



Les Écrins  
Parc National

# Territoire Écrins

LES CAHIERS THEMATIQUES DU PARC NATIONAL

## Les glaciers





# "Territoire Écrins": les cahiers

Il y a bien longtemps que ce projet de collection était en gestation. Il y a bien longtemps que le Parc national sait qu'une attente existe, qu'il sait que cette somme énorme de connaissances acquises sur le territoire en plus de 30 ans intéresse celles et ceux qui y vivent, en vivent et/ou se passionnent pour ce territoire d'exception.

TERRITOIRE ÉCRINS est avant tout un témoignage. Le témoignage d'hommes et de femmes passionnés par leur métier et par le terrain sur lequel ils l'exercent, au service d'un patrimoine qu'ils sont en charge de préserver. Le témoignage d'une équipe ayant acquis au fil du temps compétences et savoir-faire en matière d'observations, d'inventaires, de suivis, de conservation et de valorisation des patrimoines de ce territoire.

Il fallait dire... Dire ce que l'on connaît, ce que l'on a vu, constaté, mesuré ou entendu mais aussi dire ce que l'on a vécu ou ressenti lorsque l'on est tous les jours en contact direct avec l'intimité de ce territoire. Dire aussi quelques uns de ses secrets et de ses mystères... Ces cahiers sont le fruit d'un travail collectif, associant agents de terrain, spécialistes et médiateurs ; ils abordent un thème majeur d'étude pour le parc national.

Voici donc le premier numéro d'une collection de cahiers thématiques consacrée aux Écrins, à son territoire.

Avec les changements climatiques et les programmes de suivis qui sont mis en œuvre, les glaciers se sont naturellement imposés pour lancer cette collection à large diffusion.

Après quelques explications indispensables à la compréhension du sujet et de sa longue histoire, vous trouverez dans ce cahier le compte rendu des travaux scientifiques conduits par le Parc national des Écrins et ses partenaires.

Parce que les hommes font aussi le territoire, une place confortable a été laissée aux témoignages du vécu de terrain, sans négliger les points de vue plus larges et plus extérieurs au Parc national. La parole est finalement confiée à un spécialiste qui fera le point sur les hypothèses et découvertes les plus récentes mais aussi sur les questions qui restent posées.

Parce que le thème marque l'identité même de ce territoire de haute montagne, le cahier "glaciers" a donc été une magnifique occasion de faire le point sur un sujet qui anime tant de discussions et ravive toutes les mémoires.

C'est aussi un engagement pour les numéros futurs, qu'ils soient consacrés à des thèmes naturalistes, culturels, paysagers ou à des programmes plus spécifiques.

Puisse ce travail être le miroir fidèle d'un territoire et d'un travail complexe qui associe vécus de terrain, connaissances acquises et ambitions de conservation.

# sommaire

*Illustrations d'Ernest Hareux  
extraites du livre «La Meije et Les Ecrins»  
de Daniel Baud-Bauvy,  
Edition A. Gratier & J. Rey,  
Grenoble 1908.*



<b>Carte du Territoire Écrins</b> .....	<b>4-5</b>
<b>Glaciers des Écrins : le cœur du massif</b> .....	<b>6</b>
La vie d'un long fleuve tranquille	
Tous différents	7
<b>Des objets d'étude et de loisir</b> .....	<b>10</b>
L'écologue	
Le naturaliste	
Le climatologue	
L'hydrologue	11
Le géomorphologue	
Le géographe, l'historien, le sociologue	
L'alpiniste	
L'économiste	12
L'artiste	
Le gestionnaire d'espace protégé	
Le glaciologue, le géophysicien	13
<b>Les grands travaux du temps</b> .....	<b>14</b>
Naissance d'un paysage	15
<b>Prendre la mesure des fluctuations</b> .....	<b>17</b>
Mesure du front	
Les photographies aériennes et les cartes anciennes	20
Le constat photographique	21
Les mesures de bilan au glacier Blanc : une station météo de haute altitude	23
Mesures de variations de volume du glacier et de son stock d'eau solide par photogrammétrie.	26
<b>Les glaciers sous surveillance</b> .....	<b>28</b>
<i>par Louis Reynaud</i>	
<b>Annexes</b> .....	<b>31</b>
Glossaire	
Pour en savoir plus	

# Exemples de formes glaciaires du massif des Écrins et où les voir facilement

— Limite de la zone centrale

— Limite de la zone périphérique

■ Maisons du Parc

## Formes glaciaires

### Ligne d'équilibre

- 1 Refuge des Écrins, entre juin et octobre

### Séracs

- 1 Front du glacier Blanc

### Rimaye

- 1 Face nord de la Meije

### Crevasses

- 1 Glacier Blanc, entre les refuges du G. Blanc et des Écrins
- 2 Glacier du Tabuchet

### Bédières et moulins

- 1 Glacier Blanc, sous le refuge des Écrins, entre juin et octobre

### Glaciers de vallée

- 1 Glacier de la Pilatte
- 2 Glacier du Chardon

### Glacier rocheux

- 1 Glacier du vallon de Laurichard

### Glaciers de cirque

- 1 Glacier du Sirac
- 2 Glacier de Louranoure - Saint-Christophe-en-Oisans

### Glaciers suspendus

- 1 Glacier du Fouteuil
- 2 Glacier d'Ailefroide - fond du glacier Noir

### Glaciers de calotte

- 1 Glacier du Mont de Lans
- 2 Calotte des Agneaux

### Glacier noir

- 1 Glacier Noir au-dessus du Pré de Madame Carle

### Glaciers blancs

- 1 Glacier Blanc et en général, les autres

### Lacs glaciaires

- 1 Lac de l'Eychauda
- 2 Lac d'Arsine
- 3 Lac des Rouies

## Formes d'érosion

### Verrous

- 1 Entre Vénosc et le Plan du Lac
- 2 Entre Pelvoux - les Claux et Ailefroide
- 3 Gorges du Fournel

### Polis

- stries 1 Front du glacier Blanc
- cannelures 2 Plateau de la Coche

### Gorges de raccordement

- 1 Gorges du Diable - Saint-Christophe-en-Oisans
- 2 Ouelles du Diables - Chapelle-en-Valgaudemar

### Épaulements

- 1 Serre Buzard - Châteauroux-les-Alpes
- 2 Mikéou - Réotier
- 3 Le Puy - Saint-Christophe-en-Oisans

## Formes d'accumulation

### Moraines latérales

- 1 Glacier Noir
- 2 Glacier du Casset
- 3 Glacier de Bonne Pierre

### Moraine frontale

- 1 Glacier d'Arsine

### Vallum morainique

- 1 Glacier d'Arsine

### Farines de roche

- 1 Bord du torrent du glacier Noir au Pré de Madame Carle
- 2 Bord du Vénéon - La Bérarde

### Plans des eaux

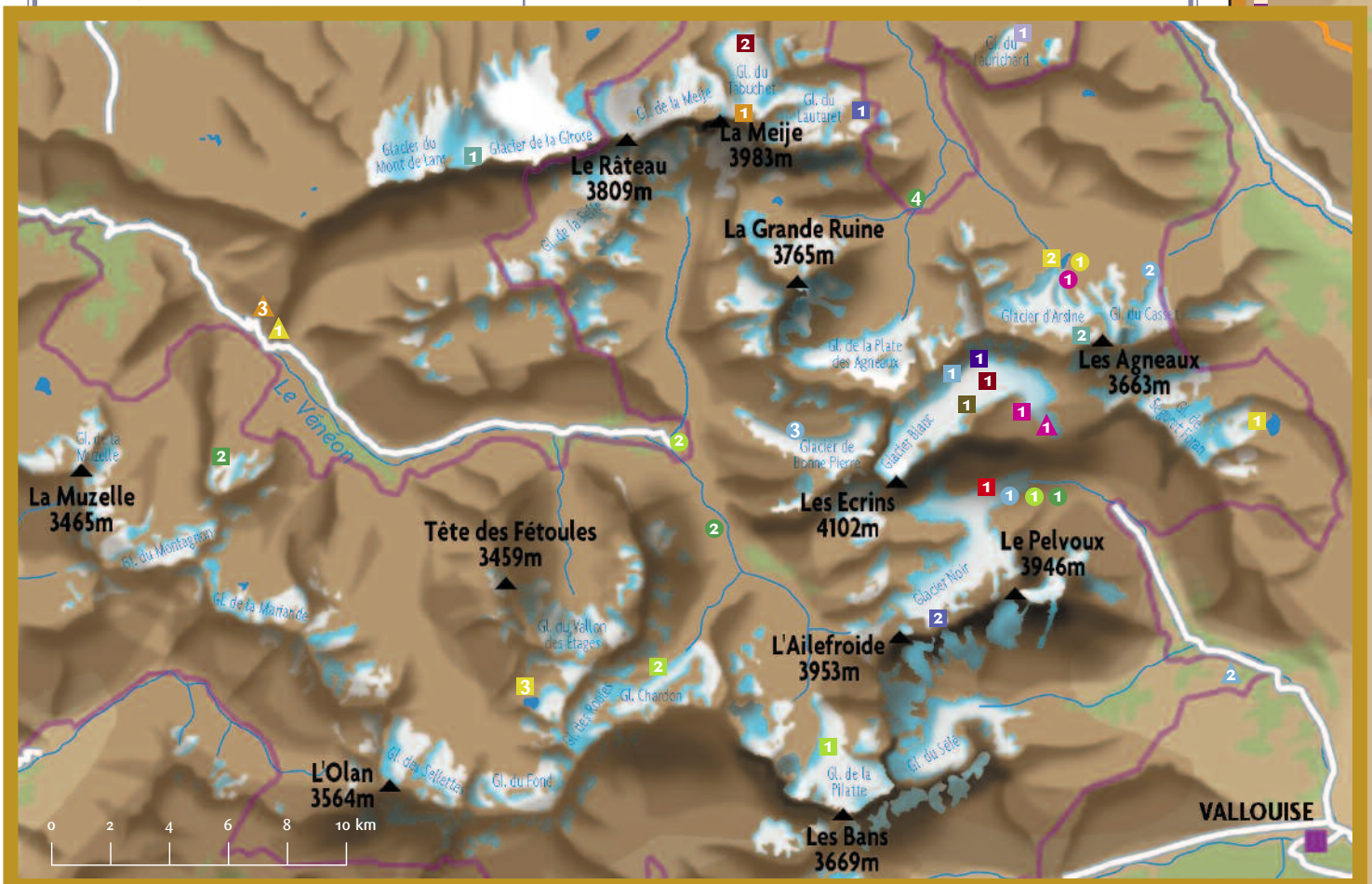
- 1 Pré de Mme Carle
- 2 Plan du Carrelet
- 3 Plan du Lac
- 4 Plan de Valfourche

