

## ***Cahiers de Géographie***



# **KARSTS DE MONTAGNE GÉOMORPHOLOGIE, PATRIMOINE ET RESSOURCES**

Actes du colloque organisé à Sion (Suisse) le 15 septembre 2006  
dans le cadre des journées de l'Association Française de Karstologie

Coordination de l'ouvrage : Fabien Hobléa, Emmanuel Reynard et Jean-Jacques Delannoy

## ***Cahiers de Géographie***

# **KARSTS DE MONTAGNE GÉOMORPHOLOGIE, PATRIMOINE ET RESSOURCES**

Actes du colloque organisé à Sion (Suisse) le 15 septembre 2006  
dans le cadre des journées de l'Association Française de Karstologie

Coordination de l'ouvrage : Fabien Hobléa, Emmanuel Reynard et Jean-Jacques Delannoy



# LE LAPIAZ DE TSANFLEURON UN PAYSAGE GLACIO-KARSTIQUE À PROTÉGER ET À VALORISER

*THE TSANFLEURON KARST*

*A GLACIAL/KARSTIC LANDSCAPE TO PROTECT AND PROMOTE*

EMMANUEL REYNARD

*Institut de Géographie, Université de Lausanne, Bâtiment Anthropole, CH – 1015 Lausanne*

*Contact : emmanuel.reynard@unil.ch*

## **RÉSUMÉ**

*Le lapiaz de Tsanfleuron constitue l'une des plus grandes surfaces karstiques de Suisse. Il est caractérisé par la présence de nombreuses formes glacio-karstiques dues à la présence d'un glacier : le Glacier de Tsanfleuron. De nombreuses recherches ont été menées sur ce karst dans différents domaines des géosciences (karstologie, géomorphologie, glaciologie, hydrogéologie). Le lapiaz de Tsanfleuron peut donc être considéré comme un géomorphosite de grande importance. La fragilité du site et les multiples atteintes nécessitent toutefois une meilleure protection. Une valorisation touristique devrait également être développée.*

**MOTS-CLÉS :** KARST, LAPIAZ, GÉOMORPHOSITES, PATRIMOINE.

## **ABSTRACT**

*The Tsanfleuron karst is one of the largest karstic areas in Switzerland. Numerous glacial-karstic landforms are visible, due to the presence of a glacier: the Tsanfleuron Glacier. Numerous researches have been carried out in various fields of geosciences (karstology, geomorphology, glaciology, hydrogeology). The Tsanfleuron karst can therefore be considered as a geomorphosite of great importance. The site is fragile and it suffers numerous threats. A better protection is therefore needed, as well as a tourist valorisation.*

**KEYWORDS :** KARST, KARREN, GEOMORPHOSITES, HERITAGE.

## INTRODUCTION

Le lapiaz de Tsanfleuron (Massif des Diablerets, Valais, Suisse) constitue l'une des plus grandes surfaces karstiques de Suisse. Au cours des quinze dernières années, nous avons eu l'occasion de mener sur ce karst plusieurs recherches portant sur la géomorphologie (Reynard, 1992, 1997 a) et sur le développement du tourisme et ses impacts sur la géomorphologie (Reynard, 1997 b, 2006 ; Reynard *et al.*, 2003). Ces recherches nous ont permis d'aboutir au constat que le karst de Tsanfleuron constitue d'une part un site géomorphologique de très grande importance et d'autre part qu'il subit depuis deux décennies des impacts extrêmement marqués provenant de différentes activités humaines s'étant développées dans la région.

L'objectif de cet article est d'une part d'étudier le

karst de Tsanfleuron à la lumière des concepts de géomorphosité, de patrimoine géomorphologique et de paysage géomorphologique, et d'autre part, d'établir un nouvel état de la situation sur le front de la protection et de la valorisation de ce karst, état qui vient compléter celui que nous avons établi en 2003 (Reynard *et al.*, 2003). Dans un premier temps, nous discutons des concepts de géomorphosité et de patrimoine géomorphologique, puis nous appliquons au cas de Tsanfleuron une méthode d'évaluation du patrimoine géomorphologique, récemment développée à l'Université de Lausanne (Reynard *et al.*, 2007), avant de proposer un état des lieux des atteintes et des potentiels de valorisation de ce karst, à la lumière des derniers développements intervenus au niveau local.

## I - GÉOMORPHOSITES ET PATRIMOINE GÉOMORPHOLOGIQUE

Un patrimoine est étymologiquement ce qui est transmis du père à ses enfants, ou plus généralement d'une génération à l'autre. En ce sens, la nature en général, et la partie abiotique – géologie et géomorphologie – de la nature en particulier, peut être considérée comme un patrimoine à faire fructifier et à transmettre aux générations futures. Comme dans tout patrimoine, dans la nature également, certains objets, certains sites ont une importance particulière et nécessitent une attention plus marquée et éventuellement la prise de mesures visant à protéger ce patrimoine d'atteintes trop importantes, voire de destruction. C'est sur cette base que s'est construite la protection de la nature dans la plupart des pays européens, qui ont de ce fait réalisé d'une part des inventaires d'objets naturels à protéger et d'autre part mis sous protection de vastes espaces naturels.

Ce mouvement de protection s'est surtout développé à partir de la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle et en Suisse, ce sont les blocs erratiques – qui subissaient des atteintes irréversibles de la part d'entreprises d'extraction au moment même où leur importance scientifique était établie par des chercheurs dans toute l'Europe dans le contexte de naissance de la glaciologie – qui ont constitué les premiers objets protégés (Reynard 2004 a). Par la suite, la protection institutionnelle de la nature, tout comme l'activité associative se sont focalisées principalement sur la protection des valeurs biologiques de la nature. Ce n'est qu'à partir des années 1990 qu'un mouvement visant à mieux protéger la partie abiotique de la nature s'est organisé et a développé des actions allant dans ce sens (Strasser *et al.* 1995 ; ASSN, 1999 ; Heitzmann *et al.*, 2006).

