



Géotopes valaisans

Typologie, état des lieux et recommandations pour un
projet d'inventaire

Mandat du Service des forêts et du paysage (SFP), Etat du Valais

Ralph Lugon, Emmanuel Reynard, Céline Fuchs
Mars 2003

Adresse de contact pour ce projet:

Dr Ralph Lugon
Institut universitaire Kurt Bösch (IUKB)
Pôle Alpes, environnement et société
Case postale
CH-1950 Sion 4

Tél. 027 205.73.14 (secrétariat)
Tél. 027 205.73.00 (central)
Fax 027 205.73.01
E-mail : ralph.lugon@iukb.ch

Table des matières

Table des matières.....	1
1. Introduction	2
1.1 Mandat	2
1.2 Problématique	2
1.3 L'inventaire des géotopes d'importance nationale.....	5
1.4 Conclusion : un inventaire insuffisant.....	6
2. Définitions.....	7
2.1 Définitions générales.....	7
2.2 Caractéristiques des géotopes.....	8
2.3 Echelles et espaces de référence.....	11
2.4 Typologie des géotopes	11
3. Typologie des géotopes valaisans	13
3.1 Géotopes structuraux	13
3.2 Géotopes paléontologiques	15
3.3 Géotopes sédimentologiques	18
3.4 Géotopes minéralogiques, pétrographiques et géochimiques.....	19
3.5 Géotopes stratigraphiques.....	22
3.6 Géotopes géomorphologiques	26
3.7 Géotopes hydrologiques et hydrogéologiques	35
3.8 Géotopes spéléologiques	36
3.9 Géotopes géohistoriques.....	40
3.10 Géotopes géoculturels.....	44
3.11 Géotopes et risques naturels	46
3.12 Géotopes, biotopes et biodiversité	49
3.13 Géotopes et paysage.....	51
3.14 Géotopes et archéologie.....	51
4. Les géotopes dans les espaces protégés valaisans	52
4.1 L'inventaire national des géotopes	52
4.2 Les arrêtés de classement du canton du Valais	54
4.3 Les inventaires fédéraux au sens de la LPN	58
4.4 Autres niveaux de protection.....	62
5. Recommandations pour un projet d'inventaire des géotopes valaisans	63
5.1 Inventaire ciblé ou systématique ?	63
5.2 Recommandations	63
6. Conclusions et remerciements.....	66
7. Bibliographie.....	67
8. Annexes	69

1. Introduction

1.1 Mandat

Le 28 août 2002, le Service des Forêts et du Paysage (SFP) de l'Etat du Valais nous a invités à réaliser une expertise scientifique sur les géotopes du canton du Valais. Les objectifs de cette étude consistent à :

- Définir une typologie des géotopes du canton du Valais ;
- Dresser un état des lieux de la situation des géotopes ;
- Fournir une première liste des géotopes déjà protégés par des arrêtés de classement cantonaux ou figurant dans un inventaire fédéral ;
- Apporter des propositions pour un projet d'inventaire des géotopes valaisans.

Cette étape de travail doit servir de base de réflexion pour la réalisation d'un inventaire des géotopes valaisans.

Notre appréciation de la situation des géotopes dans le Canton du Valais se base sur les données existantes et sur des entretiens effectués avec des spécialistes de différentes disciplines des sciences de la Terre et connaissant bien le canton.

L'étude apporte un argumentaire sur la nécessité de créer un instrument de sauvegarde des géotopes valaisans. La priorité, selon les vœux du mandant, est donnée à la définition des différents types de géotopes présents sur le territoire cantonal. En outre, les différents éléments suivants ont également été abordés :

- Les atteintes, les menaces et les pressions exercées sur les géotopes ;
- Quelques réflexions sur la valeur écologique, historique et culturelle, socio-économique, esthétique ou paysagère des géotopes valaisans.

1.2 Problématique

L'étude se veut une base de réflexion pour la réalisation d'un inventaire des géotopes valaisans. Cet objectif se heurte à une série de problèmes que nous présentons brièvement ici.

« Géotope », un terme difficile à définir

« Les géotopes sont des portions de la géosphère présentant une importance particulière pour la compréhension de l'histoire de la Terre » (Grandgirard 1997). Mais, comme nous le montrerons au chapitre 2, cette définition relativement simple est en réalité complexe. Comment définir ces portions de géosphère intéressante ? comment les délimiter ?

quels types d'objets géologiques et géomorphologiques choisir ? et qu'est-ce qui est important pour comprendre l'histoire de la Terre ?

En conséquence, les administrateurs et les décideurs ont aussi des difficultés à définir ce qu'est un **géotope digne de protection**. Certains géotopes peu spectaculaires ne peuvent être appréciés que par les spécialistes des sciences de la Terre. D'autres géotopes sont connus de tous et même exploités sur le plan touristique. Les collectivités locales consentent parfois à d'importants investissements financiers pour sécuriser ces sites et permettre ainsi l'accès aux touristes (cas récents du Lac souterrain de Saint-Léonard, des Pyramides d'Euseigne, des Gorges du Trient, etc.).

Donner un sens à l'inventaire

Cette étude se veut un préliminaire à un futur inventaire des géotopes du Valais. Il s'agit toutefois de donner un sens à un tel inventaire :

- L'inventaire est-il un recueil/une liste d'objets géologiques et géomorphologiques **remarquables** sur le plan scientifique, éducatif, esthétique et/ou touristique ?
- Désigne-t-il seulement des objets dignes de **protection** ?
- Dans ce cas, s'agit-il d'éviter des destructions, des pillages ou s'agit-il de les protéger pour leur valeur esthétique et paysagère ou encore pour leur potentiel commercial et économique (touristique)?

A notre avis, un inventaire des géotopes valaisans devrait viser clairement un double objectif :

- la **protection** d'objets rares (empreintes de dinosaures) ou vulnérables (zones alluviales actives, affleurements importants dans des gravières ou des carrières, etc.) ;
- la **valorisation** du patrimoine géologique et géomorphologique du canton

Un patrimoine à protéger

Qu'est-ce qu'un **géotope digne de protection**?

A la limite, on pourrait répondre que tout le Valais est un géotope à protéger, tant le patrimoine géologique et géomorphologique du canton est varié et imposant et tant la région est importante en termes de connaissance de l'histoire de la Terre et des Alpes. Il ne s'agit toutefois pas de faire de la « protectionniste » aigue. Certains géotopes doivent être protégés pour éviter des dégradations, des actes de vandalisme, des fouilles intempestives, des collectes illégales, etc. D'autres géotopes ne nécessitent pas de protection en raison de l'abondance de la ressource (la plupart des minéraux, certains fossiles...).

La protection doit être ponctuelle et limitée dans l'espace. Il ne s'agit pas de considérer par exemple une vallée entière comme un géotope à

protéger. Derrière la nécessité de protéger certains géotopes se cache également l'idée de **gestion** de certains sites (maintenir fraîche une coupe taillée dans une gravière), voire de **revitalisation** de certains processus (revitalisation des processus fluviaux naturels).

Des atteintes et des menaces à gérer

Les géotopes peuvent être menacés par des atteintes aux multiples facettes, dont l'urbanisation (destructions par terrassements, modification du paysage), l'agriculture (assèchement de zones humides), le tourisme (terrassements en altitude, comportement des touristes) l'extraction de matériaux, la collecte illégale (minéraux, fossiles, concrétions), le vandalisme (dans les grottes, mines), etc.

Les géotopes sont également menacés par certaines activités de l'Etat, notamment la construction d'aménagements de protection (dans les zones alluviales) ou d'infrastructures de transport (autoroutes, chemins de fer).

La menace principale provient du fait que les formes du relief et les objets géologiques ne sont pas reconnus comme digne de protection et par conséquent souvent détruits ou endommagés par simple **ignorance**.

Un patrimoine à valoriser

Une bonne protection et gestion des géotopes passe donc également par la valorisation. Il s'agit de faire connaître la valeur du patrimoine géologique et géomorphologique du canton. De nombreux géotopes ont en effet une fonction éducative et pédagogique. L'Illgraben, le Rhône sauvage de Finges, certains glissements de terrain, l'éboulement du Rawilhorn ou de Derborence, la marge proglaciaire du glacier du Rhône ou du glacier du Trient, le glacier d'Aletsch, les traces de dinosaures d'Emosson, les pyramides d'Euseigne sont autant d'éléments du paysage valaisan qui permettent d'expliquer une partie de l'histoire de la Terre, du climat ou encore de la formation des Alpes.

Il est reconnu que le public (adultes et enfants) connaît mal les Sciences de la Terre. Cette matière difficile n'est pas ou peu enseignée au niveau primaire et au secondaire. De plus, la géologie et la géomorphologie sont des branches difficiles à expliquer sur les bancs d'école. Il est préférable de se rendre sur le terrain pour expliquer et faire connaître ces richesses naturelles. **Le Valais a un potentiel immense** dans ce domaine.

Des géotopes protégés sans le savoir

Il n'existe pas en Suisse, ni en Valais, une législation spécifique pour la protection des géotopes (Jordan 1999). Il n'existe donc pas actuellement une liste des géotopes protégés, comme il existe des listes d'espèces menacées ou des listes de biotopes protégés.

Quelques géotopes sont explicitement protégés pour leur valeur pour la compréhension de l'histoire et des sciences de la Terre. C'est par exemple le cas des empreintes de dinosaures du Vieux-Emosson. Ces géotopes protégés explicitement sont très peu nombreux (voir chap. 4).

De nombreux géotopes sont toutefois déjà protégés sans le savoir, par des arrêtés de classement cantonaux, des inventaires fédéraux, des plans d'affectation des zones communales. En guise d'exemple, mentionnons la colline de Géronde, qui est protégée pour sa participation au charme du paysage sierrois, mais pas comme témoin de l'éboulement tardiglaciaire de Finges. De même, le site de Derborence est une réserve intégrale de faune et de flore, mais ne bénéficie d'aucune reconnaissance en tant que dépôt d'éboulement.

1.3 L'inventaire des géotopes d'importance nationale

La réalisation de l'inventaire des géotopes d'importance nationale s'inscrit dans le prolongement de nombreuses actions menées par le Groupe de travail pour la protection des géotopes en Suisse, groupe affilié à l'Académie Suisse des Sciences Naturelles (ASSN).

L'inventaire des géotopes d'importance nationale a été publié en 1999 dans la revue *Geologica Insubrica* (ASSN 1999). Il se présente sous forme d'une liste avec un bref argumentaire. L'inventaire est aussi disponible sur le site internet www.geoforum.ethz.ch, plate-forme de la communication des géosciences suisses gérée par l'ASSN.

Objectifs

Cet inventaire ne constitue pas une donnée contraignante pour les autorités fédérales, cantonales ou communales. De l'avis de leurs auteurs issus du monde académique (ASSN 1999, coordination et rédaction de l'inventaire: Vincent Grandgirard), il « s'agit plutôt d'un recensement informel d'objets géologiques de valeur nationale ou même internationale » qui vise plusieurs objectifs :

- **sensibiliser l'opinion publique** au concept de géotope et à la nécessité de protéger ces sites de valeur ;
- **mettre à disposition une base** pour l'établissement d'autres inventaires de géotopes en Suisse (par exemple dans les cantons) ;
- **proposer une référence** pouvant conduire, à terme, à la réalisation d'un inventaire systématique et officiel (Gerber & Gsteiger 2000).

Méthode

Plutôt que de viser à l'exhaustivité, un tel inventaire cherche à recenser les sites les plus démonstratifs en fonction d'un public-cible. La démarche a consisté à l'envoi d'un formulaire à tous les milieux

susceptibles d'être intéressés à la protection des géotopes. 700 propositions ont été récoltées. Selon le coordinateur de l'inventaire (Grandgirard, comm pers du 27.10.02), environ 10 % des personnes / institutions contactées ont répondu. La majorité des personnes / institutions n'ont pas rempli les fiches détaillées mais se sont contentées de nommer les sites qu'ils jugeaient intéressants (liste sans argumentaire). Un seul groupe de personnes, la Société Suisse de Spéléologie (SSS), a répondu de manière détaillée. Toutes les fiches complétées nous ont été transmises par le coordinateur de l'inventaire, Vincent Grandgirard. Elles sont présentées à l'Annexe 1.

Un tel inventaire est donc forcément subjectif, puisqu'il dépend fortement de l'intérêt et des motivations des personnes contactées. Les auteurs du rapport en sont tout à fait conscients : « La démarche suivie et les moyens mis en œuvre ne nous permettent pas de prétendre à l'exhaustivité. Nous sommes par exemple conscients que cet inventaire n'est qu'un résultat provisoire, susceptible de nombreuses adaptations » (ASSN 1999 p. 29). **Cet inventaire ne constitue donc en aucun cas un recensement et un classement systématique des objets géologiques d'importance nationale.**

Sur les 401 géotopes retenus par le groupe de travail, **37 géotopes d'importance nationale sont situés en Valais** (dont deux sont communs avec le canton de Berne). On remarque que l'inventaire mentionne 8 géotopes spéléologiques (cavités ou karst superficiel) mais seulement 3 géotopes minéralogiques. Pourtant, le Valais possède un patrimoine minier et minéralogique très riche et d'importance sur le plan national. Cet exemple montre bien le biais dû à la méthode de recensement basée sur la bonne volonté des personnes contactées.

1.4 Conclusion : un inventaire insuffisant

L'inventaire des géotopes d'importance nationale effectué par le groupe de travail pour la protection des géotopes en Suisse de l'ASSN a comme principal objectif de sensibiliser l'opinion publique à la protection des géotopes. L'inventaire est forcément subjectif, puisqu'il dépend fortement de l'intérêt et des motivations des personnes contactées. **Il ne constitue donc en aucun cas un recensement et un classement systématique des objets géologiques.**

2. Définitions

2.1 Définitions générales

Deux types de définitions des géotopes existent dans la littérature scientifique :

- Une **définition restrictive**, qui considère les géotopes comme des objets géologiques ou géomorphologiques qui présentent une valeur scientifique intéressante pour la compréhension de l'histoire de la Terre, des espèces et du climat. Selon cette perspective, qui est notamment partagée par Strasser et al. (1995) et Grandgirard (1997, 1999), l'évaluation et la sélection de géotopes ne peut se faire que sur la base de leur valeur scientifique intrinsèque.
- Une **définition plus large**, qui considère comme géotope (ou géosite) tout objet géologique ou géomorphologique présentant une valeur scientifique, historico-culturelle, esthétique ou encore socio-économique. Selon cette approche, défendue par exemple par Panizza & Piacente (1993), ce qui fait la valeur d'un géotope n'est pas seulement lié à ses caractéristiques scientifiques, mais également au contexte dans lequel il se situe, à son utilisation et sa valorisation au cours de l'histoire, à sa « beauté », etc.

Dans cette étude, bien que nous fassions systématiquement référence à l'approche plus globale lors de la présentation de chaque type de géotopes valaisans, en présentant des perspectives de protection et de valorisation (Chapitres *Valorisations*), nous nous référerons cependant à la **définition stricte**, telle que proposée par Grandgirard (1997) :

« Les géotopes sont des portions de la géosphère présentant une importance particulière pour la compréhension de l'histoire de la Terre ».

ou, de manière plus détaillée, par Strasser et al. (1995) :

« Les géotopes sont des portions de territoire dotés d'une valeur pour les sciences de la Terre. Ce terme comprend donc des montagnes, des collines, des vallées, des vallums morainiques, des ravins, des grottes, des phénomènes karstiques, des berges et rivages, des carrières, des gravières, des mines, des portions de routes ou de chemin ou des blocs erratiques, des sites qui apportent des informations indiscutables et caractéristiques sur une situation ou un événement que la Terre a connu au cours des temps géologiques ou sur l'histoire de la vie et du climat. Les géotopes permettent de comprendre l'évolution spatio-temporelle d'une région, la signification des processus superficiels et l'importance des roches en tant qu'élément de l'édification du paysage. Les géotopes, dans ce sens, sont des monuments naturels d'une grande importance, voire même indispensables, aussi bien pour le public que pour la science ».

2.2 Caractéristiques des géotopes

Les géotopes sont très diversifiés (taille, processus en action, âge, etc.) et couvrent une grande variété de phénomènes géologiques et géomorphologiques.

Caractéristiques scientifiques des géotopes

La valeur d'un géotope découle tout d'abord de ses **caractéristiques scientifiques**. Un objet géologique ou géomorphologique (pli, minéral, roche, forme du relief, fossile, etc.) ne constitue pas forcément un géotope. Peut être considéré comme un géotope, un objet qui permet de :

- Reconstituer l'histoire de la Terre, des espèces et du climat ;
- Observer l'activité des processus actuels.

La sélection (et la protection) des géotopes d'importance est basée essentiellement sur trois critères discriminants (Grandgirard 1999) :

- La **rareté** : ce critère doit être évalué en fonction d'un espace de référence ; il concerne autant la rareté absolue d'un type d'objet (les œufs de dinosaures sont rares en Suisse) que sa rareté relative à l'espace de référence (un bloc erratique d'une pétrographie donnée peut être rare dans une région, mais abondant dans une autre ; il pourra constituer un géotope dans le premier cas, mais certainement pas dans le second cas).
- L'**intégrité** : il s'agit du degré de préservation des caractéristiques originelles.
- La **représentativité** : ce critère concerne le caractère exemplaire de l'objet (une doline considérée comme géotope est-elle représentative des dolines du canton ?), sa valeur didactique ou encore sa lisibilité (le pli couché sommital de la Dent de Morcles est facilement lisible dans le paysage).

Caractéristiques non scientifiques des géotopes

En se basant sur une définition plus large des géotopes, d'autres facteurs peuvent être pris en compte pour caractériser des géotopes. Il s'agit notamment de :

- La **valeur écologique**. Tout géotope est également un biotope ; en relation avec une biocénose, il peut former un écosystème. Certains écosystèmes dépendent fortement de la préservation du géotope (voir ci-dessous, géotopes actifs).
- La **valeur historique et culturelle**. Certains géotopes peuvent être le siège d'implantations humaines (l'Ermitage de Longeborgne, abris sous roche, mines, voies historiques dans des parois, bisses suspendus le long d'affleurements calcaires,

châteaux perchés sur des sites stratégiques tels que des verrous glaciaires, etc.). Il s'agit là d'une **valeur archéologique ou historique**. Certains sites géologiques ou géomorphologiques ont également une **valeur symbolique ou religieuse** ; c'est le cas des pierres à cupules ou de certaines grottes utilisées comme lieux de culte.

