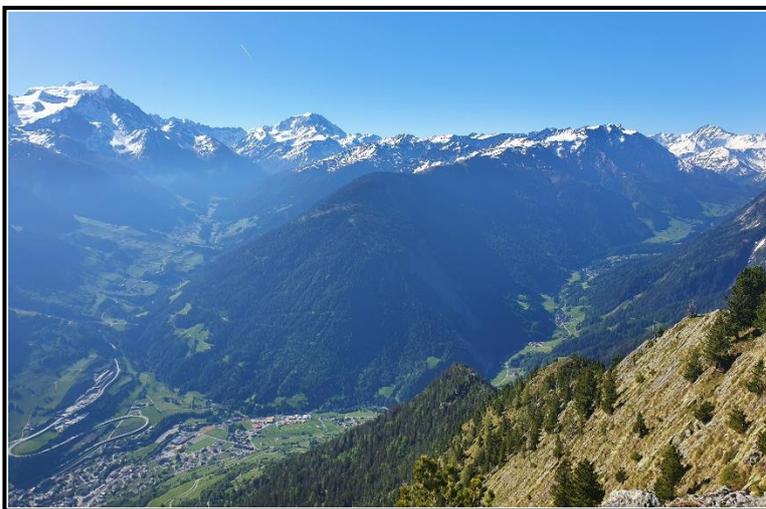


Valorisation de la géomorphologie en lien avec les changements climatiques dans les Vals Ferret et d'Entremont par la réalisation d'itinéraires géotouristiques

Alexandra Pugin

Sous la direction du Prof. Emmanuel Reynard
Experte : Mélanie Clivaz



Ce travail n'a pas été rédigé en vue d'une publication, d'une édition ou diffusion. Son format et tout ou partie de son contenu répondent donc à cet état de fait. Les contenus n'engagent pas l'Université de Lausanne. Ce travail n'en est pas moins soumis aux règles sur le droit d'auteur. A ce titre, les citations tirées du présent mémoire ne sont autorisées que dans la mesure où la source et le nom de l'auteur·e sont clairement cités. La loi fédérale sur le droit d'auteur est en outre applicable.

Illustration de couverture : Vue sur le Val Ferret à droite et le Val d'Entremont à gauche depuis la crête sud du Catogne.

Remerciements

- À Emmanuel Reynard, directeur de ce mémoire, pour avoir encadré ce travail.
- À Mélanie Clivaz pour avoir expertisé ce mémoire.
- À Gaétan Tornay, directeur du Pays du St-Bernard, pour m'avoir reçue et pour ses conseils concernant la région d'étude et ses pratiques touristiques.
- À messieurs Mathias Cornu et Denis Dorsaz, respectivement présidents des CAS à Monthey et à Martigny, pour leurs conseils sur les parcours et sur la sécurité en montagne.
- Daniel Rosetti et Benoit Gaspoz, respectivement enseignants à Vallorbe et à Orsières, pour leurs conseils sur le public d'enfants et d'adolescents, ainsi que les élèves de leurs établissements pour avoir répondu à mon questionnaire.
- Au gardien de la cabane d'Orny, qui m'a accordé du temps pour répondre à diverses questions.
- Aux randonneurs interrogés sur le terrain, pour avoir pris le temps de répondre à mes questions.
- À Camille pour avoir relu mes brochures et pour m'avoir donné de nombreux conseils ainsi que des idées d'améliorations.
- À Roland, Murielle, Joël et Alec pour avoir testé et évalué mes brochures.
- À mon papa pour m'avoir accompagnée dans toutes les sorties de repérage et de test.

Résumé

Ce travail de mémoire consiste en l'élaboration de brochures géotouristiques dans les Vals Ferret et d'Entremont, dans le canton du Valais. Ce travail s'inscrit dans le développement du géotourisme. Ce dernier est un secteur en plein essor et fait partie d'une démarche de diversification de l'offre touristique. Il privilégie un type de tourisme responsable et durable et contribue à la propagation des connaissances scientifiques dans la société, qui vont contribuer à la protection de notre patrimoine naturel.

Dans un contexte de changements climatiques, l'environnement alpin subit de grandes modifications. Les brochures élaborées dans ce travail contribuent à la prise de conscience de la fragilité des milieux alpins face à ces changements. En utilisant ces brochures, les randonneurs découvrent un environnement, son fonctionnement, ses dynamiques, ses dangers et les menaces qui planent sur les paysages alpins.

La réalisation des brochures dans ce mémoire se fait sur la base de la méthode de Simon Martin (2012) sur l'élaboration de produits géotouristiques, ainsi que sur « la règle des 6F » de Summermatter (2002), qui est un ensemble de règles pour la réalisation de brochures géotouristiques.

Le but de ce travail est de vulgariser les informations scientifiques afin de les transmettre à un public de non-scientifiques, ceci dans un contexte de randonnée pédestre. Plus que des informations scientifiques, ce sont des messages de sensibilisation aux enjeux dans le contexte alpin qui sont transmis.

Mots clés : Géotourisme, changements climatiques, brochures géotouristiques, médiation scientifique, vulgarisation, géomorphologie, randonnée pédestre.

Liste des figures

Figure 1 Projection de l'évolution des températures en Europe (Secrétariat permanent de la Convention alpine, 2019).	14
Figure 2 Classification des formes géomorphologiques par Grandgirard (1997). Dans Reynard, 2009.	20
Figure 3 Composantes du patrimoine géomorphologique. Dans Martin, 2012.	21
Figure 4 Processus de patrimonialisation selon Di Meo (2008). Dans Martin, 2012.	22
Figure 5 Acteurs, usages et instruments de gestion de la ressource patrimoniale. Dans Martin, 2012.	24
Figure 6 Relation entre la géomorphologie et la société (Cendrero & Panizza 1999). Dans Reynard, 2009.	25
Figure 7 Types de communication intervenant dans la médiation du géopatrimoine (Martin, 2012).	26
Figure 8 Quatre phases de médiation. Schéma adapté selon Martin (2012).	26
Figure 9 Schéma résumant la règle de "6F" de Summermatter. Adapté de Summermatter (2003).	29
Figure 10 La perpendicularité de l'espace-temps. Dans Pralong, 2003b.	30
Figure 11 Les relations espace-temps de la première étape du Tour du Val d'Hérens. Dans Pralong, 2003b.	30
Figure 12 Schéma en quatre axes de la médiation. Dans Martin, 2012.	32
Figure 13 Carte de la région d'étude avec le tracé des itinéraires. Source des cartes : map.geo.admin.	41
Figure 14 Climatogrammes pour les stations d'Evolène/Villa (à gauche) et du Grand-St-Bernard (à droite) pour la période de référence 1981-2010. MétéoSuisse, (2020).	42
Figure 15 Pont amovible sur la route principale du Val Ferret. Photo: A.Pugin.	43
Figure 16 Feu de signalisation sur la route principale du Val Ferret. Photo: Google map, street view.	43
Figure 17 Carte géologique simplifiée des Vals Ferret et d'Entremont. Source : Maillard, 2009.	44
Figure 18 Exemples de formes liées aux processus glaciaires dans les Vals Ferret et d'Entremont.	46
Figure 19 Exemple de forme liée aux processus périglaciaire. Glacier rocheux dans le Val d'Entremont.	47
Figure 20 Exemples de formes liées aux processus gravitaires et fluviaux. Dans les Vals Ferret et d'Entremont.	48
Figure 21 Carte de la zone d'étude lors du dernier maximum glaciaire. C. Schlüchter, 2009, modifié par A. Pugin.	49
Figure 22 Logo de Charlotte la Marmotte. Charlotte la Marmotte (2020).	50
Figure 23 Exemple de panneau didactique (à gauche) et d'un jeu (à droite) tirés du parcours Charlotte la Marmotte à La Fouly. Charlotte la Marmotte (2020).	50
Figure 24 Couverture de la brochure du sentier de la Combe de l'A (à gauche) et un exemple de page (à droite). La combe de l'A (2008).	51
Figure 25 Schéma de la démarche d'application de la méthode de S.Martin.	53
Figure 26 Itinéraire initialement proposé pour la brochure de la cabane d'Orny (à gauche), modifié suite aux entretiens et aux observations (à droite).	58
Figure 27 Vue sur un des lacs de Fenêtre.	58

Figure 28 Vue sur la vallée du Rhône depuis la Brea.	58
Figure 29 Cartes et tracés des quatre itinéraires choisis.	59
Figure 30 Résultats tirés des questionnaires distribués aux élèves sur la question : serais-tu intéressé à en savoir plus sur le domaine de la montagne et des sciences de la Terre ?	60
Figure 31 Pages de couverture des quatre brochures réalisées pour ce travail.	63
Figure 32 Représentation synthétique des quatre sphères et de leur cohérence les uns avec les autres.	64
Figure 33 Recommandations aux randonneurs avant de se lancer sur les parcours. Dans les quatre brochures.	66
Figure 34 Pages dédiées aux aspects techniques des parcours. Présents au début de chaque brochure.	67
Figure 35 Explication du terme "lave torrentielle" avec un langage courant. Dans la brochure de La Fouly.	68
Figure 36 Exemple de la page de glossaire dans la brochure de la cabane du Vélan.	68
Figure 37 Deux premières pages du poste 4 de la brochure de la cabane du Vélan. Explications sur un glacier rocheux.	69
Figure 38 Exemple de phrase avec un ton positif et enthousiaste. Dans la brochure des lacs de Fenêtre.	70
Figure 39 Exemple de personnification d'un objet géomorphologique dans la brochure des lacs de Fenêtre.	70
Figure 40 Exemple d'utilisation de mots en gras et en couleur dans du texte. Dans la brochure de la cabane d'Orny	71
Figure 41 Exemple d'utilisation de couleurs assorties dans le texte et dans des schémas. Dans la brochure de la cabane du Vélan.	71
Figure 42 Exemple de schéma coloré et attrayant. Dans la brochure des lacs de Fenêtre.	72
Figure 43 Photographie utilisée comme image de couverture pour la brochure de la cabane du Vélan.	72
Figure 44 Le St-Bernard et le bouquetin utilisés dans les brochures comme guides.	72
Figure 45 Exemple de schéma simplifiant les termes géologiques. Dans la brochure des lacs de Fenêtre.	73
Figure 46 Exemples de photographies avec des calques dans le but de faciliter la lecture du paysage. Dans la brochure de la cabane d'Orny.	73
Figure 47 Exemples de pages dédiées à l'accès au point de départ des parcours. Exemple des brochures de La Fouly (à gauche) et des lacs de Fenêtre (à droite).	74
Figure 48 Exemple de pages contenant la carte du parcours, la localisation des postes ainsi que leurs noms.	75
Figure 49 Exemple de localisation pour le poste 4 de la brochure des lacs de Fenêtre, présent en première page de chaque poste. Une localisation du poste ainsi que la direction à suivre après ce dernier sont disponibles.	75
Figure 50 Exemple de deux photographies prises au même endroit, permettant de comparer le passé et le présent.	77
Figure 51 Exemple de comparaison d'une ancienne carte avec une carte actuelle.	77
Figure 52 Exemple de variations d'échelles pour la glaciation du Würm. Dans la brochure de la cabane d'Orny.	78
Figure 53 Explication du fonctionnement de la brochure par rapport aux deux niveaux de lecture.	78
Figure 54 Version initiale, avant les tests, de la carte et de la liste des postes pour la brochure de la cabane d'Orny.	82

Figure 55 Exemple de l'amélioration faite sur la liste des postes en ajoutant une description de la localisation. Dans la brochure des lacs de Fenêtre.	84
Figure 56 Exemples de localisation et de direction à prendre après le poste en première page de chaque poste.	85
Figure 57 Exemples d'ajout de point de localisation et de points de repérages afin de faciliter la lecture des cartes.	86
Figure 58 Glossaires des brochures de la cabane d'Orny à droite et de la Fouly à gauche.	87

Liste des tableaux

Tableau 1 Caractéristiques des types de public et approches à privilégier pour la médiation selon Origet du Cluzeau, 1998 et Pralong, 2006. Dans Martin et al., 2010.	33
Tableau 2 Influence des caractéristiques du public sur les autres domaines constitutifs d'un projet géotouristique. Dans Martin et al., 2010.	34
Tableau 3 Propositions sur les techniques scripto-illustratives utilisées dans les brochures didactiques relatives aux itinéraires touristiques. Dans Summermatter, 2003.	38
Tableau 4 Récapitulatif des avantages et des inconvénients d'une brochure et d'une application mobile.	62

Table des matières

1. Introduction.....	12
1.1. Introduction générale.....	13
1.1.1. Les changements climatiques et leurs effets sur les environnements de montagne	14
1.1.2. Les effets sur les risques en montagne	15
1.1.3. L'intérêt grandissant pour les sciences de la Terre et le géotourisme	16
1.2. Problématique et questions de recherche	17
1.3. Objectifs.....	17
1.4. Plan du mémoire.....	18
2. Cadre théorique	19
2.1. Patrimoine géomorphologique et société	20
2.1.1. Les géomorphosites.....	20
2.1.2. Patrimonialisation	21
2.2. Le géotourisme	23
2.2.1. Définitions	23
2.2.2. Gestion du géotourisme.....	24
2.2.3. Visées scientifiques et touristiques	24
2.3. La médiation scientifique.....	26
2.3.1. Conception de la médiation	26
2.3.2. Rôle de la didactique dans la médiation	27
2.3.3. Application au géotourisme	28
2.4. Pratiques de vulgarisation	29
2.4.1. Vulgarisation de l'information : diversité des méthodes.....	29
2.4.2. Vulgarisation scientifique et application à la randonnée pédestre.....	30
3. Méthodologie.....	31
3.1. Méthode de Martin et al.	32
3.1.1. La définition du site.....	32
3.1.2. La définition du public.....	33
3.1.3. La définition du support	34
3.1.4. La définition du message	35
3.2. La règle des 6F de Summermatter	36
4. Terrain d'étude.....	39
4.1. Cadre géographique.....	40

4.2.	Cadre climatique.....	42
4.3.	Cadre géologique	44
4.4.	Cadre géomorphologique	46
4.4.1.	Processus glaciaires	46
4.4.2.	Processus périglaciaires	47
4.4.3.	Processus gravitaires et fluviaux	47
4.5.	Histoire glaciaire	48
4.6.	Sentiers géotouristiques déjà présents	50
5.	Application de la méthode de Martin et al.....	52
5.1.	Études menées.....	53
5.1.1.	Entretiens.....	53
5.1.2.	Questionnaires.....	55
5.1.3.	Observations personnelles	55
5.2.	Résultats pour les quatre sphères.....	57
5.2.1.	Le site	57
5.2.2.	Le public.....	60
5.2.3.	Le support	61
5.2.4.	Le message	62
5.2.5.	Synthèse	64
6.	Construction des brochures	65
6.1.	Familiarité	66
6.2.	Fascination.....	70
6.3.	Fidélité.....	73
6.4.	Fonctionnalité.....	74
6.5.	Formation.....	76
6.6.	Fusion	77
6.7.	Synthèse des résultats de l'élaboration des brochures	79
7.	Évaluation des brochures	80
7.1.	Démarche des tests	81
7.2.	Résultats des tests.....	81
7.2.1.	Remarques sur la forme.....	81
7.2.2.	Remarques sur le contenu.....	82
7.2.3.	Messages des brochures.....	83
7.3.	Améliorations et corrections	83
7.3.1.	Problèmes liés à la localisation	84

7.3.2. Création d'un glossaire.....	86
8. Conclusion.....	88
8.1. Retour sur les objectifs de départ.....	89
8.2. Comparaison avec les autres sentiers de la région.....	90
8.3. Perspectives de développement.....	91
Bibliographie.....	93
Annexes.....	100

1. Introduction

1.1. Introduction générale

Les éléments qui constituent le paysage actuel changent, se déplacent ou disparaissent. Les changements sont liés à des processus naturels, tels que les changements climatiques, ou sont contraints par la pression anthropique (Reynard, 2009).

D'un paysage dans son entier, jusqu'à un petit fossile ou minéral, en passant par des méso-formes comme une moraine ou un glacier rocheux, chaque élément, peu importe sa taille, est un potentiel géosite, c'est-à-dire un élément du patrimoine géologique et géomorphologique (géopatrimoine in situ ; Cayla, 2009a), que différents acteurs sociétaux considèrent comme étant importants pour la société et donc dignes de protection pour être transmis aux générations futures.

Les Hommes influencent grandement le paysage et le patrimoine géomorphologique. En effet la pression anthropique endommage la nature sur plusieurs aspects. C'est le cas de l'urbanisation qui peut recouvrir des formes. Mais d'autres domaines comme les infrastructures, l'agriculture, le tourisme, la foresterie ou le vandalisme peuvent également être des dangers pour les géosites et les géomorphosites¹ (Reynard, Pica, Coratza, 2017).

Les Hommes ne sont pas la seule menace. Certains processus naturels peuvent aussi exercer une pression sur les géomorphosites tels que les changements climatiques. C'est le cas par exemple pour les glaciers alpins qui actuellement, de manière générale, fondent et tendent à disparaître (Cannone et al., 2008 ; Diolaiuti & Smiraglia, 2010, Huss et al., 2017). Certaines formes peuvent aussi être détruites par leur propre dynamique. Il est également possible que les géomorphosites souffrent des deux impacts, humains et naturels en même temps.

Néanmoins, si les Hommes sont capables de détériorer un patrimoine géomorphologique, ils sont également capables de le sauver notamment grâce à une bonne gestion de ce dernier. Ce n'est pas le cas pour tous, mais une partie d'entre eux sont répertoriés dans des inventaires. Ceux-ci permettent une bonne gestion du patrimoine géomorphologique et permettent aussi d'assurer sa protection par le biais de la valorisation (Reynard & Brilha, 2017). De plus, passée l'époque du tourisme de masse, la population recherche d'autres formes de tourisme. Le géotourisme offre la possibilité d'associer détente et découverte (Kramar et Pralong, 2005 ; Newsome & Dowling 2006 ; Martin, 2012). Il permet une prise de conscience du touriste sur le monde qui l'entoure, sur son fonctionnement et sur l'importance de sa conservation. En sensibilisant la population, la protection du patrimoine se verra renforcée (Gray, 2004).

Le challenge est justement d'intéresser le touriste. Dans ce travail, le but sera d'allier la randonnée et les connaissances scientifiques d'objets géomorphologiques via un produit géotouristique. Ce dernier permettra de randonner sur plusieurs itinéraires tout en découvrant la géomorphologie environnante, sa valeur scientifique et les dangers qui pèsent sur elle.

¹ Les géomorphosites sont un des différents types de géosites. Ils sont, comme leur nom l'indique liés à la géomorphologie (Reynard et al. 2009).

1.1.1. Les changements climatiques et leurs effets sur les environnements de montagne

Les changements climatiques sont en marche partout dans le monde. Une augmentation des températures est observable à l'échelle du globe. Cette augmentation des températures est due notamment à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique dans l'atmosphère. Cette hausse globale des températures se retrouve également en Suisse et dans les Alpes. La figure 1 montre une projection des changements de températures dans les Alpes sur la période 2021-2050 en comparaison avec la période de référence 1971-2000.

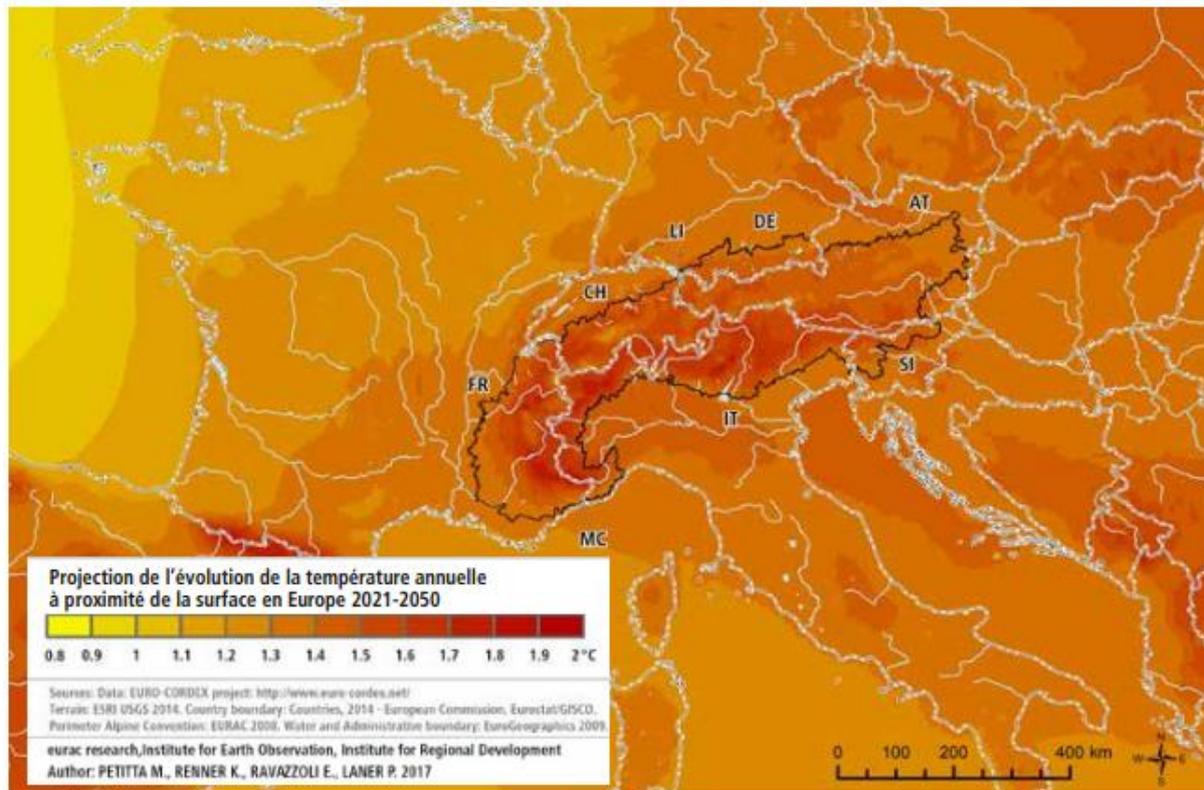


Figure 1 Projection de l'évolution des températures en Europe (Secrétariat permanent de la Convention alpine, 2019).

Entre la fin du 19^{ème} siècle et le début du 21^{ème} la température moyenne dans les Alpes s'est réchauffée de 2°C, ce qui est 2 fois plus que la moyenne de tout l'hémisphère nord (Probst et al., 2013). L'environnement alpin est touché de plein fouet par le réchauffement des températures. Les températures tendent, selon la projection (figure 1), à augmenter sur l'ensemble de l'Europe. L'arc alpin ressort particulièrement en projetant une hausse des températures plus marquée que le reste de l'Europe. **L'augmentation des températures dans l'arc alpin est projetée à +2°C entre la période de référence 1971-2000 et la période 2021-2050** (Secrétariat permanent de la Convention alpine, 2019).

Ce réchauffement a bien-entendu des conséquences. Depuis la fin du Petit Âge Glaciaire, dans la moitié du 19^{ème} siècle, **les glaciers alpins** ont reculé de manière significative (Huss et al., 2017). Les petits glaciers, qui ont un temps de réponse plus rapide, disparaissent rapidement. Les grands glaciers comme le glacier d'Aletsch ont un temps de réponse plus

lent mais finiront par fondre si les tendances actuelles suivent leur cours² (Jouvet et al. 2011). **Le volume total des glaciers alpins a diminué d'environ 60% depuis le milieu du 19^{ème} siècle** (NCCS, 2018).

Le réchauffement des températures engendre la fonte des glaciers et également **la dégradation du permafrost** (Beniston et al., 2018). Le permafrost présent dans les parois, dans les sols ou encore dans les glaciers rocheux alpins suit la même tendance. Il est défini comme étant un matériel lithosphérique gelé (moins de 0°C) de manière permanente (Ravel et al. 2013).

La glace qui peut être contenue dans le **permafrost de paroi** (Ravel et al. 2013) est souvent appelé « ciment des montagnes » car l'eau s'infiltré dans les interstices et les discontinuités et, de manière imagée, lorsque l'eau gèle, elle soude les roches entre-elles. Tout comme les glaciers, le permafrost de paroi subit les effets de la hausse des températures et se dégrade. Ce dernier voit sa limite inférieure augmenter et les situations de dégel sont de plus en plus fréquentes. Le dégel de ces zones induit une fragilisation du substrat qui peut conduire à un détachement d'une partie des roches et créer des chutes de pierres (Ravel et al. 2013). **Le permafrost est également présent dans les terrains sédimentaires** tel que les éboulis (Lambiel, 2006) ou les glaciers rocheux (Delaloye et al., 2008 ; Roer et al., 2008). La fonte de ce dernier entraîne une accélération dans le déplacement des glaciers rocheux et l'eau de fonte de ces derniers favorisent le déclenchement de laves torrentielles.

Les processus liés aux **aléas hydrologiques** sont les laves torrentielles, les coulées de boue et les glissements de terrain (Theler et al. 2007). L'occurrence des **laves torrentielles** est également directement liée aux changements climatiques. L'élévation des températures actuelle et future ainsi que l'augmentation future des précipitations extrêmes est une combinaison parfaite pour le déclenchement plus fréquent de laves torrentielles, ces dernières nécessitant un grand apport en eau et en sédiments (Stoffel et al., 2014). Une augmentation de ce type de processus est donc à prévoir dans les hautes altitudes des Alpes (Probst et al. 2013).

Ces modifications dans la cryosphère et l'hydrosphère alpine n'induisent pas uniquement des changements physiques mais **remettent en question des aspects sociaux et économiques**. C'est notamment le cas pour les infrastructures de haute montagne qui se voient menacées de destruction (Haeberli et al. 1997). C'est aussi un problème pour les usagers de la montagne comme les randonneurs ou les alpinistes qui doivent faire face aux dangers naturels induits par la fonte de la glace et peuvent, dans certains cas, avoir des conséquences fatales (Lambiel, 2006 ; Probst et al., 2013 ; Ravel et al. 2013).

1.1.2. Les effets sur les risques en montagne

Les risques en montagne ont toujours été présents. Depuis que l'Homme les explore, il s'y expose. Les changements climatiques en marche dans les Alpes suisses (Probst et al., 2013) ont pour conséquence **une intensification des dynamiques géomorphologiques en montagne** (Probst et al., 2013) Une deuxième source d'augmentation du risque en

² Les glaciers ne suivent pas tous la même évolution. La taille des glaciers n'est pas le seul paramètre qui la détermine. Il faut également tenir compte des caractéristiques topographiques, de l'orientation, de l'altitude ou encore la zone climatique.

montagne est la présence de plus en plus de randonneurs (CAS, 2005 ; Brandolini et al. 2006). Les chemins de randonnée pédestre peuvent se trouver, en montagne, dans des environnements très dynamiques où les risques sont particulièrement élevés (Gabioud, 2008). Et cela sans même que les randonneurs n'en aient connaissance. Très souvent, des personnes se retrouvent prises au piège par des aléas en montagne. En 2018, 3211 personnes ont fait appel aux secours en montagne dans les Alpes suisses et dans le Jura. Parmi ces 3211 personnes, 207 sont décédées (CAS, 2018). En plus de l'accentuation des risques en montagne, **les randonneurs sont souvent mal préparés, surestiment leurs capacités physiques et sous-estiment les dangers des aléas.**

De manière résumée, le risque existe uniquement si **un aléa naturel** (exemple : dynamiques géomorphologiques comme des chutes de pierres) existe et si **des biens ou des personnes** y sont exposée (maisons, infrastructures ou randonneurs) (Schindelegger, 2019). Les risques n'existent pas si rien ni personne n'est en danger (Lefèvre & Schneider, 2002). Plus il y a de personnes en montagne, plus le risque est grand. Afin de gérer au mieux le risque, il est possible de jouer sur **la vulnérabilité**, c'est-à-dire de réduire au maximum les effets négatifs que peuvent avoir des aléas sur les biens et les personnes (Schindelegger, 2019) ; par exemple, la construction d'infrastructures de protection ou la capacité d'anticiper les aléas. Dans le contexte de la randonnée précédemment évoquée, avoir une meilleure connaissance de l'environnement de montagne et de ses dynamiques de la part des randonneurs permet une meilleure gestion des risques (Gabioud, 2008).

1.1.3. L'intérêt grandissant pour les sciences de la Terre et le géotourisme

Le géotourisme est une niche touristique en pleine expansion (Cayla, 2010). C'est une forme de tourisme qui se veut écologique et respectueuse de la nature (Tubb, 2003 ; Megerle & Beuter, 2010). Il s'appuie sur des ressources territoriales que sont le patrimoine géologique et géomorphologique (Cayla, 2010 ; Hose, 2012). Il existe depuis bien longtemps puisque De Saussure publiait déjà en 1796 *l'Agenda du géologue voyageur* et d'autres guides portant sur la géologie (Cayla, 2010). Dès lors, le géotourisme n'a cessé d'exister mais c'est véritablement depuis la fin du 20^{ème} siècle que ce dernier a vu sa popularité monter en flèche (Cayla, 2010). De plus en plus de sentiers pédagogiques se développent autour de divers thèmes. Par exemple, dans les Alpes, le premier sentier didactique sur les glaciers a vu le jour en 1970 en Autriche. On en dénombrait en 2009 plus d'une centaine (Cayla, 2009b).

Le succès de cette forme de tourisme s'explique par plusieurs facteurs. Tout d'abord la société présente un grand intérêt pour la nature et leurs attentes dans leurs loisirs sont de plus en plus orientés vers le désir d'un apprentissage (Kramar et Pralong, 2005). Dans le contexte alpin, le géotourisme est souvent associé à la randonnée (Pralong, 2003b ; Cayla, 2010). Cela le rend encore plus attractif car il permet d'associer une pratique sportive au grand air et un apprentissage. Ensuite, le géotourisme profite aux scientifiques en leur permettant de répandre les connaissances scientifiques. Une meilleure connaissance du public sur l'environnement entraîne une meilleure conservation des sites puisque ces derniers prennent conscience de leur importance (Reynard, Guex & Holzmann, 2003 ; Hose, 2006). Finalement, le géotourisme permet la diversification de l'offre touristique car dans le contexte de changements climatiques actuel, les stations de montagne doivent développer un tourisme de 4 saisons. Il permet également de redynamiser l'économie locale (Newsome & Dowling, 2006 ; Cayla, 2010).

1.2. Problématique et questions de recherche

Dans les contextes précédemment évoqués, que sont les changements climatiques et leurs impacts sur les environnements de montagne, les dangers en montagne et l'intérêt grandissant du public pour les sciences de la Terre et le géotourisme, il est possible de remarquer un lien entre ces éléments : **la médiation scientifique**. En effet, la société est en quête de savoir, savoir qui servira à la protection de l'environnement, et c'est le devoir des scientifiques de le transmettre (Martin, 2012 ; Macadam, 2018).

Cette transmission nécessite néanmoins une attention particulière et soulève plusieurs questions.

- Comment **vulgariser les connaissances scientifiques** de manière à ce qu'elles soient compréhensibles tout en restant correctes ?
- Comment l'information peut être transmise **dans un contexte de randonnée en montagne** : par quels biais, avec quels outils ?
- Et finalement comment **transmettre des connaissances à un public hétérogène**, qui n'a pas les mêmes connaissances ou mêmes envies ?

1.3. Objectifs

Le mémoire s'articule autour de trois objectifs principaux. Le premier consiste en **l'application de la méthode développée par Simon Martin et ses collègues pour la réalisation de produits géotouristiques** (Martin et al., 2010 ; Martin, 2012), qui s'articule autour de quatre composantes, à savoir la définition du site, du public, du support et du message. Afin de satisfaire cet objectif il est question de recueillir le maximum d'informations sur la région d'étude : sur ses caractéristiques géologiques, climatiques et géomorphologiques, mais également sur ses pratiques touristiques. Cette étude est réalisée, en partie sur la base d'articles scientifiques mais aussi sur le terrain, notamment au travers de questionnaires, d'entretiens et d'observations. Au terme de cette partie du travail, les sites d'études, le public cible, le type de support et les messages à transmettre sont définis et sont cohérents les uns par rapport aux autres.

Le deuxième objectif consiste en **la réalisation d'une série de brochures**. Cet objectif est dépendant du premier car c'est sur la base de ses résultats que les brochures sont réalisées. La réalisation de ces dernières se base sur les recommandations de Summermatter (2003) pour la conception de brochures géotouristiques. Une série de quatre brochures est réalisée suivant le message commun, portant sur la sensibilisation du public aux changements climatiques et à leurs effets sur l'environnement alpin. Chaque brochure aborde un thème particulier qui contribue au message global précédemment cité.

Le dernier objectif est **la transmission efficace du message au public cible**. Tout le travail effectué n'est rien si le public cible ne saisit finalement pas les informations et le message transmis par les brochures. Afin de contrôler que la transmission de connaissances soit bien faite, les brochures sont testées et évaluées. Des corrections sont ensuite amenées afin de mieux adapter le contenu au public et de le rendre plus compréhensible.

1.4. Plan du mémoire

Le mémoire s'organise en plusieurs parties dont deux principalement : une partie théorique et une partie empirique. Dans la partie théorique sont présentés le cadre théorique (Chap. 2), les méthodes utilisées dans cette étude (Chap. 3) et le terrain d'étude, décrit dans ses aspects géographiques, climatiques, géologiques et géomorphologiques (Chap. 4).

La partie empirique du mémoire s'articule en trois chapitres : la présentation des résultats de l'application de la méthode de Martin et al. (Chap. 5), la présentation de l'élaboration des brochures selon la règle des « 6F » de Summermatter (Chap. 6) et le processus d'évaluation des brochures est exposé ainsi que les corrections apportées à ces dernières (Chap. 7).

La conclusion apporte une synthèse de l'étude ainsi que des perspectives de développement (Chap. 8). Les brochures ainsi que les questionnaires utilisés dans cette étude sont disponibles en annexe.

2. Cadre théorique

2.1. Patrimoine géomorphologique et société

2.1.1. Les géomorphosites

Dans la nature se trouvent des sites possédant une certaine valeur pour la société. Cette valeur peut être scientifique mais aussi esthétique, culturelle ou économique. De par la valeur qui est attribuée à ces sites, ils peuvent être considérés comme étant à conserver.

Ces sites à conserver sont de natures diverses et sont regroupés sous le nom de **géosites**. Ce dernier regroupe tous types de domaines des géosciences tels que les sites structuraux, paléontologiques, stratigraphiques, pédologiques, géomorphologiques etc. (Reynard, 2009). Les géosites, pour être considérés comme tels, doivent présenter une importance particulière pour la compréhension de l'histoire de la Terre (Reynard, 2004). Ils témoignent des changements climatiques mais aussi de l'évolution tectonique. Ces derniers permettent également la reconstruction de climats, d'environnements et de dynamiques passés (Reynard, 2009). Ils sont souvent répertoriés dans des inventaires. Leur but est d'une part de permettre une bonne gestion du patrimoine géologique et d'autre part de pouvoir en assurer la protection pour par la suite pouvoir potentiellement le valoriser (Reynard et al. 2016).

Les géomorphosites sont une partie des géosites. Ces derniers possèdent les mêmes caractéristiques que les géosites mais en possèdent trois qui leurs sont propres. (Reynard, 2009; Coratza and Hobléa, 2018). Tout d'abord les géomorphosites ont souvent un grand intérêt esthétique. C'est d'ailleurs pour cela que le tourisme fonctionne si bien autour des géomorphosites (Hobléa et al., 2017) qui sont parfois considérés comme « monuments naturels » (Reynard, 2020). La notion de dynamique est également importante car les géomorphosites, contrairement à d'autres géosites, sont souvent encore plus ou moins actifs et permettent d'observer des dynamiques passées mais aussi actuelles (Reynard, 2009). Finalement la notion d'échelle est aussi spécifique. Grandgirard (1997) propose 4 classes de formes pour les géomorphosites en fonction du nombre de processus et du nombre de formes (figure 2).

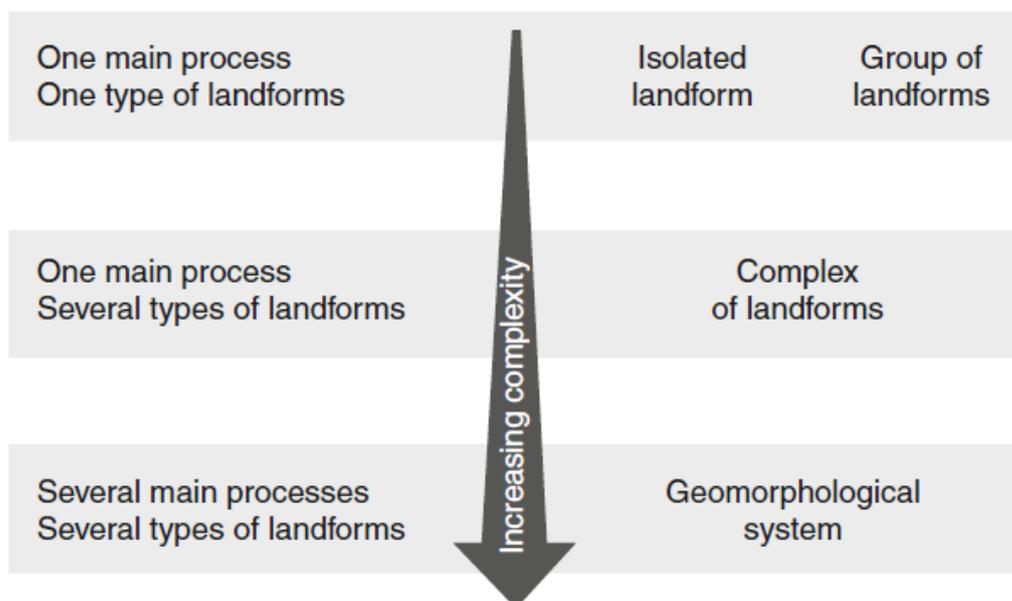


Figure 2 Classification des formes géomorphologiques par Grandgirard (1997). Dans Reynard, 2009.

2.1.2. Patrimonialisation

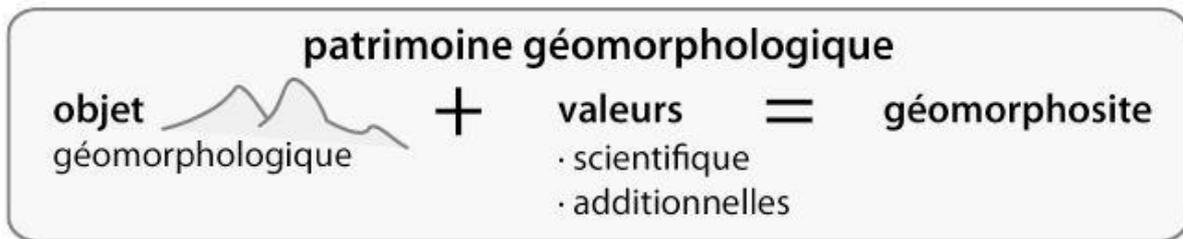


Figure 3 Composantes du patrimoine géomorphologique. Dans Martin, 2012.

Comme le montre la figure 3, les formes du relief s'étant vu attribuer des valeurs sont considérées comme des géomorphosites. Cette reconnaissance fait d'eux les composantes du patrimoine géomorphologique.

La société de manière générale ne possède que très peu de connaissances dans le domaine des sciences de la Terre et, plus particulièrement, dans le domaine de la géomorphologie (Martin, 2012). En effet la notion de **patrimoine géomorphologique** n'est que très peu connue voire même inconnue pour une grande partie de la population, ce qui peut s'expliquer par la jeunesse du terme. Tout d'abord la notion de patrimoine se définit comme « le bien qu'on tient par héritage de ses ascendants » (Larousse, 2019). Le patrimoine géomorphologique ou le géopatrimoine est donc un bien reconnu par la société comme étant un élément important à conserver et à transmettre aux générations futures (Reynard et Giusti, 2018). Selon Rautenberg (2003), le patrimoine se construit selon deux logiques la première est savante et légitimiste, elle induit une sorte de sacralisation de l'objet en question. La deuxième procède d'abord de la reconnaissance par les acteurs pour qui, c'est-à-dire pour le groupe dont ils se réclament, un objet prend un sens particulier en signifiant un rapport spécifique et collectif au passé ou au territoire (Rautenberg, 2003). Cette deuxième logique se rapporte à la définition des géomorphosites qui voulait que ces derniers aient une importance particulière dans la reconstruction des climats, environnements et dynamiques passés. Un géomorphosite prend de la valeur grâce à sa valeur scientifique, dans le cas des sciences de la Terre.

Cependant **le géopatrimoine ne serait rien sans la contribution de la société**. D'un point de vue culturel, une grande quantité de géomorphosites possède une valeur patrimoniale. C'est le cas par exemple d'Uluru en Australie qui possède une grande valeur pour les aborigènes car une valeur religieuse y est associée et non pas parce que c'est un bel exemple d'Inselberg (Reynard et Giusti, 2018). Finalement la société en général tend à donner de l'intérêt aux formes que cette dernière considère comme esthétiques (Cayla et al. 2012). Les autres formes, moins belles aux yeux de la société mais pouvant posséder une grande valeur scientifique, deviennent « invisibles » et peuvent potentiellement subir des dommages car aucune valeur patrimoniale n'y a été adressée par la société.

De ces constats découle une **nécessité de sensibiliser et d'éduquer la population à ces domaines et de rendre visibles les géomorphosites**. Une meilleure compréhension du fonctionnement du monde qui les entoure permettrait une prise de conscience de l'importance de la préservation des géosites et permettrait une protection plus efficace. La

figure 4 montre bien que la société et les différents acteurs agissent sur les objets géomorphologiques et que les actions débutent par une prise de conscience influencée par les spécialistes du domaine. Une fois le patrimoine géomorphologique reconnu par la société comme étant à conserver, il est possible de mettre en place des mesures de protection efficaces (Newsome et Dowling, 2018).

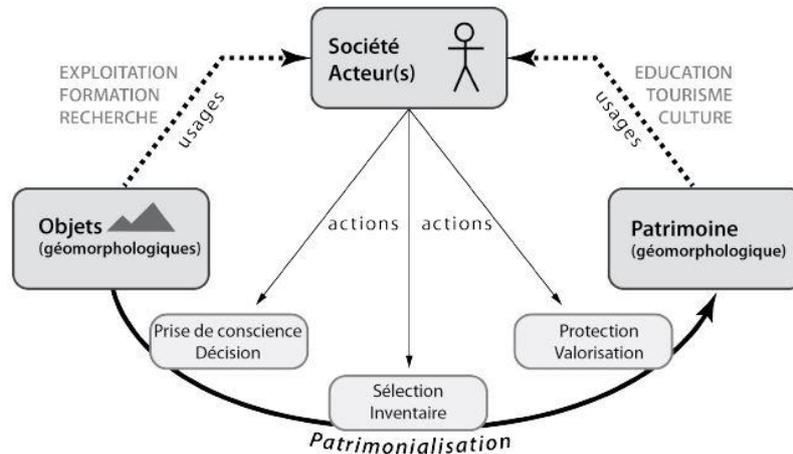


Figure 4 Processus de patrimonialisation selon Di Meo (2008). Dans Martin, 2012.

Di Meo (2008) propose une réflexion en 5 temps sur le processus de patrimonialisation (figure 4). Premièrement, c'est **une prise de conscience** qui est faite. Deuxièmement, c'est une **décision** de patrimonialiser qui est prise. Dans un troisième temps, des **choix** vont être faits sur quels objets **sélectionner** puis **inventorier**. Quatrièmement, un système de **protection** est mis en place et dans un dernier temps, les objets, devenus composants du patrimoine géomorphologique sont **valorisés**. Les étapes ne sont pas fixes mais peuvent être réalisées dans des ordres différents.

Plusieurs acteurs entrent en jeu, tels que la société, les scientifiques ou les entités régionales comme les offices du tourisme, les communes ou les propriétaires des terrains.

2.2. Le géotourisme

2.2.1. Définitions

Le géotourisme n'est pas nouveau. Cette forme de tourisme existe depuis plusieurs siècles sans pour autant avoir été défini dès son apparition. C'est à la fin du 20^{ème} siècle qu'apparaît le besoin de définir ce phénomène. Dès lors, plusieurs définitions ont émergé (Hose, 2016). Newsome et Dowling (2006) proposent une définition pour le géotourisme. Ces derniers séparent le terme en deux : la partie « géo » et la partie « tourisme » et les définissent de la manière suivante :

« the 'geo' part pertains to geology and geomorphology and the natural resources of landscape, landforms, fossil beds, rocks and minerals, with an emphasis on appreciating the processes that are creating and created such features. » (Newsome and Dowling, 2006)

«the tourism component of geotourism involves visitation to geosites for the purposes of passive recreation, engaging a sense of wonder, appreciation and learning. » (Newsome and Dowling, 2006)

Cette définition permet de comprendre que le géotourisme se base sur des ressources naturelles, sur leur formation et sur leur évolution, tout cela à des échelles différentes. Il peut s'agir de petits éléments tel que des fossiles, des éléments de paysage comme une moraine jusqu'à un paysage dans son entièreté. La deuxième partie de la définition indique que le géotourisme naît d'un tourisme passif qui suscite chez les visiteurs l'admiration, l'appréciation et l'apprentissage.

De manière résumée, le géotourisme se revendique responsable, écologique et vert. Il promeut la conservation de la diversité géologique et géomorphologique et fournit des connaissances en sciences de la Terre à travers la découverte et l'apprentissage (Dowling, 2013).

Ce point de vue est orienté sur une « tourisme géologique », d'autres auteurs adoptent un point de vue de « tourisme géographique » où le tourisme se base sur les composantes du territoire qui font que celui-ci est différent des autres (Stueve et al. 2002, dans Reynard, 2020). La déclaration d'Arouca tente de lier ces deux points de vue en disant :

"tourism which sustains and enhances the identity of a territory, taking into consideration its geology, environment, culture, aesthetics, heritage and the well-being of its residents. Geological tourism is one of the multiple components of geotourism" (Arouca Declaration, 2011).

2.2.2. Gestion du géotourisme

Le géotourisme est applicable dans n'importe quelle région du monde puisqu'il se base sur la présence d'un patrimoine géologique de qualité. Il est d'ailleurs déjà très répandu et rencontre de plus en plus de succès (Marthaler, 2003). Il est également déjà présent en Suisse et dans les Alpes (Cayla, 2009). Dans cet environnement, les formes paysagères ne manquent pas et sont très diversifiées. Les Alpes sont actuellement très touchées par les changements climatiques et dans ce contexte, le paysage alpin et ses formes évoluent rapidement. Les montagnes sont aussi des formes paysagères qui suscitent un grand émerveillement auprès du public (Martin, 2012). Ces éléments font de la Suisse un endroit particulièrement propice au développement de ce type de tourisme.

Comme il est possible de le voir sur la figure ci-dessous (figure 5), le géotourisme repose sur une organisation complexe avec en son centre la ressource (le patrimoine géomorphologique) et autour, les différentes sphères d'actions que sont les acteurs, les usages et la gestion. Ce système complexe montre bien le vaste champ d'activités opérant autour des géomorphosites. Au-delà d'une simple patrimonialisation où le géomorphosite devient une sorte d'entité inerte, ici c'est tout un système qui se forme visant à une protection, à une valorisation, à la possibilité de faire des recherches scientifiques, à promouvoir la région d'un point de vue touristique, etc. (Martin, 2012).

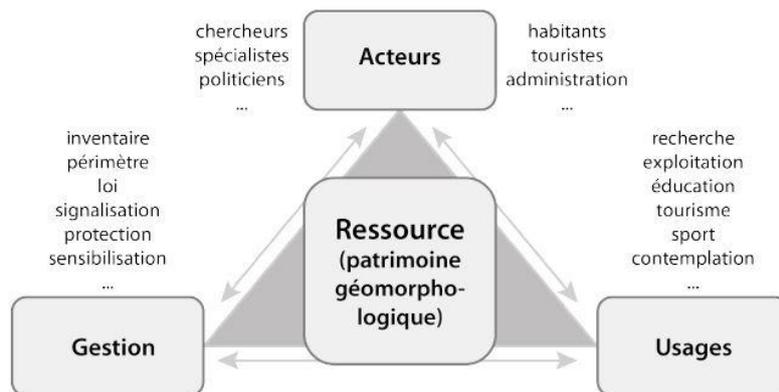


Figure 5 Acteurs, usages et instruments de gestion de la ressource patrimoniale. Dans Martin, 2012.

2.2.3. Visées scientifiques et touristiques

Le géotourisme sert principalement deux objectifs. Le premier est de transmettre des connaissances à une société qui en connaît pour l'instant peu. Pour ce faire les connaissances scientifiques doivent d'abord être récoltées par les experts du domaine. Elles sont ensuite évaluées et organisées dans des inventaires. Ce travail se révèle très important dans le domaine scientifique, car il permet dans un premier temps de nourrir les bases de données et dans un deuxième temps de transmettre les connaissances scientifiques à un plus large public qui aboutira à une conservation des sites (Brilha, 2016).

Deuxièmement, le géotourisme a aussi une visée touristique et économique dans le sens où les gens vont venir découvrir le paysage et la géomorphologie. Ce nouveau type de tourisme permet aussi de développer le tourisme de quatre saisons, ce qui est de bon augure pour les stations qui doivent actuellement penser à la diversification de leurs offres touristiques. Il permet également d'allier une discipline sportive, qu'est la randonnée, avec un apprentissage (Cayla, 2010).

Il est cependant très important que le géotourisme soit **encadré de manière rigoureuse**. Car si ce dernier présente beaucoup d'aspects positifs, son développement peut aussi se révéler catastrophique si la pression anthropique, liée à l'affluence de touristes et d'infrastructures, devenait trop grande et engendrait des dégradations de l'environnement (Panizza, 2003). Un risque plane également sur les visiteurs mal encadrés. La montagne est un environnement dynamique où des aléas peuvent se produire et mettre en danger les touristes.

La figure 6 présente les dangers qui planent aussi bien sur les ressources géomorphologiques que sur les Hommes en raison des aléas induits par les processus actifs en montagne. Un encadrement strict est nécessaire afin, d'une part, d'assurer une offre touristique sans danger et d'autre part d'assurer la conservation des sites géomorphologiques, ces deux éléments étant dépendants l'un de l'autre.

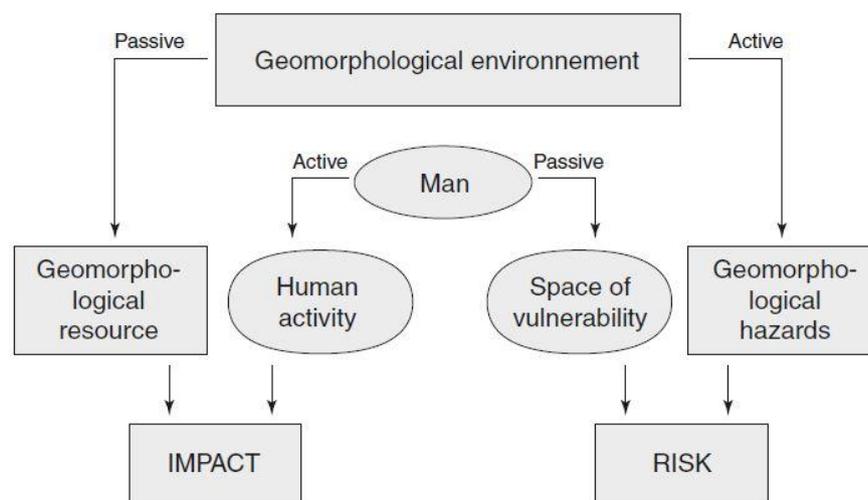


Figure 6 Relation entre la géomorphologie et la société (Cendrero & Panizza 1999). Dans Reynard, 2009.

L'intérêt pour le géotourisme ne cesse de s'accroître (Marthaler, 2003). Son succès se traduit au travers des nombreux sentiers didactiques ou autres produits qui émergent. Il est donc tout à fait possible d'imaginer que dans quelques années il fasse partie des offres touristiques de base et qu'il tende à devenir une composante au développement économique d'une région (Pralong, 2003a). La société pourrait également progressivement se détacher du tourisme de masse pour se diriger vers un tourisme respectueux de l'environnement et enrichissant de connaissances.

2.3. La médiation scientifique

"The main tasks of geotourism are the transfer and communication of geoscientific knowledge and ideas to the general public" (Dowling & Newsome, 2006)

Le géotourisme a plusieurs buts, tant économiques que scientifiques ou encore à des visées de conservation de la nature. Afin d'atteindre ces buts, la tâche principale du géotourisme est de **transmettre les connaissances scientifiques**. Ces intentions de communication sont regroupées sous le terme de **médiation** (Martin, 2012). La médiation ne s'improvise cependant pas et plusieurs aspects sont à prendre en compte afin que les connaissances soient transmises de manière efficace.

De manière générale, la médiation se base sur des techniques de communication et d'éducation. Le médiateur a pour mission de transmettre les informations scientifiques à un public de non-spécialistes de manière compréhensible, ludique et attrayante, sans pour autant perdre la rigueur scientifique (Cayla et al., 2010). Le médiateur entre donc dans un processus de communication et de dialogue entre le scientifique et le public (Figure 7).

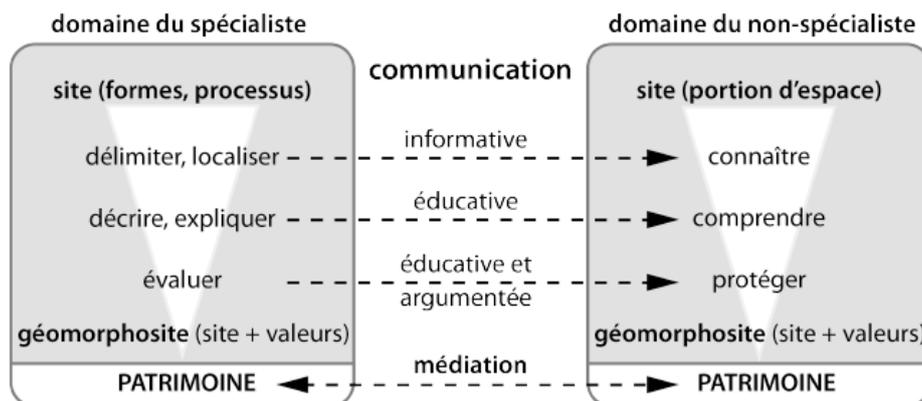


Figure 7 Types de communication intervenant dans la médiation du géopatrimoine (Martin, 2012).

2.3.1. Conception de la médiation

Simon Martin, dans sa thèse, propose un système de communication entre le scientifique et le public, régi par un médiateur. Quatre phases sont nécessaires pour que la communication soit efficace (figure 8) (Martin, 2012).



Figure 8 Quatre phases de médiation. Schéma adapté selon Martin (2012).

La première phase opérée par le médiateur est de **sélectionner** l'élément sur lequel sera basé la médiation. Ce choix se base sur plusieurs critères tels que sa valeur scientifique, la valeur que lui attribue le public et l'intérêt que lui porte ce dernier. Le choix se fait également en lien avec le but général de la médiation. Une médiation a toujours un but précis et l'objet sélectionné se doit de contribuer à l'atteinte de l'objectif.

La deuxième tâche du médiateur est de **coder** l'information scientifique. Pour la réalisation de cette tâche, un certain nombre d'études ont été menées et ont résulté en des guides de bonnes pratiques pour l'interprétation (par exemple : Pralong, 2003 ; Summermatter, 2003 ; Macadam, 2018). Certains de ces derniers seront plus amplement discutés dans le chapitre sur les pratiques de vulgarisation (cf. Chap. 2.4.). De manière générale le codage est par exemple d'écrire un texte, de créer un schéma ou un film qui servira de support d'information pour le public.

Les deux dernières étapes sont celles du **décodage** et de la **compréhension**. Le médiateur n'opère pas directement sur ces dernières. À ce moment, c'est le public qui doit décoder ce que le médiateur lui a transmis, ce qui le mènera ensuite vers la compréhension de l'objet de médiation. Bien que le médiateur ne soit pas acteur de ces deux phases, il n'en est pas moins responsable. En effet, il les influence dans le sens où le décodage dépend du codage. Ce dernier se doit d'être efficace afin que le public puisse le décoder et accéder à la compréhension de l'objet.

2.3.2. Rôle de la didactique dans la médiation³

La didactique est très utile dans la médiation ; elle établit une conceptualisation du processus d'apprentissage basé sur des recherches en psychologie (Martin, 2012). Il existe un certain nombre de modèles didactiques ou pédagogiques. Ces derniers donnent des conseils et des méthodes qui visent à optimiser l'apprentissage. De manière générale, les modèles didactiques et pédagogiques permettent d'assurer une forme de communication éducative efficace. Cependant la didactique peut poser problème dans certains cas. En effet, ce terme renvoie directement à une image très scolaire. Les modèles didactiques appliqués dans le contexte de l'apprentissage scolaire doivent être adaptés afin d'être efficaces dans le domaine des géosciences. Simon Martin (2012) résume les principaux modèles que sont la pédagogie empirique, la pédagogie béhavioriste et la pédagogie constructiviste. **La pédagogie constructiviste** est particulièrement intéressante dans le contexte du géotourisme car elle permet au sujet de prendre les informations et de les confronter avec ses propres connaissances et visions du monde. Cette pédagogie se base essentiellement sur l'accumulation continue de nouvelles expériences (Piaget, Claparède, Deslex, 1923, Dans Martin, 2012).

Cette forme de didactique est privilégiée dans le cadre de l'interprétation géomorphologique, car elle laisse place à la formulation d'hypothèses et à la réflexion du public (Martin, 2012).

³ Le terme « didactique » est en principe plutôt utilisé dans le domaine scolaire. Il peut cependant être adapté dans un contexte de loisir tel que le géotourisme.

2.3.3. Application au géotourisme

La médiation est évidemment un point central dans le géotourisme et là aussi plusieurs auteurs se sont penchés sur la question de son application dans les sciences de la Terre.

Simon Martin (2012) expose un certain nombre de points dont il faut tenir compte lors d'une médiation dans le contexte du géotourisme. Il souligne tout d'abord le fait que le géotourisme est une activité de loisir, ce qui implique que la médiation ait une approche attrayante et ludique. Il est nécessaire dans ce cas de mettre beaucoup d'efforts pour garder l'attention du public et que la médiation soit la plus attrayante possible. Ensuite le géotourisme a l'avantage d'être en contact direct avec les objets de la médiation ; il est donc important de ne pas déconnecter les sites et le public.

Jean-Pierre Pralong (Pralong, 2003b) a lui aussi investigué sur la question de la médiation dans le géotourisme. Il souligne notamment le concept de temporalité qui est extrêmement complexe à comprendre en sciences de la Terre pour un public de non-connaisseurs et propose une méthode de médiation adaptée.

2.4. Pratiques de vulgarisation

2.4.1. Vulgarisation de l'information : diversité des méthodes

La vulgarisation est par définition l' « action de mettre à la portée du plus grand nombre de non-spécialistes, des connaissances techniques et scientifiques » (Larousse, 2020). Cette définition, en apparence simple, cache en réalité une grande diversité de méthodes. De manière résumée, la vulgarisation scientifique se décompose en trois sphères, de la même manière que la médiation : d'un côté le scientifique, qui possède les connaissances, de l'autre côté, le public qui va recevoir l'information, entre ces deux le vulgarisateur. La communication entre les sphères se fait de la même manière qu'expliquée précédemment pour la médiation (Pralong, 2003b).

Un certain nombre d'études se sont penché sur la question « comment vulgariser l'information scientifique afin de la transmettre de manière efficace au public ? ». Au fil du temps les auteurs se sont mis à rédiger des recommandations. À partir des années 1960, les linguistes ont commencé à s'intéresser au langage du vulgarisateur (Summermatter, 2003). Par la suite, c'est Jacobi qui donna un certain nombre de recommandations, dont une bonne lisibilité, l'importance des paraphrases, l'utilisation des images ou encore la suppression des aspects trop scientifiques (Jacobi, 1986. Jacobi & Schiele, 1988, dans Summermatter, 2003). Laszlo indique que « le vulgarisateur doit prendre le lecteur par la main en l'incitant plus à la rêverie qu'à la réflexion » (Laszlo, 1993, dans Summermatter, 2003). Plusieurs auteurs soulignent par la suite l'importance du mélange de textes, de photos et de schémas (Poletti, 1998, dans Summermatter, 2003) ou encore l'importance du style comme l'adoption d'un ton humoristique ou des phrases à formulations accrocheuses (Roethlisberger, 1999, dans Summermatter, 2003).

Summermatter a étudié en détail 21 brochures didactiques et en a ressorti six tendances axées sur trois modes différents de présentation : l'aspect général, le texte et les illustrations (Summermatter, 2003). Les six tendances sont regroupées sous la règle des « 6 F ». Ces règles sont en réalité des recommandations pour le vulgarisateur (figure 9). Elles seront décrites plus en détail dans le chapitre sur la méthodologie (cf. chap. 3.2.).

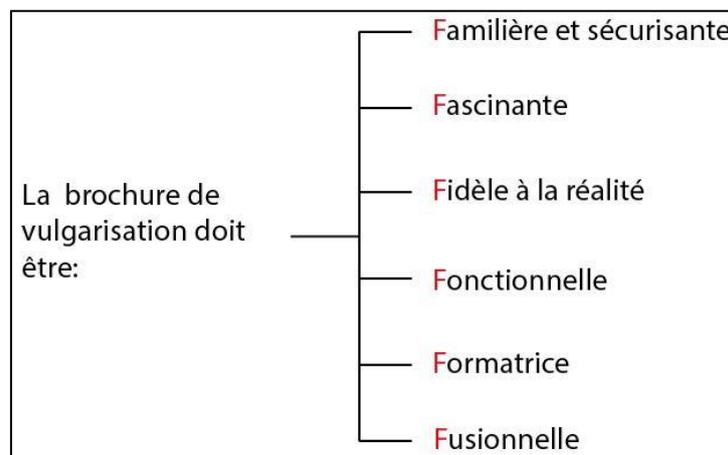


Figure 9 Schéma résumant la règle de "6F" de Summermatter. Adapté de Summermatter (2003).

2.4.2. Vulgarisation scientifique et application à la randonnée pédestre

La pratique de la randonnée permet d'être au contact direct de la nature et, à l'aide d'une brochure didactique, il est possible de comprendre cette dernière. Cependant faire comprendre la géologie et la géomorphologie à un public de non-scientifiques peut s'avérer compliqué. En effet, il a été soulevé que le public rencontre beaucoup de difficultés à saisir le fonctionnement de la géologie et de la géomorphologie, tant la temporalité géologique est grande (Cayla et al., 2010). Jean-Pierre Pralong, dans un de ses articles (Pralong, 2003), propose tout d'abord un graphique représentant les notions d'espace et de temps (figure 10). Il explicite également une stratégie afin de faire comprendre de manière simple l'histoire géologique le long d'un parcours de randonnée (figure 11).

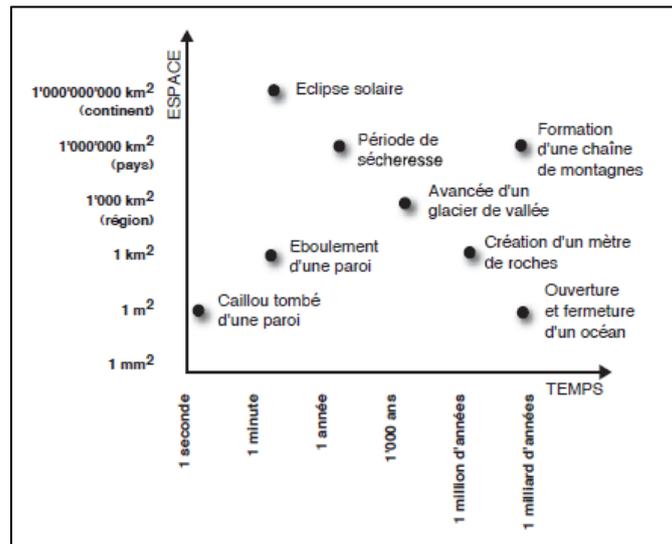


Figure 11 La perpendicularité de l'espace-temps. Dans Pralong, 2003b.

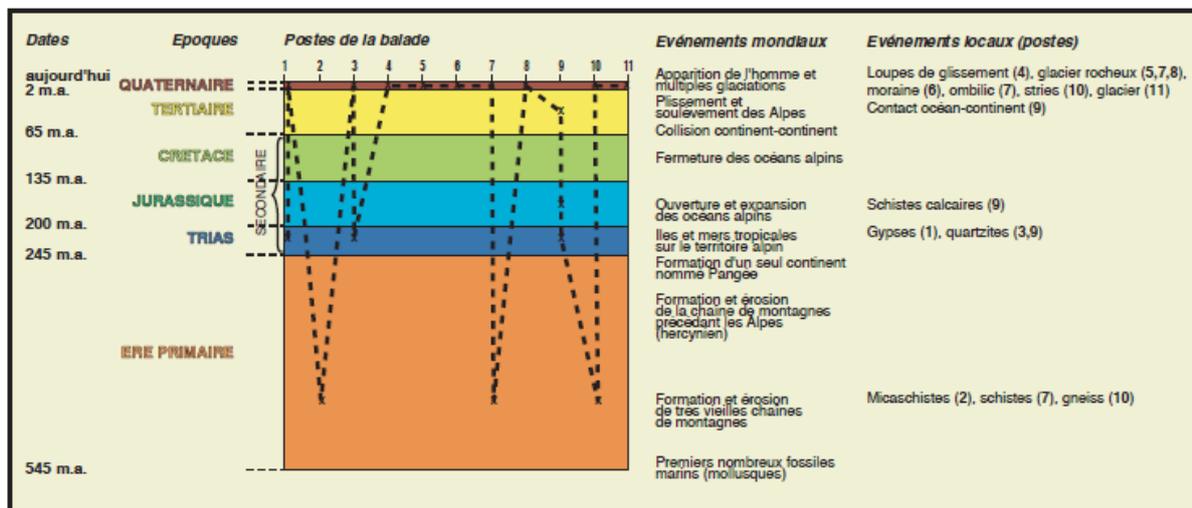


Figure 10 Les relations espace-temps de la première étape du Tour du Val d'Hérens. Dans Pralong, 2003b.

Ces schémas sont des exemples mais il est à retenir qu'il est important de fournir des bases de compréhension pour le lecteur, d'explicitier de manière simple ce qui est complexe. L'utilisation de graphiques liant la complexité de la géologie à ce que peut voir le randonneur le long de son parcours renforce la compréhension.