L'un des enjeux liés à la protection du patrimoine géologique et géomorphologique est celui de l'évaluation de la qualité des sites à protéger, de leur valeur, voire de leur unicité, ainsi que la mise en évidence de la fragilité de certains sites géologiques et géomorphologiques. C'est dans ce sens que les concepts de géosites (ou géotopes) et de géomorphosites ont été développés. Il n'est pas dans les objectifs de cet article de discuter longuement de la définition de ces termes (Reynard, 2004 b) et nous nous bornons à rappeler que la notion de géosite est abordée sous deux angles différents et complémentaires. Pour certains (Strasser *et al.*, 1995 ; Grandgirard, 1997, 1999), un géosite est un objet géologique<sup>1</sup> dont les caractéristiques sont importantes afin de reconstituer l'histoire de la Terre, de la vie et du climat. La valeur d'un géosite est donc basée essentiellement sur sa contribution à la connaissance de l'histoire de notre planète. Pour d'autres (Panizza et Piacente, 1993 ; Panizza, 2001), la valeur d'un géosite ne dépend pas uniquement de son intérêt strictement géologique et géomorphologique, mais peut découler également d'autres caractéristiques, esthétiques, écologiques, culturelles ou économiques. Ces deux conceptions sont loin de s'opposer et elles sont plutôt complémentaires : si l'on veut protéger un site, la mise sous protection devra se baser principalement sur les caractéristiques géologiques de ce dernier ; par contre, dans un contexte touristique par exemple, la valorisation du site pourra découler de la mise en évidence des relations entre les composantes strictement géologiques du site et les autres caractéristiques naturelles et culturelles. C'est pourquoi, nous avons proposé de distinguer deux groupes de valeurs d'un géosite (Reynard, 2005) : la valeur

---

<sup>1</sup> Le terme « géosite » (ou géotope) s'applique à n'importe quel objet géologique. En fonction des différentes disciplines des sciences de la Terre, on distingue des géosites stratigraphiques, structuraux, paléontologiques, minéralogiques, géomorphologiques, etc. (Grandgirard, 1999). Pour les géosites géomorphologiques, M. Panizza (2001) a proposé le terme « géomorphosite », qui s'est peu à peu imposé dans la communauté scientifique.

centrale (scientifique) et des valeurs additionnelles (écologique, culturelle, esthétique et économique).

Sur cette base, l'Institut de géographie de l'Université de Lausanne a développé une méthode d'évaluation des géomorphosites (Reynard *et al.*, 2007). Cette méthode propose une fiche d'évaluation en six parties : données générales, description du site, évaluation scientifique, valeurs additionnelles, synthèse et références. L'évaluation des caractéristiques scientifiques et additionnelles se fait à la fois sous forme littéraire et numérique, l'évaluation numérique permettant ensuite une meilleure comparaison avec d'autres sites et l'élaboration de classements des géosites dans une région donnée (Reynard *et al.*, 2007).

Les géosites géomorphologiques posent un problème d'échelle d'analyse (Grandgirard, 1997). En effet, les formes du relief sont de toute taille, allant de la micro-forme aux grands « paysages ». Il est de ce fait parfois difficile de déterminer le périmètre du géosite et ceci est particulièrement le cas dans les régions karstiques. Il a en effet été démontré depuis longtemps que les karsts

doivent être considérés comme des systèmes, eux-mêmes formés de sous-systèmes reliés entre eux (Ford et Williams, 1989 ; Jeannin, 2006). Afin de pallier le problème de l'échelle de l'analyse des géomorphosites, Grandgirard (1997) a proposé une typologie des formes en trois niveaux : (1) la forme isolée et l'ensemble de formes ; (2) le complexe de formes ; (3) le système géomorphologique. L'ensemble de formes est constitué de formes identiques (ex. un alignement de dolines), le complexe de formes regroupe des formes diverses issues de l'activité d'un processus unique (ex. un lapiaz constitué de lapiés de différents types et de dolines), alors que le système géomorphologique regroupe des formes diverses issues de l'activité de plusieurs types de processus (ex. une marge proglaciaire où se mêlent des formes glaciaires et fluviales). En fonction de la taille du site, nous proposons de parler de paysage géomorphologique au lieu de site géomorphologique (Reynard, 2005), le paysage géomorphologique correspondant soit à un complexe de formes, soit à un système géomorphologique, au sens de Grandgirard (1997).

## II - LE LAPIAZ DE TSANFLEURON : UN PAYSAGE GÉOMORPHOLOGIQUE GLACIO-KARSTIQUE

Le lapiaz de Tsanfleuron est constitué d'une vaste surface calcaire de 9 km<sup>2</sup> inclinée vers l'est (Figures 1 et 2), constituée essentiellement par l'affleurement de roches du flanc normal de la nappe des Diablerets (Gremaud, 2008). Le lapiaz est délimité au nord par le contact avec la nappe sus-jacente du Mont-Gond, formant notamment les flancs de l'Oldernhorn et du Sanetschhorn, à l'est par le col du Sanetsch et au delà, à nouveau les séries schisteuses de la nappe du Mont-Gond, formant l'Arête de l'Arpille et l'Arpelistock, au sud-est, la rupture de pente séparant le lapiaz de Tsanfleuron de celui du Genièvre, au sud le grand escarpement dominant la vallée de la Lizerne, et à l'ouest l'escarpement dominant la vallée de la Grande

Figure 1 - Vue du lapiaz glacio-karstique de Tsanfleuron (Valais).