- La **valeur socio-économique**. Sous ce terme, nous regroupons tous les usages économiques d'un géotope. Il peut s'agir autant d'activités primaires (ex. tourbières, marnières, gravières, carrières, tuffières), secondaires (ex. géotopes favorables à l'implantation d'infrastructures industrielles telles que des moulins (gorges), barrages (verrous glaciaires), etc.) et tertiaires (grottes touristiques, centres thermaux).
- La **valeur esthétique ou paysagère**. Les paysages sont des portions de l'espace perçues par un observateur, principalement par le sens de la vue (Grandgirard 1997). De nombreux géotopes présentent des caractéristiques visuelles qui leur confèrent une grande valeur paysagère. On pense ainsi à certains glaciers, à certaines montagnes ou encore à certaines formes du relief telles que les cheminées de fée (Pyramides d'Euseigne), les cours d'eau à chenaux tressés (Rhône sauvage à Finges, site marécageux du Val de Réchy) ou des étendues de lapiés (ex. lapiés de Tsanfleuron). De nombreux géotopes participent également à la création de **paysages culturels** ; c'est le cas par exemple des paysages de cultures de vignes en terrasses du Valais central ou de la structuration de l'habitat déterminé par la défense contre les risques naturels dans certaines vallées (Lötschental, Val d'Hérens). Mais la perception de la valeur esthétique d'un géotope varie fortement d'un individu à l'autre. La valeur paysagère d'un géotope sera ainsi difficile à établir. Elle est perçue de manière très diverse selon l'individu ou le public concerné (des spécialistes, des touristes). Certains types de géotopes comme les affleurements rocheux situés au bord d'une route et d'importance stratigraphique ne peuvent être appréciés que par des spécialistes. D'autres, en revanche, de part leur aspect spectaculaire ou leur qualité esthétique, sont appréciés par le plus grand nombre (une gorge, une chute d'eau franchissant un seuil, des cheminées de fée).

Etendue des géotopes

Il n'existe **pas de taille standard** pour les géotopes, ni de taille minimale ou maximale. Certains géotopes sont ponctuels (un bloc erratique) et d'autres plus étendus (un glacier rocheux). Un stratotype pourra par exemple couvrir quelques décimètres carrés, alors que certains géotopes géomorphologiques constituent des paysages de grande taille (une marge proglaciaire, un complexe morainique).

Les géotopes doivent toutefois être bien **délimités** et se distinguer des secteurs environnants. Il n'est ainsi pas pertinent de considérer le Valais ou la Suisse comme un seul grand géotope, malgré leur grande valeur globale pour la compréhension de l'histoire géologique des Alpes.

Géotopes actifs et géotopes passifs

Les géotopes permettent de comprendre la formation et l'évolution de la Terre. On distingue :

- Les **géotopes actifs** permettent d'observer actuellement les processus responsables de cette évolution. C'est le cas par exemple des sources thermales, des zones alluviales, de tous les phénomènes liés à la dynamique des versants (lave torrentielle, cône d'éboulis). Sous certaines conditions, les processus actifs peuvent être maintenus artificiellement (ex. enneigement artificiel dans une glacière pour favoriser la formation de glace dans un contexte de réchauffement climatique), voire reconstitués artificiellement (ex. revitalisation de cours d'eau). Les géotopes actifs jouent souvent un **rôle écologique** important. C'est le cas par exemple de formes du relief qui déterminent le drainage de certaines zones humides: dolines empêchant l'entrée d'eaux non météoriques dans des hauts marais, barrage morainique empêchant l'écoulement des eaux de surface à l'aval d'un marais ou encore de processus déterminants pour la survivance de certaines espèces animales ou végétales (variations des débits d'une rivière, activité d'un éboulis). La conservation de ce type de géotopes pose des problèmes liés à la dangerosité des processus en action et à leur possible auto-destruction par les processus érosifs (Hooke 1994).
- Les **géotopes passifs** n'ont plus de liens avec les processus et les conditions géologiques et climatiques responsables de leur formation. C'est par exemple le cas de traces de dinosaures, de rides de courant sur une dalle de grès, de moraines de basse altitude, de glaciers rocheux fossiles, etc. Ces géotopes constituent des **témoins** ou des **archives** de l'histoire de la Terre. Ils ne sont pas renouvelables : une altération de leurs caractéristiques (destruction, prélèvement) est irréversible.

La plupart des géotopes sont passifs. Ils sont ainsi des témoins de :

- **L'histoire de la Terre** : les roches sédimentaires sont les témoins du milieu dans lequel elles se sont formées, les structures géologiques des vallées alpines racontent l'histoire de la formation des Alpes, etc.
- **L'histoire de la Vie** : les traces d'animaux, les fossiles ou encore les gisements de charbon permettent de reconstituer l'évolution des espèces.
- **L'histoire du climat** : les formes glaciaires, les fossiles, certaines roches sédimentaires témoignent de la variabilité du climat et des changements environnementaux.

Géotopes naturels et artificiels

La plupart des géotopes sont d'origine **naturelle**. Il existe aussi certains géotopes résultant de l'activité humaine (géotopes **artificiels** ou plus précisément **mis au jour artificiellement**) :

- L'ouverture de **gravières** ou de **carrières** ou la réalisation de grands **chantiers** peuvent faire apparaître des géotopes naturels cachés jusque-là. Un exemple récent est constitué par la découverte d'une dalle contenant des traces de dinosaures sur le chantier de la Transjuranne à Courtedoux (JU). Dans ces cas se pose le problème de la disparition ou de la protection du géotope en cas de comblement (carrière, gravière) et en lien avec l'avancement d'un chantier (autoroute). On retrouve ici les mêmes problématiques qui se posent pour les découvertes archéologiques. Le cas des gravières met en évidence les contradictions qui peuvent se poser par rapport à d'autres domaines de la protection de la nature. En effet, le comblement est bénéfique en termes paysagers, mais il peut être négatif en termes de préservation du patrimoine géologique (une coupe stratigraphique dans un terrain meuble) ou écologique (milieu de substitution pour la reproduction d'espèces habitant les zones alluviales).
- Certaines infrastructures humaines peuvent avoir une valeur en termes de témoins de l'histoire du **rapport de l'Homme à la géologie** (mines, carrières). On parle souvent dans ce cas de **géotopes géohistoriques**.

2.3 Echelles et espaces de référence

L'octroi d'une valeur à un géotope (valeur locale, régionale, cantonale, nationale, internationale) dépend d'un espace de référence. Ainsi, une grande partie des géotopes définis pour un espace donné ne constituent plus des géotopes dans un espace plus vaste. A l'inverse, tout géotope considéré comme d'importance internationale devrait aussi être un géotope au niveau national, cantonal, régional et local (Grandgirard 1999).

2.4 Typologie des géotopes

Nous avons jusqu'ici parlé des géotopes de manière générale. On peut distinguer autant de types de géotopes qu'il existe de **disciplines** des sciences de la Terre (géologie structurale, pétrographie, minéralogie, pédologie, géochimie, paléontologie, sédimentologie, géomorphologie, hydrogéologie, spéléologie, tectonique, etc.). Chaque discipline privilégie les objets dont elle se préoccupe. Ainsi :

- Un objet géologique sera considéré comme anodin par une discipline, mais aura une grande valeur pour une autre discipline (un affleurement sédimentaire le long d'une route n'a aucune valeur géomorphologique, mais pourra avoir une grande valeur sédimentologique) ;

- La valeur attribuée à un géotope pourra différer fortement d'une discipline à l'autre (un bloc erratique peut avoir une valeur paléoclimatique – s'il permet par exemple de reconstituer une extension glaciaire –, pétrographique – selon sa composition minéralogique –, ou encore géomorphologique – selon sa position par rapport à un complexe morainique).

Cette variété des approches rend difficile l'identification des géotopes, leur comparaison et leur évaluation (Grandgirard 1999).

De manière générale, on peut regrouper thématiquement les types de géotopes en deux grandes familles : les **géotopes géologiques** et les **géotopes géomorphologiques**. Ces derniers ont une importance paysagère particulière.

En nous basant sur les travaux de Grandgirard (1997), nous proposons une typologie en dix groupes :

- Géotopes structuraux
- Géotopes paléontologiques
- Géotopes sédimentologiques
- Géotopes minéralogiques, pétrographiques et géochimiques
- Géotopes stratigraphiques
- Géotopes géomorphologiques
- Géotopes hydrologiques et hydrogéologiques
- Géotopes spéléologiques
- Géotopes géohistoriques
- Géotopes géoculturels

3. Typologie des géotopes valaisans

Pour chacun des dix types de géotopes, nous donnons une brève définition, quelques exemples représentatifs, un état des lieux des données existantes, les atteintes et menaces, ainsi que la valorisation, actuelle et potentielle. Nous concluons le chapitre par une étude des relations des géotopes avec d'autres disciplines des sciences naturelles et humaines.

3.1 Géotopes structuraux

Définition

Les géotopes structuraux sont surtout des objets géologiques de grande taille tels que plis, anticlinaux, synclinaux, chevauchements, failles, etc. L'orogénèse alpine avec ses plissements a donné des résultats spectaculaires: couches cassées, plissées et déplacées. L'érosion a taillé dans ces structures et façonné des sommets en pyramide, des arêtes effilées ou d'immenses parois rocheuses.

Exemples

Le Valais s'organise en plusieurs grandes unités structurales composées de (Burri 1987, Marthaler 2001) :

- massifs cristallins (Massif des Aiguilles Rouges, Massif du Mont Blanc, Massif de l'Aar),
- nappes calcaires du domaine helvétique (Wildhorn, Diablerets, Morcles, Doldenhorn) et ultrahelvétique,
- nappes du domaine pennique (Siviez-Mischabel, Mont-Fort),
- nappes du domaine austroalpin (Dent-Blanche)
- nappes préalpines (Chablais)

Ces nappes portent le nom de sommets célèbres dans le monde entier, à la fois sur le plan touristique et scientifique. La nappe de la Dent Blanche en particulier forme quelques-uns des sommets les plus connus, considérés comme les plus beaux 4000 des Alpes: Cervin, Dent Blanche, Dent d'Hérens, Obergabelhorn, Zinalrothorn, Weisshorn. Les plis de la nappe de Morcles sont connus des scientifiques du monde entier.

Données existantes

Les données existent. Il s'agit de dépouiller la documentation à disposition dans les universités. Cette évaluation pourrait être effectuée rapidement.

Atteintes et menaces

Une problématique paysagère

Les objets géologiques de grande taille tels un sommet, une structure plissée, un banc rocheux, ne sont évidemment pas menacés dans leur existence physique et ne nécessitent donc pas de mesures de conservation. Cependant, ces géotopes sont des éléments structurants du paysage. En effet, l'intérêt de ces géotopes réside avant tout dans leur visibilité et dans leur intégration dans le paysage, auquel ils contribuent à donner son caractère particulier. Cette visibilité et ce caractère pourraient être menacés par des constructions (un téléphérique menant sur un sommet prestigieux) et des aménagements mal intégrés au paysage. La problématique de protection et de gestion est ici entièrement paysagère. Voilà d'ailleurs une des principales raisons de l'inscription de nombreux sites de la haute montagne valaisanne à l'inventaire IFP (par exemple l'objet 1707 Dent-Blanche – Matterhorn – Monte Rosa).



Photo 1 Le Cervin, un géotope structural inclus dans l'objet IFP 1707. Il fit l'objet dès le milieu du 19^{ème} siècle de nombreux projets de routes, téléphériques et chemins de fer pour atteindre son sommet (cliché : M. Genier-Rosset, IGUL).

Valorisation

Valeur paysagère et tourisme de masse

Les paysages alpins et leurs sommets sont abondamment utilisés pour la promotion touristique de masse. Le Cervin est ainsi devenu une figure

emblématique internationale et son image sert de support publicitaire pour vendre la Suisse à l'étranger.

Valeur éducative et tourisme doux

De nombreux géotopes structuraux constituent des paysages attractifs et sont des buts d'excursion pour des personnes adeptes du tourisme doux, c'est-à-dire en quête de nature et de tranquillité. Dans ces sites, un fort potentiel de valorisation existe pour raconter la géologie au grand public.

3.2 Géotopes paléontologiques

Définition

Les géotopes paléontologiques sont soit des affleurements rocheux qui recèlent des **traces de formes de vie ancienne**, soit des gisements de fossiles dans des terrains meubles. Ils ont ainsi une grande importance pour la reconstitution de l'histoire de la Vie de notre planète. Ces traces se présentent sous la forme d'**éléments fossilisés** (os, squelettes, feuilles, bois lithifiés), de **matériel osseux et de troncs et sols** piégés dans des dépôts non consolidés, d'**empreintes** (traces de pas). Les milieux de découvertes de ces traces de vie fossile peuvent être rocheux (calcaires, marnes), des sédiments meubles, des milieux anaérobies (marais) ou encore la glace (permafrost). Les géotopes paléontologiques sont souvent très vieux (empreintes de dinosaures d'Emosson datant du Trias), mais ils peuvent aussi être relativement récents (abri sous roche de Tanay, occupé par l'Homme il y a 30 000 ans).

Exemples

Fossiles

Le canton du Valais est relativement pauvre en gisements de fossiles, non seulement du fait de la prédominance de roches cristallines et métamorphiques mais aussi pour des raisons tectoniques et topoclimatiques. En effet, les fossiles ont souvent été broyés lors de l'orogénèse alpine et les calcaires d'altitude sont fortement érodés (formation de lapiaz). Ce milieu très « agressif », où les sols sont peu développés ou inexistant, ne favorise pas la conservation des fossiles. De multiples affleurements contiennent toutefois des traces de vie fossile.

Fossiles abondants et répandus

Certaines roches calcaires et marno-calcaires résultent directement ou indirectement de l'activité d'organismes marins dans les mers (coraux). De nombreuses couches du Secondaire et du Tertiaire contiennent des fossiles plus ou moins bien conservés. C'est le cas par exemple des calcaires à cérithes de la nappe des Diablerets qui affleurent sur le karst de Tsanfleuron. Etant donné leur nombre, ces fossiles ne sont pas en péril.

Fossiles rares

Les dalles à empreintes de pattes de dinosaures triasiques d'Emosson sont célèbres et protégées par un arrêté de classement cantonal. D'autres sites sont seulement connus des spécialistes et leur localisation précise tenue secrète. Ainsi, quelques traces de dinosaures ont également été découvertes dans les grès triasiques de la région de Salanfe (Burri, comm. pers. et *Inventaire des géotopes d'importance nationale*, ASSN 1999).

La zone houillère valaisanne qui affleure dans la vallée du Rhône conserve la trace de nombreuses plantes du Carbonifère et du Permien, comme par exemple dans la région Salvan-Dorénaz. Les empreintes de plantes trouvées dans certaines roches sont les plus vieux fossiles de Suisse.

Matériel osseux

Quant à la faune du Quaternaire, le matériel osseux a été préservé dans les grottes ou sur des sites occupés par l'homme, témoignant ainsi de son activité de chasse. C'est le cas par exemple de l'abri sous roche de Sur les Creux à **Tanay**, qui témoigne d'une occupation durant le Paléolithique Moyen (Curdy & Praz 2002, p. 127). A Tanay également, la grotte des Crosses et la Grande Barne ont livré des restes d'ours des cavernes. Le site de Châble-Croix (Collombey, 390 m) a donné des vestiges d'ossements humains datant du Mésolithique ainsi que des restes de nourriture (ossements de cerf et de sanglier, coquilles d'œufs, coquilles de noisettes, fragments de poissons) permettant de reconstituer le régime alimentaire des chasseurs-cueilleurs (Curdy & Praz 2002, p. 89 et 165). Pour la période antérieure à la dernière glaciation, les sites en plein air ont été détruits par l'avancée des glaciers würmiens. Des espèces emblématiques comme le Mammouth ou le Rhinocéros laineux n'ont jamais été trouvées en Valais.

Troncs et sols fossiles

De nombreux troncs et sols fossiles ont été retrouvés dans des moraines holocènes des Alpes valaisannes. Des sites paléontologiques de ce type sont visibles dans les moraines des glaciers de Breney, Mont Durand, Corbassière, Tsijore Nouve, Ferpècle, Mont Miné, Zmutt, Findelen (Schneebeli & Röthlisberger 1976). Ces moraines ont également une valeur en tant que géotopes stratigraphiques et géomorphologiques.

Empreintes

L'exemple le plus connu d'empreintes est le site du Vieux-Emosson. D'autres sites, moins connus, recèlent des empreintes de dinosaures. C'est le cas de la Golette, dans le cirque de Salanfe (voir l'inventaire des géotopes d'importance nationale, ASSN 1999).

Données existantes

La localisation de nombreux sites fossilifères est publiée dans des revues spécialisées accessibles dans la majorité des universités suisses ainsi que sur des cartes géologiques (Berger 1999). Les campagnes de prospection archéologique ont souvent révélé des gisements de matériel osseux. Ces sites connus et bien localisés ont récemment été présentés dans le cadre de l'exposition *Premiers hommes dans les Alpes* à Sion durant l'été 2002 (Curdy & Praz 2002).

Atteintes et menaces

Les géotopes de nature paléontologique font toujours l'objet d'une vive polémique au sein de la communauté scientifique. Deux opinions principales s'affrontent:

- Il faut protéger les gisements fossilifères et interdire leur accès aux non scientifiques et, pour cela, les faire figurer dans un inventaire.
- La meilleure protection des gisements fossilifères reste leur anonymat: il faut donc soigneusement cacher leur existence et ne jamais les faire figurer dans un inventaire.

Fossiles rares

Nous sommes d'avis que la majorité des sites fossilifères étant publiés dans des revues spécialisées accessibles dans les universités suisses ainsi que sur des cartes géologiques, il n'est pas très difficile à un pillard potentiel de les retrouver. Le gisement de traces de Dinosaures d'Emosson protégé par un arrêté cantonal représente un géotope très attractif: non seulement la mise sous protection de ce site a permis sa préservation pour les générations futures, mais la publicité faite autour de lui est devenue un attrait touristique pour la région de Finhaut.

Mise sous protection nécessaire

Une mise sous protection représente souvent le seul moyen d'éviter une destruction par des travaux de génie civil. Par exemple, la carrière d'ardoise à bélemnites de Leytron est inscrite à l'inventaire des géotopes d'importance nationale de l'ASSN (1999).

Les sites fossilifères sont donc très localisés et pourraient facilement être détruits par des aménagements ou des constructions. Un inventaire indicatif des sites est un minimum nécessaire pour protéger les sites les plus riches et les plus intéressants.

Fossiles abondants et répandus

Si la mise sous protection absolue est nécessaire dans certains cas afin d'éviter pillages et destructions, la majorité des fossiles rencontrés sont cependant répandus et abondants puisqu'ils constituent la matrice de nombreuses roches calcaires. Tout comme les minéraux, ces gisements

sont renouvelables et constituent une ressource quasi « illimitée ». Ils ne nécessitent donc aucune protection.

Valorisation

Valorisation touristique

Les sites spectaculaires et d'accès facile peuvent être valorisés sur le plan touristique.

Eviter les dispositions légales trop contraignantes

Les scientifiques souhaitent que l'on évite les dispositions légales trop contraignantes qui rendent difficiles leurs travaux de recherche.