3. Méthodologie

3.1. Méthode de Martin et al.

La méthodologie utilisée dans cette étude est principalement celle développée par Simon Martin et al. (2010), reprise ensuite par Simon Martin (2012)⁴, pour le développement de produits géotouristiques. Promouvoir le géotourisme et montrer la valeur scientifique, souvent cachée, du patrimoine géomorphologique n'est pas chose facile. En effet, la société possède des connaissances très hétérogènes sur le domaine, qui peuvent être quasi inexistantes. Une méthode de médiation est donc nécessaire afin de transmettre de manière efficace un message. La méthode proposée base la communication sur quatre domaines : **le public, le site, le contenu et le support** (figure 12) qui sont interdépendants les uns des autres, c'est-à-dire que la définition d'un des points va influencer les autres.

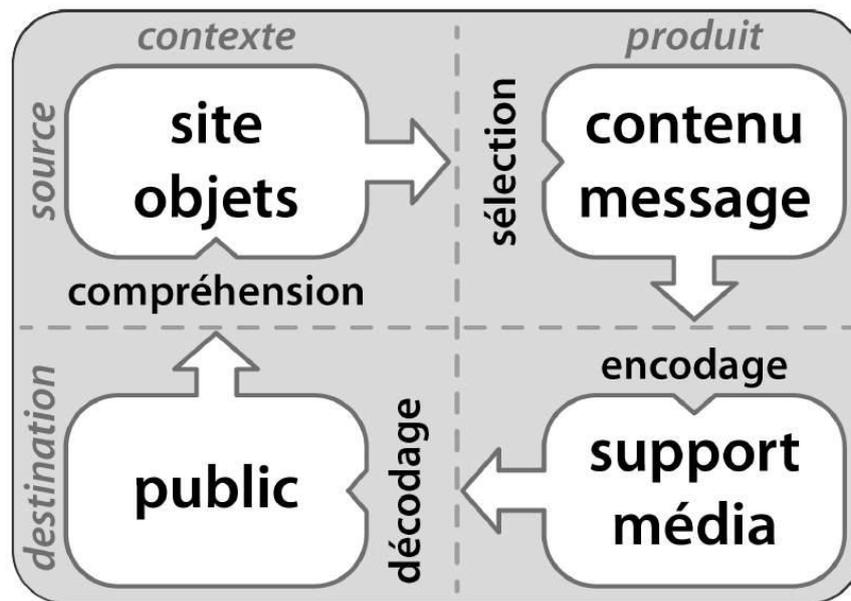


Figure 12 Schéma en quatre axes de la médiation. Dans Martin, 2012.

3.1.1. La définition du site

La définition du site se fait sous plusieurs angles. Parmi ces derniers on retrouve l'accessibilité, l'aspect esthétique, la lisibilité du site ou encore la valeur scientifique.

L'accessibilité est importante car plus un site est accessible, plus il y a de touristes qui peuvent s'y rendre. Un lieu peu accessible peut donc être moins intéressant à valoriser au vu du nombre de visiteurs limité. Dans le domaine de la randonnée, l'accessibilité implique également l'accès aux sentiers pédestres. Ces derniers se doivent d'être entretenus et balisés afin d'assurer la sécurité des potentiels touristes. L'accessibilité peut également avoir une composante saisonnière, la présence de neige empêchant d'accès à beaucoup de sentiers pédestres.

L'aspect esthétique est assez subjectif mais une tendance générale est quand même visible : les paysages possédant des contrastes sont généralement très appréciés. Un des buts des produits géotouristiques est de réussir à capter l'attention du touriste afin de lui

⁴ Sauf mention contraire la source d'information de ce chapitre est la thèse de Simon Martin (2012)

transmettre des connaissances. Cette captation se fait bien plus facilement sur un objet se démarquant par sa beauté que sur un objet sans caractéristiques esthétiques particulières.

La valeur scientifique des sites joue également un rôle important. Il y a lieu de valoriser un site si ce dernier possède une valeur scientifique et qu'une transmission de connaissances peut avoir lieu. La valeur scientifique est importante dans le sens où le but de la valorisation est de permettre une prise de conscience du public sur la valeur de l'objet et d'inciter à sa protection. À moins que cet objet possède des valeurs culturelles ou esthétiques très importantes, il n'est pas forcément judicieux de valoriser un objet sans valeur scientifique.

Les contraintes sont à prendre en compte comme l'accessibilité, la valeur scénique (Pralong, 2005), la « facilité de lecture » et le potentiel didactique du site (Martin et al. 2010). En effet tous les objets géomorphologiques ne sont pas propices à une médiation (Martin et al. 2010). Un site trop complexe, possédant des caractéristiques peu intuitives ou encore un site trop peu accessible rendra la médiation compliquée.

De manière résumée plusieurs critères sont à prendre en compte lors du choix des sites à valoriser. Les valeurs scientifiques, esthétiques, culturelles ou encore patrimoniales jouent évidemment des rôles très importants dans ce choix. Cependant les autres critères tels que l'accessibilité, la visibilité et les autres aspects techniques sont à prendre en compte afin de toucher un plus large public possible et d'assurer la sécurité des visiteurs.

3.1.2. La définition du public

L'identification d'un public cible est l'une des premières étapes dans le développement d'un produit géotouristique. La définition du public se fait par des enquêtes de terrain comme des questionnaires ou des entretiens. Simon Martin, dans la synthèse de son travail (2012), relève que les entretiens particuliers peuvent être particulièrement efficaces lors de l'élaboration d'un projet car ces derniers permettent d'explorer en profondeur les connaissances et les attentes de potentiels visiteurs.

Les différents types de publics ont des attentes et des besoins divers. Cela peut être fonction de l'âge, de leurs capacités physiques et cognitives ou encore de leurs intérêts dans le domaine du projet. En effet comme le montre le tableau 1, selon leurs intérêts dans le domaine, les différents publics ne vont pas avoir les mêmes attentes. Sur le tableau 2, il est possible de voir plus de caractéristiques qui tiennent également compte des capacités physiques et cognitives et de l'expérience du public en milieu de montagne.

Tableau 1 Caractéristiques des types de public et approches à privilégier pour la médiation selon Origet du Cluzeau, 1998 et Pralong, 2006. Dans Martin et al., 2010.

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

Tableau 2 Influence des caractéristiques du public sur les autres domaines constitutifs d'un projet géotouristique. Dans Martin et al., 2010.

Caractéristiques du public	Domaine (voir figures 1 et 2)			
	Site	Support	Contenu : forme	Contenu : fond
Capacités physiques (âge, handicap)	· accessibilité ¹ · itinéraire : longueur, difficulté ²	· emplacement des supports fixes · poids et encombrement	· lisibilité	· conseils pratiques
Capacités cognitives (âge, handicap)	· facilité d'observation des objets sur le terrain · possibilité de manipuler les objets	· manipulation de l'objet · navigation abstraite · difficulté d'emploi	· mise en forme des cartes ⁴ et des schémas · liens entre texte, illustrations et réalité	· complexité du texte · nombre et fréquence des définitions et des exemples
Expérience du milieu en général et du site en particulier	· itinéraire : balisage, exposition aux risques naturels ²	[pas d'exemple à signaler ici]	· type de cartes et leur capacité à orienter ³	· règles de sécurité ou de comportement · aide à l'orientation · exemples (sites comparables...)
Intérêt, connaissance des géosciences	· complexité du site : nombre d'objets, complexité des processus	· type : technique, ludique, permettant plusieurs niveaux de lecture...	· complexité des illustrations · degré de simplification des cartes d'orientation	· concepts exemplifiés · degré de vulgarisation · but du projet : apprendre, divertir, surprendre, sensibiliser ⁵

Sources : 1. Piacente, 2008 ; 2. Pelfini, 2009 ; 3. Schobesberger, 2007 ; 4. Sobel, 1998 ; 5. Pralong, 2004.

Le plus difficile dans cet exercice est qu'il faut faire face, dans quasiment tous les contextes, **à un public hétérogène**. Même un public défini comme étant familial est constitué de plusieurs publics, dont les enfants, les parents ou les grands-parents qui n'ont pas les mêmes capacités physiques et cognitives, et le projet doit pouvoir s'adapter au plus grand nombre. Une solution est de proposer plusieurs niveaux de lecture en un seul et même produit qui permettraient de satisfaire autant les enfants en quête d'un apprentissage très ludique que les parents, qui peuvent potentiellement être demandeurs de plus d'informations.

3.1.3. La définition du support

Le choix du support est très important car c'est ce dernier qui fera **parvenir les informations aux destinataires**. Le support doit bien évidemment s'accorder avec les autres domaines. Il doit être adapté au public cible (pas de panneaux trop hauts pour les enfants) et au site (pas d'énormes panneaux juste devant un point de vue). Le support peut ensuite être de plusieurs natures. Il peut se trouver sous forme de panneaux, de brochures, d'applications ou encore être une personne elle-même qui va guider la visite.

Des contraintes sont également à prendre en compte. Chaque support possède des avantages et des inconvénients. Il est important de peser les intérêts lors de son choix afin de définir celui qui correspondra le mieux tant aux publics qu'aux sites précédemment définis.

3.1.4. La définition du message

Finalement il va falloir se demander : quel message je veux transmettre ? Ce dernier domaine doit lui aussi être en adéquation avec les autres domaines. Une des finalités les plus importantes du produit géotouristique est de pouvoir transmettre quelque chose aux visiteurs. Pour ce faire, il est nécessaire qu'**un message précis** soit défini pour éviter une déferlante d'informations qui ferait fuir le visiteur et serait donc contreproductif.

Un but précis du projet doit être établi. C'est à partir de cet objectif que le contenu du produit géotouristique pourra être défini. Un point très important est de savoir se focaliser sur un message bien précis car l'envie de tout raconter sur un paysage, en passant de la végétation à la géologie avec un détour par la faune alpine risque de surcharger le produit et de noyer le lecteur dans un tsunami d'informations. Le nombre de thèmes doit donc être limité et le produit doit avoir comme but un message précis à transmettre. Le contenu du message doit être organisé de manière claire et ordonnée. Encore une fois, il s'agit de **limiter un chapitre à un thème** mais également de savoir structurer l'information. Pour ce faire, plusieurs méthodes existent dont la règle des « 6F » de Summermatter (2003).

3.2. La règle des 6F de Summermatter

La deuxième méthode utilisée est celle de Summermatter (2003)⁵. Cette méthode consiste plutôt en une série de recommandations pour l'élaboration de produits géotouristiques, en particulier de brochures. Comme le but est de réaliser des itinéraires géotouristiques, nous utiliserons par la suite le terme de « brochure » bien que la plupart des règles s'appliquent également à d'autres types de supports (applications digitales, panneaux par exemple). Ces recommandations sont regroupées sous le terme de règle des « 6F » et le tableau 3 les résume. Cette méthode est utilisée dans ce travail de mémoire pour la réalisation des brochures.

Le premier F est la **familiarité**. Ici, c'est le sentiment de sécurité du public qui est abordée. Le visiteur doit pouvoir d'une part se sentir en sécurité avec l'environnement grâce aux informations fournies par la brochure et d'autre part bénéficier d'informations claires, compréhensibles et familières. Un langage trop scientifique est à éviter. Par exemple la brochure se doit de fournir toutes les informations concernant la difficulté de l'itinéraire et les précautions à prendre. Dans la brochure, le ratio entre textes et images doit être bien équilibré afin que le lecteur puisse y retrouver ses marques. Le plus important à retenir dans ce premier F est que le lecteur doit se sentir en sécurité avec des informations et un vocabulaire qui lui sont familiers et qui vont lui permettre de se repérer autant dans l'environnement que dans la brochure.

Le second F est la **fascination**. Ici la tâche du vulgarisateur est de faire ressortir une sorte de magie de ses explications. La façon dont les informations sont fournies doit engager le lecteur à la rêverie et à l'imaginaire. Afin que le texte soit séduisant, plusieurs recommandations s'imposent : tout d'abord, des paragraphes courts et des variations de styles de caractères, ensuite l'utilisation de couleurs et de photographies vont attirer l'attention et susciter la fascination chez le lecteur. Au niveau du texte, le vulgarisateur se transforme en conteur, c'est-à-dire que sa manière de parler doit être enthousiaste, accrocheuse et passionnée. L'utilisation de métaphores et d'exagérations permet également de donner une dimension fascinante au texte.

Le troisième est la **fidélité**. Bien que vulgarisées, les informations doivent être fidèles à la réalité. En aucun cas les connaissances scientifiques ne doivent être erronées afin de faciliter la compréhension. L'information ne doit être ni trop technique, ni trop éloignée de la réalité scientifique. Les schémas, les photographies avec calques ou encore les dessins artistiques sont de très bons moyens de transmettre une information tout en la simplifiant.

Ensuite vient la **fonctionnalité** qui se concentre, elle, sur les aspects fonctionnels et pratiques de la brochure. Cela débute par le format de la brochure qui doit être adapté au type d'activité. Une brochure suivant un parcours de randonnée doit être léger et facilement transportable ; un format de poche est privilégié. La présentation du déroulement du parcours didactique et de la table des matières permet également au lecteur d'avoir des repères. Finalement, des informations annexes comme les horaires des transports publics, le temps des randonnées ou encore les points de vente locaux permettent aussi à l'utilisateur d'optimiser et de planifier son expérience, ce qui augmente la fonctionnalité de la brochure et de l'expérience du lecteur.

⁵ Sauf mention contraire, la source d'information de ce chapitre est le travail de Summermatter (2003)

En avant dernier vient la **formation**. Bien qu'utilisée dans un cadre de loisirs et de détente, la brochure se doit d'apporter un enseignement au lecteur. Pour ce faire, plusieurs recommandations s'imposent. Le système pédagogique actuel privilégie une approche pluridisciplinaire pour une meilleure compréhension de l'environnement. Quelques termes scientifiques peuvent être utilisés à condition qu'ils soient explicités par un lexique. La brochure doit également permettre au lecteur de lui fournir les sources pour aller plus loin et élargir ses connaissances, une bibliographie est donc recommandée. Finalement, la présence de pages blanches est très utile pour permettre au lecteur une prise de notes des informations qui l'auront marqué ou qui lui semblent importantes à retenir.

Et finalement, la **fusion** vise à toucher le plus large public possible. Pour ce faire, il est intéressant de proposer plusieurs niveaux de lecture en une brochure : privilégier un vocabulaire simple et des images colorées pour les enfants et se laisser la possibilité de plus approfondir un thème pour un public d'adultes avec plus de connaissances. Il est également possible de jouer avec les symboliques afin de délimiter les niveaux de lecture. Dans le domaine de la fusion, il est également important de lier l'espace et le temps : l'espace en jouant sur les échelles locales, régionales et nationales ; le temps en jouant sur les variations entre passé, présent et futur.

Tableau 3 Propositions sur les techniques scripto-illustratives utilisées dans les brochures didactiques relatives aux itinéraires touristiques. Dans Summermatter, 2003.

	Aspect général		Texte		Illustrations
	Global		Linguistique		
Une brochure de vulgarisation doit être...	brochure en plusieurs langues	explication claire des légendes	cohérence dans les phrases	bon rapport texte-illustrations	
...Familière et sécurisante	cotation des itinéraires par niveaux de difficultés uniformité avec les autres brochures de la région	explication claire des panneaux et de la signalétique mise en garde face aux dangers potentiels présence d'un lexique titres faciles à mémoriser	comparaisons multiples mots non abrégés présence de points de repères renvois marqués mais peu nombreux vocabulaire dépouillé de termes scientifiques	carte schématisée noir/blanc carte topographique couleur photo couleur profil altimétrique sentier comme fil conducteur	
...Fascinante	bonne utilisation de la page centrale brochure peu épaisse page de couverture accrocheuse et colorée papier de bonne qualité	encadrés nombreux, situés en marge du texte légendes explicites, situées en marge ou texte mention d'autres idées de balades préface d'une personne célèbre titres suggestifs	caractères gras, soulignés ou en italique nombreuses métaphores et exagérations paragraphe courts et espacés style enthousiaste tailles, couleurs et types de polices différents vocabulaire insolite et accrocheur	évolution chronologique d'une histoire (film) graphique et schéma couleur mention des points de vue photo comparative passé/présent photo couleur pour un paysage photo noir/blanc pour un personnage photo panoramique couleur à la page centrale symbole ou logo de la région calque ou transparent	
...Fidèle à la réalité		faire une synthèse sans pertes d'informations pas d'emphase dans les titres soutir du détail	bonne coordination des phrases explications sous forme de paraphrases l'imprégnité des explications style descriptif vocabulaire concret et honnête	carte topographique couleur dessin photo noir/blanc ou couleur	
...Fonctionnelle	brochure divisée en stades, stations ou points brochure utile sur le terrain brochure, éventuellement dépliant couverture cartonnée et flexible explication claire de l'accès au lieu touristique format ni trop grand ni trop petit (poche, max. A5)	mention des possibilités de logement et de restauration mention du prix et des horaires des moyens de transport mention du temps de marche présence d'une table des matières uniformité de présentation au niveau des itinéraires	caractères gras grande police de caractères phrases courtes vocabulaire clair et précis	graphique noir/blanc illustrations autonomes organigramme schéma noir/blanc ou couleur tableau synthétique	
...Formatrice	pages blanches pour la prise de notes personnelles	diversification des thèmes, pluridisciplinarité explication claire des méthodes utilisées mélange des thématiques (< 5) tout au long du sentier présence d'un lexique présence d'une bibliographie sommaire renvoi vers d'autres sites de la région	enchaînements logiques et progressifs mots utiles et bien pensés nombreuses comparaisons quelques terminologies scientifiques style descriptif puis explicatif vocabulaire initiatique	carte géomorphologique et géologique dessin de coupes et profils géologiques graphique noir/blanc ou couleur photo couleur accompagnée d'un montage explicatif photo couleur et dessin comparatif schéma didactique noir/blanc ou couleur surcharge d'une photo couleur	
...Fusionnelle	approche nationale -> régionale -> locale illustration à la fois du passé, du présent et du futur présence de pages publicitaires	approfondissement d'un thème accrocheur cotation des événements mention de sites internet notices historiques, textes en patois pensées d'auteurs classiques titres mi-sérieux mi-opaques	mots images vocabulaire ludique	ancien texte photocopié ancienne photo noir/blanc dessin noir/blanc et/ou couleur photomontage couleur plan archéologique schéma et montage explicatifs couleur	

4. Terrain d'étude

4.1. Cadre géographique

Les Val Ferret et d'Entremont sont deux **vallées alpines** et se situent dans le canton du Valais en Suisse. Ces dernières regroupent les communes d'Orsières, Liddes et Bourg-St-Pierre. Elles possèdent toutes les deux des montagnes de haute altitude avec comme points les plus élevés l'Aiguille d'Argentière (3897 m), Le Mont Dolent (3820 m), le Mont Vélan (3726 m) et le Combin de Grafneire (4314 m). Le point le plus bas se situe à La Douay, juste au nord du village d'Orsières, avec une altitude de 819 m. Ces deux vallées présentent donc des dénivelés importants et possèdent des environnements très variés : des environnements glaciaires, périglaciaires, des zones de pâturages et des zones de forêts sont remarquables. De par leurs altitudes potentiellement élevées, des glaciers sont présents dans les deux vallées, comme par exemple le glacier d'Orny et le glacier de Saleinaz dans le Val Ferret ainsi que le glacier de Valsorey dans le Val d'Entremont. Deux rivières principales s'écoulent dans le Val d'Entremont et le Val Ferret qui sont respectivement la Dranse d'Entremont et la Dranse de Ferret.

En ce qui concerne **l'impact anthropique** dans ces vallées, il est possible de voir sur la carte (Figure 13) que le Val d'Entremont est plus touché. En effet, c'est dans cette vallée que se trouve la route qui mène au tunnel et au col du Grand-St-Bernard. Le barrage des Toules est également présent dans la vallée, ce qui influence le paysage et la dynamique de la Dranse d'Entremont. La pression anthropique (route et barrage) peut avoir des effets sur la nature environnante et le paysage. En comparaison, le Val Ferret est moins impacté. Plusieurs villages dont le principal - La Fouly - s'y trouvent mais l'urbanisation reste très faible. Des ouvrages hydroélectriques sont aussi présents comme les prises d'eau de La Fouly et de Praz-de-Fort (Theiler, 2004), ainsi que plusieurs cabanes de montagne.

Les itinéraires de randonnées concernés par cette étude sont répartis sur les deux vallées. Deux d'entre eux se trouvent dans le Val Ferret, un autre passe d'une vallée à l'autre et le dernier se situe dans le Val d'Entremont (Figure 13). Tous les parcours empruntent des sentiers pédestres balisés, soit jaunes, soit rouge et blanc ⁶.

En ce qui concerne **la démographie**, la population des trois communes a légèrement augmenté en passant de 3185 à 4067 habitants entre 1981 et 2018⁷. C'est la commune d'Orsières qui est la plus peuplée avec 3119 habitants en 2018. Bourg-Saint-Pierre est, quant à elle, la moins peuplée avec 181 habitants. Cette commune a même vu décroître sa population de 205 à 181 habitants entre 1981 et 2018.

Ces communes sont, depuis très longtemps, des lieux de passage importants pour la circulation entre le nord et le sud des Alpes, notamment grâce au col du Grand-Saint-Bernard. Une **activité économique** liée au transit de personnes et de marchandises a pu voir le jour. À partir du 20^{ème} siècle, avec l'émergence du ski, c'est le tourisme qui devient le pôle économique de la région.

⁶ Les sentiers balisés en jaune sont les sentiers les plus accessibles, ils ne présentent pas (ou très peu) de difficultés pour les randonneurs et peuvent être empruntés sans équipement particulier. Les sentiers balisés en rouge et blanc sont des sentiers de randonnée alpine. Le sentier peut être technique et exposé. Les randonneurs doivent avoir le pied sûr et avoir de bonnes chaussures et un équipement de randonnée adéquat (Suisse Rando, 2020 : www.randonner.ch)

⁷ Office fédéral de la statistique : www.bfs.admin.ch/

Aujourd'hui, dans les Vals Ferret et d'Entremont, le tourisme est toujours le centre de l'économie grâce aux stations de ski et au tourisme estival avec les randonnées, le vélo et d'autres activités sportives.

Le secteur hydroélectrique est également remarquable et consiste en une ressource économique pour la région. Il est cependant moindre en comparaison avec le secteur du tourisme.

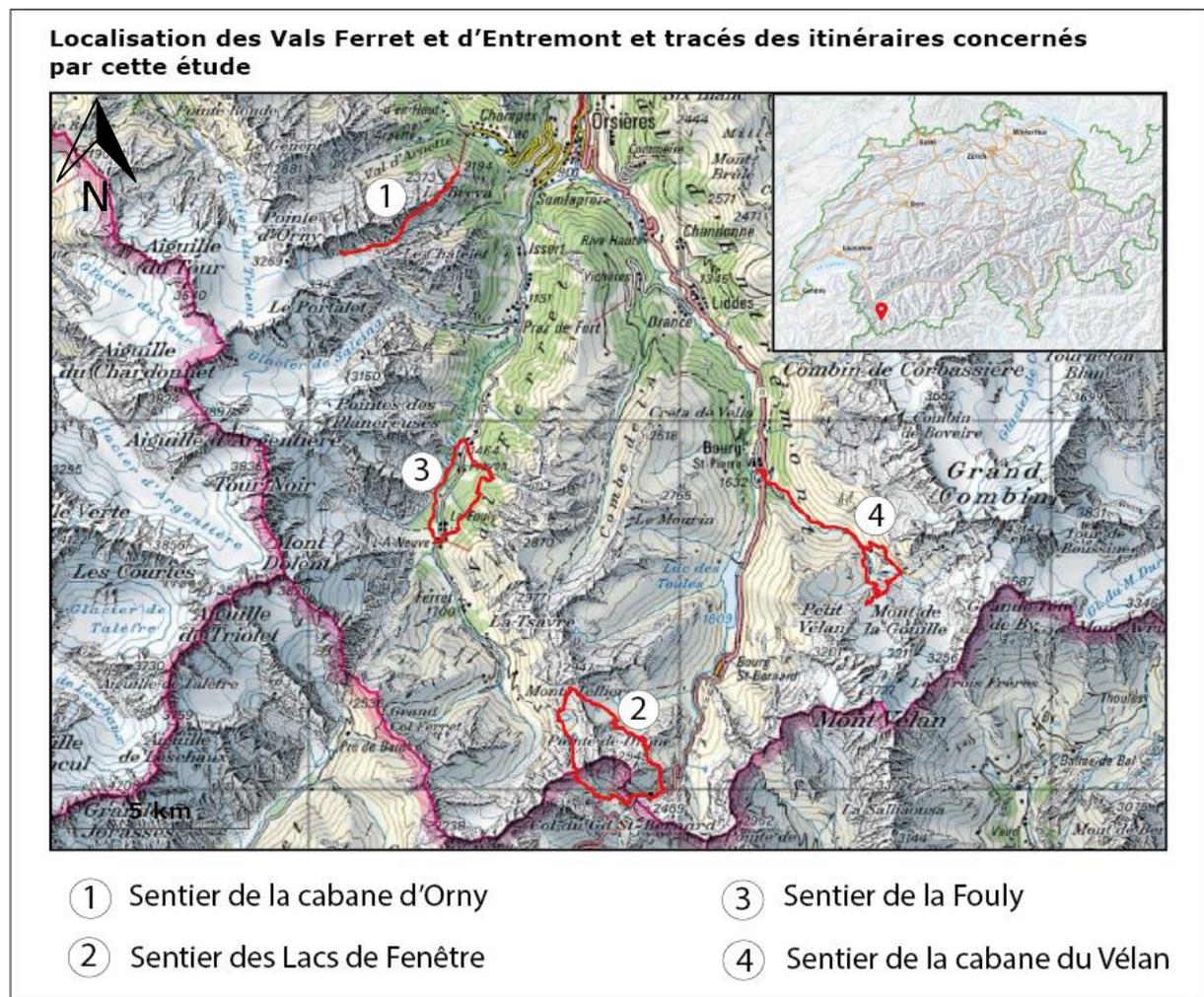


Figure 13 Carte de la région d'étude avec le tracé des itinéraires. Source des cartes : map.geo.admin.

4.2. Cadre climatique

En Valais, le climat est de type continental car ce dernier bénéficie d'un effet d'abri grâce à la chaîne des Alpes (Bouët, 1972). Cependant, dans la zone d'étude, il varie fortement selon l'emplacement exact. En effet, l'exposition et l'altitude jouent des rôles primordiaux sur les températures et les précipitations.

Les Vals Ferret et d'Entremont ne possèdent pas de stations météorologiques avec des données libres de MétéoSuisse. Ici c'est la station d'Evolène/Villa qui est utilisée pour décrire leur climat dans les vallées. Cette station est basée dans le Val d'Hérens, située deux vallées à l'est de la zone d'étude et possède des caractéristiques d'altitude et d'exposition semblables aux villages des Vals Ferret et d'Entremont⁸. Au col du Gd-St-Bernard il en est tout autre. Cette station est à la limite entre le nord et le sud des Alpes. Il faut donc être vigilant en voulant se baser sur ces données pour caractériser le climat des zones d'altitude (sommets, cols) des Vals Ferret et d'Entremont qui sont eux clairement au Nord des Alpes.

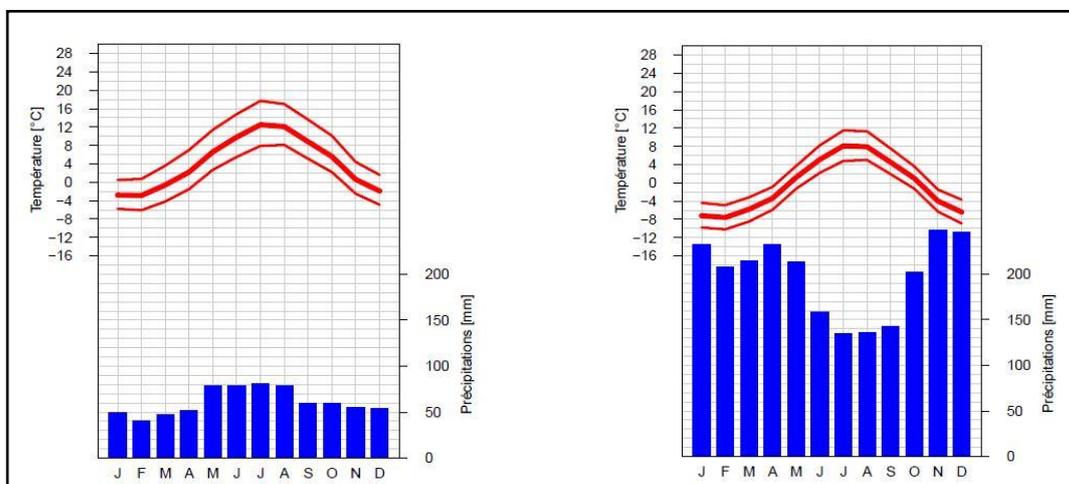


Figure 14 Climatogrammes pour les stations d'Evolène/Villa (à gauche) et du Grand-St-Bernard (à droite) pour la période de référence 1981-2010. MétéoSuisse, (2020).

Sur les climatogrammes (figure 14), il est possible de visualiser les différences climatiques des vallées (correspondant à la station d'Evolène/Villa) et des sommets/cols (correspondant à la station du St-Bernard). Ces derniers se basent sur la période de référence 1981-2010.

Les vallées sont moins arrosées (précipitations annuelles moyennes : 736mm) et l'on constate une légère baisse des **précipitations** en hiver. Au niveau de la station du Grand-St-Bernard, les précipitations sont triplées, voire quadruplées selon la saison (précipitations annuelles moyennes : 2368mm), en comparaison avec les vallées. Au contraire de ces dernières, une baisse des précipitations est constatée en été.

En ce qui concerne **les températures**, les vallées et le col ont les deux une variabilité annuelle de 16 degrés. Les températures sont évidemment plus basses au col (moyenne : -0.6) que dans les vallées (moyenne : 4.2)

⁸ Il est toutefois important de préciser que le Val d'Hérens, plus à l'est que le Val Ferret, possède un climat légèrement plus continental. De ce fait, le Val Ferret est plus arrosé.

Compte tenu des températures et des précipitations le col du Grand-St-Bernard reçoit une très grande quantité de neige. Cette dernière tient longtemps, jusque début juillet environ. Les vallées reçoivent, elles aussi, une bonne quantité de neige (neige fraîche annuelle moyenne : 311cm). (MétéoSuisse, 2020)

Les événements extrêmes ne sont pas rares dans la zone d'étude (Gabioud, 2008). On pense notamment à l'effondrement de la moraine du Dolent en 1990 qui a entraîné une lave torrentielle contenant plus de 40'000 m³ de matériaux jusqu'aux abords de La Fouly, heureusement sans faire trop de dégâts (Lugon & Monbaron, 1998).

Un système torrentiel est également présent dans le Val Ferret, non loin du village de La Fouly (Maillard, 2009). À cause des coulées de laves torrentielles fréquentes dans le secteur, il arrive souvent que la route principale du Val Ferret soit coupée à cause de laves torrentielles qui emportent les ponts. Des ponts fusibles, emportés lors de grandes laves torrentielles et des feux de signalisations pouvant stopper la circulation sont d'ailleurs présents sur la route principale (figure 15 et 16).

Les changements climatiques opérant actuellement dans les Alpes ont évidemment des conséquences sur les événements extrêmes. L'élévation des températures couplée à une augmentation des précipitations ont pour effet une intensification des processus géomorphologique, dont les laves torrentielles qui sont particulièrement destructrices (Beniston et al. 2007 ; Beniston, 2005).



Figure 15 Pont amovible sur la route principale du Val Ferret. Photo: A.Pugin.



Figure 16 Feu de signalisation sur la route principale du Val Ferret. Photo: Google map, street view.

4.3. Cadre géologique

La zone d'étude présente une géologie très variée et complexe (figure 17). Ceci est notamment dû au fait que deux domaines soient en contact : **le domaine helvétique à l'ouest et le domaine pennique à l'est**. Les unités géologiques suivent plus ou moins la même orientation qui est SSW-NNE. Le Val Ferret suit la direction des unités géologiques. Le Val d'Entremont suit l'orientation de la nappe du Grand-St-Bernard dans un premier temps puis s'oriente entre Bourg-St-Pierre et Liddes SSE-NNW et coupe au travers de la zone Houillère et de la zone Sion-Courmayeur (Maillard, 2009).

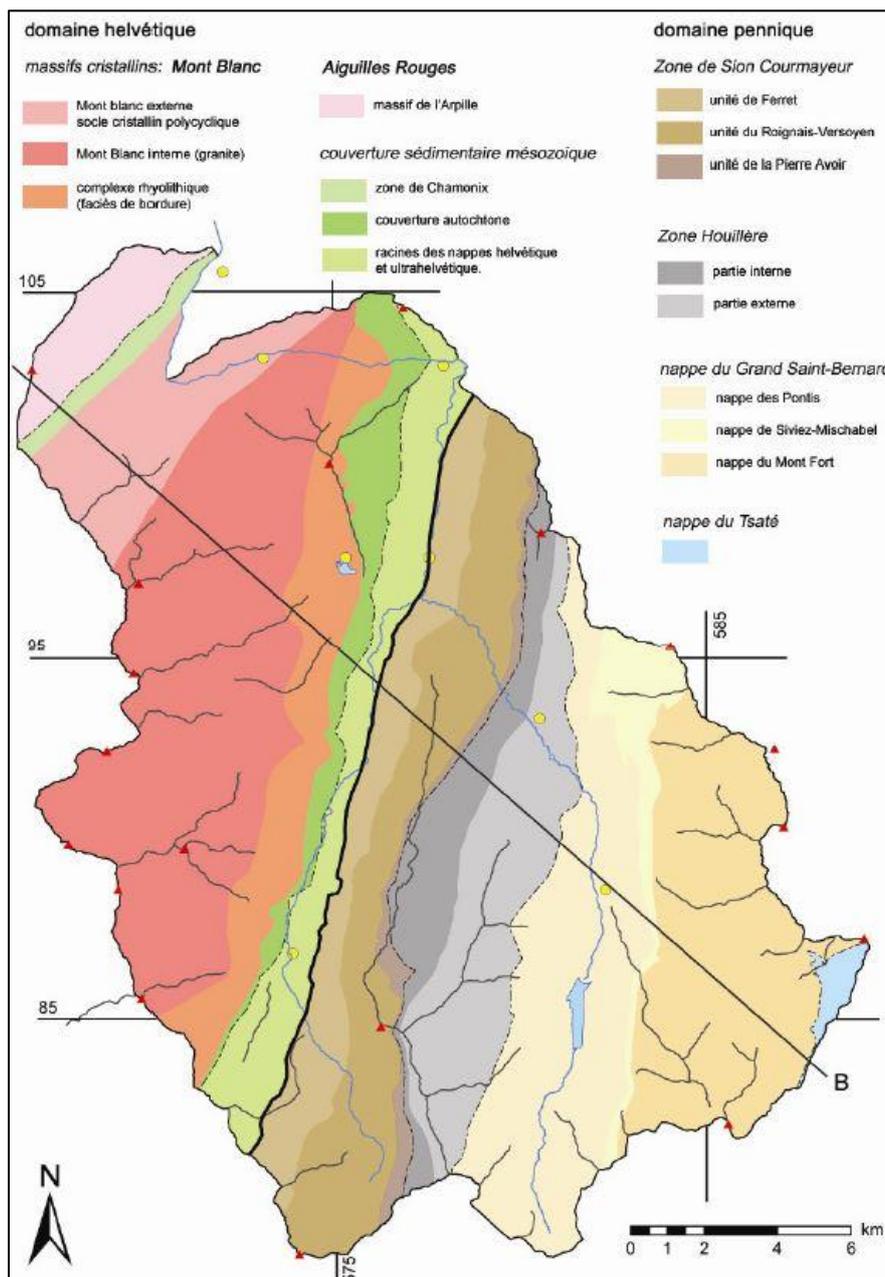


Figure 17 Carte géologique simplifiée des Vals Ferret et d'Entremont. Source : Maillard, 2009.

Tout à l'ouest, dans le domaine helvétique, se trouve **le massif cristallin du Mont Blanc** où les altitudes sont élevées et la topographie très escarpée. Il est composé principalement de granite. Ce dernier a permis d'établir des correspondances dans l'histoire glaciaire, puisqu'en effet, des blocs erratiques de granite ont pu être retrouvés plus bas dans les vallées et certains d'entre eux ont même été transportés jusque sur les abords de la chaîne du Jura. (Burri, 1974).

Plus à l'est, en vert, se trouve une **zone sédimentaire liée au domaine helvétique** qui recouvre la région entre la Fouly et Sembrancher, aux abords et au fond de la vallée. Cette zone est composée de marnes et de calcaires (Burri, 1974).

Ensuite se trouve **la zone de Sion-Courmayeur et ses sous-unités de Ferret, de la Pierre Avoir et du Roignais-Versoyen**. Elle est composée de schistes sombres et de calcaires gréseux (Burri, 1974). Ces lithologies sont très sensibles à l'érosion et suite à cette érosion, beaucoup de matériel a été transporté vers le bas et a créé de grands cônes de déjection (Burri et al. 1992). Ces derniers sont particulièrement visibles dans le Val Ferret entre les villages de La Fouly et de Prayon.

En contact direct avec la zone Sion-Courmayeur se trouve **la zone Houillère**. Cette dernière se compose d'une partie interne composée de calcaires dolomitiques et d'une partie externe composée de schistes noirs et de grès sombres. Ces deux parties sont en contact dans la combe de l'A et s'allongent au sud jusqu'à la Pointe de Drône. Leur contraste offre un rendu paysager particulièrement intéressant (Summermatter, 2002).

Finalement à l'est de la zone d'étude se trouve **la nappe du Grand-St-Bernard et ses sous-unités : la nappe des Pontis, la nappe de Siviez-Mischabel et la nappe du Mont Fort**. La nappe du Grand-St-Bernard est caractérisée par son faciès détritique composée de conglomérats, de grès et de quartzites (Burri, 1974).

La nappe des Pontis est composée de gneiss et de schistes mais également de quartzites (Burri & Maro, 1992). La nappe de Siviez-Mischabel est, elle, de gneiss, de schistes et d'amphibolites (Escher, 1988) mais également de quartzites conglomératiques (Burri & Maro, 1992). Finalement, la nappe du Mont-Fort se compose de gneiss, de micaschistes et de gneiss albitiques (Burri & Maro, 1992).

4.4. Cadre géomorphologique

Le contexte géomorphologique de la zone d'étude est très varié. Plusieurs types de formes y sont présentes comme des formes glaciaires, périglaciaires, gravitaires et fluviales et, de par la géologie variée de la région, il est logique de trouver diverses formes structurales. Une partie de la géomorphologie est répertoriée dans l'inventaire de Benoit Maillard (2009). Cet inventaire ne présente cependant pas une liste exhaustive des formes géomorphologiques de la région.

4.4.1. Processus glaciaires

Les Vals d'Entremont et de Ferret possèdent de nombreuses formations glaciaires (exemples figure 18). Pour le Val Ferret c'est le côté ouest de la vallée (dans le massif du Mont-Blanc) qui est concerné. Ses hautes altitudes et son climat humide ont permis aux glaciers de s'y former et de perdurer jusqu'à aujourd'hui. Dans le Val d'Entremont, c'est dans le secteur du Mont Vélan que se trouvent les glaciers. Les processus glaciaires ont été et sont toujours très présents dans les deux vallées et donnent ou ont donné naissance à une multitude de formes telles que les roches moutonnées, les moraines, les blocs erratiques ou encore des vallées en auge (Maillard, 2009). Certaines de ces formes permettent de retracer l'histoire glaciaire régionale, c'est le cas de la moraine de Saleinaz ou les blocs erratiques de Plan Bleu.

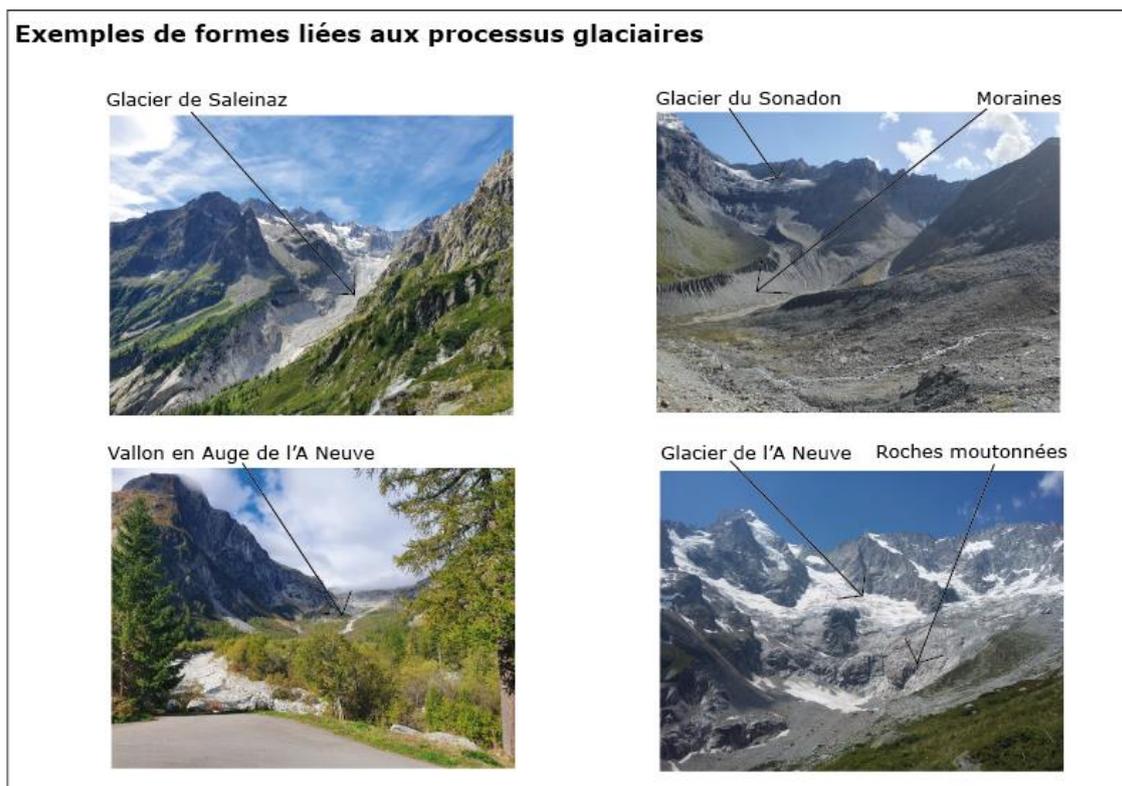


Figure 18 Exemples de formes liées aux processus glaciaires dans les Vals Ferret et d'Entremont.

Sur l'ensemble de la zone d'étude une belle variété de glaciers est présente. On retrouve un glacier de vallée tel que le glacier de Saleinaz, des glaciers de cirque tel que celui de l'Aneuve, un glacier suspendu, celui de Sonadon ou encore une calotte glaciaire qui recouvre le Mont Vélan (Maillard, 2009).

4.4.2. Processus périglaciaires

Le climat très humide de l'ouest, dans le massif du Mont Blanc, et ses parois très escarpées ne laissent que très peu de place au développement d'éléments périglaciaires. En revanche, à l'est, à l'intérieur des vallées, le climat plus continental y est plus favorable (exemple figure 19). On retrouve notamment des fronts de glaciers rocheux fossiles jusqu'à 2250 m en orientation nord-est et à 2550 m en orientation sud ainsi que des fronts de glaciers rocheux encore actifs à 2550 m en orientation nord-est et à 2700 m en orientation sud (Delaloye & Morand, 1997 ; Maillard, 2009).



Figure 19 Exemple de forme liée aux processus périglaciaire. Glacier rocheux dans le Val d'Entremont.

4.4.3. Processus gravitaires et fluviaux

Les processus gravitaires et fluviaux sont eux aussi bien présents dans la zone d'étude (exemples figure 20). On retrouve par exemple un grand nombre d'éboulis au bas des parois rocheuses. Des cônes de déjection provenant des hauteurs se trouvent dans les fonds de vallée. Ils sont reliés par des ravines qui sont empruntées par les écoulements, les laves torrentielles ou encore les avalanches en hiver. Ce processus est particulièrement présent par exemple au nord de la Fouly sur le versant est de la vallée, où un système de ravines est en place et où de nombreuses laves torrentielles y transitent.

Deux rivières principales s'écoulent dans la zone d'étude. Il s'agit de la Dranse de Ferret et de la Dranse d'Entremont. Ces dernières se rejoignent à Orsières pour prendre le nom de Dranse d'Entremont. Ces deux cours d'eau sont influencés par divers ouvrages hydroélectriques, le plus grand d'entre eux étant le barrage des Toules dans le Val d'Entremont (Theler, 2004 ; Maillard, 2009).

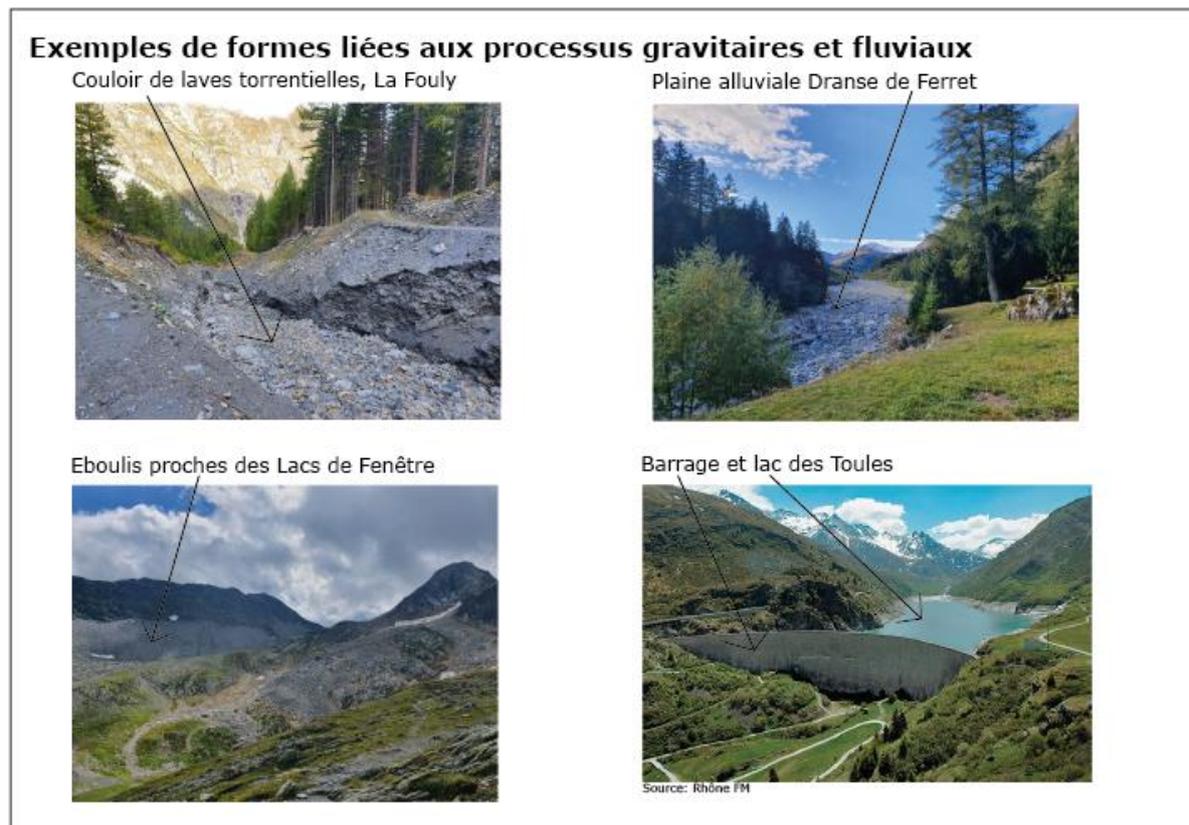


Figure 20 Exemples de formes liées aux processus gravitaires et fluviaux. Dans les Vals Ferret et d'Entremont.

4.5. Histoire glaciaire

La zone d'étude est riche en histoire glaciaire, elle a subi de grandes transformations dues à l'avancement et au recul des glaciers et ces derniers ont laissés des traces. Burri (1974) retrace l'histoire des glaciers des vallées des Dranses en classifiant des catégories de moraines :

- Les stades historiques
- Les stades des moraines intermédiaires
- Les stades des moraines basses
- Les phénomènes antérieurs

Les stades historiques

Les stades historiques correspondent aux dernières avancées des glaciers lors du Petit Âge Glaciaire (fin XVI - milieu XIX). Les caractéristiques principales de ces moraines sont que les vallums morainiques ne sont distants que de quelques mètres. La partie externe de la moraine est déjà partiellement végétalisée alors que l'intérieur ne l'est pas. À ce moment les glaciers sont déjà en altitude dans les vallons latéraux. On retrouve ce type de moraines par exemple à Valsorey, où elles sont encore très bien conservées (Burri, 1974).

Les stades des moraines intermédiaires

Une deuxième série de moraines sont présentes plus en aval dans les vallées. Ces dernières correspondent à la période du Daun ou de l'Egesen durant le Tardiglaciaire. À ce moment-là les glaciers s'étendent jusque dans le fond des vallées. Plusieurs témoins sont présents tels que la moraine de Saleinaz qui coupe le Val Ferret perpendiculairement (Burri, 1974).

Les stades des moraines basses

Les moraines basses sont plus anciennes mais datent elles-aussi du Tardiglaciaire. Les fronts de moraines se trouvent dans le bas des vallées. Dans les Vals Ferret et d'Entremont ce sont d'autres formes qui sont visibles telles que la terrasse de Liddes, construite grâce au glacier de Ferret qui faisait barrage aux écoulements dans le Val d'Entremont et où les sédiments se sont accumulés. Les moraines de Champex datent, elles aussi, de cette époque (Burri, 1974).

Les phénomènes antérieurs

Avant cela, plusieurs témoins montrent que les glaciers remplissaient les deux vallées jusqu'à une altitude d'au moins 2000 m⁹. La carte ci-dessous (figure 21) montre leur étendue sur la zone d'étude.

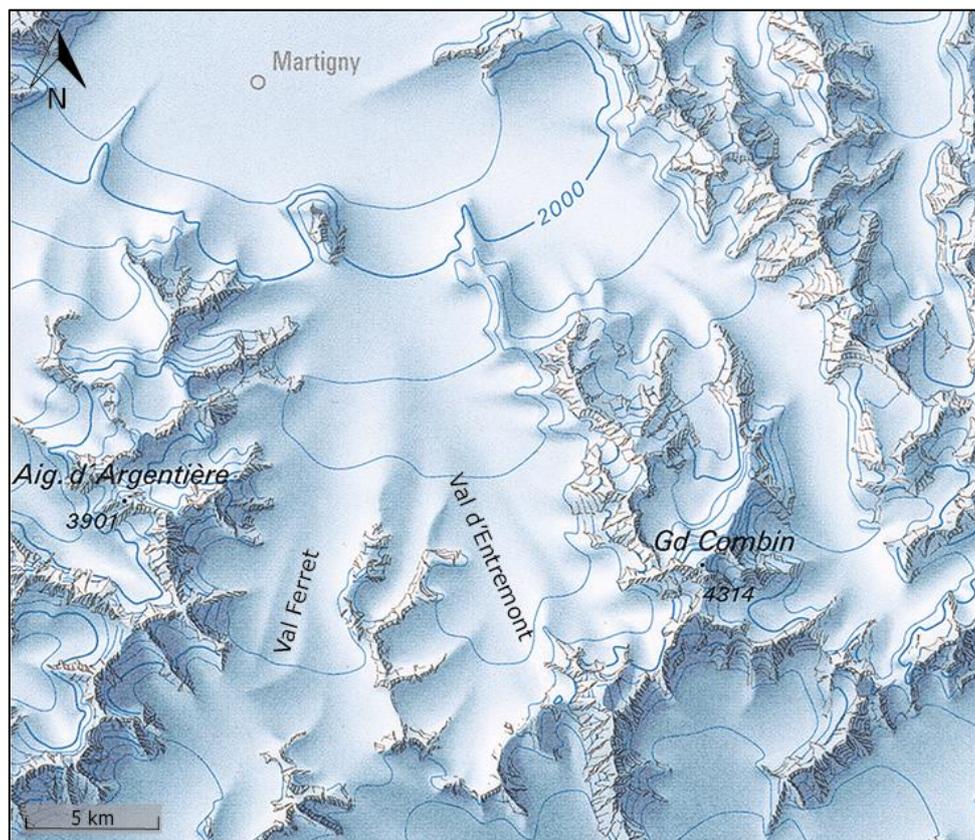


Figure 21 Carte de la zone d'étude lors du dernier maximum glaciaire. C. Schlüchter, 2009, modifié par A.pugin.

⁹ La carte de C. Schlüchter, ci-dessus, montre l'extension du dernier maximum glaciaire. Elle est consultable en détail sur map.geo.admin.ch.

4.6. Sentiers géotouristiques déjà présents

Le secteur du géotourisme est en plein essor. Des sentiers didactiques sont déjà présents dans de nombreuses régions et la Suisse ne fait pas exception. Plus précisément, dans la zone d'étude de ce travail, plusieurs produits géotouristiques existent déjà. C'est le cas notamment du sentier géologique de la combe de l'A et de la série de sentiers didactiques « Charlotte la Marmotte » qui sont présents dans la zone d'étude à La Fouly et à Champex.

Charlotte la marmotte à la Fouly et à Champex

La série de brochures « Charlotte la Marmotte » a été développée par l'office du tourisme du Pays du St-Bernard (Charlotte la Marmotte, 2020). Ces dernières sont destinées principalement aux enfants et traitent de sujets variés concernant l'environnement. Les supports utilisés sont des panneaux fixes sur le terrain et un petit dépliant. Les panneaux fournissent les informations et dans les dépliants se trouvent des questions auxquelles les enfants doivent répondre. Ce mode de fonctionnement est particulièrement attractif pour les enfants car l'apprentissage se fait sous forme de jeu. La personnalisation de la marmotte donne une dimension encore plus ludique et attire les enfants.



Figure 22 logo de Charlotte la Marmotte. Charlotte la Marmotte (2020).

Le contenu est également très varié. Le texte est limité mais beaucoup d'images et de schémas sont disponibles. Des appareils audios sont disponibles afin d'écouter divers sons tels que les bruits des animaux. La nature des panneaux est aussi très variée puisque certains se présentent sous forme de jeux. La variété du contenu est très importante pour l'aspect attrayant du produit (figure 23).

Pour ce qui est de l'accessibilité au produit, les panneaux sont à l'extérieur. En ce qui concerne les brochures avec les questions, elles sont disponibles dans les offices du tourisme de la région.



Figure 23 Exemple de panneau didactique (à gauche) et d'un jeu (à droite) tirés du parcours Charlotte la Marmotte à La Fouly. Charlotte la Marmotte (2020).

Sentier géologique de la combe de l'A

Le sentier de la Combe de l'A se concentre sur les aspects géologiques et géomorphologiques de la région (La Combe de l'A, 2008) Ce parcours a été réalisé par Randonature, qui est spécialisé dans ce genre de sentier didactique. Il débute à Liddes jusqu'au col du névé de la Rouse. Le support se limite à une brochure, il n'y a pas de panneaux explicatifs le long de l'itinéraire. La brochure est composée de textes et de photographies (figure 24). En comparaison avec les sentiers de Charlotte la Marmotte, le sentier de la Combe de l'A est moins ludique. Il donne les informations nécessaires à la compréhension et à l'interprétation du paysage mais est moins interactif et potentiellement moins attractif pour les enfants. Il est important de souligner ici que de par la nature de l'itinéraire, qui possède un gros dénivelé et une longue distance, le type de public n'est pas le même que celui de Charlotte la Marmotte. Le contenu est donc forcément différent.

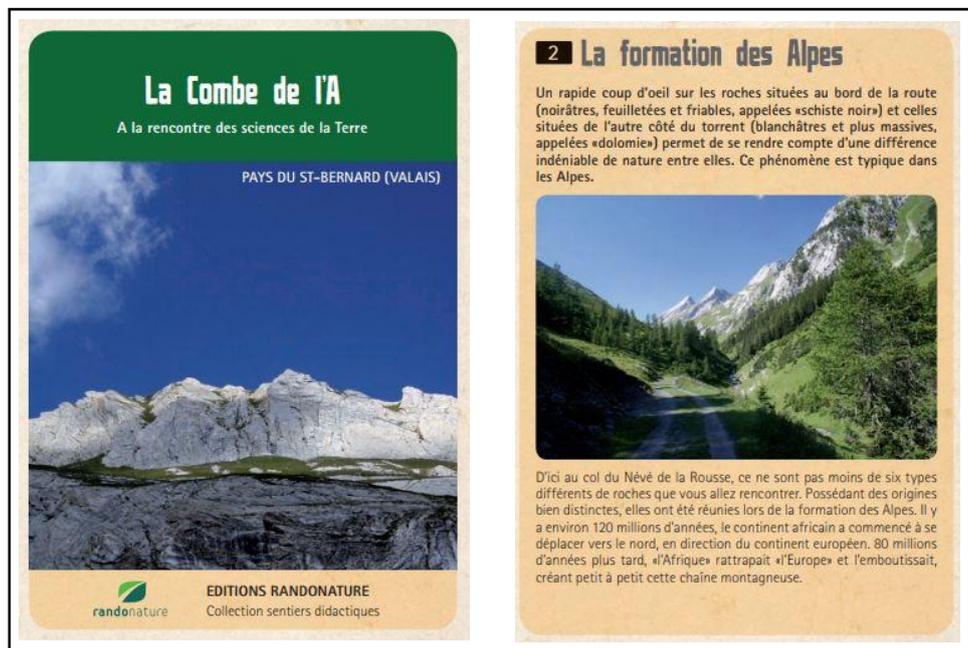


Figure 24 Couverture de la brochure du sentier de la Combe de l'A (à gauche) et un exemple de page (à droite). La combe de l'A (2008).

Toujours dans la combe de l'A, Nicolas Summermatter (2002) a, suite à son travail de mémoire, réalisé un sentier didactique intitulé : « La Combe de l'A: une plage de 240 millions d'années au milieu de nos montagnes! ». Ce sentier possède une brochure comme support et aborde les thèmes de géomorphologie et d'histoire géologique.

Autres sentiers dans la région

D'autres sentiers sont également présents dans la région. Il y a notamment le sentier des éperviers qui relie Liddes et la cabane de Mille et qui traite de la faune locale (Sentier des éperviers, 2020). D'autres mémoires ont également été réalisés dans la région. C'est le cas du mémoire de Benoit Maillard qui consiste en un inventaire de géomorphosites mais qui contient également quelques propositions de valorisation (Maillard, 2009). Le mémoire d'Elodie Bouvier a également consisté en la création d'itinéraires et de brochures didactiques, juste dans la vallée voisine, dans le Val de Bagnes (Bouvier, 2015).

5. Application de la méthode de Martin et al.

Dans ce chapitre est appliquée la méthode de Martin et al., décrite dans le chapitre 3.1. Les résultats sont divisés en deux parties. La première explique la méthodologie qui a été appliquée afin d'acquérir une base de données d'informations. La deuxième montre les choix qui ont été faits pour les quatre sphères que proposent Martin et al. : le site, le public, le support et le message. La figure 25 schématise la démarche utilisée dans ce chapitre.

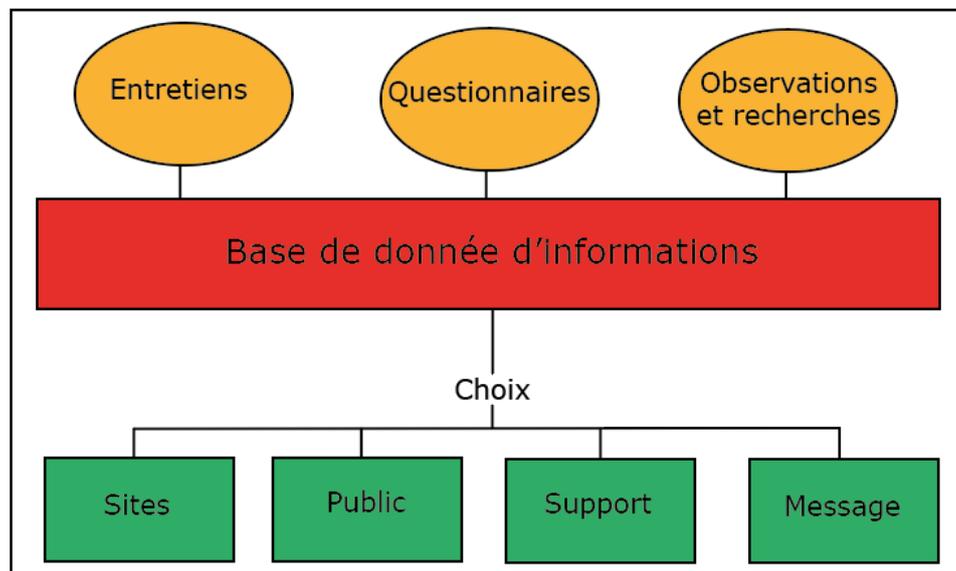


Figure 25 Schéma de la démarche d'application de la méthode de Martin et al.

5.1. Études menées

5.1.1. Entretiens

Afin de répondre au mieux aux attentes et de cerner des connaissances du public, rien de plus efficace que de se renseigner simplement auprès des randonneurs. Une première série d'entretiens ont eu lieu directement sur le terrain. Il s'agissait de brèves discussions avec **des randonneurs rencontrés sur les itinéraires de randonnée pédestre des Vals Ferret et d'Entremont**. Au total, 5 personnes ont répondu aux questions. Elles étaient regroupées en trois catégories : des questions sur eux-mêmes (âge, profession), des questions sur eux-mêmes en lien avec la randonnée (quelles sont leurs pratiques, la durée de leurs randonnées, les difficultés), et finalement sur eux-mêmes et leurs connaissances de la montagne (connaissances scientifiques de l'environnement alpin et intérêt dans ce domaine). Une question portait également sur leur rapport à la technologie dans le but de définir par la suite le support le mieux adapté. Les résultats ont montré que les randonneurs étaient d'âges, d'origine, de niveaux de connaissances et de capacités physiques variés. Quatre des cinq personnes interrogées ont manifesté de l'intérêt pour les sciences de la Terre, ce qui donne de la valeur à ce projet. Le cinquième randonneur ne s'est pas montré désintéressé par ce domaine mais a mentionné avoir un plus grand intérêt pour la pratique du trail que pour les sciences de la Terre. Le but de ces entretiens a principalement été d'obtenir des informations sur le public de randonneurs présents sur les itinéraires qui ont été envisagés pour ce mémoire. Des renseignements sur leurs connaissances en sciences de la Terre, sur leurs attentes d'un tel projet ou encore sur leur condition physique permet de définir au mieux le public cible par la suite.

Ensuite, des entretiens avec plusieurs acteurs de la région ont été menés. C'est tout d'abord **Monsieur Gaétan Tornay, directeur du Pays du St-Bernard**, qui a accepté de répondre aux questions et de transmettre ses connaissances. En tant que directeur de l'office du tourisme de la région, ses conseils ont été précieux pour toutes les questions sur les aspects touristiques, notamment sur les pratiques des randonneurs : d'où ils viennent, ce qui les attirent, comment ils se déplacent dans la région, quelles activités ils pratiquent, quelle est la durée de leur séjour et surtout, ce qui est particulièrement intéressant pour ce travail de mémoire, quels chemins de randonnée ils empruntent. Sur ce sujet, plusieurs itinéraires sont particulièrement fréquentés. C'est le cas de la Via Francigena qui remonte le Val d'Entremont et passe le col du Gd-St-Bernard. Il en va de même pour le tracé du tour du Mont Blanc qui arrive dans le Val Ferret par le Grand col Ferret, descend la vallée et la quitte au niveau de Champex, en direction de Trient.

Cet entretien a également permis d'avoir une vue d'ensemble sur ce qui se fait déjà dans la région en matière de géotourisme mais aussi sur les perspectives de développement envisageables sur l'offre géotouristique. La présence des deux itinéraires précédemment évoqués amène beaucoup de randonneurs dans la région mais ils ne font que transiter. L'office du tourisme a pour objectif de les garder plus longtemps et la création d'itinéraires didactiques est un outil étudié et envisagé. Finalement les itinéraires du mémoire ont été discutés. Des essais lui ont été présentés et M. Tornay a pu les évaluer sur la base de leur accessibilité, de leur fréquentation et de leur intérêt paysager. Suite à cette discussion, ses conseils ont été pris en compte et les parcours adaptés.

Cet entretien s'est révélé particulièrement intéressant et utile afin de définir par la suite les itinéraires (sites) ainsi que le public cible.

Le Club Alpin Suisse (CAS) a été contacté afin de pouvoir recueillir les témoignages de personnes ayant une excellente connaissance de la montagne. Deux entretiens ont eu lieu avec les présidents des sections de Martigny et de Monthey. Il a d'abord été question d'évaluer leur niveau de connaissances en sciences de la Terre, qui s'est révélé être excellent. Ce sujet a donc rapidement été passé pour laisser plutôt place à des conseils. En effet, les deux personnes interviewées connaissent très bien la région d'étude et ont pu renseigner particulièrement sur les aspects techniques des parcours proposés. Leurs conseils ont été précieux, notamment sur les questions de sécurité sur les parcours : l'accessibilité aux enfants et les précautions à prendre avant de s'y aventurer.

Dans le but d'avoir une vision supplémentaire sur le public fréquentant les itinéraires du mémoire et sur leurs pratiques, les gérants de **la cabane d'Orny** ainsi qu'une responsable **de l'Auberge de l'Hospice du St-Bernard** ont été contactés. Ces derniers ont permis de recueillir des informations précieuses sur les types de randonneurs qui transitent chez eux et sur les itinéraires qu'ils empruntent.