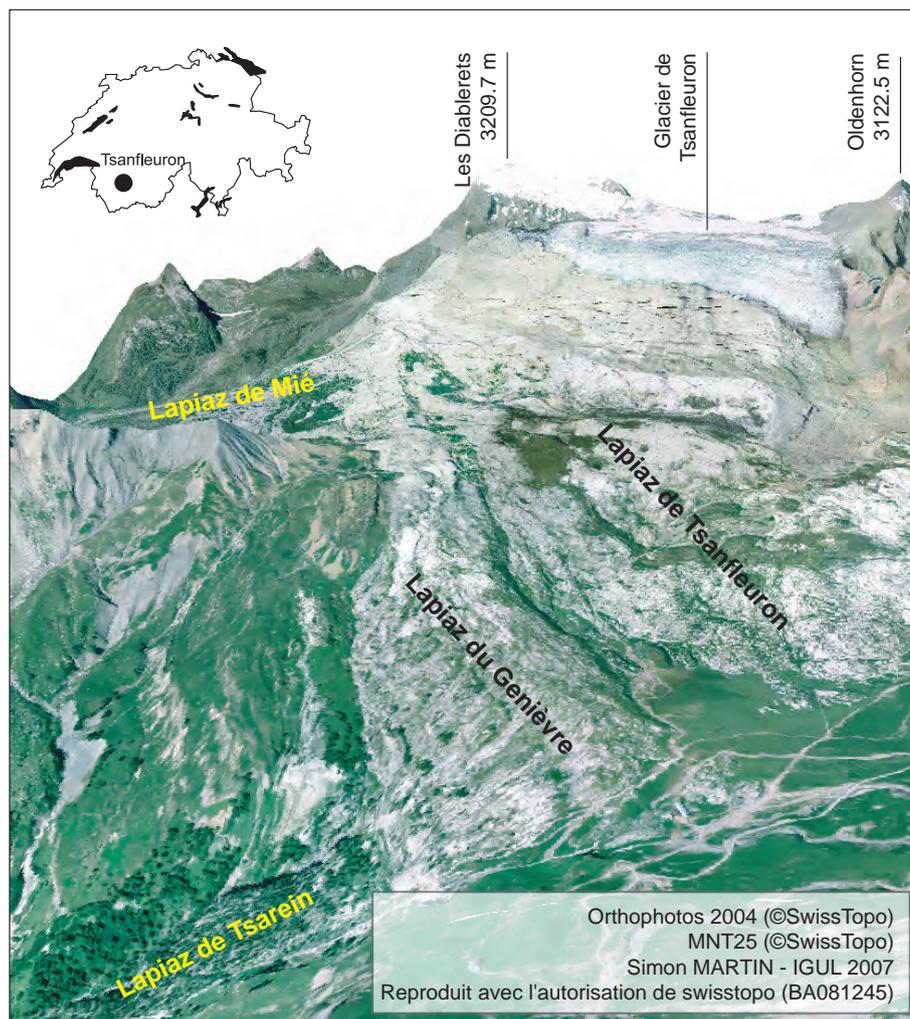




Figure 2 - Vue générale du lapiaz de Tsanfleuron (prise de vue depuis l'arête de l'Arpille, E. Reynard, août 2007).

Eau (Les Diablerets). Sur sa bordure méridionale, le lapiaz de Tsanfleuron se relie à une série d'autres lapiaz, de moins grande importance : le lapiaz du Genièvre, prolongé à l'aval par le lapiaz de type montagnard de Tsarein, ainsi que le lapiaz de Mié, dans la haute vallée de la Lizerne.

La série stratigraphique va du Jurassique à l'Oligocène, les roches les plus jeunes affleurant dans la partie orientale du karst, là où l'érosion glaciaire a été la plus faible, alors que les roches les plus anciennes (calcaires à faciès urgonien du Barrémien) affleurent à l'amont, à proximité du glacier. Deux séries de calcaires sont particulièrement karstifiables : les calcaires nummulitiques d'âge éocène et les calcaires récifaux à faciès urgonien du Barrémien. Les premiers affleurent sur tout le pourtour aval du karst, ainsi que sur les lapiés de Mié, du Genièvre et de Tsarein, alors que les calcaires urgoniens couvrent toute la surface comprise à l'amont des moraines du Petit Age Glaciaire, ainsi qu'une bonne partie de la zone centrale du karst. Les autres niveaux calcaires, notamment les calcaires siliceux fins du Valanginien et de l'Hauterivien et les grès nummulitiques de l'Eocène, sont moins sensibles à la dissolution, tout comme les niveaux plus marneux tels que les couches à Cérithes. On mentionnera encore la lacune stratigraphique entre le Crétacé inférieur et l'Eocène (Gremaud, 2008), correspondant à une émergence de la plate-forme continentale au Crétacé supérieur-Paléocène, marquée dans la région par la sédimentation continentale de produits d'altération formant l'ensemble gréseux et parfois bréchique, riche en oxydes de fer, du Sidérolithique.

Cette diversité des affleurements géologiques (voir la carte géologique simplifiée, V. Gremaud, 2008), favori-

sée par l'abrasion glaciaire qui a contribué à renforcer les différenciations lithologiques, contribue à créer une grande diversité des formes karstiques, notamment des différents types de lapiés. Il est ainsi possible d'observer toute la gamme des formes superficielles de lapiés : les lapiés de diaclases, dont l'orientation des crevasses suit les différentes familles de fracturation (Gremaud, 2008), les différents types de lapiés de ruissellement (Figure 3), allant des lapiés à méandres aux lapiés de parois, sur les têtes des gros bancs calcaires, les lapiés à cannelures, d'origine sous-glaciaire (Maire, 1978), les lapiés en empreintes de pas, les kamenitsas, ainsi que les lapiés en roches moutonnées (Figure 4) et les karsts en banquettes structurales (Figure 6), dans la zone amont du karst. Récemment, G. Toth (2008) a proposé une nouvelle classification des lapiés alpins sur la base de sa recherche de thèse réalisée notamment à Tsanfleuron.

Par rapport à un lapiaz « classique », la diversité géomorphologique du lapiaz de Tsanfleuron est renforcée par la présence d'un glacier occupant encore maintenant une partie de la surface. Le glacier de Tsanfleuron est un glacier de plateau, peu épais. De ce fait, il réagit rapidement à toute modification climatique et il a ainsi subi un retrait massif depuis la fin du Petit Age Glaciaire (Wipf, 1999). Le lapiaz peut donc être séparé en deux grandes parties, respectivement à l'aval et à l'amont des moraines historiques (Maire, 1976). A l'aval, le karst est dégagé des glaces depuis le début de l'Holocène au moins ; les traces du modelé glaciaire (notamment les micro-formes telles que les stries) sont partiellement effacées et il ne subsiste plus que cette morphologie de fjell, décrite par Corbel en 1957 déjà. C'est le caractère



Figure 3 - Lapiés de ruissellement dans la partie déglacée depuis le début de l'Holocène (Photo : E. Reynard, août 2002).



Figure 4 - Lapiés en roches moutonnées et chenal d'érosion sous-glaciaire (Photo : E. Reynard, septembre 2003).



Figure 5 - Stries glaciaires et encroûtements carbonatés dans un secteur déglaçé depuis quelques années (Photo : E. Reynard, septembre 2003).