3.3 Géotopes sédimentologiques

Définition

Les géotopes sédimentologiques sont des sites dans lesquels sont visibles les conditions typiques d'un **milieu de sédimentation** (milieu glaciaire, fluvial, lacustre, deltaïque, éolien, etc.). Ce sont autant des géotopes **actifs**, qui permettent d'observer les processus sédimentaires en action (zones alluviales, sandurs, cônes torrentiels, etc.) que des géotopes **passifs**, qui jouent un rôle d'**archives** de milieux sédimentaires aujourd'hui disparus dans nos régions (ex. ripples marks sur des dalles de grès, témoignant d'une ancienne activité des vagues en milieu marin, affleurements de gypse, témoignant d'une sédimentation marine peu profonde en milieu tropical ou encore affleurements de charbon témoignant de la sédimentation organique en milieu chaud et humide).

Par définition, les géotopes sédimentologiques actifs sont donc des **géotopes géomorphologiques** et les géotopes sédimentologiques passifs sont également des **géotopes stratigraphiques** ou **paléontologiques**.

Les géotopes sédimentologiques passifs sont indicateurs d'un milieu de dépôt (un récif corallien, les vaguelettes fossilisées d'une plage), d'une structure sédimentaire (turbidites, encroûtements), d'un faciès (caractères lithologiques et paléontologiques d'un dépôt) ou d'une diagenèse (dissolution, minéralisation). Ils permettent de reconstituer des milieux et environnements de dépôt, c'est-à-dire la reconstitution des paysages passés et des paléogéographies.

Exemples

Les géotopes sédimentologiques actifs sont présents là où les processus d'érosion / sédimentation sont en action. Potentiellement, de vastes surfaces du Canton du Valais pourraient donc être considérées comme des géotopes sédimentologiques actifs. Ne doivent toutefois être

considérés comme géotopes sédimentologiques actifs que des sites où les processus de sédimentation sont particulièrement visibles et typiques d'un environnement sédimentaire. A titre d'exemples, on peut citer certaines marges proglaciaires à sandur, telles que celle du glacier du Breney dans le Val de Bagnes ou des glaciers de Ferpècle et Mont Miné, dans le Val d'Hérens, ou le lit du Rhône dans la forêt de Finges, caractéristique d'un certain type de sédimentation dans la plaine du Rhône avant la correction du fleuve.

Comme exemple de géotope sédimentologique passif, on peut citer le site des traces de dinosaures d'Emosson, qui permet également d'observer les rides de courant (ripple marks) sur les dalles de grès.



Photo 2 Le sandur des glaciers de Ferpècle et du Mont Miné : un géotope sédimentologique actif (cliché : J.-P. Pralong, IGUL).

3.4 Géotopes minéralogiques, pétrographiques et géochimiques

Définition

Presque toutes les grandes formations géologiques qui constituent la chaîne alpine affleurent en Valais. Les tensions créées au sein de ces roches variées ont provoqué l'apparition de fissures dans lesquelles certains minéraux ont pu se développer grâce aux circulations hydrothermales.

Des espèces minérales rares et/ou uniques au monde et des minéraux répandus

Le territoire cantonal recèle à la fois des **espèces minérales rares et/ou uniques au monde**, dont l'intérêt est essentiellement scientifique et des **minéraux répandus** dont certains sont exploités depuis toujours. Ainsi, les hommes du Mésolithique utilisaient le quartz pour construire leurs pointes de flèche (Site archéologique du Petit-Chasseur à Sion). De nombreux gisements de minéraux ont été exploités pour des raisons scientifiques ou commerciales. Ce sont donc aussi des géotopes géohistoriques.

Exemples

Des **gisements de minéraux rares** existent dans le Binntal et au Mont Chemin. Parmi les gisements de minéraux rares, le Binntal est connu dans le monde entier pour la beauté, la rareté, la diversité et l'abondance de ses minéraux. Le site du Leggenbach est exploité en carrière par les scientifiques depuis 200 ans. Au moins 22 nouvelles espèces minérales y ont été découvertes depuis le début de son exploitation. Le Mont-Chemin au-dessus de Martigny abrite également une concentration inhabituelle de minéraux: les filons contiennent plus de 158 espèces minérales, c'est-à-dire le quart de toutes celles connues en Suisse.

Exploitation du quartz

Parmi les **minéraux abondants et répandus**, l'exploitation de beaux cristaux de quartz pour fabriquer des objets de luxe est attestée depuis l'époque romaine. Les cristalliers actuels perpétuent cet artisanat millénaire. La recherche de beaux cristaux pour l'exploitation commerciale est toujours pratiquée. Cette activité peut apporter un revenu annexe appréciable dans certaines professions comme guide de montagne (Massif du Mont Blanc, Binntal).

Des cavités à cristaux ont été exploitées en Valais et certains gisements sont encore mal situés aujourd'hui. Parmi les gisements connus, le quartz « fenêtre » du Val d'Illiez est un des meilleurs gisements alpins pour ce type de quartz. Un quartz laiteux du Haut-Valais de dimension 100 X 80 X 90 cm a été ramené à Paris par le général Bonaparte. Actuellement exposé au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, il s'agit du plus gros cristal alpin connu à ce jour.

Données existantes

L'information sur les principaux gisements de minéraux est disponible auprès des Instituts de minéralogie et dans les musées d'histoire naturelle. Ces derniers possèdent parfois d'importantes collections de minéraux valaisans. Une somme importante d'information a été rassemblée dans le cadre du projet UROMINE (Woodtli et al. 1987). La Fondation B. & S. Tissières à Martigny expose également une collection de cristaux du canton. Les amateurs collectionneurs de minéraux et de

fossiles bien organisés (bourses aux minéraux) et éditent la revue *Le Cristallier Suisse*.

Atteintes et menaces

Les minéraux ne sont pas menacés de disparition

Les minéraux ne sont pas en soi menacés de disparition puisque la ressource est abondante et théoriquement illimitée. De plus, le destin de tout minéral affleurant à la surface de la Terre est de disparaître par les processus naturels de l'érosion.

La récolte de minéraux rares permet aux scientifiques de les faire connaître et de les conserver grâce aux collections dans les musées. La tradition de recherche de minéraux dans les Alpes remonte au Mésolithique. Cette activité millénaire, toujours pratiquée aujourd'hui par de nombreux amateurs et des professionnels, n'a pas fait disparaître la ressource. Elle ne constitue donc pas une menace.

Une exploitation réglementée pour les collectionneurs amateurs et les professionnels

Cependant, l'exploitation des minéraux doit être réglementée et contrôlée afin de surveiller les modes d'exploitation et d'obliger les cristalliers à déclarer leur découverte afin qu'elle puisse être reconnue sur le plan scientifique. En effet, de nombreux gisements sont exploités avec des moyens lourds et destructeurs dans un but commercial (confection de bijoux, etc). Des cristalliers fouillent à fond la roche minéralisée en utilisant des moyens importants: perforatrices, explosifs et transport en hélicoptère. Ce mode d'exploitation est destructeur et porte atteinte au paysage.

Valorisation

Exemple de valorisation scientifique, touristique et commerciale: le Leggenbach (Binntal)

Une exploitation réglementée permet de valoriser cette ressource commerciale, scientifique et parfois touristique. Un exemple intéressant de valorisation touristique, commerciale et scientifique est le cas de la carrière du Leggenbach (Binntal) exploitées par des scientifiques. Les touristes sont autorisés à fouiller les déblais de l'exploitation. Cette formule connaît un grand succès. C'est un atout touristique supplémentaire dans la vallée.

Eviter les dispositions légales trop contraignantes

Les scientifiques souhaitent que l'on évite les dispositions légales trop contraignantes qui rendent plus difficiles leurs travaux de recherche.

Archéologie industrielle

La gestion de ces géotopes rejoint dans certains cas celle du patrimoine archéologique (archéologie industrielle, patrimoine historique).

3.5 Géotopes stratigraphiques

Définition

Il s'agit d'affleurements (coupes) présentant un profil type pour un âge géologique (**stratotype**), un **faciès**, une **formation** (succession stratigraphique) ou encore une **transition paléoenvironnementale** (par exemple une transition glaciaire-interglaciaire). Ils servent de référence au niveau régional ou international.

Les géotopes stratigraphiques sont surtout des objets ponctuels (des localités types), mais certains peuvent être linéaires (coupes types) ou couvrir des surfaces relativement importantes (zones d'affleurements types).

Les géotopes stratigraphiques concernent autant des **affleurements rocheux** que des affleurements de sédiments meubles quaternaires (**formations superficielles**). Ces coupes fraîches (dépôts lacustres, moraines, dépôts fluvio-glaciaires) affleurent parfois dans des gravières ou sur le bord d'une route ou encore de manière naturelle dans des terrains disséqués par l'érosion. Elles apportent des informations importantes sur les changements environnementaux et climatiques des temps « récents », c'est-à-dire depuis la déglaciation amorcée il y a 15'000 ans. Les séquences-type (par exemple une alternance de galets, de sables fluviatiles et de tourbe dans un marais proglaciaire) sont indispensables à la reconstitution des mouvements des glaciers au cours de l'Holocène. Ce sont de véritables archives climatiques.

On notera que certaines localités-types ne présentent pas d'affleurement. Ces notamment le cas des transitions stratigraphiques qui sont souvent mises en évidence par des **forages**.

Par définition, les géotopes stratigraphiques s'apparentent très souvent également à des géotopes sédimentologiques et paléontologiques et parfois à des géotopes géomorphologiques. Les géotopes stratigraphiques ont une grande importance comme témoignages du développement des sciences de la Terre (surtout les stratotypes).

Pour la clarté du texte, nous distinguons ci-dessous les géotopes rocheux des géotopes quaternaires.

Exemples

Géotopes rocheux

En Valais, il n'existe pas de stratotypes de référence mondiale. Il s'agit plutôt de formations, de localités-types comme les couches de St-Christophe dans le Val de Bagnes, dont l'unité lithostratigraphique a été définie à la chapelle de St-Christophe près de Verbier, ou encore des grès du Val d'Illiez. Ces localités-types ont un intérêt local ou régional. Une formation peut affleurer sur plusieurs centaines de mètres ou sur seulement quelques mètres.

Géotopes quaternaires

Les gravières de la plaine du Rhône sont ennoyées et n'offrent donc pas de coupes « exploitables » sur le plan scientifique, sauf lors d'extraction de matériaux (gravières du Duzillet dans la plaine chablaisienne, qui ont permis de multiples datations par **dendrochronologie**). Les dépôts lacustres et palustres ont également fourni de riches possibilités de datation par la palynologie (Welten 1982). C'est le cas notamment du lac de Montorge (Sion), de l'Hopchensee (Simplon), de Tortin (vallon de Nendaz), des marais d'Essertse (Hérémente), du site de Zeneggen-Hellelen (Morand 1986). Ce dernier a par exemple permis de mettre en évidence le brusque refroidissement climatique du Dryas Moyen (12 000 BP) (Curdy & Praz 2002, p. 29). Les archives climatiques du lac de Montorge ont quant à elle permis de mettre en évidence les premières traces de défrichements et de cultures de céréales vers 5000 av. J.-C. Dans tous ces cas, les données n'ont pas été prélevées dans des affleurements, mais dans des forages.

Des accumulations morainiques ou fluvio-glaciaires importantes existent dans toutes les vallées latérales, par exemple près de Stalden en amont de Viège, ainsi qu'au débouché des vallées de la rive droite du Rhône. Ces différentes gravières ont permis de mettre en évidence un niveau de stagnation du glacier du Rhône qui bouchait les écoulements des eaux latérales (Dorthe-Monachon 1993). Ces terrains sont parfois exploités par des gravières comme à La Luette dans le Val d'Hérens ou dans le Val d'Entremont en amont d'Orsières, sur les bords de la route du Grand-Saint Bernard. Ces exploitations ont donc localement permis des observations utiles à l'histoire du Quaternaire local.



Photo 3 Vallée de la Morge : au débouché de la vallée, un géotope stratigraphique a permis de mettre en évidence un niveau de stationnement du glacier du Rhône (cliché : E. Reynard, IGUL).

Données existantes

Les localités-type sont signalées sur les cartes géologiques de L'Atlas géologique de la Suisse au 1:25'000. Il n'existe par contre pas d'inventaire systématique de ces géotopes, ni d'ailleurs des principaux sites permettant l'étude et la reconstitution de l'histoire du Quaternaire.

Atteintes

Les coupes stratigraphiques intéressent les scientifiques spécialisés. Certains affleurements intéressants et rares méritent d'être conservés pour la qualité des informations qu'ils peuvent livrer (profils types). Dans ce sens, ils doivent être reconnus pour éviter une destruction (ex. élargissement d'une route où affleure une coupe fraîche). De tels profils types, mais également des affleurements rares de roches, ont donc besoin d'être protégés en interdisant toute intervention.

En Suisse, en raison des activités humaines, entre 70 et 100 millions de m³ de matériaux sont déplacés chaque année (Strasser et al. 1995). Ces activités de terrassement représentent pour les géotopes stratigraphiques quaternaires à la fois un risque (disparitions, comblements) et une chance (mise à jour de coupes).

En général, la conservation de ce type de géotopes est en contradiction avec les objectifs de protection du paysage. En effet, une coupe dans des sédiments quaternaires doit être constamment rafraîchie pour garder sa

lisibilité ; un telle approche peut constituer une atteinte à la qualité des paysages.

Il est évident que les affleurements dans les terrains meubles sont voués à la disparition à court terme en raison des processus d'érosion. Des mesures ponctuelles peuvent être prises cependant pour maintenir ou rafraîchir certaines coupes d'intérêt scientifique, si besoin est. De telles mesures pour maintenir ou rafraîchir des affleurements dans les terrains meubles ont déjà été réalisées dans certains cantons (Vaud, Fribourg, etc.) mais dans un but de protection de l'avifaune (colonies de reproduction d'Hirondelles de rivage ou du rare Guêpier d'Europe ou encore du Martin-pêcheur). La problématique de la gestion du géotope stratigraphique rejoint dans ce cas celle de l'écologie et, en particulier, celle de la conservation de l'avifaune.

Valorisation

Les coupes stratigraphiques intéressent les scientifiques spécialisés. Elles ont une valeur didactique avant tout dans le cadre d'un enseignement universitaire. Le canton du Thurgovie a réalisé en prolongement de son inventaire cantonal des géotopes (Naef 2000) une intéressante brochure didactique valorisant les nombreuses découvertes scientifiques réalisées à partir de l'étude des gravières du canton.

3.6 Géotopes géomorphologiques

Définition

Les géotopes géomorphologiques regroupent à la fois des **processus** d'érosion et de sédimentation (zones alluviales actives, marges proglaciaires, laves torrentielles, niches d'arrachement, etc.) que les **formes du relief** résultant de cette activité (glaciers rocheux, lapiés, cônes d'éboulis, etc.).

Ces géotopes concernent autant les formations superficielles meubles du Quaternaire (moraines, glaciers rocheux, éboulis) et des formes d'érosion dans la roche (marmites glaciaires, lapiés d'un karst superficiel, gorges de raccordement).

Il peut s'agir d'objets ponctuels (un bloc erratique) ou de grande étendue (une crête morainique de plusieurs centaines de mètres de longueur).

Cette catégorie de géotopes est celle qui regroupe le plus grand nombre de géotopes actifs (laves torrentielles, éboulis, formes alluviales, glaciers rocheux, etc.), bien que les géotopes passifs soient également aussi nombreux (moraines, éboulements historiques, etc.). Ces derniers jouent un rôle essentiel en tant qu'archives climatiques.

Les géotopes géomorphologiques sont également souvent des géotopes **structuraux** (boutonnière anticlinale), des géotopes **spéléologiques** (doline), des géotopes **sédimentologiques** (cône de déjection) ou des géotopes **stratigraphiques** (coupe dans un dépôt quaternaire).

Ce type de géotope est complexe et extrêmement diversifié avec de nombreux sous-types correspondant aux différentes catégories du modèle terrestre :

- modèle glaciaire: roches moutonnées, vallums morainiques, marmites glaciaires, gorges de raccordement, sandurs, etc.
- modèle périglaciaire: sols polygonaux, glaciers rocheux, moraines de poussée, pierres redressées, etc.
- modèle fluvial: terrasses alluviales, méandres, cônes de déjection, gorges, etc.
- modèle karstique: dolines, lapiés, émergences karstiques, etc.
- modèle lié aux processus gravitaires: cônes de déjection, éboulements, éboulis, cônes d'avalanches
- modèle éolien: dunes, loess
- modèle lié aux processus palustres / lacustres: hauts-marais, bas-marais

Exemples

Le Valais étant très riche en géotopes géomorphologiques, il n'est pas possible de présenter des exemples pour chacun des types de modèles

rappelés ci-dessus. Nous nous bornons à esquisser quelques exemples représentatifs des formes géomorphologiques les plus répandues.

Les moraines: des marqueurs du temps "proche"

Une **moraine** bien conservée et marquant un stade de stagnation ou de retrait glaciaire mérite d'être conservée à titre de référence et de modèle parce qu'elle est un marqueur du temps important (archive climatique). Par exemple, des études palynologiques à partir de pollens conservés dans les sédiments lacustres et palustres ont montré que la moraine de Tortin dans le vallon de Nendaz datait du stade de l'Egesen (11'000 BP). Cette moraine est donc un marqueur important de la dernière crue glaciaire il y a plus de 10'000 ans, époque où les glaciers ont abandonné leurs moraines tout à l'amont de nos vallées. L'imposante moraine de Saleinaz qui barre l'entrée du Val Ferret date aussi de cette époque.



Photo 4 Moraines et marais de Tortin : le site a permis d'importantes datations par palynologie et peut être considéré comme une localité-type pour le stade de l'Egesen dans les Alpes occidentales. Il a été retenu à l'inventaire des géotopes d'importance nationale pour cette raison (cliché : E. Reynard, IGUL).

Les glaciers rocheux : une forme du relief méconnue et un marqueur de l'évolution actuelle du climat

En raison de ses altitudes moyennes élevées et de sa relative sécheresse, le Valais est très riche en formes périglaciaires résultant de la présence de pergélisol (sols gelés en permanence à haute altitude, en dessus de 2300-2500 m environ). La forme la plus emblématique de ce type de relief est le **glacier rocheux**, formé d'une masse de blocs scellés par de la glace et fluant lentement (quelques cm par année) vers l'aval à l'image d'une coulée de lave. Ces formes sont très répandues en Valais, surtout dans les vallées de la rive gauche du Rhône. Quelques « beaux » spécimens sont visibles dans le Nanztal, dans le Mattertal, le Turtmantal, le Vallon de Réchy, la région de Lona, le Mont Gelé et le val Ferret, pour ne citer que quelques exemples. Elles sont toutefois méconnues du grand public, car peu décelables pour un oeil non averti.



Photo 5 Glacier rocheux des Charmettes (Ovronnaz) : un exemple de géotope difficile à déceler dans le paysage (cliché : E. Reynard, IGUL).