Le dernier entretien s'est déroulé avec **Monsieur Daniel Rosetti, enseignant et doyen à l'établissement scolaire de Vallorbe, Ballaigues, Vallon du Nozon**. Les enfants font aussi partie du public qu'il est possible de rencontrer sur les itinéraires de la zone d'étude et ces derniers ont des besoins et des intérêts différents des adultes. Le but de cet entretien était de pouvoir discuter d'une part de ce qui est enseigné aux enfants dans le domaine des sciences de la Terre, plus précisément sur la montagne et d'autre part d'évaluer l'intérêt des enfants pour la randonnée et la découverte d'un environnement de montagne. La discussion avec Monsieur Rosetti a permis de définir de manière globale ce qui intéresse le

plus les enfants selon leur âge (entre 10 et 15 ans), ce qui leur est enseigné à l'école à propos de la montagne, ce qui est important de privilégier dans l'élaboration de produits géotouristiques potentiellement utilisés par des enfants et enfin d'avoir une vision globale de leurs capacités physiques pour la randonnée.

Il est important de mentionner que suite à cette discussion, c'est une vision globale des connaissances et des capacités des enfants qui a été définie. Selon les pratiques des familles, les enfants peuvent avoir plus ou moins de connaissances dans ce domaine ou plus ou moins de capacités physiques en randonnée. Des questionnaires (décrits ci-dessous) ont été remplis par les élèves pour avoir des résultats plus précis.

5.1.2. Questionnaires

Des questionnaires ont été distribués dans les établissements scolaires d'Orsières et de Vallorbe afin d'étudier plus en profondeur les caractéristiques d'un public d'enfants, habitants dans et hors de la zone d'étude (cf. annexe 1). Ce dernier se divise en trois sections : toi, toi et la randonnée, toi et la montagne. Les résultats de ces questionnaires ont permis de recueillir des informations sur le lien des enfants avec la montagne et la randonnée et également sur l'intérêt qu'ils pourraient porter à un itinéraire didactique pour approfondir leurs connaissances en sciences de la Terre. Quelques connaissances ont été testées afin d'avoir un bref aperçu de ce qu'ils connaissent sur ce domaine.

Au final ce sont **119 questionnaires** (34 à Vallorbe et 85 à Orsières) qui ont été remplis par des enfants entre 10 et 15 ans.

En ce qui concerne les randonneurs, il a dans un premier temps été envisagé de procéder par questionnaires. Cependant une grande quantité de questionnaire était nécessaire afin que les résultats soient valables. Des entretiens, sous forme de discussions libres, ont donc finalement été privilégiés.

5.1.3. Observations personnelles

La recherche d'information ne s'est pas faite uniquement par le biais d'entretiens et de questionnaires mais également par la consultation **d'articles scientifiques, d'études ou de sites internet**. Les articles scientifiques et les études ont notamment servi pour se renseigner sur les caractéristiques scientifiques de la région telles que la géologie, la géomorphologie et le cadre climatique, ce qui a permis par la suite de sélectionner les sites et d'élaborer les itinéraires mais aussi de créer des liens entre les sites afin de définir le message à transmettre.

Les sites internet ont également été très utiles pour évaluer ce qui est en place dans la région d'étude pour les visiteurs, par exemple les accès, les propositions d'activités ou encore les offres de packs comme le « Pass du St-Bernard » qui propose des avantages sur les activités et sur les transports publics.

Différentes possibilités d'itinéraires ont également été testées. Ces essais ont permis d'évaluer la difficulté des parcours, car il est souvent difficile de se rendre vraiment compte de la technicité et de la durée d'un itinéraire uniquement sur le papier. Sur les parcours s'est aussi faite une observation des objets géomorphologiques pouvant être intéressants à valoriser, qui ne figuraient pas forcément dans les articles scientifiques et les rapports

d'étude. C'est également à ce moment que des photographies ont été prises afin d'alimenter les brochures.

Finalement les repérages de ces parcours ont permis d'observer les randonneurs qui s'y trouvaient, surtout si ces derniers étaient plutôt seuls, plutôt en groupe, en famille ou entre amis.

5.2. Résultats pour les quatre sphères

Afin de définir les quatre sphères, il faut commencer par une d'entre elles. Dans ce mémoire ce sont les sites qui ont été choisis en premier. Les autres sphères ont été définies par la suite.

5.2.1. Le site

Le choix de **la région d'étude** s'est fait sur la base de plusieurs facteurs. Les Vals Ferret et d'Entremont ont été choisis tout d'abord car ils présentent une géologie et des formes géomorphologiques variées ainsi que des environnements très dynamiques. Plusieurs travaux en lien avec le géotourisme ont déjà été réalisés dans la région, notamment celui de Candide Gabioud portant sur les risques géomorphologiques sur les sentiers pédestres du Val Ferret (Gabioud, 2008), et celui de Benoit Maillard qui consiste en un inventaire des géosites des Vals Ferret et d'Entremont (Maillard, 2009).

Ensuite cette région a également été choisie car elle est facile d'accès, autant en transports publics qu'en voiture. Il y a aussi déjà des infrastructures en place pour la randonnée tels que des sentiers balisés et entretenus, une structure de tourisme (Pays du Saint Bernard) et différentes installations tels que des télésièges. De plus, le directeur du Pays du St-Bernard a soulevé la volonté de garder les touristes dans les Vals Ferret et d'Entremont. Le parcours du tour du Mont Blanc a beaucoup de succès ; c'est même le produit phare de l'office du tourisme régional, mais les responsables touristiques aimeraient aussi que les gens restent dans ces vallées. Une valorisation de sentiers dans la région est donc la bienvenue.

Finalement, le choix de la zone d'étude s'est aussi fait sur un intérêt personnel pour cette région. C'est un endroit que j'affectionne particulièrement pour la beauté de ses paysages et je m'y rends souvent en été pour randonner ou courir.

Concernant **les itinéraires**, la région en regorge. Deux contraintes ont été fixées dès le départ afin qu'ils soient accessibles au plus grand nombre. La première est que la randonnée doit pouvoir être faite sur une journée et la seconde est que le dénivelé positif soit inférieur à 1000 m.

Les choix des itinéraires ont d'abord été influencés par l'inventaire de Benoit Maillard dans le sens où il a permis de repérer où se trouvaient les sites présentant un intérêt scientifique important. Dès lors, une première sélection d'itinéraires a été faite. Puis, suite à l'entretien avec M. Tornay et suite aux observations personnelles, cette sélection a été affinée pour ne garder que les parcours les plus fréquentés, susceptibles de toucher le plus de monde. Les choix finaux ont ensuite été approuvés par les membres du Club Alpin qui ont, en plus des côtés touristiques et scientifiques, relevé la valeur hautement paysagère de ces itinéraires. Ci-dessous, est présentée la modification apportée au parcours de la cabane d'Orny. La deuxième partie, depuis la cabane d'Orny jusqu'à Praz-de-Fort a été supprimée car jugée trop longue, trop technique et trop peu fréquentée (figure 26).

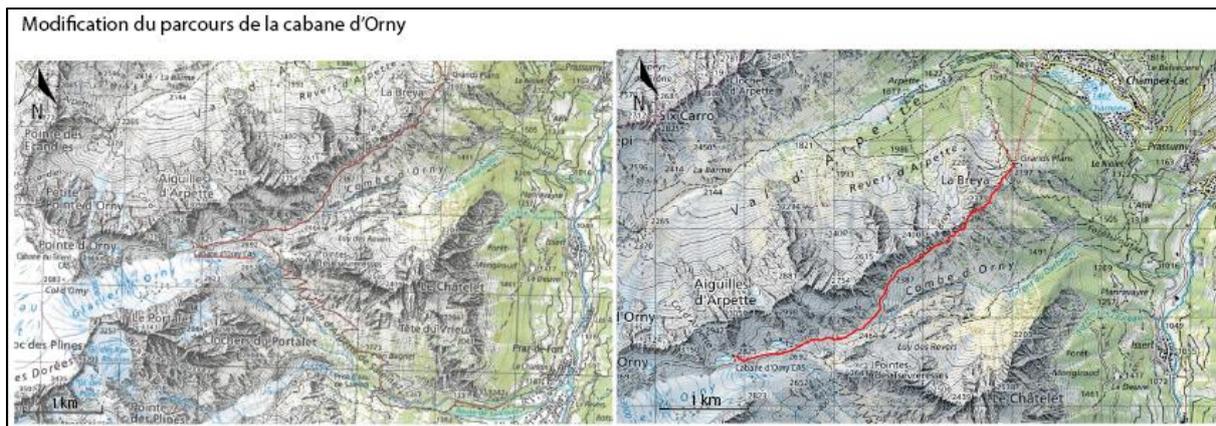


Figure 26 Itinéraire initialement proposé pour la brochure de la cabane d'Orny (à gauche), modifié suite aux entretiens et aux observations (à droite).

Le choix des **sites géomorphologiques** à valoriser s'est fait principalement lors des repérages des itinéraires, par le biais d'observations personnelles puis par l'approfondissement en recherchant des études sur ces objets. L'inventaire de Benoit Maillard a grandement contribué à cette étape. Il a été question de valoriser des objets faciles à repérer dans le paysage, avec une bonne lisibilité. Mais afin de satisfaire le besoin de capter l'attention du lecteur, le choix des sites s'est aussi, dans une moindre mesure, basé sur des caractéristiques esthétiques, tel que les sites ci-dessous qui possèdent des grandes valeurs scéniques, très appréciées des randonneurs (figures 27 et 28).



Figure 27 Vue sur un des lacs de Fenêtre.



Figure 28 Vue sur la vallée du Rhône depuis la Brea.

Les choix des objets géomorphologiques sont aussi en lien avec le choix du message. En effet, comme il a été décrit dans le chapitre 3, une brochure doit se concentrer sur un thème et ne pas être surchargée d'informations diverses. Les objets d'étude sont donc choisis en fonction du message défini.

Suite à ces réflexions, quatre parcours ont été retenus (figure 29).

Caractéristiques des parcours



Parcours de la cabane d'Orny

Distance: 4.5 km (4.5 km retour)
 Dénivelé: 628 m D+ (628 m D- retour)
 Difficulté: Balisé rouge et blanc
 Temps de marche: 2h (1h30 retour)
 +1h avec brochure



Parcours des Lacs de Fenêtre

Distance: 12.2 km
 Dénivelé: 960 m D+ 960 m D-
 Difficulté: Balisé rouge et blanc
 Temps de marche: 4h45
 + 1h avec brochure



Parcours de la Fouly

Distance: 7.9 km
 Dénivelé: 345 m D+ 345 m D-
 Difficulté: Balisé en jaune
 Temps de marche: 2h20
 +1h avec brochure



Parcours de la cabane du Vélán

Distance: 13.4 km
 Dénivelé: 981 m D+ 981 m D-
 Difficulté: Balisé en rouge et blanc
 Temps de marche: 5h15
 +1h avec brochure

Figure 29 Cartes et tracés des quatre itinéraires choisis.

5.2.2. Le public

Une fois les itinéraires définis, il a été question de définir le public cible pour le produit géotouristique. Chaque parcours possède des caractéristiques différentes (figure 29) et induit des publics différents. Cependant, le fait d'avoir posé des contraintes sur les parcours - randonnée faisable sur une journée et un maximum de 1000 m de dénivelé positif -, rend les parcours alpins tout de même accessibles à un plus large public qu'uniquement des randonneurs chevronnés.

Le public sur les parcours alpins possède une condition physique moyenne à bonne, c'est-à-dire qu'ils sont au moins capables de marcher plusieurs heures sur un parcours balisé avec de petits passages techniques. Des randonneurs occasionnels côtoient des randonneurs plus expérimentés. Sur le parcours de La Fouly, un public encore plus large est présent. Des randonneurs débutants, des familles, ou encore de bons randonneurs sont présents sur l'itinéraire. Ce qui ressort des entretiens et des observations est que beaucoup de familles et de groupes d'amis pratiquent la randonnée sur ces quatre itinéraires.

Les résultats des questionnaires remplis par les enfants montrent qu'en moyenne ils portent un intérêt au domaine des sciences de la Terre. Les résultats montrent aussi que les enfants habitant dans la région d'étude (Orsières et région) sont plus intéressés par ce domaine que des enfants vivant hors des Alpes (Vallorbe) (figure 30). Dans ces questionnaires, il est important de retenir que parmi les enfants, qu'ils habitent hors ou dans la zone d'étude, ce sont **ceux qui pratiquent de la randonnée qui sont les plus intéressés à en savoir plus dans ce domaine** (figure 30). Il est aussi important de sensibiliser les enfants et les jeunes aux problématiques en milieu alpin car ce sont eux qui auront par la suite à faire face aux conséquences des changements climatiques.

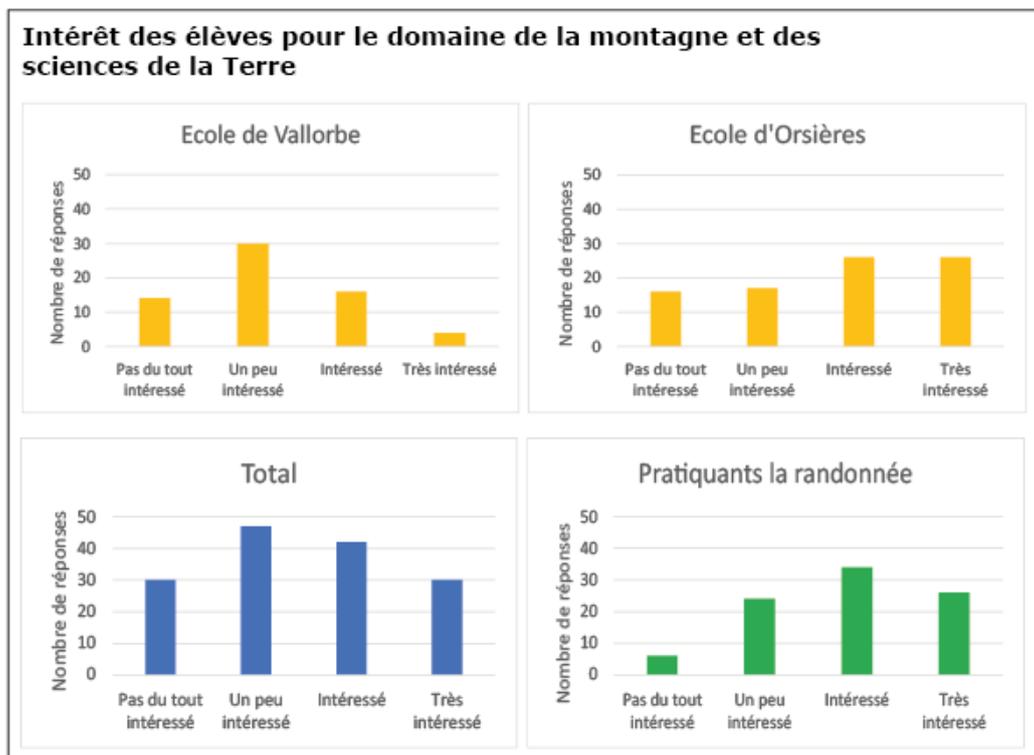


Figure 30 Résultats tirés des questionnaires distribués aux élèves sur la question : serais-tu intéressé à en savoir plus sur le domaine de la montagne et des sciences de la Terre ?

Le choix s'est donc orienté pour les 4 parcours vers **un public familial, non-spécialiste du domaine, avec des capacités physiques moyennes à bonnes**. Afin de satisfaire autant les adultes que les enfants, le choix a été fait de proposer plusieurs niveaux de lecture dans le même produit.

Le choix a été fait de ne définir qu'un seul public cible pour les quatre parcours pour satisfaire une question d'homogénéité au sein des brochures. En effet les parcours sont liés par un message, une thématique commune. Il fait donc sens qu'elles possèdent toutes le même niveau de complexité afin qu'un randonneur ayant utilisé le produit sur un parcours puisse l'utiliser sur un autre afin de recevoir l'entier du message.

5.2.3. Le support

Deux types de supports ont été envisagés. Il s'agit d'un support papier de type brochure et d'un support numérique tel qu'une application mobile. Les deux supports présentent des avantages et des inconvénients. Afin de définir le support, plusieurs investigations ont eu lieu. Tout d'abord, lors des entretiens, les avis des randonneurs, du CAS et de Gaétan Tornay ont été recueillis. Ensuite les avantages et les inconvénients des deux supports et l'évaluation de leur efficacité sur le terrain d'étude ont été étudiés.

Au terme de ces investigations, le choix du support s'est orienté vers un format papier pour les raisons suivantes, ces dernières sont résumées dans le tableau 4 :

Tout d'abord Gaétan Tornay a mentionné le fait qu'une application serait intéressante mais dans un projet plus global, qui intégrerait l'entier des Vals Ferret de d'Entremont. Il lui a semblé plus judicieux de réaliser une version papier pour ce travail. Les membres du CAS interviewés ont eux aussi pensé qu'une version papier serait plus judicieuse, à moins que l'application ne présente des propriétés interactives très développées, comme une géolocalisation.

Les smartphones ont beaucoup d'avantages sur les brochures en ce qui concerne l'interactivité. Aussi, comme l'a mentionné un membre du CAS, il est possible d'avoir les informations via un simple téléchargement sans avoir à passer par un office du tourisme. Mais d'autres contraintes sont présentes. Tout d'abord il faut veiller à ce que la batterie puisse durer sur l'entier du parcours, que le téléphone puisse être géolocalisé à chaque endroit et que la luminosité soit suffisamment forte pour lire les informations. Dans le contexte de ce travail, où les parcours se situent en haute montagne, l'utilisation d'une application semble peu judicieuse. En effet le réseau est fréquemment indisponible et par temps ensoleillé, il est difficile de lire à l'écran. Aussi, une version papier est accessible pour un plus grand nombre de personnes.

Finalement, le choix d'un support papier s'est aussi fait à cause de la difficulté de la création d'une application. Ayant de faibles connaissances en programmation, la partie de réalisation aurait pris bien trop de temps et il est, à mon sens, plus important de privilégier le contenu du produit plutôt que son support. Afin de créer un compromis entre le papier et le numérique, les versions PDF des brochures pourraient être téléchargeables sur smartphone.

Tableau 4 Récapitulatif des avantages et des inconvénients d'une brochure et d'une application mobile.

Brochures		Application	
POUR	CONTRE	POUR	CONTRE
<ul style="list-style-type: none"> - Format pratique - Utilisation facile - Facile à réaliser 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de papier - Accès difficile à la brochure, par le biais de l'office du tourisme 	<ul style="list-style-type: none"> - Interactivité - Mise à jour facile - Géolocalisation 	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation compliquée - Technologie compliquée pour certaines tranches d'âges - Problèmes de réseaux en montagne - Batterie limitée

5.2.4. Le message

Le choix du message s'est basé principalement sur des articles scientifiques traitant de problématiques actuelles telles que les changements climatiques. De plus, l'environnement alpin est particulièrement touché par ces changements. Il semble donc judicieux d'aborder cette thématique dans le cadre des Vals Ferret et d'Entremont.

Chaque brochure traite d'un thème lié aux changements climatique, ce thème est évoqué dans le titre de la brochure, sur la page de couverture (figure 31). La brochure de la cabane d'Orny traite de l'évolution glaciaire depuis la dernière période glaciaire. La brochure des Lacs de Fenêtre expose les différentes facettes de la glace issue des glaciers et du permafrost. Celle de la cabane du Vélán montre les différents types de dynamiques et de mouvements observables dans un environnement alpin et finalement la brochure de La Fouly traite des dangers en montagne. Chaque brochure comporte cinq postes et chacun d'entre eux traite d'un élément en particulier : par exemple le poste 4 de la brochure de la cabane du Vélán aborde le thème des glaciers rocheux (cf. annexe 6).

Les messages se veulent objectifs et présentent des faits scientifiques. L'idée n'est pas d'accuser un quelconque acteur d'être responsable des changements climatiques mais de sensibiliser le public aux changements qui ont lieu actuellement en montagne et ce que ces derniers impliquent.



Figure 31 Pages de couverture des quatre brochures réalisées pour ce travail.

5.2.5. Synthèse

Les quatre sphères ont été définies et font du sens les unes avec les autres. Les différentes enquêtes menées sur le terrain, par le biais de recherches et d'observations personnelles ont permis de constituer une base de données bien fournie. Cette dernière permet de poser le contexte de l'étude et donne des arguments afin de faire des choix pour les quatre différentes sphères.

La figure 32 présente de manière résumée les relations entre les quatre sphères et en quoi la définition de chacune d'entre elle est cohérente avec les trois autres.

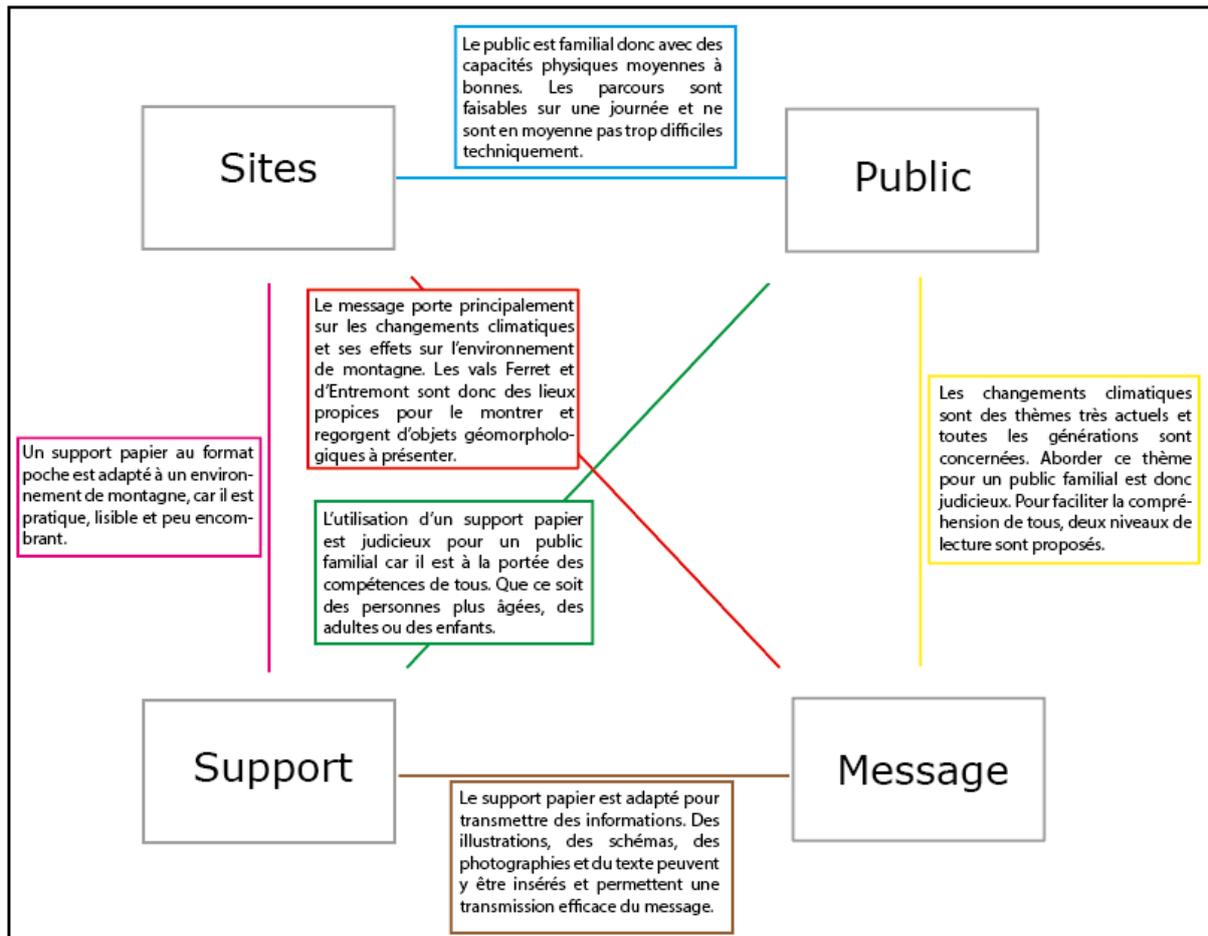


Figure 32 Représentation synthétique des quatre sphères et de leur cohérence les uns avec les autres.

6. Construction des brochures

La création des brochures se base sur les résultats des études menées précédemment. Nicolas Summermatter propose une série de recommandations quant à la réalisation de ces brochures ; ces dernières sont regroupées sous la règle des « 6F » (cf. chap. 3.2.). C'est sur la base de cette règle qu'ont été élaborées les brochures de ce mémoire. Ce chapitre explique leurs processus de construction et donne des exemples de résultats d'application dans les brochures (l'intégralité des brochures est disponible dans les annexes, respectivement, annexe 3 pour la brochure de la cabane d'Orny, annexe 4 pour la brochure des lacs de Fenêtre, annexe 5 pour la brochure de La Fouly et annexe 6 pour la brochure de la cabane du Vélan).

6.1. Familiarité

La familiarité est un point essentiel dans l'élaboration de la brochure. Le sentiment de sécurité est mis en avant sur deux domaines : par rapport à l'environnement et par rapport aux informations fournies dans la brochure.

Le lecteur doit pouvoir grâce à la brochure, **se sentir en sécurité dans l'environnement**. Les brochures réalisées dans le cadre de ce mémoire s'utilisent sur des sentiers de randonnées alpins. C'est un environnement et un type de randonnée particulier qui n'est pas à la portée de tous. Afin de satisfaire le critère de familiarité, une page, commune à toutes les brochures, présente quelques recommandations de base avant de se lancer sur un itinéraire de randonnée en montagne. Cette dernière rappelle des éléments essentiels sur le matériel à emporter, la condition physique et le respect de la nature (figure 33).

Se lancer sur l'itinéraire:

 Un matériel adapté est indispensable! Nous nous trouvons dans une région alpine où le terrain peut être technique. La météo peut aussi changer très rapidement: les températures peuvent baisser soudainement lors d'un orage et les vents peuvent s'avérer forts et très froids! De bonnes chaussures de randonnée et des vêtements chauds et imperméables sont nécessaires!

 Les parcours possèdent des distances et des dénivelés conséquents. Il n'est aussi pas toujours possible de rejoindre une route d'accès pour raccourcir le parcours. Bien que les parcours soient accessibles aux adultes comme aux enfants, une bonne condition physique de chacun est recommandée!

 Le respect de l'environnement est primordial! Il est important de suivre les sentiers balisés pour éviter tous dégâts sur la flore et un dérangement de la faune. Les déchets n'ont pas leur place dans la nature! Merci de les emporter avec vous et de les jeter dans une poubelle.

Figure 33 Recommandations aux randonneurs avant de se lancer sur les parcours. Dans les quatre brochures.

Une autre page complète dans chaque brochure est dédiée à la description du parcours : kilométrages, dénivelés, temps de randonnée estimés. Un petit paragraphe décrivant les particularités du parcours et les aspects sécuritaires à prendre en compte est aussi présent (figure 34). Cette page permet aux randonneurs de partir en pleine conscience de ce qui les attend sur le parcours. Ces deux pages permettent de bien renseigner le randonneur sur le parcours sur lequel il compte se lancer. Il se familiarise avec les aspects techniques et de ce fait les risques d'accidents liés à une mauvaise préparation sont restreints.

<p style="text-align: center;">ASPECTS TECHNIQUES DU PARCOURS</p> <p>Quelques chiffres sur le parcours:</p> <p> Distance: 4.5 km aller (+ min. 4.5 km retour)</p> <p> Dénivelé: 628 m D+ (+min. 628 m D-)</p> <p> Temps estimé: 2h aller +1h en lisant la brochure (+ min. 1h30 retour)</p> <p>Remarques techniques sur le parcours:</p> <p>Entre les postes 1 et 3 (photo ci-dessous), le sentier est étroit et à flanc de coteau. Les randonneurs doivent être vigilants.</p>  <p>La pente devient un peu plus raide entre le poste 3 et le poste 5 mais ne présente pas d'autres difficultés.</p> <p>Les enfants de plus de 10 ans peuvent emprunter cet itinéraire sans soucis. En dessous de cet âge, il est recommandé d'encorder les enfants.</p>	<p style="text-align: center;">ASPECTS TECHNIQUES DU PARCOURS</p> <p>Quelques chiffres sur le parcours:</p> <p> Distance: 12.2 km</p> <p> Dénivelé: 960 m D+ 960 m D-</p> <p> Temps estimé: 4h45 + 1h avec la brochure</p> <p>Remarques techniques sur le parcours:</p> <p>Le parcours est balisé en jaune sur le tout début, puis en rouge et blanc sur le reste.</p> <p>Le parcours est globalement sans danger. Cependant les passages des cols du Bastillon et des Chevaux sont un peu raides et techniques. Les randonneurs se doivent d'être vigilants.</p> <p>Les enfants de plus de 10 ans peuvent emprunter cet itinéraire sans soucis. En-dessous de cet âge, il est recommandé d'encorder les enfants au passage des cols du Bastillon et des Chevaux.</p>
<p style="text-align: center;">ASPECTS TECHNIQUES DU PARCOURS</p> <p>Quelques chiffres sur le parcours:</p> <p> Distance: 7.9 km</p> <p> Dénivelé: 345 m D+ 345 m D-</p> <p> Temps estimé: 2h20 + 1h avec la brochure</p> <p>Remarques techniques sur le parcours:</p> <p>Le parcours est balisé en jaune sur son entier.</p> <p>Les chemins empruntés ne présentent pas de difficultés spécifiques et sont accessibles pour toute la famille sans précautions particulières.</p> <p>Attention toutefois au passage après le poste 2. Il s'agit d'une zone où il est nécessaire de traverser les lits de torrents. En cas de précipitations intenses, ne vous aventurez pas sur cet itinéraire.</p>	<p style="text-align: center;">ASPECTS TECHNIQUES DU PARCOURS</p> <p>Quelques chiffres sur le parcours:</p> <p> Distance: 13.4 km</p> <p> Dénivelé: 981 m D+ 981 m D-</p> <p> Temps estimé: 5h15 + 1h avec la brochure</p> <p>Remarques techniques sur le parcours:</p> <p>Le parcours est balisé en jaune jusqu'au parking de Cordonne, puis en rouge et blanc sur tout le reste.</p> <p>Le sentier ne présente pas de difficulté particulière jusqu'au poste 2. Après ce dernier, une grosse montée se présente jusqu'à la cabane du Vélan mais le sentier n'est pas dangereux.</p> <p>La descente depuis la cabane du Vélan se fait sur la crête de la moraine. Le chemin est étroit et les pentes sont raides de part et d'autre de la crête. Les randonneurs se doivent d'être vigilants.</p> <p>Les enfants de plus de 10 ans peuvent emprunter cet itinéraire sans soucis. En-dessous de cet âge, il est recommandé des les encorder sur la crête de la moraine.</p>

Figure 34 Pages dédiées aux aspects techniques des parcours. Présents au début de chaque brochure.

Le randonneur doit, ensuite, **se sentir en sécurité dans les informations présentées dans la brochure**. Cela signifie qu'il doit y retrouver un langage abordable, un vocabulaire familier. Des termes trop scientifiques et incompréhensibles réduisent l'effet sécurisant, car le randonneur risque de ne pas comprendre et il peut lui sembler ne pas parler la même langue. Dans les brochures, un langage familier est utilisé le plus souvent possible. Des termes scientifiques sont utilisés, mais toujours expliqués de manière simple par la suite. La figure 35 montre un exemple d'utilisation de terme scientifique expliqué avec un vocabulaire simple et familier.

Une lave torrentielle est un écoulement très rapide et relativement concentré dans le temps qui mélange de l'eau et des matériaux de toutes tailles comme des sables, des cailloux, des gros blocs de pierre ou encore, dans certains contextes, des troncs d'arbres.

Figure 35 Explication du terme "lave torrentielle" avec un langage courant. Dans la brochure de La Fouly.

Un glossaire est également présent au début de chaque brochure (figure 36). Ce dernier donne accès au lecteur à toutes les définitions des termes scientifiques utilisés dans la brochure. Le glossaire donne une dimension sécurisante dans le sens où il permet au lecteur de comprendre l'intégralité des informations ainsi qu'en donnant un point de repère, une page où le lecteur sait qu'il peut venir chercher des définitions en cas de doute.

GLOSSAIRE	
<p>Les termes techniques, indispensables à la bonne compréhension de la brochure sont décrits ici. N'hésitez pas à venir les consulter durant la lecture de la brochure!</p>	
Érosion	L'érosion est le phénomène de dégradation des reliefs par différents procédés. Dans le cas des glaciers, ils érodent le substrat (les roches) en le ponçant ou en arrachant des morceaux de substrat.
Glacier rocheux	Un glacier rocheux est un amas de débris rocheux dont les espaces vides sont remplis de glace. Ce dernier se déplace à une vitesse plus ou moins élevée selon sa teneur en glace est selon la température.
Lave torrentielle	Une lave torrentielle est un écoulement qui mélange de l'eau et des matériaux de toutes tailles comme des sables, des cailloux, des gros blocs de pierre ou encore dans certains contextes des troncs d'arbres. Les laves torrentielles se déclenchent dans de fortes pentes (30 à 40°) et font suite à de très fortes précipitations ou à la fonte des neiges qui vont venir déstabiliser le terrain et entraîner les matériaux vers le bas.
Moraine	Les glaciers transportent des roches et des sédiments, ces derniers vont venir s'accumuler à différents endroits autour du glacier : à l'avant c'est la moraine frontale, sur les côtés se sont les moraines latérales. Les moraines sont des indices pour retracer l'évolution d'un glacier.
Petit Âge Glaciaire (PAG)	Le Petit Âge Glaciaire se situe entre 1300 et 1850 et se caractérise par un refroidissement du climat. À cette époque les glaciers alpins ont avancé de manière significative.
Système torrentiel	Un système torrentiel est composé de trois parties : le bassin de réception, là où les eaux de pluie tombent et mobilisent des sédiments. Le chenal d'écoulement, qui est la partie très raide où les écoulements se concentrent et prennent de la vitesse en direction de l'aval. C'est la zone de transport. Et finalement le cône de déjection, là où la pente diminue et que l'écoulement ne peut plus transporter tous les matériaux, il y a dépôt de sédiments.

Figure 36 Exemple de la page de glossaire dans la brochure de la cabane du Vélán.

L'organisation générale des brochures contribue également à renforcer les aspects sécuritaires et familiers. **Les quatre brochures sont organisées de la même manière** : les pages 3 à 7 donnent les informations techniques du parcours. La page 8 introduit le randonneur à la thématique du parcours. Les pages suivantes sont consacrées aux postes ; chaque brochure en compte cinq. Les dernières pages donnent une conclusion, une bibliographie, une page de notes et un lien vers les autres brochures. La mise en page des brochures est également la même pour les quatre. C'est uniquement la couleur qui change selon la brochure : La cabane d'Orny est en bleu, La Fouly est en rouge, les Lacs de Fenêtre sont en rose et la cabane du Vélan est en vert. Cette organisation permet au lecteur s'avoir des repères et il n'est pas perturbé en changeant de parcours.

Finalement les pages sont organisées de manière à ne pas perdre le lecteur. C'est-à-dire qu'un bon **ratio entre textes, images et schéma** est appliqué. La figure 37 montre un exemple d'explications sur le thème du glacier rocheux. Le texte n'est pas trop conséquent. Il est entouré par une photographie ainsi que par des schémas. La présentation variée, aérée et concise est sécurisante car le lecteur ne devrait pas passer à côté d'une information importante.

POSTE 4: GLACIER ROCHEUX

Localisation: Au croisement avec le sentier qui monte à la cabane de Valsorey. Observez le versant opposé, sur la droite de la cabane du Vélan.
Après le poste: Suivre le sentier pédestre direction Bourg-St-Pierre.

Un glacier rocheux est particulièrement bien visible.

À vue d'œil, ce gros tas de cailloux ne semble pas bouger mais c'est faux ! Grâce à la glace présente dans le glacier rocheux, ce dernier peut fluer et se déplacer vers le bas par déformation de cette glace.



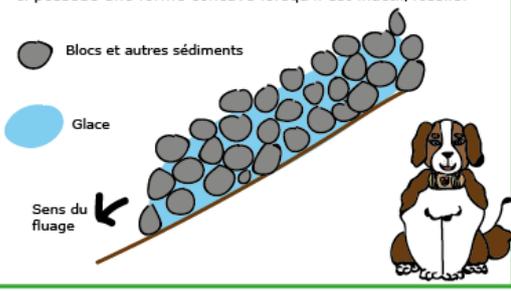
Plusieurs caractéristiques permettent de reconnaître un glacier rocheux dans le paysage, dont trois principales:

- Il possède un front bien raide.
- Des bourrelets sont visibles à sa surface.
- Il possède une forme concave lorsqu'il est inactif/fossile.

● Blocs et autres sédiments

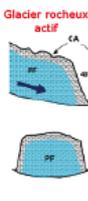
● Glace

← Sens du fluage

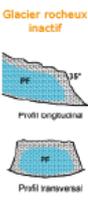


À cause de l'augmentation des températures, la vitesse de déplacement des glaciers rocheux augmente. Si ces dernières continuent d'augmenter, le glacier rocheux va, à terme, perdre toute sa **glace (= pergélisol)**. Et qui dit pas de **glace**, dit pas de mouvement ! Il passera donc du statut de glacier rocheux **actif** (avec **glace** et déplacement) au statut de glacier rocheux **inactif** (avec un peu de **glace** mais pas assez pour un déplacement) puis **fossile** (sans **glace**, sans déplacement et souvent végétalisé).

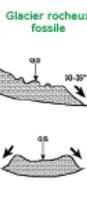
Glacier rocheux actif



Glacier rocheux inactif



Glacier rocheux fossile

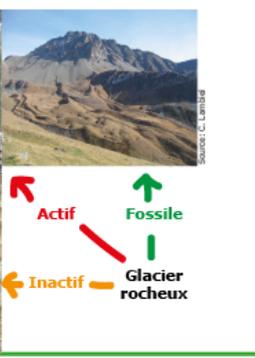


CA : couche active
PF : pergélisol
GS : gel saisonnier

Reptition du pergélisol (propp)
Scorification

Profil longitudinal
Profil transversal

Source: Sjödin, adapté de Ikeda & Matsuoaka, 2002, modifié par A.Pugin

↑ Actif → Fossile

← Inactif ← Glacier rocheux

Figure 37 Deux premières pages du poste 4 de la brochure de la cabane du Vélan. Explications sur un glacier rocheux.

6.2. Fascination

Selon cette règle le médiateur doit faire ressortir une sorte de magie dans ses explications. Plusieurs aspects sont abordés dont notamment le vocabulaire et l'aspect.

Le style d'écriture doit être enthousiaste et susciter de l'intérêt. Lors de la réalisation de telles brochures, il ne faut pas oublier qu'elles sont utilisées dans un contexte de loisirs et de détente et qu'il faut réussir à captiver l'attention des randonneurs. De plus, dans le cadre de ce mémoire, le public a été défini comme familial, le projet est donc aussi destiné aux enfants. Ces derniers ont justement besoin d'un aspect ludique et accrocheur pour avoir de l'intérêt. Un vocabulaire et un ton positif et enthousiaste sont donc utilisés (figure 38). Des petites expressions ludiques, un ton oral ainsi que des phrases interrogatives directement adressées au lecteur sont aussi utilisés pour créer un vrai contact avec le lecteur. Comme si la brochure se mettait à parler.

Nous partons donc pour une partie de cache-cache avec la glace! Cette dernière est dissimulée dans les recoins du paysage et c'est à nous de la débusquer!

Figure 38 Exemple de phrase avec un ton positif et enthousiaste. Dans la brochure des lacs de Fenêtre.

Toujours en lien avec les aspects linguistiques, **l'utilisation de métaphores ou de figures de style** est la bienvenue car elle permet de donner une dimension poétique et fantastique aux explications scientifiques. Par exemple, dans la brochure des lacs de Fenêtre, la Tour des Fous est personnifiée, elle est qualifiée de survivante (figure 39). Cette dimension permet de rendre la lecture plus attrayante en comparaison avec un livre scientifique, écrit de manière froide et très technique.

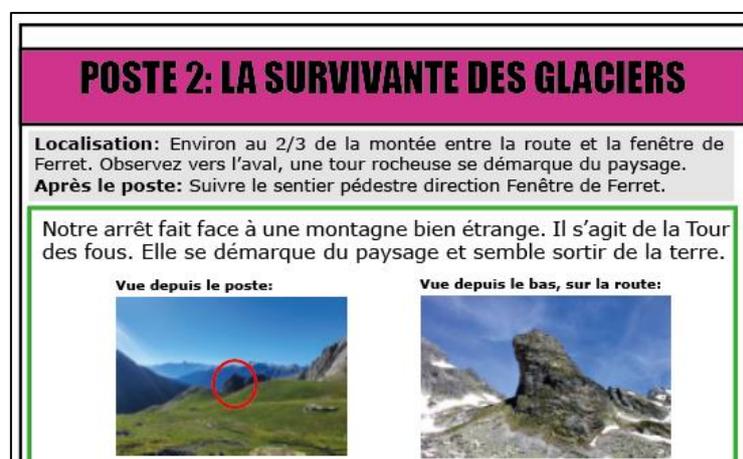


Figure 39 Exemple de personnification d'un objet géomorphologique dans la brochure des lacs de Fenêtre.

Finalement, **des titres accrocheurs** sont utilisés afin de susciter de la curiosité auprès des lecteurs. Ils donnent envie d'emprunter le parcours ou de se rendre sur le poste. C'est le cas par exemple avec le titre de la brochure des lacs de Fenêtre « Cache-cache avec la glace ». Ce titre, faisant référence à un jeu, donne une dimension ludique à la brochure. Les titres des brochures de la cabane d'Orny et de La Fouly, respectivement « Aventure glaciaire » et « Côtayer les dangers » incitent les randonneurs à se mettre dans la peau d'aventuriers le temps du parcours.

L'aspect et l'esthétisme jouent également un grand rôle dans la fascination. L'utilisation d'une police variée ou l'utilisation de couleurs rendent le texte accrocheur et donnent envie de lire. Une écriture en gras permet de souligner un terme ou une information importante (figure 40).

Mais alors quels sont les mécanismes qui rendent le climat plus chaud ou plus froid ?

- les processus naturels
- les processus humains

Pour les processus **naturels**, on retrouve notamment l'activité du soleil et la position de la Terre par rapport à ce dernier. D'autres facteurs tels que les circulations atmosphériques et océaniques influent aussi sur le climat. Ces processus naturels permettent d'expliquer les diverses périodes de refroidissement et de réchauffement qu'a vécues la Terre, comme la période du Würm.

Les processus **humains** influencent le climat depuis moins de 2 siècles et pourtant leurs effets sont sans précédent. La Terre subit actuellement une évolution très rapide des températures, notamment à cause des émissions de gaz à effet de serre. Les températures augmentent à une vitesse jamais enregistrée auparavant et ont pour conséquences, entre-autre, le recul des glaciers.

Figure 40 Exemple d'utilisation de mots en gras et en couleur dans du texte. Dans la brochure de la cabane d'Orny

L'utilisation de couleurs permet aussi de varier l'aspect du texte et de le rendre moins monotone, donc plus attrayant, comme il est possible de le voir sur la figure 40. Elle permet aussi de faire des liens entre le texte et les illustrations en respectant un code de couleurs. La figure 41 montre un exemple de texte où les couleurs utilisées pour souligner certains termes sont en lien avec le schéma associé.

Le glacier appuie sur les **moraines**. Il les maintient en place et les alimente avec de nouveaux sédiments.

Le glacier s'est retiré. Les **moraines** s'effondrent par gravité et par l'action de **l'eau qui ruisselle**. Les sédiments s'accumulent au pied des moraines.

Au Petit Âge Glaciaire, avec un glacier **Aujourd'hui, sans glacier**

Figure 41 Exemple d'utilisation de couleurs assorties dans le texte et dans des schémas. Dans la brochure de la cabane du Vélain.

Finalement, des schémas, des illustrations et des photographies de qualité renforcent la fascination du lecteur. Les illustrations se veulent esthétiques mais aussi attrayantes en utilisant beaucoup de couleurs (figure 42). Il en va de même pour les photographies sélectionnées pour les pages de titres qui montrent de beaux paysages et donnent envie de se lancer sur le parcours, comme par exemple la photo de couverture de la brochure de la cabane du Vêlan (figure 43).

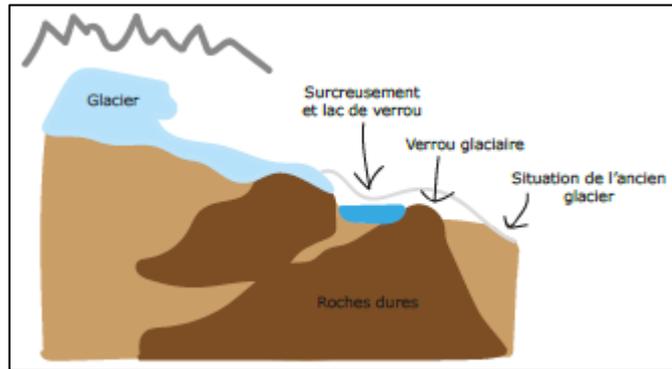


Figure 42 Exemple de schéma coloré et attrayant. Dans la brochure des lacs de Fenêtre.



Figure 43 Photographie utilisée comme image de couverture pour la brochure de la cabane du Vêlan.

L'utilisation d'une symbolique colorée permet également de susciter la fascination du public. Les quatre brochures suivent le même fonctionnement. Ce sont deux petits animaux qui mènent la visite : un chien du St-Bernard ainsi qu'un bouquetin (figure 44). Le fait d'utiliser ces deux personnages renforce l'aspect fantastique et rend la visite plus attrayante et ludique, surtout pour les enfants.

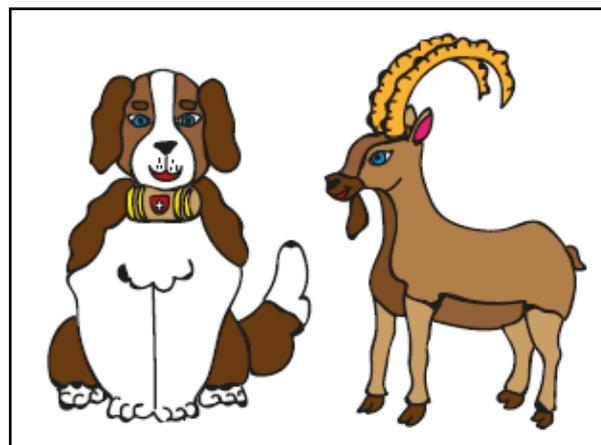


Figure 44 Le St-Bernard et le bouquetin utilisés dans les brochures comme guides.

6.3. Fidélité

Le public auquel les brochures s'adressent n'est pas un public de spécialistes. Les informations scientifiques doivent donc être simplifiées. Cependant, elles ne doivent en aucun cas être erronées. Les informations données dans les brochures sont fidèles à la réalité mais sont transmises de manière simple. Par exemple, la géologie est un domaine très compliqué à saisir pour des non-spécialistes et le poste 2 de la brochure des lacs de Fenêtre traite en partie d'aspects géologiques. Le but du poste est de transmettre au public le processus d'érosion différentielle. Pour ce faire, il n'est pas nécessaire d'entrer dans le détail des types de roches ou encore de leur formation mais il s'agit de simplifier en parlant de « roches dures » et de « roches tendres » comme le montre la figure 45. L'utilisation de photographies avec des calques permet également de simplifier la complexité du monde réel (figure 46).

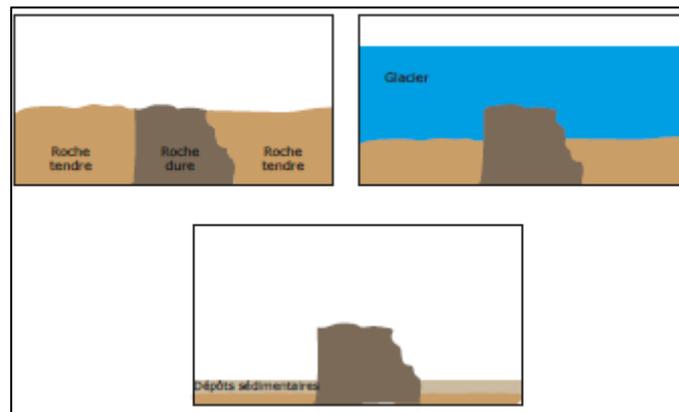


Figure 45 Exemple de schéma simplifiant les termes géologiques. Dans la brochure des lacs de Fenêtre.

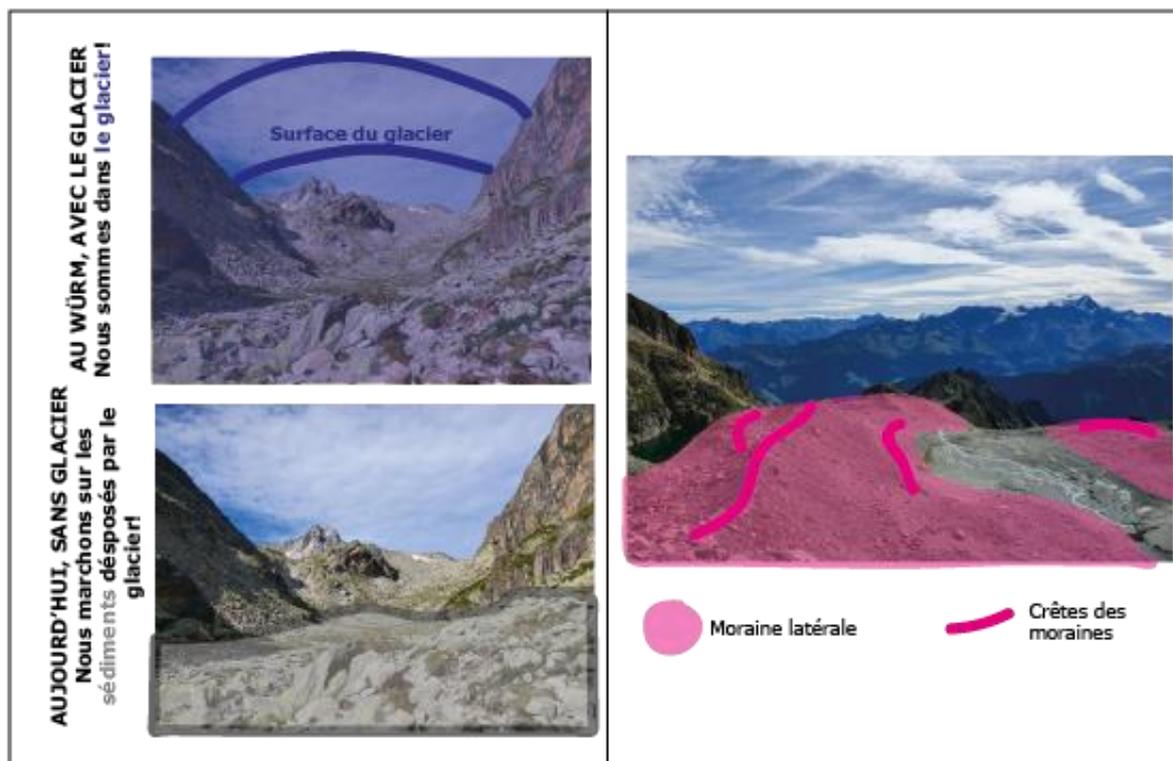


Figure 46 Exemples de photographies avec des calques dans le but de faciliter la lecture du paysage. Dans la brochure de la cabane d'Orny.

6.4. Fonctionnalité

Sous le terme de fonctionnalité sont regroupés les aspects pratiques des brochures.

Pour commencer **le format doit être adapté au type d'activité**. Dans le cas de la randonnée, la brochure doit être facilement transportable. Les quatre brochures ont un format A5 et sont sous forme de petits livrets. Chacune des brochures compte environ une trentaine de pages. Les brochures sont donc petites et légères, ce qui est particulièrement adapté à la randonnée.

Ce que contient la brochure se doit aussi d'être fonctionnel en milieu alpin, **c'est-à-dire que le contenu doit être bien visible et lisible**. Il faut bien se rendre compte que, lorsque le randonneur lira la brochure, il ne sera pas assis à une table avec une lampe etc. Il sera debout, avec des conditions extérieures telles que du soleil ou du vent. Le taille de la police est donc grande afin de faciliter la lecture. Toujours dans le même but, le texte est en noir sur un fond blanc pour maximiser le contraste.

Afin d'augmenter la fonctionnalité de la brochure, des aspects pratiques y ont été ajoutés tels que des informations sur comment se rendre sur le lieu de départ de la randonnée. Une carte d'accès schématisée ainsi que des explications sont disponibles afin de se rendre au point de départ soit en voiture, avec les modalités de parcage, soit en transports communs. La Figure 47 montrent des exemples de carte d'accès et d'informations.

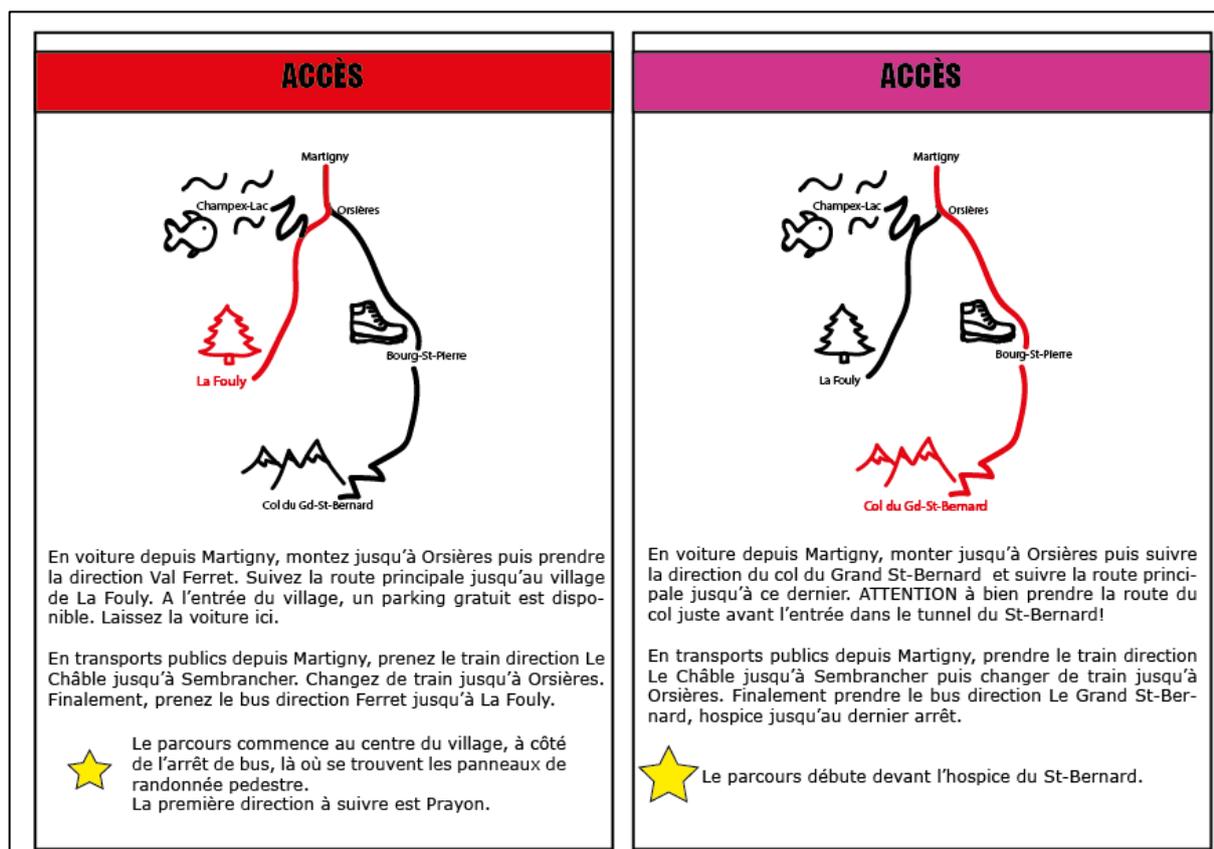


Figure 47 Exemples de pages dédiées à l'accès au point de départ des parcours. Exemple des brochures de la cabane du La Fouly (à gauche) et des lacs de Fenêtre (à droite).

Une carte du parcours en lui-même est également disponible avec l'emplacement des postes. Chaque poste porte un numéro et un nom. Ceci rend l'organisation de la brochure claire et le randonneur sait à quel moment sur l'itinéraire la brochure doit être utilisée. La figure 48 montre un exemple de carte avec la localisation des postes et les noms de ces derniers.

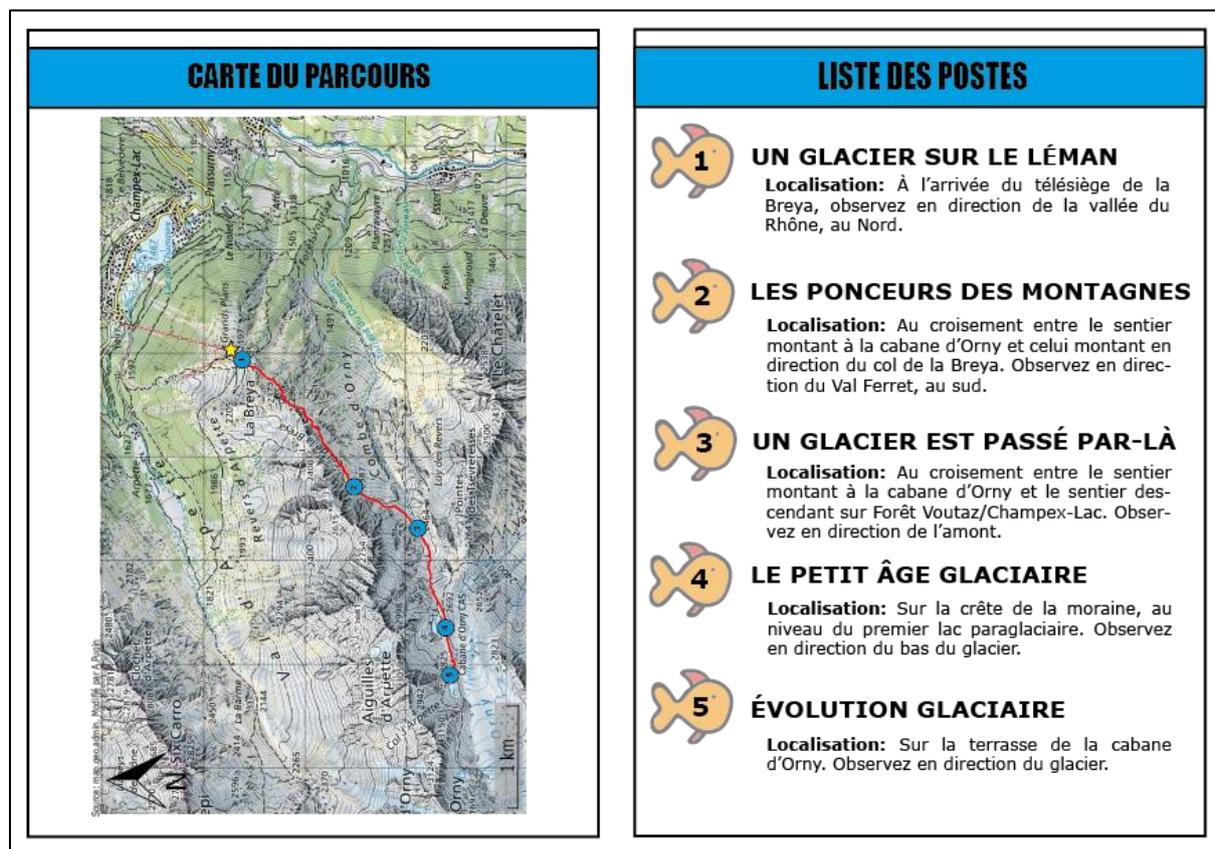


Figure 48 Exemple de pages contenant la carte du parcours, la localisation des postes ainsi que leurs noms.

Une description de la localisation (figure 49) est également disponible au début de chaque poste afin de rendre la lecture de la brochure plus fluide et d'éviter de retourner à chaque fois à cette liste de postes. Une indication sur la direction à suivre après le poste (figure 49) est aussi disponible afin que le lecteur n'ait pas forcément besoin de retourner à la carte.



Figure 49 Exemple de localisation pour le poste 4 de la brochure des lacs de Fenêtre, présents en première page de chaque poste. Une localisation du poste ainsi que la direction à suivre après ce dernier sont disponibles.

6.5. Formation

Bien qu'utilisée à des fins de loisirs et de détente, les quatre brochures se doivent d'être formatrices et d'apporter des connaissances au randonneur.

Les quatre brochures ont **un message commun à transmettre**, qui est de renseigner sur différents aspects des changements climatiques dans le milieu alpin. Ensuite, chaque brochure traite d'un aspect de cette thématique globale. Finalement, chaque poste contribue à la thématique de la brochure. Par exemple, le poste 2 de la brochure de La Fouly traite du système torrentiel ; ceci contribue à la thématique de la brochure de La Fouly qui aborde les dangers en milieu alpin. Finalement, la thématique des dangers naturels constitue un sous-thème des changements climatiques et de ses conséquences.

Les brochures sont construites de manière à ce que le lecteur soit en quelque sorte « pris par la main ». Au début, une introduction à la thématique de la brochure en question est donnée. Ensuite, les postes s'enchaînent et sont interdépendants les uns des autres. C'est-à-dire que des informations données au premier poste vont servir à la compréhension des postes d'après. Au terme des postes, une petite synthèse de ce qui a été observé est disponible de sorte que le randonneur puisse prendre ce qui est le plus important à retenir.

Les termes scientifiques utilisés sont expliqués afin d'apporter des connaissances à un public de non-spécialistes. Ils sont décrits la première fois qu'ils apparaissent dans la brochure, ensuite le terme est réutilisé dans les postes suivants sans être décrits à nouveau. Le glossaire est également présent afin de regrouper les définitions de tous les termes scientifiques utilisés dans les brochures.

Un espace est aussi consacré au randonneur. **Une page est laissée blanche** à la fin de la brochure afin de permettre au lecteur de **prendre des notes** sur ce qui lui aura semblé être des éléments importants à retenir ou encore pour lui permettre de noter ses observations personnelles.

Finalement, **une bibliographie** est disponible afin d'orienter le lecteur vers d'autres sources d'informations et de lui permettre d'élargir ses connaissances.

L'organisation des brochures, la définition des messages à transmettre ainsi que la liberté laissée aux randonneurs de noter leurs propres impressions et d'élargir leurs connaissances renforcent l'aspect formateur de la brochure. Au terme du parcours, le randonneur devrait avoir appris quelque chose.

6.6. Fusion

La fusion vise à lier l'espace et le temps, les générations ainsi que les publics entre eux.

En ce qui concerne la liaison entre l'espace et le temps, il est intéressant **d'approcher un thème sous plusieurs perspectives : passé, présent et futur ou encore les échelles locales, régionales et mondiales**. Ces liaisons permettent d'avoir une vue plus large sur le thème. Dans les brochures, surtout lorsqu'il s'agit de traiter le thème des glaciers, il est très intéressant de comparer le passé et le présent mais également de parler de comment les choses pourraient évoluer dans le futur. Par exemple, dans la brochure de la cabane d'Orny, sont présentées deux photographies, prises quasiment au même endroit (figure 50). Dans la brochure de la cabane du Vélan sont aussi proposées deux cartes : une actuelle et une datant de 1860 (figure 51).

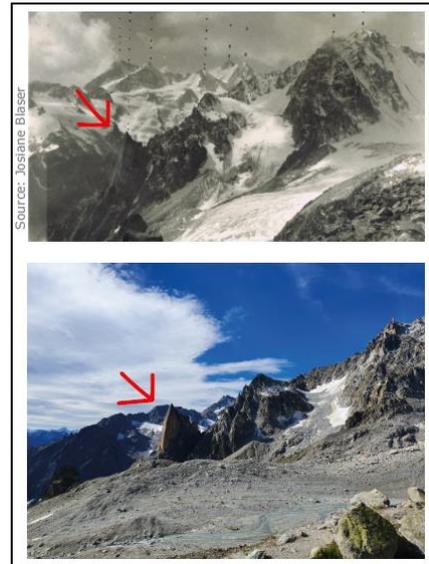


Figure 50 Exemple de deux photographies prises au même endroit, permettant de comparer le passé et le présent.



Figure 51 Exemple de comparaison d'une ancienne carte avec une carte actuelle.

La notion d'espace est également discutée dans la brochure de la cabane d'Orny, lorsque le thème du dernier maximum glaciaire est abordé (figure 52). Ici il s'agit de rendre compte de la situation locale (Val Ferret et Val d'Entremont), régionale (la Suisse et les Alpes) puis mondiale (hémisphère nord). Cette façon de procéder permet de donner une vision globale de ce qu'il s'est passé à cette période.

POSTE 1: UN GLACIER SUR LE LÉMAN

Localisation: À l'arrivée du télésiège de la Broya, observez en direction de la vallée du Rhône, au Nord.
Après le poste: Suivre le sentier pédestre direction la cabane d'Orny.

Regardez bien sur votre droite en descendant du télésiège, tout au bout de la plaine du Rhône, c'est bien le lac Léman que nous observons !
Qu'est-ce que le Lac Léman vient faire dans notre aventure glaciaire ?

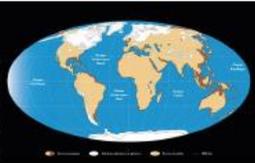
Il y a à peu près 20'000 ans, c'était la période du **WÜRМ**, le climat était bien plus froid qu'il ne l'est aujourd'hui et les glaciers des Alpes recouvraient le lac Léman. Ces glaciers ont laissé une grande quantité d'indices dans le paysage qui permettent de retracer leurs parcours. Le lac Léman en est un!



Le Würm est une période de glaciation! Cette dernière a débuté il y a environ 70'000 ans et s'est terminée il y a 11'500 ans. Il y a 22'500 ans, les glaciers des Alpes atteignaient leur maximum! Le glacier du Rhône remplissait la vallée et s'étendait jusque dans les régions du lac du Bourget et de Soleure! La carte ci-contre montre l'étendue de ces glaciers alpins! Impressionnant non?

La glaciation du Würm n'a pas affecté que les Alpes; c'est tout l'hémisphère nord de la planète qui a été concerné. Des calottes glaciaires se sont développées sur la Scandinavie, sur l'Amérique du Nord et sur la Russie. Les régions montagneuses, comme la chaîne de l'Himalaya, ont également été concernées.

A partir d'il y a 20'000 ans, les glaciers se mettent à fondre et à reculer jusqu'à ce que l'hémisphère nord quitte sa période de glaciation, il y a environ 11'500 ans.

Pourquoi les glaciers avancent et reculent ?