### Terrasses fluvio-glaciaires

- 1 Lac d'Embrun
- 2 Mont-Dauphin
- 3 Châteauroux-les-Alpes

### Blocs erratiques

- 1 La Roche de Rame
- 2 Plateau de la Coche







# Vallée de la Romanche

# Vallée de la Guisane

# Vallée du Drac

# Vallée de la Durance

LE BOURG D'OISANS

LAC DU CHAMBON

Le Rochail 3023m

La Muzelle 3465m

Tête des Fétoules 3459m

L'Olan 3564m

LA CHAPELLE-EN-VALGAUDEMAR

Pétarel 2619m

Vieux Chaillol 3163m

PONT-DU-FOSSÉ

GAP

LAC DE SERRE-PONCON

La Grande Ruine 3765m

Les Ecrins 4102m

L'Ailefroide 3953m

Les Bans 3669m

Sirac 3440m

VALLOUISE

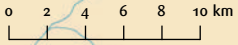
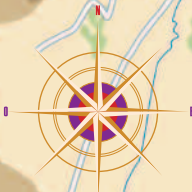
Tête de Vautisse 3156m

Le Mourre Froid 2994m

CHATEAUROUX-LES-ALPES

EMBRUN

BRIANÇON





# Glaciers des Écrins : *le cœur du massif*

LES GLACIERS SONT LA MARQUE DE LA HAUTE MONTAGNE. ILS SUSCITENT ADMIRATION, RESPECT, CRAINTE ET RECUEILLEMENT DE TOUS CEUX QUI LES APPROCHENT OU LES CONVOIENTENT.

Ce sont sûrement ces sentiments qui motivent les photographes et leurs milliers de clichés depuis le col du Lautaret, quand, au détour du dernier virage, apparaissent les glaciers de la Meije. Ils sont un formidable agent de promotion touristique et de nombreuses vallées leur doivent leur prospérité. En plus de leur indéniable valeur esthétique, les glaciers présentent un intérêt original qu'ils partagent avec les volcans : la possibilité de mesurer à échelle humaine leur contribution à la construction et au modelage des paysages.

Les glaciers de montagne qui existent sous nos latitudes tempérées représentent tout juste 2 % de la glace terrestre. En France, ils n'existent que dans les Alpes et les Pyrénées. À l'échelle des Alpes, les glaciers



*Glacier Blanc et glacier Noir en 1845,  
Lithogravure*

occupent moins de 3 000 km<sup>2</sup> dont seulement 300 en France soit 0,06 % du territoire national. Leur nette diminution depuis 1820, est plus rapide

depuis 20 ans, époque de la dernière et modeste crue glaciaire.

Le massif des Écrins est le premier massif glaciaire des Alpes françaises : 100 km<sup>2</sup> de glaciers pour un volume estimé à environ 5 milliards de m<sup>3</sup> de glace (5 km<sup>3</sup> de glace soit 4 fois le volume de la retenue de Serre-Ponçon), devant les versants français du massif du Mont Blanc (90 km<sup>2</sup>).

La plupart des 292 glaciers du massif des Écrins sont de petite taille (en moyenne 40 ha) mais il existe néanmoins une quinzaine de systèmes glaciaires de plus de 200 ha). Ils présentent tous les types morphologiques (glaciers de cirque, de vallée, suspendus et de dôme) et tous les types de recouvrement (blanc, noir et rocheux).

## La vie d'un long fleuve tranquille

Le *glaciologue* définit ainsi le glacier : "On appelle glacier, toute masse de glace naturelle, permanente à l'échelle humaine." (Liboutry - 1965).

Lorsqu'il pleut en plaine, il neige généralement en montagne au-dessus de 3 500 m, même en été. Dans nos régions, bien que la fonte ne cesse totalement qu'au-delà de 4 000 m d'altitude, on trouve encore de la neige sur le glacier vers 3 000 m : c'est la **ligne de névé**, limite inférieure des "neiges éternelles". Cet excédent de neige non fondue dans les parties hautes du glacier s'accumule et se transforme en glace au bout de quelques années sous l'effet du poids et de la présence d'eau de fonte à la surface.

C'est pourquoi, la température de la glace de nos glaciers alpins est, dès sa naissance, égale à 0°C. Ils portent alors

le nom de **glacier tempéré**. Cependant, à l'instar des grands glaciers des calottes arctiques et antarctiques, les glaciers alpins de haute altitude (au-dessus de 4 000 m) peuvent être des **glaciers froids** (température inférieure à 0°C).

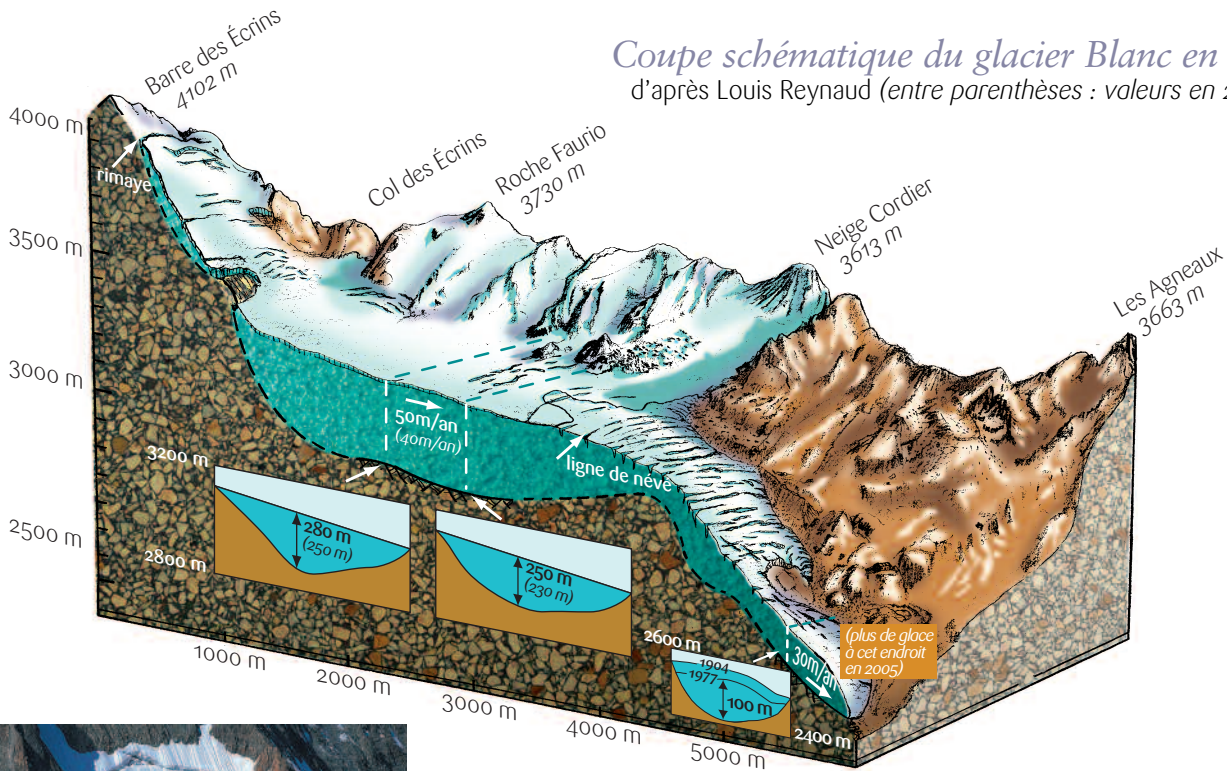
Toute cette glace fabriquée dans la partie haute du glacier, au-dessus de la ligne de névé, s'écoule sous l'effet de son propre poids comme un fluide très visqueux, à une vitesse variant de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres par an dans les zones de forte pente. De même que les vitesses, les épaisseurs de glace varient beau-

coup selon la pente locale. C'est sur les zones plates que l'on trouve les plus grandes épaisseurs, comme au glacier Blanc, sous le refuge des Écrins, avec 250 m environ au centre du courant de glace.



*Ligne de névé sur le glacier Blanc*

## Coupe schématique du glacier Blanc en 1985 d'après Louis Reynaud (entre parenthèses : valeurs en 2005)



Glacier de la Pilatte, rimaye dans la face nord des Bans

Le glacier subit de fortes contraintes en zone de compression quand sa progression est ralentie ou en zone de traction lorsqu'elle s'accélère. Malgré sa grande plasticité, la glace se comporte alors comme un matériau fragile qui se crevasse. Les forces de traction vers l'aval provoquent le décollement du glacier de la pente rocheuse. Se forme alors la première crevasse du glacier, la **rimaye**.



Glacier Blanc, crevasses

Dans la glace vive, la profondeur des **crevasses** est limitée à une trentaine de mètres, mais en zone d'accumulation (c'est à dire dans le névé), elle peut atteindre 50 mètres. Parfois masquées par des ponts de neige plus ou moins résistants, elles représentent un réel danger pour les alpinistes.

Si le glacier aborde une pente suffisamment importante, les crevasses peuvent former des arcs réguliers sur toute sa largeur. Si la pente est vraiment trop forte, les crevasses se développent dans tous les sens et on obtient des **séracs**. Il arrive que ceux-ci s'écroulent, provoquant des avalanches de blocs de glace à n'importe quel moment du jour ou de l'année. Selon les caprices du climat qui règlent l'accumulation de neige dans la partie supérieure et la fonte de glace dans la partie inférieure, le volume et l'étendue des glaciers augmentent ou diminuent : on dit alors que les glaciers avancent ou reculent. Mais le temps de réaction au **front** du glacier ne se manifeste qu'avec un temps de retard lié à la dynamique de l'écoulement. Au glacier Blanc, ce temps

de réponse est de l'ordre de 6 ans.

Même si un glacier est anciennement installé, la glace qui le constitue, elle, n'a guère plus de 100 ou 200 ans car dans nos régions de fortes précipitations, elle se renouvelle vite. C'est au niveau du front qu'on trouve la glace la plus ancienne, là où la croissance des cristaux qui la constituent n'est plus perturbée par les contraintes liées à l'écoulement (elle présente alors des très gros cristaux (grains) de quelques centimètres de côté).