Figure 6 - Lapiés en banquettes structurales et infrastructures de remontées mécaniques à proximité du glacier de Tsanfleuron (Photo : E. Reynard, septembre 2003).

karstique du modelé qui domine. A l'amont, par contre, les formes karstiques sont moins visibles, et le modelé glaciaire domine. Le modelé karstique n'est toutefois pas inexistant et certaines formes particulières, tels que les encoûtements carbonatés (Figure 5), décrits par Maire (1990), dues à la proximité du glacier, ajoutent à la diversité des formes karstiques. Cette zone est également marquée par l'importance des formes de grande taille, telles que les méga-dépressions et les secteurs en karst en banquettes structurales, dont l'origine est glacio-karstique, l'abrasion glaciaire ayant fortement contribué au creusement du relief. L'amplitude altitudinale du karst, comprise entre 1400 m et 2800 m, si l'on prend en compte les lapiaz de Tsarein et du Genièvre, a par ailleurs permis à Maire (1976) de proposer sa classification bio-climatique des karsts de montagne.

Le caractère karstique du relief est par ailleurs complété par des formes dues à d'autres processus. C'est notamment le cas de la grande ceinture de moraines du Petit Age Glaciaire, qui sépare le karst de part en part. Dans le prolongement de la petite langue du glacier, dans le vallon du Lachon, dont l'origine est liée à la fois à la présence d'une dépression d'origine tectonique (Gremaud et Nessi, 2006) et au surcreusement glaciaire, les eaux de fonte du glacier ont donné naissance à une série de petites zones alluviales caractérisées par la multiplicité de chenaux à tresses. Le replat situé le plus à l'amont est par ailleurs encombré de délaissés morainiques de faible ampleur, qui marquent les étapes du retrait glaciaire au cours du XX<sup>e</sup> siècle. En raison du retrait rapide du glacier, des affleurements de glace

morte sont visibles à proximité du front glaciaire. A l'aval des moraines historiques, une série de crêtes morainiques végétalisées traduisent la position du glacier durant l'Holocène, voire, pour les plus basses, au Tardiglaciaire. En raison du caractère karstique de la région, les formes fluviales de surface sont peu nombreuses. On remarquera toutefois la présence d'un cours d'eau, Le Lachon, qui traverse de part en part le karst, malgré la grande pureté et la fissuration des calcaires. Corbel (1957) a expliqué cette situation par le régime glaciaire du cours d'eau. L'abondance des débits estivaux permet un écoulement de surface, qui reste toutefois intermittent et dépend très fortement des valeurs du débit ; durant les journées fraîches et la plupart des mois de l'année, les écoulements vont se perdre dans le karst.

Nous avons présenté ailleurs (Reynard, 1997 b, 2006 ; Reynard *et al.*, 2003) l'attrait scientifique qu'a joué ce karst. Nous n'y revenons pas dans le détail, mais nous bornons à rappeler sous forme graphique les grands développements des recherches dans la région (Figure 7). Cinq domaines principaux de recherche ont été développés sur le karst. La recherche karstique a débuté par les premiers travaux de Corbel en 1957 et a été marquée par la thèse de Maire en 1976, dont Tsanfleuron constituait l'une des zones d'étude (Maire, 1976, 1977, 1978). Récemment Toth (2006, 2008) a repris l'étude des lapiés et proposé une nouvelle classification des lapiés alpins. A partir des années 1970, différentes campagnes d'exploration spéléologique ont également été réalisées par plusieurs groupes (Groupe

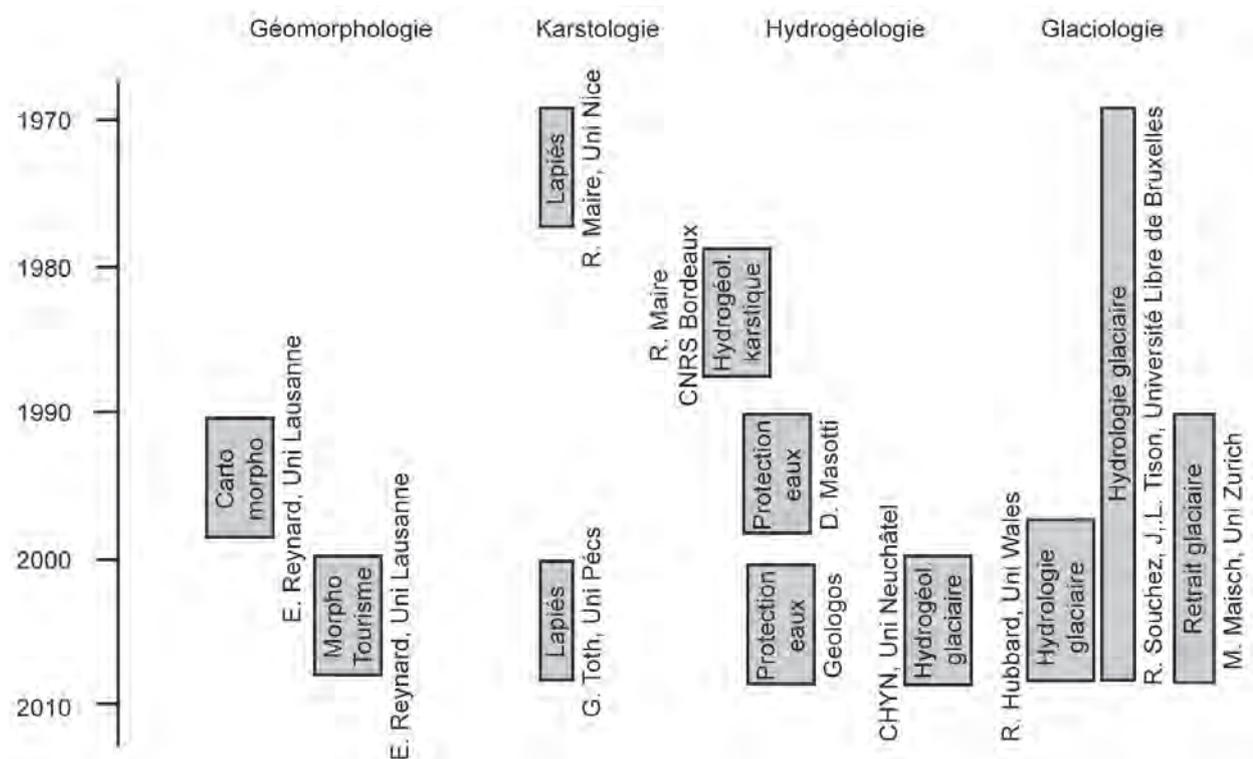


Figure 7 - Développement de la recherche sur le lapiaz de Tsanfleuron depuis les années 1970.