Le climat varie au fil du temps. Pendant certaines périodes il fait plus froid et les glaciers grandissent et avancent. Au contraire, il arrive que le climat se réchauffe et à ce moment les glaciers se mettent à fondre et reculent au fond des montagnes. Le graphique ci-contre donne un aperçu de l'évolution des glaciers alpins depuis la fin du Würm, lorsque les glaciers étaient déjà en train de fondre.

Période	Années avant aujourd'hui	Variation des glaciers alpins
	0	Petit Âge Glaciaire
	2 800	
	6 500	Optimum climatique holocène
	11 600	
fin du Würm	12 800	Stade de la Gouge
	14 800	Stade de la Dürren

Source: czech-herald.com/2013/03/

Figure 52 Exemple de variations d'échelles pour la glaciation du Würm. Dans la brochure de la cabane d'Orny.

Le mélange des publics fait aussi partie intégrante de la fusion. Le but est de toucher le plus large public possible. Afin d'y parvenir, proposer plusieurs niveaux de lecture est judicieux. Les quatre brochures possèdent toutes le même mode de fonctionnement. Un premier niveau de lecture est proposé et donne des informations de base, peu complexes, qui permettent de comprendre le message du poste. Un deuxième propose soit des informations complémentaires au poste, soit des informations un peu plus complexes (figure 53). Il est important de noter que ces explications ne sont pas forcément plus compliquées. Les enfants ont potentiellement moins envie de lire ou leur attention est tenue moins longtemps.

Se lancer dans la brochure:

Les premières pages sont consacrées aux aspects techniques du parcours. Il suffit après de se laisser guider au fil des postes!
 Ensuite la brochure propose deux niveaux de lecture:



Le Saint-Bernard, encadré de vert, donne les informations les plus faciles à comprendre! Elle sont à lire en premier!



Le bouquetin, encadré de orange, donne des informations supplémentaires un peu plus complexes! N'hésitez pas à essayer de comprendre!

Figure 53 Explication du fonctionnement de la brochure par rapport aux deux niveaux de lecture.

6.7. Synthèse des résultats de l'élaboration des brochures

Grâce aux recommandations élaborées par Nicolas Summermatter, les quatre brochures ont pu être élaborées. Ces dernières suivent le maximum de critères positifs possibles, en tenant compte des contraintes de public, de sites, de supports et de messages établis précédemment, en appliquant la méthode de Simon Martin.

Certaines recommandations ont été particulièrement mises en avant. C'est le cas de la familiarité. Ces brochures sont utilisées dans un cadre de loisir en famille ou entre amis, les utilisateurs sont de bons randonneurs mais également des randonneurs occasionnels et des enfants. Ce qui veut dire qu'il est important de mettre ces derniers en confiance et en sécurité. L'accent est donc particulièrement mis sur la sécurité, en proposant plusieurs pages de recommandations avant de s'aventurer sur les itinéraires.

La règle de la fascination est également mise en avant. Les enfants constituent une grande partie du public cible défini et les attirer requiert une attention particulière. Ici, il a été question de rendre les brochures ludiques et attractives sans pour autant les rendre trop enfantines pour les adultes qui les utilisent aussi. L'utilisation de symboles attrayants, de couleurs et de niveaux de lecture rendent les brochures attractives sans pour autant négliger le contenu.

Un point important est qu'en utilisant ces recommandations, les brochures réalisées dans le cadre de ce mémoire sont reproductibles et adaptables à d'autres itinéraires.

De manière résumée, le résultat de l'élaboration de ces brochures est d'un point de vue théorique réussi car il répond de manière satisfaisante aux critères d'une bonne brochure géotouristique (d'après l'étude de Summermatter). Afin de vérifier si les brochures sont réellement réussies, une évaluation de ces dernières est nécessaire.

7. Évaluation des brochures

Dans ce chapitre est présenté le procédé utilisé afin de tester et d'améliorer les brochures. L'évaluation se fait en trois temps : le premier est le test des brochures, le deuxième est les résultats des tests et le troisième est la correction et l'amélioration des brochures sur la base des critiques.

7.1. Démarche des tests

Les méthodes théoriques de Summermatter et de Martin et al. constituent des bases solides pour l'élaboration de produits géotouristiques. Cependant, une évaluation de l'application de ces méthodes permet de confirmer leur bonne utilisation. Dans le cadre de ce mémoire, les quatre brochures ont été testées par quatre personnes.

Les profils des testeurs sont plutôt homogènes concernant les connaissances de la montagne. Ce sont tous des non-spécialistes du domaine, possédant des connaissances de base apprises à l'école obligatoire ou au travers d'observations personnelles. En ce qui concerne leurs capacités physiques, les testeurs 1 et 2 sont de très bons randonneurs et pratiquent la course en montagne, le testeur 3 randonne occasionnellement et le testeur 4 randonne peu, sur les sentiers balisés en jaune de préférence. Ce panel représente au mieux le public cible du projet : **un public de non-spécialistes composé de bons randonneurs et de randonneurs occasionnels.**

Les testeurs 1 et 2 ont testé les quatre brochures. Le testeur 3 a testé 3 brochures : celles de la cabane d'Orny, des lacs de Fenêtre et de la Fouly. Finalement le testeur 4 n'a testé que la brochure de La Fouly pour des questions de condition physique.

Les testeurs ont emprunté les itinéraires avec une brochure chacun. Afin de ne pas biaiser les résultats, **aucune aide extérieure ne leur a été apportée lors de la randonnée.** Une fois le parcours terminé, un formulaire de feedback (cf. annexe n°2) leur a été fourni afin d'y apporter leurs commentaires concernant la forme, le contenu, l'attractivité de la brochure ainsi que d'autres remarques sur ces dernières. Grâce à ces formulaires, il est aussi possible de voir si les messages principaux des brochures ont pu être retenus ou si ces derniers étaient trop flous.

Des annotations personnelles sur les brochures ont également été apportées par les testeurs. Ces dernières ont été récoltées afin d'en prendre connaissance. Une discussion s'est également faite au terme de chaque parcours avec les testeurs afin de recueillir leurs impressions et leurs recommandations à l'oral.

7.2. Résultats des tests

Comme mentionné plus haut, les testeurs ont, à la fin des parcours, rempli un formulaire de feedback. Le formulaire est organisé en 3 catégories : la forme, le contenu et une synthèse d'évaluation.

7.2.1. Remarques sur la forme

De manière générale, la forme de la brochure a été appréciée. Tout d'abord **le format A5** a été jugé pratique pour la randonnée car il est peu encombrant mais permet tout de même d'offrir une bonne lisibilité ; des photographies et des illustrations de bonne taille.

La mise en page ainsi que la proportion entre les textes, les images et les schémas ont convenu aux testeurs. Ces derniers ont relevé une bonne diversité d'éléments sur chaque page, ce qui évite la monotonie et rend la lecture des brochures attrayante.

Les versions PDF des brochures ont également été testées afin de vérifier leur fonctionnalité. Il s'est avéré que ces dernières n'étaient pas spécialement pratiques. En effet, elles possèdent les contraintes d'un support numérique, notamment la batterie limitée et les problèmes de luminosité en extérieur, tout en n'ayant aucun avantage lié au numérique comme l'interactivité et la géolocalisation. Les versions PDF sont donc principalement utilisées pour télécharger les brochures afin d'en suite les imprimer. Elles peuvent être aussi être utilisées en dernier recours, dans le cas où lors d'une sortie, une brochure viendrait à manquer.

7.2.2. Remarques sur le contenu

Plusieurs pages des brochures sont destinées à renseigner les utilisateurs sur le parcours, **ses aspects techniques, la carte du parcours et la localisation des postes**. Ce dernier point s'est avéré être trop peu développé. La première version des brochures ne contenait, pour trouver les postes, que la carte avec les points de localisation des postes (figure 54).

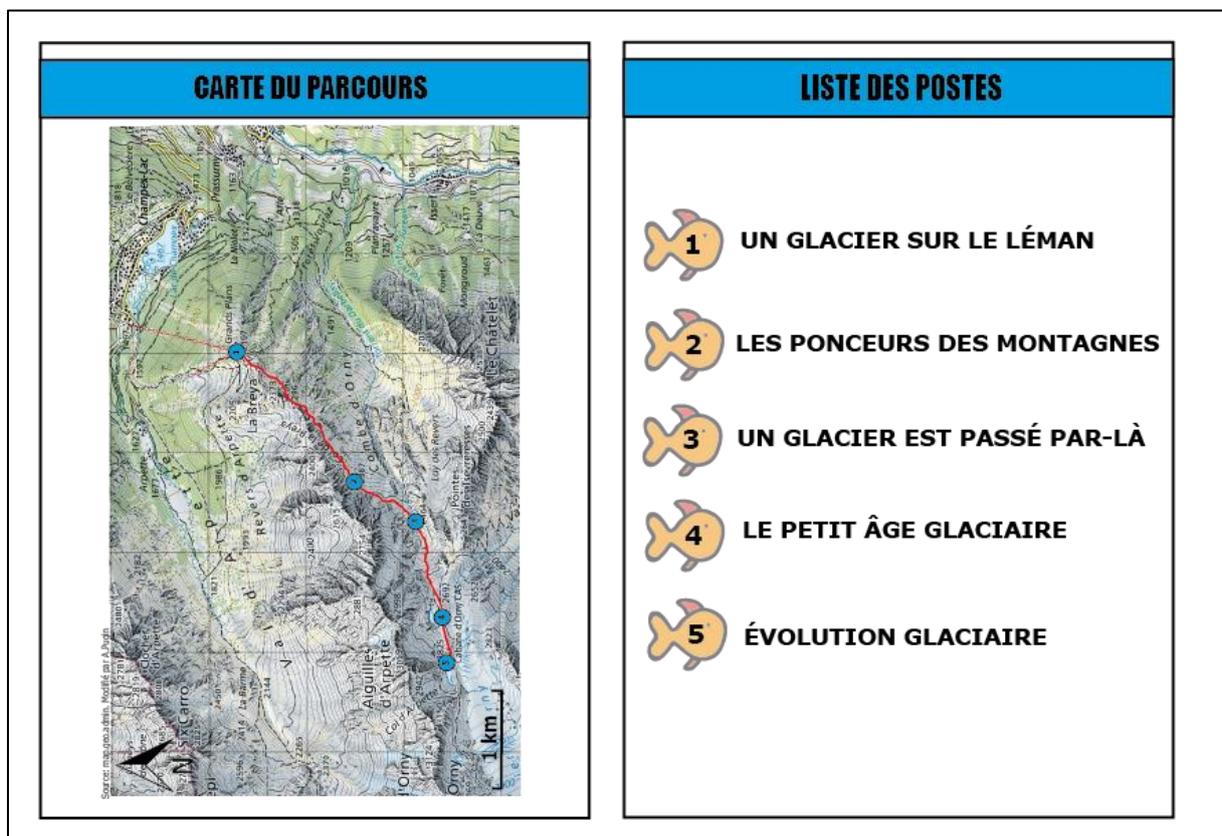


Figure 54 Version initiale, avant les tests, de la carte et de la liste des postes pour la brochure de la cabane d'Orny.

Les testeurs ont éprouvé beaucoup de peine à trouver ces postes, soit par manque de possibilité de zoomer sur la carte pour certains, soit par manque de connaissances dans la lecture de cartes topographiques pour d'autres. Les testeurs ont aussi trouvé peu pratique de devoir systématiquement retourner à la carte en début de brochure pour localiser les postes. Toujours dans le contexte de la localisation, les testeurs ont parfois eu du mal à se repérer sur les cartes utilisées sur certains postes. **Une amélioration est donc nécessaire pour améliorer la localisation des postes et le repérage sur les cartes.**

Le niveau des informations données dans les brochures a été jugé comme étant abordable pour des non-scientifiques. Une distinction du niveau de complexité des informations a pu être faite entre les parties encadrées en vert et les parties encadrées en orange. De manière globale, les testeurs ont pu comprendre chaque poste sans aide extérieure. Les testeurs ont apprécié que les termes scientifiques soient définis mais ont jugé peu pratique de devoir retrouver la page où ces derniers étaient définis s'ils ne se souvenaient pas de la signification du terme quelques postes plus loin. De plus, il a été relevé que certains termes complexes n'étaient pas définis. **Une amélioration a été faite afin de compléter et de faciliter l'accès aux définitions de termes scientifiques et techniques.**

Concernant **la quantité d'informations**, les testeurs l'ont trouvée satisfaisante. Ils ont tout de même soulevé qu'il ne faudrait pas rajouter davantage d'informations par poste, ce qui risquerait de rendre la lecture trop longue.

De manière générale, les testeurs ont acquis de nouvelles connaissances au terme de chaque itinéraire. Ceci sous-entend que les informations étaient adaptées pour un public de non-spécialistes. Elles n'étaient ni trop compliquées, ni trop faciles.

Finalement, **les testeurs ont trouvé les brochures très attrayantes**, dans le sens où elles ne sont pas monotones, possèdent une bonne variété de contenu. La lecture des brochures s'est bien insérée dans une activité de loisir comme la randonnée car le contenu fait beaucoup référence à l'environnement dans lequel les utilisateurs se trouvent.

Les testeurs ont eu du plaisir à parcourir les itinéraires ainsi que les brochures et ont soulevé le bon choix des parcours, ces derniers possédant de grandes qualités esthétiques et des sentiers bien entretenus.

7.2.3. Messages des brochures

Les quatre brochures visent à initier les randonneurs à l'environnement de montagne et à les sensibiliser à ses dynamiques, à ses dangers, à son évolution et aux conséquences des changements climatiques qu'il subit. Chacune des brochures traite d'un sous-thème. Le but de ces brochures est principalement de transmettre un message au public.

Les thèmes des brochures ont été bien cernés par les testeurs. Après discussion avec eux, il apparaissait clairement que les testeurs avaient compris les messages que les brochures voulaient faire passer. Ceci permet de dire que la construction des brochures était, malgré quelques corrections à apporter, globalement une réussite.

7.3. Améliorations et corrections

Les résultats des tests ont soulevé plusieurs lacunes dans les quatre brochures. Tout d'abord la capacité des randonneurs à lire des cartes avait été surestimée. Des problèmes de localisation et de repérage sont donc survenus au cours des tests.

Ensuite, les testeurs ont eu quelques difficultés avec les termes techniques. Certains n'avaient pas été décrits et les définitions de ceux qui l'étaient se sont avérées difficiles à retrouver dans les brochures. Les améliorations apportées aux brochures sont les suivantes et sont décrites dans les sous-chapitres qui suivent :

Concernant les problèmes liés à la localisation :

- Ajout d'une description écrite de la localisation des postes en plus de la localisation sur la carte.
- Ajout de points de repères sur les cartes utilisées pour les explications de certains postes.

Concernant les problèmes liés au vocabulaire :

- Ajout d'un glossaire en début de brochure.

7.3.1. Problèmes liés à la localisation

La localisation des postes est un critère très important pour le fonctionnement de la brochure. En effet, la bonne compréhension des informations du poste dépend de l'endroit car les explications sont étroitement liées à l'observation du terrain et du paysage. Les utilisateurs des brochures doivent donc impérativement se trouver à la bonne localisation à chaque poste pour éviter toute confusion ou incompréhension.

Dans la première version des brochures, celle qui a été testée, la localisation des postes était disponible sur la carte. **Cependant, les testeurs ont relevé qu'il n'était pas aisé de trouver l'endroit exact du poste** car, d'une part, la carte est petite et la version papier ne permet pas de zoomer sur l'emplacement du poste et d'autre part, les testeurs n'étaient pas entièrement initiés à la lecture de carte ; il est arrivé qu'ils ne soient pas en mesure de se repérer avec la carte fournie dans la brochure.

Afin de remédier à ce problème, une description plus détaillée de la localisation des postes a été ajoutée. Cette dernière se trouve sur la page suivant la carte, où la liste des postes est exposée (figure 55).

Version initiale, avant les tests:	Version améliorée, après les tests:
<p>LISTE DES POSTES</p> <p> 1 DES ROCHES POLIES</p> <p> 2 LA SURVIVANTE DES GLACIERS</p> <p> 3 FRONTIÈRE NATIONALE OU GLACIAIRE?</p> <p> 4 DES LACS REMPLIS DE GLACE</p> <p> 5 ON A TROUVÉ LE GLACIER!</p>	<p>LISTE DES POSTES</p> <p> 1 DES ROCHES POLIES Localisation: Au niveau de la statue de Saint Bernard. Observez les roches environnantes.</p> <p> 2 LA SURVIVANTE DES GLACIERS Localisation: Environ au 2/3 de la montée entre la route et la fenêtre de Ferret. Observez vers l'aval, une tour rocheuse se démarque du paysage.</p> <p> 3 FRONTIÈRE NATIONALE OU GLACIAIRE? Localisation: À la Fenêtre de Ferret. Observez de part et d'autre du col, côté italien et côté suisse.</p> <p> 4 DES LACS REMPLIS DE GLACE Localisation: Au niveau des lacs de Fenêtre, au croisement du sentier qui descend à La Fouly et celui qui monte au col du Bastillon. Observez en direction des lacs.</p> <p> 5 ON A TROUVÉ LE GLACIER! Localisation: Au niveau du lit du cours d'eau descendant du glacier. Observez en amont et en aval du lit.</p>

Figure 55 Exemple de l'amélioration faite sur la liste des postes en ajoutant une description de la localisation. Dans la brochure des lacs de Fenêtre.

La description de la localisation se base sur des éléments de repère présents dans le paysage et qui peuvent être reconnus par les randonneurs. Ces éléments sont, par exemple comme il est possible de voir dans la figure 55, des panneaux indicateurs (poste 4), un col (poste 3), une statue (poste 1), un croisement avec un cours d'eau (poste 5). Finalement, une indication est donnée concernant ce qui est à observer pour ce poste, comme par exemple pour le poste 4 : « Observez en direction des lacs ».

Les testeurs ont également relevé le fait qu'il n'était pas pratique de retourner systématiquement à la carte des postes pour trouver la localisation. La description écrite a donc également été ajoutée, de manière discrète, sur la première page de chaque poste afin de rendre le suivi des postes plus facile (figure 56). Une indication sur la direction à prendre à la fin du poste a également été ajoutée (figure 56). Ceci facilite la progression sur les parcours pour les randonneurs, surtout si ces derniers éprouvent une difficulté à lire les cartes topographiques.

Exemples de localisation en première page de poste:

POSTE 4: GLACIER ROCHEUX	POSTE 1: LA COMBE DES FONDS
Localisation: Au croisement avec le sentier qui monte à la cabane de Valsorey. Observez le versant opposé, sur la droite de la cabane du Vélan. Après le poste: Suivre le sentier pédestre direction Bourg-St-Pierre.	Localisation: Au sommet du village du La Fouly, au niveau du dernier chalet. Observez en direction du versant opposé, en direction du Mont Dolent. Après le poste: Suivre le sentier pédestre direction Prayon.
POSTE 2: LES PONGEURS DES MONTAGNES	POSTE 3: FRONTIÈRE NATIONALE OU GLACIAIRE?
Localisation: Au croisement entre le sentier montant à la cabane d'Orny et celui montant en direction du col de la Breya. Observez en direction du Val Ferret, au sud. Après le poste: Suivre le sentier pédestre direction la cabane d'Orny.	Localisation: À la Fenêtre de Ferret. Observez de part et d'autre du col, côté Italien et côté Suisse. Après le poste: Suivre le sentier pédestre direction des Lacs de Fenêtre.

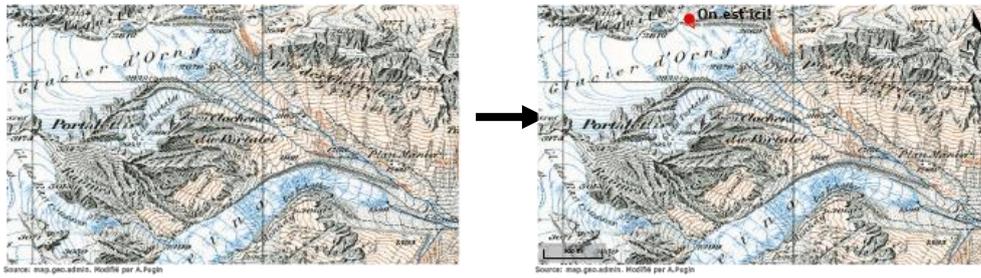
Figure 56 Exemples de localisation et de direction à prendre après le poste en première page de chaque poste.

Les testeurs ont aussi suggéré **de mieux indiquer le point de départ des parcours**. Une étoile jaune a donc été ajoutée sur la carte de l'itinéraire afin de localiser le départ.

Grâce à ces améliorations, les utilisateurs auront moins de peine à trouver l'emplacement exact des postes et pourront profiter pleinement des explications.

Comme mentionné dans les résultats, **les testeurs ont aussi eu de la peine à se repérer sur les différentes cartes utilisées dans les postes**. Les versions initiales des brochures contenaient des cartes sans modifications ou ajouts d'informations. Afin de remédier à ce problème d'orientation, des points de repère ont été ajoutés sur les cartes. Ces points de repère peuvent être de nature diverse, comme par exemple des noms d'endroits environnants ou des points indiquant la position actuelle du lecteur (figure 57).

Exemple d'ajout du point de localisation actuel du lecteur sur une carte:



Exemples d'ajout de noms de lieux afin de faciliter le repérage:

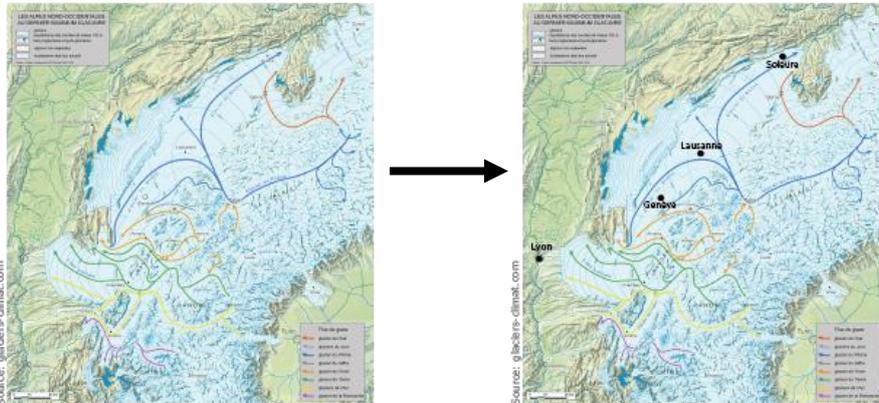
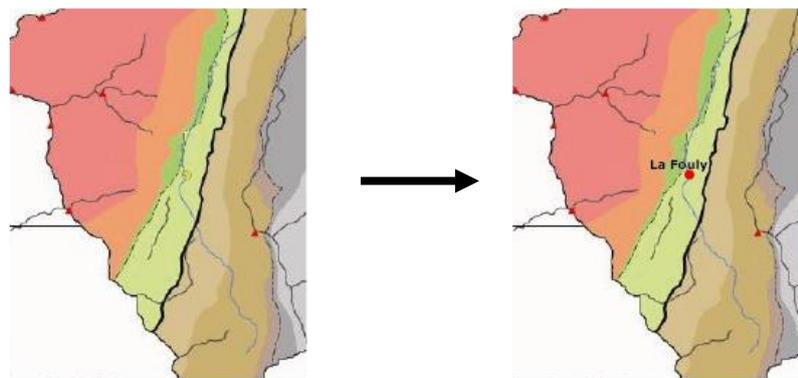


Figure 57 Exemples d'ajout de point de localisation et de points de repérages afin de faciliter la lecture des cartes.

7.3.2. Création d'un glossaire

Comme mentionné dans les résultats des tests, les testeurs ont éprouvé une difficulté à retourner aux définitions des termes techniques lors de la lecture des brochures. En effet, les termes techniques sont décrits lors de leur première apparition dans la brochure et lorsqu'il est à nouveau utilisé par la suite, il n'est pas redécrit. De plus, certains termes n'avaient pas été jugés comme étant trop techniques dans les premières versions des brochures et donc pas définis. Les testeurs ont souligné ces termes.

Le problème ici est que le lecteur ne mémorise pas forcément ce que veut dire le terme technique lors de la première lecture et a besoin de retourner à la définition à plusieurs reprises. Dès lors, le lecteur doit retourner à la page où le terme a été décrit et c'est justement cela qui pose problème, car du temps est nécessaire afin de retrouver la bonne page.

Afin d'améliorer ceci, un glossaire des termes techniques a été ajouté dans les quatre brochures (figure 58). Ce dernier contient les termes scientifiques mentionnés dans les brochures.

GLOSSAIRE	
<p>Les termes techniques, indispensables à la bonne compréhension de la brochure sont décrits ici. N'hésitez pas à venir les consulter durant la lecture de la brochure!</p>	
Bastion morainique	Le bastion morainique est une moraine de grande taille qui se trouve au front du glacier et qui est alimenté par les sédiments qui se trouvent sur et dans le glacier.
Érosion	L'érosion est le phénomène de dégradation des reliefs par différents procédés. Dans le cas des glaciers, ils érodent le substrat (les roches) en le ponçant ou en arrachant des morceaux de substrat.
Glissement de terrain	Un glissement de terrain est une masse de terre qui glisse le long d'un versant suite par exemple à un sol trop gorgé en eau, à de fortes précipitations (ou fonte de neige) ou encore à cause d'un sol avec trop peu de résistance (trop peu de racines).
Lave torrentielle	Une lave torrentielle est un écoulement qui mélange de l'eau et des matériaux de toutes tailles comme des sables, des cailloux, des gros blocs de pierre ou encore dans certains contextes des troncs d'arbres. Les laves torrentielles se déclenchent dans de fortes pentes (30 à 40°) et font suite à de très fortes précipitations (ou fonte de neige) qui vont venir déstabiliser le terrain et entraîner les matériaux vers le bas.
Moraine	Les glaciers transportent des roches et des sédiments, ces derniers vont venir s'accumuler à différents endroits autour du glacier : à l'avant c'est la moraine frontale, sur les côtés se sont les moraines latérales. Les moraines sont des indices pour retracer l'évolution d'un glacier.
Plaine alluviale	Une plaine alluviale est un espace géographique relativement plat et constitué de sédiments déposés par l'eau. C'est un milieu qui possède une grande richesse biologique et une dynamique particulière qui alterne crue et sécheresse, érosion et alluvionnement (dépôt).
Prise d'eau	Une prise d'eau fait partie des éléments d'un ouvrage hydroélectrique. Elle permet de prélever de l'eau d'un cours d'eau afin de l'envoyer via des tunnels dans des lacs de barrages.
Système torrentiel	Un système torrentiel est composé de trois parties : le bassin de réception, là où les eaux de pluie tombent et mobilisent des sédiments, le chenal d'écoulement, qui est la partie très raide où les écoulements se concentrent et prennent de la vitesse en direction de l'aval. C'est la zone de transport. Et finalement le cône de déjection, là où la pente diminue et que l'écoulement ne peut plus transporter tous les matériaux, il y a dépôt de sédiments.
Lithologie	La lithologie est la nature d'une roche
Schisteux	Désigne un type de roche contenant du schiste
Domaines Pennique et Helvétique	Désignent chacun un groupe de nappes (ensemble de couches géologiques). Chaque domaine possède des caractéristiques géologiques et des lithologies distinctes.
Massif cristallin	C'est un sous-ensemble du domaine helvétique.
Zone Houillère	C'est un sous-ensemble du domaine Pennique.

GLOSSAIRE	
<p>Les termes techniques, indispensables à la bonne compréhension de la brochure sont décrits ici. N'hésitez pas à venir les consulter durant la lecture de la brochure!</p>	
Érosion	L'érosion est le phénomène de dégradation des reliefs par différents procédés. Dans le cas des glaciers, ils érodent le substrat (les roches) en le ponçant ou en arrachant des morceaux de substrat.
Moraine	Les glaciers transportent des roches et des sédiments, ces derniers vont venir s'accumuler à différents endroits autour du glacier : à l'avant c'est la moraine frontale, sur les côtés se sont les moraines latérales. Les moraines sont des indices pour retracer l'évolution d'un glacier.
Petit Âge Glaciaire (PAG)	Le Petit Âge Glaciaire se situe entre 1300 et 1850 et se caractérise par un refroidissement du climat. À cette époque les glaciers alpins ont avancé de manière significative.
Roche moutonnée	C'est une roche qui a été polie par le passage d'un glacier. Souvent, ces roches possèdent des stries formées par des sédiments transportés par le glacier ayant « griffés » la roche.
Sandur	Le sandur fait partie de la marge proglaciaire qui est la zone située directement à l'aval du front du glacier et qui est influencée par des processus à la fois glaciaires, gravitaires, fluvio-glaciaires (eaux de fonte) et glacio-lacustres. Plus particulièrement, le sandur est composé de sédiments glaciaires remodelés par les eaux de fonte.
Trimline	Altitude maximale que les glaciers alpins aient atteint lors de la dernière grande glaciation.
Vallée en U	C'est une vallée caractérisée par une forme de U qui résulte du passage d'un glacier. Une vallée résultant de l'érosion fluviale aura, quant à elle, une forme en V.
Würm	Le Würm est une période de glaciation. Cette dernière a débuté il y a environ 70'000 ans et s'est terminée il y a 11'500 ans. À cette époque les glaciers alpins remplissaient les vallées et s'étendaient jusqu'en plaine, dans les régions de Soleure et du lac de Bourget.

Figure 58 Glossaires des brochures de la cabane d'Orny à droite et de la Fouly à gauche.

Ces glossaires permettent d'avoir un accès facilité aux définitions lors de la randonnée. De plus, si on se réfère à la règle des 6F de Summermatter (cf. chapitre 3.2), un glossaire renforce d'une part la fonctionnalité en ajoutant un aspect pratique à la lecture, mais renforce également la formation en fournissant une liste bien organisée de termes techniques, que l'utilisateur pourra mieux lire et mémoriser.

8. Conclusion

8.1. Retour sur les objectifs de départ

Ce travail s'inscrit dans le cadre du développement du géotourisme, de l'augmentation de l'intérêt de la société pour les sciences de la Terre mais également dans le contexte actuel des changements climatiques. La problématique de départ s'articulait autour de la médiation scientifique réalisable en lien avec ces cadres. Au cours de ce travail de mémoire, les questions concernant sa pratique dans le cadre de la randonnée pédestre en milieu alpin ont été abordées. Le but global de ce mémoire a été de sensibiliser les randonneurs aux problématiques liées aux changements climatiques dans les Alpes, ceci tout en pratiquant une activité de loisir, en famille ou entre amis. Au début de ce travail, trois objectifs principaux ont été posés afin de servir la problématique globale du travail.

Le premier objectif a été l'application de la méthode de Martin et al. Une bonne médiation scientifique requiert un travail rigoureux, particulièrement avant de réaliser le produit géotouristique. Toute une recherche est effectuée afin d'obtenir un maximum d'information sur la région d'étude, sur ses aspects scientifiques des sciences de la Terre ainsi que sur les pratiques touristiques de la région.

La méthode de Martin et al. sur l'élaboration des produits géotouristique a permis de poser un cadre pour l'élaboration des brochures. Des entretiens ont été menés dans la région avec des acteurs importants du tourisme et de la randonnée pédestre. Des lectures scientifiques ont également servi à parfaire les connaissances de la région, notamment au niveau de la géologie, de la géomorphologie et du cadre climatique régional.

Au terme de ces études préalables les quatre sphères que proposent Martin et al. ont pu être complétées : les sites, le public, le support et le message. L'utilisation de cette méthode était indispensable afin de créer un produit géotouristique viable et cohérent ; elle a permis de créer une structure pour la création des brochures.

De manière plus générale, les entretiens réalisés dans le cadre de cette méthode avec les divers acteurs de la région ont permis de recueillir de précieux conseils sur l'ensemble du travail mais ont également permis d'ancrer ce travail dans la réalité.

Le second objectif était la réalisation d'une série de brochure. Cette dernière a été réalisée selon les recommandations de Nicolas Summermatter (2003). Ces recommandations portaient sur différents aspects des brochures : tant l'aspect esthétique que fonctionnel, mais aussi le contenu vulgarisé.

Toutes les règles qui composent les « 6F » ont été respectées. Certaines règles ont particulièrement été mises en avant, telles que la familiarité et la fascination afin de correspondre au mieux au public cible.

Beaucoup d'attention a été portée à la personnalisation des brochures et à l'aspect attractif. En effet, capter l'attention du randonneur n'est pas forcément aisé dans un contexte de loisir. C'est pourquoi la brochure se doit d'être très attrayante. L'utilisation de beaucoup de couleurs, de photographies de qualité, de schémas créés sur mesure et des paragraphes courts permet de garder l'attention du lecteur tout au long de l'itinéraire.

L'utilisation de cette série de recommandation est avantageuse car elle permet de créer une structure pour les brochures. Cette structure, une fois posée, est applicable à d'autres sentiers de randonnée. Cet aspect est très important car plus le nombre de sentier est élevé, plus le nombre d'utilisateurs est grand. Ainsi, le message qui est transmis par le biais des brochures est plus largement dispersé.

La réalisation des brochures a pris une grande place dans le travail, car elle est le résultat de l'étude.

Finalement, **le troisième objectif était la transmission efficace d'un message.** Afin de satisfaire cet objectif, c'est une évaluation des brochures qui a eu lieu.

L'évaluation a permis de tester l'efficacité de la brochure auprès de randonneurs correspondant au mieux au public cible choisi. Il a été question de voir si les informations ont pu être assimilées, si les randonneurs ont apprécié le produit, et surtout si le message que tente de faire passer la brochure a été compris par les utilisateurs.

Les tests des brochures ont permis de soulever certains défauts, qui ont pu être corrigés par la suite.

De manière globale, les brochures ont bien fonctionné. La transmission des messages de chacune des brochures a pu être faite. Au terme des parcours, les randonneurs sont repartis avec de nouvelles connaissances et un regard différent sur les enjeux dans les environnements alpins.

De plus, les brochures ont remporté un franc succès auprès des testeurs, qui ont apprécié la manière dont les informations ont été apportées., notamment l'aspect ludique et attrayant, ainsi que la qualité des itinéraires d'un point de vue esthétique et pratique.

8.2. Comparaison avec les autres sentiers de la région

Dans le chapitre 4.6 avaient été présentés quelques sentiers géotouristiques déjà présents dans la région. Ces derniers sont de nature diverse en matière de support, de public cible ou encore de contenu.

La série de sentiers « Charlotte la marmotte », en comparaison avec les brochures réalisées dans ce travail, sont très axés sur les enfants avec du contenu très simplifié et ludique. Elle propose des sentiers très courts et de nombreux jeux afin de captiver au maximum l'attention des enfants. Les brochures réalisées ici sont moins ludiques, dans le sens où des jeux, des questions ou de énigmes ne sont pas proposée. Dans une perspective de développement, les brochures de ce mémoire pourraient s'en inspirer afin de renforcer l'aspect ludique et attrayant, surtout en proposant un quizz ou une sorte de « chasse au trésor ».

Le sentier de la Combe de l'A proposé par Randonature propose une brochure composée de texte et de photographies. Ce produit n'est pas très axé sur les aspects ludiques mais propose des explications claires sur la géologie et la géomorphologie. Le sentier des éperviers est dans la même veine dans le domaine de la faune et de la flore. En comparaison avec les brochures réalisées dans ce travail, elles sont moins axées sur l'attractivité. En effet, dans ce mémoire, un gros effort a été fait pour renforcer l'esthétique, la diversité du contenu et l'attractivité des brochures.

Le travail présenté dans ce mémoire s'apparente au travail réalisé par Elodie Bouvier en 2015. Les méthodes de S. Martin (2012) et de N. Summermatter (2003) ont été utilisées dans les deux travaux afin de réaliser les brochures. Le type de public est cependant légèrement différent, son public est plutôt composé de randonneurs expérimentés (Bouvier, 2015). Dans ce travail le public cible est davantage familial

De manière résumée, les quatre brochures réalisées ici complètent bien l'offre géotouristique déjà présente dans la région. En effet, elles visent un public pas encore sollicité dans les autres travaux.

8.3. Perspectives de développement

Au terme de ce travail de mémoire, plusieurs perspectives de développement peuvent être envisagées.

Ce concept de brochure peut être appliqué à d'autres itinéraires. Lors de l'entretien avec le directeur du Pays du St-Bernard, M. Gaétan Tornay, plusieurs possibilités de parcours ont été évoquées. C'est le cas pour le parcours du tour du Mont Blanc qui transite par le Val Ferret. Le Pays du St-Bernard aurait été intéressé qu'un produit géotouristique se développe sur cet axe. Cet itinéraire est très fréquenté mais les randonneurs ne s'arrêtent pas forcément dans la vallée. L'objectif du Pays du St-Bernard serait d'attirer les randonneurs à rester plus de temps dans le Val Ferret en proposant plus d'activités de randonnée. Un autre parcours présente les mêmes problématiques, c'est le cas de la Via Francigena qui remonte le Val d'Entremont. Cet itinéraire est emprunté par un grand nombre de pèlerins, cependant ces derniers ne font que passer dans la vallée et ne s'arrêtent pas. Une valorisation de ce parcours permettrait d'une part de profiter de la présence des randonneurs/pèlerins pour toucher et initier un large public aux sciences de la Terre et d'autre part elle permettrait de garder un peu plus longtemps les randonneurs dans les vallées du St-Bernard en faisant le lien avec d'autres itinéraires disponibles dans la région.

De manière plus large, la géomorphologie variée que présentent le Val Ferret et le Val d'Entremont offre de larges possibilités de valorisation. D'autres parcours que ceux retenus pour ce mémoire peuvent prétendre à une valorisation.

Toujours dans un esprit d'élargissement des brochures à d'autres itinéraires, il serait envisageable de revoir les contraintes établies dans le cadre de ce mémoire. Ces dernières étaient de proposer des randonnées faisables en une journée, avec un dénivelé inférieur à 1000m. À titre d'exemple, il avait été proposé pour le parcours de la cabane du Vêlan, de l'agrandir jusqu'à la cabane de Valsorey. Ce parcours impliquerait une nuitée dans une des deux cabanes. Cette proposition n'a pas été retenue pour ce travail afin que les niveaux de difficultés des quatre itinéraires soient plus ou moins semblables mais également parce que la difficulté de ce parcours semblait trop élevée pour le public cible défini. Un élargissement des itinéraires est donc évidemment envisageable. Il est cependant important de bien comprendre qu'un changement des contraintes influe sur le type de public.

Ensuite, il est envisageable de créer une application mobile à la place des brochures. En effet cette technologie possède un grand nombre de qualités comme la possibilité de développer l'interactivité et de réaliser des mises à jour facilement. Dans ce travail de mémoire, cette piste a été envisagée mais finalement pas retenue. Premièrement pour des questions de réalisations techniques compliquées et parce qu'une partie des acteurs

interviewés ne voyaient finalement pas d'intérêts majeurs à avoir une application pour ce genre de parcours.

Finalement il ne paraissait pas judicieux pour ce travail de réaliser une application pour uniquement quatre itinéraires. Le Pays du St-Bernard a pour projet de créer une application globale regroupant tous les itinéraires de la région. Lors de l'entretien, le Pays du St-Bernard a manifesté de l'intérêt dans ce travail de mémoire et pour la question de l'application mobile il leur a paru intéressant de réaliser ce travail sous forme de brochure et de potentiellement, par la suite, l'intégrer à leur projet global d'application.

Bibliographie

Arouca Declaration on Geotourism, November 12, 2011.
<http://www.europeangeoparks.org/?p=223> (accessed July 9, 2018)

Beniston M., Stephenson D. B., Christensen O. B., Ferro C. A. T., Frei C., Goyette S., Halsnaes K., Holt T., Jylhü K., Koffi B., Palutikoff J., Schöll R., Semmler T. Et Woth K. (2007), Future extreme events in European climate : an exploration of Regional Climate Model projections. *Climatic Change*, 81, 71-95.

Beniston, M. (2005). Mountain climates and climatic change: an overview of processes focusing on the European Alps. *Pure and Applied Geophysics*, 162(8-9), 1587-1606.

Beniston, M. (2007). Linking extreme climate events and economic impacts: Examples from the Swiss Alps. *Energy Policy*, 35(11), 5384-5392.

Beniston, M., Farinotti, D., Stoffel, M., Andreassen, L. M., Coppola, E., Eckert, N., ... & Huwald, H. (2018). The European mountain cryosphere: a review of its current state, trends, and future challenges. *Cryosphere*, 12(2), 759-794.

Bouët, M. (1972). *Climat et météorologie de la Suisse romande*. Lausanne: Payot.

Bouvier, E. (2015). Valorisation de la géomorphologie glaciaire et périglaciaire dans le massif des Combins par le développement de deux sentiers géotouristiques. Université de Lausanne. Faculté des géosciences et de l'environnement, Suisse. Repéré à <https://igd.unil.ch/memoires/memoires/63>

Brandolini, P., Faccini, F., & Piccazzo, M. (2006). Geomorphological hazard and tourist vulnerability along Portofino Park trails (Italy).

Brilha, J. (2016). Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage*, 8(2), 119-134.

Burri, M. (1974). *Histoire et préhistoire glaciaires des vallées des Drances (Valais)*. Dans *Eclogae Geologicae Helvetiae*, volume 67, cahier 1.

Burri, M., Maro, C. (1992). Notice explicative de la « Feuille 1345 Orsières avec la partie nord de la feuille 1366 Mont Vélan ». Atlas géologique de la Suisse, Feuille n° 91 au 1 : 25'000.

Burri, M., Fricker, P., Grasmück, K., Marro, C., Oulianoff, N. (1992). Atlas géologique de la Suisse 1:25'000, feuille 1345 Orsières. Berne : Service hydrologique et géologique national.

Cannone, N., Diolaiuti, G., Guglielmin, M., & Smiraglia, C. (2008). Accelerating climate change impacts on alpine glacier forefield ecosystems in the European Alps. *Ecological Applications*, 18(3), 637-648.

CAS (2005). Les risques de la randonnée pédestre. Un sport apparemment sans danger. Dans « Les Alpes » repéré à : <https://www.sac-cas.ch/fr/les-alpes/les-risques-de-la-randonnee-pedestre-un-sport-apparemment-sans-danger-17153/>

CAS (2018). Statistique 2018 des situations d'urgence en montagne. Repéré à https://www.sac-cas.ch/fileadmin/Ausbildung_und_Wissen/News/2018/Bergnotf%C3%A4lle_Schweiz_2018_Internet_FR.pdf

Cayla, N. (2009a). Le patrimoine géologique de l'arc alpin: de la médiation scientifique à la valorisation géotouristique (Doctoral dissertation, Université de Savoie).

- Cayla, N. (2009b). Les sentiers d'interprétation glaciaire: des outils de valorisation différenciés des glaciers et de leur territoire. *Cahiers de géographie, collection EDYTEM*, 8, 221-232
- Cayla, N. (2010). Les processus de construction du géotourisme alpin. *Téoros: revue de recherche en tourisme*, 29(2), 15-25.
- Cayla, N., Hoblea, F., & Gasquet, D. (2010). Guide des bonnes pratiques de médiation des géosciences sur le terrain.
- Cayla, N., Hoblea, F., Biot, V., Delamette, M., & Guyomard, A. (2012). De l'invisibilité des géomorphosites à la révélation géopatrimoniale. *Géocarrefour*, 87(3-4), 171-186.
- Cendrero, A. & M. Panizza (1999). Geomorphology and Environmental Impact Assessment: an introduction- *Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 3 (3): 167-172.
- Charlotte la Marmotte (2020) (repéré à <https://www.charlottelamarmotte.ch/>)
- Coratza, P., & Hobléa, F. (2018). The specificities of geomorphological heritage. In *Geoheritage* (pp. 87-106). Elsevier.
- Delaloye, R., & Morand, S. (1997). Du Val Ferret au Grand-Combin (Alpes Valaisannes): Inventaire des glaciers rocheux et analyse spatiale du pergélisol à l'aide d'un système d'information géographique (IDRISI). *Travail de Diplôme, Institut de Géographie de l'Université de Fribourg [unpublished]*.
- Delaloye, R., Perruchoud, E., Avian, M., Kaufmann, V., Bodin, X., Hausmann, H., ... & Lambiel, C. (2008). Recent interannual variations of rock glacier creep in the European Alps.
- Di Méo, G. (2008). Processus de patrimonialisation et construction des territoires. Colloque "Patrimoine et industrie en Poitou-Charentes: connaître pour valoriser", septembre 2007, Poitiers-Châtelleraut, France. Geste éditions.
- 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, environnement*, 16(2), 131-152.
- Dowling, R. K. (2013). Global geotourism—an emerging form of sustainable tourism. *Czech Journal of Tourism*, 2(2), 59-79.
- Du Cluzeau, C. O. (1998). *Le tourisme culturel*. Presses universitaires de France.
- Escher, A. (1988). Structure de la nappe du Grand St-Bernard entre le val de Bagnes et les Mischabel. Berne: Service hydrologique et géologique national
- Gabioud, C. (2008). Itinéraires pédestres et dynamiques géomorphologiques: le cas du Val Ferret (VS). Université de Lausanne. Faculté des géosciences et de l'environnement, Suisse Repéré à <https://igd.unil.ch/memoires/memoires/254>
- Grandgirard, V. (1997). *Géomorphologie, protection de la nature et gestion du paysage*. Gray, M. (2004). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley & Sons.
- Haeberli, W., & Beniston, M. (1998). Climate change and its impacts on glaciers and permafrost in the Alps. *Ambio*, 27(4), 258-265.

Haerberli, W., Wegmann, M. and Vonder Mühl, D., (1997). Slope stability problems related to glacier shrinkage and permafrost degradation in the Alps. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 90, 407-414.

Hobléa, F., Cayla, N., Giusti, C., Peyrache-Gadeau, V., Poiraud, A., & Reynard, E. (2017). Les géopatrimoines des Alpes occidentales: émergence d'une ressource territoriale. In *Annales de géographie* (No. 5, pp. 566-597). Armand Colin.

Hose, T. A. (2012). Geotourism and geoconservation.

Hose, T. A. (2006). Geotourism and interpretation. *Geotourism*, 2006, 221-241.

Hose, T. A. (Ed.). (2016). *Appreciating physical landscapes: three hundred years of geotourism*. Geological Society of London.

Huss, M., Bookhagen, B., Huggel, C., Jacobsen, D., Bradley, R. S., Clague, J. J., ... & Mark, B. G. (2017). Toward mountains without permanent snow and ice. *Earth's Future*, 5(5), 418-435.

Jacobi D. (1986). *Diffusion et vulgarisation : itinéraires du texte scientifique*, Paris, Les Belles Lettres.

Jacobi D., Schiele B. (1988) (Dir.). *Vulgariser la science, le procès de l'ignorance*, Seyssel, Champ vallon, Collection milieux.

Jouvet, G., Huss, M., Funk, M., & Blatter, H. (2011). Modelling the retreat of Grosser Aletschgletscher, Switzerland, in a changing climate. *Journal of Glaciology*, 57(206), 1033-1045.

Kramar, N., & Pralong, J. P. (2005). *La didactique des sciences: une chance pour les sciences de la Terre. Vivre dans les milieux fragiles: Alpes et Sahel*, 43-56.

La combe de l'A, à la rencontre des sciences de la terre (2008). Collection sentiers didactiques, Randonature (repéré à http://www.randonature.ch/pdf/bat/combe-A_IMP_gk.pdf)

Lambiel C. (2006), *Le pergélisol dans les terrains sédimentaires à forte déclivité : distribution, régime thermique et instabilités*. Thèse, Institut de Géographie, Université de Lausanne

Larousse (2019). Définition de Patrimoine. Repéré à <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/patrimoine/58700>. (Consulté le 04.06.19)

Larousse (2020). Définition de vulgarisation. (repéré à <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/vulgarisation/82649>)

Laszlo P. (1993). *La vulgarisation scientifique*, Paris, Presses universitaires de France, Que sais-je ?

Lefèvre, C., & Schneider, J. L. (2002). *Les risques naturels majeurs*. Contemporary publishing international-GB Science..

Lugon, R., & Monbaron, M. (1998). Stabilité des terrains meubles en zone de permafrost et changements climatiques. Deux études de cas en Valais: le Ritigraben (Mattertal) et la moraine du Dolent (Val Ferret). Rapport scientifique final PNR, 31.

Macadam, J. (2018). Geohéritage: Getting the Message Across. What Message and to Whom?. In *Geoheritage* (pp. 267-288). Elsevier.

Maillard, B. (2009). Inventaire des géomorphosites des vallées d'Entremont et de Ferret : Propositions de valorisation. Université de Lausanne. Faculté des géosciences et de l'environnement, Suisse. Repéré à <https://igd.unil.ch/memoires/memoires/1188>.

Marthaler, M. (2003). La mémoire de la Terre cachée derrière les panoramas. *Géomorphologie et tourisme*, Institut de Géographie, Lausanne, Travaux et Recherches, 24, 105-114.

Martin, S. (2012). *Valoriser le géopatrimoine par la médiation indirecte et la visualisation des objets géomorphologiques* (Doctoral dissertation, Université de Lausanne, Faculté des géosciences et de l'environnement).

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.

Megerle, H., & Beuter, A. (2010). La protection des géotopes et le géotourisme: des intérêts contradictoires ou une préoccupation commune?. In *Les géosciences au service de la société, Actes du colloque en l'honneur du Professeur Michel Marthaler* (Vol. 24, p. 26).

NCCS (éd.) 2018 : CH2018 - scénarios climatiques pour la Suisse. National Centre for Climate Services, Zurich. 24 pages. Numéro ISBN 978-3-9525031-1-9

Dowling, R., & Newsome, D. (2006). Geotourism's issues and challenges. *Geotourism*, 242-254.

Newsome, D., & Dowling, R. (2006). The scope and nature of geotourism. In *Geotourism* (pp. 31-53). Routledge.

Newsome, D., & Dowling, R. (2018). Geohéritage and geotourism. In *Geoheritage* (pp. 305-321). Elsevier.

Office fédéral de météorologie et de climatiologie : MétéoSuisse (2020).

Panizza, M. (2003). *Géomorphologie et tourisme dans un paysage culturel intégré*. Reynard E., Holz.

Piaget, J., Claparède, E. & Deslex, A. (1923). *Le langage et la pensée chez l'enfant*. Paris: Delachaux et Niestlé.

Poletti P. (1998). *Lodano : projet de parcours thématiques sur la nature et le paysage de la Vallemaggia*, Université de Lausanne, Institut de Géographie (mémoire non publié).

Pralong, J. P. (2003a). *Le géotourisme dans les régions de Crans-Montana-Sierre (Valais, CH) et de Chamonix-Mont-Blanc (Haute-Savoie, F)*.

Pralong, J. P. (2003b). *Valorisation et vulgarisation des sciences de la Terre: les concepts de temps et d'espace et leur application à la randonnée pédestre*. *Géomorphologie et Tourisme*.

Pralong, J. P. (2005). A method for assessing tourist potential and use of geomorphological sites. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 11(3), 189-196.

- Probst, T., Wicki, W., Zischg, A., & Pichler, A. (2013). Alpine strategy for adaptation to climate change in the field of natural hazards. Platform on Natural Hazards of the Alpine Convention (PLANALP).
- Rautenberg, M. (2003). Comment s'inventent de nouveaux patrimoines : usages sociaux, pratiques institutionnelles et politiques publiques en Savoie. *Culture & musées*, 1(1), 19-40.
- Ravanel, L., Deline, P., Lambiel, C., & Vincent, C. (2013). Instability of a high alpine rock ridge: The lower Arête des Cosmiques, Mont Blanc Massif, France. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 95(1), 51-66.
- Reynard E. (2020). Geomorphosites - Aesthetic landscape features or Earth history heritage. In Nekouie-Sadry B. (ed.). *The geotourism industry in the 21st century*. Oakville, Apple Academic Press.
- Reynard, E. (2004). Geosites. - In : Goudie, A. S. (ed.): *Encyclopedia of Geomorphology*. - London, Routledge, 440.
- Reynard, E., Coratza, P., & Regolini-Bissig, G. (Eds.). (2009). *Geomorphosites* (pp. 63-73). Mnichov: Verlag Dr. Friedrich Pfeil.
- Reynard, E. (2009). Geomorphosite and landscape. *Geomorphosites*, 21-34.
- Reynard, E., & Brilha, J. (Eds.). (2017). *Geoheritage: assessment, protection, and management*. Elsevier.
- Reynard, E., & Giusti, C. (2018). The landscape and the cultural value of geoheritage. In *Geoheritage* (pp. 147-166). Elsevier.
- Reynard, E., Guex, D., & Holzmann, C. (2003). Géomorphologie et tourisme: quelles relations?. *Géomorphologie et tourisme*, 1-10.
- Reynard, E., Perret, A., Bussard, J., Grangier, L., & Martin, S. (2016). Integrated approach for the inventory and management of geomorphological heritage at the regional scale. *Geoheritage*, 8(1), 43-60.
- Reynard, E., Pica, A., & Coratza, P. (2017). Urban geomorphological heritage. An overview. *Quaestiones geographicae*, 36(3), 7-20.
- Roer, I., Haeberli, W., Avian, M., Kaufmann, V., Delaloye, R., Lambiel, C., & Käab, A. (2008). Observations and considerations on destabilizing active rock glaciers in the European Alps.
- Roethlisberger V. (1999). *La mémoire du sol de la molasse aux glaciers : six itinéraires géologiques dans la région de Lausanne*, Université de Lausanne, Institut de Géographie (mémoire non publié).
- Schindelegger, A. (2019). *Gouvernance des risques naturels*. Secrétariat permanent de la Convention alpine. Innsbruck.
- Schlüchter, C. (compil.) 2009. *La Suisse durant le dernier maximum glaciaire (LGM), 1:500'000*. GeoCartes500, Office fédéral de topographie, swisstopo, Wabern.
- Secrétariat permanent de la Convention Alpine (2019). *Alpes neutres pour le climat et résilientes au changement climatique à l'horizon 2050*. Innsbruck.

Sentier des éperviers (2020) randonnées, cabane de Mille (repéré à <http://www.cabanedemille.ch/randonnees/sentier-des-eperviers>)

Stoffel, M., Tiranti, D., & Huggel, C. (2014). Climate change impacts on mass movements—case studies from the European Alps. *Science of the Total Environment*, 493, 1255-1266.

Stueve, A. M.; Cook, S. D.; Drew, D. (2002). *The geotourism study: phase 1 executive summary*. National Geographic: Washington.

Summermatter, N. (2002). *La Combe de l'A. Une plage de 240 millions d'années au milieu de nos montagnes ! Mémoire de licence*, Institut de Géographie, Université de Lausanne.

Summermatter, N. (2003). Quelques réflexions sur les techniques scripto-illustratives utilisées dans les brochures relatives aux itinéraires didactiques. *Géomorphologie et Tourisme*, Institut de géographie, Université de Lausanne, Travaux et Recherches, 24, 129-144.

Theler, D. (2004). Revitalisation et assainissement des cours d'eau en Valais. *Bulletin de la Murithienne*, (122), 77-88.

Theler, D., Reynard, E., & Bardou, E. (2007). From geomorphological mapping to risk assessment: a project of integrated GIS application in the western Swiss Alps. In *Proceedings of the 5th ICA mountain cartography workshop, Slovenia* (pp. 236-241). Mountain Cartography.

Tubb, K. N. (2003). An evaluation of the effectiveness of interpretation within Dartmoor National Park in reaching the goals of sustainable tourism development. *Journal of sustainable tourism*, 11(6), 476-498.

Annexes

Liste des annexes

1. Questionnaire aux élèves.
2. Formulaire d'évaluation des brochures pour les testeurs.
3. Brochure de la cabane d'Orny.
4. Brochure des lacs de Fenêtre.
5. Brochure de La Fouly.
6. Brochure de la cabane du Vélán.

Questionnaire pour les élèves

Ce questionnaire est réalisé dans le cadre de mon mémoire sur la valorisation de la géomorphologie des Vals Ferret et d'Entremont (Valais).

Ce travail a pour but de faire découvrir la montagne, sa formation et son évolution tout en pratiquant la randonnée. Une grande partie de mon travail consiste à expliquer des informations scientifiques de manière simple.

Certaines de mes explications seront destinées uniquement aux enfants/adolescents, c'est pour cela que j'ai besoin de toi ! En répondant à mes questions je pourrai évaluer tes connaissances de la montagne et donner les meilleures explications possibles dans mon travail. Le questionnaire est anonyme.

Si tu ne connais pas la réponse aux questions ce n'est pas grave, tu peux simplement écrire :

« Je ne sais pas »

1) Questions générales

Quelle est ton année de naissance ?.....

Dans quel village habites-tu ?

2) Toi et la randonnée

Quel sport pratiques-tu ?

.....

Est-ce que tu pratiques de la randonnée ?

OUI

NON

Si oui, avec qui vas-tu faire de la randonnée ? (Famille, club, amis...)

.....

Quelle est la durée de ces randonnées ?

Une demi-journée

une journée

Plusieurs jours

3) Toi et la montagne 🏔️🌲

Selon toi, comment évaluerais-tu tes connaissances de la montagne ?

Aucune connaissances

Quelques connaissances

Très bonnes connaissances

Connais-tu des noms spécifiques au vocabulaire de la montagne ? Donne des exemples

.....

.....

.....

Peux-tu expliquer comment se forment les glaciers ?

.....

.....

.....

Sais-tu si les glaciers en Suisse sont en train de grossir ou de rapetisser ?

Ils grandissent

Ils rapetissent

Est-ce que tu connais certains dangers en montagne ? Donne des exemples

.....

.....

S'il pleut beaucoup pendant plusieurs jours, à quoi faut-il faire attention si tu vas en montagne ?

.....

.....

4) Pour conclure 😊

Serais-tu intéressé à en apprendre plus sur les montagnes et leur environnement ?

Pas du tout intéressé

Un peu intéressé

Intéressé

Très intéressé

MERCI POUR TA PARTICIPATION !! 😊

Formulaire d'évaluation de la brochure >nom de la brochure<

Testeur n°

La forme de la brochure

<i>Que pensez-vous du format A3 de la brochure ?</i>	
<i>Que pensez-vous de la mise en page de la brochure ?</i>	
<i>Que pensez-vous de la proportion entre le texte, les images et les schémas ?</i>	
<i>Autres remarques concernant la forme ?</i>	

Contenu de la brochure

<p><i>Est-ce que la localisation des postes était facile à trouver ?</i></p>	
<p><i>Quelle a été votre impression sur le niveau de difficulté des informations données ?</i></p>	
<p><i>Êtes-vous satisfait de la quantité de matière présentée dans la brochure ?</i></p>	
<p><i>Avez-vous acquis de nouvelles connaissances grâce à cette brochure ?</i></p>	
<p><i>Autres remarques concernant le contenu ?</i></p>	
<p><i>Qu'avez-vous pensé de l'attractivité des informations ? Sont-elles amenées de manière suffisamment ludique ou trop scolaires ?</i></p>	

Synthèse de l'évaluation

<i>Quels-sont les points positifs de la brochure ?</i>	
<i>Quels-sont les points négatifs de la brochure ?</i>	
<i>Avez-vous de propositions d'améliorations ?</i>	
<i>Remarques supplémentaires ?</i>	

Brochure géotouristique

AVENTURE GLACIAIRE

De la Breya jusqu'à la cabane d'Orny



Réalisée par Alexandra Pugin
Université de Lausanne, 2020

Cette brochure est réalisée dans le cadre du mémoire de Master à l'Université de Lausanne.

Sauf mention contraire, toutes les photographies et illustrations sont de l'auteur.

Photo de couverture: Vue depuis la cabane d'Orny.

CONSIGNES D'UTILISATION

Se lancer sur l'itinéraire:



Un matériel adapté est indispensable! Nous nous trouvons dans une région alpine où le terrain peut être technique. La météo peut aussi changer très rapidement: les températures peuvent baisser soudainement lors d'un orage et les vents peuvent s'avérer forts et très froids!

De bonnes chaussures de randonnée et des vêtements chauds et imperméables sont nécessaires!



Les parcours possèdent des distances et des dénivelés conséquents. Il n'est aussi pas toujours possible de rejoindre une route d'accès pour raccourcir le parcours. Bien que les parcours soient accessibles aux adultes comme aux enfants, une bonne condition physique de chacun est recommandée!



Le respect de l'environnement est primordial! Il est important de suivre les sentiers balisés pour éviter tous dégâts sur la flore et un dérangement de la faune.

Les déchets n'ont pas leur place dans la nature! Merci de les emporter avec vous et de les jeter dans une poubelle.

Se lancer dans la brochure:

Les premières pages sont consacrées aux aspects techniques du parcours. Il suffit après de se laisser guider au fil des postes!

Ensuite la brochure propose deux niveaux de lecture:

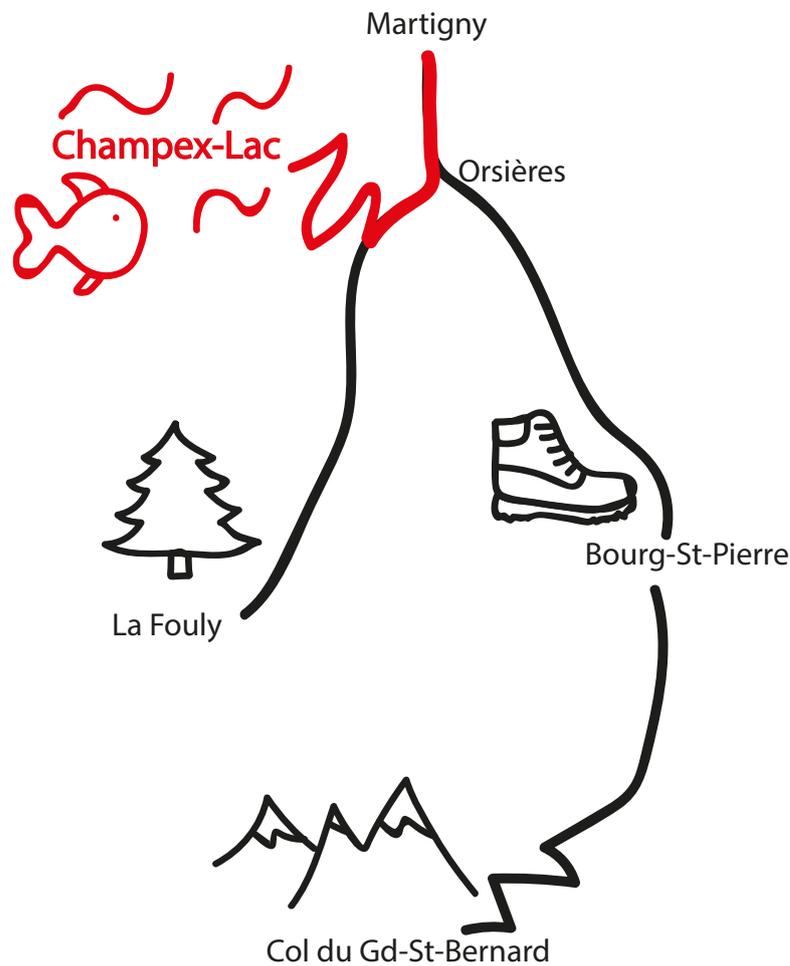


Le Saint-Bernard, encadré de vert, donne les informations les plus faciles à comprendre! Elle sont à lire en premier!



Le bouquetin, encadré de orange, donne des informations supplémentaires un peu plus complexes! N'hésitez pas à essayer de comprendre!

ACCÈS AU PARCOURS



En voiture depuis Martigny, suivez la route principale jusqu'à Orsières puis prenez la direction Champex-Lac. Traversez le village et un parking est disponible devant le télésiège.

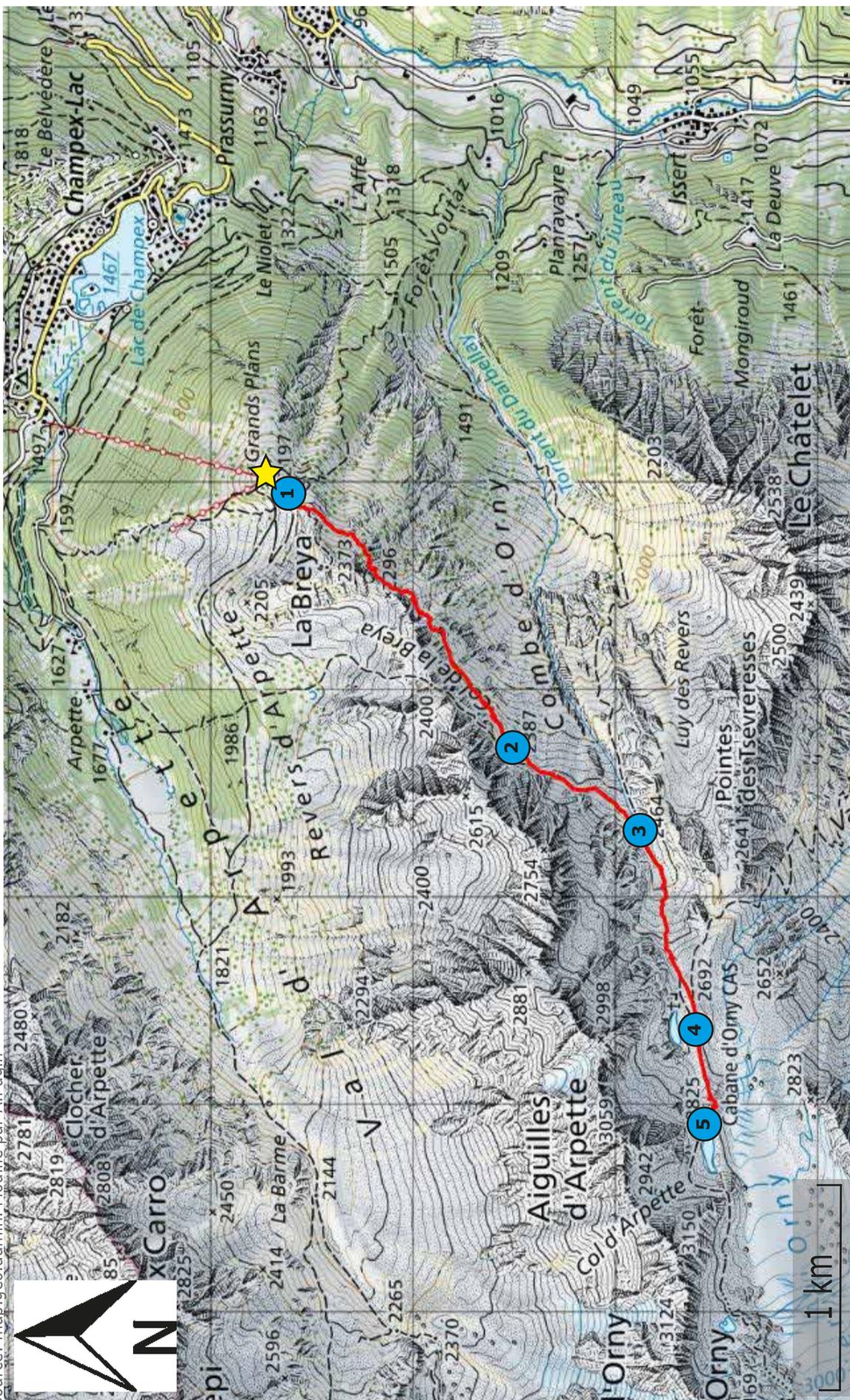
En transports publics depuis Martigny, prenez le train direction Le Châble jusqu'à Sembrancher, prenez le deuxième train jusqu'à Orsières et finalement le bus direction Champex d'en-bas jusqu'à Champex télé.