Lors de la construction du barrage de la Grande Dixence, de nombreuses carrières avaient d'ailleurs été ouvertes dans des glaciers rocheux et des moraines gelées en pensant y trouver du matériel graveleux pour les travaux de construction et les ingénieurs avaient été surpris de découvrir de grandes quantités de glace peu utile à leurs besoins.

Les glaciers rocheux sont aussi d'excellents marqueurs de l'évolution actuelle du climat ; plusieurs sites valaisans (Arolla, Mont Gelé, Mille,

Grächen, Gornergrat, Gemmi) font ainsi partie du nouveau réseau de monitoring du permafrost PERMOS, mis sur pied par l'Académie suisse des sciences naturelles et actuellement en phase pilote (Delaloye & Vonder Mühll 2002).

Les zones alluviales : des géotopes actifs à préserver

L'exemple le plus frappant de géotopes géomorphologiques actifs est constitué par les zones alluviales. Bon nombre de ces zones ont vu leur processus perdre de leur activité, voire disparaître, autant dans les vallées latérales (réduction des débits et endiguements) que dans la plaine du Rhône (endiguements). Actuellement, ces géotopes actifs peuvent être considérés comme rares malgré l'abondance de cours d'eau en Valais. Dans la plaine du Rhône, il ne subsiste que quelques tronçons proches de l'état naturel, aux sources du Rhône à Gletsch, sur certains secteurs de la vallée de Conches, dans la région de Finges et sur le delta aux Grangettes. Dans les vallées latérales, la plupart des cours d'eau ont été captés pour la production hydroélectrique ; les zones les plus dynamiques sont dès lors quelques marges proglaciaires d'altitude. Le projet de 3^{ème} correction du Rhône devrait permettre de reconstituer certaines zones d'écoulement « libre » et laisser ainsi la possibilité aux processus alluviaux de s'exprimer.

Les formes gravitaires : des géotopes dangereux ?

Etant donné les fortes pentes et l'activité des processus météorologiques (pluies intenses dans certaines régions, fortes chutes de neige, fonte rapide de la couverture neigeuse, variations rapides de la limite des chutes de neige, etc.), les processus liés à la gravité sont très fréquents en Valais. Il s'ensuit une multitude de formes liés à ces processus.

Parmi les plus courantes, on peut citer les cônes de déjection, les cônes et couloirs de coulées torrentielles, les cônes et couloirs d'avalanches, les éboulis, les éboulements, les glissements de terrain. La plupart de ces formes sont actives. Certains sites sont emblématiques de certains de ces processus : c'est le cas du Lötschental ou de certains cônes de la vallée de Conches pour les avalanches, de Randa pour les éboulements, du glissement des Créteaux (Isérables), des Bous (Montana) ou de Pramagnon (Leytron), des torrents de l'Illgraben ou du Merdenson ou encore des cônes de déjection de Chamoson, de l'Illgraben ou du Bois Noir. On doit dès lors se poser la question de l'intérêt de protéger et valoriser ce type de géotopes actifs (voir chapitre 3.11 Géotopes et risques naturels).

Les géotopes géomorphologiques, des objets de grande valeur écologique

Dans de nombreux cas, les géotopes géomorphologiques constituent des milieux de grande valeur écologique. Dans ce cas, le géotope est aussi un biotope... et la protection du biotope passe par la protection du géotope.

On peut citer à titre d'exemple, les nombreux marais qui se sont développés à l'arrière de cordons morainiques (marais de Tortin dans le vallon de Nendaz), dans des ombilics (Ar du Tsan, vallon de Réchy), sur

des substrats imperméables drainés par des dolines (marais d'Essertse, Hérémente) ou dans des bras morts de cours d'eau (Rhône à Agarn, Vieux Rhône de Saxon). Nombre de plaines alluviales alpines ont disparu lors de la construction des grands barrages ; il n'en reste que quelques rares exemples, par exemple à Valsorey, à l'Ar du Tsan ou encore à Gletsch.



Photo 6 Les méandres de l'Ar du Tsan (vallon de Réchy) : un géotope actif et un biotope humide (cliché : J.-P. Pralong, IGUL).

De nombreux biotopes secs se développent également dans des contextes géomorphologiques bien particuliers ; c'est le cas des steppes du Valais central, que l'on retrouve sur les flancs sud des verrous longitudinaux de la région de Sion ou des steppes à orchidées des Follatères, favorisées par la présence de roches acides moutonnées (Werner 1994, p. 57).

La flore pionnière quant à elle prend souvent place sur des formes géomorphologiques bien définies (marges proglaciaires, dépôts torrentiels, éboulis). Il s'agit par exemple des pinèdes, qui profitent des environnements difficiles (cônes torrentiels, éboulis, affleurements rocheux) pour éviter la concurrence d'autres espèces, ou des aulnaies, qui colonisent les couloirs d'avalanches en raison de leur résistance.

Autre exemple, la végétation des collines de Finges est étroitement dépendante de la géomorphologie, les chênes pubescents ne prenant place qu'au sommet des collines (Werner 1994, p. 96). Quant à la forêt vierge de Derborence, elle ne doit sa « virginité » qu'à l'existence de l'éboulement. La réserve d'Aletsch est répartie en deux zones bien distinctes : la zone occupée par le glacier au Petit Age Glaciaire est colonisée par une végétation pionnière très ouverte, alors que la zone déglacée depuis le début de l'Holocène est le siège de la forêt d'aroles (Werner 1994, p. 147).

Données existantes

Il n'existe pas d'inventaire systématique des géotopes géomorphologiques, contrairement à d'autres cantons tels que Fribourg par exemple (Grandgirard 1997).

Cartes, données publiées et non publiées

De nombreuses cartes géomorphologiques non publiées existent. Elles ont été relevées dans le cadre de travaux d'étudiants au sein des Instituts de Géographie des universités suisses. Des publications spécialisées accessibles dans la majorité des universités suisses sont également disponibles. Les cartes géologiques contiennent également des informations sur le Quaternaire. Des rapports techniques réalisés à l'occasion de grands travaux (Routes Nationales, Hydro-Rhône) et déposés à l'Etat du Valais et au CREALP pourraient aussi apporter des informations sur le quaternaire de la plaine du Rhône.

Inventaire fédéral des marges proglaciaires et plaines alluviales alpines d'importance nationale (IGLES) en complément de l'inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale

La géomorphologie glaciaire étant particulièrement importante dans le contexte naturel valaisan, ces géotopes méritent une attention particulière. Des objets géomorphologiques situés en marge glaciaire ont été écartés pendant la réalisation de l'inventaire parce qu'ils ne contenaient pas de zone alluviale / plaine alluviale. En effet, les objets doivent posséder un domaine fluvio-glaciaire d'au moins un quart d'hectare. Les objets qui ne remplissent pas cette condition-cadre ont été exclus du processus d'évaluation. Pourtant, « parmi ceux qui n'ont pas de zones alluviales, beaucoup constituent d'importants géotopes » (OFEFP 2002, p. 4). Ces données constituent une bonne base pour évaluer les géotopes non alluviaux des marges proglaciaires valaisannes (moraines historiques).

Atteintes, menaces

Fonction paysagère et écologique

Les atteintes et menaces qui pèsent sur les géotopes géomorphologiques sont multiples et dépendent de la nature de la forme (forme de dépôt ou forme d'érosion), la première menace étant bien entendu le fait que les formes du relief ne soient pas reconnues comme dignes de protection et en conséquence détruites ou endommagées par simple ignorance. Les atteintes aux objets géomorphologiques sont également une atteinte au paysage. En ce sens et comme pour les géotopes structuraux (voir chapitre 3.1), la problématique de protection des objets géomorphologiques rejoint celle de la protection du paysage.

Les atteintes aux objets géomorphologiques sont aussi une atteinte aux biotopes (destruction d'une colline de l'éboulement préhistorique de Finges et donc disparition des pelouses steppiques).

Cependant, tous les géotopes géomorphologiques sont également par nature voués à court ou moyen terme à la disparition par les processus naturels de l'érosion (Cheminées de Fées d'Euseigne, de Staldenried, etc). Il s'agit souvent de géotopes actifs, caractérisés par une instabilité permanente et soumis à un remaniement incessant (dépôts alluviaux, etc).

Ci-dessous, nous présentons quelques types d'atteintes à titre d'exemples et sans vouloir être exhaustifs.

Travaux et extraction de matériaux

L'extraction de matériaux, les travaux d'aplanissement et d'assainissement constituent l'atteinte principale aux formes de dépôt. Ces atteintes sont irréparables dans la majorité des cas. Voici quelques exemples:

- Collines de l'éboulement préhistorique de Finges: au siècle passé, destruction complète de la colline située en aval de Pont-Chalais. Le matériel a sans doute servi à assainir les terrains tourbeux de la plaine (Burri 1997).
- Démantèlement partiel en 1996 de la moraine de 1850 du glacier de Tsanfleuron pour aménager une piste carrossable sur le karst superficiel des lapiés de Tsanfleuron (Reynard et al. 2002), et donc, par la même occasion, atteintes aux formes d'érosion karstique et à l'intégrité paysagère du site.
- Travaux d'aplanissement sur les glaciers rocheux de la combe de Médran à Verbier pour aménager une piste de ski (Lambiel & Reynard 2002). La destruction partielle ou complète de glaciers rocheux est fréquente en Valais, que le domaine skiable soit aménagé pour accueillir un tourisme de masse (Verbier) ou un tourisme plus « doux » comme à Arolla, où des glaciers rocheux ont été partiellement détruits dans le bassin-versant des Fontanesses.

Déplacements en véhicules hors des voies de communication

Les parcours en véhicule tout-terrain et en moto, voire en vélo tout terrain, en dehors des routes carrossables, portent non seulement atteinte à la végétation mais aussi à des formations superficielles sensibles, comme les sols polygonaux périglaciaires (parcours du Grand Raid dans la région de Lona), des plaines d'épandage de matériaux fluvio-glaciaires (sandur de Tsanfleuron, Reynard et al. 2002), des marais situés dans des dolines colmatées, des formations quaternaires (motocross sur les collines de la région de Sierre).

Aménagement en haute montagne

Les géotopes n'étant pas reconnus, la construction d'une cabane destinée pourtant à des adeptes du tourisme doux, peut amener à une destruction d'un objet intéressant. Par exemple, la cabane des Becs de Bosson dans le Val de Réchy a été installée sur de magnifiques sols polygonaux et ce, par pure méconnaissance de l'environnement géomorphologique. Une reconnaissance préalable sur le terrain par des spécialistes aurait peut-être permis d'éviter cette destruction regrettable en choisissant un autre emplacement à quelques dizaines de mètres de l'actuel. De plus, il aurait été facile de valoriser cette petite merveille de la nature en la présentant aux locataires de la cabane.

Formes d'érosion et d'accumulation servant de sites de dépôt

Les formes du relief (dépressions) ont servi et servent encore souvent comme sites de dépôt et décharge. On peut citer, à titre d'exemple :

- les dépôts de matériaux (notamment graviers, sable) qui empiètent souvent sur le lit majeur des cours d'eau, comme cela est le cas à de multiples endroits de long de la Dranse de Bagnes,
- les dolines comblées de matériaux (doline comblée par des déchets issus notamment du Sanatorium valaisan à Chermignon, comm. orale P. Tacchini et Chab Lathion, Groupe Spéléologique Rhodanien),
- les gravières et affleurements naturels comblés par des décharges (affleurements glacio-lacustres de barrage par le glacier du Rhône, témoins du stade glaciaire de Rumeling, occupés par la décharge publique de la commune de Savièse),
- les glaciers utilisés comme décharge sauvage (décharge de matériaux de construction d'un télésiège de la Société Glacier 3000 sur le glacier de Tsanfleuron, observation de E. Reynard).
- Bon nombre de gorges sont de vrais dépotoirs, comme peuvent en témoigner d'ailleurs les adeptes du canyoning.

Ces sites devraient non seulement être protégés, mais également assainis.

Les dunes de sable: un géotope éolien aujourd'hui disparu

Dans la plaine du Rhône fortement aménagée, les géotopes géomorphologiques, tout comme les biotopes, sont fortement menacés en l'absence de mesures de protection. Par exemple, les dunes de sable de la plaine du Rhône, qui étaient bien présentes dans la région du coude du Rhône, ont aujourd'hui totalement disparu. Il s'agit là probablement d'un cas unique de la disparition complète d'un géotope sur le territoire cantonal.

La mise en place de ces dépôts spectaculaires était due à la combinaison de la dynamique fluviale et des vents dominants. Aujourd'hui, de ces dunes de 15 à 20 mètres de haut, il ne reste rien. Le sable a servi à la

construction des digues du Rhône et au comblement des fossés et des marais (Werner 1994, p. 41).

Par analogie avec les espèces vivantes, ce type de géotope éolien est aujourd'hui « éteint » en Valais. Les petites dunes d'un mètre de haut tout au plus que l'on trouve aujourd'hui dans le Rottensand à Finges et qui constituent un biotope pour une entomofaune unique sont donc sans commune mesure avec celle du passé.

Valorisation

Valeur esthétique et paysagère

Nombre de géotopes géomorphologiques ont également une valeur esthétique et paysagère (valeur non scientifique). Ils ont de ce fait souvent une haute valeur touristique.

Valeur éducative, culturelle et scientifique: le Valais comme référence mondiale de la glaciologie

Les processus glaciaires méritent une mention spéciale pour deux raisons. Tout d'abord, ces processus ont fortement marqué le paysage valaisan. Ensuite, l'étude des processus glaciaires occupe une place de choix dans l'histoire des sciences puisque la glaciologie (théorie des glaciations développée par l'ingénieur valaisan Ignatz Venetz au début du XIX^{ème} siècle sur la base des observations du chasseur-cristallier Jean-Pierre Perraudin) est née en Valais, avec le Val de Bagnes comme champ d'observation. La glaciologie est l'une des rares sciences « inventées » en Suisse. Une valorisation a été réalisée par les autorités bagnardes (Maison Perraudin à Lourtier). On pourrait imaginer que le site de Giétro/Mauvoisin, siège de la catastrophe du Giétro en 1818, soit mieux valorisé également.

La découverte des glaciations alpines au cours du 19^{ème} siècle est l'une des plus belles découvertes de la géologie, amenant un bouleversement radical dans la perception du globe, de son histoire et de son climat. Le Valais est donc devenu par un heureux hasard une référence mondiale dans ce chapitre important de l'histoire des sciences et de l'histoire naturelle.

Une valorisation au niveau valaisan pourrait également être intéressante. Le projet de Maison de la glaciologie aux Haudères ainsi que le projet de création du centre d'accueil à Naters pour la région Patrimoine de l'UNESCO Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn, pourraient aller dans ce sens.

On pourrait également imaginer la mise sur pied d'un réseau de géotopes glaciaires (marge proglaciaire du Trient, de Ferpècle, gorges de la Gornera, Glacier d'Aletsch, Grotte glaciaire de la Furka, sandur du glacier du Rhône à Oberwald, Pyramides d'Euseigne, roches moutonnées de Finhaut, etc.) permettant de découvrir sur le terrain différents aspects liés à cette science.

Les géotopes géomorphologiques : un laboratoire à ciel ouvert pour les écoles

Nous avons déjà relevé le potentiel énorme de l'espace naturel valaisan pour l'enseignement des Sciences de la Terre (chap. 1.2). Les géotopes géomorphologiques sont certainement les plus intéressants à ce titre, en raison de leur diversité et surtout de leur activité. En effet, c'est en emmenant les élèves sur le terrain qu'ils comprendront l'activité d'un cours d'eau ou d'un glacier. A ce titre, la réalisation de **matériel didactique approprié** devrait être encouragée.

3.7 Géotopes hydrologiques et hydrogéologiques

Définition

Les géotopes hydrologiques et hydrogéologiques sont des sites dus à l'écoulement particulier des eaux de surface ou souterraines. Ils se confondent souvent avec les géotopes géomorphologiques fluviaux (cascades, gorges, cours d'eau à tresses, méandres, etc.) ou karstiques (émergences karstiques) ou encore spéléologiques (cours d'eau souterrains). Nous proposons de n'inclure dans cette catégorie que les sites où l'eau est vraiment l'élément dominant (dynamique, caractéristiques physico-chimiques).

Les **sources thermales, minérales et karstiques, ainsi que les pertes** sont des géotopes hydrogéologiques, les **cascades et cataractes** sont des géotopes hydrologiques, alors que les formes du relief subaérien ou souterrain créées par l'eau (gorges, réseaux souterrains) doivent au contraire être considérées comme des géotopes géomorphologiques ou spéléologiques.

Exemples

En raison du contexte géologique, plusieurs **sources thermales** existent en Valais, principalement en bordure des massifs externes (Val d'Illicz, St-Maurice-Lavey, Bovernier, Saillon, Saxon, Combioula (Borgne), Rawyl, Loèche-les-Bains, Lötschental, Brigerbad, Simplon, Furka) (CRSFA 1992, p. 3).

Certains sites ont une importance historique, notamment celui de Loèche-les-Bains, les éventuelles sources thermales de Bagnes, dont les bains ont donné le nom et l'emblème de la commune, ou encore les sources de Saxon.

D'autres ont été mis en évidence à la faveur du creusement de tunnels (Simplon, Rawyl).

Le Valais est également propice à la minéralisation des eaux, donnant naissance à des **sources minérales** de renom (eaux sulfatées des sources minérales d'Aproz). On peut citer également les eaux radioactives de Finhaut, ayant joué un rôle touristique important à une certaine époque.

Quant aux pertes et sources **karstiques**, elles sont foison dans les Hautes Alpes Calcaires. C'est le cas des sources de la Lizerne, des émergences karstiques de la Lienne sortant dans les parois qui dominent le barrage de Zeuzier ou encore la fameuse source de Glarey, à la frontière entre les communes de Conthey et de Savièse, qui valut aux deux communes un conflits de dix ans jusqu'au Tribunal Fédéral. Certaines sources sont associées à des dépôts de tuf du plus bel effet, comme dans la vallée de la Lienne où les sources sont issues de la moraine locale.

Le Lac souterrain de St-Léonard peut également être considéré comme un géotope hydrogéologique lié à la dissolution du gypse. Les pertes dans les roches du Trias de Torrenthorn et de Salanfe alimentent respectivement les sources thermales de Loèche-les-Bains et de Val d'Illicz (Wildberger & Preiswerk 1997, p. 66).

Certaines **cascades** méritent d'être considérées comme des géotopes. Certaines ont même joué un rôle prépondérant dans le développement du tourisme au 18^{ème} siècle ; elles ont par ailleurs été au centre de débats houleux entre protecteurs de la nature et du patrimoine et promoteurs de l'aménagement hydroélectrique des rivières du canton. C'est le cas de la cascade de la Pissevache à Vernayaz. De manière générale, la plupart des cascades ont perdu de leur ampleur en raison de la mise en valeur hydraulique des rivières et torrents du canton. D'autres sont maintenues en activité de manière artificielle pour des raisons touristiques (cascade de Fionnay) et sont de ce fait des géotopes artificiels. Contrairement au Rhin, le Rhône, en raison de son profil topographique, ne présente aucune cataracte.