Séracs dans la face nord des Écrins

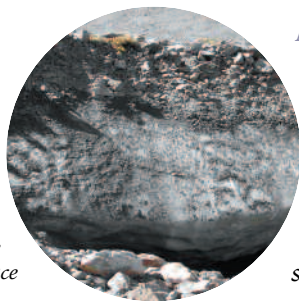
## Tous différents

Selon la topographie des lieux et les conditions locales d'accumulation ou de fonte,

les glaciers présentent des formes particulières. On distingue principalement les

**glaciers de vallée**, comme le glacier Blanc, avec une langue terminale





Un glacier noir et sa couverture morainique de surface

## ALBEDO

On appelle "*albédo*", le rapport entre l'énergie réfléchie et celle amenée par le soleil. Il varie selon la nature de la surface : plus la neige est sale, plus elle absorbe les rayons du soleil et donc plus elle fond. Une couche de débris empêche par contre la chaleur absorbée de pénétrer jusqu'à la glace et par conséquent la protège dès que son épaisseur dépasse 2 cm (expériences d'Olav OREIM, Norvège, 1950).

développée et les **glaciers de cirque** (glacier de Chauvetane) qui sont des glaciers de vallée que la remontée de la ligne de névé a réduit à leur plus simple expression.

On trouve aussi les **glaciers suspendus** qui sont des *glaciers froids*. Leur faible température permet à la glace d'adhérer au rocher ; ils restent ainsi accrochés en pleine paroi. Citons le glacier suspendu de la face Nord de l'Ailefroide ou le glacier du Fauteuil visible du col du Lautaret.

Il existe aussi des **glaciers régénérés**, formés au pied d'une face abrupte par l'accumulation des chutes de séracs, et des **glaciers de calotte** aux écoulements rayonnants, comme celui du Mont de Lans.

Par opposition aux glaciers de type blanc, il y a les **glaciers noirs** recouverts d'une *couverture morainique* de 20 à 30 cm d'épaisseur en moyenne. Cette épaisse couche de graviers, pierres et autres blocs protège efficacement la glace de la morsure du soleil. Sur les **glaciers blancs**, même si le rayonnement solaire est abondamment réfléchi, une partie importante de l'énergie pénètre dans la glace et participe à la fusion.

L'action du soleil et le rôle protecteur des pierres sont parfaitement illustrés par les formations originales et parfois cocasses que sont les tables glaciaires. En général, les glaciers naissent "blancs" mais se terminent la plupart



Glacier de la Pilatte, une table glaciaire

du temps très "noirs" (glaciers noirs d'Arsine ou du Lautaret).

Dans les régions où les effets du gel hivernal ne se résorbent pas complètement durant l'été, se trouvent des terrains complètement gelés appelés "*pergélisol*".

On y rencontre les **glaciers rocheux** qui se forment là où les parois produisent beaucoup d'éboulis. C'est un véritable béton de glace et de blocs car les interstices entre les blocs rocheux se comportent comme des pièges à froid et se combent de glace à partir de la neige et de l'eau de fusion. Leur écoulement est très lent (20 cm à 1 m/an pour le glacier rocheux du vallon du Laurichard au col du Lautaret). Ils passent généralement inaperçus, mais on peut les repérer à leur front abrupt caractéristique ainsi qu'à leurs chevrons ondu-

lés. Ils sont aussi découverts fortuitement lors de travaux de terrassement sur les domaines skiables, en versant nord à partir de 2 700 m d'altitude où la présence de glace vient compliquer la tâche des aménageurs.

Ce sont de formidables modelleurs des paysages montagnards et, qu'ils soient actifs ou fossiles, ils constituent de véritables réservoirs d'eau qu'il faut éviter de polluer par des aménagements inopportuns.



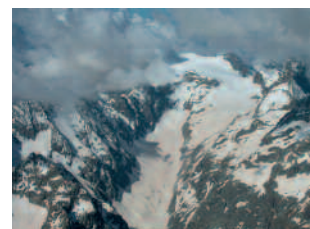
Glacier du Laurichard, un glacier rocheux.



Glacier du Fauteuil, un glacier suspendu



Glacier de la Plate des Agneaux, un glacier noir



Glacier du Chardon, un glacier de vallée



# D'OU VIENNENT LES NOMS DES GLACIERS ?

## TOPONYMIE GLACIAIRE

### Des toponymes très anciens

Dans le massif des Écrins, la plupart des noms de lieu d'altitude sont marqués par les racines pré-indo-européennes : kal, gar, gal et leur dérivés : rab, rib, fal, far, val, mal, men, man, pel, pal, pel, per.

Ces syllabes signifient hauteur du rocher comme dans "Pelvoux".

Les termes "sel, sal, sil" (= pierre, éboulis) se retrouvent aujourd'hui dans le "Selé" ou le "Sellon".

En altitude, avec la pierre il y a l'eau. De "sav" on obtient Séveraisse ; en Briançonnais, tabut, (= nom des torrents issus des glaciers) nous a donné Tabuc et Tabuchet.

### Des noms empruntés à leur environnement

La plupart des glaciers n'ont pas de noms qui leur sont propres : ils portent souvent celui du vallon qu'ils occupent : glacier du vallon des Étages, de la Pilatte, des Étançons, de la Lavey, de Bonnepierre...

Parfois ils sont identifiés par le sommet qui les domine : glacier de la Meije, de l'Olan, des Fétoules. Ils se confondent sous le même vocable : une pointe, une brèche, voire un col (glacier de la Muande par exemple) !

Un nom de lieu proche a permis de les nommer : la Plate des Agneaux est à la fois un pâturage et un glacier, Clot Boucharet et le Clot des Cavales ont donné un nom commode pour le glacier situé au-dessus. Mais attention certains sont capables de porter un nom de lieu éloigné, les glaciers du Lautaret blottis au pied de la Meije n'ont rien à voir avec le col du même nom !

Certains cependant n'ont pas hésité à prendre le nom du village ou du chef-lieu : on parle du glacier de Mont-de-Lans, du Casset, du Monétier visible il est vrai depuis la place du village !

### Des noms pour les localiser

En examinant de plus près les cartes topographiques, on y retrouve des efforts de localisation plus précis : glacier du Fond (!) Est ou Ouest du Diable, supérieur du Lautaret, des Agneaux. On sent le géographe ! L'aspect descriptif est plus parlant : tout le monde connaît le glacier Blanc et son frère voisin le glacier Noir, mais il y a aussi le glacier Gris, le glacier Plat, le glacier Carré et le glacier Suspendu, celui des Sellettes (= replats) et même un Fauteuil.

### Des noms de plantes et d'animaux

Mais il en est qui dénotent en parlant de flore : le Chardon (avec un petit Chardon), des Bruyères, d'Amirée Bruyère. Quant à celui des Violettes, ne cherchez pas à en cueillir là-haut, son autre nom est Veyro (= lieu inculte)... La faune n'est pas omise : il y a un glacier de l'Ours, un de l'Âne issu de noms de lieux proches. Quant aux Bœufs Rouges, il semble bien que le cartographe ait confondu l'animal avec le terme "bal" qui signifie lieu élevé.

### Des noms de personnes

L'examen attentif des cartes révèle encore des surprises. D'où viennent cette Armande, cette Claire, ce Petit Pierre qui ont laissé leur prénom pour désigner des endroits bien inhospitaliers ? Pélissier et Jean Gauthier en Vallouise, ont laissé leur nom de famille pour le temps que durent les glaciers.



Les toponymes des glaciers nous permettent de situer dans l'espace ces éléments du paysage montagnard. L'étude de la toponymie nous emporte dans la culture de ceux qui les ont nommés : paysans, découvreurs, alpinistes, cartographes sans omettre les erreurs de copie, de traduction du parlé. Si cette science est une chose délicate, elle nous ramène aux brassages des peuples et des cultures, à l'histoire des hommes, mais aussi à notre imaginaire.

À lire : A. Faure «Noms de lieux et noms de famille des Hautes-Alpes» Espace Occitan - Gap - 1998.

H. Bessat, C. Germi, «Les noms du paysage alpin» Ellug, 2001



# Des objets d'étude et de loisir



DES LE SIECLE DES LUMIERES, LES SAVANTS SE SONT INTERESSES AUX "GLACIERES". LA SCIENCE VA TROUVER LA UN TERRAIN D'EXPERIMENTATION, DIFFICILE D'ACCES, COMPLEXE. CES "CONFINES DE LA VIE", DES LE MILIEU DU XIX<sup>E</sup> SIECLE VONT DEVENIR LE TERRAIN DE RENCONTRE DE NOMBREUSES DISCIPLINES. MAIS QUI S'INTERESSE AUX GLACIERS AUJOURD'HUI ?

## L'écologue

Pour l'écologie, les glaciers sont un habitat écologique au même titre qu'un pré de fauche, une tourbière ou un mélézin. Au titre de la Directive européenne "Habitats", les glaciers constituent des habitats naturels d'intérêt communautaire. Adoptée par le Conseil de l'Europe le 21 mai 1992, cette Directive (92/43) communément appelée "Natura 2000", concerne la conservation des habitats naturels, de la faune et de la flore sauvages. Elle liste un certain nombre "d'habitats" - milieux naturels - qui doivent être conservés par les états membres. Le Parc national des Écrins a donc une obligation de suivi des modifications de ces habitats qui sont en régression comme nous le verrons plus loin.

## Le naturaliste

Les glaciers ont connu d'anciennes et vastes extensions. Si aujourd'hui les grandes masses de glace se sont retirées vers les pôles, des espèces se sont réfugiées autour des sommets alpins lors de ce retrait glaciaire. Citons, entre autres, le lagopède alpin et la chouette de Tengmalm. Mais c'est parmi la flore alpine que l'on rencontre le plus grand nombre de ces "réfugiés". Par exemple, la dryade à huit pétales (*Dryas octopetala*) dont le nom est associé à une période froide du début du dernier interglaciaire (le Dryas) ou encore les saules nains qui sont les principaux colonisateurs des marges glaciaires.