Le parcours débute au sommet du télésiège, à la Brea!

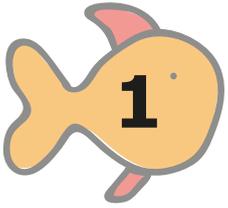
ATTENTION le télésiège est payant. Il est aussi possible de monter à pied, rajoutez 1h30 au parcours.

CARTE DU PARCOURS



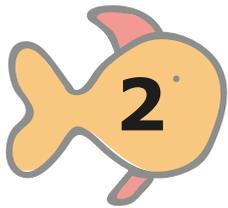
Source: map.geo.admin. Modifié par A.Pugin

LISTE DES POSTES



UN GLACIER SUR LE LÉMAN

Localisation: À l'arrivée du télésiège de la Broya, observez en direction de la vallée du Rhône, au Nord.



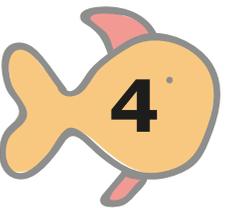
LES PONCEURS DES MONTAGNES

Localisation: Au croisement entre le sentier montant à la cabane d'Orny et celui montant en direction du col de la Broya. Observez en direction du Val Ferret, au sud.



UN GLACIER EST PASSÉ PAR-LÀ

Localisation: Au croisement entre le sentier montant à la cabane d'Orny et le sentier descendant sur Forêt Voutaz/Champex-Lac. Observez en direction de l'amont.



LE PETIT ÂGE GLACIAIRE

Localisation: Sur la crête de la moraine, au niveau du premier lac paraglaciale. Observez en direction du bas du glacier.



ÉVOLUTION GLACIAIRE

Localisation: Sur la terrasse de la cabane d'Orny. Observez en direction du glacier.

ASPECTS TECHNIQUES DU PARCOURS

Quelques chiffres sur le parcours:



Distance: 4.5 km aller (+ min. 4.5 km retour)



Dénivelé: 628 m D+ (+min. 628 m D-)



Temps estimé: 2h aller +1h en lisant
la brochure
(+ min. 1h30 retour)

Remarques techniques sur le parcours:

Entre les postes 1 et 3 (photo ci-dessous), le sentier est étroit et à flanc de coteau. Les randonneurs doivent être vigilants.



La pente devient un peu plus raide entre le poste 3 et le poste 5 mais ne présente pas d'autres difficultés.

Les enfants de plus de 10 ans peuvent emprunter cet itinéraire sans soucis. En dessous de cet âge, il est recommandé d'encorder les enfants.

INTRODUCTION À LA THÉMATIQUE

Au fil du temps les glaciers ont évolué, ils ont avancé jusqu'en plaine, reculé jusqu'au fond des vallées et, entre-temps, modelé le paysage. Leurs passages répétés ont laissé une multitude d'indices dans les paysages qui permettent de retracer leur évolution.

Aujourd'hui, les glaciers évoluent à une vitesse battant tous les records. Les changements climatiques et l'augmentation des températures dans les Alpes les font fondre à une allure rarement observée auparavant.

Dans cette brochure, nous allons retracer une partie de l'histoire glaciaire de la région!

Des indices qui prouvent le passage des glaciers se cachent dans le paysage et il sera de notre devoir de les trouver!



GLOSSAIRE

Les termes techniques, indispensables à la bonne compréhension de la brochure sont décrits ici.

N'hésitez pas à venir les consulter durant la lecture de la brochure!

Érosion	L'érosion est le phénomène de dégradation des reliefs par différents procédés. Dans le cas des glaciers, ils érodent le substrat (les roches) en le ponçant ou en arrachant des morceaux de substrat.
Moraine	Les glaciers transportent des roches et des sédiments, ces derniers vont venir s'accumuler à différents endroits autour du glacier : à l'avant c'est la moraine frontale, sur les côtés se sont les moraines latérales. Les moraines sont des indices pour retracer l'évolution d'un glacier.
Petit Âge Glaciaire (PAG)	Le Petit Âge Glaciaire se situe entre 1300 et 1850 et se caractérise par un refroidissement du climat. À cette époque les glaciers alpins ont avancé de manière significative.
Roche moutonnée	C'est une roche qui a été polie par le passage d'un glacier. Souvent, ces roches possèdent des stries formées par des sédiments transportés par le glacier ayant « griffés » la roche.
Sandur	Le sandur fait partie de la marge proglaciaire qui est la zone située directement à l'aval du front du glacier et qui est influencée par des processus à la fois glaciaires, gravitaires, fluvio-glaciaires (eaux de fonte) et glacio-lacustres. Plus particulièrement, le sandur est composé de sédiments glaciaires remodelés par les eaux de fonte.
Trimline	Altitude maximale que les glaciers alpins aient atteint lors de la dernière grande glaciation.
Vallée en U	C'est une vallée caractérisée par une forme de U qui résulte du passage d'un glacier. Une vallée résultant de l'érosion fluviale aura, quant à elle, une forme en V.
Würm	Le Würm est une période de glaciation. Cette dernière a débuté il y a environ 70'000 ans et s'est terminée il y a 11'500 ans. À cette époque les glaciers Alpins remplissaient les vallées et s'étendaient jusqu'en plaine, dans les régions de Soleure et du lac de Bourget.

POSTE 1: UN GLACIER SUR LE LÉMAN

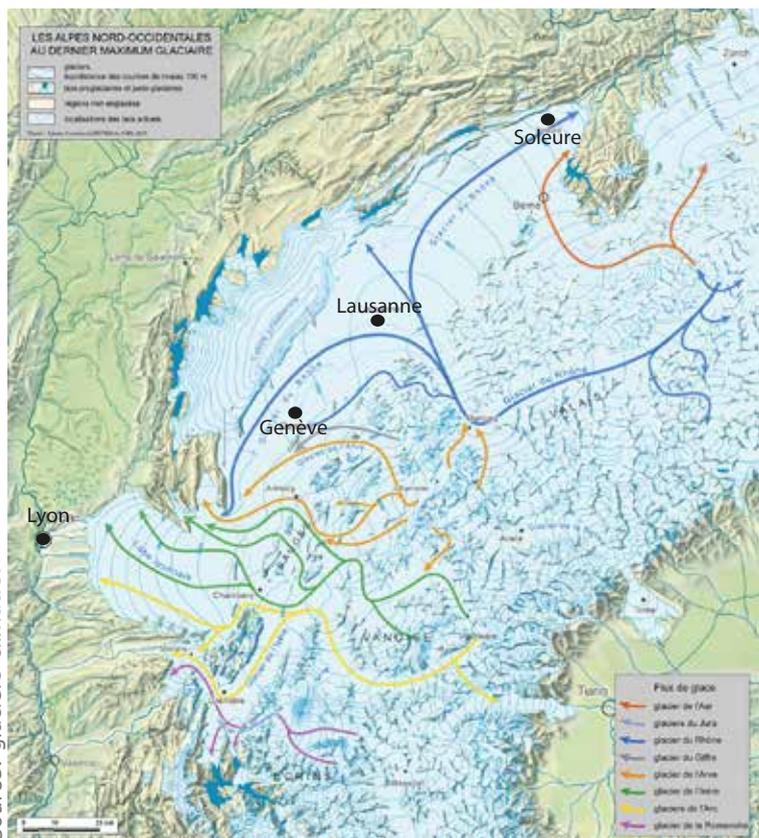
Localisation: À l'arrivée du télésiège de la Breya, observez en direction de la vallée du Rhône, au Nord.

Après le poste: Suivre le sentier pédestre direction la cabane d'Orny.

Regardez bien sur votre droite en descendant du télésiège, tout au bout de la plaine du Rhône, c'est bien le lac Léman que nous observons !

Qu'est-ce que le Lac Léman vient faire dans notre aventure glaciaire ?

Il y a à peu près 20'000 ans, **c'était la période du WÜRM**, le climat était bien plus froid qu'il ne l'est aujourd'hui et les glaciers des Alpes recouvraient le lac Léman. Ces glaciers ont laissé une grande quantité d'indices dans le paysage qui permettent de retracer leurs parcours. Le lac Léman en est un!



Le Würm est une période de glaciation! Cette dernière a débuté il y a environ 70'000 ans et s'est terminée il y a 11'500 ans.

Il y a 22'500 ans, les glaciers des Alpes atteignaient leur maximum! Le glacier du Rhône remplissait la vallée et s'étendait jusque dans les régions du lac du Bourget et de Soleure!

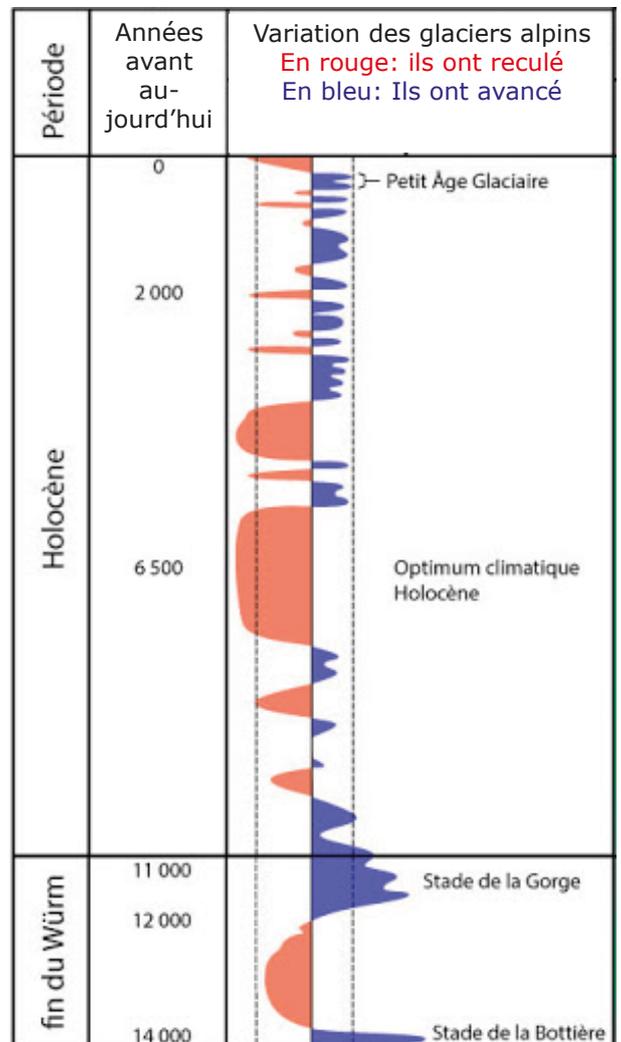
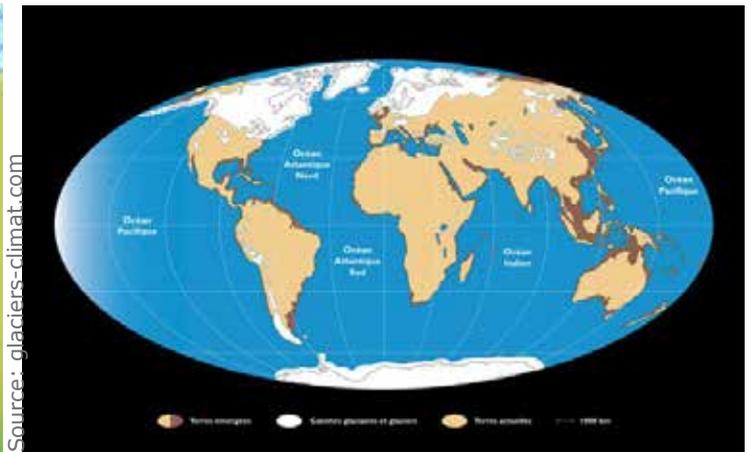
La carte ci-contre montre l'étendue de ces glaciers alpins!

Impressionnant non?

La glaciation du Würm n'a pas affecté que les Alpes; c'est tout l'hémisphère nord de la planète qui a été concerné.

Des calottes glaciaires se sont développées sur la Scandinavie, sur l'Amérique du Nord et sur la Russie. Les régions montagneuses, comme la chaîne de l'Himalaya, ont également été concernées.

A partir d'il y a 20'000 ans, les glaciers se mettent à fondre et à reculer jusqu'à ce que l'hémisphère nord quitte sa période de glaciation, il y a environ 11'500 ans.

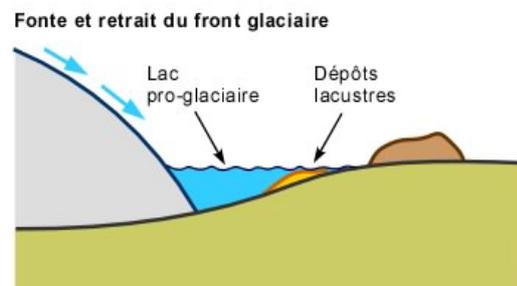
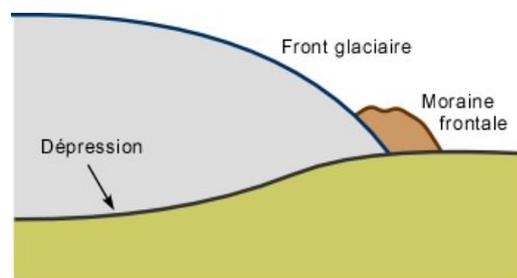


Pourquoi les glaciers avancent et reculent ?

Le climat varie au fil du temps. Pendant certaines périodes il fait plus froid et les glaciers grandissent et avancent. Au contraire, il arrive que le climat se réchauffe et à ce moment les glaciers se mettent à fondre et reculent au fond des montagnes. Le graphique ci-contre donne un aperçu de l'évolution des glaciers alpins depuis la fin du Würm, lorsque les glaciers étaient déjà en train de fondre.

Quel lien entre glacier et lac?

Le glacier a, durant sa progression vers la plaine, érodé les terrains sur lesquels il s'écoulait, en surcreusant les zones les plus fragiles. Lorsque les températures se sont réchauffées et que le glacier a commencé à se retirer, le bassin surcreusé s'est rempli d'eau de fonte et forme aujourd'hui le lac Léman. Son niveau a varié au fil du temps et est maintenant plus ou moins stabilisé grâce à l'intervention humaine.



Source: Université Laval

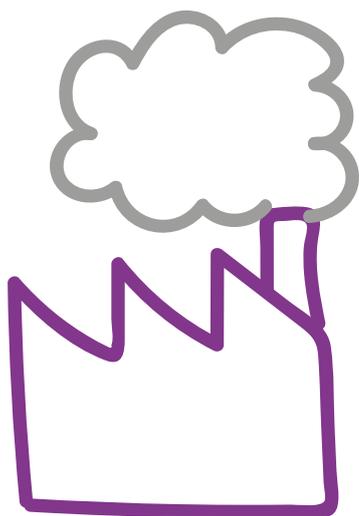
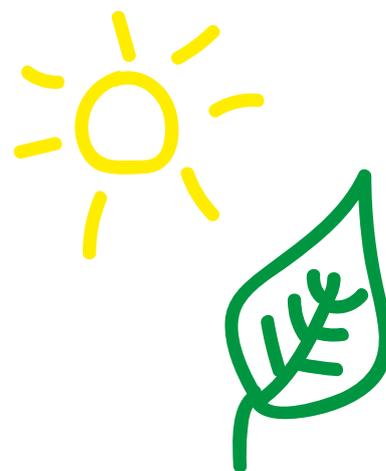


Mais alors quels sont les mécanismes qui rendent le climat plus chaud ou plus froid ?

- les processus naturels

- les processus humains

Pour les processus **naturels**, on retrouve notamment l'activité du soleil et la position de la Terre par rapport à ce dernier. D'autres facteurs tels que les circulations atmosphériques et océaniques influent aussi sur le climat. Ces processus naturels permettent d'expliquer les diverses périodes de refroidissement et de réchauffement qu'a vécues la Terre, comme la période du Würm.



Les processus **humains** influencent le climat depuis moins de 2 siècles et pourtant leurs effets sont sans précédent. La Terre subit actuellement une évolution très rapide des températures, notamment à cause des émissions de gaz à effet de serre. Les températures augmentent à une vitesse jamais enregistrée auparavant et ont pour conséquences, entre-autre, le recul des glaciers.

POSTE 2: LES PONCEURS DES MONTAGNES

Localisation: Au croisement entre le sentier montant à la cabane d'Orny et celui montant en direction du col de la Breya. Observez en direction du Val Ferret, au sud.

Après le poste: Suivre le sentier pédestre direction la cabane d'Orny.

Durant le Würm, lorsque les glaciers descendaient jusqu'en plaine, le **Val Ferret était rempli de glace**. Mais jusqu'où exactement? Observez le paysage et essayez de faire une estimation!

Vous avez pu remarquer que les formes des montagnes sont toutes différentes mais deux catégories sont facilement dissociables :

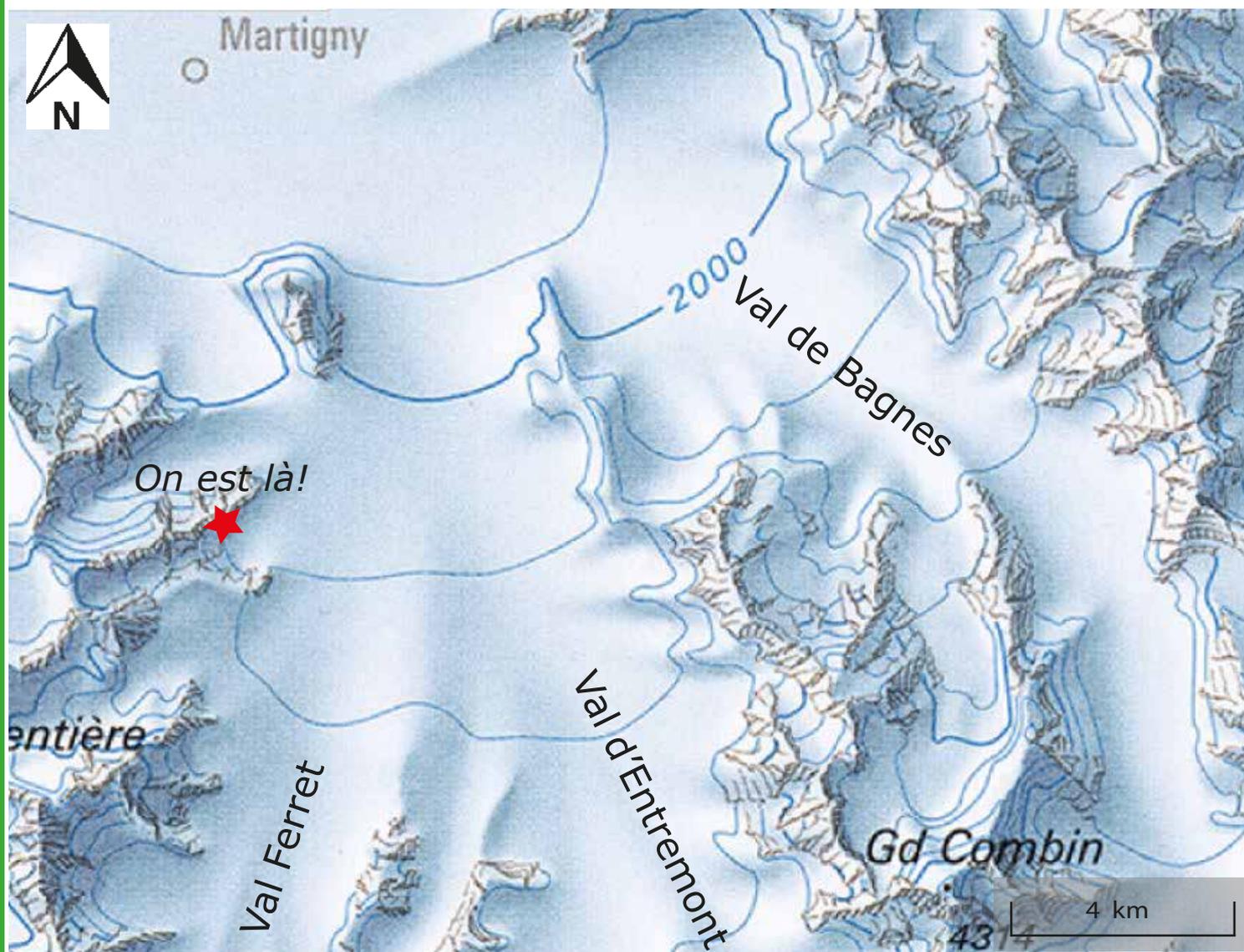
Les sommets, comme ceux en arrière plan sur l'image, sont souvent pointus et avec une forme acérée.

Les parties plus basses, comme au second plan sur l'image, ont une forme plus douce et plus arrondie.

Lors du passage des glaciers, ces derniers ont érodé les roches, ce qui a laissé des formes très arrondies. Là où les glaciers ne sont pas passés, plus haut en altitude, les roches n'ont pas été érodées par des processus glaciaires et ont donc gardé une forme très pointue.



Cette carte reconstitue l'ancienne altitude des glaciers de la région lors du dernier maximum glaciaire:



Source: map.geo.admin, modifié par A.Pugin

Ici même, **il y a 22'500 ans, nous nous trouverions au niveau de la trimline (=altitude maximale qu'ont atteint les glaciers) juste à la surface du glacier**, avec devant nous une véritable mer de glace composée de quelques îles que sont les sommets des montagnes!

Continuons notre route en direction d'Orny!



POSTE 3: UN GLACIER EST PASSÉ PAR LÀ

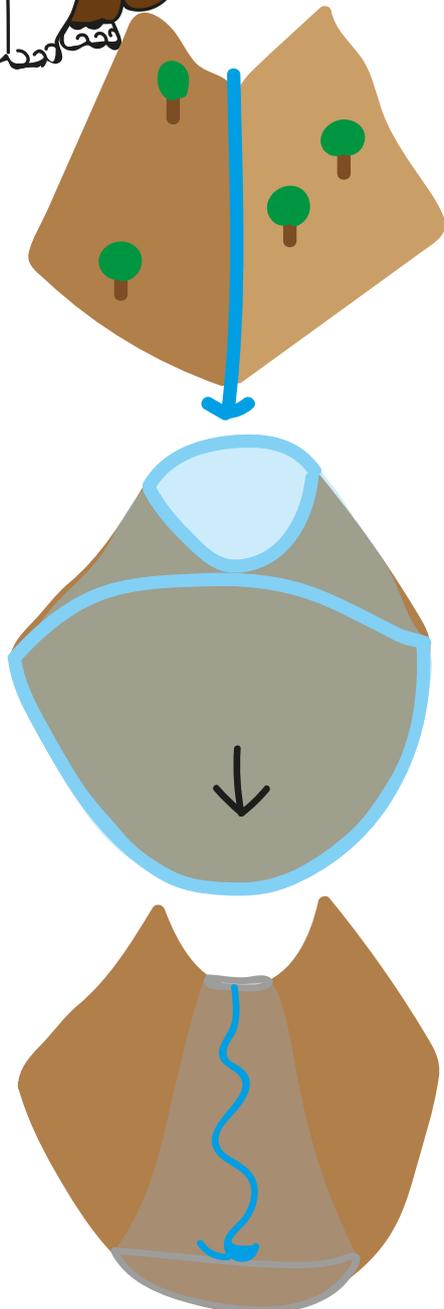
Localisation: Au croisement entre le sentier montant à la cabane d'Orny et le sentier descendant sur Forêt Voutaz/Champex-Lac. Observez en direction de l'amont.

Après le poste: Suivre le sentier pédestre direction la cabane d'Orny.



Observez bien ce petit vallon devant vous. Quelle forme a-t-il?

Il possède une forme assez arrondie, qui s'apparente à la lettre U. Cette forme est justement un indice qui nous montre qu'un glacier est passé par ici!



1

Avant la glaciation, la vallée est drainée par une **rivière**. Cela lui donne une forme en V.

2

Durant la glaciation le **glacier** occupe la vallée et érode les parois.

3

Lorsque le glacier se retire, il laisse derrière lui **des sédiments**. La vallée garde la forme en U du glacier.

Sur la photo et dans le paysage, on distingue très bien la forme en U de ce petit vallon!

A l'époque du Würm, nous serions sous le glacier! Comme on peut le voir sur la 1ère photo, le glacier passait dans ce vallon et nous nous trouvons au beau milieu de son chemin!

Aujourd'hui, nous marchons sur les sédiments que le glacier a déposés!

AU WÜRME, AVEC LE GLACIER
Nous sommes dans le glacier!



AUJOURD'HUI, SANS GLACIER
Nous marchons sur les
sédiments déposés par le
glacier!



On remarque aussi d'autres indices comme le gros rocher en haut du vallon. Il possède une forme très arrondie, ce qui prouve qu'il a été comme poncé.



Les roches qui se trouvent sur les flancs du vallon ont elles-aussi le même aspect, comme si elles avaient été polies. **Ce sont des roches moutonnées.**



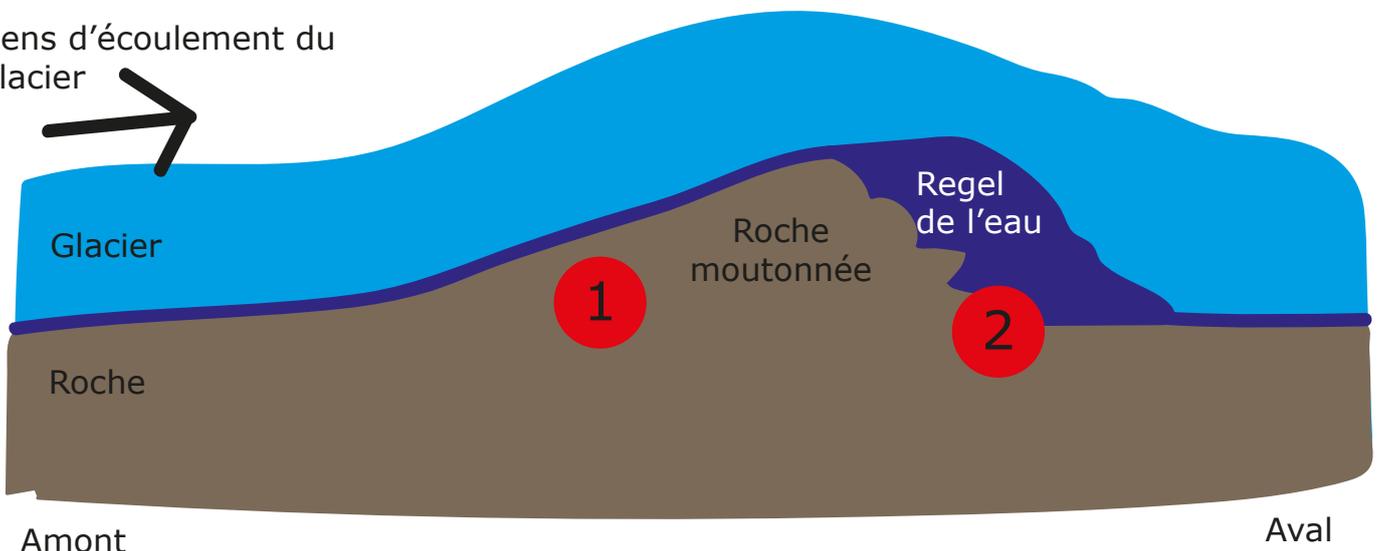
1

La partie amont est soumise à une grosse pression par le glacier et la roche est donc polie. Le frottement du glacier provoque une fonte partielle de la glace et une fine couche d'eau se forme entre la glace et la roche.

2

Le glacier se décolle à l'aval de l'obstacle et l'eau de fonte s'y écoule. Avec un processus de gel/dégel des fragments de roche sont arrachés.

Sens d'écoulement du glacier



Amont

Aval

POSTE 4: LE PETIT ÂGE GLACIAIRE

Localisation: Sur la crête de la moraine, au niveau du premier lac paraglaciale. Observez en direction du bas du glacier.

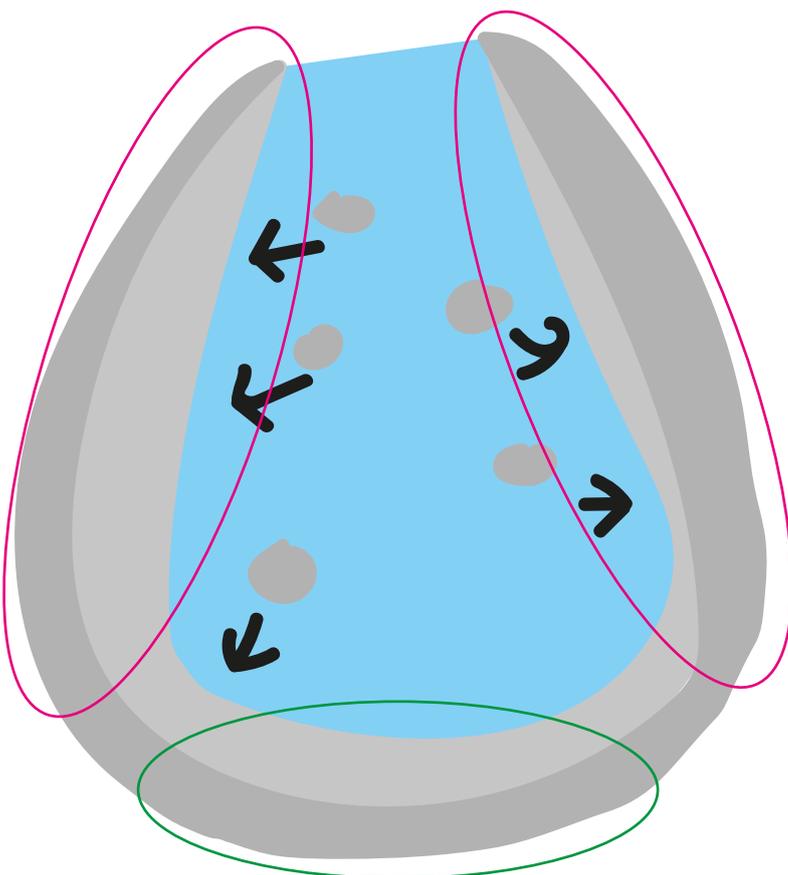
Après le poste: Suivre le sentier pédestre direction la cabane d'Orny.



Ici c'est un véritable paysage glaciaire qui s'offre à nous ! À ce poste c'est principalement des moraines dont nous allons parler.

Qu'est-ce qu'une moraine ?

Les glaciers transportent des sédiments; ces derniers vont venir s'accumuler à différents endroits autour du glacier: à l'avant, c'est la moraine frontale, sur les côtés, ce sont les moraines latérales. Les moraines sont les indices les plus flagrants pour représenter l'évolution des glaciers.



 Glacier

 Sédiments sur et sous le glacier

 Direction des sédiments allant vers les moraines

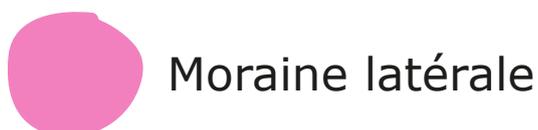
 Moraine latérale

 Moraine frontale

Entre le poste précédent et celui-ci, **c'est un énorme bond dans le temps que nous avons fait. Nous marchons actuellement sur une ancienne moraine datant du Petit Âge Glaciaire** (il y a 170 ans, explications à la page suivante). Si on observe bien, plusieurs moraines sont visibles!

Une moraine couverte de végétation, de forme arrondie et éloignée du glacier est une moraine plus ancienne. Une moraine avec peu de végétation, de forme triangulaire et proche du glacier correspond à une moraine plus récente.

Ici on voit que la moraine a peu de végétation et est encore bien cônique. Le glacier est aussi encore très proche. C'est donc bel et bien une moraine récente, du Petit Âge Glaciaire!



Moraine latérale



Crêtes des moraines

Toute la partie juste à l'aval du glacier à également été formée par l'action du glacier. **Il s'agit du Sandur.**

Le sandur fait partie de la marge proglaciaire qui est la zone située directement à l'aval du front du glacier et qui est influencée par des processus à la fois glaciaires, gravitaires, fluvio-glaciaires (eaux de fonte) et glacio-lacustres. Plus particulièrement, le sandur est composé de sédiments glaciaires remodelés par les eaux de fonte.

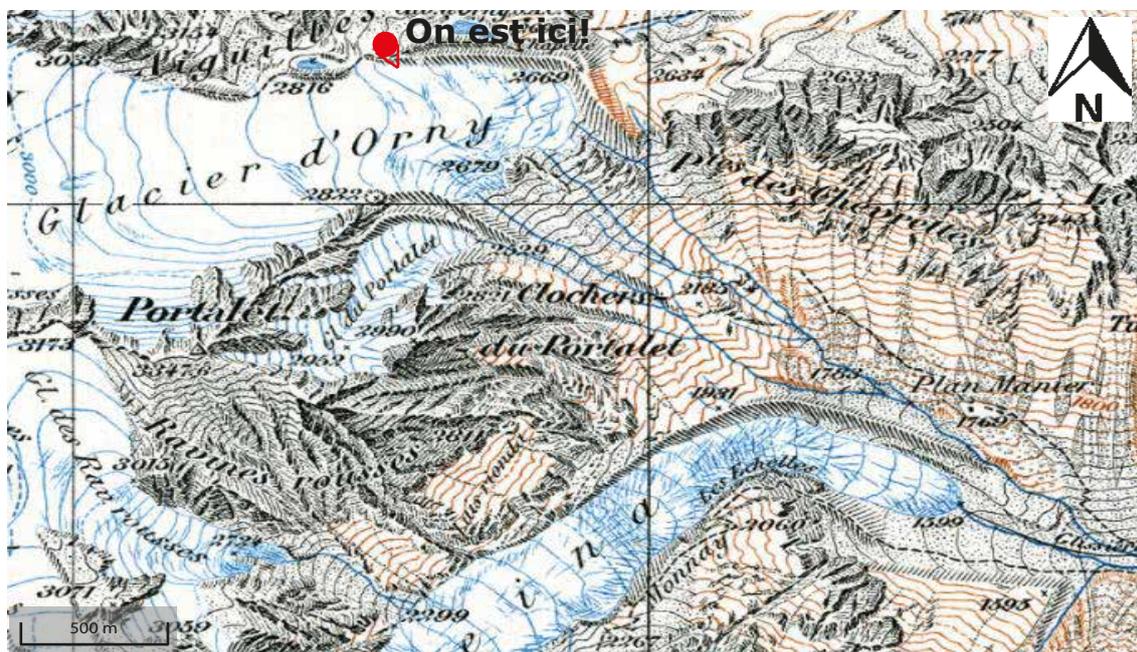


Sandur



Glacier d'Orny

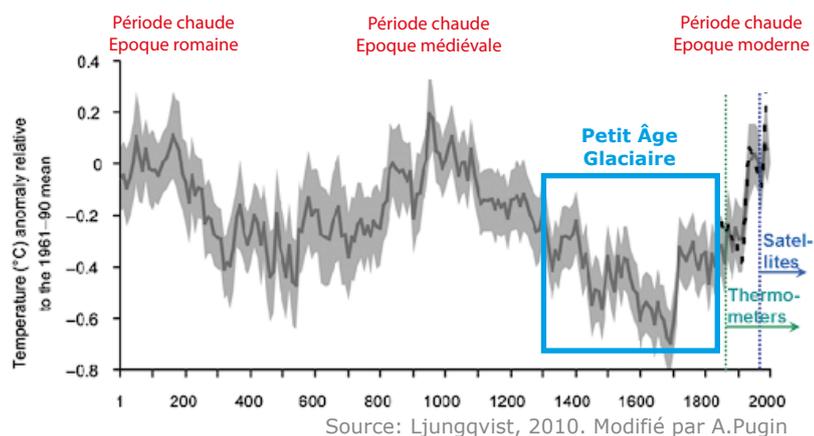
Lors du Petit Âge Glaciaire, le sandur que nous voyons ici était totalement recouvert par le glacier d'Orny!
À ce moment là, le glacier d'Orny s'écoulait dans le vallon de Saleinaz.



Source: map.geo.admin. Modifié par A.Pugin

Le Petit Âge Glaciaire

Le Petit Âge Glaciaire se situe entre 1300 et 1850. C'est une courte période durant laquelle le climat s'est refroidi suite à différents facteurs comme les activités solaires et volcaniques ainsi que la position de la Terre par rapport au soleil. Ce refroidissement a permis aux glaciers des Alpes d'avancer de quelques kilomètres dans les vallées, non sans conséquences.



Les glaciers de cette époque ont eu une influence sur les cours d'eau, ont détruit certaines infrastructures construites par l'Homme et aussi recouverts et détruit des zones de pâturages.



Depuis la fin du Petit Âge Glaciaire, les températures n'ont cessé d'augmenter et les glaciers de reculer. Ci-contre, on voit le glacier d'Orny en 1940, 100 ans après la fin du petit âge glaciaire, encore beaucoup plus impressionnant qu'aujourd'hui!

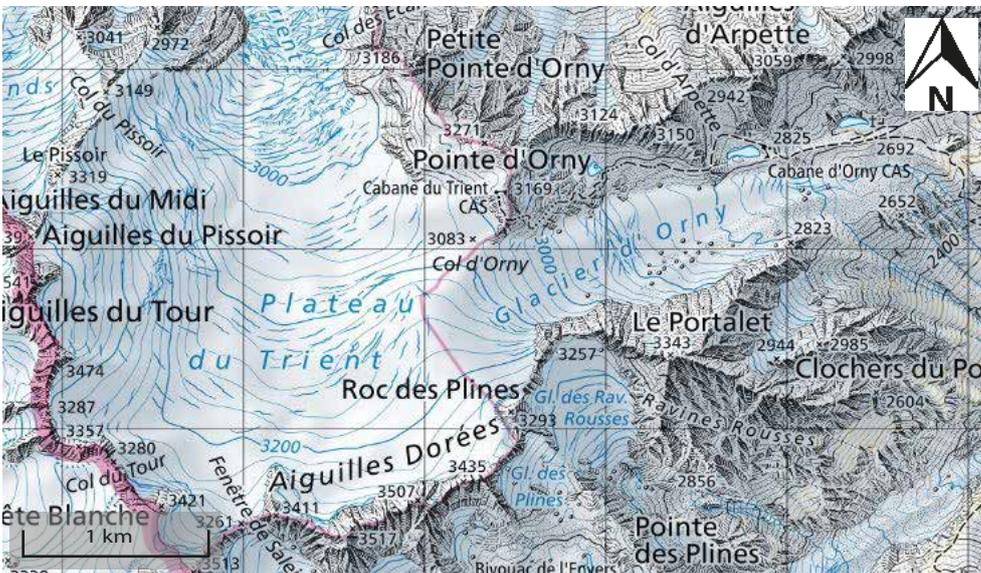
Avec comme point de repère le clocher du Portalet.

POSTE 5: ÉVOLUTION GLACIAIRE

Localisation: Sur la terrasse de la cabane d'Orny. Observez en direction du glacier.

Après le poste: Le parcours est terminé. Voir la page «fin du parcours» pour les options de retour.

Bravo pour cette belle montée ! Depuis la cabane d'Orny, nous avons une vue imprenable sur le glacier du même nom. En regardant vers le haut du glacier, ce dernier rencontre le ciel et semble infini. C'est une vision bien poétique... en réalité le glacier d'Orny découle du plateau du Trient, 200m plus haut.



Source: map.geo.admin



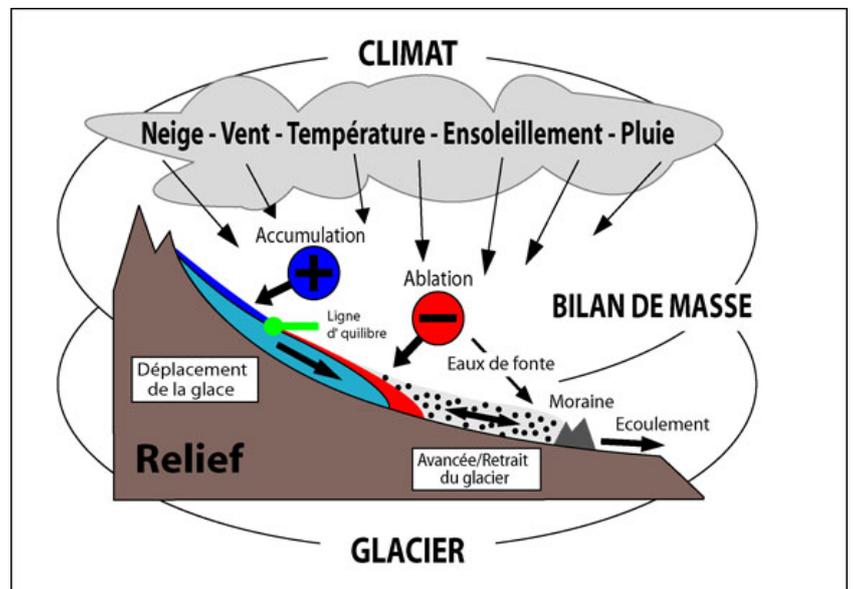
Le plateau du Trient fournit un peu de glace au glacier d'Orny mais c'est principalement les chutes de neige qui alimentent le glacier. La neige tombe, s'accumule et progressivement se transforme en glace.

Les glaciers se décomposent en deux parties:

La zone d'accumulation,

La zone d'ablation

La ligne d'équilibre
sépare les deux zones



Source: SSGm

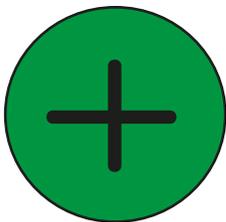
Comme son nom l'indique, **la zone d'accumulation** accumule de la neige qui se transforme ensuite en glace; le glacier gagne donc de la masse.

Dans **la zone d'ablation**, le glacier fond et perd de la masse.

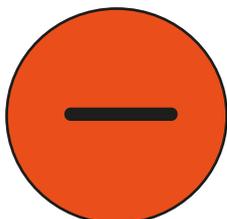
La ligne d'équilibre varie en fonction du climat. Si le climat devient plus froid, elle descend. Si le climat devient plus chaud, elle remonte. Dans les Alpes suisses elle se situait à environ 2750m d'altitude en 2009!



Afin de se renseigner sur l'évolution du glacier, **le bilan de masse** est très efficace! Il s'agit de faire la différence entre la glace qui a été accumulée et la glace qui a fondu.

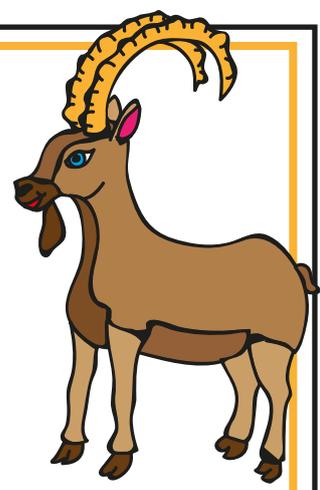


Si le résultat est positif, le glacier a plus accumulé de glace qu'il n'en a perdu. **Il prend de la masse et il grandit!**



Si le résultat est négatif, le glacier a plus fondu que gagné de la glace. **Il est donc en train de rapetisser.**

Quel avenir pour ce glacier ?

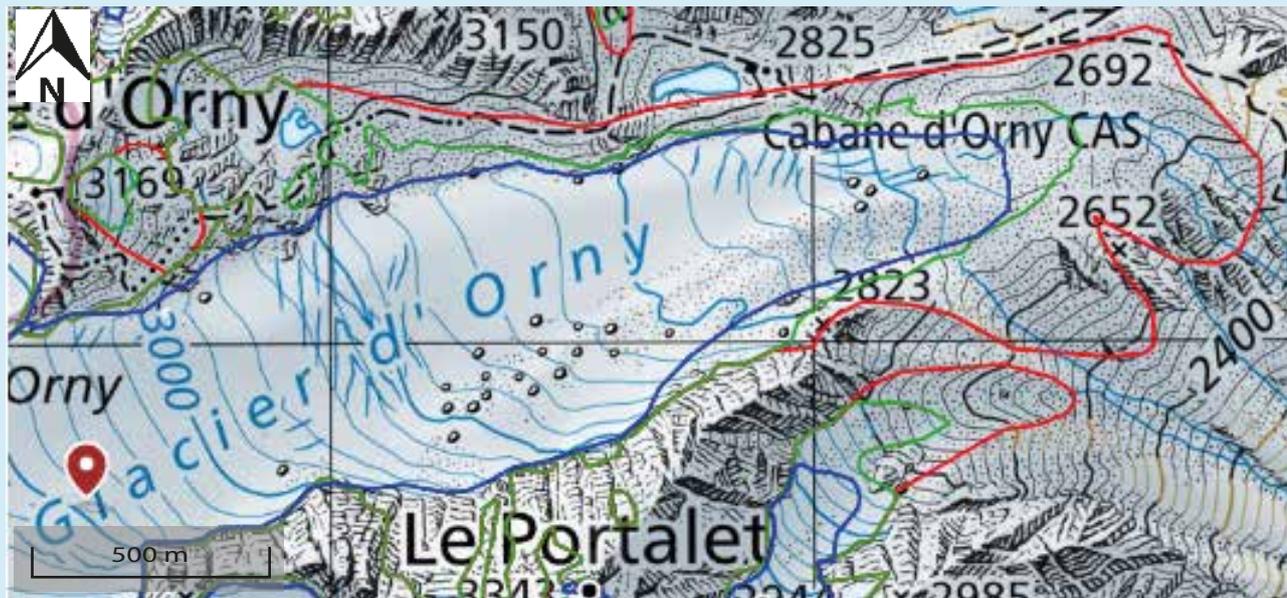


Pour ne pas vous mentir, ça ne sent pas bon pour les glaciers. En effet les températures augmentent très rapidement. Les Alpes sont particulièrement affectées par les changements climatiques: **en un siècle les températures se sont réchauffées de 2°C!** et ses effets sont bien visibles au travers du recul des glaciers.

En 1973, le glacier d'Orny avait une superficie de 1.55 km². En 2010 elle n'était plus qu'à 1.27 km².

Ce qui équivaut à une diminution de la surface de 18.16%!

Recul du glacier d'Orny depuis 1850:



1850 ——— 1973 ——— 2010 ———

Source: glamos.ch. Modifié par A.Pugin

Le recul n'est pas prêt de s'arrêter car il réagit avec un effet de retardement. C'est-à-dire que, puisque les glaciers actuels sont trop gros par rapport à la température actuelle, même en arrêtant tout réchauffement, les glaciers continueraient de fondre jusqu'à atteindre leur équilibre, même jusqu'à disparaître.

FIN DU PARCOURS...

Notre voyage à travers l'histoire des glaciers s'arrête ici, à la cabane d'Orny. Nous avons pu voir que les glaciers sont de grands voyageurs! Depuis les fonds de vallées, ils sont allés jusqu'en plaine et ont laissé sur leur passage un grand nombre d'indices.

Ils ont vu de nombreux climats se succéder mais le climat actuel et ses changements semblent avoir un goût différent, principalement car l'être humain en est en grande partie responsable.

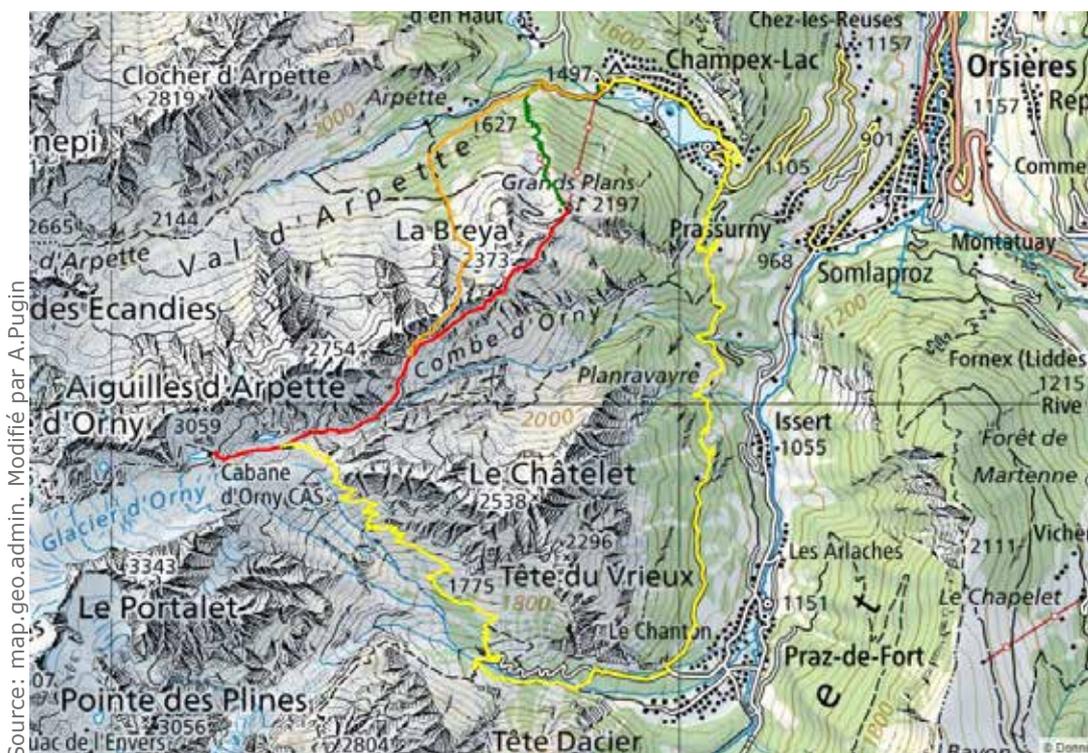
Depuis ici plusieurs options s'offrent à vous :

Il est possible de reprendre le même chemin en sens contraire et de reprendre le télésiège jusqu'à Champex (1h) ou de descendre à pied par le chemin pédestre (2h) (en vert). Ce chemin est le plus facile et le plus court.

Il est aussi possible de rebrousser chemin et de monter au col de la Brea, qui passe dans le val d'Arpette (en orange). Le paysage en vaut le détour mais cet itinéraire s'adresse aux bons randonneurs (2h45).

La dernière possibilité est de redescendre dans le vallon d'Arpette de Saleinaz (En jaune). Ce sentier est moins fréquenté mais les paysages sont exceptionnels. Si vous avez le temps et la forme physique, je vous le recommande vivement ! (5h de la cabane d'Orny jusqu'à Champex)

Attention, c'est une longue descente de 1500m d'environ 3h jusqu'à Praz-de-Fort ! Si vous êtes venus en transports publics vous pourrez prendre le bus à Praz-de-Fort. Sinon il faudra compter encore 2h pour rejoindre Champex.



BIBLIOGRAPHIE

Vous voulez en savoir plus sur les thèmes abordés dans cette brochure? Voici quelques sites et références bibliographiques!

Burri, M. (1974). Histoire et préhistoire glaciaires des vallées des Drances (Valais). Dans *Eclogae Geologicae Helvetiae*, volume 67, cahier 1.

Coutterand, S., & Buoncristiani, J. F. (2006). Paléogéographie du dernier maximum glaciaire du Pléistocène récent de la région du massif du Mont Blanc, France. *Quaternaire. Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 17(1), 35-43.

Coutterand, S., & Jouty, S. (2009). *Glaciers: mémoire de la planète*. Hoëbeke.

GLAMOS, glacier monitoring switzerland. Repéré à <https://www.-glamos.ch/fr/#/A50d%2F01>.

RTS, Laurent Dufour, Flore Dussey, Elisa Casciaro (2019). Au temps des glaciers. Repéré à <https://www.rts.ch/info/-suisse/10601976-au-temps-des-glaciers.html> (consulté le 07.01.2020).

Sciences naturelles Suisse. Thème neige, glaciers, pergélisol. Repéré à <https://sciencesnaturelles.ch/topics/snow-glaciers-permafrost>.

Société Suisse de géomorphologie (SSGm). Repéré à <http://www.unifr.ch/geoscience/geographie/ssgm-fiches/accueil/index.php>.

Zryd, A., Dumoulin, H., Crispini, N., & Crispini, N. (2010). *Glaciers: passé-présent du Rhône au Mont-Blanc*. Slatkine.

NOTES PERSONNELLES

L'aventure n'est pas finie!

Vous avez aimé cette brochure? Il en existe 3 autres sur 3 itinéraires différents! Allez vite les essayer pour découvrir encore plus de choses sur l'environnement de montagne!

Brochure géotouristique

CACHE-CACHE AVEC LA GLACE

Du Grand-St-Bernard aux lacs de Fenêtre



Brochure géotouristique

CÔTOYER LES DANGERS

De La Fouly à Prayon



Brochure géotouristique

ÇA BOUGE LÀ-HAUT

De Bourg-St-Pierre à la cabane du Vélan





Brochure géotouristique

CACHE-CACHE AVEC LA GLACE

Du Grand-St-Bernard aux lacs de Fenêtre



Réalisée par Alexandra Pugin
Université de Lausanne, 2020

Cette brochure est réalisée dans le cadre du mémoire de Master à l'Université de Lausanne.

Sauf mention contraire, toutes les photographies et illustrations sont de l'auteur.

Photo de couverture: Vue sur un des lacs de Fenêtre.

CONSIGNES D'UTILISATION

Se lancer sur l'itinéraire:



Un matériel adapté est indispensable! Nous nous trouvons dans une région alpine où le terrain peut être technique. La météo peut aussi changer très rapidement: les températures peuvent baisser soudainement lors d'un orage et les vents peuvent s'avérer forts et très froids!

De bonnes chaussures de randonnée et des vêtements chauds et imperméables sont nécessaires!



Les parcours possèdent des distances et des dénivelés conséquents. Il n'est aussi pas toujours possible de rejoindre une route d'accès pour raccourcir le parcours. Bien que les parcours soient accessibles aux adultes comme aux enfants, une bonne condition physique de chacun est recommandée!



Le respect de l'environnement est primordial! Il est important de suivre les sentiers balisés pour éviter tous dégâts sur la flore et un dérangement de la faune.

Les déchets n'ont pas leur place dans la nature! Merci de les emporter avec vous et de les jeter dans une poubelle.

Se lancer dans la brochure:

Les premières pages sont consacrées aux aspects techniques du parcours. Il suffit après de se laisser guider au fil des postes!

Ensuite la brochure propose deux niveaux de lecture:

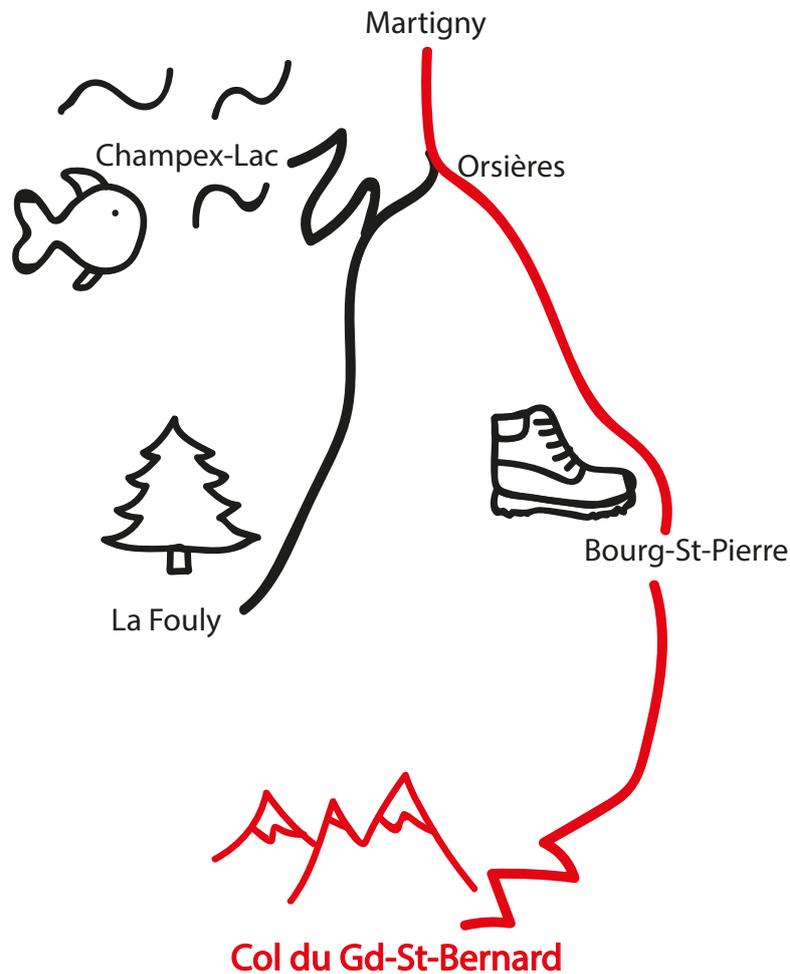


Le Saint-Bernard, encadré de vert, donne les informations les plus faciles à comprendre! Elle sont à lire en premier!



Le bouquetin, encadré de orange, donne des informations supplémentaires un peu plus complexes! N'hésitez pas à essayer de comprendre!

ACCÈS



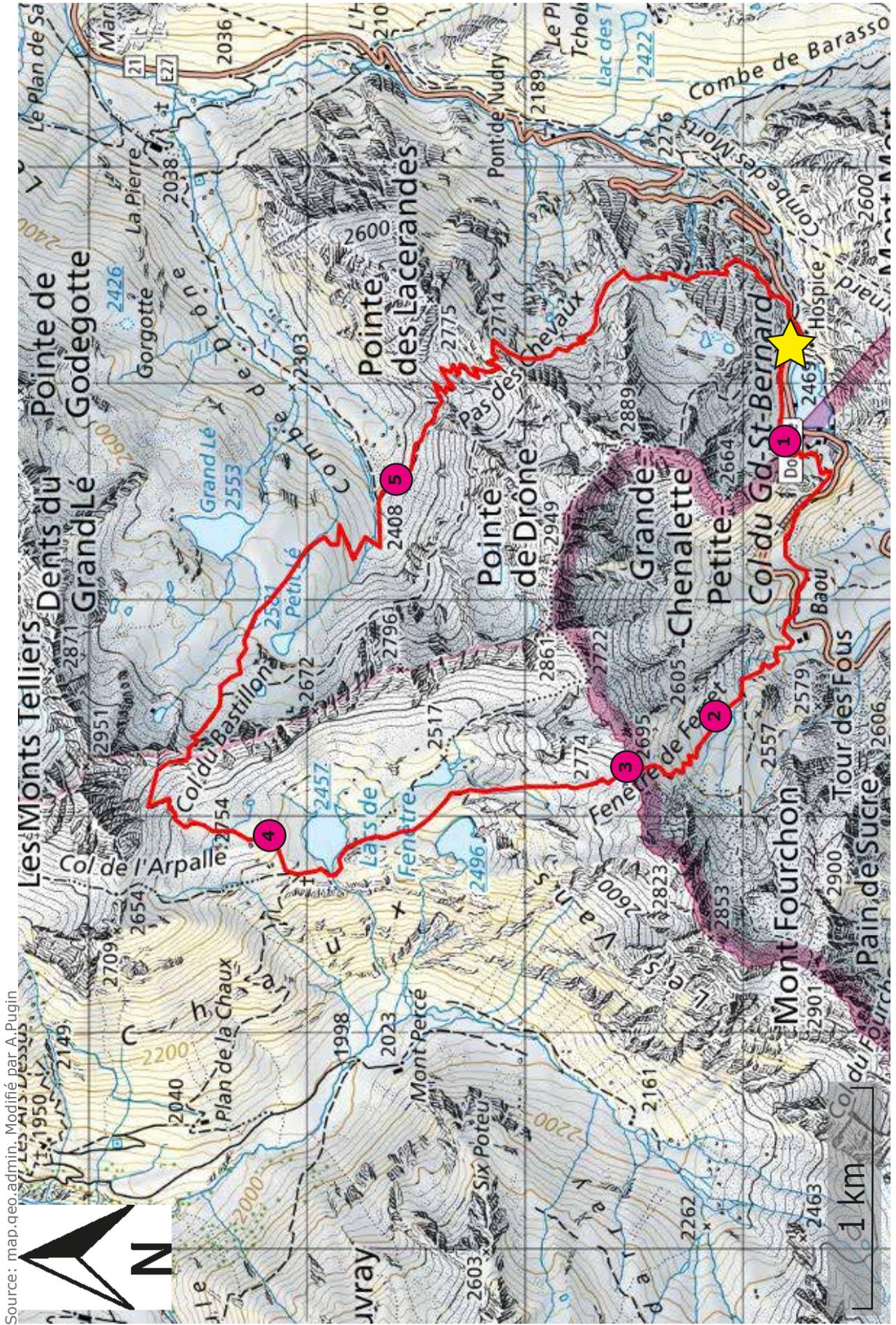
En voiture depuis Martigny, monter jusqu'à Orsières puis suivre la direction du col du Grand St-Bernard et suivre la route principale jusqu'à ce dernier. ATTENTION à bien prendre la route du col juste avant l'entrée dans le tunnel du St-Bernard!

En transports publics depuis Martigny, prendre le train direction Le Châble jusqu'à Sembrancher puis changer de train jusqu'à Orsières. Finalement prendre le bus direction Le Grand St-Bernard, hospice jusqu'au dernier arrêt.



Le parcours débute devant l'hospice du St-Bernard.

CARTE DU PARCOURS



LISTE DES POSTES



DES ROCHES POLIES

Localisation: Au niveau de la statue de Saint Bernard. Observez les roches environnantes.



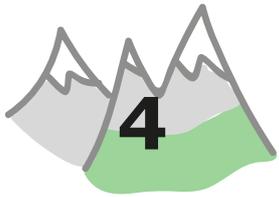
LA SURVIVANTE DES GLACIERS

Localisation: Environ au 2/3 de la montée entre la route et la fenêtre de Ferret. Observez vers l'aval, une tour rocheuse se démarque du paysage.



FRONTIÈRE NATIONALE OU GLACIAIRE?

Localisation: À la Fenêtre de Ferret. Observez de part et d'autre du col, côté italien et côté suisse.



DES LACS REMPLIS DE GLACE

Localisation: Au niveau des lacs de Fenêtre, au croisement du sentier qui descend à La Fouly et celui qui monte au col du Bastillon. Observez en direction des lacs.



ON A TROUVÉ LE GLACIER!

Localisation: Au niveau du lit du cours d'eau descendant du glacier. Observez en amont et en aval du lit.

ASPECTS TECHNIQUES DU PARCOURS

Quelques chiffres sur le parcours:



Distance: 12.2 km



Dénivelé: 960 m D+ 960 m D-



Temps estimé: 4h45 + 1h avec la brochure

Remarques techniques sur le parcours:

Le parcours est balisé en jaune sur le tout début, puis en rouge et blanc sur le reste.

Le parcours est globalement sans danger. Cependant les passages des cols du Bastillon et des Chevaux sont un peu raides et techniques. Les randonneurs se doivent d'être vigilants.

Les enfants de plus de 10 ans peuvent emprunter cet itinéraire sans soucis. En-dessous de cet âge, il est recommandé d'encorder les enfants au passage des cols du Bastillon et des Chevaux.

INTRODUCTION À LA THÉMATIQUE

Les glaciers et le permafrost ont eu et ont toujours une grande influence sur les formes du paysage. Ces deux éléments sont dépendants du climat et, aujourd'hui, avec la hausse des températures dans les Alpes, la survie de ces derniers est mise à rude épreuve.

Dans cette brochure, nous allons découvrir d'une part comment les glaciers et le permafrost modèlent le paysage et d'autre part quelles sont les conséquences de leur fonte!

Nous partons donc pour une partie de cache-cache avec la glace! Cette dernière est dissimulée dans les recoins du paysage et c'est à nous de la débusquer!



GLOSSAIRE

Les termes techniques, indispensables à la bonne compréhension de la brochure sont décrits ici.

N'hésitez pas à venir les consulter durant la lecture de la brochure!

Éboulis	Un éboulis est un amas de matériaux rocheux qui se sont détachés régulièrement d'une paroi rocheuse. Une répartition de la taille des matériaux s'opère : les gros matériaux s'accumulent sur le bas de l'éboulis alors que les plus fins restent sur le haut.
Érosion	L'érosion est le phénomène de dégradation des reliefs par différents procédés. Dans le cas des glaciers, ils érodent le substrat (les roches) en le ponçant ou en arrachant des morceaux de substrat.
Érosion différentielle	Cela caractérise une érosion qui se fait de manière différente sur des substrats de nature différente.
Lac de verrou	C'est une dépression qui a été creusée suite à l'érosion glaciaire, là où la roche était plus tendre. Cette dépression peut être remplie par un lac que l'on nomme : lac de verrou.
Lave torrentielle	Une lave torrentielle est un écoulement qui mélange de l'eau et des matériaux de toutes tailles comme des sables, des cailloux, des gros blocs de pierre ou encore dans certains contextes des troncs d'arbres. Les laves torrentielles se déclenchent dans de fortes pentes (30 à 40°) et font suite à de très fortes précipitations ou à la fonte des neiges qui vont venir déstabiliser le terrain et entraîner les matériaux vers le bas.
Lithologie	La lithologie est la nature d'une roche.
Permafrost	Le permafrost est le terrain qui reste en-dessous de 0°C de manière permanente. Le sol est donc gelé en permanence.
Système torrentiel	Un système torrentiel est composé de trois parties : le bassin de réception, là où les eaux de pluie tombent et mobilisent des sédiments, le chenal d'écoulement, qui est la partie très raide où les écoulements se concentrent et prennent de la vitesse en direction de l'aval. C'est la zone de transport. Et finalement le cône de déjection, là où la pente diminue et que l'écoulement ne peut plus transporter tous les matériaux, il y a dépôt de sédiments.
Würm	Le Würm est une période de glaciation. Cette dernière a débuté il y a environ 70'000 ans et s'est terminée il y a 11'500 ans. À cette époque les glaciers Alpains remplissaient les vallées et s'étendaient jusqu'en plaine, dans les régions de Soleure et Genève pour la Suisse.