spéléologique rhodanien, Groupe spéléologique de Lausanne, Spéléo-Club de la Vallée de Joux). Une première synthèse des recherches a été publiée par Berclaz (1977). Ces travaux d'exploration de l'endokarst ont contribué au développement, dès les années 1990, d'une deuxième série de recherches, à caractère plutôt appliqué, et réalisées dans le cadre de la protection des sources karstiques situées sur le pourtour du lapiaz (Masotti, 1997 ; Savoy *et al.*, 2008). Ces travaux se poursuivent actuellement dans le cadre du projet *Glaciers and alpine karst aquifers* (GLACIKARST), réalisé par le Centre d'hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel (2006-2010). L'objectif de ce projet est de caractériser les impacts du retrait glaciaire sur la qualité et la turbidité des eaux s'écoulant sur le karst de Tsanfleuron. Une troisième série de travaux ont concerné la géomorphologie de l'exokarst. En plus des travaux strictement karstologiques, les recherches menées par l'Université de Lausanne ont permis de mieux caractériser la géologie de détail du lapiaz (Kunz, 1982 ; Gremaud et Nessi, 2006), ainsi que la géomorphologie (Reynard, 1992, 1997 a). Ces recherches ont été complétées par les travaux réalisés par Gerber *et al.* (1999) dans le cadre de l'inventaire des marges proglaciaires d'importance nationale, par les recherches sur le retrait glaciaire réalisées par l'Université de Zurich, sous la direction du Prof. Max Maisch (Abegg *et al.*, 1994 ; Wipf, 1999) et par différents travaux de diplôme réalisés dans les années 1980 et 1990 par des étudiants de l'Université Libre de Bruxelles. Le quatrième axe de recherche concerne l'hydrologie glaciaire et la glaciologie. Dès la fin des années 1970, des glaciologues de l'Université Libre de Bruxelles ont mené diverses campagnes de terrain visant à comprendre les caractéristiques de la glace basale, ainsi que les processus physico-chimiques agissant à l'interface glace-calcaire (Hallet *et al.*, 1978 ; Lemmens *et al.*, 1982 ; Sharp *et al.*, 1989). Ces recherches se poursuivent en collaboration avec le Prof. Bryn Hubbard (University of Wales) et portent sur les processus liés à la dynamique basale du

glacier (Hubbard, 2002 ; Hubbard *et al.*, 2000 ; 2003). Le dernier axe de recherche concerne le tourisme et ses implications sur la gestion du karst. Dans le cadre du Programme national de recherches 31 sur les changements climatiques, une recherche a porté sur la fonte du glacier de Tsanfleuron et ses effets sur le tourisme régional (Abegg *et al.*, 1994). Nous avons pour notre part étudié les impacts du tourisme sur la géomorphologie du karst (Reynard, 1997 b ; Reynard *et al.*, 2003), ainsi que les potentiels de valorisation touristique du patrimoine géomorphologique (Reynard *et al.*, 1997 b, 2006).

La description des principales caractéristiques géomorphologiques du lapiaz, ainsi que le rappel de son importance scientifique dans différents domaines des géosciences (Figure 7), nous amènent à conclure à la très grande valeur scientifique de ce karst. Le site présente également un certain nombre de valeurs additionnelles au sens de Reynard (2005). Comme bon nombre de grandes surfaces karstiques, le lapiaz présente un contraste de couleur important avec les formations environnantes beaucoup plus sombres, ce qui lui donne une valeur esthétique remarquable, particulièrement appréciable depuis la route du col du Sanetsch. De manière générale, la valeur écologique du site n'est pas exceptionnelle, mise à part la zone alluviale du Lachon. La valeur culturelle est moyenne. La région ayant été assez peu touristique jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, il existe peu de représentations picturales du karst, à part quelques aquarelles du géologue bernois Bernhard Studer (Reynard, 1992). Quelques légendes se rapportent aux jeux des démons autour de la Quille du Diable – le second nom de la Tour St-Martin – et le toponyme Tsanfleuron fait référence selon la légende au *champ fleuri* qui occupait la région et qui fut transformé en désert de roche et de glace suite à une mauvaise action d'un pâtre avare au cœur dur<sup>2</sup>. Finalement, le site présente une certaine valeur économique, liée au tourisme estival et hivernal sur le glacier.

### III - UN SITE FRAGILE À PROTÉGER

En raison du développement touristique, notamment à partir du début des années 1990 (Reynard, 1997 b ; Reynard *et al.*, 2003), le karst a subi un certain nombre d'atteintes importantes<sup>3</sup>. Les plus significatives sont :

- la construction d'une route d'accès à la cabane de Prarochet, située au cœur du lapiaz ;
- la prolongation de cette route en direction du glacier pour faciliter les travaux d'entretien du domaine skiable ;

- la prolifération de véhicules tout-terrain sur le lapiaz (Figure 8) ;
- le parcage sauvage de véhicules au col du Sanetsch ;
- la construction de différentes infrastructures liées à la pratique du ski sur le glacier de Tsanfleuron (notamment la pose de filets de protection sur certaines dolines) ;
- l'installation en 2006 d'une conduite d'adduction

<sup>2</sup> Voir le site internet de la station des Diablerets, [www.diablerets.ch](http://www.diablerets.ch), consulté le 3 novembre 2007.

<sup>3</sup> Nous rappelons ici très brièvement quelles ont été les atteintes et les tentatives de protection. Cette thématique a fait l'objet d'un article plus fouillé (Reynard *et al.*, 2003) auquel nous renvoyons le lecteur. En conclusion de ce chapitre, nous présentons de manière plus détaillée les actions menées depuis 2003 et qui devraient aboutir à une mise sous protection du site.



Figure 8 - Traces de pneus laissées par des véhicules tout terrain dans la zone d'épandage fluvio-glaciaire du Lachon (Photo : E. Reynard, octobre 2006). Cette zone d'épandage avait été proposée comme zone alluviale d'altitude d'importance nationale par l'étude scientifique préparatoire à l'inventaire des zones alluviales d'importance nationale (Gerber *et al.*, 1999).

d'eau reliant le lac de Sénin, situé dans la vallée de la Sarine, et la combe d'Audon, située au nord du Sanetschhorn, en vue de développer l'enneigement artificiel dans la combe d'Audon. Cette conduite a passablement perturbé la marge proglaciaire (Figure 9).