### *carnet de terrain*

#### **Le tronc du Chardon**

*Là, à demi enfoui dans la moraine, mis à jour par l'érosion, le tronc apparaît en 1969. Étrange ! Autour, il n'y a pas d'arbre, les saules nains font ici figure de géants. Il fera l'objet de tous les soins de la part de Robert Vivian, glaciologue et sera daté au carbone 14 pour avouer son âge. Il est mort vers 1150 ! C'est donc le témoin d'une époque plus clémente ; avant que l'avancée des glaciers lors du petit âge glaciaire n'emporte ce pin cembro de belle taille. Difficile d'imaginer aujourd'hui de tels arbres dans le désert minéral du glacier du Chardon !*

*Hervé Cortot*

## Le retour de la vie

*Moins de vingt ans après le retrait des glaces, quelques pionniers du monde végétal sont déjà là pour atténuer l'emprise du minéral. La beauté quelque peu surnaturelle de la campanule du Mont-Cenis, du tabouret à feuilles rondes... ou de la benoîte rampante interpelle : ces plantes créent les conditions nécessaires au retour de la vie. Autour de leur système racinaire, souvent beaucoup plus développé que leurs parties aériennes se met en place une "rhizosphère" (enrichie en sels minéraux, sucres et acides aminés) où se développent de nombreux micro-organismes. Ici la concurrence n'a pas lieu d'être et d'année en année, la liste des espèces profitant de ces conditions nouvelles s'allonge : plantes en coussinet, génépis, renoncules des glaciers et bien d'autres bénéficient des améliorations apportées par les premiers pionniers, qui ne disparaissent pas pour autant, et préparent l'installation de la pelouse alpine.*



*Benôte Rampante au pied du glacier Blanc*

*Pierre Salomez*

## Le climatologue

En tant que réserves de neige, de névé et de glace alimentées en hiver essentiellement par les précipitations neigeuses et diminuées l'été par la fonte, les glaciers sont de très sensibles indicateurs naturels des fluctuations climatiques. Un *glacier tempéré* traduit en effet directement par une variation de masse, toute variation de ses échanges avec l'atmosphère. Le contexte d'un réchauffement climatique global ne permet cependant pas de prédire de manière uniforme un retrait de l'ensemble des glaciers du globe : les glaciers de Scandinavie et les *glaciers émissaires* de la côte ouest du Groenland sont ainsi en légère crue depuis une dizaine d'années alors qu'en





## GARDIENS DE REFUGES, AU FIL DU GLACIER BLANC

*"C'est trop triste". La nostalgie voile le regard du montagnard quand on évoque l'allure actuelle du glacier Blanc. Aimé Alphand, "Mémé" pour tout le monde, voudrait garder intact le souvenir des belles saisons passées là-haut. "Cela fait au moins six ans que je ne suis pas monté, je ne veux plus voir ça. C'est gris... C'est triste". À 12 ans, il y était pour l'inauguration du refuge. Plus tard, en y travaillant comme porteur, "avec Fred Engilberge, pendant l'été 1956", il a pris la mesure de son "goût pour la montagne". Il a alors décidé de s'engager vers le métier de guide et de moniteur de ski. L'attachement au site n'a fait que se confirmer. Avec son épouse, ils assureront le gardiennage du refuge de 1970 à 1980.*



Aimé Alphand, "Mémé"



Jean-Jacques Bonniot

*Dix étés d'une vie de famille un peu particulière, en altitude avec les deux enfants, les copains qui passent... et des journées chargées alors que tous les alpinistes doivent trouver leur place au refuge. "C'est l'époque où le glacier Blanc était l'un des refuges qui faisait le plus de nuitées en France". Pour "mesurer" l'évolution du glacier, Mémé a ses propres repères : ceux des sites de cueillette du génépi. Là où il allait avant, et après. Et pendant la période où il gardait le refuge, le glacier a repris de l'envergure, de façon nette. Les guides organisaient une "école de glace" à une petite heure de marche du Pré de Mme Carle. Quelques années plus tard, on installera même une grande échelle pour traverser la langue glaciaire qui a pris la place de l'itinéraire d'accès au refuge. Cette installation était déjà totalement obsolète quand, en 2000, Jean-Jacques et Nicole Bonniot "prennent" à leur tour le refuge. Le retrait du glacier s'est même accéléré au cours des dernières saisons. "Les gens qui ne sont pas venus depuis quelques années sont estomaqués. Ils ne reconnaissent rien ..." raconte Jean-Jacques. Lui aussi est chagriné par la disparition des glaces, l'environnement blanc caractéristique du*

*refuge de haute montagne. Avec le retrait du glacier, l'itinéraire d'accès est moins évident. Le "fonctionnement" du refuge se modifie aussi.*

*"Maintenant, il y a certaines courses faciles en juin et juillet que l'on déconseille vraiment au mois d'août. Il faut s'adapter et essayer d'avancer la saison, en faisant connaître le site pour le ski de printemps."*

*Mémé acquiesce : "c'est vrai, en ski, au printemps, je pourrais peut être y remonter..." Au*



Himalaya, dans les Andes et dans les Alpes, c'est la décrue. Ceci montre tout l'intérêt d'un suivi régional des modifications climatiques et en particulier à haute altitude dans les Alpes (> 3000 m), là où n'existent que très peu de stations météorologiques (voir chapitre V).

### L'hydrologue

Les glaciers représentent également un stock d'eau à l'état solide. Ils constituent une ressource en eau utilisable pour la consommation, l'irrigation et la production hydroélectrique. De plus, ces réserves agissent comme un modérateur du cycle de l'eau : les précipitations neigeuses sont stockées et lentement transformées en glace. Lors des conditions météorologiques favorables (hivers humides, étés frais), les glaciers constituent leurs réserves et le stock de glace augmente. À l'occasion des épisodes climatiques chauds et secs, la fonte importante supplée aux déficits pluviométriques. Ces milieux essentiellement abiotiques (sans vie) jouent alors un rôle biologique et écologique important par cet effet modérateur, à l'échelle de l'année ou même du siècle.

### Le géomorphologue

Le glacier est avant tout un agent d'érosion, il rabote, polit, arrache mais il est aussi un puissant transporteur de matériaux. Il est donc un acteur essentiel dans la formation des paysages de montagne (voir "Naissance d'un paysage" dans le chapitre suivant).

### Le géographe, l'historien, le sociologue

Les glaciers présentent une valeur paysagère et patrimoniale forte,

même si elle est difficile à quantifier. Les glaciers contribuent de manière importante au caractère du massif des Écrins. Ils constituent en ce sens un patrimoine paysager dont la valeur touristique et "alpinistique" est incontestable pour le touriste, qu'il soit contemplatif ou sportif. L'histoire du massif, celle des hommes qui y vivent depuis 10 000 ans et la conquête toute récente de ses sommets sont étroitement liées à la présence des glaciers.

Dans le vécu et l'imaginaire du montagnard, le glacier c'est d'abord un lieu inhospitalier, improductif, dangereux. C'est bien l'arrivée des alpinistes qui a conduit les montagnards des hautes vallées à fréquenter de façon assidue cet espace. Certains, à l'occasion, y traquaient chamois ou minéraux mais ce n'était pas une pratique généralisée.

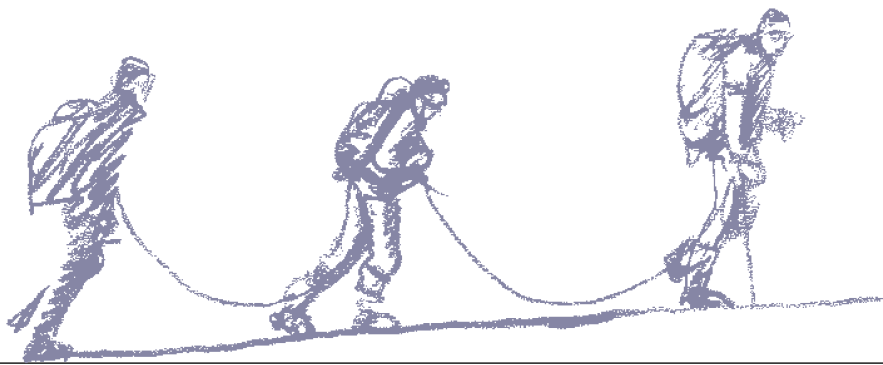
Les phénomènes d'érosion et les fluctuations morphologiques des glaciers

(surface, longueur, crevassement, recouvrement) en relation avec le climat participent activement à la dynamique naturelle des milieux et des paysages. Le retrait des glaciers modifie également la pratique des courses d'alpinisme en augmentant singulièrement la difficulté technique de certains passages (rimayes, poli glaciaire au pied des voies rocheuses).

### L'alpiniste

L'alpiniste, lui, est décontenancé par une évolution bien rapide de son terrain de jeu. Rimayes bien trop larges, couloirs de glace disparus, crevasses précoces et nombreuses... Les courses de neige doivent être accomplies de plus en plus tôt et les longues descentes en ramasse sont de lointains souvenirs. Mais l'enjeu de cette pratique n'est-elle pas de se confronter à un environnement fort et mouvant, constamment renouvelé ?





## L'économiste

Comment l'*abiotique*, le stérile et le minéral peuvent-ils engendrer la vie là-haut et surtout là-bas dans la vallée ? Bien avant l'arrivée des premiers touristes, les glaciers étaient déjà sources de bénéfices. Par exemple, la glace extraite du glacier du Casset, partait couverte de sciure de bois et de paille jusqu'à Marseille pour rafraîchir les glacières domestiques. D'abord assuré par charrette, puis par train, ce commerce s'est éteint avec l'avènement du réfrigérateur. Chaque année, parmi les 250 000

personnes qui passent en Vallouise, beaucoup sont attirées par le miroir magique des glaciers. Qui fait travailler un guide, boit un verre ou passe une nuit en hébergement, participe activement à l'économie locale. Le ski de début d'hiver, de fin de saison ou d'été, est assuré sans surprise sur le glacier du Mont de Lans ; un hiver de douze mois fait rêver plus d'un directeur de station de ski ! En Suisse, on en vient même à protéger du soleil un bout de glacier afin que la piste de ski reste praticable ... Des escaliers métalliques sont montés si un accès à un refuge est rendu problématique par l'avancée ou le retrait de la glace, comme ce fut le cas lors de la dernière crue du glacier Blanc (années 1980). Désormais, les glaciers font partie intégrante de la vie économique des vallées ; la valeur qu'ils ajoutent à la montagne fait d'elle une ressource inestimable.