POSTE 1: DES ROCHES POLIES

Localisation: Au niveau de la statue de Saint Bernard. Observez les roches environnantes.

Après le poste: Suivre le sentier pédestre direction Fenêtre de Ferret.

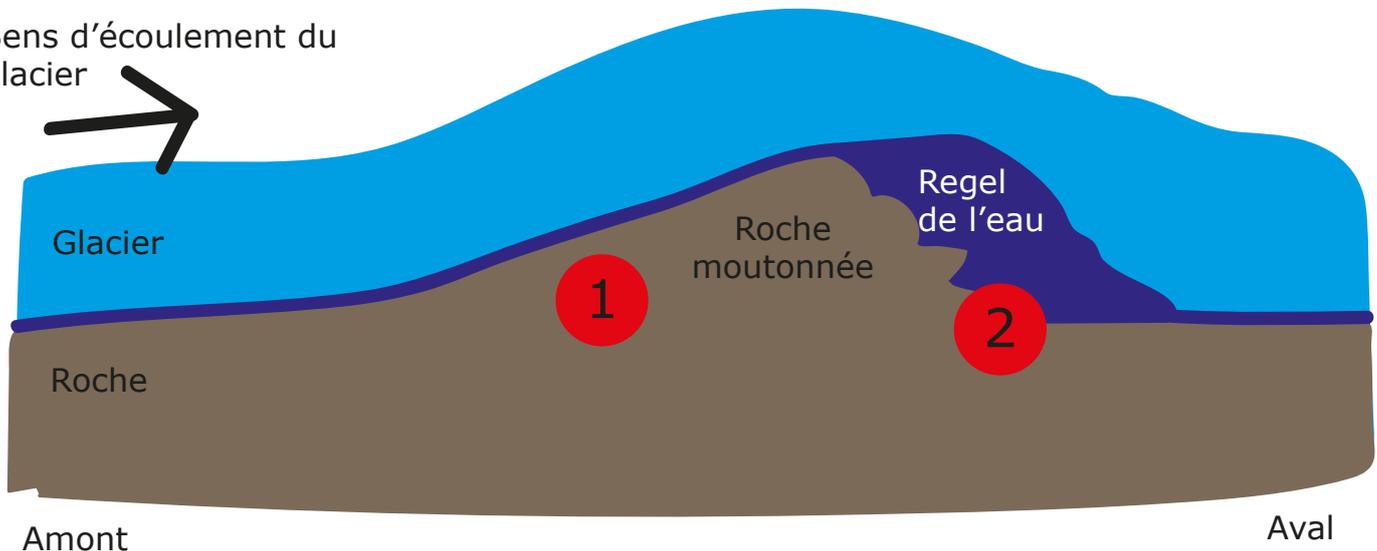
Nous voilà déjà arrivés à notre premier indice !
Nous nous trouvons sur des roches particulières qui sont **des roches moutonnées**. Ces dernières sont les premiers indices qui nous indiquent qu'un glacier est passé par là ! En effet les roches moutonnées **se forment grâce à l'action des glaciers**.



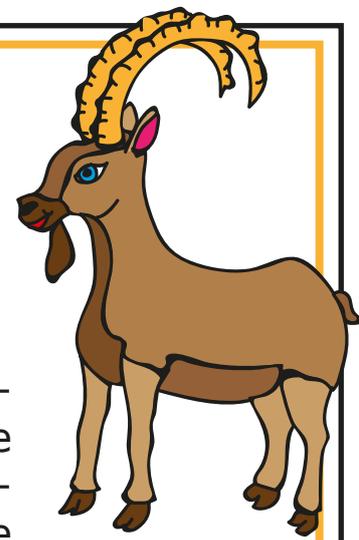
Source: saint-bernard.ch

Comme le montre le schéma ci-dessous, le glacier érode les roches, ce qui donne naissance à des roches de forme arrondie et un aspect poli.

Sens d'écoulement du glacier



Sur le schéma de la page précédente il est possible de voir que d'un côté la roche est arrondie et bien polie et que de l'autre elle a une forme plus anguleuse. **Cela est dû au décollement de la glace.**



1

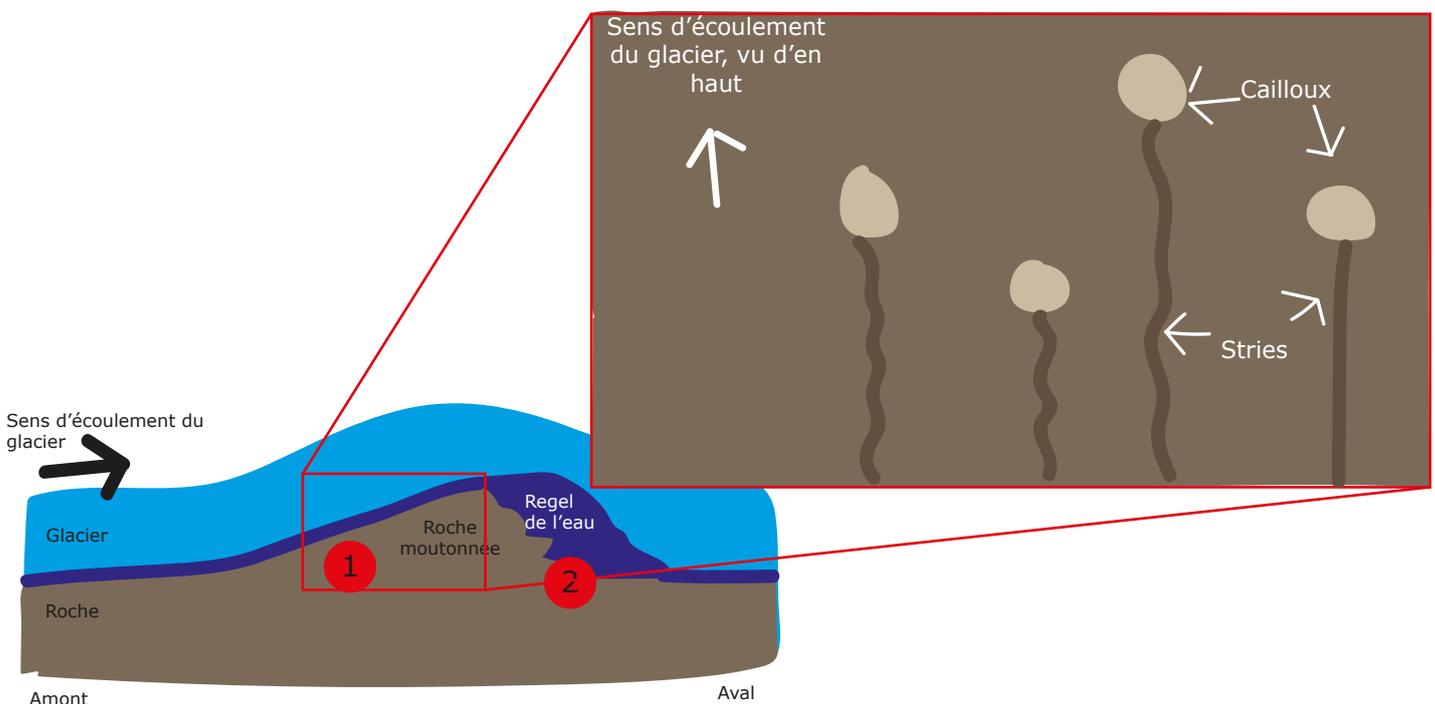
La partie amont est soumise à une grosse pression par le glacier et la roche est donc polie. Le frottement du glacier provoque une fonte partielle de la glace et une fine couche d'eau se forme entre la glace et la roche.

2

Le glacier se décolle à l'aval de l'obstacle et l'eau de fonte s'y écoule. Avec un processus de gel/dégel des fragments de roche sont arrachés.

Souvent, ces roches sont accompagnées de stries, pourquoi ?

Parce que les glaciers transportent avec eux des sédiments de tailles plus ou moins grandes. Il arrive que ces sédiments dans la glace soient en contact avec les roches au sol. Lorsque le glacier glisse sur les roches, les cailloux viennent en quelque sorte griffer les roches au sol.



Mais alors où est la glace ?! Mince, je crois qu'elle nous a échappé pour ce poste. En effet nous avons un peu de retard... environ **15'000 ans**.

La dernière fois qu'un glacier a été aperçu au Grand-St-Bernard, c'était **lors du dernier maximum glaciaire**. À cette époque, les glaciers descendaient jusqu'en plaine, remplissaient les vallées et ne laissaient dépasser que les sommets des montagnes.



La carte ci-dessous montre l'extension maximale des glaciers. On voit que seuls les sommets ne sont pas recouverts et que le col du St-Bernard était sous la glace!



Source: map.geo.admin. Modifié par A.Pugin

Allons voir au prochain poste si nous arrivons à trouver plus de glace !

POSTE 2: LA SURVIVANTE DES GLACIERS

Localisation: Environ au 2/3 de la montée entre la route et la fenêtre de Ferret. Observez vers l'aval, une tour rocheuse se démarque du paysage.

Après le poste: Suivre le sentier pédestre direction Fenêtre de Ferret.

Notre arrêt fait face à une montagne bien étrange. Il s'agit de la Tour des fous. Elle se démarque du paysage et semble sortir de la terre.

Vue depuis le poste:



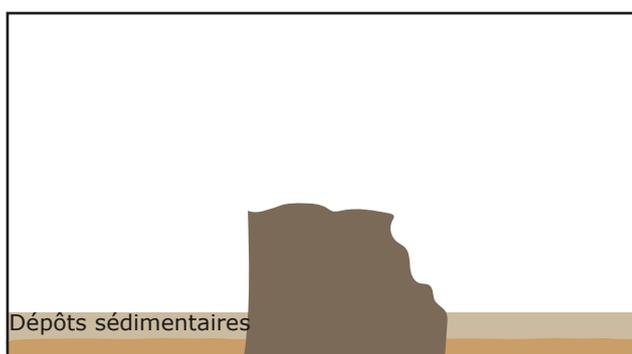
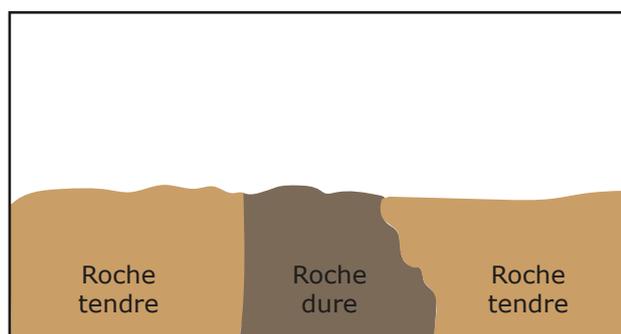
Vue depuis le bas, sur la route:



Quel rapport avec la glace?

Cette tour résulte d'un phénomène appelé l'érosion différentielle. Un glacier se déplace et, en quelque sorte, glisse sur la roche au sol. En glissant, il agit comme une ponceuse. On peut donc imaginer que le glacier va poncer/éroder les roches de manière uniforme.

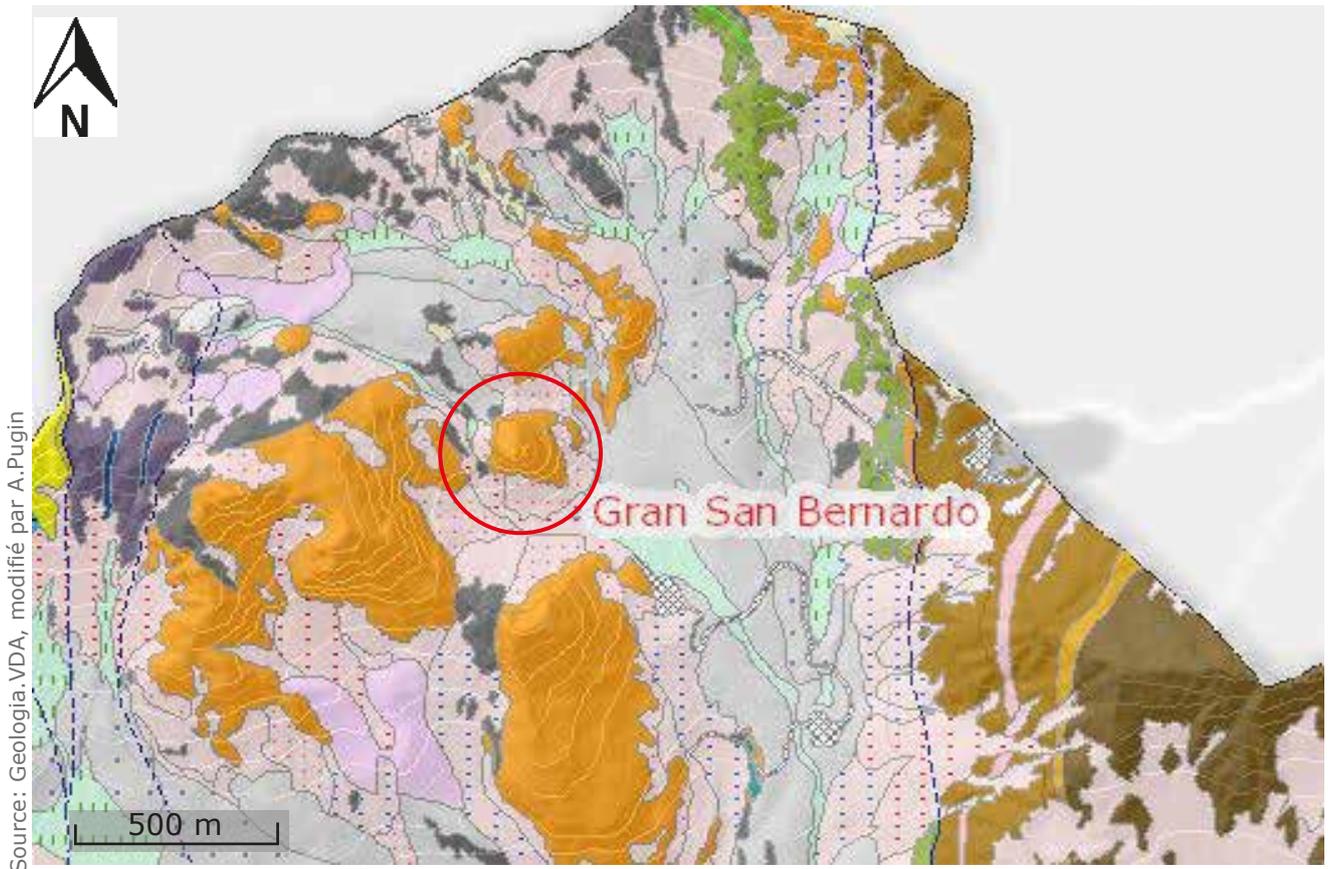
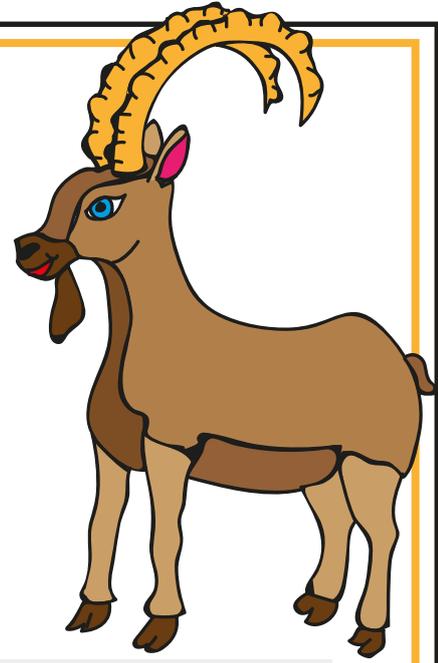
Et non ! Dans la nature, **plusieurs types de roches existent et certaines sont plus dures que d'autres**. Les glaciers vont donc avoir plus de mal à les éroder et vont les contourner!



La carte ci-dessous est la carte géologique de la région.

On voit bien que beaucoup de types de roches se côtoient dans ce secteur!

La Tour des fous se remarque bien, entourée et en orange, elle est faite de **quartzites et de schistes cristallins**. Alors que les alentours sont composés de dépôts sédimentaires, résultants de diverses érosions, notamment d'un glacier passé.



La Tour des fous est donc un indice qu'un glacier est passé par là, mais qu'il n'a pas réussi à la faire disparaître; fortiche la tour !

Comme vous pouvez le voir, la glace a encore une fois une longueur d'avance, nous arrivons trop tard pour l'observer.

Continuons notre route, peut-être arriverons-nous à la trouver !



POSTE 3: FRONTIÈRE NATIONALE OU GLACIAIRE?

Localisation: À la Fenêtre de Ferret. Observez de part et d'autre du col, côté Italien et côté Suisse.

Après le poste: Suivre le sentier pédestre direction des Lacs de Fenêtre.



Nous voici arrivés à la Fenêtre de Ferret, frontière entre la Suisse et l'Italie mais également frontière entre le nord et le sud des Alpes.

Observez les paysages d'un côté orienté au nord en Suisse et de l'autre orienté au sud en Italie. Que remarquez-vous ? Je vous donne un indice : regardez en particulier la végétation.

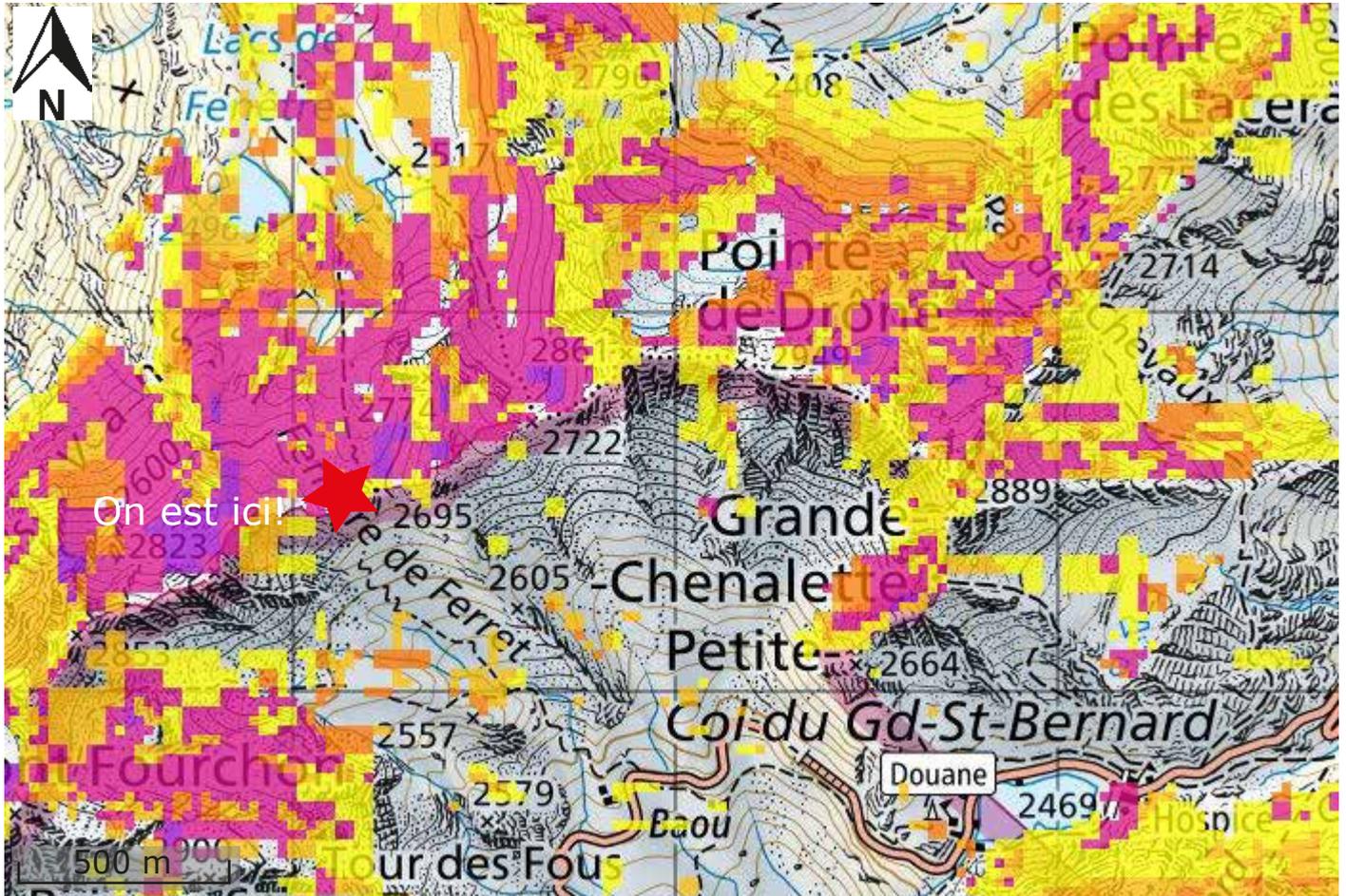


Du côté italien, orienté vers le sud, la végétation est présente plus haut que du côté suisse, orienté au nord. Cela vient du fait que, dans l'hémisphère nord, les versants orientés au sud bénéficient d'un plus grand temps d'ensoleillement.

Mais alors quel rapport avec la glace ? En montagne, dans les hautes altitudes où les températures sont très basses, il est possible de trouver du sol gelé en permanence.

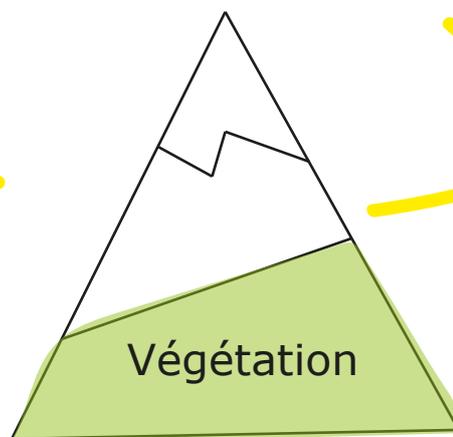
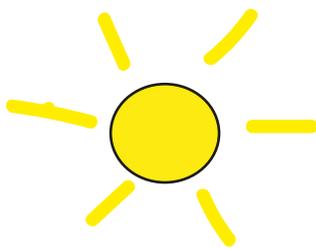
On appelle cela le permafrost ou pergélisol.

La carte présentée ici montre la répartition du permafrost. **En rose, il est probable de rencontrer du permafrost sur toute la surface. En orange et jaune, il est possible d'en rencontrer localement.** Là où il n'y a pas de couleur, il n'y a pas de permafrost. On voit très nettement la différence entre l'orientation sud et nord, comme si une frontière de glace était présente!

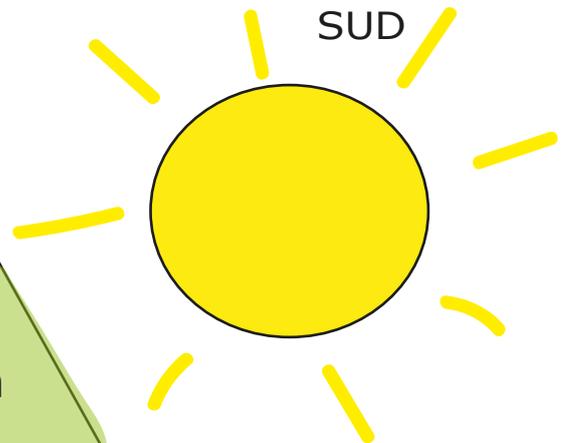


Source: map.geo.admin. Modifié par A.Pugin

NORD



SUD

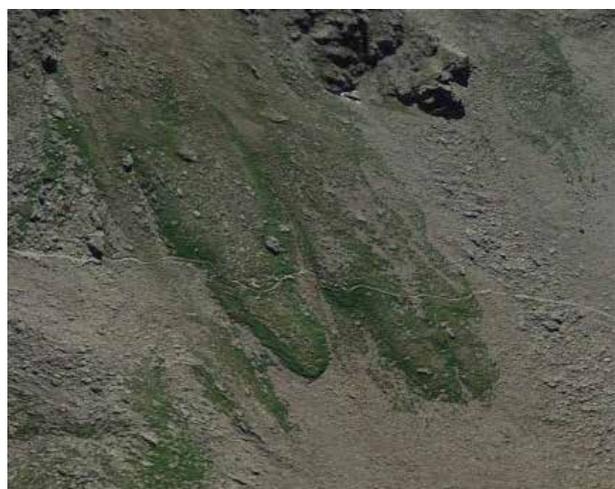
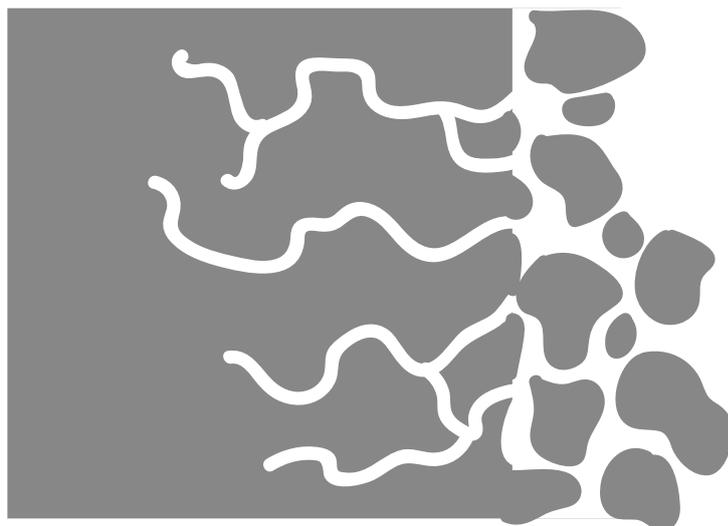
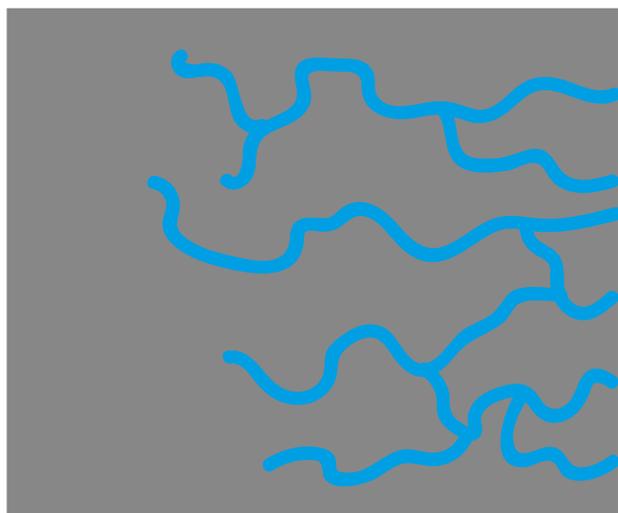
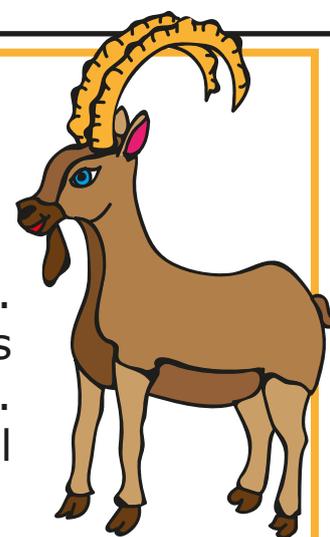


- Moins d'ensoleillement
- Plus de permafrost
- Végétation plus basse en altitude

- Plus d'ensoleillement
- Moins de permafrost
- Végétation plus haute en altitude

Pourquoi savoir où se trouve le permafrost?

Tout d'abord le permafrost **joue un rôle de ciment**. C'est-à-dire que l'eau se glisse dans les fissures des roches et, quand elle gèle, les colmates entre elles. Quand la glace fond, l'effet de ciment se dissipe et il est possible d'observer des chutes de pierres.



Source: Google Earth

Il est donc important de savoir où se trouve le permafrost, surtout **lors de la construction d'infrastructures** comme des cabanes de haute altitude ou des remontées mécaniques. Mais également lors **d'évaluation de dangers naturels**.

Ensuite, la glace n'est pas immobile. C'est-à-dire qu'en fondant et en regelant cette dernière se déplace. Lorsqu'elle est présente dans un sol ou dans des sédiments rocheux, **elle entraîne des mouvements**. Vous pourrez en observer un exemple juste après le poste 5, comme le montre la photo ci-contre.



Photo : C. Lambiel

Permafrost et changements climatiques

Actuellement en Suisse, il est possible de trouver du permafrost **au-dessus de 2400 m d'altitude**. Il est possible d'en trouver à plus basse altitude, la topographie et l'exposition jouant un rôle majeur. Comme il est aussi possible de ne pas en trouver au-dessus de 2400 m.

Les changements climatiques risquent de remonter l'altitude minimale du pergélisol au cours des prochaines décennies.

En fondant, le permafrost aura plusieurs effets dont:

- Déclencher des chutes de pierres
- Déclencher des éboulements
- Déclencher des glissements de terrain et des laves torrentielles dans les régions de montagne.

Tout cela de plus en plus haut en altitude et de plus en plus fréquemment!

**Nous continuons notre
chasse à la glace en
direction des lacs de
Fenêtre!**

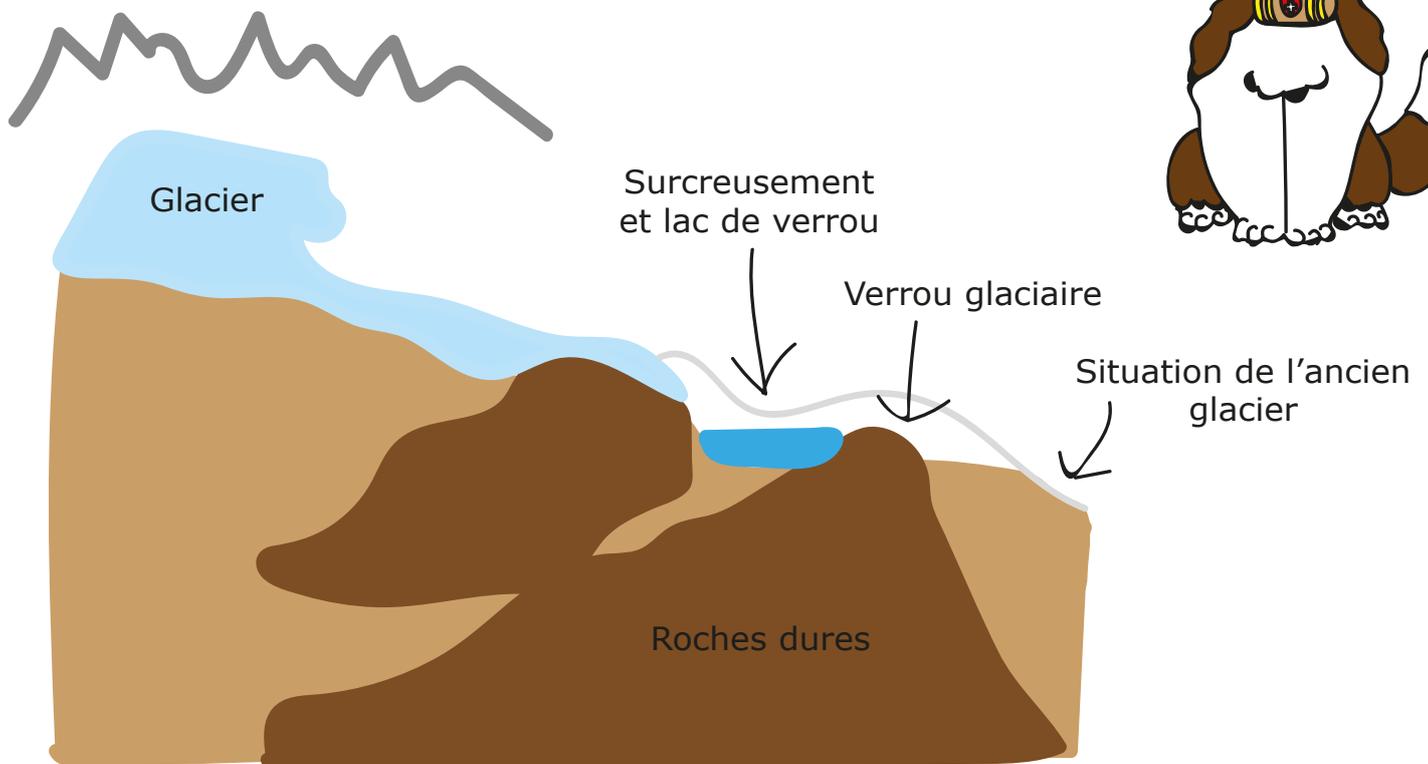


POSTE 4: DES LACS REMPLIS DE GLACE

Localisation: Au niveau des Lacs de Fenêtre, au croisement du sentier qui descend à La Fouly et celui qui monte au col du Bastillon. Observez en direction des lacs.

Après le poste: Suivre le sentier pédestre direction du col du Bastillon.

Ces lacs se sont formés grâce à un glacier, aujourd'hui disparu. Ce dernier a surcreusé dans la roche tendre et a laissé la roche dure (érosion différentielle). Lors de son retrait, il a laissé derrière lui ces trois petits lacs comme le montre ce schéma en coupe.

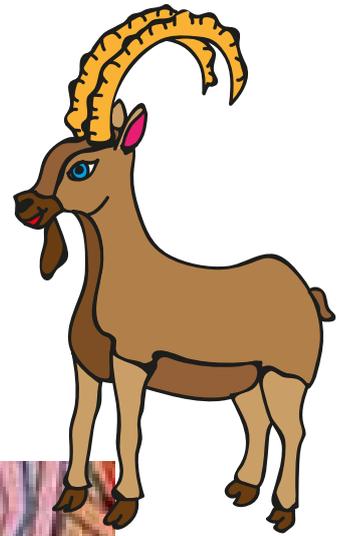


Ce n'est pas un hasard si c'est ici que le glacier a surcreusé la roche. En effet nous nous trouvons à l'endroit de contact entre deux unités tectoniques, c'est à dire que ces deux zones possèdent des lithologies (types de roches) différentes :

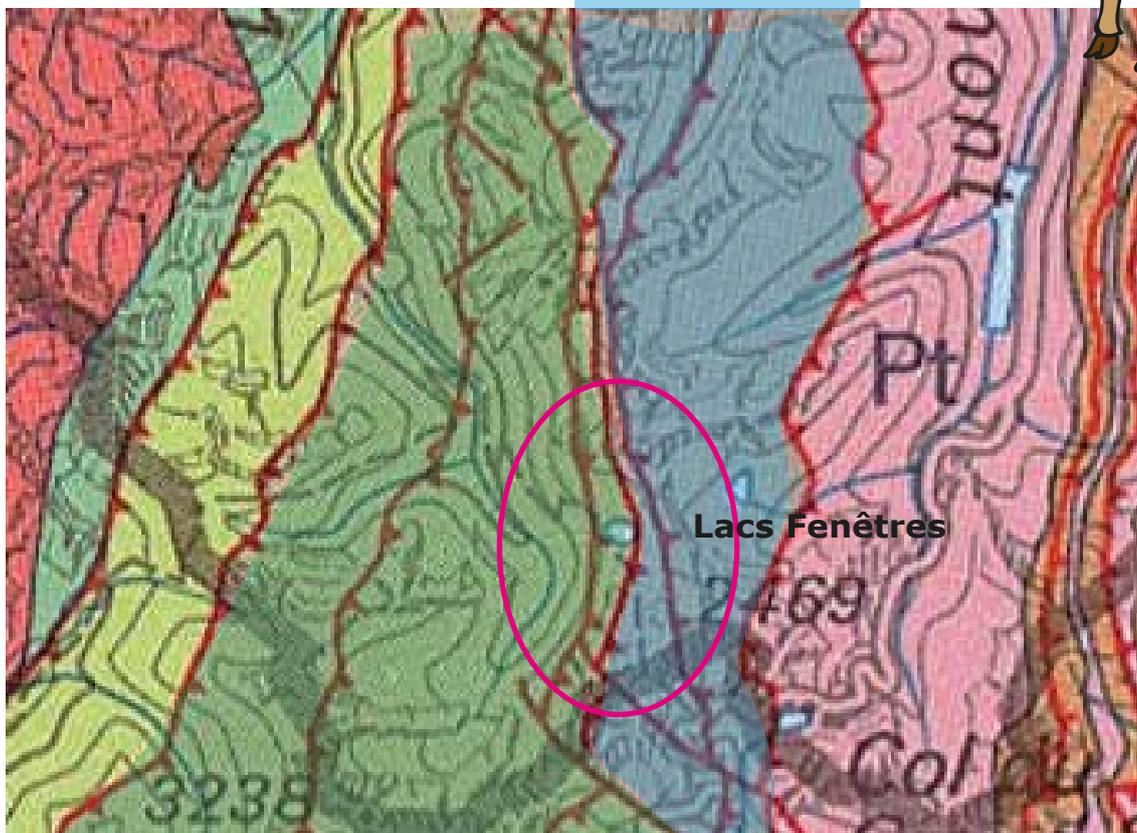
La zone Sion-Courmayeur

La zone Houillère

Les zones de contacts sont plus faibles et sont donc plus faciles à éroder par un glacier.



Zone
Houillère



Source: map.geo.admin. Modifié par A.Pugin

Zone Sion-Courmayeur

Ces lacs sont donc encore des témoins montrant que de la glace est passée par ici ! Mais est ce qu'il n'y en aurait pas encore un peu ?



Oui, mais pas sous forme de glacier !

Tout ce que l'on peut voir sur les photos **en rose sont des éboulis** et dans ces éboulis peut se cacher de la glace en raison du permafrost. Si la glace de permafrost fond, **l'eau** qui en résulte ruisselle d'abord de manière diffuse puis se concentre en chenaux pour finalement atteindre le premier lac. L'eau du premier lac alimente ensuite le lac principal, en aval.



Le lac de droite est en contact direct avec les éboulis. Un chenal n'a donc pas le temps de se former.



Ces lacs sont donc alimentés par les précipitations mais également par la fonte du permafrost. L'eau coule ensuite dans le Val Ferret et rejoint la Dranse du même nom jusqu'à Orsières, puis Martigny avant de se jeter dans le Rhône.



Nous nous dirigeons maintenant vers le col du Bastillon. Profitez de contempler la vue, elle est à couper le souffle ! Il est même parfois possible d'observer de bouquetins



POSTE 5: ON A TROUVÉ LE GLACIER

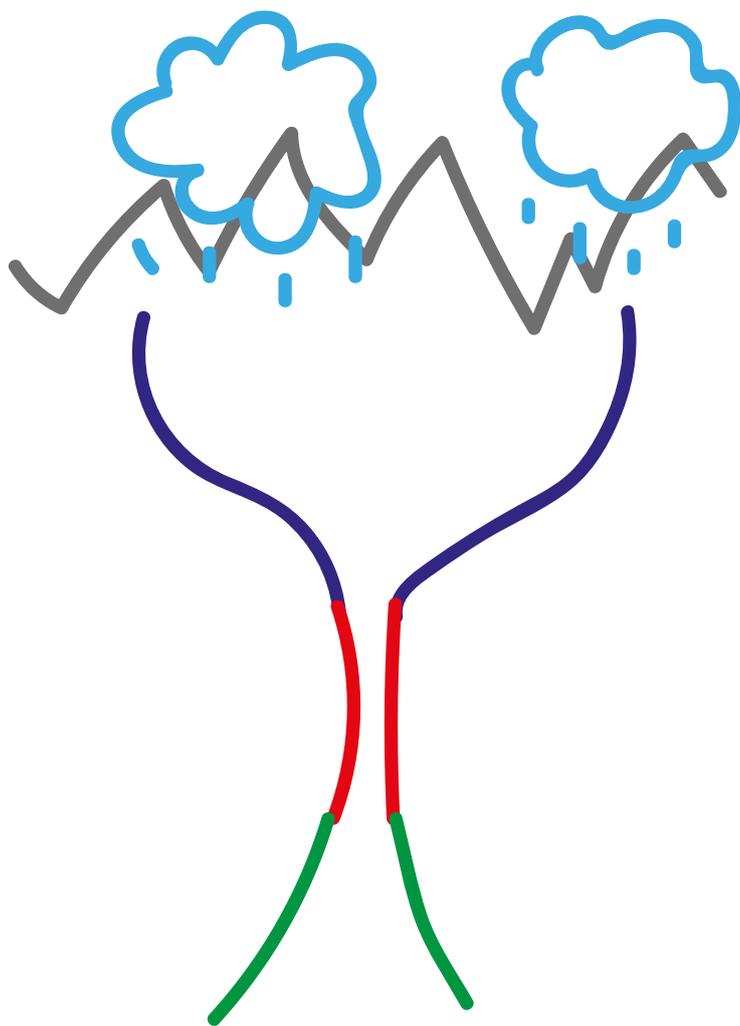
Localisation: Au niveau du lit du cours d'eau descendant du glacier. Observez en amont et en aval du lit.

Après le poste: Le parcours est terminé. Suivre la direction du Col des Chevaux puis du St-Bernard pour rejoindre le départ.

Cette fois la glace ne va pas nous échapper ! Bien que très petit, nous nous situons juste à l'aval d'un glacier. Ce dernier ne porte pas de nom mais il est bel et bien présent. Il est le dernier glacier encore présent dans les alentours de notre randonnée.



Le poste où nous nous trouvons actuellement se situe juste à côté du cours d'eau provenant de ce glacier ! Bien qu'en apparence ce dernier ait l'air calme, il peut soudainement se transformer en un torrent destructeur et provoquer une lave torrentielle !



Les précipitations tombent dans **le bassin de réception**, près des **sommets**.

L'eau favorise la destabilisation des versants et emporte les sédiments qui se trouvent dans **le bassin de réception**.

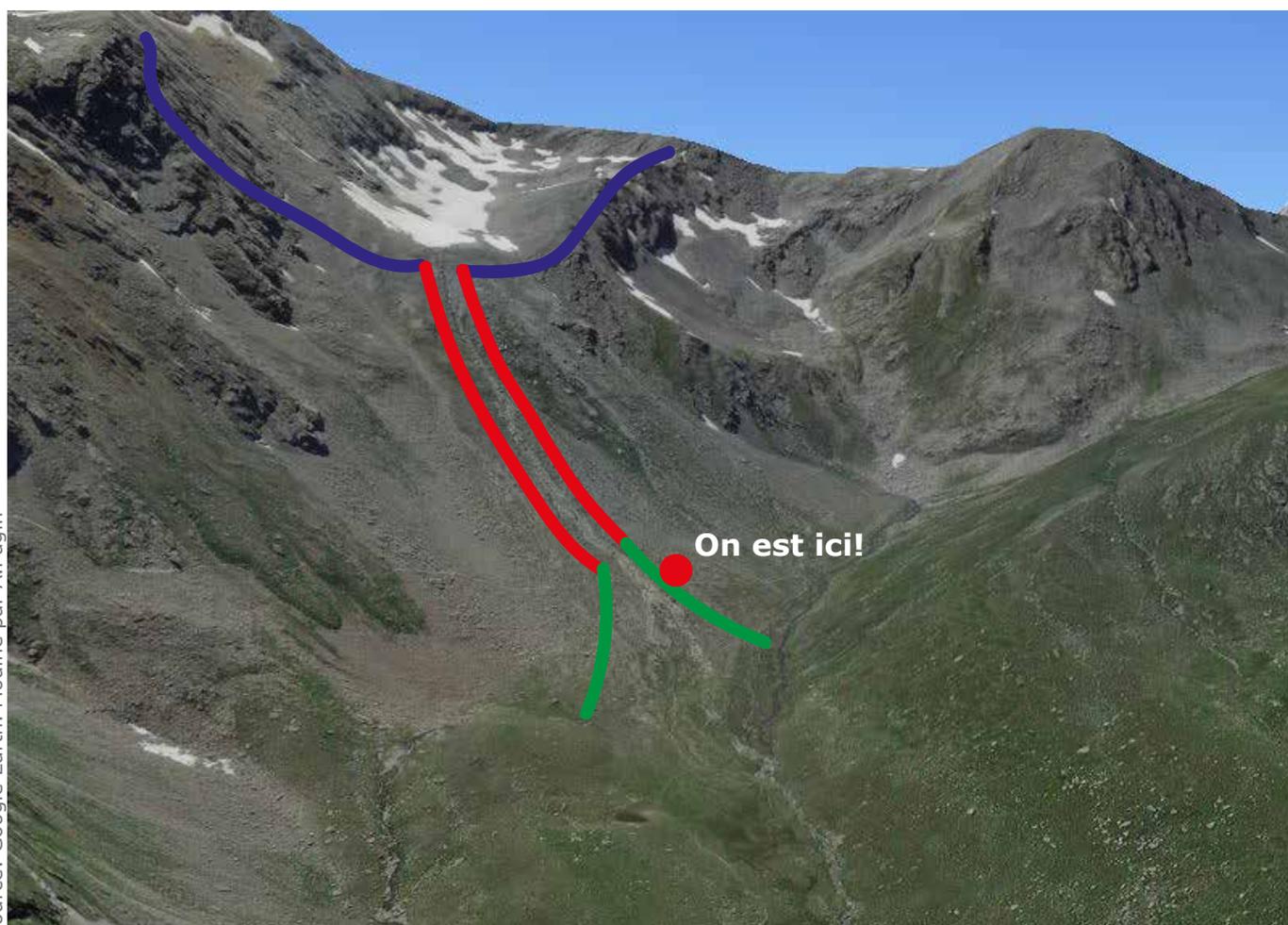
L'écoulement se concentre dans **le chenal d'écoulement**, prend de la vitesse et fonce vers la vallée.

La pente diminue, donc la vitesse de l'écoulement aussi. Les sédiments se déposent et forment des **cônes de déjection**.

Une lave torrentielle est un écoulement qui mélange de l'eau et des matériaux de toutes tailles comme des sables, des cailloux ou des gros blocs de pierre. **Les laves torrentielles se déclenchent dans de fortes pentes (30 à 40°)** et font suite à de très fortes précipitations ou à la fonte des neiges qui vont venir déstabiliser le terrain et entraîner les matériaux vers le bas.



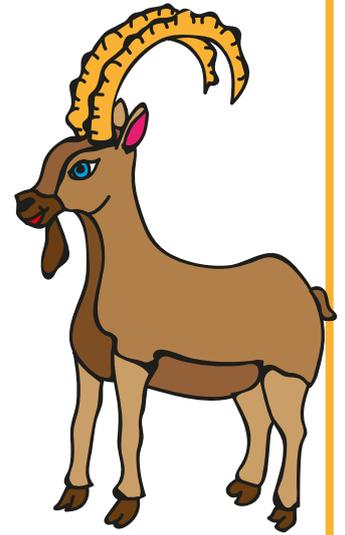
Ici, il ne s'agit pas d'un véritable lave torrentielle mais plutôt d'une petite coulée torrentielle. Pourtant la taille des sédiments déposés, que vous pouvez observer à l'aval du sentier, est déjà considérable. Je vous laisse donc imaginer l'ampleur que peut avoir une lave torrentielle!



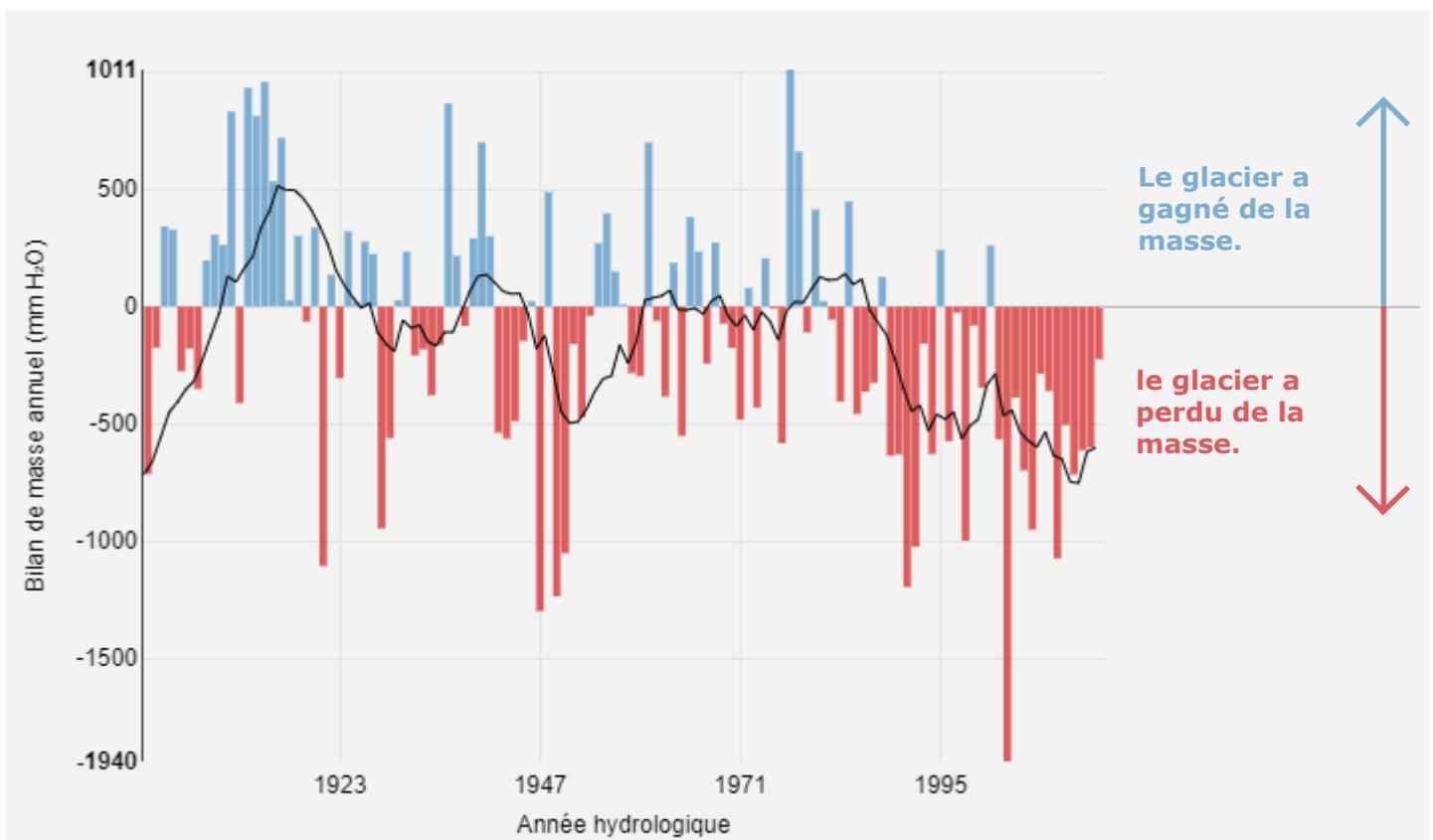
Source: Google Earth. Modifié par A. Pugin

La fonte du glacier est une **importante source d'eau** qui peut renforcer les dynamiques torrentielles. L'environnement glaciaire est aussi composé de **beaucoup de matériel rocheux/de sédiments** qui peuvent être mobilisés par l'eau. **L'eau et les sédiments sont les deux ingrédients principaux des coulées et laves torrentielles!**

En conséquence des changements climatiques et de l'augmentation des températures, les glaciers sont en train de fondre. **Les Alpes sont particulièrement affectées par les changements climatiques et ses effets sont bien visibles au travers du recul des glaciers.** Ce dernier n'est pas près de s'arrêter car il réagit avec un effet de retardement.



Le graphique ci-dessous montre l'évolution du bilan de masse (gain ou perte de masse) du glacier du Trient:



Source: sciencesnaturelles.ch. Modifié par A.Pugin



C'est-à-dire que **même en arrêtant tout réchauffement les glaciers continueraient de fondre.**

Ce glacier va particulièrement être touché. En effet, c'est un glacier de très petite taille et qui se situe à une altitude peu élevée.

Ces deux facteurs font qu'il est malheureusement voué à disparaître tout prochainement.

FIN DU PARCOURS...

Nous sommes maintenant arrivés au terme de notre chasse à la glace! Il ne vous reste maintenant plus qu'à passer le col des Chevaux afin de rejoindre le col du Grand St-Bernard!

Durant ce parcours, nous avons pu voir beaucoup d'éléments dans le paysage qui ont été sous l'influence de la glace et certains qui le sont toujours!

On retiendra aussi que **les changements climatiques ont une grande influence sur l'environnement de montagne!**

La glace et l'eau sont des facteurs très importants dans le façonnement du paysage et ils sont également très dépendants du climat.

Un changement de température a donc de grosses répercussions sur les processus en montagne, qui ont des conséquences non seulement sur l'environnement mais aussi sur les activités humaines.



BIBLIOGRAPHIE

Vous voulez en savoir plus sur les thèmes abordés dans la brochure? Voici quelques sites et références bibliographiques:

Coutterand, S., & Jouty, S. (2009). Glaciers: mémoire de la planète. Hoëbeke.

Dufaure, J. J. (2007). L'analyse des formes structurales revisitée. Relations entre érosion différentielle, aplanissements et tectonique continentale. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 13(2), 159-176.

GLAMOS, glacier monitoring switzerland. Repéré à <https://www.-glamos.ch/fr/#/A50d%2F01>.

Maillard, B. (2009). Inventaire des géomorphosites des vallées d'Entremont et de Ferret : Propositions de valorisation. Université de Lausanne. Faculté des géosciences et de l'environnement, Suisse. Repéré à <https://igd.unil.ch/memoires/memoires/1188>.

Sciences naturelles Suisse. Thème neige, glaciers, pergélisol. Repéré à <https://sciencesnaturelles.ch/topics/snow-glaciers-permafrost>.

Société Suisse de géomorphologie (SSGm). Repéré à <http://www.unifr.ch/geoscience/geographie/ssgm-fiches/accueil/index.php>.

Zryd, A., Dumoulin, H., Crispini, N., & Crispini, N. (2010). Glaciers: passé-présent du Rhône au Mont-Blanc. Slatkine.

NOTES PERSONNELLES

L'aventure n'est pas finie!

Vous avez aimé cette brochure? Il en existe 3 autres sur 3 itinéraires différents! Allez vite les essayer pour découvrir encore plus de choses sur l'environnement de montagne!

Brochure géotouristique

AVENTURE GLACIAIRE

De la Brea jusqu'à la cabane d'Orny



Brochure géotouristique

CÔTOYER LES DANGERS

De La Fouly à Prayon



Brochure géotouristique

ÇA BOUGE LÀ-HAUT

De Bourg-St-Pierre à la cabane du Vélan





Brochure géotouristique

CÔTOYER LES DANGERS

De La Fouly à Prayon



Réalisée par Alexandra Pugin
Université de Lausanne, 2020

Cette brochure est réalisée dans le cadre du mémoire de Master à l'Université de Lausanne.

Sauf mention contraire, toutes les photographies et illustrations sont de l'auteur.

Photo de couverture: Vue sur la Combe des Fonds à gauche, sur le vallon de l'Aneuve à droite et le Mont Dolent au centre.

CONSIGNES D'UTILISATION

Se lancer sur l'itinéraire:



Un matériel adapté est indispensable! Nous nous trouvons dans une région alpine où le terrain peut être technique. La météo peut aussi changer très rapidement: les températures peuvent baisser soudainement lors d'un orage et les vents peuvent s'avérer forts et très froids!

De bonnes chaussures de randonnée et des vêtements chauds et imperméables sont nécessaires!



Les parcours possèdent des distances et des dénivelés conséquents. Il n'est aussi pas toujours possible de rejoindre une route d'accès pour raccourcir le parcours. Bien que les parcours soient accessibles aux adultes comme aux enfants, une bonne condition physique de chacun est recommandée!



Le respect de l'environnement est primordial! Il est important de suivre les sentiers balisés pour éviter tous dégâts sur la flore et un dérangement de la faune.

Les déchets n'ont pas leur place dans la nature! Merci de les emporter avec vous et de les jeter dans une poubelle.

Se lancer dans la brochure:

Les premières pages sont consacrées aux aspects techniques du parcours. Il suffit après de se laisser guider au fil des postes!

Ensuite la brochure propose deux niveaux de lecture:

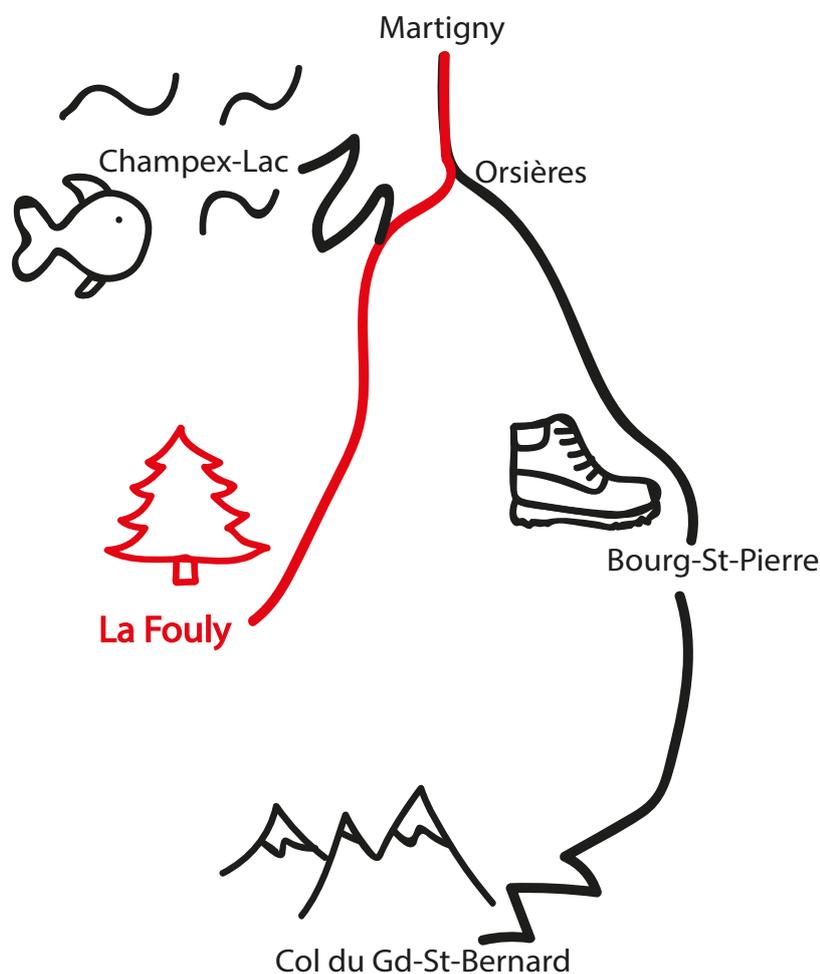


Le Saint-Bernard, encadré de vert, donne les informations les plus faciles à comprendre! Elle sont à lire en premier!



Le bouquetin, encadré de orange, donne des informations supplémentaires un peu plus complexes! N'hésitez pas à essayer de comprendre!

ACCÈS



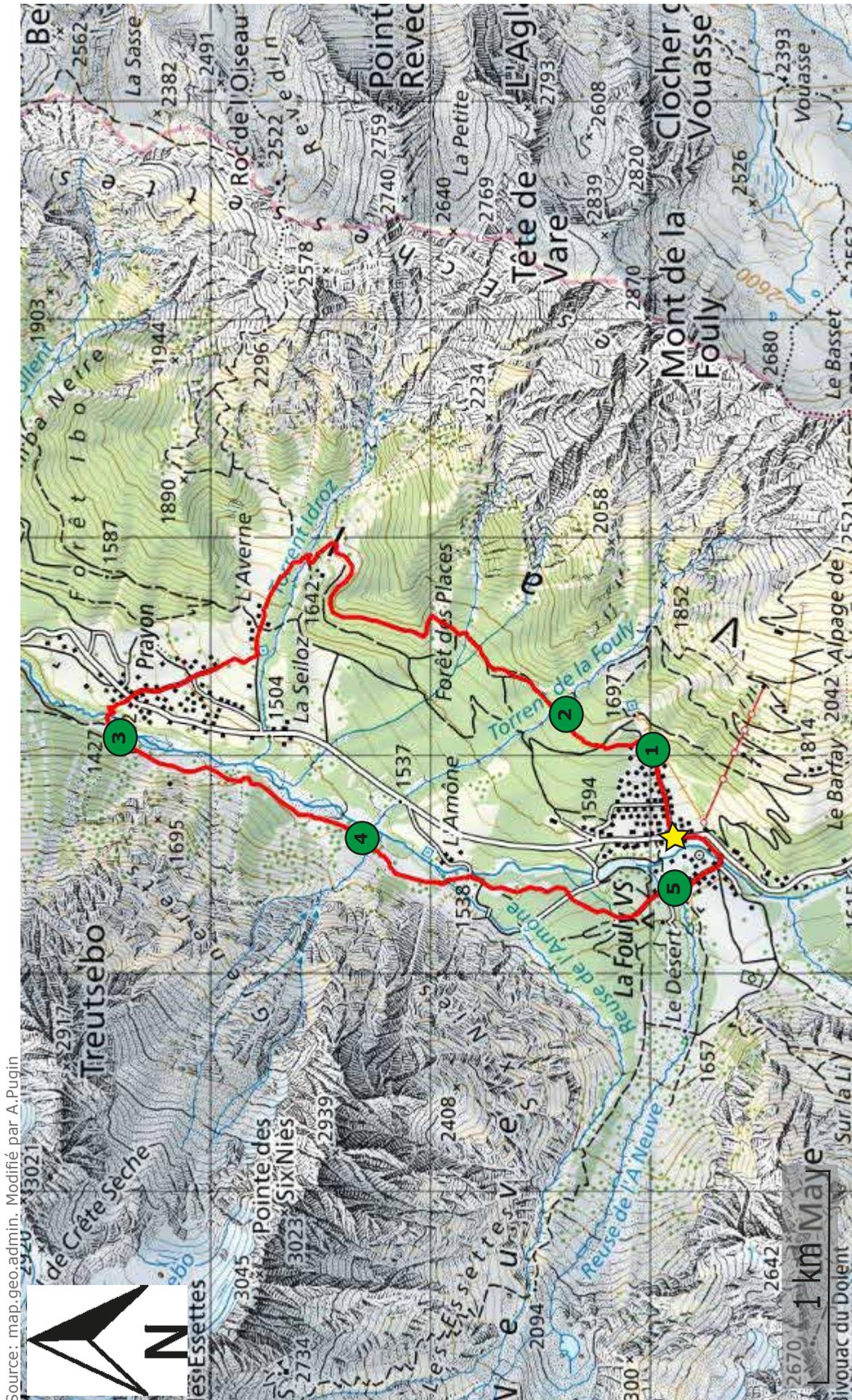
En voiture depuis Martigny, montez jusqu'à Orsières puis prenez la direction Val Ferret. Suivez la route principale jusqu'au village de La Fouly. A l'entrée du village, un parking gratuit est disponible. Laissez la voiture ici.

En transports publics depuis Martigny, prenez le train direction Le Châble jusqu'à Sembrancher. Changez de train jusqu'à Orsières. Finalement, prenez le bus direction Ferret jusqu'à La Fouly.



Le parcours commence au centre du village, à côté de l'arrêt de bus, là où se trouvent les panneaux de randonnée pedestre.
La première direction à suivre est Prayon.

CARTE DU PARCOURS



LISTE DES POSTES



LA COMBE DES FONDS

Localisation: Au sommet du village du La Fouly, au niveau du dernier chalet. Observez en direction du versant opposé, en direction du Mont Dolent.



SYSTÈME TORRENTIEL

Localisation: Au niveau du premier couloir de lave torrentielle, celui du torrent de La Fouly. Observez l'aval et l'amont du lit.



RÉSEAUX HYDROÉLECTRIQUES

Localisation: Après le pont passant au-dessus de la Dranse de Ferret, au niveau des panneaux de randonnée. Observez le cours d'eau à l'amont et à l'aval.



FORÊTS PROTECTRICES

Localisation: Au croisement entre le sentier et le lit de la chute du torrent du Tseubot. Observez le versant opposé.



VALLON DE L'A NEUVE

Localisation: Juste après le camping, au niveau de la Reuse de l'A Neuve. Observez en direction du Vallon de l'A Neuve.

ASPECTS TECHNIQUES DU PARCOURS

Quelques chiffres sur le parcours:



Distance: 7.9 km



Dénivelé: 345 m D+ 345 m D-



Temps estimé: 2h20 + 1h avec la brochure

Remarques techniques sur le parcours:

Le parcours est balisé en jaune sur son entier.

Les chemins empruntés ne présentent pas de difficultés spécifiques et sont accessibles pour toute la famille sans précautions particulières.

Attention toutefois au passage après le poste 2. Il s'agit d'une zone où il est nécessaire de traverser les lits de torrents. En cas de précipitations intenses, ne vous aventurez pas sur cet itinéraire.

INTRODUCTION À LA THÉMATIQUE

La montagne avec ses paysages magestueux est l'endroit parfait pour s'adonner à la randonnée ou à d'autres activités en plein-air.

Cependant la montagne peut aussi s'avérer dangereuse! Une multitudes de dangers planent sur les randonneurs et sur les infrastructures. Ces derniers sont parfois méconnus des visiteurs!

De plus, les changements climatiques actuels ont tendance à renforcer les dynamiques et processus en montagne et donc à augmenter le danger!

Cette brochure donne un aperçu des principaux dangers présents dans les régions de montagne!

Lors de notre randonnée, nous allons les cotoyer; à nous de les étudier afin de mieux les comprendre et les éviter!



GLOSSAIRE

Les termes techniques, indispensables à la bonne compréhension de la brochure sont décrits ici.

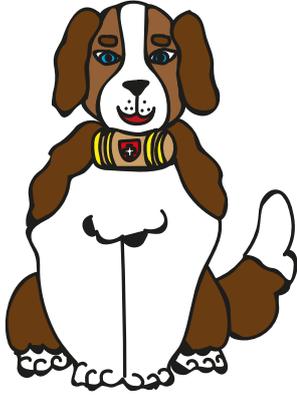
N'hésitez pas à venir les consulter durant la lecture de la brochure!