Données existantes

Les données concernant les sources thermales ont été rassemblées systématiquement dans le cadre du programme Géothermoval (CRSFA 1992, Vuataz et al. 1993). Les données concernant les sources karstiques sont répertoriées par le Groupe spéléologique rhodanien (voir chapitre 3.8 Géotopes spéléologiques). Concernant les cascades et autres formes hydrologiques, aucun inventaire n'existe à notre connaissance.

3.8 Géotopes spéléologiques

Définition

Les géotopes spéléologiques sont des cavités (grottes et gouffres) et des réseaux souterrains présentant une valeur scientifique, géoécologique ou géohistorique particulière. Par définition, de nombreux géotopes spéléologiques se recoupent ou sont en liaison avec des géotopes géomorphologiques (karst superficiel) ou hydrogéologiques (pertes, émergences). Ils peuvent également contenir des géotopes stratigraphiques (dépôts quaternaires, spéléothèmes).

Exemples

Le Valais est particulièrement riche en cavités et réseaux souterrains, dans les massifs **calcaires** (réseau du Poteu, Rawyl, Sanetsch, grotte aux Fées à St-Maurice) et dans le **gypse** (Crête de Vaas, Lac souterrain de St-Léonard, dolines de Nax, Tsavolire et Chermignon).

Certaines grottes présentent des records de développement (Grand Cor - Poteu, la plus grande percée hydrogéologique de Suisse et l'une des plus grandes du monde, 2200 m de dénivellation), de température (Grand Cor - Poteu, une des cavernes les plus chaudes de Suisse) ou d'ancienneté (Ténéhet, datée de $480'000 \pm 100'700$ BP).

Les gouffres du Grand Cor, de la Chezette, le Gouffre Z2 des Cornettes de Bise, le Gouffre No 5 du Lapi di Bou (Sanetsch) sont parmi les plus grands de Suisse (Wildberger & Preiswerk 1997, p. 75).

Certaines cavités sont riches en **spéléothèmes** (grotte des Chamois, Leukerbad). La grotte des Pingouins dans le Lapis di Bou (Sanetsch) contient de la **glace souterraine** et la grotte du Jungfrauoch est située dans le **pergélisol** à 3475 mètres, tout comme la grotte du Rinderhorn, à 3060 m (Wildberger & Preiswerk 1997, p. 152).

On peut également considérer les **grottes glaciaires**, qui se développent dans les zones d'ablation des glaciers, comme des géotopes spéléologiques (glacier du Gorner et d'Oberaletsch (Wildberger & Preiswerk 1997, p. 190), portail glaciaire du glacier de Zinal, qui fait l'objet de visites guidées durant la saison hivernale, cavités au front du glacier de Tsanfleuron). Par essence, ces géotopes sont éphémères et particulièrement vulnérables pour des raisons naturelles. Il faut également citer les cavités artificielles creusées dans les glaciers (grotte du glacier du Rhône à la Furka, Allalin, Saas Fee,).

On peut signaler également les **grottes de marbre** du Zwischbergental, près de Gondo. Quant au **lac souterrain** de St-Léonard, c'est une cavité unique par la présence d'un lac. Le Haut-Valais est relativement pauvre en cavités.

Certaines cavités sont partiellement ou totalement **artificielles** (grotte aux Fées, fortifications militaires). D'autres ont un intérêt **archéologique** (abris sous-roche de Collombey, Tanay, Poteu) ou constituent des **habitats** pour des espèces de chauves-souris (Combioule, Crête de Vaas, etc.). Relevons que la grotte de la Crête de Vaas a aussi un intérêt **paléoclimatique** important, car elle recèle en son sein des blocs de roches cristallines provenant du glacier du Rhône (Wildberger & Preiswerk 1997, p. 188).

Données existantes

Dans le cadre des travaux préparatoires à l'Inventaire des géotopes d'importance nationale, la Société Suisse de Spéléologie (SSS) a été priée de définir quelles cavités méritaient une protection. La SSS a ainsi rédigé un *Concept pour l'évaluation de la valeur, la vulnérabilité, la menace et le*

besoin de protection des grottes suisses (géotopes spéléologiques) (Bitterli, 1997). Parallèlement a été constitué un groupe de travail « Géotopes », formé de membres des commissions « protection des cavernes », « scientifique » et « documentation », qui a élaboré une démarche spécifiquement adaptée à la détermination des géotopes spéléologiques de Suisse.

En plus des critères proposés par le Groupe suisse pour la protection des géotopes (rareté, intégrité, valeur en tant que témoins de l'histoire de la Terre, valeur didactique, valeur culturelle et historique), le groupe Géotopes de la SSS a réfléchi à divers problèmes relatifs à l'évaluation et à la protection des géotopes spéléologiques, tout particulièrement :

- L'évaluation concerne en général une cavité naturelle dans son ensemble. Dans certains cas, il est envisageable de ne considérer qu'une **partie de la cavité** (en particulier pour limiter les incursions humaines dans certaines parties particulièrement vulnérables).
- Le problème de la liaison entre les cavités et le **karst superficiel** (la protection d'une cavité passe souvent par une protection d'un lapiasz). Dans les régions particulièrement riches en cavités, il peut être envisageable de protéger la région entière comme un seul géotope.
- Les cavités qui ne présentent pas une valeur spéléologique particulière, mais qui ont clairement une autre valeur (hydrogéologique, archéologique, paléontologique, biologique, morphologique) ne sont pas considérées comme des géotopes spéléologiques mais sont signalées aux spécialistes des disciplines concernées.

Sur cette base, la SSS a réalisé un inventaire systématique sur l'ensemble de la Suisse. Il faut relever que c'est le seul groupe organisé de scientifiques et d'amateurs spécialistes des sciences de la Terre qui ait proposé une liste établie sur la base de critères rationnels et d'un inventaire systématique. En Valais, 7 cavités ont été sélectionnées comme géotopes d'importance nationale (tableau 1).

Géotope	Lieu	Particularités
Grotte des Chamois	Gemmi, Leukerbad	Concrétions (excentriques)
Réseau des Pingouins	Lapis di Bou, Sanetsch	Glacier souterrain
Grand Cor – Poteu	Fully – Saillon	Développement vertical 2200 m Record suisse
Ténéhet	Rawil, Ayent	Une des plus anciennes grottes de Suisse, 480'000 ± 100'700 BP
Lac souterrain Jungfrauoch	St-Léonard	Lac souterrain dans le gypse
Crête de Vaas	Jungfrauoch Granges	Grotte dans le pergélisol, 3470 m Réseau dans le gypse

Tabl. 1 *Liste des géotopes spéléologiques d'importance nationale proposés par la Société Suisse de Spéléologie.*

En Valais, une commission « Patrimoine » a été créée en 2002 au sein du Groupe spéléologique rhodanien (responsable : P. Tacchini, Sierre), dont

L'objectif premier est la sauvegarde de l'intégrité des cavités. Le Groupe Spéléologique rhodanien (GSR) est le dépositaire de la documentation concernant les grottes du Valais.

Un **inventaire des cavités**, regroupant environ 300 cavités, a été réalisé par le GSR. Il est déposé chez le responsable « Patrimoine » ainsi qu'à la Médiathèque Valais à Sion. Une fiche technique et un plan, parfois numérisé, de chaque cavité sont en cours de réalisation. Le GSR a également réalisé un pré-inventaire dans le cadre de la préparation des géotopes spéléologique pour l'inventaire national de l'ASSN (1999). Par ailleurs, des cartes de distribution des principales cavités ont été publiées par Wildberger & Preiswerk (1997). Cet ouvrage décrit aussi en détail les grottes et réseaux du Grand Cor, Poteu, St-Léonard, Crête de Vaas, Rinderhorn, Glacier du Gorner et d'Oberaletsch.

L'Institut Suisse de Spéléologie et de Karstologie (ISSKA, responsable: P.-Y. Jeannin) à La Chaux-de-Fonds possède également une riche documentation sur les cavités du canton.

Atteintes et menaces

Les géotopes spéléologiques sont soumis à différentes menaces, parmi lesquelles (Bitterli 1997, p. 3-4) :

- Les risques de **pollution** (la doline de Chermignon obstruée par des déchets d'hôpitaux, le gouffre de Pra Combeyre, aux Rousses (Anzère), rempli de carcasses d'animaux, certaines dolines de Tsantoneire (Ovronnaz) obstruées de déchets de câbles liés à la construction d'un télési). Par contre, la pollution des eaux souterraine est plutôt du domaine de la protection des eaux. Le GSR et l'ISSKA aimeraient réaliser un inventaire des sites pollués (comm. orale P. Tacchini).
- Les risques liés à la **pénétration dans les grottes** sont les plus importants. Ils concernent principalement les dégâts à la valeur esthétique et scientifique par contact, destruction et remaniement des sédiments, les impacts liés à des feux ou l'utilisation des torches, les dépôts d'ordures, de carbure, de fèces, le tort à la faune (chauves-souris) et à la flore, la pollution des eaux, la modification du climat des grottes, les graffitis et la collecte de souvenirs.
- Les **menaces provenant du contexte**, parmi lesquelles la décharge d'ordures ménagères, la perte d'eaux polluées, le comblement, le dépôt de matériaux inertes, la menace par d'autres activités humaines, telles que la création de carrières (cas de la grotte de la Crête de Vaas menacée par l'extension de la carrière de Granges).

Dans ce dernier cas, le GSR a déposé une opposition à cette extension. Grâce à l'inscription de la cavité à l'inventaire national de l'ASSN, le GSR a pu étayer son opposition. Il a bon espoir que le problème se résolve par la négociation (comm. orale de C. Lathion).

Afin de limiter les risques relatifs à la destruction par des personnes ayant peu de connaissances scientifiques, les spéléologues préfèrent que certains sites de grande valeur restent relativement confidentiels. Afin de sensibiliser le public au problème de la protection des cavernes, la SSS a publié une brochure intitulée *Cavernes. Monde fragile* (SSS 2002).

A ces menaces liées aux activités humaines, il faut ajouter les menaces provenant de dangers naturels (effondrements, obstructions, inondations), dont la fermeture actuelle du Lac souterrain de St-Léonard est l'expression la plus flagrante.

Valorisation

Plusieurs sites spéléologiques font l'objet d'une mise en valeur touristique de masse (lac souterrain de St-Léonard, grottes glaciaires, grotte aux Fées) ou plus spécialisées (explorations spéléologiques au Poteu, à la Crête de Vaas ou à Tsanfleuron). Certaines grottes touristiques ont fait l'objet d'une vulgarisation concernant leur origine géologique (www.swissgrottes.ch).

3.9 Géotopes géohistoriques

Définition

Par géotopes géohistoriques, on considère autant des sites de découvertes clés dans l'**histoire des sciences de la Terre** que des lieux historiques d'**exploitation des ressources géologiques**.

Dans la première catégorie, on pourrait retrouver le pli de Saussure dans la cluse de l'Arve à l'amont de Genève, qui est le site où Horace Benedict de Saussure a eu le premier l'intuition de la déformation plastique des roches, à la base du concept de nappe de charriage qui s'est imposé depuis, ou le Haut Val de Bagnes, qui fut le cadre des observations pionnières de Jean-Pierre Perraudin sur les anciennes extensions glaciaires et qui peut ainsi être considéré comme le berceau de la théorie des glaciations.

Dans la seconde catégorie sont regroupées les mines et carrières qui témoignent de l'histoire industrielle et minière dans le canton.

Les mines

Les mines du Mont Chemin, de Siviez et de Bruson

Des minerais comme le fer sont exploités depuis fort longtemps. Le Mont Chemin est le plus ancien site minier du Valais attesté par des fouilles et des datations. Des travaux récents (non publiés, comm. pers. de S. Ansermet) montrent que les romains ont exploité le plomb (galène argentifère) des mines de Siviez dans la région de Nendaz. Les mines

d'argent de Bruson exploitées à l'époque médiévale ont servi à frapper les premières pièces d'argent du canton.

Le Valais riche en mines pauvres

« Le Valais est riche en mines pauvres ». En réalité, le Valais possède des gisements petits mais très riches. Ces mines pourraient même être rentables si elles étaient exploitées de manière semi-artisanale en évitant d'effectuer des investissements coûteux (S. Ansermet, comm pers).

Données existantes

Mines: un riche patrimoine historique

Le Valais a un patrimoine minier très riche (nickel, plomb, cobalt, cuivre, argent, or, fer, fluorine, charbon, uranium). L'histoire des mines du canton du Valais est bien documentée et a fait l'objet de nombreuses publications.

Un important travail d'inventaire a été réalisé par le Centre de recherche sur l'environnement alpin CREALP, en collaboration avec la Commission géotechnique suisse. La feuille 2 Valais – Oberland bernois de la *Carte des matières minérales de la Suisse* (Cavalli et al. 1999) fournit un inventaire exhaustif et informatisé sur :

- Les gisements métallifères (mines et indices: 900 gisements recensés)
- Les minéraux industriels
- Les matières premières énergétiques (uranium et charbon)

La Fondation B. & S. Tissières à Martigny dispose également de nombreuses informations sur l'exploitation minière du canton.

Atteintes, menaces

La gestion du patrimoine minier est complexe car elle concerne à la fois le patrimoine géologique archéologique et biologique.

Récolte d'espèces minérales et de minerais

Les minéraux et les minerais sont récoltés facilement sur certains sites accessibles, par exemple les mines des Trappistes à Sembrancher. D'autres endroits inaccessibles sont restés relativement préservés à ce jour, par exemple les mines alpines de cobalt et de nickel dans le Turtmantal localisées à plus haute altitude.

De nombreux spécialistes considèrent cependant que la récolte d'échantillons n'est pas une menace car les éléments minéraux ne sont pas menacés de disparition, à l'inverse d'une espèce animale ou végétale dont l'aire de distribution est restreinte et la population limitée. D'autres considèrent qu'une surfréquentation de certaines mines peut conduire à des dégradations et au pillage des minéralisations dont certaines mines

sont pourvues. Ces minéralisations disparaissent ainsi dans des collections privées sans valorisation scientifique possible.

Disparition des installations, vandalisme

Sur certains sites, les installations de l'exploitation sont encore présents. Malheureusement, ce patrimoine disparaît peu à peu car les bâtiments ne sont plus entretenus et subissent des actes de vandalisme. C'est le cas par exemple de la mine de Praz Jean dans le Val d'Hérens où les bâtiments construits en bois de mélèzes constituent un patrimoine unique en Suisse. Une intervention urgente serait nécessaire pour sauver ce patrimoine historique.

Mines et espèces animales

Certaines mines servent de sites d'hivernage de substitution pour les chauves-souris ou de gîte de repos temporaire en période de chasse nocturne. Ces mines assument donc aussi une fonction écologique. Par exemple, une espèce rare comme le Grand Rinolophe hiberne fréquemment dans les mines (mines d'Aproz par ex.). Une obstruction de l'accès aux galeries constitue donc une menace pour cette espèce. Arlettaz et al. (1993) ont donné des instructions très précises sur la manière de murer l'entrée d'une galerie afin de sécuriser ces sites sans nuire au va-et-vient des chauves-souris.

Valorisation

Exploitation scientifique

Les mines constituent aussi un important domaine de recherche pour les scientifiques. Cependant, les mines sont des propriétés privées, ce qui ne facilite pas toujours l'accès à la ressource. Les scientifiques souhaitent également que l'on évite les dispositions légales trop contraignantes, qui rendent leurs travaux de recherche encore plus difficiles.

Valeur éducative et touristique

Ce type de géotope a un excellent potentiel de valorisation (exploitation touristique des mines abandonnées, valeur éducative). Mis à part l'histoire de l'exploitation minière, certaines mines permettent aussi d'expliquer la formation des Alpes. C'est une valorisation touristique supplémentaire. Ainsi, les mines de cuivre du Turtmantal et du Val d'Anniviers permettent d'expliquer l'origine océanique du cuivre (paléogéographie).

Le tourisme valaisan pourrait certainement mieux tirer profit d'un passé minier aussi riche. A ce jour, seuls trois sites sont mis en valeur et accessibles au public. Il s'agit du Sentier des Mines du Mont Chemin, de la mine de La Lée dans le Val d'Anniviers et du Musée de l'or de Gondo. D'autres projets sont en cours de réalisation (P. Tissières, comm. pers.)

Reprise commerciale de l'exploitation

Certains spécialistes pensent qu'une reprise de l'exploitation de manière semi-artisanale serait tout à fait rentable.

Carrières et gravières

Le Valais a et fait toujours l'objet d'une exploitation intensive de la roche et des sédiments quaternaires. Une bonne partie des gravières et carrières n'offre aucun intérêt géohistorique. Certaines ont toutefois une valeur en tant que patrimoine historique. C'est le cas des carrières de **Pierre ollaire**, telles que celle de **Bonatchiesse**, encore sporadiquement en activité (Delacretaz 1996, p. 35) ou celles de la région d'**Evolène** (Pfeifer 1991).

Les plus grandes **gravières** actuelles sont situées à Port-Valais (delta du Rhône), Collonges (alluvions du Rhône), Conthey (moraines et fluvio-glaciaire local et rhodanien), Sion (alluvions), Grône (moraines et alluvions), Salgesch (alluvions) (Kündig et al. 1997, p. 133).

Parmi les **carrières**, certaines sont exploitées pour les caractéristiques géotechniques particulières de leurs roches (Serpentinites d'Ulrichen, Vert de Salvan (conglomérat), Rouge de Collonges (conglomérat), Vert d'Evolène (roches vertes), Vert de St-Nicolas (quartzites), quartzites de St-Léonard, gneiss d'Oberwald, Rouge de Collombey (calcaire), Cipolin vert de Saillon (calcaire), Dalles de Sembrancher (calcaire), Grès des Carrières de Massongex (grès), marbre de Saillon (Kündig et al. 1997, p. 243 ss.). La **carrière de Granges** exploite le gypse au moins depuis le 15^{ème} siècle (certains marbres de la Cathédrale de Sion, construite entre 1470 et 1511 proviennent de cette carrière).

Données existantes

Le Service de l'environnement de l'Etat du Valais tient un registre des carrières et gravières en activité. La Commission géotechnique suisse a publié en 1997 un inventaire – agrémenté de nombreuses cartes – des ressources minérales exploitées de Suisse qui recensent les principales carrières et gravières de Suisse (Kündig et al. 1997). Il y apparaît que le canton du Valais n'a pas de tuilleries, ni de marnières. Les principales gravières sont situées dans les dépôts de matériaux tardiglaciaires des vallées latérales de la rive gauche (Orsières, La Lurette) et au débouché de certaines vallées latérales de la rive droite, ainsi que dans la nappe alluviale du Rhône. En 1994, le canton avait 89 gravières et 32 carrières en activité (Kündig et al. 1997, p. 123-124). L'ouvrage publie également de nombreuses données historiques, notamment une liste des carrières ouvertes vers 1945 (p. 254).