## Ski d'été sur la calotte du Mont de Lans

*Au fil du temps les intérêts se déplacent, prennent parfois de l'altitude... Au début du XIX<sup>ème</sup> siècle entre les communes de Mont de Lans et de Saint-Christophe, les limites avaient été tracées sur ce glacier à partir de repères visibles et émergents sur cet univers glacé, stérile et sans intérêt, sans que les arpenteurs de l'époque imaginent un seul instant l'enjeu futur de ces lieux hostiles à la vie économique. Et puis l'aménagement de la station des deux Alpes voit le jour au lendemain du 2<sup>ème</sup> conflit mondial. De décennies en décennies, la montagne, environnant le plateau de ce qui était autrefois un alpage que se partagent Venosc et Mont de Lans, s'équipe de remontées mécaniques. Très vite, les installations parviennent aux marges de ce glacier à 3200 m. L'idée de pratiquer le ski même en été trouve sa réalité avec la main-mise de l'homme sur ce site d'altitude. Sans la présence de ce glacier il est évident que le projet n'eut prit la forme qu'on lui connaît.*

Daniel Roche

## L'artiste

Les territoires extrêmes ont toujours inspiré les artistes et interprètes de toute spécialité. De Turner à Zao-Wou-Ki, de Hugo à Buzzati, de Mahler à Messiaen, écrivains, peintres, musiciens ont tenté d'exprimer la démesure changeante des glaciers. Car l'art et la glace partagent le rêve de permanence, d'universalité autant que le goût pour les métamorphoses. Les œuvres comme les glaces transportant les témoignages d'une époque révolue, renforcent la connivence naturelle des artistes et des glaciers. Tous deux confient au temps et ses observateurs attentifs leurs messages à décrypter.

## Le gestionnaire d'espace protégé

Autant d'objets d'étude sont autant d'intérêts pour le gestionnaire mandaté

pour conserver et transmettre le patrimoine naturel du massif des Écrins.

En tant qu'aménageur des sites d'accès aux refuges d'altitude, il sera également confronté au risque glaciaire. Lors des épisodes de retraits, les glaciers peuvent être à l'origine de risques naturels liés à la formation de lacs pro-glaciaires aux berges constituées de moraines instables. Leur vidange brutale peut donner naissance à des laves torrentielles. C'est également le cas des ruptures de poches d'eau sous-glaciaires, possibles quelles que soient les conditions d'équilibre du glacier. Le réchauffement des glaciers froids peut provoquer le décollement et la chute de parties importantes des glaciers suspendus. Là où sont exposés les personnes et les biens, il y a donc nécessité à surveiller les zones à risques et à parfois intervenir. Le site d'Arsine est à ce titre bien caractéristique (voir encadré). Les crues ou les retraits des langues glaciaires peuvent également conduire à modifier parfois les aménagements touristiques (sentiers, passerelles, échelles). Cependant, il n'existe pas d'action directe de gestion et/ou de protection de ce milieu. Son évolution due aux variations climatiques est telle que nous ne pouvons que constater



Parking au pied du glacier Blanc





## CHRONIQUE D'UNE CATASTROPHE ANNONCÉE

En 1985, l'alerte est donnée : un danger menace le village du Casset dans la vallée de la Guisane. Sous le front du glacier d'Arsine, un lac, né quelques décennies plus tôt, prend des proportions inquiétantes. Ses 6 ha de superficie et son volume de 800 000 m<sup>3</sup> ne sont que provisoires : son niveau monte de 50 cm par an et il n'est plus qu'à 2 m du bord. L'eau ne peut s'échapper, retenue derrière une moraine rendue imperméable et fragile par la présence de glace morte.



Lac d'Arsine

L'affaire prend des allures de scénario catastrophe avec plusieurs risques envisagés comme la rupture de la moraine ou encore un débordement qui ravagerait tout le vallon dans une lave torrentielle. Dans l'urgence, des travaux sont entrepris avec succès au printemps 1986 pour abaisser et stabiliser le niveau de l'eau. Le lac est aujourd'hui encore sous surveillance.

son déroulement. Localement, la seule action possible se situe au niveau de la gestion des impacts (écologiques, économiques, touristiques, gestion des risques).

Une autre initiative est envisageable : elle consiste à agir sur le climat, mais elle dépasse largement les responsabilités d'un gestionnaire d'espace protégé.

### Le glaciologue - géophysicien

Enfin le glaciologue trouve dans les glaciers alpins un outil d'étude du climat à mi-chemin entre la taille de l'éprouvette de laboratoire et celle des grandes calottes polaires (Groenland et Antarctique). C'est sur ces glaciers de type alpin qu'on peut définir la formation de la glace sous différents climats (à partir de la neige, du givre, des grêlons...), en fonction de la température, par exemple pour connaître le mode d'archivage des bulles d'air, leur origine et en tirer des informations sur la composition passée de l'atmosphère.

Il en est de même pour le stockage et la préservation des impuretés atmosphériques de toutes sortes, naturelles ou artificielles, par exemple pour le suivi dans les glaciers alpins des pollutions produites depuis les débuts de l'ère industrielle.

Quant au matériau glace, celui alpin présente l'avantage d'être à 0°C, au point de fusion, avec une loi de déformation

non linéaire, ce qui n'autorise aucune modélisation analogique (maquettes) comme cela se fait habituellement pour l'air et l'eau. On doit alors calculer, par des modèles mécaniques, en vraie grandeur adaptée à chaque cas (ex. : datation de la glace d'un glacier alpin ou d'une calotte polaire). C'est dire l'importance des mesures en site réel, qui vont servir à caler les modèles.

Les mesures de bilan de masse servent à définir les échanges du glacier avec le milieu environnant, leurs variations avec l'altitude, l'exposition... Et au cours du temps, en revanche, bien avant les relevés des principaux paramètres météo, les variations d'extensions passées témoignent des fluctuations du climat, de leurs ampleurs et fréquences. Enfin, les études similaires sur les principaux massifs glaciaires de la planète permettront de suivre les modifications régionales des climats et d'en préciser les causes.

### carnet de terrain

#### Inquiétude en altitude

En 1986, et avant que le lac d'Arsine ne soit "dompté" par la création d'un exutoire qui régule aujourd'hui son niveau, plusieurs risques étaient envisagés. Parmi ceux-ci il en est un qui me laissait perplexe : "Le risque de raz de marée que pouvait créer un vélage important du glacier". Pendant l'été 87, alors que je me trouvais sur le bord du lac avec un groupe de randonneurs à qui j'expliquais les raisons des travaux réalisés un an auparavant, une lame de glace d'une cinquantaine de m<sup>3</sup> se détache du front du glacier et tombe dans le lac. Abasourdis par le fracas, nous regardons tous les remous créés par la chute de la glace. Ceux qui étaient en retrait, s'approchent du bord pour mieux voir. Quelques secondes plus tard, nous avons tous de l'eau jusqu'aux mollets. Personne n'a réagi à l'arrivée de cette petite vague...

Ce phénomène n'est aujourd'hui plus possible tant le glacier a diminué. Il n'atteint plus le lac. Pourtant, à chaque tournée au lac d'Arsine, je repense à cette journée et je la raconte aux randonneurs qui découvrent le site.

Eric Vannard

### Les glaciers : l'éthique ou le toc

Les glaciers sont parmi les derniers grands ensembles porteurs de naturalité. Pourtant, les progrès techniques autorisent les scénarios les plus audacieux pour faire des glaciers des espaces économiquement rentables.

Dès lors, se posent les problèmes d'éthique en matière d'équipement, d'aménagement, d'intervention de toute nature.

L'échelle métallique du glacier Blanc, la demande d'équipements estivaux pour le franchissement de rimayes, la réalisation de téléphériques favorisant une consommation du glacier dont on sculpte les séracs pour amuser une clientèle hors du contexte et des ambiances haute montagne de ces univers : ces interventions ponctuelles ne sont-elles pas les prémices d'un ensemble d'initiatives qui banalisent la ressource ? Le réchauffement climatique ne risque-t-il pas d'accélérer les appétits consuméristes pour "la neige éternelle", comme on disait dans un beau raccourci de moins en moins assuré ?

Une approche éthique des enjeux de la conservation de la naturalité commence nécessairement par des questions.

Claude Dautrey

# Les grands travaux *du temps*

NES DANS LE VENTRE FERTILE DES GLACIATIONS QUI ONT RYTHME L'HISTOIRE DE NOTRE PLANETE, LES GLACIERS ONT FORTEMENT MARQUE LES PAYSAGES ACTUELS DE LEUR EMPREINTE. MALHEUREUSEMENT, CHAQUE AVANCEE GLACIAIRE A TENDANCE A DETRUIRE LES INDICES LAISSES PAR LA PRECEDENTE. MAIS L'HISTOIRE "RECENTE" EST MAINTENANT MIEUX CONNUE.

Toutes les ères géologiques ont connus des périodes de plus ou moins forts refroidissements mais c'est évidemment l'histoire de la dernière, le quaternaire, qui est la mieux reconstituée. C'est une vingtaine d'oscillations cycliques qui ont émaillé cette période dans laquelle nous trouvons encore.

Cette ère qui commence il y a environ 2 millions d'années voit son climat caractérisé par une succession d'épisodes glaciaires entrecoupés tous les 100 000 ans environ d'épisodes interglaciaires. Actuellement, nous nous trouvons dans un épisode interglaciaire qui a commencé il y a 10 000 ans.

Cet épisode interglaciaire succède à la dernière grande glaciation, appelée "Würm", d'une durée de plusieurs dizaines de millénaires (80 000 ans). Lorsque cette dernière se met en place, en l'espace de 10 000 ans, 25 millions de km<sup>2</sup> de glace se forment en Amérique du Nord (New York est sous les glaces) et en Europe du Nord (la Scandinavie et l'Angleterre sont prises par la calotte glaciaire). C'est un paysage de toundra qui occupe la France dont est témoin l'homme de la préhistoire. Au cours de cet âge glaciaire, le climat oscille entre des périodes froides et tempérées, ce qui ne rebute pas l'occupation humaine de nos contrées qui sont apparemment loin d'être accueillantes. Les peintures de Lascaux sont produites à la fin du maximum glaciaire du Würm, il y a 17 000 ans environ.

Les vallées alpines sont alors toutes occupées par d'imposants fleuves de glace. Dans les Alpes françaises, plusieurs centaines de mètres recouvrent

les sites sur lesquels s'édifieront bien plus tard les villes de Lyon, Grenoble ou Gap. Ceci permet d'imaginer la taille impressionnante des glaciers de cette époque et de considérer la taille réduite de ceux d'aujourd'hui pour lesquels la préoccupation la plus vive anime les esprits.