Bastion morainique	Le bastion morainique est une moraine de grande taille qui se trouve au front du glacier et qui est alimenté par les sédiments qui se trouvent sur et dans le glacier.
Érosion	L'érosion est le phénomène de dégradation des reliefs par différents procédés. Dans le cas des glaciers, ils érodent le substrat (les roches) en le ponçant ou en arrachant des morceaux de substrat.
Glissement de terrain	Un glissement de terrain est une masse de terre qui glisse le long d'un versant suite par exemple à un sol trop gorgé en eau, à de fortes précipitations (ou fonte de neige) ou encore à cause d'un sol avec trop peu de résistance (trop peu de racines).
Lave torrentielle	Une lave torrentielle est un écoulement qui mélange de l'eau et des matériaux de toutes tailles comme des sables, des cailloux, des gros blocs de pierre ou encore dans certains contextes des troncs d'arbres. Les laves torrentielles se déclenchent dans de fortes pentes (30 à 40°) et font suite à de très fortes précipitations (ou fonte de neige) qui vont venir déstabiliser le terrain et entraîner les matériaux vers le bas.
Moraine	Les glaciers transportent des roches et des sédiments, ces derniers vont venir s'accumuler à différents endroits autour du glacier : à l'avant c'est la moraine frontale, sur les côtés se sont les moraines latérales. Les moraines sont des indices pour retracer l'évolution d'un glacier.
Plaine alluviale	Une plaine alluviale est un espace géographique relativement plat et constitué de sédiments déposés par l'eau. C'est un milieu qui possède une grande richesse biologique et une dynamique particulière qui alterne crue et sécheresse, érosion et alluvionnement (dépôt).
Prise d'eau	Une prise d'eau fait partie des éléments d'un ouvrage hydroélectrique. Elle permet de prélever de l'eau d'un cours d'eau afin de l'envoyer via des tunnels dans des lacs de barrages.
Système torrentiel	Un système torrentiel est composé de trois parties : le bassin de réception, là où les eaux de pluie tombent et mobilisent des sédiments, le chenal d'écoulement, qui est la partie très raide où les écoulements se concentrent et prennent de la vitesse en direction de l'aval. C'est la zone de transport. Et finalement le cône de déjection, là où la pente diminue et que l'écoulement ne peut plus transporter tous les matériaux, il y a dépôt de sédiments.
Lithologie	La Lithologie est la nature d'une roche
Schisteux	Désigne un type de roche contenant du schiste
Domaines Pennique et Helvétique	Désignent chacun un groupe de nappes (ensemble de couches géologiques). Chaque domaine possède des caractéristiques géologiques et des lithologies distinctes.
Massif cristallin	C'est un sous-ensemble du domaine helvétique.
Zone Houillère	C'est un sous-ensemble du domaine Pennique.

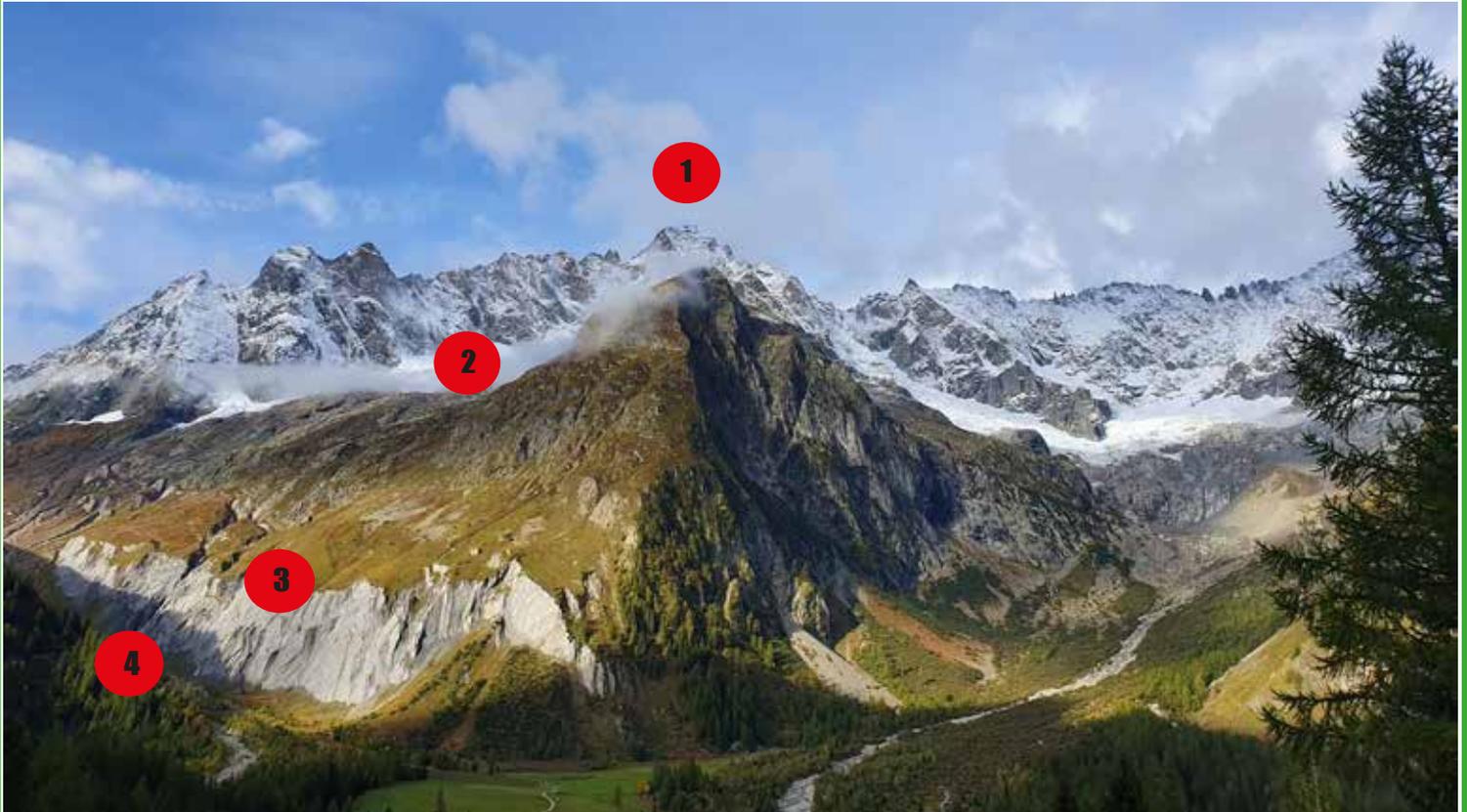
POSTE 1: LA COMBE DES FONDS

Localisation: Au sommet du village du La Fouly, au niveau du dernier chalet. Observez en direction du versant opposé, en direction du Mont Dolent.

Après le poste: Suivre le sentier pédestre direction Prayon.



Face à nous, sur la gauche, se trouve la Combe des Fonds ! Les parois calcaires qui la bordent sont particulièrement impressionnantes mais ce ne sont pas d'elles que nous allons parler !
En face de nous se trouve le Mont Dolent. Juste en dessous de ce dernier se trouve le glacier du même nom.



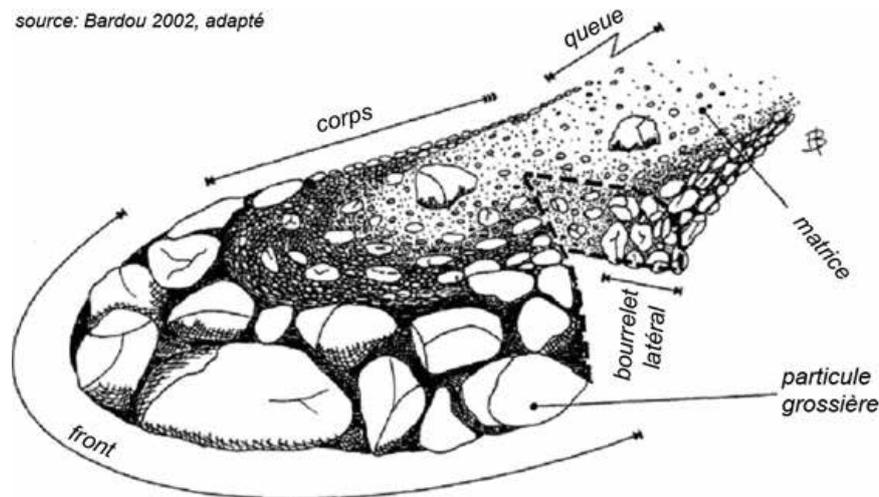
- 1 Mont Dolent
- 2 Glacier du Dolent
- 3 Parois calcaires de la Combe des Fonds
- 4 Combe des Fonds

Pour comprendre ce 1er poste, un peu de vocabulaire:

Une lave torrentielle est un écoulement très rapide et relativement concentré dans le temps qui mélange de l'eau et des matériaux de toutes tailles comme des sables, des cailloux, des gros blocs de pierre ou encore, dans certains contextes, des troncs d'arbres.

Plus d'explications sur les laves torrentielles seront données au poste 2.

source: Bardou 2002, adapté



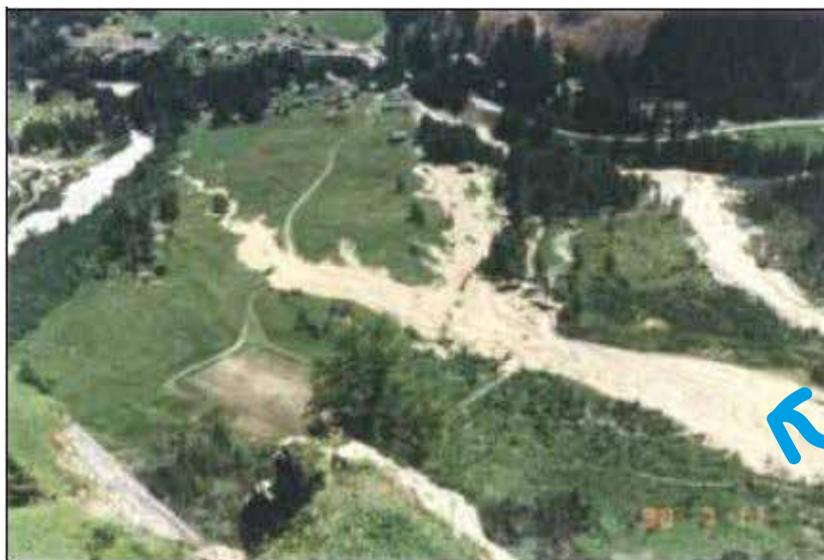
Les glaciers transportent des sédiments rocheux et ces derniers vont venir s'accumuler à divers endroits, formant **des moraines**.

Le bastion morainique est une **moraine de grande taille** qui se trouve au front du glacier et qui est alimenté par les sédiments qui se trouvent sur le glacier. Voici, ci-contre, **le bastion morainique du glacier du Dolent**.

En 1990, c'est un événement extrême qui s'est produit dans cette zone ! En effet, entre 30'000 et 40'000m³ de sédiments se sont détachés du **bastion morainique** du Dolent en 10h de temps. La **lave torrentielle** résultante a emporté les matériaux vers l'aval, dans la Combe des Fond, jusqu'à rejoindre la Reuse de l'A neuve !