En raison de sa haute valeur scientifique et de la multiplication des impacts, le karst de Tsanfleuron a fait l'objet de différentes tentatives de protection au cours des deux dernières décennies (Reynard *et al.*, 2003). Aucune n'a pour le moment abouti formellement, bien que contrairement à la conclusion que nous tirions en 2003, la situation ait évolué favorablement ces deux dernières années. Nous rappelons brièvement ici les différentes actions menées sur le site jusqu'à présent :

- A la fin des années 1990, le karst de Tsanfleuron a été proposé comme géotope d'importance nationale avec la justification suivante (ASSN, 1999) : « Vaste plateau glacio-karstique d'environ 9 km<sup>2</sup>. Se distingue d'autres zones karstiques alpines par le fait que près de la moitié de sa surface a été déglacée depuis moins de 150 ans : il offre ainsi une combinaison unique de formes glaciaires et karstiques ». Cette liste de géotopes d'importance

nationale, basée sur des propositions faites par des experts de toute la Suisse, n'a toutefois aucun statut juridique et sa portée en termes de protection est faible (Jordan *et al.*, 2004 ; Heitzmann *et al.*, 2006). Les 401 sites inscrits sur cette liste font actuellement l'objet d'une révision et de la rédaction de fiches descriptives complètes.

- La zone alluviale du Lachon avait été considérée comme zone d'importance nationale par les scientifiques ayant réalisé l'inventaire national (Gerber *et al.*, 1999). Suite à la procédure de consultation auprès des cantons et des communes, le site n'a finalement pas été retenu dans la liste finale des sites à protéger en raison des conflits potentiels avec le développement touristique.
- Au début des années 2000, un projet de création d'un parc naturel régional (ou d'un parc national) couvrant toute la région des Hautes Alpes Calcaires a vu le jour (Parc des Muverans). Le lapiaz de Tsanfleuron devait y être intégré. Au moment d'adopter les conclusions de l'étude de faisabilité en 2005, plusieurs communes partenaires ont toutefois retiré leur appui, de peur des restrictions potentielles que ce parc aurait eu sur



Figure 9 - Route tracée dans la marge proglaciaire de Tsanfleuron pour l'installation d'une adduction pour l'enneigement artificiel du domaine skiable de Gstaad 3000 (Photo : E. Reynard, octobre 2006). Cette route a maintenant été détruite et le terrain plus ou moins remis en état.

- leur développement territorial. Le projet a donc été enterré.
- Le plan d'affectation des zones de la commune de Savièse a été homologué en 1998. Comme le projet prévoyait d'affecter le secteur de Tsanfleuron en zone sportive, le plan avait fait l'objet d'une opposition de l'organisation écologiste WWF. Actuellement, le glacier est affecté partiellement en zone sportive, alors que le lapiaz est classé en zone de protection du paysage d'importance communale et en zone agricole (partie aval).
  - Dans le cadre de la réalisation en 2006 de la conduite d'adduction d'eau pour l'enneigement artificiel du domaine skiable de Gstaad 3000, le classement du lapiaz (sans le glacier) en zone de protection du paysage d'importance cantonale a été négocié comme compensation écologique des impacts du chantier. Une première mesure a été prise en été 2007, à savoir la destruction de la route d'accès à la cabane de Prarochet. La procédure de classement comme zone protégée d'importance cantonale n'est pas terminée pour le moment.

#### IV - UN PATRIMOINE EXCEPTIONNEL À VALORISER

Différentes initiatives ont été prises afin de valoriser les richesses naturelles du site (Reynard 1997 b, 2006). Suite à un mémoire de licence portant sur le potentiel de valorisation touristique sur le site (Lambotte, 1995), un itinéraire géomorphologique a été inauguré en 1995 (Collectif, 1995). La brochure didactique associée à cet

itinéraire a été remodelée et a fait l'objet d'une seconde édition en 2004 (Reynard, 2004 c). Une évaluation récente de ce sentier a été réalisée dans le cadre d'un mémoire de licence à l'Université de Lausanne (Berrebi, 2006 ; Reynard et Berrebi, 2008). L'évaluation a conclu à une bonne qualité scientifique et pédagogique de la

brochure, mais à une très mauvaise diffusion de cette dernière. L'entreprise de valorisation didactique a ainsi manqué d'une bonne planification de la promotion et de la diffusion auprès d'un large public, une situation qui devrait être améliorée à l'avenir.

Le karst de Tsanfleuron a fait l'objet de deux autres propositions d'itinéraires didactiques. Il est intégré dans l'ouvrage publié par Decrouez *et al.* (2003) sur les géotopes en Suisse. La description proposée dans cet ouvrage insiste plus sur les caractéristiques géologiques du site que sur les phénomènes géomorphologiques et karstiques. Une proposition de randonnée didactique sur le karst de Tsanfleuron est également présentée dans l'ouvrage de Gnaegi (2008) sur les paysages karstiques de Suisse. Quant à la marge proglaciaire du site de Tsanfleuron, elle constitue l'une des marges glaciaires retenues par le WWF Suisse dans le cadre de ses activités sur les effets des changements climatiques sur les glaciers. Le site de Tsanfleuron est ainsi proposé dans un choix de 15 randonnées sur les

zones alluviales de Suisse romande (Cuennet, 2006).

Afin de coordonner la valorisation géotouristique du karst de Tsanfleuron et de mieux diffuser les connaissances sur ce patrimoine, l'Institut de géographie de l'Université de Lausanne a lancé en 2006 un programme de valorisation basé sur cinq axes majeurs (Reynard, 2006) : la brochure didactique existante (en français) ; la réalisation d'une carte géotouristique multilingue ; la réalisation d'un dépliant et d'un concept didactique audio disponible sur la ligne postale amenant au col du Sanetsch, la réalisation d'un centre de documentation à l'Hôtel du Sanetsch et la réalisation de posters sur le karst et le glacier de Tsanfleuron, à la cabane de Prarochet. Une partie de ce programme, ainsi que la mise sur pied d'un système d'information géographique sur le karst de Tsanfleuron, sont en cours de réalisation dans le cadre d'un mandat confié par la commune de Savièse et la société Gstaad 3000. Les résultats de cette étude seront publiés en 2009.