Le Würm culmine il y a quelque 22 000 ans. La température moyenne de la planète est alors de 4 à 5° C inférieure à la valeur actuelle. La formation de ces immenses glaciers représente un stockage considérable d'eau sous forme de glace, qui a pour conséquence un abaissement du niveau de la mer d'environ 120 m, découvrant le pourtour des continents non englacés. C'est ainsi que sur la côte méditerranéenne, la grotte Cosquer (dont l'entrée se trouve actuellement 37 m sous la surface) est accessible à pied sec. Les hommes de la

préhistoire, au cœur du Würm et du maximum glaciaire, se livrent à l'art rupestre.

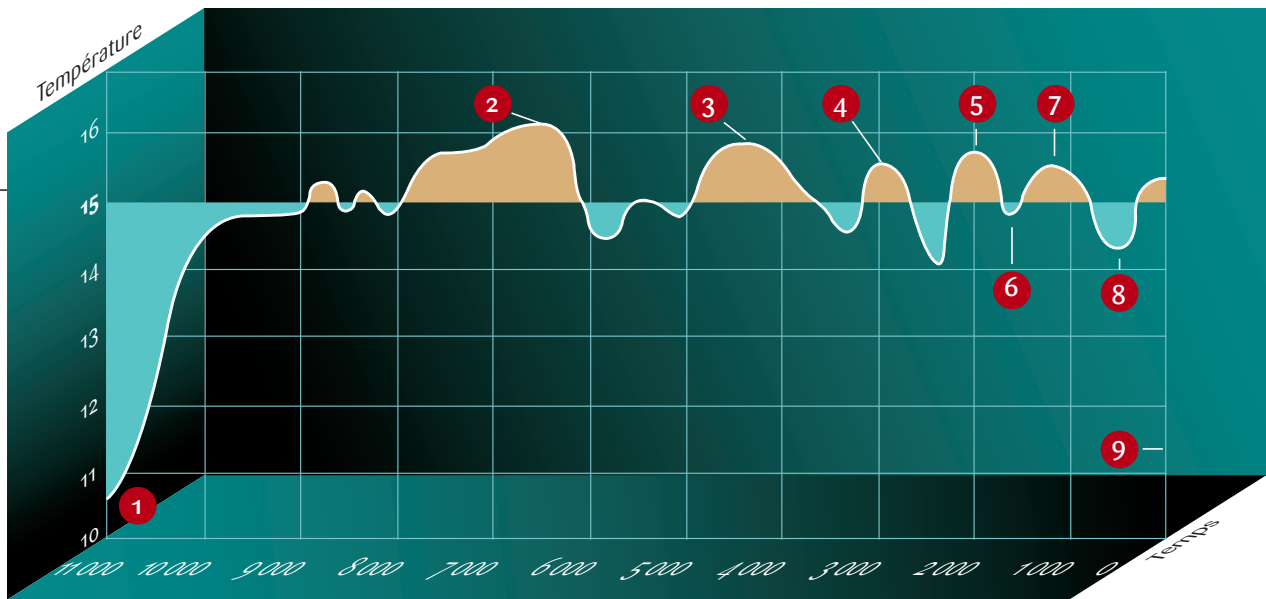
Vers -18 000 ans, les immenses glaciers américains et européens commencent à reculer. Il faudra plusieurs millénaires pour qu'ils réduisent fortement leur emprise de ces deux continents et que l'on ait le paysage actuel. Vers -12 000 ans, le retrait glaciaire est achevé. Toutefois il n'y a pas 1 000 ans que cette fonte est terminée, qu'un épisode d'environ 8 siècles de ré-avancée glaciaire s'installe : on lui a donné le nom latin d'une petite fleur arctique et alpine : Dryas. Il se forme à cette époque de petites moraines encore bien visibles aujourd'hui comme celle où est installé le refuge de Font Turbat au pied de la face nord-ouest de l'Olan (Valjouvrey). Vers -10 000 ans, l'inter-glaciaire s'installe et nous sommes dans l'holocène



Glacier d'Arsine, moraines



## Température moyenne au cours des 10 000 dernières années



- ❶ Fin de la période glaciaire du Würm (Dryas récent)
- ❷ Début de l'agriculture
- ❸ Âge du bronze
- ❹ Âge du fer
- ❺ Temps des Romains
- ❻ Grandes invasions
- ❼ Moyen-Âge
- ❽ Petit âge glaciaire
- ❾ Climat actuel

période au cours de laquelle s'établissent les civilisations humaines dans les Alpes. Le paysage a alors l'aspect qu'on lui connaît aujourd'hui.

Aux dires des *glaciologues*, contrairement à l'avant-dernier interglaciaire (entre - 135 000 et - 115 000), nous vivons un interglaciaire qui se caractérise par une stabilité remarquable au cours des 10 000 dernières années.

Ceci ne veut pas dire pour autant que nous n'avons pas vécu depuis le dernier grand retrait des glaciers, de nombreux épisodes d'avancées ou de reculs glaciaires semblables à ceux du petit âge glaciaire. Il faut garder à l'esprit que rien n'est figé dans le monde de la nature.

La société alpine en pleine phase de développement a sans doute été fortement influencée par ces fluctuations. Nous regardons aujourd'hui les glaciers reculer avec l'idée d'un patrimoine qui se

perd, mais comment les verrons nous s'ils avançaient, gagnant chaque année quelques hectares d'alpages et menaçant les infrastructures tels que les sentiers, les passerelles, les refuges ou les cabanes, voire les routes et les villages ? Que représenterait un refroidissement, même léger, dans notre dépendance actuelle aux sources d'énergies fossiles ?

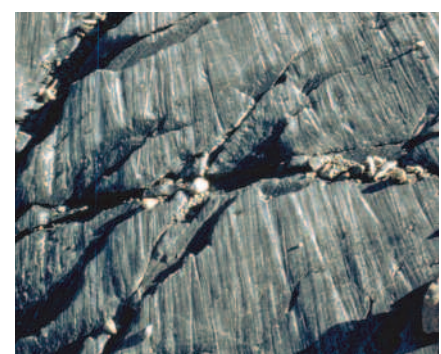
Combien de temps va durer encore notre interglaciaire actuel ? La question vaut d'être posée, en plus de toutes les autres qui occupent les esprits, tant sur le réchauffement, que l'impact de l'activité humaine sur le climat.

En principe, nous avons quelques siècles ou quelques millénaires avant le retour de la prochaine glaciation qui ne manquera pas de bouleverser nos sociétés du futur et les remettra radicalement en cause. Heureusement, les conditions astronomiques qui nous lient au soleil vont retarder de 50 000 ans cet événement ! (travaux de l'équipe d'André Berger, Louvain la Neuve, 2002).

### Naissance d'un paysage

Les paysages alpins sont le résultat de l'action des glaciers du passé. Au cours de la dernière glaciation, les vallées alpines étaient occupées par la glace sur des centaines de mètres d'épaisseur, seuls émergeaient, comme des îlots, les hauts sommets de nos montagnes. Le poids des glaciers, leur

mouvement ont agi en modelant le sol qui les supportait. La glace basale étant juste au point de fusion, elle glisse fortement sur ce lit rocheux ou morainique. Ce glissement érode la roche, la polit, la strie à l'aide des pierres transportées. Il se forme alors des roches moutonnées, cannelées ou des verrous en fonction du degré de dureté de la roche en place.





## UN PUISSANT TAPIS ROULANT

*Pour le glacier dit Noir en Vallouise, le glaciologue Robert*

*Vivian a calculé qu'entre 1960 et 1972, ce glacier avait*

*transporté 20 000 m<sup>3</sup> de pierres (soit l'équivalent d'un camion de 10 tonnes par jour pendant 12 ans).*

Ces grands fleuves de glace occupent encore maintenant les hauts des vallées alpines et semblent immobiles. Pourtant ils s'écoulent sous leur propre poids et transportent des quantités impressionnantes de matériaux fournis par l'érosion des parois. Transporteurs infatigables, ils charrient vers l'aval quantité de matériaux qu'ils déposent au front ou sur les rives : ce sont les **moraines**.

Ces amas impressionnants représentent quelquefois plusieurs millions de mètres cubes de matériaux.

Les moraines latérales (déposées sur les côtés) et frontales (déposées à l'avant du glacier), formées pendant les phases de stabilité de la vie du glacier, soulignent les zones d'accumulation et donnent une idée de l'extension maximum des glaciers. Les plus anciennes sont aujourd'hui recouvertes de végétation, prairies ou forêts, et se fondent dans le paysage actuel des vallées.

Cette succession "d'amphithéâtres" morainiques permet de situer l'avancée du front d'un glacier à différentes époques. En effet, en se retirant, les glaciers dégagent des dépressions, des creux qui accueillent l'eau de fonte et forment ainsi des lacs. Ceux-ci auront une durée de vie plus ou moins longue car les eaux de ruissellement transportent des **sédiments** qui finiront petit à petit par les combler, laissant ainsi des plaines plus ou moins grandes. Autrefois (10 000 ans), le glacier qui occupait le site d'Ancelle a laissé une moraine frontale en arc de cercle retenant un lac, aujourd'hui comblé, auquel on doit cette plaine très régulière.

Durant les périodes de stagnation, les moraines frontales s'épaississent et ensuite il arrive qu'elles renforcent et surélèvent le barrage à l'aval du lac glaciaire : c'est le cas du lac d'Arsine

formé vers 1950 lors d'une phase de retrait très marquée des glaciers. Pour celui des Quirilies, formé à la même époque, le seuil aval est heureusement rocheux et résistant.

Avec la poursuite de la fonte, d'autres lacs apparaîtront dans les vallons et les cirques glaciaires, apportant leur lot d'agréments (paysages) et de désagréments (risques naturels).

On retrouve aussi de gros blocs rocheux pouvant atteindre plusieurs mètres de diamètre, dispersés çà et là et d'une nature géologique différente des terrains sur lesquels ils se trouvent. Ces blocs avaient déjà attiré l'attention des Romains qui voyaient là le résultat de querelles divines. Les premiers naturalistes trouvèrent une explication biblique en invoquant une conséquence du déluge.

Plus localement, le nom de Peyre Ossel, "la pierre oiseau" évoque le mystère de sa présence singulière. En fin de compte, ces **blocs erratiques** sont de précieux indices sur les extensions anciennes des fleuves de glace. Leur présence à des centaines de kilomètres de leur lieu d'origine a démontré l'extension importante des glaciers au cours du temps et a été à l'origine de la théorie des "grandes glaciations" dans les années 1850.