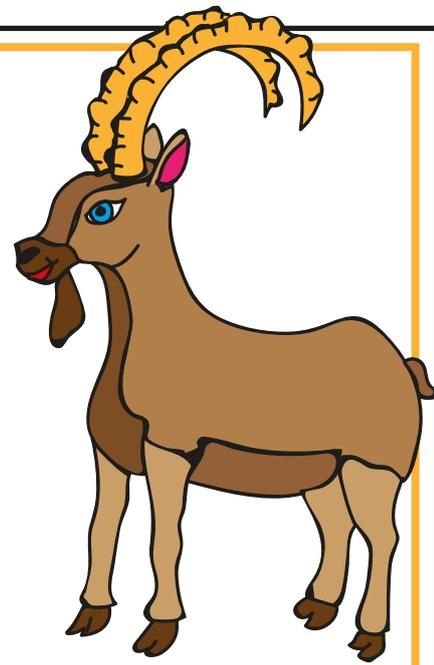
~~~~~ Parcours de la lave torrentielle de 1990



Source: Roullier, 1997

La photo aérienne, ci-dessus, prise lors de l'événement en 1997, montre bien jusqu'où la lave est allée. Cette dernière a fait peu de dégâts mais s'est approchée dangereusement du village de La Fouly!

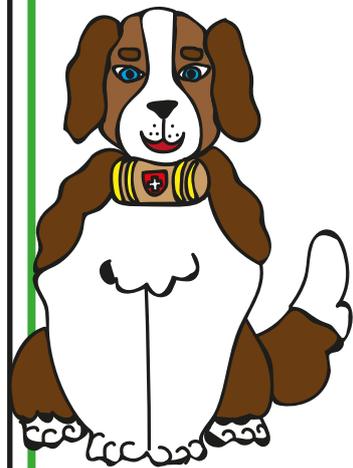
## Que s'est-il passé pour qu'un tel événement se produise?



Le phénomène est complexe et plein d'incertitudes. Des spécialistes ont fait l'hypothèse que cet événement est dû à l'eau d'une fonte des neiges très rapide suite à des températures élevées. Cette eau se serait infiltrée dans le bastion morainique jusqu'à saturation. Suite à cela, la moraine aurait subi des effondrements successifs, durant 10h ! Le mélange d'eau et de sédiments du bastion a formé une lave torrentielle puissante.

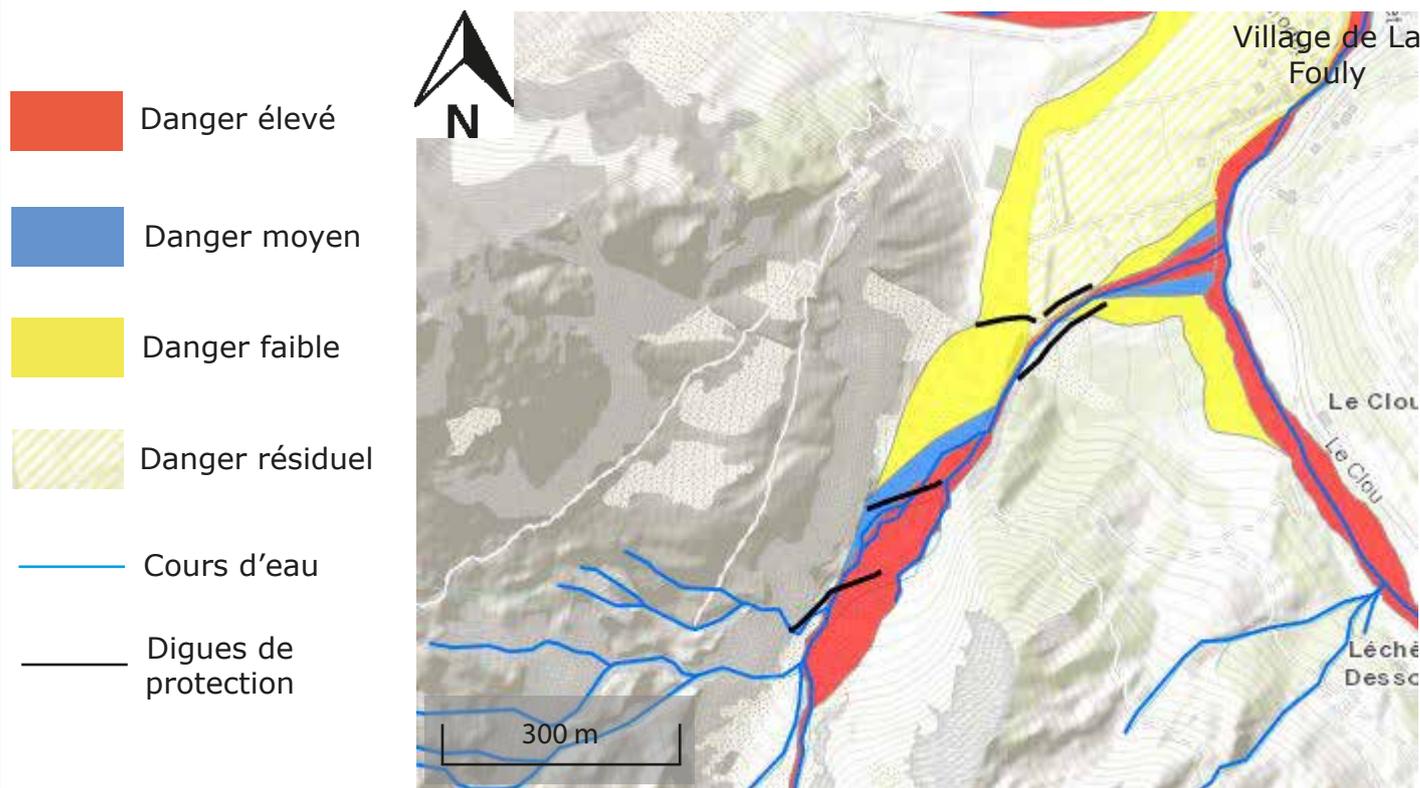


Aujourd'hui les experts estiment qu'un tel événement pourrait se reproduire, car une grande quantité de sédiments et encore présente là-haut ! Les températures de plus en plus élevées sont aussi un facteur à prendre en compte car elles influencent la fonte des neiges et des glaciers. L'eau qui résulte de cette fonte massive peut avoir de grandes conséquences!



Aujourd'hui, **des ouvrages de protection** ont été mis en place afin d'assurer la sécurité du village de La Fouly. Ces derniers sont visibles sur la carte de dangers **en noir**.

Ces digues permettent de contraindre l'écoulement en l'orientant en direction de la Dranse de Ferret. Il est en quelque sorte canalisé pour éviter un écoulement diffus et l'endommagement des infrastructures dans et autour de La Fouly.



**Les cartes de dangers** sont établies afin de visualiser les zones de danger. Elles sont utilisées en particulier dans l'aménagement du territoire.

Les **zones rouges** sont les plus dangereuses. Les **zones bleues** présentent un danger moyen. Les **zones jaunes**, un danger faible. Et les **zones blanches hachurées en jaune**, un danger résiduel, donc très faible.

La carte ci-dessus est la carte de dangers pour les crues et les laves torrentielles.

Il est possible de voir que grâce à ces ouvrages, la zone de danger élevé est limitée et que le village de La Fouly (en haut à droite) n'est que peu menacé.

# POSTE 2: SYSTÈME TORRENTIEL DE LA FOULY

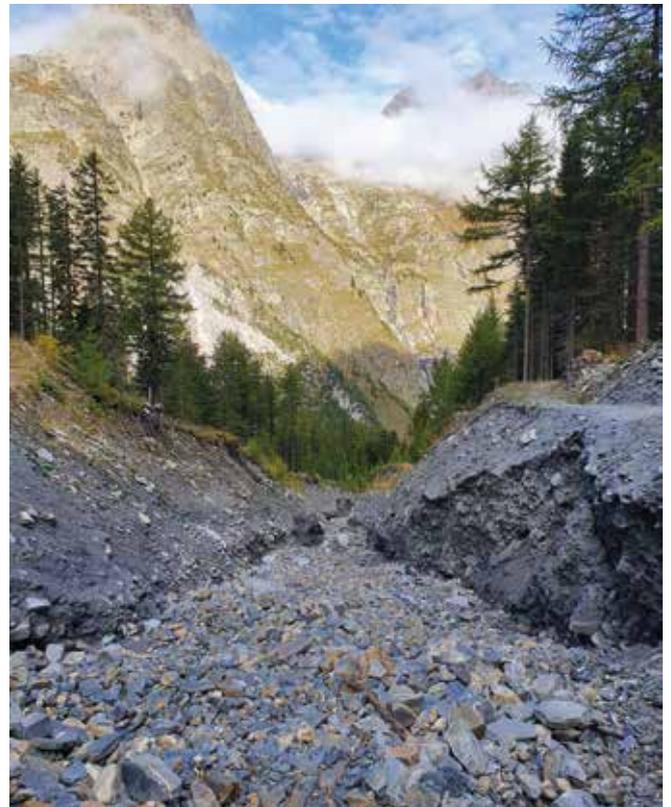
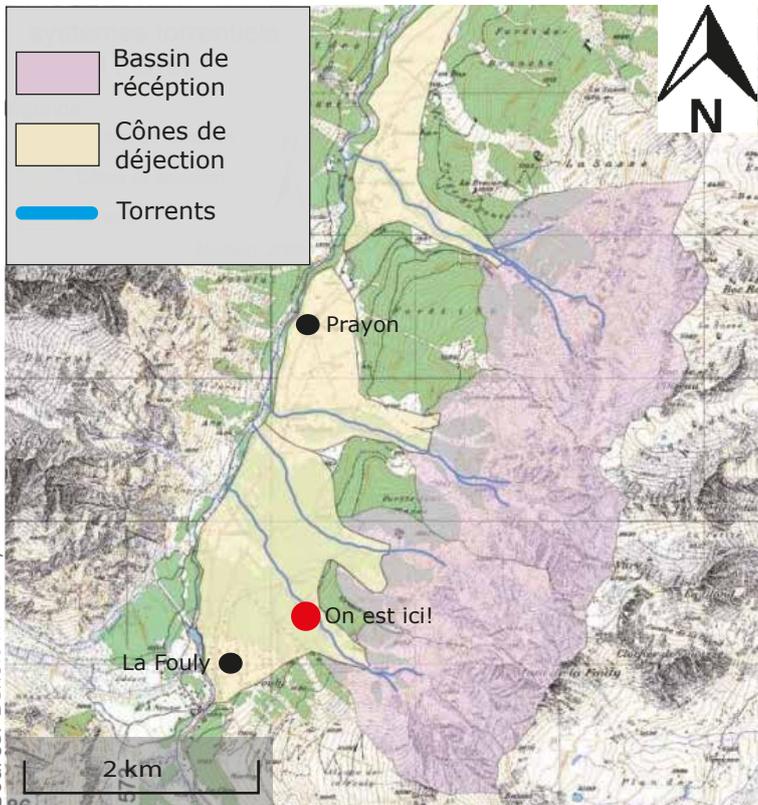
**Localisation:** Au niveau du premier couloir de lave torrentielle, celui du torrent de La Fouly. Observez l'aval et l'amont du lit.

**Après le poste:** Suivre le sentier pédestre direction Prayon.



Nous nous trouvons maintenant juste devant l'impressionnant couloir d'écoulement du torrent de La Fouly.

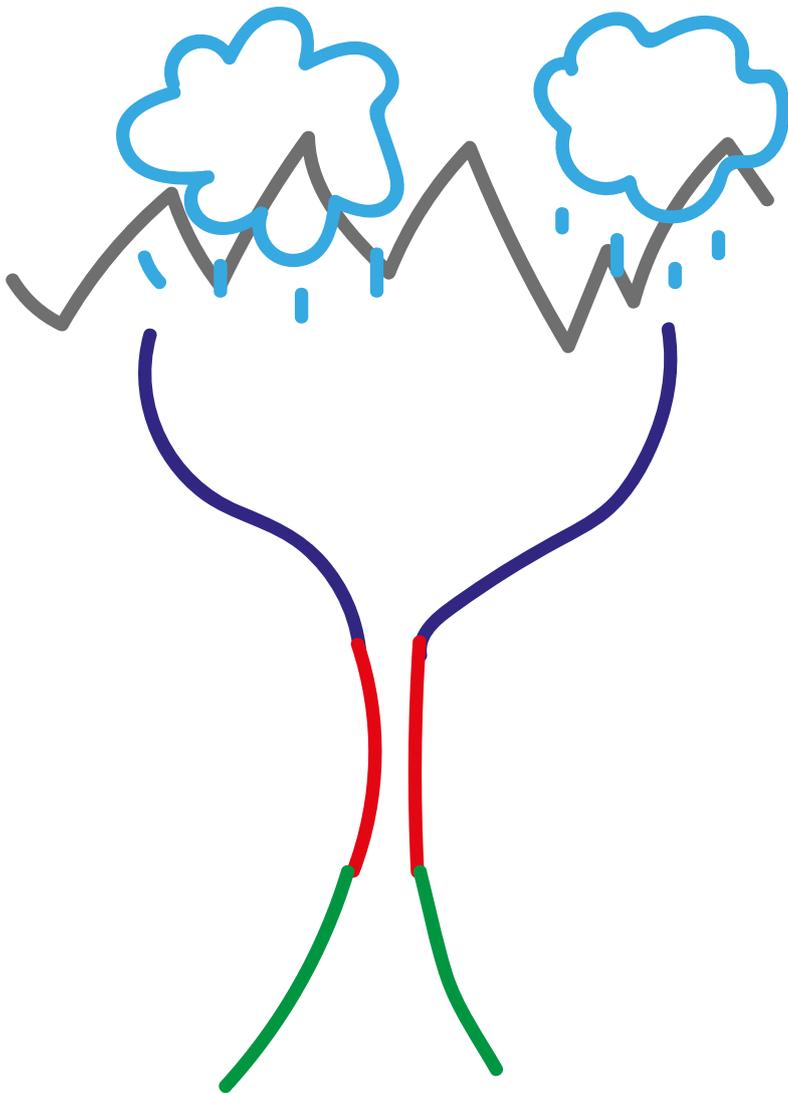
Ce torrent fait partie d'un système torrentiel qui ne se limite pas à un seul torrent. Comme le montre la carte, c'est tout le flanc droit du Val Ferret qui est concerné.



## Les laves torrentielles

Le système torrentiel se compose de trois zones. La première est le **bassin de réception**, la deuxième est le **chenal d'écoulement** et la troisième est la zone du **cône de déjection**. Nous nous trouvons actuellement sur le cône de déjection, près du lit du torrent.

**Les laves torrentielles ne sont dans ce contexte pas rares.** Elles se déclenchent dans les fortes pentes des bassins de réception et elles empruntent ensuite les chenaux d'écoulement. Les laves torrentielles sont capables de transporter une grande quantité de sédiments et de matériaux. La vitesse de l'eau et le frottement des sédiments ont pour conséquence d'éroder les berges et les lits des chenaux d'écoulement. Comme on peut le voir devant nous, le chenal est nu, sans végétation, signe d'un passage régulier de laves torrentielles.



**Les précipitations** tombent dans le **bassin de réception**, près des **sommets**.

L'eau favorise la destabilisation des versants et emporte les sédiments qui se trouvent dans le **bassin de réception**.

L'écoulement se concentre dans le **chenal d'écoulement**, prend de la vitesse et fonce vers la vallée.

La pente diminue, donc la vitesse de l'écoulement aussi. Les sédiments se déposent et forment un **cône de déjection**.

Source: Google Earth. Modifié par A.Pugin



Les laves torrentielles sont très dangereuses dans le sens où il s'agit d'un phénomène très rapide et très violent. En quelques secondes un petit torrent peut se transformer en une énorme coulée d'un mélange d'eau, de terre et de roches qui détruit tout sur son passage !

Heureusement, **des mesures sont prises pour assurer la sécurité des personnes et des infrastructures.**

La route qui dessert la vallée croise le chemin de ces couloirs d'écoulement et les ponts qui les traversent ont été, au cours de l'histoire, souvent détruits !

Aujourd'hui, ce sont des ponts dits « **ponts fusibles** » en bois qui ont été installés afin que le remplacement des ponts détruits soit rapide. Vous pourrez les observer lorsque vous quitterez la Fouly par la route principale.



## Pourquoi ce phénomène uniquement d'un côté de la vallée?

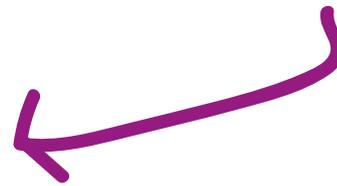
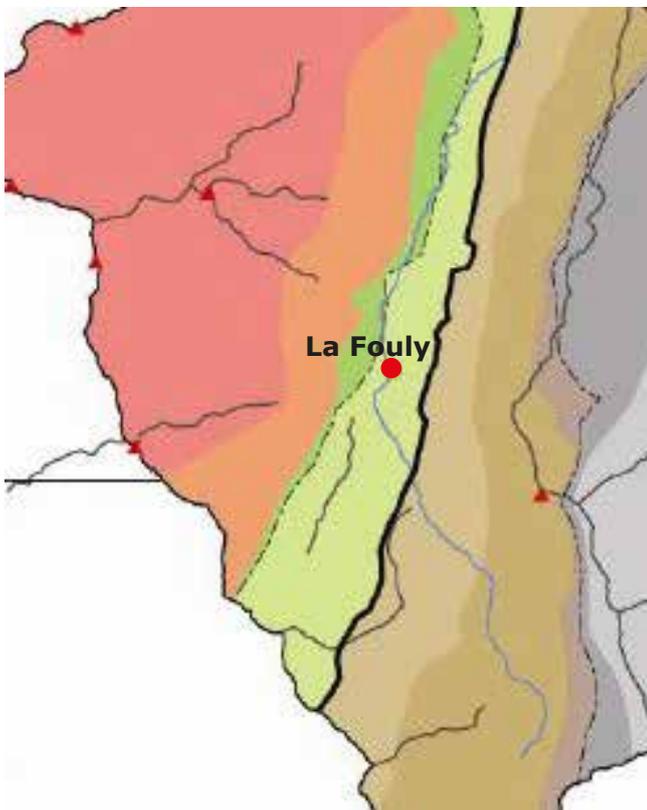


Ça c'est une affaire de géologie ! Comme le montre la carte, le flanc droit et le flanc gauche n'ont pas la même lithologie et se comportent donc différemment.

Sur le flanc gauche (en rouge, orange et vert), c'est **le domaine helvétique**. Plus précisément nous sommes dans le massif cristallin du Mont Blanc.



Sur le flanc droit, c'est **le domaine pennique**: en brun la zone Sion-Courmayeur et en violet la zone Houillère. La zone Sion-Courmayeur possède une lithologie très schisteuse.



Les schistes sont sensibles à l'érosion; il y a donc plus de matériel qui peut être mobilisé par les laves torrentielles et emmenées vers le bas que sur la rive gauche.

C'est pour cela que ces gros cônes de déjection sont plus grands et plus impressionnants en rive droite, où nous nous trouvons maintenant.

# POSTE 3: RÉSEAUX HYDROÉLECTRIQUES

**Localisation:** Après le pont, au niveau des panneaux de randonnée. Observez le cours d'eau à l'amont et à l'aval.

**Après le poste:** Suivre le sentier pédestre direction La Fouly.

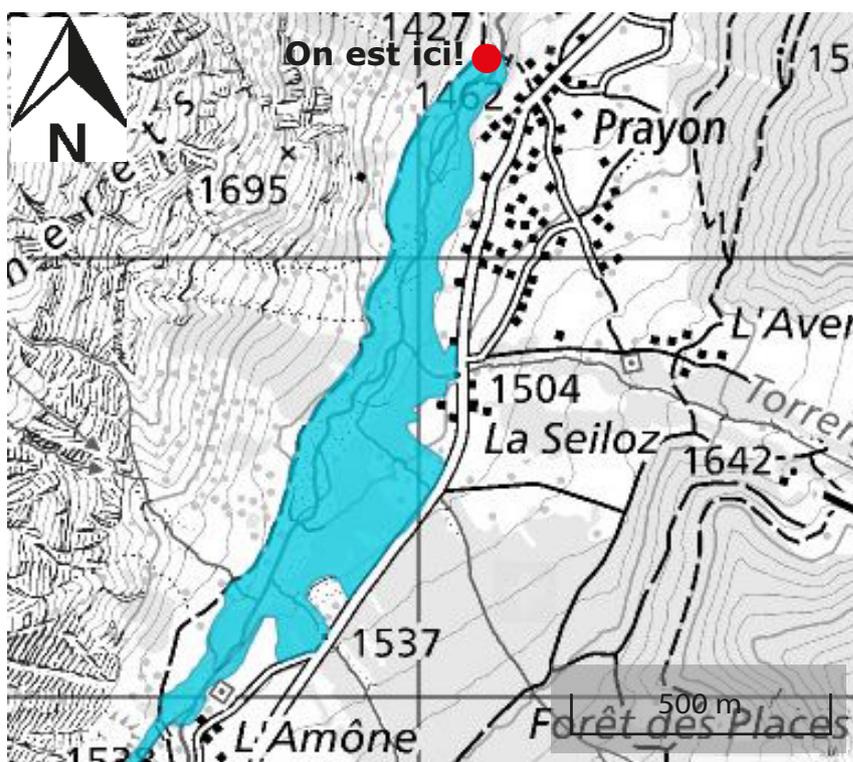
Nous nous trouvons ici face au lit de la Dranse de Ferret ! Un lit particulièrement large ! Nous nous trouvons en réalité devant une plaine alluviale.



**Une plaine alluviale** est un espace géographique relativement plat et constituée de sédiments déposés par l'eau. C'est un milieu qui possède une grande richesse biologique et une dynamique particulière qui alterne crue et sécheresse, érosion et alluvionnement (dépôt).

La plaine alluviale que nous voyons ici fait partie de l'inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale et bénéficie d'une protection particulière en raison de ses qualités écologiques.

Elle est représentée **en bleu** sur la carte:

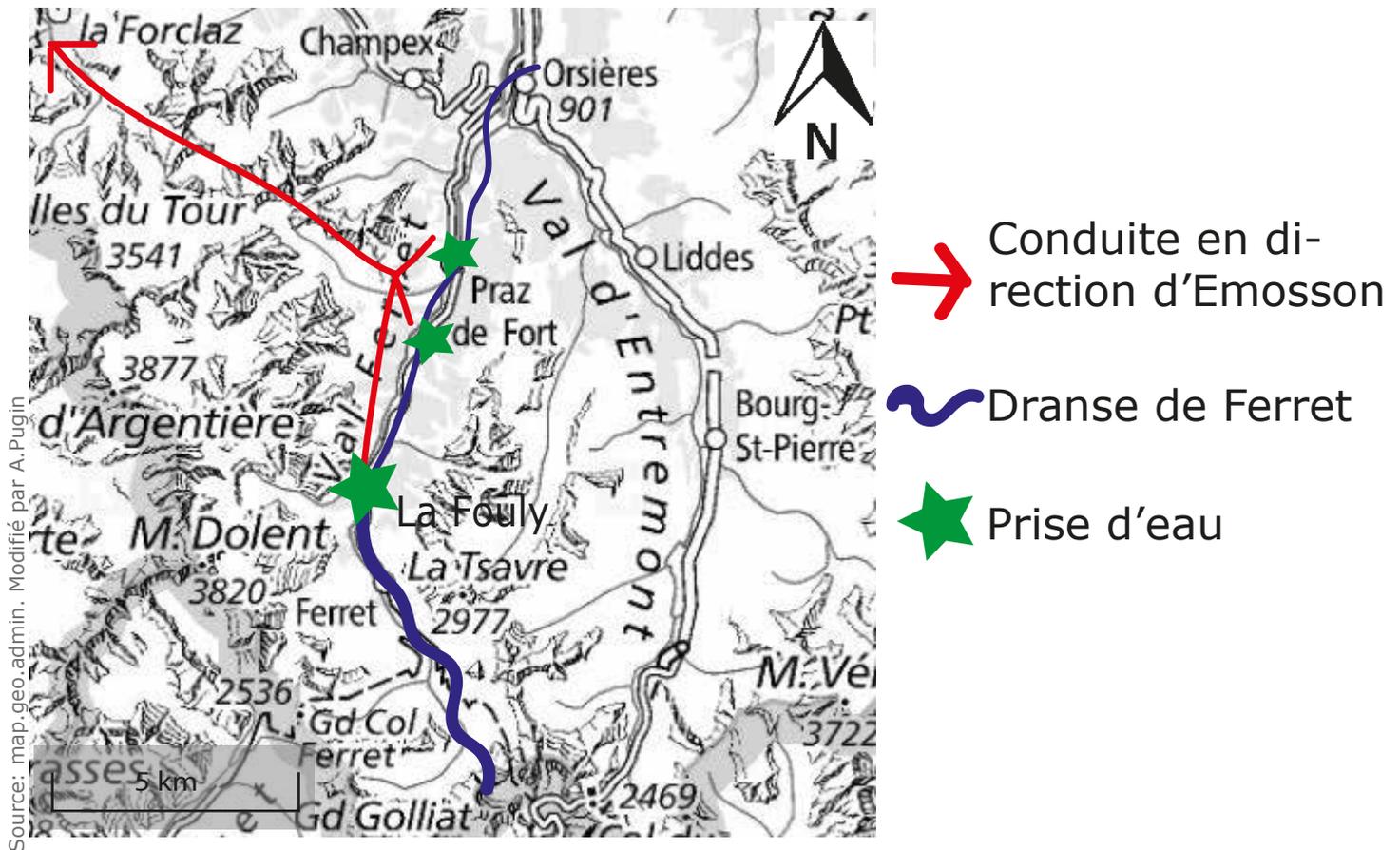


Source: Office fédéral de l'environnement



La Dranse de Ferret est cependant **influencée par une prise d'eau destinée à l'activité hydroélectrique du barrage d'Émosson dans la vallée du Trient**. Les prises d'eau prélèvent l'eau qui arrive depuis le haut de la vallée et l'envoient via un tunnel afin d'alimenter en eau le barrage d'Émosson.

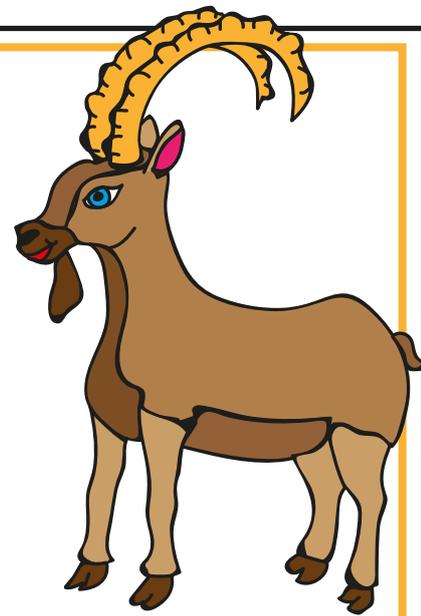
**Ceci impacte le débit et ainsi la dynamique sédimentaire de la rivière.**



Ci-contre, le **bassin de décantation** de la prise d'eau de La Fouly.

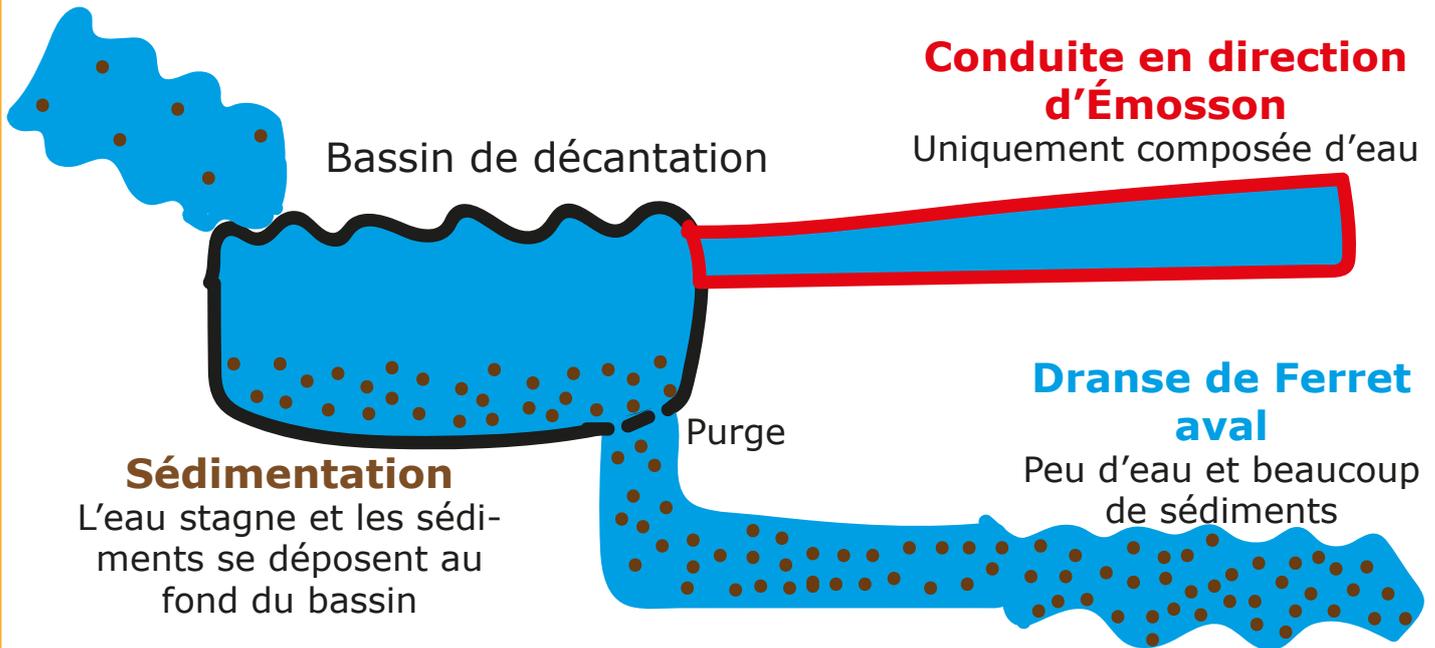
Le bassin de décantation sert à retirer tous les sédiments qu'il y a dans l'eau transportée avant de l'envoyer dans la conduite vers Émosson.

**Les sédiments charriés par l'eau sont eux laissés sur place dans la prise.** Ces sédiments s'accumulent chaque jour et il est souvent nécessaire de les relâcher en purgeant le système. Une purge consiste à rincer les sédiments présents dans le bassin de décantation d'une prise d'eau.



### **Dranse de Ferret amont**

Eau avec sédiments



**L'eau purgée charrie tous les sédiments vers l'aval et modifie grandement la morphologie ainsi que l'écologie de la Dranse.** Les sédiments s'accumulent et augmentent considérablement le niveau du lit. De plus, lors des purges et des crues, la rivière érode les berges, ce qui les déstabilise.



Sur le flanc droit se trouvent d'importants cônes de déjection. Les torrents apportent aussi régulièrement une grande quantité de sédiments dans le lit de la rivière.

## En quoi c'est dangereux?



C'est dangereux parce que les sédiments **s'accumulent** et la **rivière érode les berges**, comme on peut le voir sur la photo ci-dessous.

Cette érosion peut s'avérer dangereuse lorsque l'érosion se fait sur la rive droite, là où se trouvent les grands cônes de déjection et dessus des habitations et autres infrastructures.

**Des instabilités de terrain** ont d'ailleurs déjà été repérées dans la zone.



Afin de pallier à ces dangers, la rivière subit à certains endroits des « curages ». C'est-à-dire que l'on vient retirer certains sédiments afin de faciliter l'écoulement et de limiter l'érosion des berges.

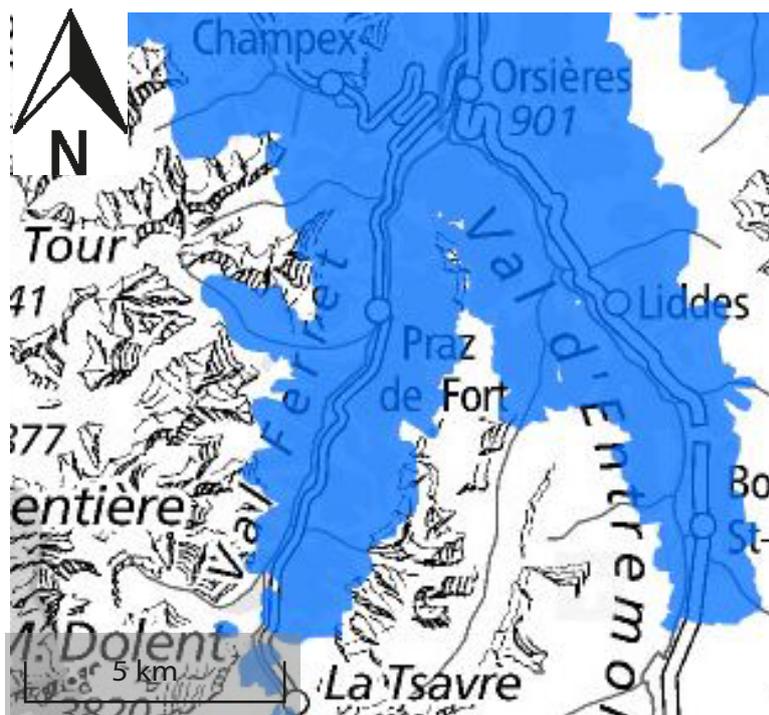
# POSTE 4: FORÊTS PROTECTRICES

**Localisation:** Au croisement entre le sentier et le lit de la chute du torrent du Tseubot. Observez le versant opposé.

**Après le poste:** Suivre le sentier pédestre direction La Fouly.



**En Suisse, environ la moitié des forêts protègent les habitants et les infrastructures contre les dangers naturels.** Pour obtenir le grade de « Forêt protectrice » la forêt en question doit pouvoir protéger un enjeu reconnu, comme un bâtiment ou une route, contre un danger naturel ou réduire les risques que ce danger implique.

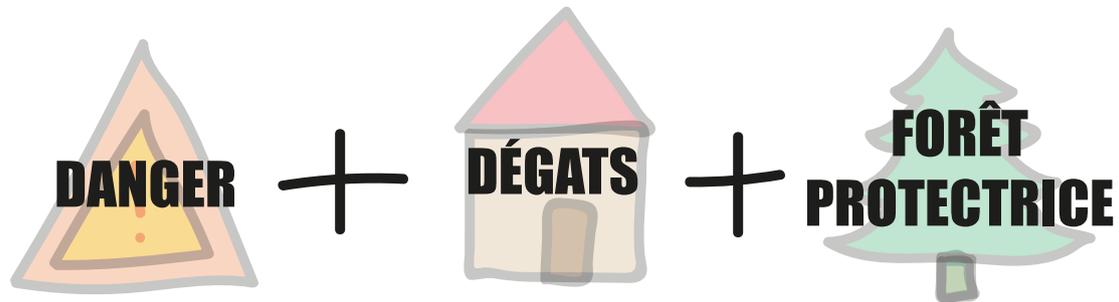


Source: Office fédéral de l'environnement

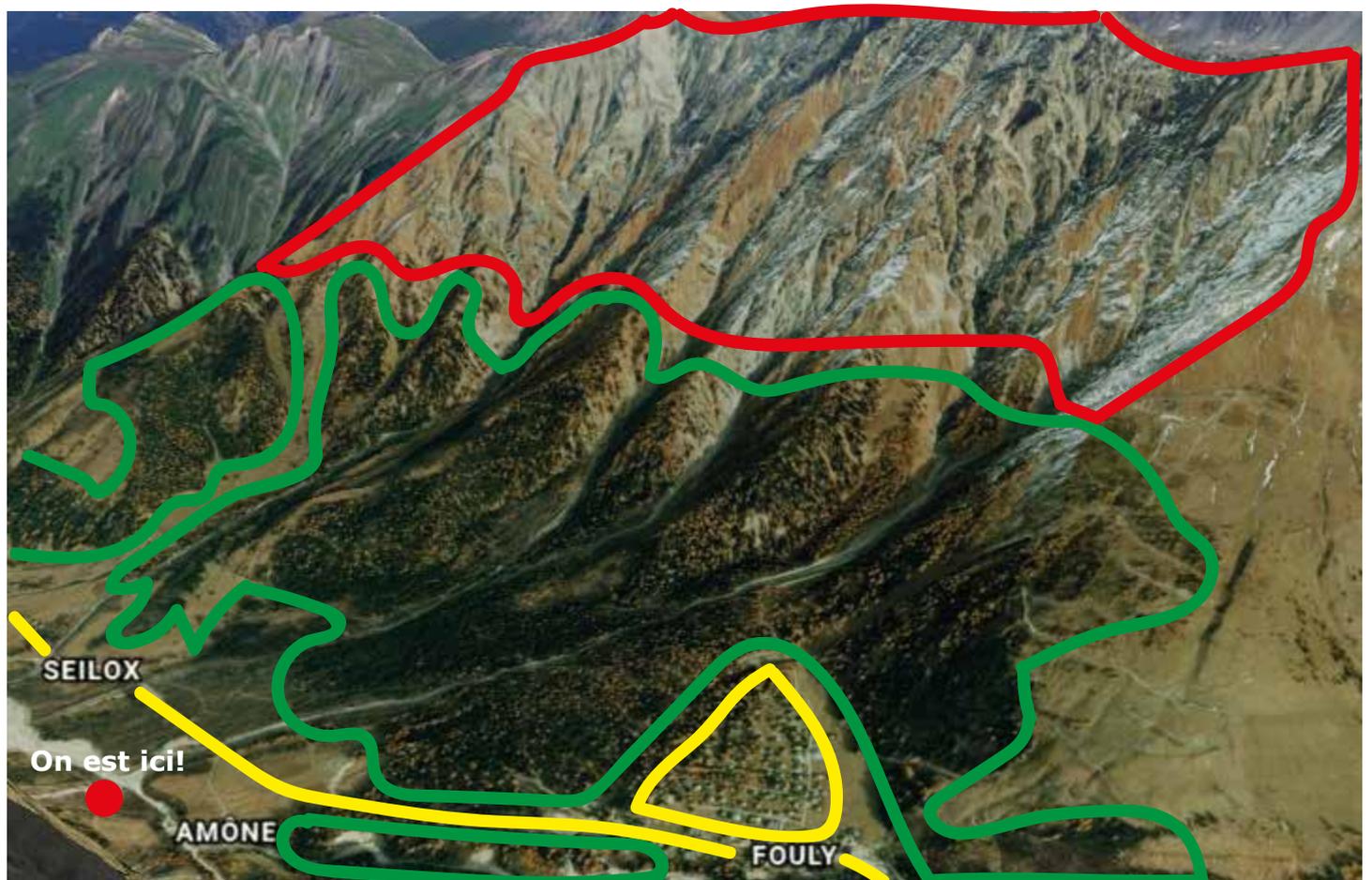
**En bleu sont cartographiées les zones de forêts considérées par l'Office fédéral de l'environnement comme «forêts protectrices».**

Toute la forêt du Val Ferret est concernée. Car en effet des enjeux à protéger se trouvent dans le fond de la vallée et des dangers sont bien présents. Parmi eux, on retrouve **les crues, les chutes de pierres, les glissements de terrain ou encore les avalanches.**

Pour qu'une forêt soit reconnue en tant que forêt protectrice, il faut qu'il existe **un potentiel de danger** (p. ex. une paroi rocheuse instable), **un potentiel de dégât** (p. ex. une zone habitée ou une voie de communication) **et une forêt, qui puisse offrir un effet protecteur** contre le danger naturel en question.



Observez le flanc de montagne en face de vous ! La partie au-dessus de la forêt possède **des pentes raides de plus de 30°**. Les pentes raides sont un environnement propice au déclenchement d'avalanches, de chutes de pierres et de laves torrentielles. En-dessous de la forêt se trouvent **des maisons et la route principale**. **La forêt** a ici un grand rôle à jouer pour la protection en absorbant les avalanches, les chutes de pierres et les laves torrentielles en formant un **barrière naturelle**.

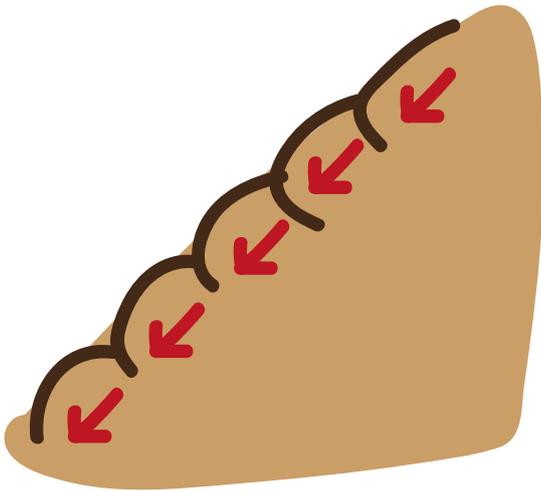


Les terrains nus, sans végétation, sous l'effet de l'eau, du ruissellement et de la gravité **ont tendance à glisser vers le bas**. Ce sont des glissement de terrain, comme illustré sur le schéma ci-dessous.

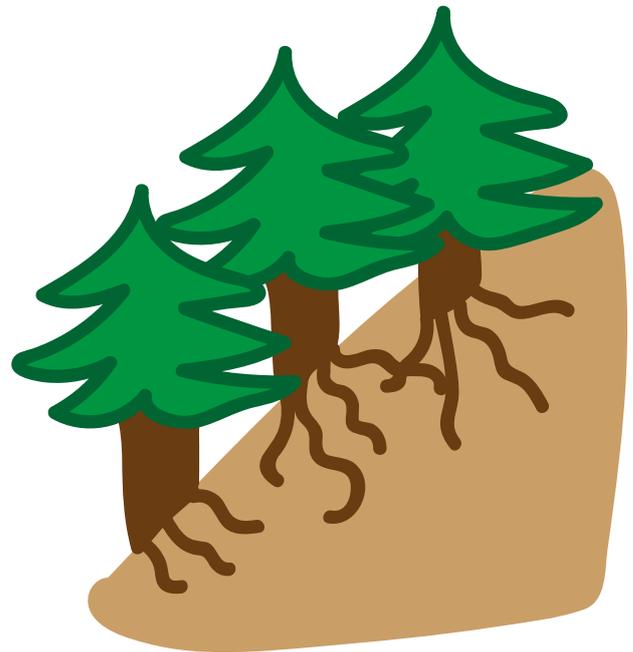


**La forêt possède un rôle stabilisateur.** Les racines des plantes et des arbres plongent profondément dans le sol et créent une sorte d'armature qui tient le terrain en place, l'empêchant ainsi de bouger et de glisser.

**Terrain nu, sans végétation.**



**Terrain recouvert de végétation.**



Contre les crues, les forêts jouent principalement deux rôles : elles **font office de tampon** en absorbant l'eau des crues, c'est-à-dire que l'eau s'infiltré facilement dans les sols forestiers; de plus, elles **atténuent les processus torrentiels en réduisant le ruissellement et en atténuant la vitesse d'écoulement**.

# POSTE 5: LE VALLON DE L'A NEUVE

**Localisation:** Juste après le camping, au niveau de la Reuse de l'A Neuve. Observez en direction du Vallon de l'A Neuve.

**Après le poste:** Le parcours est terminé.



En haut de ce magnifique vallon se trouve le glacier de l'A neuve. Le vallon possède aussi de fortes pentes. À quoi ces deux éléments vous font-ils penser ? À une multitude de dangers mais principalement deux !

**Les laves torrentielles**

**Les avalanches**



Le premier est le risque de **laves torrentielles**. Comme on a pu le voir aux autres postes, ces dernières peuvent être très dangereuses.

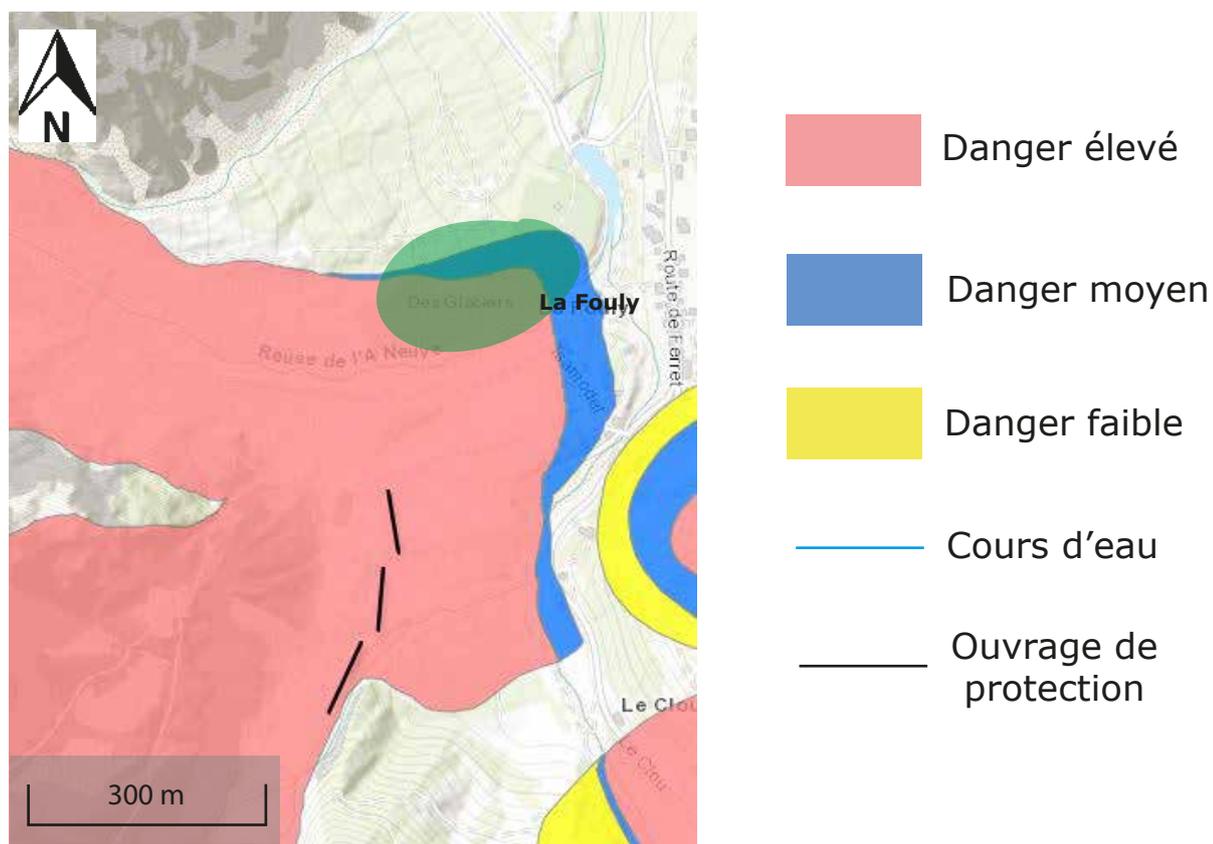
Le glacier de l'A Neuve se trouve au sommet de ce vallon. La fonte du glacier est une importante source d'eau qui peut renforcer les dynamiques torrentielles. L'environnement glaciaire est aussi composé de beaucoup de matériel rocheux/de sédiments qui peuvent être mobilisés par l'eau. **L'eau et les sédiments sont les deux ingrédients principaux des laves torrentielles!**

On voit d'ailleurs très bien sur la photo que le lit de la rivière qui est très large est rempli de sédiments et qu'il n'y a pas de végétation. Ceci montre une grande dynamique de la rivière.

Le deuxième danger est celui des **avalanches**. En effet les fortes pentes favorisent le déclenchement de ces dernières.

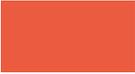
Les cartes de dangers montrent bien les zones exposées. Grâce aux ouvrages de protection, les maisons et les infrastructures de La Fouly sont plutôt bien protégées. Mais un endroit est particulièrement touché ! **C'est le camping**. Ce dernier se trouve dans une zone très vulnérable, autant au niveau des avalanches que des crues et laves torrentielles.

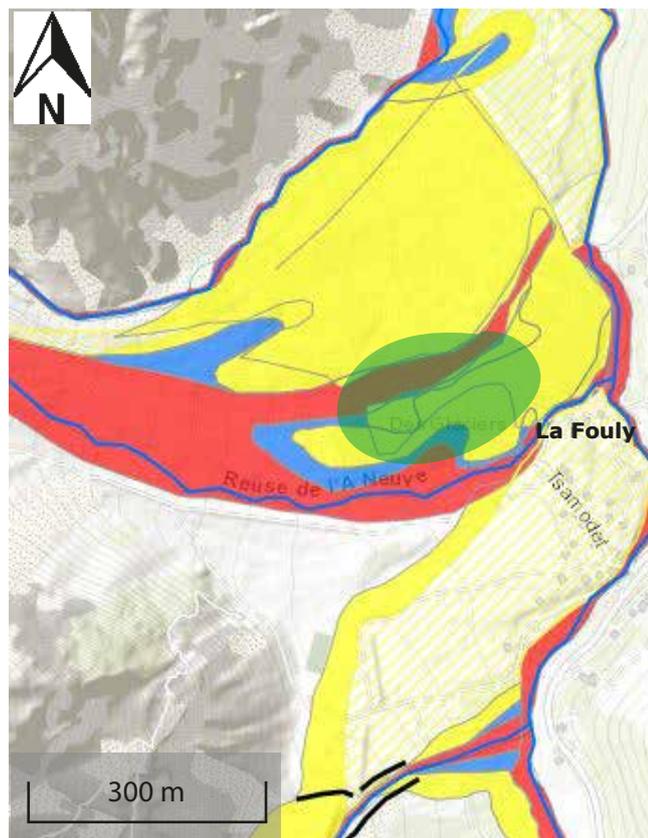
## Danger d'avalanche



Source: sitonline.vs.ch

## Danger de laves torrentielles et crues

-  Danger élevé
-  Danger moyen
-  Danger faible
-  Danger résiduel
-  Cours d'eau
-  Dignes de protection



La photo ci-dessous montre la camping de La Fouly et la Reuse de l'A Neuve à gauche. On remarque bien à quel point le lit et le camping sont proches ! **Beaucoup d'autres campings en Suisse se trouvent en zone de danger.** C'est le cas aussi, par exemple, du camping d'Arolla qui dû être évacué en Août 2018 pour cause de laves torrentielles.



Source: lafouly.ch

# FIN DU PARCOURS...

OUF! Après avoir côtoyé tous ces dangers nous sommes contents d'être arrivés au terme de ce parcours entier!

Nous avons pu voir qu'en montagne, le danger est présent plus ou moins partout! Mais que l'Homme met tout en place pour que les risques encourus par les randonneurs, la population et les infrastructures soient les plus réduits possible!

Nous avons aussi vu que les changements climatiques influencent grandement les dynamiques en montagne et qu'ils contribuent à l'augmentation du risque!

Pour terminer complètement ce parcours, n'oubliez pas d'observer les ponts fusibles sur la route principale lors de votre retour!



# BIBLIOGRAPHIE

Vous voulez en savoir plus sur les thèmes abordés dans cette brochure? Voici quelques sites et références bibliographiques:

Gabioud, C. (2008). Itinéraires pédestres et dynamiques géomorphologiques: le cas du Val Ferret (VS). Université de Lausanne. Faculté des géosciences et de l'environnement, Suisse Repéré à <https://igd.unil.ch/memoires/memoires/254>

Losey, S., & Wehrli, A. (2013). Forêt protectrice en Suisse. Du projet SilvaProtect-CH à la forêt protectrice harmonisée. et annexes. Office fédéral de l'environnement, Berne, 3.

Lugon R. et Monbaron M. (1998), Stabilité des terrains meubles en zone de pergélisol et changements climatiques. Deux études de cas en Valais : le Ritigraben (Mattertal) et la moraine du Dolent (Val Ferret), Rapport final PNR 31, vdf Hochschulverlag.

Maillard, B. (2009). Inventaire des géomorphosites des vallées d'Entremont et de Ferret : Propositions de valorisation. Université de Lausanne. Faculté des géosciences et de l'environnement, Suisse. Repéré à <https://igd.unil.ch/memoires/memoires/1188>.

Office fédéral de l'environnement OFEV. Rubriques «Forêts de protection» et «Zones alluviales». Site internet: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home.html>

Rosset, M. (1990). « La Drance de Ferret, une hydrologie modifiée par les aménagements hydroélectriques, ses implications sur les débits et le transport de la charge sédimentaire ». Mémoire de licence, Institut de Géographie, Université de Lausanne.

# NOTES PERSONNELLES

# L'aventure n'est pas finie!

Vous avez aimé cette brochure? Il en existe 3 autres sur 3 itinéraires différents! Allez vite les essayer pour découvrir encore plus de choses sur l'environnement de montagne!

Brochure géotouristique

## ÇA BOUGE LÀ-HAUT

De Bourg-St-Pierre à la cabane du Vélán



Brochure géotouristique

## AVENTURE GLACIAIRE

De la Breya jusqu'à la cabane d'Orny



Brochure géotouristique

## CACHE-CACHE AVEC LA GLACE

Du Grand-St-Bernard aux lacs de Fenêtre







Brochure géotouristique

# ÇA BOUGE LÀ-HAUT

De Bourg-St-Pierre à la cabane du Vélan



Réalisée par Alexandra Pugin  
Université de Lausanne, 2020

Cette brochure est réalisée dans le cadre du mémoire de Master à l'Université de Lausanne.

Sauf mention contraire, toutes les photographies et illustrations sont de l'auteur.

Photo de couverture: Vue depuis la cabane du Vélán sur les glaciers du Tseudet, de Valsorey et du Sonadon.

# CONSIGNES D'UTILISATION

## Se lancer sur l'itinéraire:



Un matériel adapté est indispensable! Nous nous trouvons dans une région alpine où le terrain peut être technique. La météo peut aussi changer très rapidement: les températures peuvent baisser soudainement lors d'un orage et les vents peuvent s'avérer forts et très froids!

De bonnes chaussures de randonnée et des vêtements chauds et imperméables sont nécessaires!



Les parcours possèdent des distances et des dénivelés conséquents. Il n'est aussi pas toujours possible de rejoindre une route d'accès pour raccourcir le parcours. Bien que les parcours soient accessibles aux adultes comme aux enfants, une bonne condition physique de chacun est recommandée!



Le respect de l'environnement est primordial! Il est important de suivre les sentiers balisés pour éviter tous dégâts sur la flore et un dérangement de la faune.

Les déchets n'ont pas leur place dans la nature! Merci de les emporter avec vous et de les jeter dans une poubelle.

## Se lancer dans la brochure:

Les premières pages sont consacrées aux aspects techniques du parcours. Il suffit après de se laisser guider au fil des postes!

Ensuite la brochure propose deux niveaux de lecture:

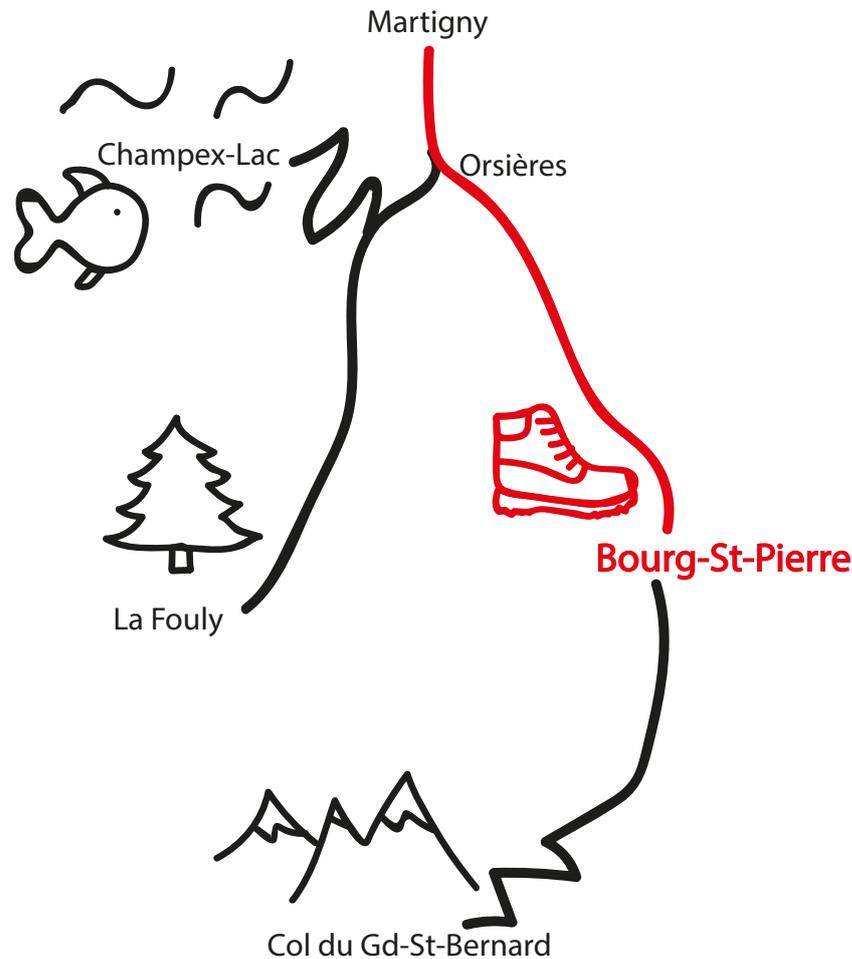


Le Saint-Bernard, encadré de vert, donne les informations les plus faciles à comprendre! Elle sont à lire en premier!



Le bouquetin, encadré de orange, donne des informations supplémentaires un peu plus complexes! N'hésitez pas à essayer de comprendre!

# ACCÈS



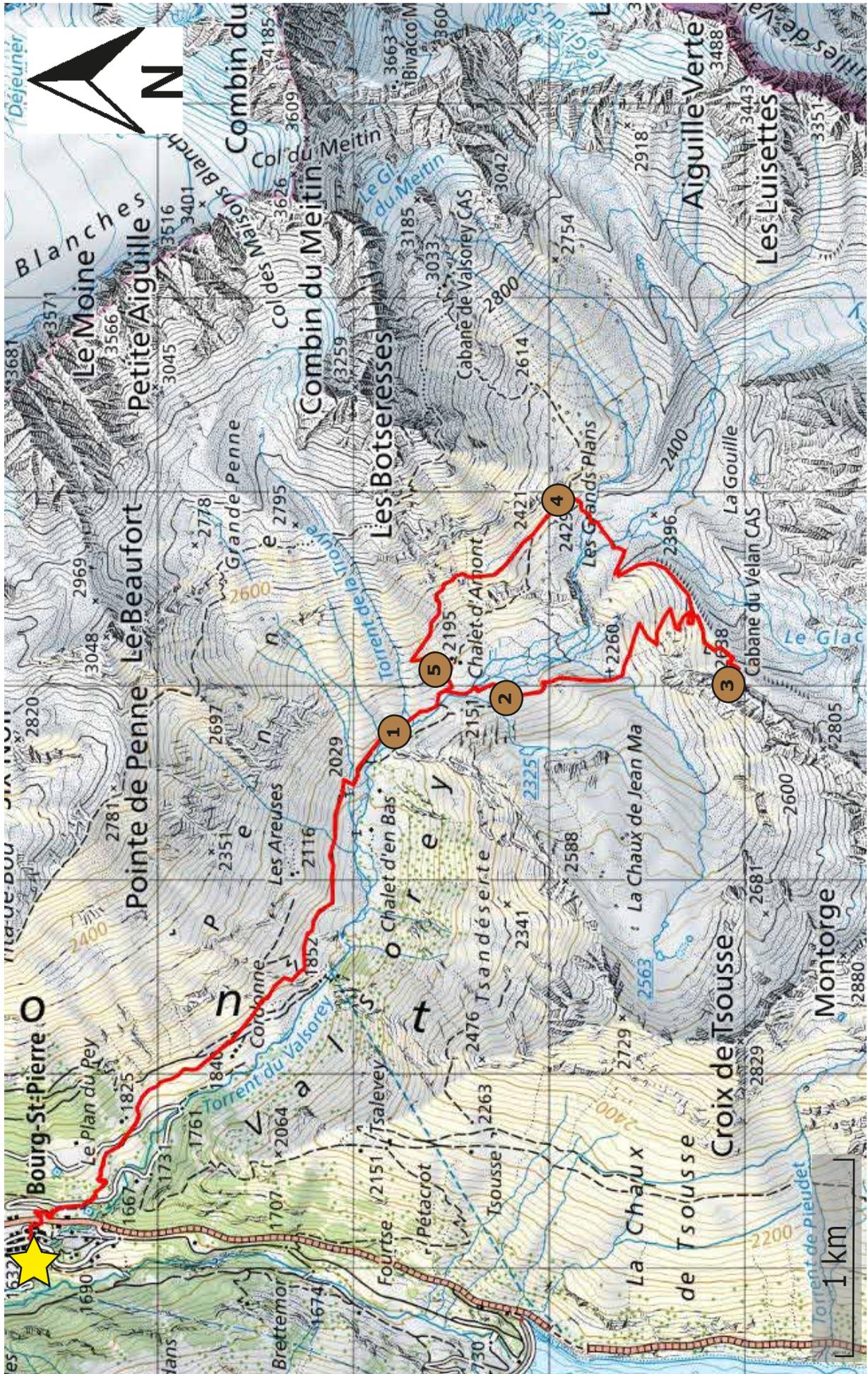
En voiture depuis Martigny, montez jusqu'à Orsières puis suivez la direction du col du Grand St-Bernard jusqu'au village de Bourg-St-Pierre. Dans le village, un parking est disponible à côté du centre sportif.

En transports publics depuis Martigny, prenez le train direction Le Châble jusqu'à Sembrancher puis changez de train jusqu'à Orsières. Finalement prenez le bus direction Le Grand St-Bernard, hospice, jusqu'à Bourg-St-Pierre, commune.



Le parcours débute au centre du village.

# CARTE DU PARCOURS



Source: map.geo.admin. Modifié par A. Pugin

# LISTE DES POSTES



## LAVES TORRENTIELLES

**Localisation:** Au niveau du torrent de la Trouye, juste après avoir traversé le lit d'un petit torrent. Observez vers l'amont, sur le versant à votre gauche.



## RIVIÈRES DE MONTAGNE

**Localisation:** Après la séparation des deux sentiers, marchez jusqu'à ce que la vue soit bien dégagée sur la petite plaine que traverse la rivière. Observez cette dernière.



## DÉGRADATION DES MORAINES

**Localisation:** Sur la terrasse de la cabane du Velan. Observez en direction des glaciers.



## GLACIER ROCHEUX

**Localisation:** Au croisement avec le sentier qui monte à la cabane de Valsorey. Observez le versant opposé, sur la droite de la cabane du Vélán.



## DES GROS BLOCS

**Localisation:** Au chalet d'Amont. Observez les chalets, les blocs de pierre et en direction du sentier que vous venez de descendre.

# ASPECTS TECHNIQUES DU PARCOURS

## Quelques chiffres sur le parcours:



Distance: 13.4 km



Dénivelé: 981 m D+ 981 m D-



Temps estimé: 5h15 + 1h avec la brochure

## Remarques techniques sur le parcours:

Le parcours est balisé en jaune jusqu'au parking de Cordonne, puis en rouge et blanc sur tout le reste.

Le sentier ne présente pas de difficulté particulière jusqu'au poste 2. Après ce dernier, une grosse montée se présente jusqu'à la cabane du Vélan mais le sentier n'est pas dangereux.

La descente depuis la cabane du Vélan se fait sur la crête de la moraine. Le chemin est étroit et les pentes sont raides de part et d'autre de la crête. Les randonneurs se doivent d'être vigilants.

Les enfants de plus de 10 ans peuvent emprunter cet itinéraire sans soucis. En-dessous de cet âge, il est recommandé des les encorder sur la crête de la moraine.

# INTRODUCTION À LA THÉMATIQUE

Observez le paysage qui vous entoure, les montagnes qui composent le paysage semblent immuables. Et pourtant ça bouge là-haut !

Et oui, un grand nombre de processus sont actifs en montagne et tous les éléments qui la composent sont en permanence en mouvement. Les échelles temporelles peuvent être très grandes pour certains phénomènes, plusieurs milliers d'années, comme très rapides pour d'autres, quelques heures !

Ces mouvements, ces changements dans le paysage ne sont pas toujours faciles à remarquer. Cette brochure vous permettra d'observer les différents mouvements et modifications du paysage qui s'opèrent dans l'environnement de montagne ! Attention, ça va bouger !



# GLOSSAIRE

Les termes techniques, indispensables à la bonne compréhension de la brochure sont décrits ici.

N'hésitez pas à venir les consulter durant la lecture de la brochure!

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Érosion</b>                   | L'érosion est le phénomène de dégradation des reliefs par différents procédés. Dans le cas des glaciers, ils érodent le substrat (les roches) en le ponçant ou en arrachant des morceaux de substrat.                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Glacier rocheux</b>           | Un glacier rocheux est un amas de débris rocheux dont les espaces vides sont remplis de glace. Ce dernier se déplace à une vitesse plus ou moins élevée selon sa teneur en glace est selon la température.                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Lave torrentielle</b>         | Une lave torrentielle est un écoulement qui mélange de l'eau et des matériaux de toutes tailles comme des sables, des cailloux, des gros blocs de pierre ou encore dans certains contextes des troncs d'arbres. Les laves torrentielles se déclenchent dans de fortes pentes (30 à 40°) et font suite à de très fortes précipitations ou à la fonte des neiges qui vont venir déstabiliser le terrain et entraîner les matériaux vers le bas.                         |
| <b>Moraine</b>                   | Les glaciers transportent des roches et des sédiments, ces derniers vont venir s'accumuler à différents endroits autour du glacier : à l'avant c'est la moraine frontale, sur les côtés se sont les moraines latérales. Les moraines sont des indices pour retracer l'évolution d'un glacier.                                                                                                                                                                         |
| <b>Petit Âge Glaciaire (PAG)</b> | Le Petit Âge Glaciaire se situe entre 1300 et 1850 et se caractérise par un refroidissement du climat. À cette époque les glaciers alpins ont avancé de manière significative.                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Système torrentiel</b>        | Un système torrentiel est composé de trois parties : le bassin de réception, là où les eaux de pluie tombent et mobilisent des sédiments. Le chenal d'écoulement, qui est la partie très raide où les écoulements se concentrent et prennent de la vitesse en direction de l'aval. C'est la zone de transport. Et finalement le cône de déjection, là où la pente diminue et que l'écoulement ne peut plus transporter tous les matériaux, il y a dépôt de sédiments. |

# POSTE 1: LAVES TORRENTIELLES

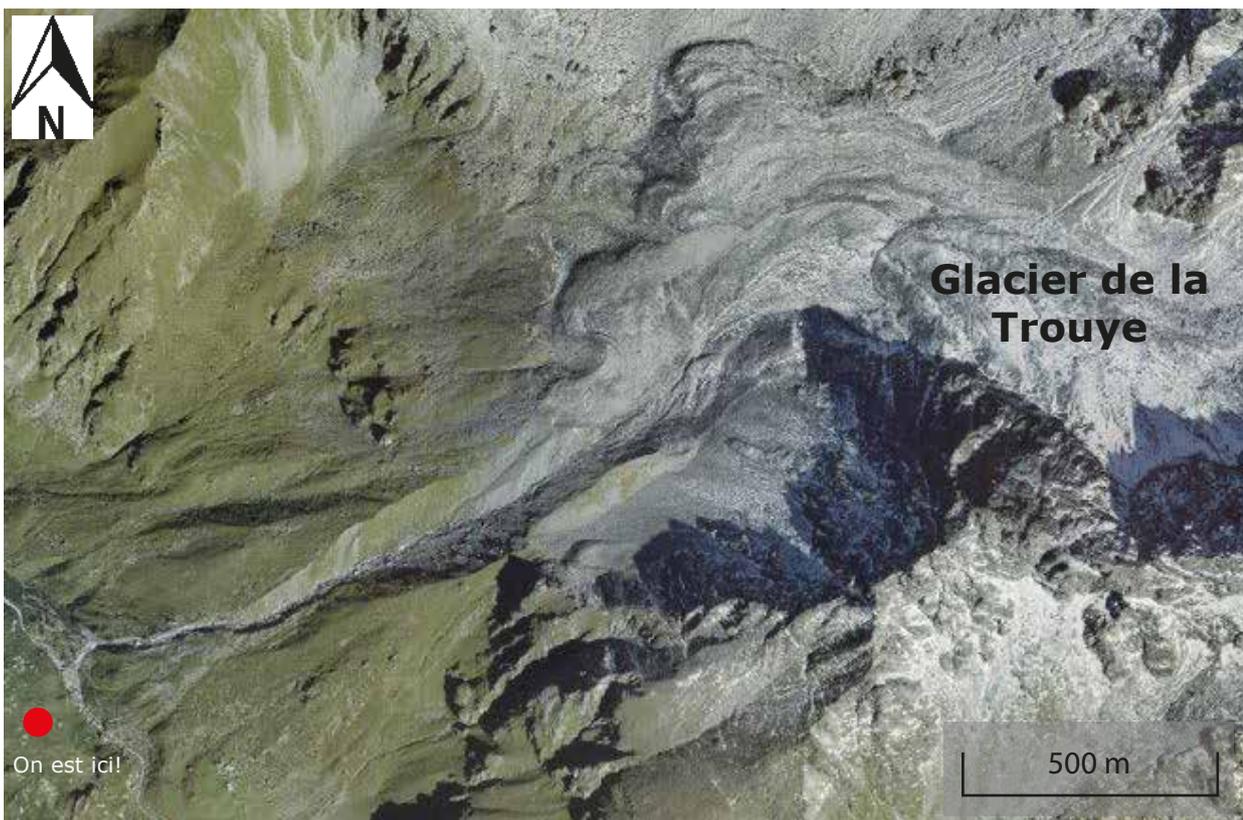
**Localisation:** Au niveau du torrent de la Trouye, juste après avoir traverser le lit d'un petit torrent. Observez vers l'amont, sur le versant à votre gauche.  
**Après le poste:** Suivre le sentier pédestre direction cabane du Vélan.



Pour commencer, observez les bords de ce couloir. Ces derniers sont particulièrement anguleux. Vous ne le voyez pas depuis ce poste mais en amont se trouve le glacier de la Trouye. Ces bords sont en réalité **des moraines**.

Les glaciers transportent des roches et des sédiments, ces derniers vont venir s'accumuler à différents endroits autour du glacier. Ces accumulations sont **les moraines**.

Il fut donc un temps où le glacier de la Trouye descendait beaucoup plus bas qu'actuellement!



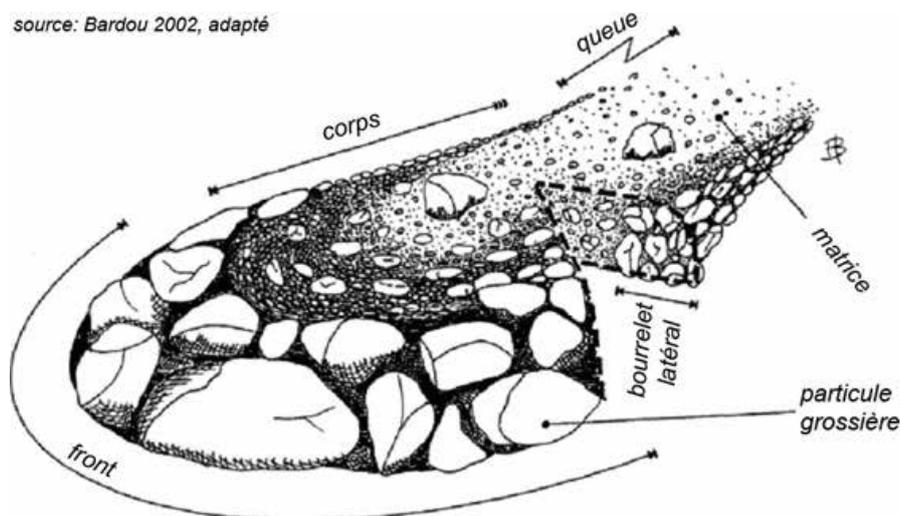
Source: Map.geo.admin, modifié par A.Pugin

**Ces moraines ont aujourd'hui pris le rôle de chenal d'écoulement pour le torrent de la Trouye.** Ce petit torrent avec peu de débit peut en quelques instants se transformer en couloir pour laves torrentielles.



**Une lave torrentielle** c'est un écoulement qui mélange de l'eau et des matériaux de toutes tailles comme des sables, des cailloux, des gros blocs de pierre ou encore dans certains contextes des troncs d'arbres. **Les laves torrentielles se déclenchent dans de fortes pentes (30 à 40°)** et font suite à de très fortes précipitations ou à la fonte des neiges qui vont venir déstabiliser le terrain et entraîner les matériaux vers le bas. Dans ce cas, la présence du glacier renforce les apports en eau, provenant de sa fonte, et en sédiments.

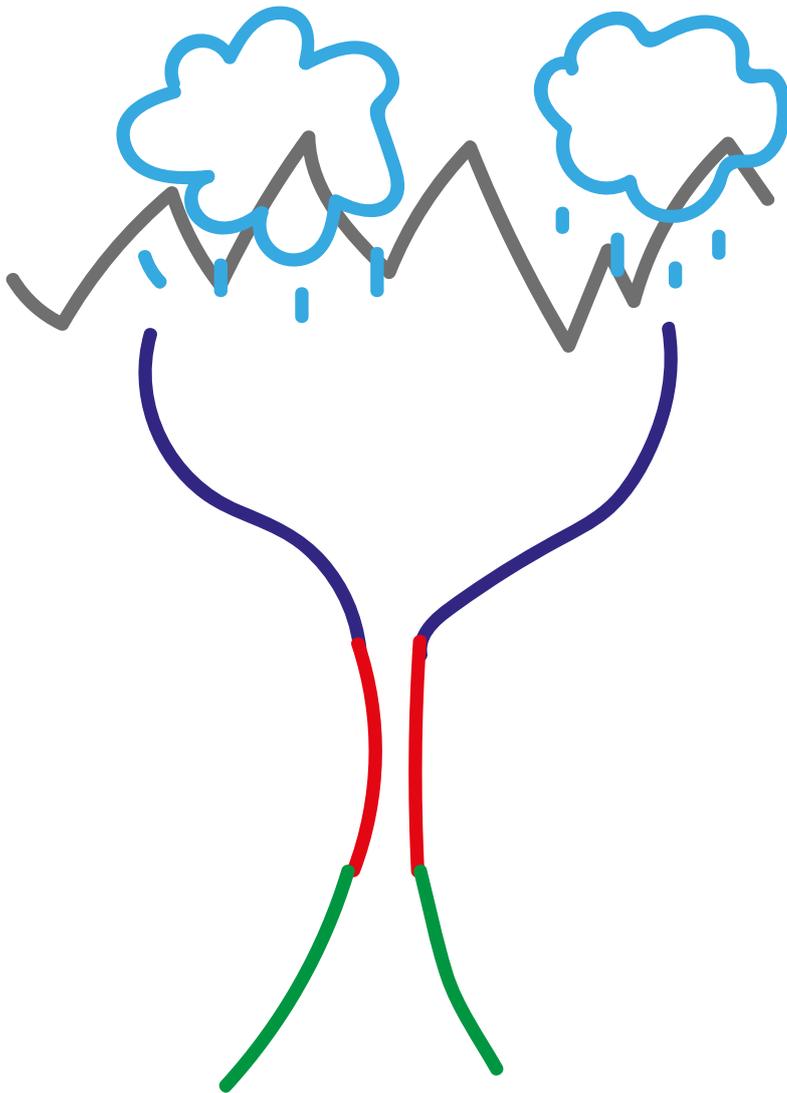
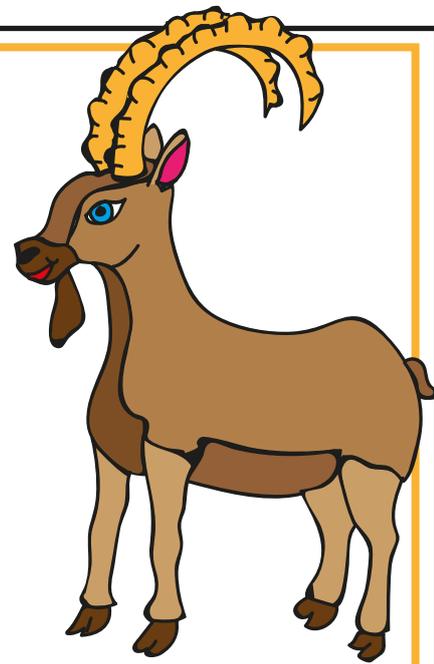
source: Bardou 2002, adapté



La vitesse des laves torrentielles est très élevée, ce qui lui permet de transporter même de très gros blocs. Les laves torrentielles sont donc **des phénomènes très dangereux car très rapides et destructeurs**. En effet avec la vitesse d'écoulement et les sédiments présents, elles érodent très fortement le sol et détruisent tout sur leur passage !

Trois zones se distinguent dans un environnement de laves torrentielles : **le bassin de réception**, **le chenal d'écoulement** et **le cône de déjection**, comme le montre le schéma. Depuis ce poste on remarque particulièrement bien le chenal et le cône de déjection.

La photo de la page suivante vous aide à le visualiser.

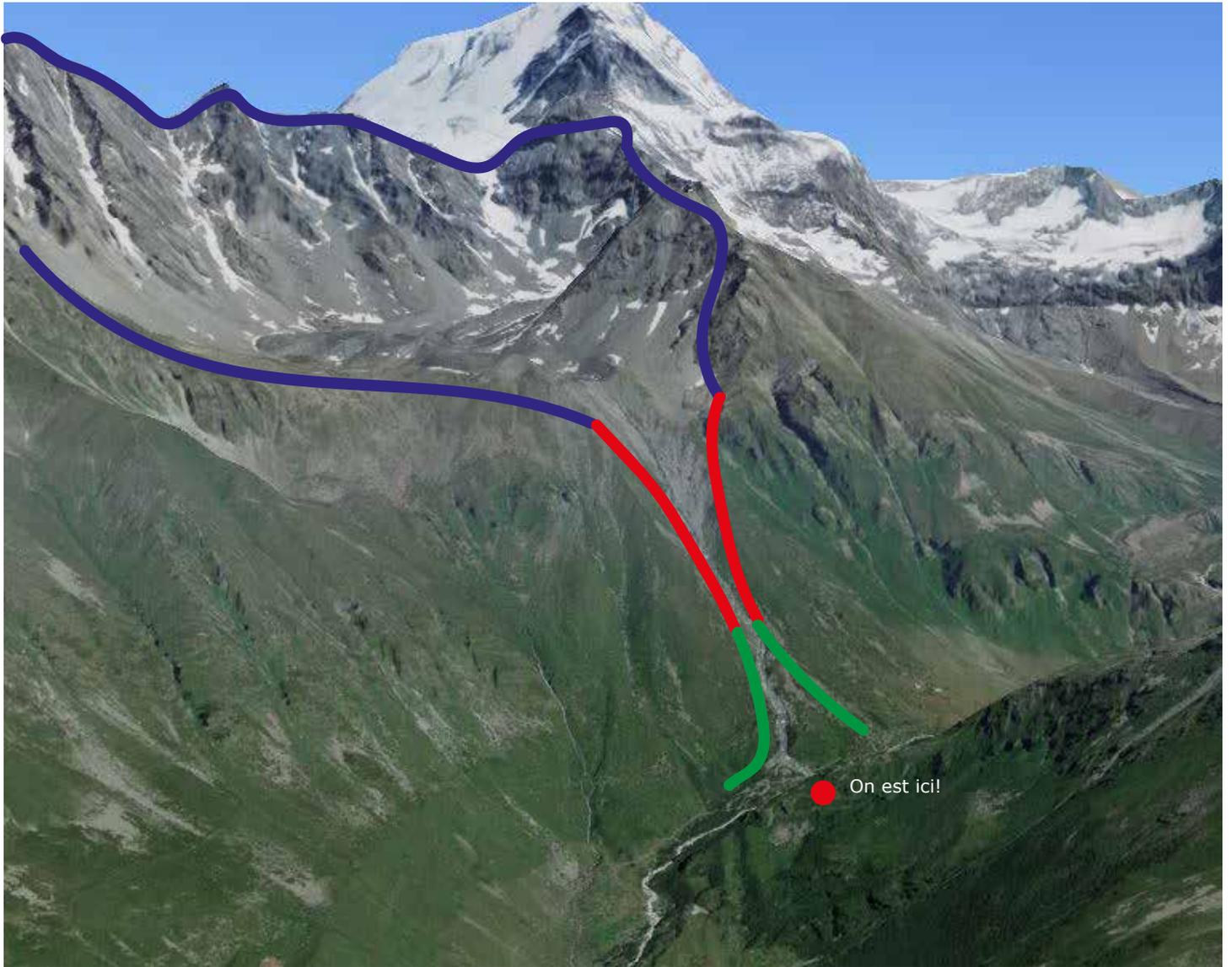


**Les précipitations** tombent dans **le bassin de réception**, près des **sommets**.

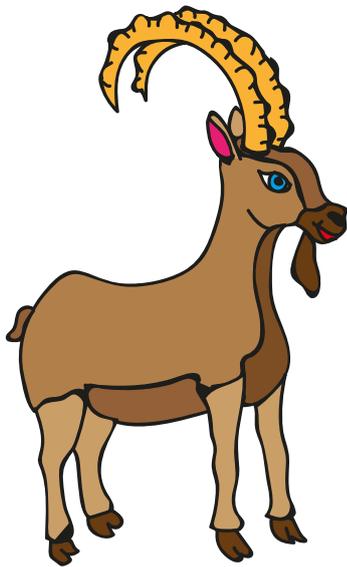
L'eau favorise la destabilisation des versants et emporte les sédiments qui se trouvent dans **le bassin de réception**.

L'écoulement se concentre dans **le chenal d'écoulement**, prend de la vitesse et fonce vers la vallée.

La pente diminue, donc la vitesse de l'écoulement aussi. Les sédiments se déposent et forment un **cône de déjection**.



Source: google earth, modifié par A.Pugin



**Le type de mouvement que nous observons ici est très rapide.** Il suffit de quelques heures pour qu'une lave torrentielle se déclenche.

En transportant des sédiments vers le bas et en creusant dans le chenal d'écoulement, les laves torrentielles modifient le paysage à chacun de leurs passages.

# POSTE 2: LES RIVIÈRES DE MONTAGNE

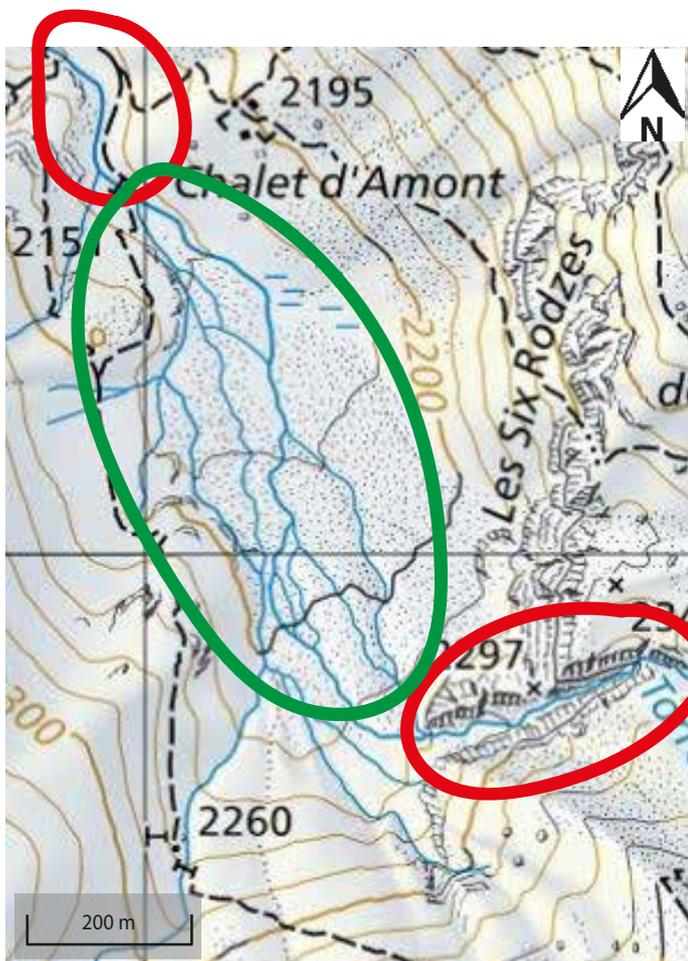
**Localisation:** Après la séparation des deux sentiers, marchez jusqu'à ce que la vue soit bien dégagée sur la petite plaine que traverse la rivière. Observez cette dernière.

**Après le poste:** Suivre le sentier pédestre direction cabane du Vélan.

Nous voici arrivés à notre prochain poste. Ici, c'est la rivière principale de la vallée, à savoir **le torrent de Valsorey**, qui va nous intéresser.

**Les rivières sont constamment en mouvement!** On peut observer l'eau s'écouler, avec un débit plus ou moins fort. Mais connaissez-vous vraiment toutes les propriétés des rivières ?

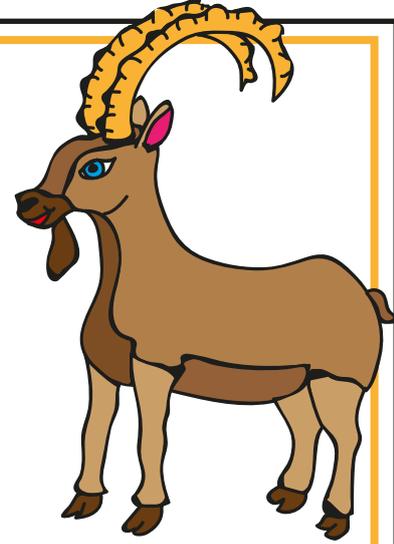
La rivière, logiquement, va suivre la pente et va toujours emprunter le chemin le plus rapide vers le bas. **Sauf que le terrain varie, la pente n'est pas constante, et la rivière va s'y adapter.** Observez le paysage, en particulier les formes que la rivière prend !



Lorsque la vallée est étroite et la pente forte, l'écoulement se concentre en un chenal unique.

Lorsque la vallée est large et que la pente est plus faible, les écoulements se répartissent en plusieurs chenaux.

## Les rivières ne servent pas uniquement à transporter de l'eau!



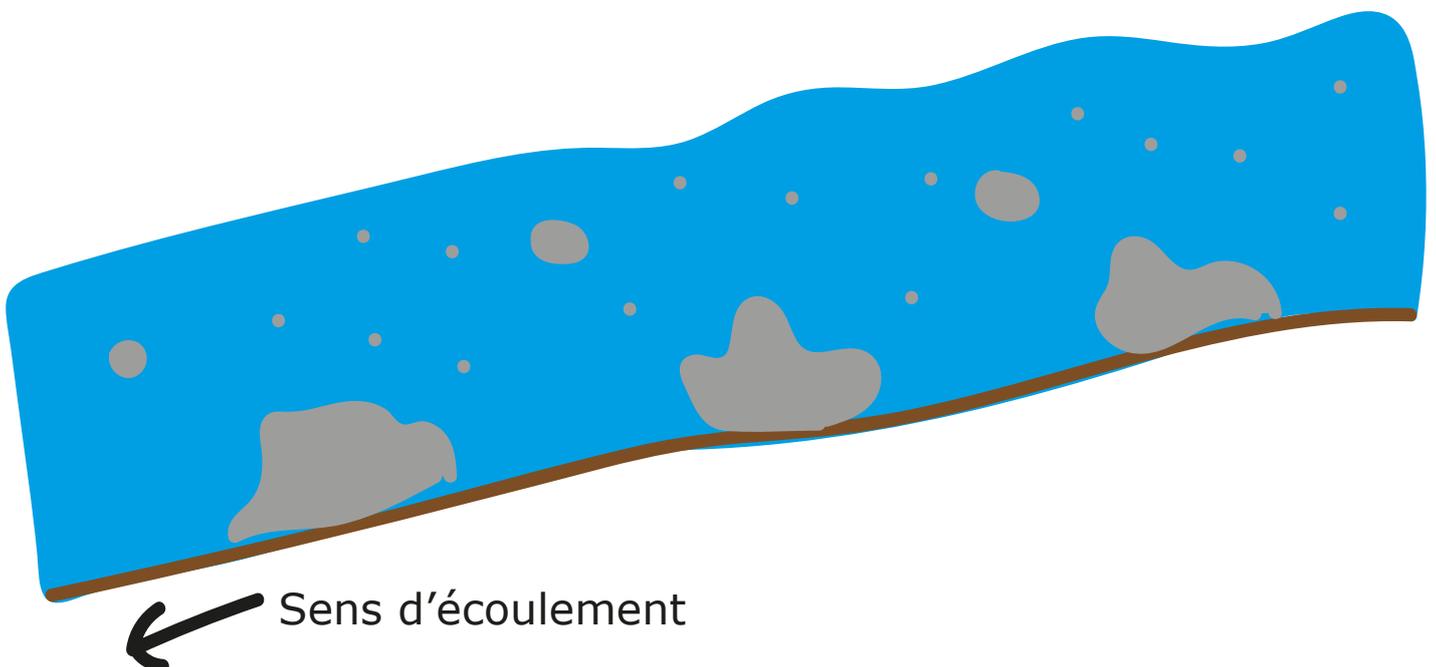
Elles jouent également **un rôle essentiel dans le transport des sédiments arrachés aux montagnes à l'amont (le haut) vers l'aval (le bas)**. En effet, la rivière transporte en permanence des particules avec elle. Selon le débit, elles peuvent charrier des matériaux plus ou moins gros. **Une rivière avec un faible débit transportera des matériaux légers, comme des sables, alors qu'une rivière en crue sera capable de transporter des blocs de pierre.**



Gros blocs souvent au fond de la rivière. Peuvent être transportés en cas de crue.



Petits cailloux et sables fin transportés en quasi permanence dans la rivière.



## **Il y a un lien entre le transport des sédiments et la morphologie de la rivière!**

Le transport des sédiments dépend grandement de la dynamique de la rivière. **Si la rivière s'écoule sur une pente forte, la vitesse est plus grande et le transport de sédiments est plus facile.**

**Au contraire, si la pente est faible, la vitesse est moindre et la rivière n'est plus capable de transporter certains sédiments.** Ces derniers vont donc se déposer. Seule une grande crue sera par la suite capable de remobiliser les sédiments les plus gros.

- Forte pente

- Vitesse élevée

- Transport des sédiments

- Pente faible

- Vitesse basse

- Dépôt des sédiments



# POSTE 3: DÉGRADATION DES MORAINES

**Localisation:** Sur la terrasse de la cabane du Vélán. Observez les glaciers.  
**Après le poste:** Suivre le sentier pédestre direction Bourg-St-Pierre.



Après cette grosse montée sur la moraine du glacier du Tseudet, il fait bon arriver sur la terrasse de la cabane du Vélán. C'est depuis ici que nous allons observer ce magnifique paysage.

Devant nous se trouvent les moraines du Petit Âge Glaciaire des glaciers du Tseudet, du glacier de Valsorey et du glacier du Sonadon. **Ces moraines sont actuellement déstabilisées et en train de bouger** suites à différentes dynamiques que nous allons observer plus en détail!



1

Glacier du Sonadon

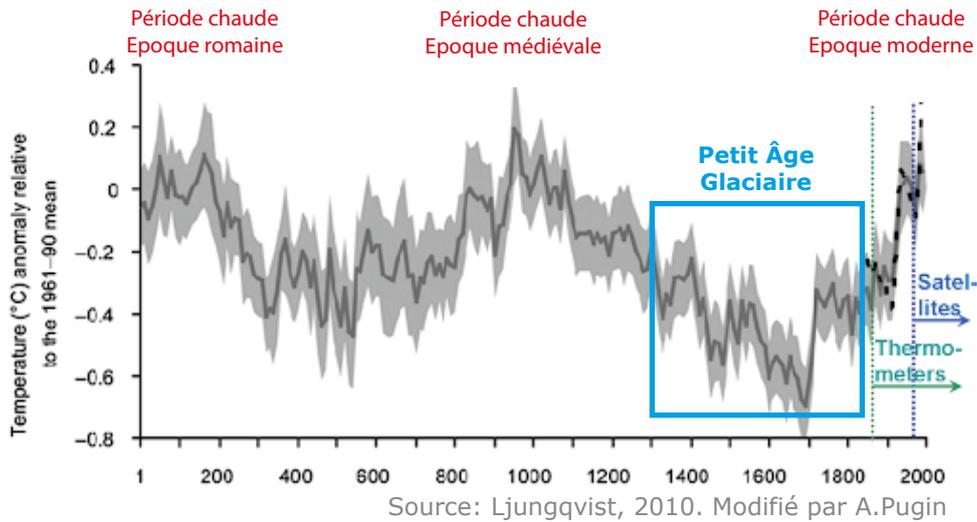
2

Glacier de Valsorey

3

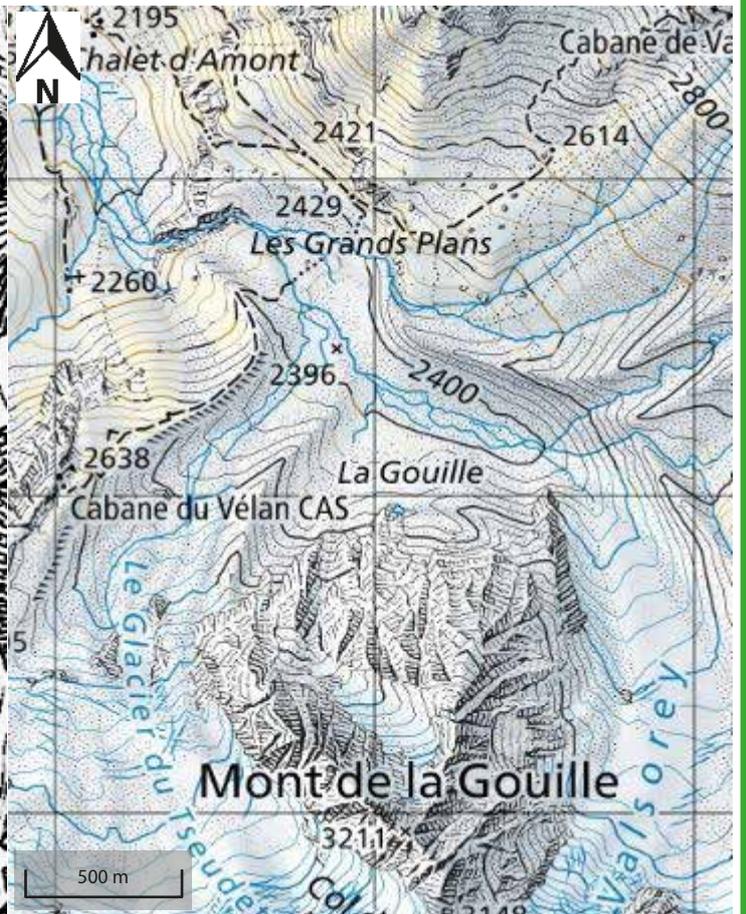
Glacier du Tseudet

**Le Petit Âge Glaciaire** se situe entre 1300 et 1850. C'est une petite période où **le climat s'est refroidi. Ce refroidissement a permis aux glaciers des Alpes d'avancer dans les vallées**, non sans conséquences. Des populations étaient présentes dans les vallées et ces glaciers ont eu une influence sur les cours d'eau et ont détruit certaines infrastructures construites par l'Homme et aussi recouvert et détruit des zones de pâturages. **Depuis la fin du Petit Âge Glaciaire, les températures n'ont cessé d'augmenter et les glaciers de reculer.**



Les deux cartes ci-dessous montrent le recul des glaciers de la région entre 1861, juste à la fin du Petit Âge Glaciaire, et aujourd'hui!

Sources des deux cartes: map.geo.admin.



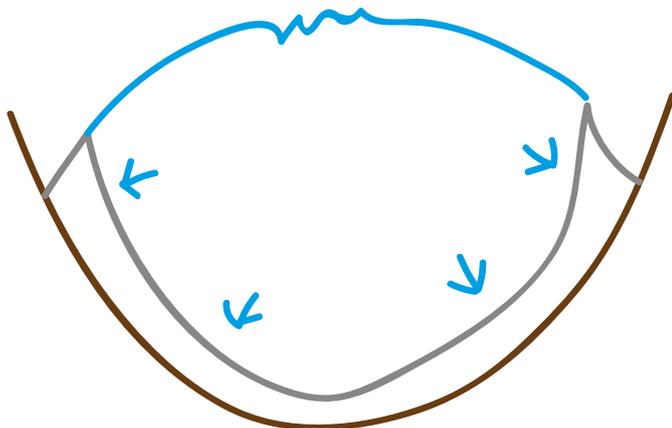
**Suite à ce retrait glaciaire, les moraines se sont mises à se dégrader.** Lorsque le glacier était présent il était collé à la moraine, cette dernière était donc soutenue. Maintenant que le glacier n'est plus présent, la moraine est déstabilisée. **Des chutes de pierres, du ravinement, des glissements et des effondrements ont lieu sous l'action de la gravité et de l'eau.**

Sur l'image, il est possible d'observer les zones les plus touchées, entaillées par le ravinement.

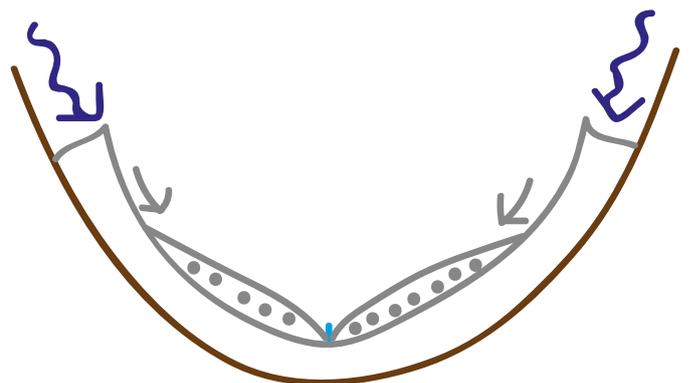


**Le glacier** appuie sur **les moraines**. Il les maintient en place et les alimente avec de nouveaux sédiments.

**Le glacier** s'est retiré. **Les moraines** s'effondrent par gravité et par l'action de **l'eau qui ruisselle**. Les sédiments s'accumulent au pied des moraines.

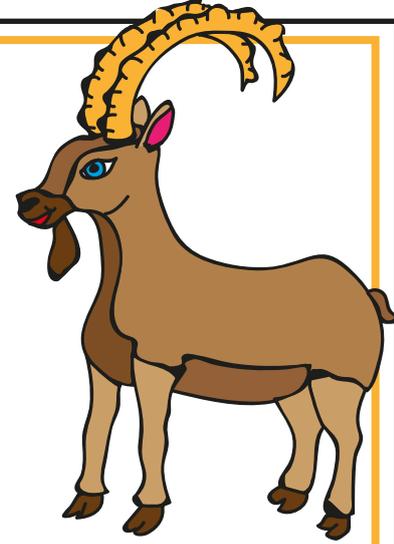


**Au Petit Âge Glaciaire, avec un glacier**



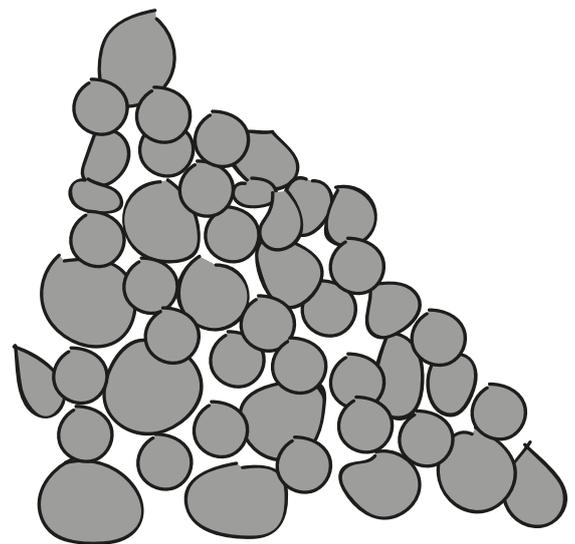
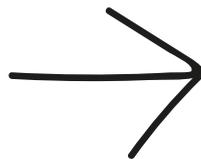
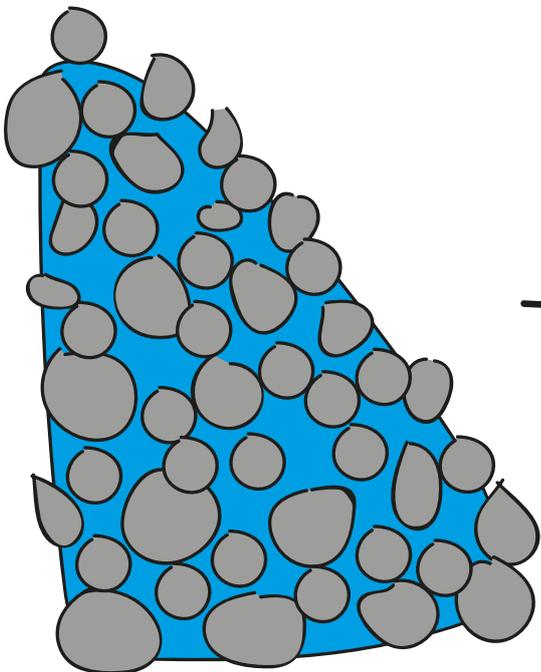
**Aujourd'hui, sans glacier**

## L'influence de la glace!



**De la glace peut se trouver dans ces moraines.** Suite aux changements climatiques et au réchauffement global des températures, cette glace a tendance à fondre.

Comme le montre le schéma ci-dessous, l'eau s'infiltré dans les interstices des sédiments qui composent la moraine, gèle et colmate les sédiments entre eux. **Lorsqu'elle fond, les sédiments ne sont plus collés entre eux et s'effondrent, se tassent.** Les changements climatiques ont donc tendance à accélérer la dégradation des moraines.



### **Moraine avec de la glace.**

Cette dernière a un effet de ciment et remplit les espaces entre les sédiments.

**Moraine sans glace.** Les sédiments s'effondrent et s'entassent.

# POSTE 4: GLACIER ROCHEUX

**Localisation:** Au croisement avec le sentier qui monte à la cabane de Valsorey. Observez le versant opposé, sur la droite de la cabane du Vélan.

**Après le poste:** Suivre le sentier pédestre direction Bourg-St-Pierre.

**Un glacier rocheux** est particulièrement bien visible.

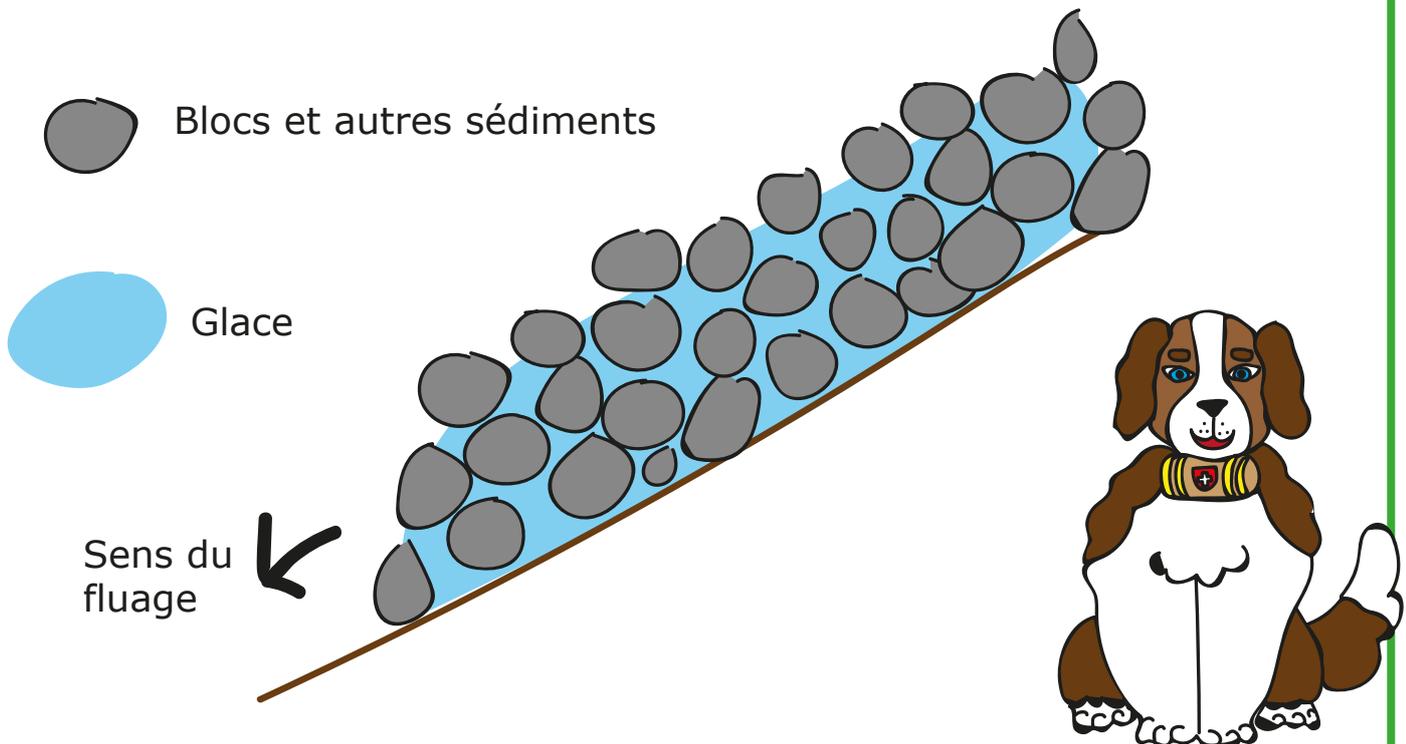
À vue d'œil, ce gros tas de cailloux ne semble pas bouger mais c'est faux !

**Grâce à la glace présente dans le glacier rocheux, ce dernier peut fluier et se déplacer vers le bas par déformation de cette glace.**

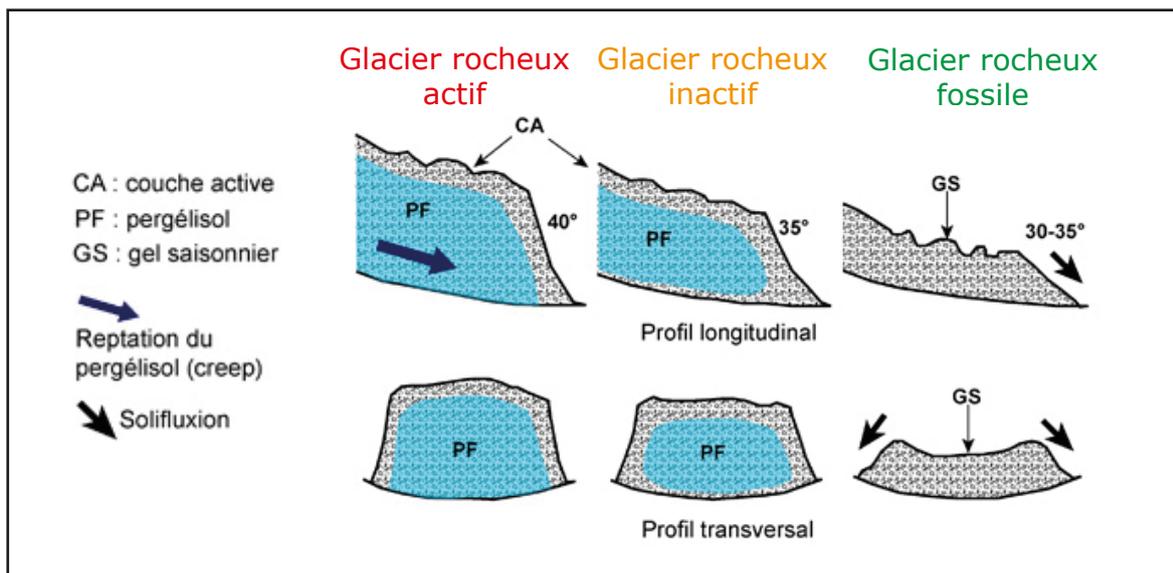


Plusieurs caractéristiques permettent de reconnaître un glacier rocheux dans le paysage, dont trois principales:

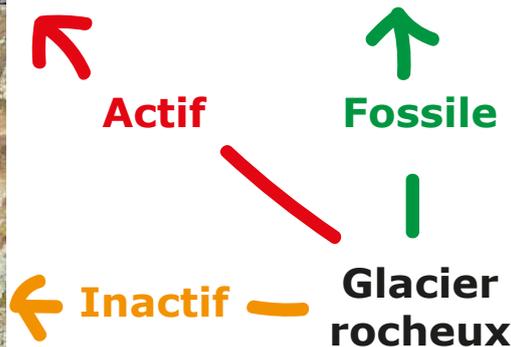
- Il possède un front bien raide.
- Des bourrelets sont visibles à sa surface.
- Il possède une forme concave lorsqu'il est inactif/fossile.



**À cause de l'augmentation des températures, la vitesse de déplacement des glaciers rocheux augmente.** Si ces dernières continuent d'augmenter, le glacier rocheux va, à terme, perdre toute sa **glace (= pergélisol)**. Et qui dit pas de **glace**, dit pas de mouvement ! Il passera donc du statut de glacier rocheux **actif** (avec **glace** et déplacement) au statut de glacier rocheux **inactif** (avec un peu de **glace** mais pas assez pour un déplacement) puis **fossile** (sans **glace**, sans déplacement et souvent végétalisé).



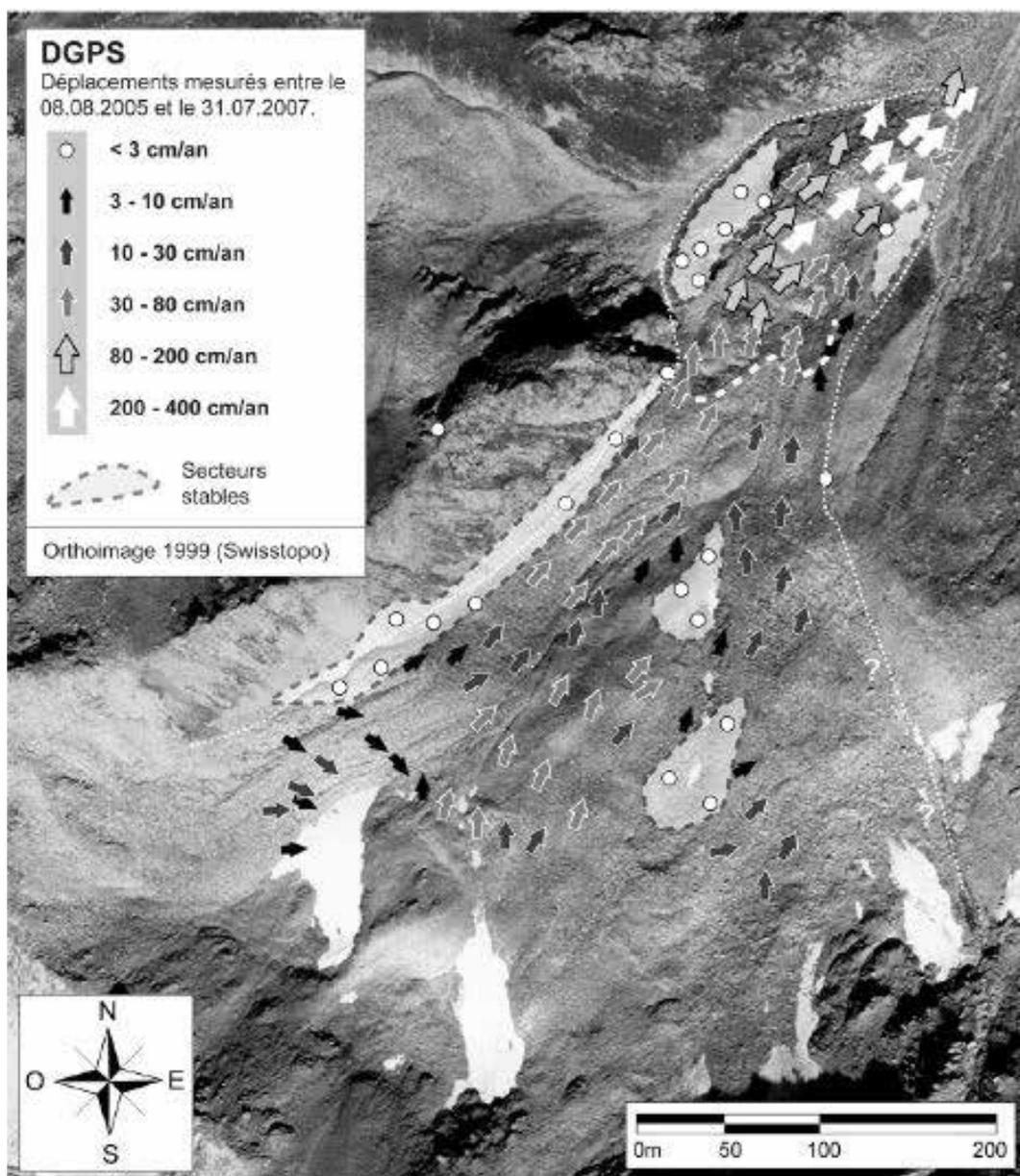
Source: SSGm, adapté de Ikeda & Matsuoka, 2002. modifié par A.Pugin



**Les vitesses de déplacement** des glaciers rocheux varient fortement entre eux. Le cas de ce glacier rocheux a été étudié et suivi depuis maintenant 30 ans. Suite à une forte augmentation des températures dans les années 1990, le glacier rocheux subi une grosse crise. **De 1995 à 2005 le glacier rocheux a avancé de 20m à 30m et la surface s'est abaissée d'environ 7m.** Cet abaissement est bien visible depuis ici. Observez le glacier rocheux et vous verrez qu'il possède une forme de cuvette.



Le schéma ci-dessous montre les vitesses de déplacement de notre glacier rocheux. On voit que le front avance beaucoup plus vite que l'arrière, **jusqu'à 4 m par année!**



Source: Delaloye & Morard, 2011

# POSTE 5: DES GROS BLOCS

**Localisation:** Au chalet d'Amont. Observez les chalets, les blocs de pierre et en direction du sentier que vous venez de descendre.

**Après le poste:** Le parcours est terminé. Suivre le sentier pédestre direction Bourg-St-Pierre.



Nous nous trouvons maintenant déjà à notre dernier poste ! Vous voyez autour de vous de petites maisons entourées de gros blocs de roche ! Mais d'où viennent-ils ?

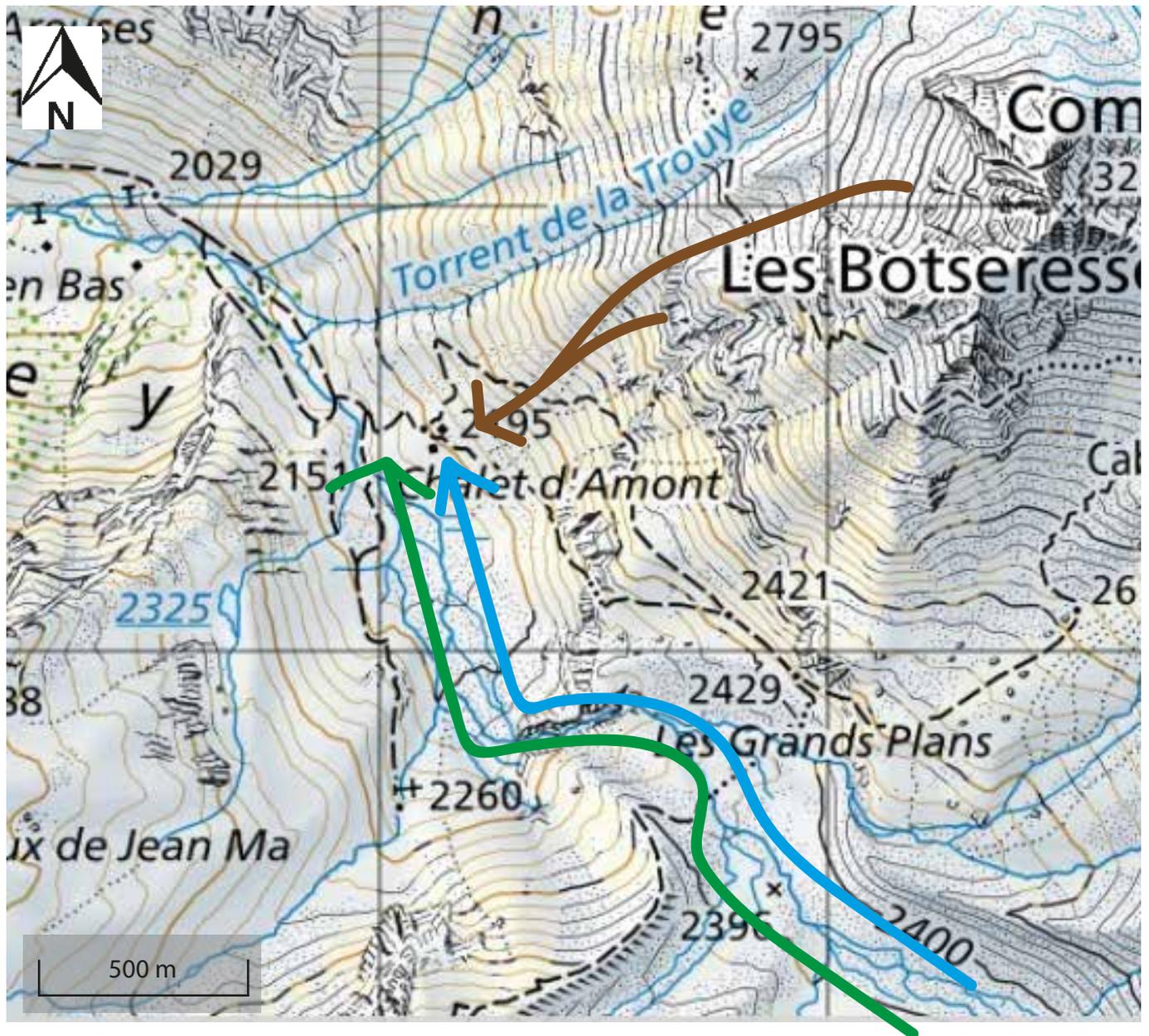
**Le plus probable est qu'ils viennent d'en haut !** Comme nous avons pu le voir, les matériaux rocheux bougent énormément. Ils sont transportés grâce à différents mécanismes vers le bas.

Le tout est de définir d'où ils viennent et comment ils ont été transportés !



Il y a trois possibilités qui peuvent expliquer d'où viennent ces blocs et comment ces derniers sont arrivés ici:

## Éboulement



**Transport fluvial**

**Transport glaciaire**



**Transport glaciaire:** les blocs ont pu être déposés par les glaciers de Valsorey, du Sonadon et de Tseudet lorsque ces derniers atteignaient la zone du «Chalet d'Amont».



**Transport fluvial:** Il est possible qu'une rivière ait déposé ces blocs lors d'un épisode de grande crue ou de lave torrentielle.



**Éboulement:** Finalement, il est aussi possible que ces blocs se soient détachés d'une paroi rocheuse et que leur chute se soit arrêtée ici.

**L'hypothèse la plus probable est que les blocs proviennent d'un éboulement.**



En effet, en regardant vers le haut, en direction des Boteresses, on voit de nombreuses **parois rocheuses**. D'où les blocs auraient potentiellement pu se détacher. De plus, **d'autres blocs** sont aussi présents le long de la pente sous ces parois rocheuses.



# FIN DU PARCOURS...

Nous arrivons maintenant au terme de notre randonnée. Au travers de notre journée, nous avons pu voir que la montagne, sous son air de monument éternel, est en réalité **un paysage dynamique en constante évolution** ! De nombreux mouvements sont observables et, que ça soit des mouvements très lents ou très rapides, au fil du temps, ils finissent tous par modifier le paysage !

De plus, les changements climatiques et l'augmentation des températures tendent à accélérer la plupart de ces mouvements, qui peuvent avoir pas mal de répercussions!

Pour terminer le parcours, suivez simplement le chemin que vous avez emprunté à l'aller et profitez encore d'admirer ce magnifique paysage pas éternel, comme vous le savez maintenant!



# BIBLIOGRAPHIE

Vous voulez en savoir plus sur les thèmes abordés dans cette brochure? Voici quelques sites et références bibliographiques:

Coutterand, S., & Jouty, S. (2009). Glaciers: mémoire de la planète. Hoëbeke.

Delaloye, R., & Morard, S. (2011). Le glacier rocheux déstabilisé du Petit-Vélan (Val d'En-tremont, Valais): morphologie de surface, vitesses de déplacement et structure interne.

Delaloye, R., Morand, S. (1997). Du Val Ferret au Grand-Combin (Alpes Valaisannes): Inventaire des glaciers rocheux et analyse spatiale numérique du pergélisol a l'aide d'un Système d'Information Géographique (IDRISI) (Travail de Diplôme non publié). Université de Fribourg, Institut de Géographie.

Maillard, B. (2009). Inventaire des géomorphosites des vallées d'En-tremont et de Ferret : Propositions de valorisation. Université de Lausanne. Faculté des géosciences et de l'environnement, Suisse. Repéré à <https://igd.unil.ch/memoires/memoires/1188>.

Sciences naturelles Suisse. Thème neige, glaciers, pergélisol. Repéré à <https://sciencesnaturelles.ch/topics/snow-glaciers-permafrost>.

Société Suisse de géomorphologie (SSGm). Repéré à <http://www.unifr.ch/geoscience/geographie/ssgm-fiches/accueil/index.php>.

Zryd, A., Dumoulin, H., Crispini, N., & Crispini, N. (2010). Glaciers: passé-présent du Rhône au Mont-Blanc. Slatkine.

# NOTES PERSONNELLES

# L'aventure n'est pas finie!

Vous avez aimé cette brochure? Il en existe 3 autres sur 3 itinéraires différents! Allez vite les essayer pour découvrir encore plus de choses sur l'environnement de montagne!

Brochure géotouristique

## AVENTURE GLACIAIRE

De la Brea jusqu'à la cabane d'Orny



Brochure géotouristique

## CÔTOYER LES DANGERS

De La Fouly à Prayon



Brochure géotouristique

## CACHE-CACHE AVEC LA GLACE

Du Grand-St-Bernard aux lacs de Fenêtre