Atteintes, menaces

Ce type de géotopes est « menacé » principalement par la fermeture de l'exploitation et la couverture des affleurements, voire son utilisation

pour le dépôt de matériaux. La Commission Géotechnique Suisse préconise donc qu'en cas de revitalisation de gravières ou de carrières, il soit tenu compte d'éventuels affleurements de valeur et qu'ils soient préservés à ciel ouvert, ou au moins qu'ils fassent l'objet d'une documentation avant la couverture, à l'image des fouilles archéologiques d'urgence (Kündig et al. 1997, p. 465).

Valorisation

Certaines carrières historiques pourraient faire l'objet d'une valorisation touristique (carrière de Bonatchiesse, notamment en relation avec le musée de la pierre ollaire qui ouvrira ses portes à Champsec l'an prochain, carrière d'ardoises de Sembrancher et de Vollèges-Levron, etc.). Certaines carrières et gravières en activité pourraient faire l'objet d'une valorisation éducative sur le modèle de ce qui a été réalisé en Thurgovie.

3.10 Géotopes géoculturels

Définition

Sous ce terme, nous regroupons tous les sites géologiques et géomorphologiques ayant, en raison de leurs caractéristiques naturelles, joué **un rôle particulier pour l'Homme au cours de son histoire**. Ces géotopes n'ont pas forcément une valeur intrinsèque pour les sciences de la Terre. C'est leur utilisation par l'Homme qui leur donne de la valeur.

Exemples

Sites archéologiques

Les meilleurs exemples de ce type de géotopes ont été donnés par les découvertes archéologiques. On citera tout d'abord les **abris sous roche** de Châble-Croix (Collombey), Alp Hermettji (Zermatt) et Sur les Creux (Tanay) (Morand 1986, Curdy & Praz 2002). Leur forme ne les distingue pas des multiples abris sous roche que le canton recèle ; ils acquièrent une valeur de géotopes géoculturels par le fait qu'ils aient été occupés par l'Homme à un moment de son histoire. Certains sommets de **collines** contiennent également des vestiges archéologiques (colline du Kastell à Zeneggen, colline des Fourches à Sembrancher) (Morand 1986, p. 37).

Pierres à cupules

Les Alpes valaisannes recèlent un grand nombre de pierres à cupules ou à écuelles. « Cette densité pourrait s'expliquer par la proximité de supports potentiels : parois rocheuses au poli glaciaire, blocs erratiques, etc... » (Morand 1986, p. 136). Ces rochers peuvent être des blocs erratiques, des affleurements de roches moutonnées, des blocs éboulés, des blocs amenés par des cours d'eau, etc. La pierre à cupules de

Hubelwäng (Zermatt, 2000 m) a été datée au ^{14}C de 4200 ± 60 ans av. J.-C (Schneebeili & Röthlisberger 1976, p. 126). D'autres sites connus dans les vallées latérales sont situés à Salvan (Blain 2002), au Pas-du-Lin (Le Levron), à l'alpage Cotter (Evolène, Spahni 1949), à Grimentz (Krafft 1911, Morand 1986, p. 136), à Zinal (Marietan 1940), etc.. Des pierres à cupules ont également été découvertes dans la vallée du Rhône, à Tourbillon (Sion), à la Crête des Barmes à St-Léonard et sur la colline du Heidnischbühl à Rarogne. Les gravures rupestres sont par contre rares en Valais (Morand 1986, p. 136).

Anciens cols

Certains chemins alpestres ne sont plus utilisés en raison du recul ou de l'avancée de glaciers. Leur existence est étroitement dépendante des fluctuations glaciaires (cols de Théodule, Collon).

Châteaux, sites fortifiés, églises

De multiples châteaux et sites fortifiés (Donnet & Blondel 1982) sont situés sur des objets géologiques ou géomorphologiques particuliers. Il s'agit souvent de verrous transversaux (Valère, Tourbillon, Saillon, Saxon, La Bâtiaz), de verrous longitudinaux (Montorge, La Soie), de parois rocheuses (forts de Savatan, St-Maurice, Champex), de collines quaternaires (Géronde, Vex). De nombreuses églises et monuments religieux sont également bâtis sur des promontoires, tels que les collines de l'éboulement de Sierre (couvent de Géronde, église de Granges), verrous (Valère, Christ-Roi à Lens). D'autres sont partiellement enterrées dans des dépôts torrentiels ou alluviaux (cathédrale de Sion, dans le cône de déjection de la Sionne, église romane de St-Pierre-de-Clages, dans le cône de déjection de la Losentse).



Photo 7 *Les collines de Valère et Tourbillon : un exemple de géotope géoculturel (cliché : E. Reynard).*

Grotte aux Géants, Saillon

Un instituteur saillonin, M. Claudy Raymond, a récemment découvert que cette source d'eau chaude a été à l'origine d'un fameux tableau de Courbet, « Paysage fantastique aux roches anthropomorphes » (voir l'article du *Temps*, 19.7.2002). En ce sens, ce site est un géotope géoculturel.

Données existantes

Il n'existe pas à l'heure actuelle d'inventaire de ce type de sites. De plus, ces derniers ont généralement été étudiés par des historiens ou des archéologues, et les données relatives au site naturel sont souvent peu développées.

Atteintes, menaces

Seuls les sites archéologiques et les pierres à cupules pourraient être victime de dégradation ou de destruction..

Valorisation

Ces sites pourraient faire l'objet d'une valorisation historique au sens large, tenant compte de la géohistoire (histoire de la formation du site), de la préhistoire et de l'histoire y compris l'histoire naturelle. Les châteaux et sites fortifiés sur verrous glaciaires se prêteraient bien à une telle valorisation.

3.11 Géotopes et risques naturels

Inscription de géotopes dangereux à un inventaire?

Les formes de dépôt ou d'érosion liées à des processus gravitaires sont par nature génératrices de phénomènes d'instabilité et donc de risques naturels (éboulement, glissement de terrain, niche d'arrachement, chutes de pierres sur un éboulis, chenaux d'écoulement et dépôts de lave torrentielle, méandres créés par la divagation d'un cours d'eau lors d'une crue, etc.). On peut se demander pourquoi inscrire un tel objet géologique / géomorphologique à un inventaire. Cela revient à se poser la question du sens à donner à cet inventaire. Si l'inventaire est une liste d'objets remarquables, les mesures étant adaptées à chaque cas, l'inscription se justifie pleinement. Si, en revanche, la mise à l'inventaire implique un statut de protection, elle entre alors en conflit avec la gestion des risques naturels et serait en conséquence perçue fort négativement par les populations concernées.

Exemple: intérêt scientifique et éducatif

L'éboulement historique de Randa en 1991 est aujourd'hui un site de référence scientifique connu au niveau international. Les nombreuses études effectuées en font un cas d'école.

Ramuz a raconté l'éboulement historique de Derborence qui s'est produit au 19^{ème} siècle. A ce titre, ce lieu est inscrit dans la mémoire collective et fait aussi partie du patrimoine culturel des valaisans.

Les collines de l'éboulement préhistorique de Finges constituent également un géotope remarquable puisqu'elles témoignent d'un événement catastrophique énorme dans un passé relativement proche (quelques milliers d'années).

L'étude de l'iconographie des manuels scolaires montrerait certainement que l'Illgraben et son énorme cône de déjection sont connus de tous les écoliers suisses.

Utile pour asseoir une "culture du risque"

Ces géotopes actifs témoignent que les changements géologiques et géomorphologiques se produisent non seulement de manière graduelle mais que la nature du changement est parfois catastrophique et brutale. Cette dichotomie constitue d'ailleurs un des paradigmes les plus importants à comprendre en sciences naturelles.

Mis à part leur intérêt scientifique pour une meilleure compréhension des processus d'instabilité, ils ont aussi un intérêt éducatif évident. Le contexte actuel – successions rapprochées de multiples catastrophes naturelles et discussions médiatisées autour des changements climatiques et de leurs impacts - crée une forte demande du public pour une meilleure compréhension des risques naturels. Les gestionnaires des dangers naturels relèvent d'ailleurs souvent la perte d'une « culture du risque » ancestrale. Dans ce sens, ces géotopes ont un rôle important à jouer puisqu'ils permettent au public d'observer les processus à l'œuvre et d'être sensibilisés à la problématique de la gestion des risques dans un environnement alpin instable.



Photo 8 L'éboulement de Randa : ce site doit-il être inscrit à un inventaire des géotopes pour rappeler que les changements géologiques peuvent être catastrophiques et brutaux ? (cliché : C. Lambiel, IGUL).

Des géotopes à protéger?

Ces géotopes ne sont pas menacés en tant que forme. Il n'est également pas question d'empêcher des mesures de stabilisation pour des raisons de sécurité évidente. De plus, ces mesures font partie intégrante du géotope et participent à son histoire. Une mise sous protection n'a évidemment aucun sens et entrerait en conflit immédiat avec la gestion des dangers naturels. Remarquons toutefois que des zones de protection de la nature et/ou du paysage d'importance communale ou cantonale telles que définies dans certains plans d'affectation communaux intègrent parfois des terrains improductifs et instables. C'est le cas par exemple de tout le bassin de réception de l'impressionnant et magnifique système torrentiel du Merdenson (communes de Bagnes et de Vollèges).

Mesures de protection contre les dangers

S'il est vrai que les mesures actives de protection contre les dangers naturels vont en général à l'encontre d'une conservation du géotope, les mesures passives (aménagement du territoire) peuvent au contraire la renforcer. La définition de zones de danger peut ainsi contribuer à préserver des espaces de liberté pour des phénomènes actifs (exemple: zone d'épandage sur un cône de déjection de laves torrentielles), favorisant ainsi la biodiversité par la même occasion (voir chapitre 3.12 Géotopes, biotopes et biodiversité).

3.12 Géotopes, biotopes et biodiversité

Fonction écologique

La géologie et les formes du relief (dépressions, collines, fissures, lithologie des dépôts, parois rocheuses) constituent la base de tous les biotopes (photo 9). Il existe donc un lien génétique entre le biotope et le géotope, par exemple un marais barré par une moraine ou situé dans un ombilic à l'amont d'un verrou (Bas-marais du Val de Réchy), ou une paroi rocheuse abritant une faune rupicole rare et diverse (immense paroi calcaire du Haut-de-Cry sur Chamoson où gîtent des molosses de Cestoni et où nichent le martinet à ventre blanc, le hibou grand duc, le faucon pèlerin, le merle bleu etc). Le géotope a donc une importante fonction écologique à jouer.

Certains géotopes (marges proglaciaires) permettent également à la végétation pionnière de s'installer. C'est le cas de la colonisation des marges délaissées par le glacier d'Aletsch qui permet aux botanistes d'étudier la dynamique de la végétation (Curdy & Praz 2002, p. 29). C'est le cas également des zones de dépôts d'avalanches, éboulements, glissements de terrain ou zones alluviales.

Maintien ou restauration de processus dynamique pour conserver un paysage vivant

Les géotopes actifs créent des milieux changeants et instables qui favorisent des espèces spécialisées ou pionnières (milieux alluviaux). La dynamique des versants (laves torrentielles, éboulis) créent des ouvertures dans la forêt, permettant ainsi la mise en place d'une mosaïque d'habitats. Cette dynamique joue donc un rôle important dans l'accroissement de la diversité spécifique.

Par exemple, des éboulis en activité empêchent la forêt de s'installer et permettent ainsi le maintien de milieux ouverts. Des travaux peuvent stopper cette dynamique. Les talus d'éboulis des Follatères situés au pied du coteau étaient actifs avant l'endiguement du Rhône au siècle passé. Le fleuve impétueux affouillait ces éboulis sur le pied du versant et maintenait ainsi la dynamique de l'éboulis, alimentés par des falaises en déséquilibre depuis le retrait du glacier du Rhône. Du fait de l'endiguement, les éboulis se sont aujourd'hui stabilisés et la forêt gagne peu à peu du terrain sur ces milieux ouverts (Stuber 1997).



Photo 9 Les bas-marais d'Essertse : un biotope dont l'existence est étroitement dépendante du contexte géologique (présence de calcschistes imperméables) (cliché : C. Lambiel, IGUL).

La survie de nombreuses espèces menacées dépend du maintien ou de la restauration d'une dynamique naturelle. Un paysage aux processus actifs est un paysage vivant, en évolution. En maîtrisant sa dynamique naturelle, on stabilise au contraire le paysage et on le fait mourir lentement. La mise sous protection de marges proglaciaires dans le cadre de l'inventaire IGLES afin de laisser la dynamique naturelle s'exprimer ou encore le projet de restauration de la dynamique du Rhône dans le cadre de la 3^{ème} correction sont des initiatives qui vont dans la bonne direction car elles laissent le champ libre aux processus dynamiques.

Nécessité d'intervention sur les processus dynamiques pour sauver des milieux rares et uniques

Les processus dynamiques n'engendrent pas seulement des milieux naturels, mais en font également disparaître (processus d'atterrissement d'un lac, processus d'érosion d'un littoral lacustre). Par exemple, pour pallier l'absence d'un renouvellement naturel, il devient parfois indispensable d'entraver les processus d'atterrissement naturel dans des

bas-marais ou des hauts-marais ou de lutter contre l'érosion d'un littoral.

3.13 Géotopes et paysage

Dans le Canton du Valais, le paysage naturel n'existe, à de rares exceptions près, qu'en altitude ou dans des sites escarpés, là où les activités humaines sont limitées. Partout ailleurs, le paysage est la résultante des dynamiques naturelles et humaines.

Nous avons vu que certains types de géotopes comme les géotopes structuraux (pli, sommet) sont des éléments marquants et structurant du paysage. La gestion de ces sites relève donc d'une problématique paysagère (voir chapitre 3.1 « Géotopes structuraux », « une problématique paysagère »).

Dans d'autres cas, il s'agit généralement de géotopes de grande dimension ; l'intérêt du géotope est accru par son intégration dans un ensemble paysager remarquable. Le géotope a une valeur propre et réclame des mesures en tant que tel mais il ajoute aussi une signification au paysage. Les géotopes géomorphologiques remplissent souvent cette fonction paysagère de par leur côté spectaculaire et esthétique (Pyramides d'Euseigne) ou comme élément constitutif du paysage, intégré dans un ensemble plus vaste (un complexe de moraines dans un imposant cirque glaciaire).

3.14 Géotopes et archéologie

Comme nous l'avons vu (voir chapitre 3.10 « Géotopes géoculturels », « Sites archéologiques » et « pierres à cupules »), certains géotopes relèvent de la protection de sites archéologiques: abris sous roche et grottes occupées par l'homme préhistorique, gravures sur des affleurements rocheux. A l'instar des Grisons et du Val d'Aoste, les roches gravées et les roches à cupules abondent en Valais. Les hommes préhistoriques ont utilisé les nombreux supports potentiels à disposition: parois rocheuses au poli glaciaires, blocs erratiques, roches moutonnées, etc. Dans ce sens, la protection des sites archéologiques rejoint celles des géotopes.

4. Les géotopes dans les espaces protégés valaisans

Il n'existe pas en Suisse une législation spécifique à la protection des géotopes (Jordan 1999).

En Valais, leur protection est partiellement assurée par la nouvelle *Loi sur la protection de la nature, du paysage et des sites* du 13 novembre 1998 (RS 451.1), qui prévoit en son article 7 de protéger notamment, comme objets de protection de la nature, « les minéraux rares ou menacés » et « les sites se distinguant par leur diversité biologique, leur flore, leur faune ou leur géologie », ainsi que, comme objets de protection du paysage, « les espaces reconnus pour leur beauté, leur particularité topographique, géologique ou leur diversité naturelle ».

L'Etat est responsable de réaliser des inventaires d'objets dignes de protection (art. 8). Parmi ces objets figurent les curiosités naturelles, c'est-à-dire « les formations géologiques ainsi que les éléments dignes de protection relevant de l'histoire naturelle ou de l'esthétique paysagère » (art. 19). L'*Ordonnance sur la protection de la nature, du paysage et des sites (OcPN)* du 20 septembre 2000 prévoit uniquement que les curiosités naturelles classées soient « reportées à titre indicatif dans les plans d'affectation des zones communaux » (art. 26). Dans la législation cantonale, également, il n'est donc pas fait mention explicitement de la protection des géotopes.

Toutefois, certains géotopes font parfois l'objet d'une protection légale soit par un arrêté de classement cantonal, soit en raison de leur inscription dans un inventaire fédéral ou international. Certains géotopes sont également protégés au niveau communal (inscription comme zone protégée dans le plan d'affectation des zones). En général, ces géotopes ne sont pas reconnus en tant que tels, les périmètres de protection cherchant plutôt à protéger un biotope de valeur ou des valeurs naturelles ou paysagère ou encore des espèces. La protection de ces géotopes relève donc plutôt du hasard et de la « chance ».

Cette section a pour objectif de préciser quels géotopes font déjà l'objet d'une protection légale.

4.1 L'inventaire national des géotopes

Comme nous l'avons relevé en introduction, cet inventaire n'a aucune force légale. L'inscription d'un objet à cet inventaire ne lui donne aucune protection. Toutefois, il s'agit d'un inventaire réalisé sur la base d'avis d'experts et étant l'aboutissement d'un processus de sélection assez rigoureux. Si l'inventaire n'est ni exhaustif ni suffisant pour un inventaire des géotopes valaisans, on peut en revanche considérer que **les objets inscrits à cet inventaire sont dignes de protection**. Tout inventaire des géotopes du Valais devrait donc les intégrer.

L'inventaire national a retenu 37 géotopes en Valais (dont 2 sont partagés avec le canton de Berne) (ASSN, 1999). On note que 15 objets sont inclus dans des périmètres de l'IFP.