À l'opposé de l'échelle granulométrique des productions du glacier se situe une fine poudre blanche, résidu de l'usure des roches : **la farine de roche**. Elle teinte en blanc les eaux glaciaires et accroît son pouvoir érosif. L'expérience a montré qu'une telle eau sous pression est capable d'éroder trois centimètres de béton par an ou de ronger les turbines des centrales hydroélectriques en quelques mois ou années.



*Peyre-Ossel - Gap, bloc erratique*



*Farine de roche*



# Prendre la mesure des fluctuations



LES FLUCTUATIONS GLACIAIRES ET LEURS MESURES SONT AU CŒUR DE LA RECONSTITUTION DES CLIMATS DU PASSE, DE LA COMPREHENSION DU CLIMAT ACTUEL ET DE SES PREVISIONS D'EVOLUTION. QUOI DE PLUS NATUREL DONC, POUR UN ESPACE PROTEGE COMME UN PARC NATIONAL, QUE D'OBSERVER LE COMPORTEMENT DE CES GEANTS DE GLACE ET D'APPORTER UN ELEMENT DE CONNAISSANCE SUPPLEMENTAIRE AU RESEAU D'OBSERVATIONS DES GLACIERS DU GLOBE.

Peu de formations naturelles ont demandé autant d'efforts et suscité autant de passion que la mesure des glaciers.

Les mesures effectuées aujourd'hui prennent toute leur valeur non seulement parce qu'elles s'appuient sur le labeur de générations de savants, guides, scientifiques, agents de terrain mais aussi du fait du réchauffement climatique que nous connaissons.

Le Prince Roland Bonaparte (1858-1924), grand voyageur, anthropologue,

aéronaute et mécène des sciences, a initié le "contrôle des glaciers français" dès 1890. À partir de 1890 jusqu'en 1905, il marque de son empreinte la glaciologie française : de nombreux glaciers sont munis d'un repère avec les initiales R.B. surmontées d'une croix et de la date d'installation.

L'administration des Eaux et Forêt, ancêtre de l'O.N.F, a organisé la mesure des glaciers entre les années 1890 et 1950, ce fut ensuite le tour du CEMAGREF puis du CNRS.

Aujourd'hui, en collaboration avec le CNRS (Laboratoire de glaciologie et de géophysique de l'environnement), le Parc national des Écrins assure la continuité de ces mesures et contribue aux recherches entreprises. Cette mission trouve toute sa place et sa légitimité au sein des équipes du Parc national. Elle s'inscrit dans le long terme et nécessite des compétences techniques fortes ainsi qu'une bonne connaissance de la haute montagne et du territoire, se plaçant ainsi au cœur du métier des agents de terrain.

## Mesure du front

### ◆ Le principe

Il s'agit de mesurer la distance entre l'extrémité aval du glacier appelée "front" et un point repère.

Cette mesure effectuée depuis 1870

pour le glacier Blanc est faite en fin de saison de fonte (septembre-octobre).

Elle est toujours pratiquée par les gardes moniteurs aujourd'hui sur six

glaciers du Parc national des Écrins (glacier Blanc, glacier Noir, glacier du Sélé, glacier de la Selle, glacier de la Pilatte, glacier du Chardon).



### *carnet de terrain*

#### **Maître mesureur**

Quand j'ai commencé à faire les mesures de fluctuation du front du glacier Blanc, j'utilisais un double décimètre. Cet instrument de mesure était approprié à la situation car la distance à mesurer était de 23.6 m. À partir de 1995 environ le front se trouvant à plus de 150 m, le double décimètre n'était plus adapté à la situation, le Parc m'a fourni un Topofil. Depuis 2004, j'utilise un télémètre car le front est situé sur une barre rocheuse à plus de 600 m du point fixe.

*Joël Faure*

*Mesure au télémètre de la distance du front*

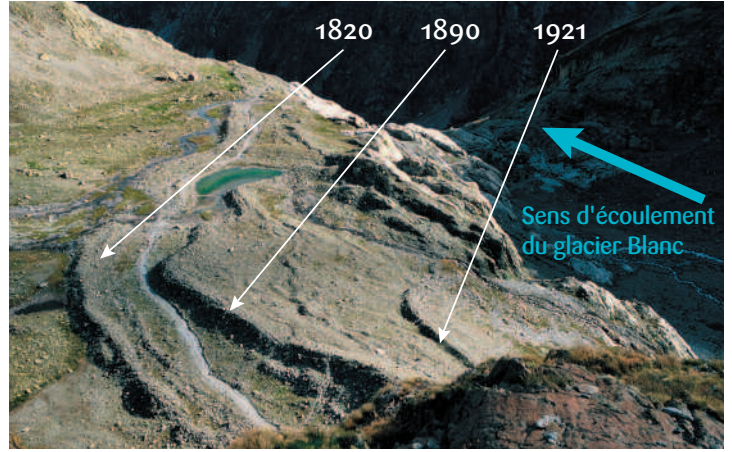




GLACIER DU PAVÉ  
 Le glacier recule probablement.  
 (Roderon, 23 septembre 1890.)



Le glacier Blanc vu du Pré de Madame Carle en 1902 - (Photographie d'Henri Ferrand, Collection Bibliothèque Municipale de Grenoble)



Les 3 moraines latérales rive gauche du glacier Blanc sur le plateau du refuge Tuckett, déclinent les réavancées successives - Photo prise depuis le refuge du glacier Blanc

◆ **L'exemple du glacier Blanc**

**1815** représente pour le glacier Blanc et pour le massif des Écrins en général, la fin du petit âge glaciaire qui avait débuté vers 1600. D'après D. Martin "Vers 1815, le glacier Blanc et le glacier Noir étaient réunis par leurs extrémités inférieures et s'étendaient jusqu'à l'emplacement actuel du refuge Cézanne (altitude 1874 m) où ils se terminaient par un haut et puissant escarpement."

**1850** : le glacier Blanc toujours réuni avec le glacier Noir arrive à la passerelle de la Momie.

Poursuite du recul du front

**1876** : séparation des deux glaciers. - D'après Paul Guillemin "Autrefois, le glacier Blanc et le glacier Noir se confondaient à leur base ; depuis 1876 ils se sont séparés."

**1890** : petite crue glaciaire, puis recul du front.

**1921** : maximum d'une nouvelle avancée

**1940-50** : recul important

**1986** : fin de la dernière crue.

Depuis cette date le front recule rapidement. Quelques mètres par an à la fin des **années 80** ; 25 par an dans les **années 90** ; 100 m en **2003**.



Lithographie de 1854



# L'ECHELLE DE CRUE

**A**près une période de régression jusqu'en 1979, quelle a été notre surprise de voir le glacier se gonfler, avancer et avancer encore. Le glacier est venu contre le sentier qui permettait d'accéder aux refuges du glacier Blanc et des Écrins. L'année suivante il le recouvrait d'un mètre, puis de beaucoup plus : 8 à 10 m de glace.

Nous nous sommes trouvés désemparés devant cette crue glaciaire. À l'époque, il fallait maintenir coûte que coûte l'accès aux refuges. Tous les moyens étaient bons.

Au début : mise en place de la main courante, tailler des marches dans la glace tous les jours. Le glacier grossissant toujours, il a fallu mettre en place des échelles mobiles qui étaient inexorablement trop courtes, des passerelles qui ne pouvaient pas évoluer en fonction de la largeur des crevasses. Il y eut même des essais de minage pour boucher les crevasses. Un phénomène nouveau est apparu : l'ouverture brutale de poches d'eau qui venaient submerger le sentier. Les alpinistes ont été surpris plusieurs fois, le torrent emportant sac à dos et matériel, heureusement sans conséquence grave.

Quelle réponse apporter à cette avancée glaciaire ? Combien de temps cela allait-il durer ? Jusqu'où le glacier allait-il avancer ?

Une réunion mémorable sur le front du glacier avec l'ONF, le CAF, la commune, les gardiens de refuges, les guides, le Parc et surtout des glaciologues, comme Louis REYNAUD, a permis de faire le point sur le devenir du glacier et le financement de l'échelle et de sa mise en place.

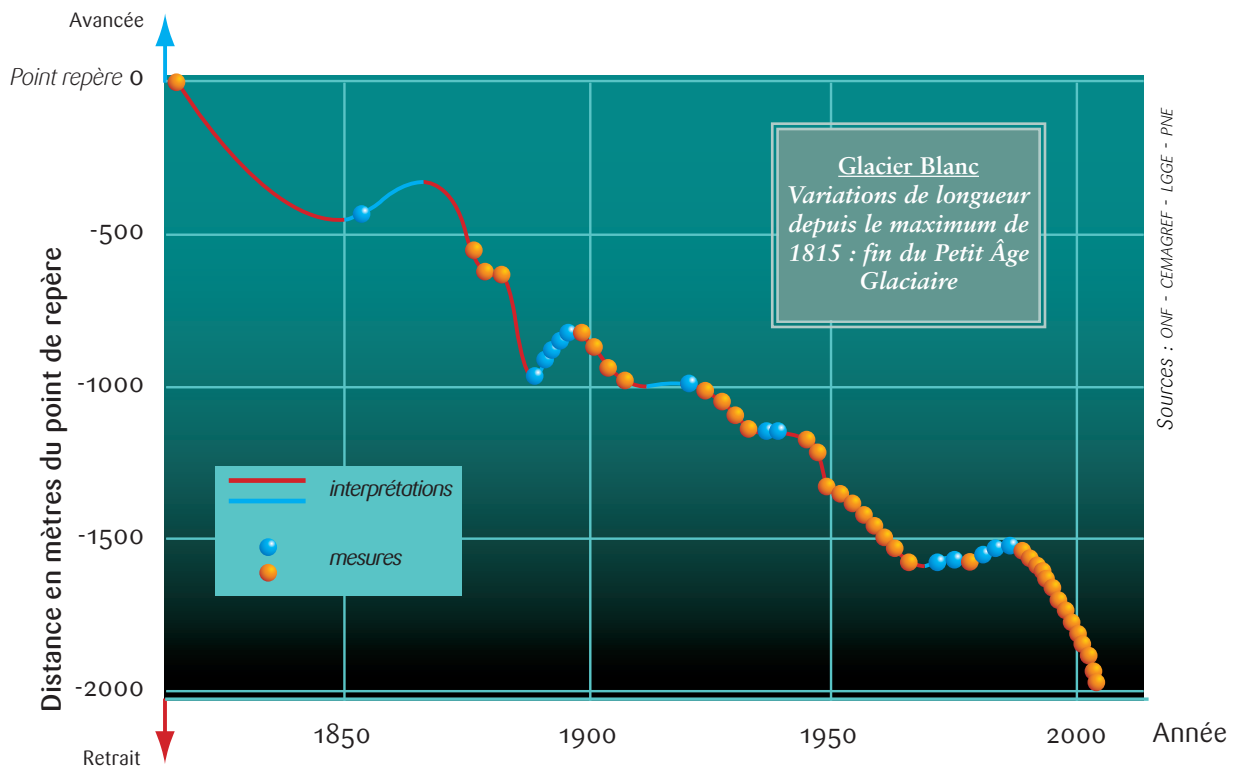
Grâce aux données des relevés glaciaires et connaissant le temps de réponse du glacier, les glaciologues avaient prédit une stabilisation rapide de l'avancée glaciaire. Le glacier ne devrait pas atteindre la passerelle qui franchit le torrent du glacier Blanc. La suite a bien confirmé leurs prévisions.