## CONCLUSIONS

Les géosites et le patrimoine géologique ont fait l'objet d'une nouvelle attention de la part des spécialistes des sciences de la Terre, mais également de certaines institutions telles que l'UNESCO, qui a lancé au début des années 2000, une initiative pour la création de géoparcs, et le Conseil de l'Europe, qui a adopté le 5 mai 2004 une *Recommandation concernant la conservation du patrimoine géologique et des zones d'intérêt spécial pour la géologie*. Il en résulte dans de nombreux pays, une tendance forte au développement d'activités et de produits géotouristiques, une tendance qui constitue une nouvelle opportunité de diffuser les connaissances sur l'histoire de la Terre. Le karst de Tsanfleuron, par ses particularités géomorphologiques, marquées par la combinaison des processus karstiques, glaciaires et fluviaux, et par la haute valeur scientifique du site, constitue un atout touristique de premier ordre pour la région, notamment pour le développement de la saison estivale. Tant le karst que la marge proglaciaire constituent toutefois des environnements très sensibles et fragi-

les. Le développement touristique de ces quinze dernières années a multiplié les impacts négatifs, mais récemment, les autorités politiques locales semblent avoir pris conscience de la valeur de ce patrimoine et de la nécessité d'édicter des mesures de protection aptes à garantir un développement durable du site, sans forcément empêcher une exploitation touristique du secteur. Le processus actuel visant à édicter un plan d'aménagement et un plan de gestion du site va dans ce sens et ouvre de nouvelles perspectives dans la valorisation didactique du site. Il permet d'exaucer un vœu que nous avons formulé en proposant le concept de « protection dynamique » (Reynard *et al.*, 2005). La protection d'un site géologique fragile ne va pas de soi et tant le public que les autorités politiques peinent parfois à comprendre la nécessité de protéger le patrimoine abiotique. Une meilleure conscience publique de cette fragilité et des devoirs de protection passe ainsi par la promotion, didactique et touristique, de la valeur de ce patrimoine. Les actions récentes entreprises à Tsanfleuron vont dans ce sens.

## Remerciements

*La figure 1 a été préparée par Simon Martin, que je remercie. Mes remerciements vont également à la commune de Savièse qui a soutenu plusieurs de mes recherches sur le site, particulièrement au responsable de la commission de l'aménagement du territoire, M. Grégoire Luyet, pour la confiance témoignée.*

## BIBLIOGRAPHIE

- ABEGG B., KÖNIG U., MAISCH M., 1994. Klimaänderung und Gletscherskitourismus. *Geogr. Helv.*, 49/3, 103-114.
- ASSN, 1999. Inventaire des géotopes d'importance nationale. *Geol. Insubr.*, 4/1, 29-48.
- BERCLAZ M.A., 1977. Six ans de collaboration interclubs: le karst haut-alpin du Sanetsch. *Stalactite*, 27, 3-13.
- BERRÉBI Y., 2006. Les sentiers didactiques. Analyse de la perception du public face à quatre réalisations géodidactiques. Mémoire de licence, Université de Lausanne, 178 p.
- COLLECTIF, 1995. Tsanfleuron. Commune de Savièse, Commission culturelle, 64 p.
- CORBEL J., 1957. Karsts hauts-alpins. *Rev. Géogr. Lyon*, 32, 135-158.
- CUENNET S., 2006. Du glacier à la saulaie. Zones alluviales de Suisse romande. Junod, Genève, 127 p.
- DECROUEZ D., JORDAN P., AUF DER MAUR F., 2003. Géotopes, un voyage dans le temps. 20 promenades en Suisse dans le secret des roches. Editions MPA, Chavannes-près-Renens, 208 p.
- FORD D.C., WILLIAMS P., 1989. Karst geomorphology and hydrology. Unwin Hyman, London, 601 p.
- GERBER B., GSTEIGER P., LEIBUNDGUT M., RIGHETTI A., 1999. Gletschervorfelder und alpine Schwemmebenen als Auengebiete. Technischer Bericht. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, Schriftenreihe Umwelt Nr. 305, 95 p.
- GNAEGI C., 2008. Karstlandschaften und Schauhöhlen der Schweiz. Ott Verlag, Thun, 199 p.
- GRANDGIRARD V., 1997. Géomorphologie, protection de la nature et gestion du paysage. Thèse, Université de Fribourg, 210 p.
- GRANDGIRARD V., 1999. L'évaluation des géotopes. *Geol. Insubr.*, 4/1, 59-66.
- GREMAUD V., NESSI J., 2006. Etude structurale et hydrogéologique de la région du Col du Sanetsch et du Lapiaz de Tsanfleuron. Mémoire de Master, Université de Lausanne, 102 p.
- GREMAUD V., 2008. Géologie du Karst de Tsanfleuron. Karsts de montagne : géomorphologie, patrimoine et ressources, *Cahiers de géographie*, 7.
- HALLET B., LORRAIN R., SOUCHEZ R., 1978. The composition of basal ice from a glacier sliding over limestones. *Geol. Soc. of America Bull.*, 89, 314-320.
- HEITZMANN P., REYNARD E., STÜRM B., 2006. Geotopschutz in der Schweiz – quo vadis ? *Schrift. Deutschen Ges. Geowiss.*, 44, 48-54.
- HUBBARD B., 2002. Direct measurement of basal motion at a hard-bedded, temperate glacier: Glacier de Tsanfleuron, Switzerland. *Journ. Glaciol.*, 48(160), 1-8.
- HUBBARD B., HUBBARD A., TISON J.-L., MADER H.M., NIENOW P., GRUST K., 2003. Spatial variability in the water content and rheology of temperate glaciers: Glacier de Tsanfleuron, Switzerland. *Ann. Glaciol.*, 37, 1-6.
- HUBBARD B., TISON J.L., JANSSENS L., SPIRO B., 2000. Ice-core evidence of the thickness and character of clear-facies basal ice: Glacier de Tsanfleuron, Switzerland, *Journ. Glaciol.*, 46/152, 140-150.
- JEANNIN P.-Y., 2006. Le développement durable du milieu karstique, problèmes et atouts. Gestion durable de l'environnement karstique. R. Lugon éd., Institut Universitaire Kurt Bösch, Sion, 9-21.
- JORDAN P., HIPPEL R., REYNARD E., 2004. La protection des géotopes et la création de géoparcs en Suisse. Paysages géomorphologiques. E. Reynard et J.-P. Pralong éd., Institut de Géographie, Lausanne, *Travaux et Recherches* 27, 151-160.
- KUNZ F., 1982. Etude géologique de la région du Col du Sanetsch. Diplôme de géologie, Université de Lausanne.
- LAMBOTTE A., 1995. Elaboration scientifique d'un sentier glaciologique sur le site de Tsanfleuron. Mémoire de licence, Université Libre de Bruxelles.
- LEMMENS M., LORRAIN R., HAREN J., 1982. Isotopic composition of ice and subglacially precipitated calcite in an alpine area. *Zeitschr. Gletscherkunde Glazialgeologie*, 18, 151-159.
- MAIRE R., 1976. Recherches géomorphologiques sur les karsts haut-alpins des massifs de Platé, du Haut-Giffre, des Diablerets et de l'Oberland occidental. Thèse, Université de Nice.
- MAIRE R., 1977. Les Karsts haut-alpins du Platé, du Haut-Giffre et de la Suisse occidentale. *Rev. Géogr. Alpine*, 65, 403-425.
- MAIRE R., 1978. Les karsts sous-glaciaires et leurs relations avec le karst profond. *Rev. Géogr. Alpine*, 66, 139-148.
- MAIRE R., 1990. La haute montagne calcaire. *Karstologia Mémoires*, 3.
- MASOTTI D., 1997. Potabilité de l'eau du Karst de Tsanfleuron. Proceedings of the 12th International Congress of Speleology, 1997, Switzerland, Symposium 5 : Applied Speleology, 9-12.
- PANIZZA M., PIACENTE S., 1993. Geomorphological assets evaluation. *Zeitschr. Geomorph.* N.F. Suppl. Bd 87, 13-18.
- PANIZZA M., 2001. Geomorphosites: concepts, methods and example of geomorphological survey. *Chinese Sc. Bull.*, 46, Suppl. Bd, 4-6.
- REYNARD E., 1992. Géomorphologie de la vallée de la Morge (Valais). Mémoire de licence, Université de Lausanne, 116 p.
- REYNARD E., 1997a. Carte géomorphologique des Lapiés de Tsanfleuron (Hautes Alpes Calcaires, Valais). *Bull. Soc. Neuch. Géogr.*, 41, 23-38.
- REYNARD E., 1997b. Problèmes liés à la mise en valeur touristique d'un site karstique. Le cas du karst de Tsanfleuron (VS, Suisse). Proceedings of the 12th International Congress of Speleology, 1997, Switzerland, Symposium 5 : Applied Speleology, 17-19.
- REYNARD E., 2004a. Protecting Stones: conservation of erratic blocks in Switzerland. Dimension Stone 2004. New perspectives for a traditional building material. R. Prikryl éd., Balkema, Leiden, 3-7.
- REYNARD E., 2004b. Géotopes, géo(morpho)sites et paysages géomorphologiques. Paysages géomorphologiques. E. Reynard & J.-P. Pralong éd., Institut de Géographie, Lausanne, *Travaux et Recherches*, 27, 123-136.