N°	Nom	Localisation	Brève description
1	Glacier d'Aletsch	Aletsch	Plus grand glacier d'Europe, IFP 1706
2	Petersgrat-Kanderfirn		Paysage glaciaire récemment déglacé
3	Glacier du Rhône	Vallée de Conches	Front du glacier, marge glaciaire, IFP 1710
4	Grotte Jungfraujoch	Aletsch	Grotte dans le permafrost, IFP 1706
5	Furggentaelti	Gemmi	Vallon périglaciaire, site expérimental
6	Loèche-les-Bains	Loèche-les-Bains	Sources thermales
7	Grotte des Chamois	Gemmi	Grotte avec spéléothèmes (excentriques)
8	Grube Leggenbach	Binntal	Site de découverte de 22 nouveaux minéraux ; recherche scientifique depuis 200 ans, IFP 1701
9	Goppenstein	Lötschental	Mine de plomb et zinc, IFP 1706
10	Ténéhet	Rawyl	Réseau karstique souterrain ancien
11	Massaschlucht	Aletsch	Gorge, région riche en minéraux
12	Lapis di Bou	Sanetsch	Réseau karstique avec grotte englacée
13	Jolital	Jolital	Vallée glaciaire suspendue, IFP 1706
14	Tsanfleuron	Sanetsch	Karst superficiel récemment déglacé
15	Eroulement de Sierre	Sierre	Eroulement tardiglaciaire, seul Tomalandschaft de Suisse avec Flims, IFP 1716
16	Eroulement Derborence	Derborence	Eroulement calcaire formant un lac et une forêt vierge, IFP 1713
17	Illgraben	Agarn	Prototype du torrent de montagne, IFP 1716
18	Crête de Vaas	Granges	Plus grande grotte dans le gypse de Suisse
19	Lac souterrain St-Léonard	St-Léonard	Grotte et lac souterrain dans le gypse
20	Blocs erratiques Monthey	Monthey-Collombey	Groupes de blocs erratiques, dont le plus volumineux des Alpes (Pierre des Marmettes)
21	Carrière de Leytron	Leytron	Carrière d'ardoises à bélemnites
22	Gondo	Gondo	Filons aurifères et mines
23	Grand Cor – Poteu	Fully, Saillon	Réseau karstique avec le plus grand développement vertical de Suisse (2200 m)
24	Vallon de Réchy, Lona	Vallon de Réchy	Vallon périglaciaire avec grande richesse de formes représentatives, IFP 1718
25	Pyramides d'Euseigne	Euseigne	Cheminée de fées, IFP 1708
26	Grubenkar	Saas Balen	Marge proglaciaire avec grande richesse de formes glaciaires et périglaciaires
27	La Méreune		Mine de charbon
28	Carrière de Miéville	Miéville	Contact granites-mylonites
29	Golette, Salanfe	Salanfe	Traces de dinosaures et mine d'arsenic
30	Gorge du Trient	Vernayaz	Gorge de raccordement, IFP 1715
31	Moraines de Tortin	Vallon de Nendaz	Localité-type morphostratigraphique pour le stade Egesen dans le Valais Central
32	Eroulement de Randa	Mattertal	Gigantesque éroulement récent
33	Vieux-Emosson	Vieux-Emosson	Dalle à empreintes de dinosaures
34	Pillow-lavas Zermatt-Saas Fee	Zermatt-Saas Fee	Laves en coussins presque intactes, IFP 1707
35	Gletschergarten Dossen	Zermatt	Marmites et formes glaciaires, IFP 1707
36	Dt Blanche – Cervin – Mont Rose		Site de valeur exceptionnelle pour la reconstitution de la géodynamique alpine, IFP 1707
37	Gornergletscher	Zermatt	Glacier polythermique et formes glaciaires, IFP 1707

Tabl. 2 Liste des 37 objets retenus dans l'inventaire des géotopes d'importance nationale (source : Groupe de travail pour la protection des géotopes en Suisse, ASSN, 1999).

4.2 Les arrêtés de classement du canton du Valais

Le Conseil d'Etat du canton du Valais a classé, par voie d'arrêté, une série de sites pour leur valeur culturelle, scientifique, naturelle, etc. Il ne s'agit pas d'un inventaire systématique, mais de mesures de protection localisées. Certaines décisions ont été prises en réaction à des oppositions à des projets d'aménagement, dans le cadre de mesures de compensation écologique ou encore suite à des inventaires fédéraux (voir chap. 4.3). Sur l'ensemble des objets classés, **37 concernent des sites naturels** (Tableau 3).

Nous avons dépouillé les textes de ces arrêtés afin de déterminer s'ils constituent ou contiennent des instruments de protection des géotopes. Les arrêtés ont été classés en quatre catégories (Tableau 3):

- **Géotope pur** : il s'agit des décisions qui ont été prises explicitement pour protéger des géotopes.
- **Géotope / Biotope** : cette catégorie regroupe des sites dont la décision de classement repose sur leur valeur en tant que géotopes et de biotopes.
- **Biotope / Géotope** : il s'agit de biotopes, dont la décision de protection contient quelques indications visant à la protection des géotopes. La plupart de ces sites comportent des interdictions de modifier l'aspect du site et d'extraire des matériaux.
- **Biotope pur** : Cette catégorie concerne les décisions qui font seulement référence à la protection des biotopes et qui ne font aucune mention de la géologie ou de la géomorphologie.

Site	N°	Date	Géotope pur	Géotope / Biotope	Biotope / Géotope	Biotope pur
Forêt d'Aletsch ; Ried-Mörel	451.111	05.05.1933				X
Lac de Märjelen ; Fiesch	451.112	23.02.1938				
Collines de la région de Géronde ; Sierre	451.113	07.04.1959	X			
Derborence ; Conthey	451.114	30.03.1961			X	
Colline de Rarogne	451.115	18.10.1963	X			
Site de la Chapelle de Bettmeralp ; Betten	451.116	17.06.1970				
Site paléontologique du Vieux- Emosson ; Finhaut	451.117	09.11.1983	X			
Vallée de la Borgne	451.118	25.04.1984				X
Mont d'Orge ;	451.119	21.06.1989			X	

Sion					
Site de Finges ; Sierre, Salquenen, Varone et Loèche	451.120	17.12.1997	X		
Adonis du printemps ; Tourtemagne	451.313	06.04.1944			X
Protection des anémones et gentianes ; région de Montana	451.314	27.02.1959			X
Tulipe de Grengiols ; Grengiols	451.315	12.10.1994			X
Marais de Poutafontana ; Sierre, Grône	451.320	09.06.1959			X
Lac de Morgins ; Troistorrents	451.321	18.01.1978			
Marais d'Ardon et de Chamoson	451.322	04.07.1990		X	
Marais des Rigoles ; Vionnaz	451.323	11.09.1991		X	
Marais de « Moosalpe » ; Törbel	451.324	22.02.1995		X	
Marais « Maraîche de Plex » ; Collonges	451.325	22.03.1195		X	
Zone alluviale « Sand » ; Oberwald	451.326	18.10.1995	X		
Marais de Bärfel, Triest, Blasestafel et Mutterseewji ; Oberwald	451.327	19.06.1996		X	
Haut-marais « Hopschusee » et alentours ; Simplon	451.328	19.06.1996		X	
Haut-marais « Flesch » ; Goppisberg	451.329	18.12.1996			X
Zones alluviales « Zeiterbode » (Biel, Selkingen) et « Matte » (Gluringen, Reckingen)	451.330	16.04.1997	X		
Bas-marais « Mutt » ; Rarogne	451.331	30.04.1997		X	
Marais « Lac de Champex » ; Orsières	451.332	25.06.1997			X
Zone alluviale « Grund » ; Brigue et Ried-Brigue	451.333	13.08.1997	X		
Zone alluviale « Bilderne » ; Mörel et Filet	451.334	11.03.1998	X		
4 zones alluviales et 2 marges glaciaires de la vallée de Lötchen	451.335	20.05.1998	X		
Haut-marais « La Gouille verte » ; Martigny-Combe	451.336	27.05.1998			X
Zone alluviale « Gletschboden » et marge glaciaire ; Oberwald	451.337	10.03.1999	X		
Site « Archera-Biela » ; Ried-Brigue et Termen	451.121	30.06.1999		X	
Bas-marais « Zwischen Bäch » ; Obergesteln	451.339	01.12.1999		X	
Site marécageux « Albrun » ; Binn	451.340	01.12.1999		X	
Gravière « Les Epines » ; Conthey	451.341	15.12.1999		X	
12 biotopes de compensation Cleuson-Dixence ; Nendaz	451.342	03.07.2000			X
Protection des papillons dans la vallée de Laggin	452.100	03.07.1985			X

Tabl. 3 Liste des arrêtés de classement du Conseil d'Etat protégeant des sites géologiques ou géomorphologiques.

Géotopes purs

Trois sites sont des géotopes purs :

- Les **collines de Géronde, Plantzette, Ancien-Sierre et Rawyre**, classées en 1959 en raison des menaces de nivellement et d'extraction de graviers et pour leur valeur paysagère (elles participent « au charme du paysage sierrois »). L'arrêté interdit toute extraction et toute modification de la morphologie.
- La **colline de Rarogne (Burghügel)**, classée en 1963 pour sa valeur paysagère et en raison des menaces de modification du charme du site en raison de l'urbanisation. L'arrêté interdit toute construction et toute modification de la morphologie.
- Le **site paléontologique du Vieux-Emosson**, classé en 1983, suite à la découverte des traces de dinosaures du Trias, constituant le plus important gisement de cette nature en Europe. L'arrêté interdit d'endommager les empreintes, de prélever et d'emporter des pierres et de déposer des ordures ou autres déchets.

Géotopes et biotopes

Sept objets rentrent dans cette catégorie. Tous concernent des **zones alluviales** ou des **marges proglaciaires comportant une zone alluviale**. Ils ont été classés dans les années 1990, en application de l'inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale. Tous les arrêtés visent au moins deux objectifs :

- La protection des valeurs biologiques de ces milieux ;
- La protection de la dynamique fluviale et sédimentaire.

Les objets concernés sont les suivants :

- Le **site de Finges** : l'arrêté, pris en 1997, concerne plusieurs zones dont la forêt de Finges, le cône de l'Illgraben, les collines dans la plaine, le coteau de la rive droite. Du point de vue de la protection des géotopes, l'arrêté vise notamment à « maintenir et restaurer [...] autant que possible, la dynamique naturelle du Rhône ». Contrairement aux autres arrêtés de cette catégorie, celui-ci n'interdit pas l'extraction des graviers, ni les modifications de la dynamique hydrologique. Il se contente de les réglementer (art. 3). L'arrêté précise toutefois que les aménagements de protection contre les crues doivent faire l'objet de mesures douces et que la dynamique du Rhône doit être revitalisée (art. 4).
- **Zone alluviale « Sand » à Oberwald** (1995) (objet 142 de l'ordonnance fédérale sur la protection des zones alluviales d'importance nationale). L'arrêté interdit tout dépôt et toute construction et réglemente l'extraction des graviers (délimitation de zones).

- **Zones alluviales « Zeiterbode » à Biel et Selkingen et « Matte » à Gluringen et Reckingen** (1997) (objets 140 et 141 de l'ordonnance fédérale sur la protection des zones alluviales d'importance nationale). Les constructions, dépôts et corrections des rives sont interdits. Les prélèvements de graviers sont soumis à autorisation du canton.
- **Zone alluviale « Grund » à Ried-Brig et Brig-Glis** (1997) (englobe l'objet 138 de l'ordonnance fédérale sur la protection des zones alluviales d'importance nationale). Les constructions, dépôts et toute modification de la dynamique fluviale naturelle sont interdits.
- **Zone alluviale « Bilderne », à Mörel et Filet** (1998) (objet 139 de l'ordonnance fédérale sur la protection des zones alluviales d'importance nationale). Les constructions, dépôts, extractions et correction du fleuve sont interdits et le site doit être revitalisé.
- **Zones alluviales et marges glaciaire de Jegi et Langgletscher dans le Lötschental** (1998) (objets 134, 135, 136, 137 de l'ordonnance fédérale sur la protection des zones alluviales d'importance nationale). Les constructions, dépôts, extractions et correction du fleuve sont interdits et le site doit être revitalisé.
- **Zone alluviale de « Gletschboden » et marge glaciaire du glacier du Rhône à Oberwald** (1999) (objet 143 de l'ordonnance fédérale sur la protection des zones alluviales d'importance nationale). Les constructions, dépôts, extractions, corrections et modifications de la dynamique fluviale et de la morphologie sont interdits. L'exploitation de la grotte glaciaire est autorisée.

Tous ces sites concernent des **géotopes actifs** et sont situés dans la partie alémanique du canton, principalement dans la vallée de Conches. C'est l'indice qu'ailleurs de tels géotopes actifs alluviaux ont disparu en raison de la correction des cours d'eau. A part les interdictions concernant la modification de la dynamique fluviale et de la morphologie, il faut noter que dans plusieurs cas l'arrêté prévoit la revitalisation du site, c'est-à-dire la **reconstitution de l'activité du géotope**. On remarque également que dans plusieurs cas, la protection de l'activité du géotope ne va pas à l'encontre des objectifs de protection contre les risques hydrologiques : ce sont les techniques d'aménagement des eaux qui doivent s'adapter à la protection des zones alluviales et non le contraire. Cette remarque vaut pour les risques hydrologiques ; elle n'est certainement pas valable pour d'autres aléas tels que les avalanches, les glissements de terrain ou les éboulements.

Biotopes avec composante de géotopes

Ces arrêtés de classement concernent 13 sites. Ce sont principalement des marais et des sites marécageux, protégés dans les années 1990 en vertu des ordonnances fédérales sur la protection des hauts-marais, des bas-marais et des sites marécageux (Ardon, Chamoson, Rigoles de Vionnaz, Moosalp (Törbel), Simplon, Obergesteln, etc.). Les arrêtés de

classement visent principalement la protection des biotopes. Ils comportent pour la plupart des interdictions de modifier l'aspect du site et d'extraire des matériaux. Dans le **site marécageux d'Albrun** (Binn), l'arrêté vise explicitement la conservation et la remise en état des cuvettes glaciaires, des méandres, des chutes d'eau et des moraines. L'arrêté concernant les **Marais de Bärtel, Triest et Blasestafel** (Oberwald) protège également les roches moutonnées et les terrasses marécageuses.

Le **site des Epines** (Conthey) est un **biotope (et géotope) artificiel**, résultant de l'exploitation, aujourd'hui arrêtée, des graviers de la nappe alluviale du Rhône. Le site constitue l'une des compensations écologiques du projet Cleuson-Dixence. La protection a notamment pour but d'instaurer « des milieux alluviaux caractéristiques de l'état initial de la plaine du Rhône ». Bien que l'objectif premier soit la création d'un biotope humide, ce site peut être considéré comme un exemple de **géotope actif reconstitué**. Bien que l'arrêté de protection concerne essentiellement les valeurs biologiques, les **marais d'Ardon et de Chamoson** sont à considérer comme des géotopes rares, « ultimes vestiges de la plaine du Rhône dans son ancien état ».

Le **site de Montorge** est protégé par un arrêté de classement de 1989. Le périmètre concerné fait partie du périmètre de l'objet IFP 1704. L'arrêté vise essentiellement la protection des valeurs biologiques du site. A part la volonté de conserver les caractéristiques paysagères de la région, l'arrêté ne protège pas le site en tant que géotope (lac d'ombilic glaciaire, verrou longitudinal typique de ce secteur du Valais central, dépôts lacustres datés par palynologie et ayant une valeur de premier ordre comme archive climatique).

La forêt et le site de **Derborence** sont protégés par un arrêté de 1961. Le périmètre concerne principalement la forêt vierge et le lac. Les extractions de matériaux sont interdites. L'arrêté crée une réserve de flore et de faune. Il ne vise pas à la protection explicite du périmètre touché par les éboulements du 18^{ème} siècle.

4.3 Les inventaires fédéraux au sens de la LPN

En vertu de la *Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage (LPN)*, la Confédération a réalisé divers inventaires d'objets d'importance nationale. Plusieurs inventaires concernent indirectement des géotopes.

Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels (IFP)

Cet inventaire relativement disparate a été réalisé dans les années 70, sur la base d'un inventaire établi par la Commission fédérale pour la protection de la nature (CPN). Il regroupe des sites culturels aussi bien que des sites naturels. Parmi ces derniers, **18 concernent directement ou indirectement des objets géologiques ou géomorphologiques valaisans** (Tableau 4). Rappelons que ces objets sont souvent de grande

taille et que leur degré de protection est faible, puisque l'IFP n'est contraignant que pour les activités de la Confédération.

N° IFP	Nom	Année	Description
1701	Binntal	1977	Paysage alpin et préservé, richesse minéralogique
1702	Lac de Tanay	1977	Lac de montagne
1703	Val de Bagnes	1977	Splendide région de haute montagne, avec glaciers de grande étendue.
1704	Mont d'Orge (Sion)	1977	Lac et colline
1705	Valère et Tourbillon	1977	Collines
1706/ 1507	Berner Hochalpen und Aletsch- Bietschorn-Gebiet (südlicher Teil)	1983	Grandiose paysage alpin préservé, richesse minéralogique, géomorphologie glaciaire.
1707	Dent-Blanche- Matterhorn- Monte Rosa	1983	Splendide région de haute montagne de renommée internationale, recouverte en partie par d'importants glaciers. Morphologie structurale et glaciaire.
1708	Pyramides d'Euseigne	1983	Cheminées de fée d'intérêt scientifique et touristique
1709	Blocs erratiques Monthey et Collombey	1983	Moraines et blocs erratiques de granite du Mont-Blanc
1710	Rhonegletscher mit Vorgelände	1996	Paysage alpin, géomorphologie glaciaire et site scientifique (observation des variations glaciaires à long terme).
1711	Raron-Heidnischbiel	1996	Paysage et gorge de raccordement.
1712	Les Follatères- Mont du Rosel	1996	Roches cristallines du massif de l'Arpille.
1713/ 1503	Diablerets- Vallon de Nant- Derborence (partie est)	1996	Belle région alpine des Hautes Alpes calcaires, affleurements géologiques diversifiés, éboulement.
1714	Bergij- Patten	1998	Dalle monoclinale de calcaire du Malm.
1715	Gorges du Trient	1998	Gorge de raccordement dans des roches cristallines avec marmites.
1716	Pfynwald- Illgraben	1998	Paysage exceptionnel, au relief varié avec l'Illgraben, un des plus beaux exemples d'érosion régressive active dans les Alpes, des couloirs d'avalanches, des voiles d'éboulis, les collines de l'éboulement de Salquenen, la gorge des Pontis.
1717	Laggintal- Zwischbergental	1998	Paysage de montagne sauvage au sud des Alpes valaisannes, région du Simplon. Anciennes exploitations d'or dans la partie inférieure du Zwischbergental
1718	Val de Réchy- Sasseneire	1998	Vallon sauvage et isolé des Alpes valaisannes. Coupe significative à travers la nappe du Gd-St-Bernard.

Tabl. 4 Objets géologiques et géomorphologiques valaisans inscrits à l'IFP.

Inventaires des hauts-marais, des bas-marais et des paysages marécageux d'importance nationale

Il s'agit de deux inventaires de **biotopes** et d'un inventaire **paysager**. Les sites inscrits à ces inventaires comportent souvent des composantes géologiques et géomorphologiques importantes pour leur maintien (moraines, drainage par des dolines, substrat imperméable, etc.). L'inventaire des **hauts-marais** et marais de transition (1991) comporte **8 sites** valaisans, l'inventaire des **bas-marais** touche **22 sites** en Valais,

tandis que l'inventaire des **paysages marécageux** ne concerne que **deux sites**. Le tableau 5 présente la liste de ces sites.