- REYNARD E., 2004c. Tsanfleuron, entre roche et glace. Une invitation à la découverte géomorphologique du karst de Tsanfleuron. Commune de Savièse, Commission des relations publiques et tourisme, 64 p.
- REYNARD E., 2005. Géomorphosites et paysage. *Géomorphologie. Relief, processus, environnement*, 3, 181-188.
- REYNARD E., 2006. Valorisation géotouristique du karst de Tsanfleuron. Gestion durable de l'environnement karstique. R. Lugon éd., Institut Universitaire Kurt Bösch, Sion, 69-79.
- REYNARD E., BERREBI Y., 2008. Percorsi geodidattici e aspettative del pubblico. *Geologia e turismo : beni geologici e geodiversità*, Atti del Terzo congresso nazionale Geologia e Turismo, Bologna 1-3 marzo 2007, 15-21.
- REYNARD E., FONTANA G., KOZLIK L., SCAPOZZA C., 2007. A method for assessing the scientific and additional values of geomorphosites. *Geogr. Helv.*, 62/3, 148-158.
- REYNARD E., MORAND S., AMMANN T., 2003. Protection et mise en valeur d'un site géomorphologique : la région du Sanetsch (Valais, Suisse). *Géomorphologie et tourisme*. E. Reynard et al. éd., Institut de Géographie, Lausanne, *Travaux et Recherches*, 24, 35-52.
- REYNARD E., PRALONG J.P., GENTIZON C., 2005. La géoconservation : pour un renouvellement de la protection de la nature en Suisse. Vivre dans les milieux fragiles: Alpes et Sahel. L. Dambo & E. Reynard éd., Institut de Géographie, Lausanne, *Travaux et Recherches*, 31, 57-70.
- SAVOY L., FAVRE G., MASOTTI D., 2008. Hydrogéologie du karst de Tsanfleuron et essais multitraçages (années 2005 et 2006). In *Karsts de montagne : géomorphologie, patrimoine et ressources. Collection EDYTEM*, 7, Cahiers de Géographie, 135-146.
- SHARP M., CAMPBELL GEMMEL J., TISON J.L., 1989. Structure and stability of the former subglacial drainage system of the Glacier de Tsanfleuron, Switzerland. *Earth Surf. Proc. Landf.*, 14, 119-134.
- STRASSER A., HEITZMANN P., JORDAN P., STAPPER A., STÜRM B., VOGEL A., WEIDMANN M., 1995. Géotopes et la protection des objets géologiques en Suisse : un rapport stratégique. Groupe suisse pour la protection des géotopes, Fribourg, 27 p.
- TOTH G., 2006. Classification and development of bare karren cells in calcareous high mountains. – PhD Thesis, University of Pécs (Hungary), Summary.
- TOTH G., 2008. Une nouvelle approche du système des lapiés alpins nus. In *Karsts de montagne : géomorphologie, patrimoine et ressources. Collection EDYTEM*, 7, Cahiers de Géographie, 147-155.
- WIPF A., 1999. Die Gletscher der Berner, Waadtländer und nördlichen Walliser Alpen. Eine regionale Studie über die Vergletscherung im Zeitraum « Vergangenheit » (Hochstand von 1850), « Gegenwart » (Ausdehnung im Jahr 1973) und « Zukunft » (Gletscherschwund-Szenarien, 21. Jhdt.). Geographisches Institut, Universität Zürich, *Physische Geographie* Vol. 40.