N°	Sites	Commune(s)
Hauts-marais		
86	Gouille Verte	Martigny-Combe
87	Lac de Champex	Orsières
88	La Maraiche de Plex	Collonges
419	Simplonpass/Hopschusee	Simplon
420	Flesch	Goppisberg
431	Bonigersee	Törbel
439	Bärtel	Oberwald
941	Aletschwald	Ried b/Mörel
Bas-marais		
1363	Pouta Fontana	Grône, Sierre
1364	Marais d'Ardon - Chamoson	Ardon, Chamoson
1453	Ar du Tsan	Nax
1783	Triest	Oberwald
1786	Zwisched Bäch	Obergesteln
1787	Blasestafel	Oberwald, Ulrichen
1796	Oxefeld	Binn
1801	Ninda	Savièse
1807	Mutt	Raron
1808	Bonigersee	Törbel
1809	Bieltini	Törbel
1813	Lac de Champex	Orsières
1815	Vouasson	Evolène
1820	Villette	Bagnes
1821	Chevillard	Bagnes
2020	Les Rigoles	Vionnaz
2022	Lac de Morgins	Troistorrents
2025	Les Moilles	Troistorrents
2027	Champoussin	Val-d'Illiez
2030	Bochasse	Val-d'Illiez
3702	Bärfel	Oberwald
3703	Les Esserts	Bagnes
3734	L'Echereuse	Champéry
Sites marécageux		
302	Vallon de Réchy	Nax
322	Albrun	Binn

Tabl. 5 Sites valaisans inscrits dans les inventaires des hauts-marais, bas-marais et sites marécageux d'importance nationale.

Inventaire des zones alluviales d'importance nationale

Cet inventaire a été réalisé en deux temps. L'inventaire des zones alluviales (1992) a été exécuté sur la base de critères purement biologiques. Le complément (zones alluviales alpines et marges proglaciaires) a été réalisé sur la base de critères biologiques et géomorphologiques (Gerber et al. 1998). Tous les sites inscrits en 2001 ont donc une valeur géomorphologique reconnue (Tableau 6). Cet inventaire regroupe actuellement **33 sites**.

4.4 Autres niveaux de protection

Nouveaux parcs

La Confédération révisé actuellement la loi fédérale sur la protection de la nature. Cette révision introduira de nouvelles zones de protection de grande taille qui viendront compléter le Parc national actuel. Trois types de parcs sont prévus : les parcs nationaux, les parcs paysagers et les parcs naturels. À terme, ces parcs rajouteront certainement un niveau de protection et, pour les parcs paysagers, de valorisation, à certains sites géologiques et géomorphologiques. Parallèlement à cette révision, Pro Natura a lancé un concours pour la création d'un deuxième parc national.

Trois régions valaisannes ont posé leur candidature pour la création d'un parc national : le Haut Val de Bagnes, la région des Muverans et la région de Zermatt-Cervin. Les deux premières se sont ensuite retirées avec l'idée de se préparer plutôt à une candidature pour un parc paysager, sur le modèle des Parcs Naturels Régionaux français. Ces trois régions sont très riches en géotopes. Si un ou plusieurs parcs naturels venaient à se réaliser dans ces zones, l'occasion serait alors belle pour protéger, valoriser et promouvoir les géotopes.

Patrimoine mondial de l'UNESCO

La région d'Aletsch-Jungfrau-Bietschorn est depuis 2001 le premier site naturel suisse classé au patrimoine mondial de l'UNESCO. Ce label permettra à coup sûr une promotion et une valorisation accrues des richesses géologiques et géomorphologiques d'une région déjà célèbre au niveau international.

Réserves de Biosphère

Aucune Réserve de Biosphère de l'UNESCO n'existe en Valais. La région de St-Martin/Vallon de Réchy prépare une candidature. Si ce projet devait se réaliser, il permettrait de valoriser le patrimoine géologique et géomorphologique de la région, au même titre que le karst de Schrattenalp dans la Réserve de Biosphère de l'Entlebuch.

Géoparcs

Les Géoparcs sont une catégorie de parcs créés sous l'égide de l'UNESCO pour promouvoir des « régions présentant des témoins de l'histoire de la Terre particulièrement beaux, rares ou représentatifs pour qu'elles les rendent attractifs à un vaste public » (www.geoforum.ethz.ch). La création de géoparcs est soutenue par l'ASSN, via la plate-forme des Géosciences en Suisse (GeoforumCH). Il n'existe pas actuellement de géoparcs en Valais, mais un projet est au stade de la gestation dans le Valais romand (communication de P. Jordan, 12.2.2003). En cas de création d'un géoparc, la valorisation des géotopes de la région concernée serait grandement facilitée.

5. Recommandations pour un projet d'inventaire des géotopes valaisans

5.1 Inventaire ciblé ou systématique ?

Reconnaître la ressource pour mieux la gérer, la protéger et la valoriser est le but de tout inventaire. Il s'agira de procéder par élimination dès le début de l'évaluation afin d'éviter un inventaire systématique, inutile et onéreux. En effet, il est absurde de vouloir inventorier toutes les moraines historiques du canton. Cet exemple démontre la nécessité d'un inventaire ciblé en fonction des types de géotopes.

En revanche, dans d'autres cas, un inventaire exhaustif et systématique est un minimum nécessaire (grottes par exemple), sans quoi il ne sera pas possible d'établir une hiérarchisation stricte des objets répertoriés.

Nous sommes donc d'avis que l'inventaire des géotopes valaisans devra être réalisé de manière sectorielle avec des priorités définies pour chaque type de géotopes.

Ci-dessous, nous formulons quelques recommandations.

5.2 Recommandations

Reconnaissance des géotopes



Photo 10 Le karst de Tsanfleuron : un géotope inscrit à l'inventaire des géotopes d'importance nationale endommagé par ignorance (cliché : E. Reynard, IGUL).

La menace principale qui pèse sur les géotopes est le fait que les formes du relief terrestres (les objets géomorphologiques) et les objets géologiques ne soient pas reconnues comme dignes de protection et endommagés ou détruits par simple ignorance. Le premier objectif de tout inventaire est donc de pallier à ce déficit de reconnaissance.

Liens contextuels

Certains géotopes relèvent d'une problématique de protection et de gestion du paysage (un sommet), de préservation du patrimoine historique (mines) ou archéologique (roches gravées). Le géotope constitue également la base du biotope. Dans ce sens, la gestion des géotopes devrait intégrer toutes ces différentes composantes.

Donner un sens à l'inventaire

Un inventaire systématique de tous les objets géologiques et géomorphologiques du canton du Valais étant irréaliste, il s'agit donc de définir un cadre strict à cet inventaire et lui donner un sens.

A notre avis, l'inventaire des géotopes valaisans devrait viser clairement un double objectif :

- La protection d'objets rares (empreintes de dinosaures) ou vulnérables (zones alluviales actives, affleurements importants, etc.);
- La valorisation du patrimoine géologique et géomorphologique du Canton (valeur scientifique et éducative).

Inventaire et mise en valeur: une démarche parallèle

Nous proposons donc la réalisation d'un inventaire qui se limite à la protection d'objets rares et vulnérables et qui insiste sur la valeur scientifique et éducative des objets géologiques et géomorphologiques. L'inventaire devrait donc se baser sur une définition stricte des géotopes:

Peut-être considéré comme géotope un objet qui témoigne de l'histoire de la Terre ou qui permet d'observer l'activité des processus actuels.

L'objectif explicite de la protection des géotopes est leur conservation pour le public et pour le scientifique. La mise en valeur des géotopes peut être réalisée parallèlement à leur inventarisation (site de visite guidée, panneaux d'information, etc).

Réalisation de l'inventaire: une tâche sectorielle selon les types de géotopes

La connaissance des objets à protéger est la condition initiale. Elle passe par la réalisation d'inventaires de base. La tâche d'évaluer les géotopes d'importance et dignes de protection incombe aux spécialistes de chaque discipline des sciences de la Terre (paléontologues, stratigraphes, sédimentologues, géomorphologues, spéléologues, etc.). Certains groupes d'amateurs organisés en association bien structurée, comme les spéléologues par exemple, doivent également être associés activement à la démarche, au même titre que les scientifiques. Les personnes ressource doivent être identifiées en fonction, bien sûr, de leur compétence dans leur domaine de spécialisation mais aussi en fonction de leur connaissance du terrain valaisan.

Vu la variété typologique des géotopes, il n'est donc pas réaliste d'établir un inventaire unique. Nous proposons donc d'établir une série d'inventaires sectoriels, par types de géotopes. Ces inventaires sectoriels doivent être coordonnés par un maître d'œuvre afin d'assurer l'homogénéité du travail.

Méthodes d'évaluation et hiérarchisation

La méthode d'évaluation de l'importance des géotopes est à définir. Cette étape doit suivre une démarche rigoureuse.

Sur la base des inventaires sectoriels, une classification hiérarchisée des géotopes devra être réalisée selon leur importance régionale, cantonale, nationale, voire internationale.

Il existe de nombreuses méthodes d'évaluation des géotopes, certaines relativement simples à mettre en œuvre et d'autres plus complexes et donc plus coûteuses. Il faudra décider si une seule méthode d'évaluation pourra être appliquée indifféremment à tous les types de géotopes ou si la démarche exige plus de souplesse. Nous pensons plutôt qu'une certaine souplesse sera nécessaire.

Par exemple, les spéléologues ont déjà développé une méthode d'évaluation des objets karstiques et spéléologiques. Il est probablement inutile d'en inventer une nouvelle. Cependant, il faudra étudier dans quelle mesure cette méthode d'évaluation peut être directement intégrée à la réalisation de l'inventaire des géotopes valaisans ou si des adaptations sont nécessaires.

En introduction de ce travail, nous avons présenté brièvement les trois critères principaux qui permettent d'évaluer la valeur scientifique et éducative des géotopes, à savoir la rareté, l'intégrité et la représentativité (voir chapitre 2.2). A notre avis, l'utilisation de ces trois critères discriminants permettrait d'assurer l'homogénéité de l'évaluation. Vu la diversité des types de géotopes, il est bien entendu que ces critères d'évaluation devront être adaptés aux spécificités de chaque type de géotopes.

6. Conclusions et remerciements

Les auteurs de l'étude sont heureux de constater l'intérêt de l'Etat du Valais pour les géotopes, une valeur naturelle, paysagère et patrimoniale qui a été plutôt occultée jusqu'à présent. Les ressources existantes au niveau des connaissances sont importantes et peuvent déjà être exploitées pour certains types de géotopes.

L'exhaustivité de notre étude a pu être assurée grâce à l'information et aux remarques critiques apportées par de nombreuses personnes issues du monde académique ou privé. Nous tenons à remercier tout particulièrement Messieurs Stefan Ansermet, Marcel Burri, Vincent Grandgirard, Raimund Hipp, Pierre-Yves Jeannin, Peter Jordan, Chab Lathion, Mario Sartori, Pascal Tacchini et Pascal Tissières.



Lapiés de Tsanfleuron

Ralph Lugon, Emmanuel Reynard, Céline Fuchs
Sion, le 31 mars 2003

7. Bibliographie

- Arlettaz R., Lugon A., Sierro A. (1993): Inventaire des chauves-souris du Valais, Catalogue des sites, Sion.
- ASSN, Groupe de travail pour la protection des géotopes en Suisse (1999). inventaire des géotopes d'importance nationale, Geol. Insubr. 4/1, 19-58.
- Berger J.-P (1999). Géotopes et collectionneurs de fossiles: dangers et avantages, Geol. Insubr. 4/1, 79-82.
- Bitterli T. (1997). Concept pour l'évaluation de la valeur, la vulnérabilité, la menace et le besoin de protection des grottes suisses (géotopes spéléologiques), La Chaux-de-Fonds, Société spéléologique suisse, rapport non publié.
- Blain A. (2002). L'art préhistorique de la Vallée du Trient, Vallis Triensis, Hors Série.
- Burri M. (1987). Les roches, Collection Connaître la nature en Valais, Martigny, Pillet.
- Burri M. (1997). Géologie récente de Finges et de ses environs, Bull. de La Murithienne 115, 5-27
- Cavalli D. et al. (1999). Valais-Oberland bernois. Carte des matières premières minérales de la Suisse au 1:200'000. Editée par la Commission géotechnique suisse.
- CRSFA (1992). Programme Geothermoval. Recherche et mise en valeur des ressources géothermiques du Valais, Phase I, rapport final, Sion, CRSFA, sept. 1992.
- Curdy P., Praz J.-C. (2002) (Eds). Premiers hommes dans les Alpes de 50 000 à 5000 avant Jésus-Christ, Lausanne/Sion, Payot/Musées cantonaux du Valais.
- Delacretaz P. (1996). La pierre ollaire. Tradition et renouveau, Sierre, Monographic.
- Delaloye R., Vonder Mühl D. (2002). PERMOS, réseau d'observation du pergélisol dans les Alpes suisses, Les Alpes, 10/2002, 29-32.
- Donnet A., Blondel L. (1982). Châteaux du Valais, Martigny, Pillet, 2^{ème} édition.
- Dorthe-Monachon C. (1993). Etude des stades tardiglaciaires des vallées de la rive droite du Rhône entre Loèche et Martigny, Lausanne, Institut de Géographie, Travaux et Recherches n° 10.
- Gerber B. Gsteiger P., Leibundgut M., Righetti A. (1998). Marges proglaciaires et plaines alluviales alpines en tant que zones alluviales. Rapport IGLES, Cahiers de l'Environnement N° 305, Berne, OFEFP.
- Gerber B., Gsteiger P. (2000). Konzept für den Schutz der Geotope von nationaler Bedeutung, Bern, BUWAL und Arbeitsgruppe Geotope BUWAL/LHG.
- Grandgirard V. (1997). Géomorphologie, protection de la nature et gestion du paysage. Thèse N° 1163, Fribourg, Imprimerie St-Paul.
- Grandgirard V. (1999). L'évaluation des géotopes, Geol. Insubr. 4/1, 59-66.
- Hooke J. M. (1994). Strategies for conserving and sustaining dynamic geomorphological sites, in: O'Halloran D. et al. (eds). Geological and Landscape Conservation, London, Geological Society, 191-195.
- Jordan P. (1999). Geotopschutz – Die rechtliche Situation in der Schweiz, Geol. Insubr. 4/1, 55-58.
- Krafft C. (1911). Les pierres à écuellen de Grimentz, Lausanne, Impr. G. Vaney-Burnier.
- Kündig R. et al. (1997). Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz, Zurich, Schweizerische Geotechnische Kommission.
- Lambiel C., Reynard E. (2003). Impacts du développement d'un domaine skiable sur la morphologie glaciaire et périglaciaire : le cas de Verbier (Valais, Suisse) in: Reynard E. et al. (eds.) Géomorphologie et tourisme, Lausanne, Institut de Géographie, Travaux et Recherches n° 24, 19-33.

- Marietan I. (1939-1940). Les pierres à écuelles, *Bull. Murithienne*, 57, 21-33.
- Marthaler M. (2001). Le Cervin est-il africain?, Le Mont-sur-Lausanne, Editions LEP.
- Morand M.-C. (1986) (Ed.). Le Valais avant l'Histoire, Sion, Musées cantonaux.
- Naef H. (2000). Das Geotop-Inventar im Kanton Thurgau, Kurzfassung, Frauenfeld, Amt für Raumplanung.
- OFEFP (2002): Zones alluviales alpines, Fiche zones alluviales No 8, OFEFP, Berne
- Panizza M., Piacente S. 1993. Geomorphological assets evaluation, *Zeitschr. für Geomorphologie N.F.*, Suppl. Bd., 87, 13-18.
- Pfeifer H.R. (1991). « Pîrra tèïndra ». La pierre ollaire dan le haut Val d'Hérens. Culture artisanale et origine géologique, Evolène, Evolèn'art.
- Reynard E. (2003). Geosites, in Goudie A. (ed.): *Encyclopedia of Geomorphology*, London, Routledge, in press.
- Reynard E., Morand S., Ammann T. (2003). Protection et mise en valeur touristique d'un site géomorphologique: la région du Sanetsch (Valais, Suisse), in: Reynard E. et al. (eds.) *Géomorphologie et tourisme*, Lausanne, Institut de Géographie, Travaux et Recherches n° 24, 35-52.
- Schneebeli W., Röthlisberger F. (1976). 8000 Jahre Walliser Gletschergeschichte, Bern, Verlag des SAC.
- Schweizer M. (2000). La faune préhistorique des grottes des Crosses et de la grande Barne (Tanay, Vouvry, Valais), *Bull. Murithienne*, 59-66.
- Spahni J.C. (1949). Notes sur les pierres à gravures de la région d'Evolène, *Bull. Murithienne*, 66, 57-60.
- SSS (2002). Cavernes. Monde fragile, La Chaux-de-Fonds, Société suisse de spéléologie.
- Stalder A. S., Haverkamp F. (1973): *Minéraux, trésors de nos Alpes*, éd. Mondo SA, Lausanne.
- Strasser A. et al. (1995). Géotopes et la protection des objets géologiques en Suisse : un rapport stratégique, Fribourg, Groupe suisse pour la protection des géotopes.
- Stuber A. (1997). La protection des géotopes, la dynamique engendre la diversité in: Pro Natura (ed): *Manuel de la protection de la nature en Suisse*, Lausanne, Delachaux et Niestlé, 83-93.
- Stürm B. (1994a). Intégration de la protection du patrimoine géologique dans l'aménagement du territoire en suisse, *Mém. Soc. Géol. France*, 165, 93-97.
- Stürm B. (1994b). The geotope concept : geological nature conservation by town and country planning, in O'Halloran et al. (eds) : *Geological and Landscape Conservation*, London, Geological Society, 27-31.
- Vuataz F.D. et al. (1993). Programme Geothermoval : résultats d'une prospection géothermique du Valais, *Bull. du Centre d'Hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel*, 12, 1-37.
- Welten M. (1982). *Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizeralpen: Bern-Wallis, Bâle*.
- Werner P. (1994). *La Flore*, Coll. Connaître la nature en Valais, Martigny, Pillet.
- Wildberger A., Oppliger M.-H. (2001). Géotopes, géotopes spéléologiques, géotopes d'importance nationale, *Stalactite*, 51/1, 41-50.
- Wildberger A., Preiswerk C. (1997). *Karst et grottes de Suisse*, Bâle, Spéléo Project.
- Woodtli R., Jaffé F., von Raumer J. (1987). *Prospection minière en Valais : le projet Uromine*, Berne, Matériaux pour la Géologie de la Suisse, Série Géotechnique, N° 72, 179 p.

8. Annexes

Annexe 1: Inventaire des géotopes d'importance nationale de l'ASSN (1999): Les fiches détaillées sont extraites des archives déposées au Département des Géosciences, Institut de Géographie, Université de Fribourg. Elles nous ont été transmises par Vincent Grandgirard, coordinateur de l'inventaire.