Mais ceci ne pouvait pas régler le problème de l'accès aux refuges. Reprendre l'ancien itinéraire sur le glacier posait également des problèmes de sécurité. Il a été décidé de trouver un nouvel itinéraire avec la mise en place d'une échelle métallique pour franchir la barre de rochers.

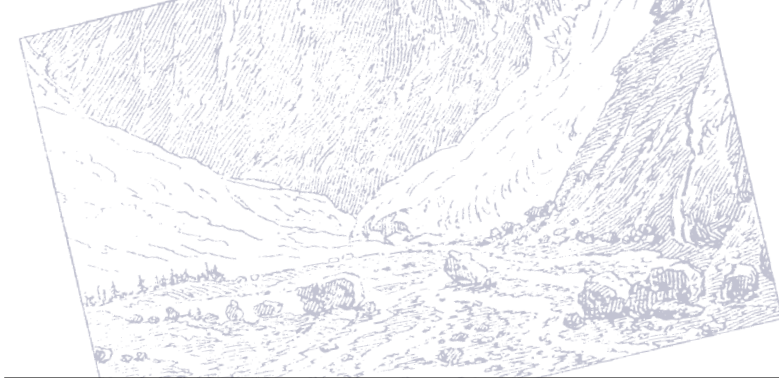
Aujourd'hui, le glacier s'étant largement retiré, l'échelle est une installation obsolète que certains considère comme faisant partie du patrimoine, de l'histoire du pays et des glaciers. Mais s'il est décidé de la retirer : à qui cela incombera-t-il ?



Dauphiné de septembre 1983



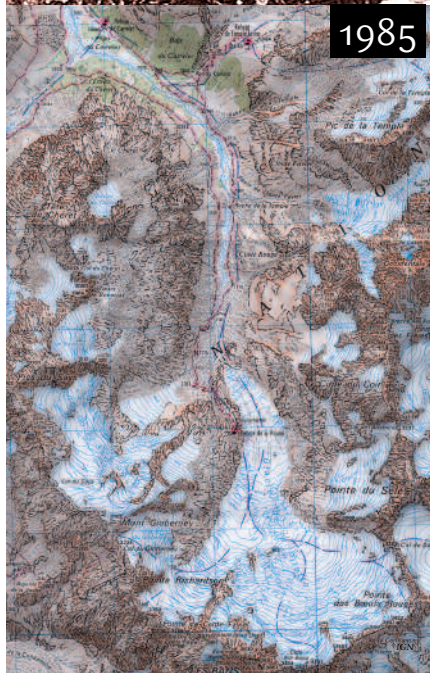




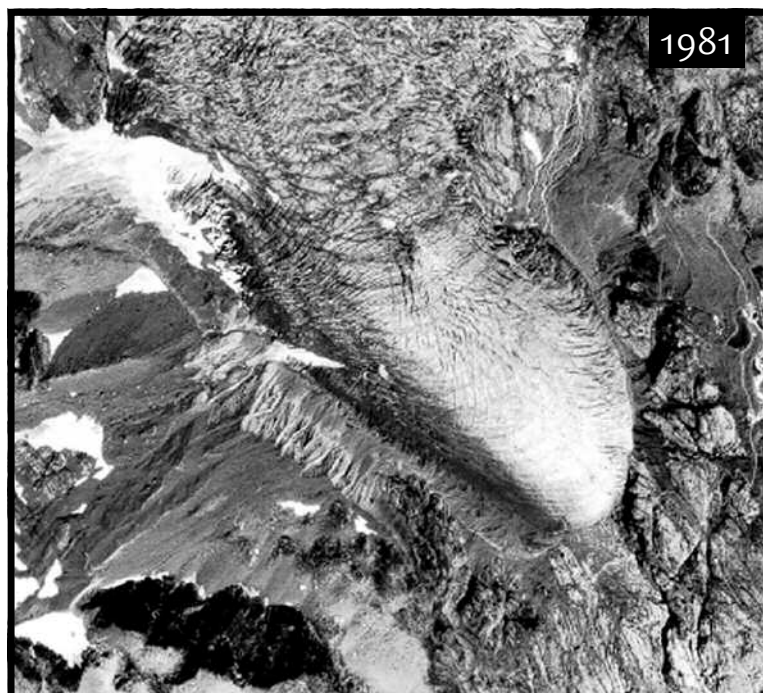
◆ **Les photographies aériennes et les cartes anciennes**

D'anciennes séries de photographies aériennes permettent de comparer l'évolution de l'emprise des glaciers, comme ici au glacier Blanc. ►

Les cartes d'Etat major anciennes permettent de faire le même type de comparaison. Pour le glacier de la Pilatte, le phénomène est net. ▼



IGN



Photographies IGN IFN 05P de juillet 1981 et SINTEGRA d'octobre 2002





## Le Constat photographique

Les fluctuations des glaciers et leur impact sur le paysage peuvent également s'appréhender méthodiquement par une approche fournissant une observation très proche de "l'œil humain" : le constat photographique des paysages.

Le Parc national des Écrins s'est pour cela inspiré d'une méthode nationale de suivi photographique du paysage, pour suivre l'évolution de certains sites glaciaires.

La dynamique, c'est à dire la vitesse d'évolution des paysages y est en effet extrêmement rapide : certains glaciers peuvent reculer ou avancer de plusieurs dizaines de mètres en une année, le *torrent émissaire*

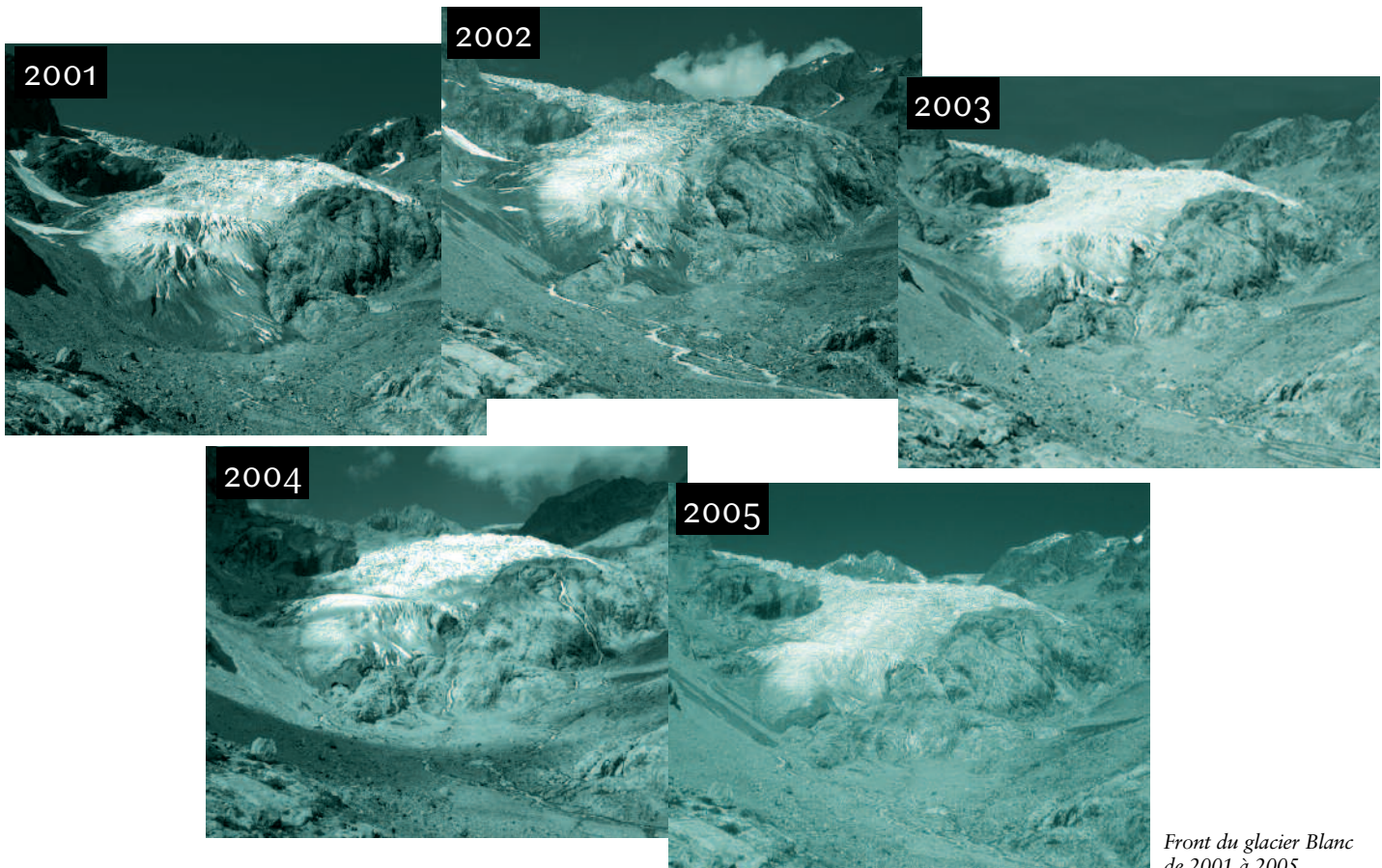
changer de lit, et, lors des périodes de retrait, la végétation colonise graduellement les terrains délaissés par le glacier.

Le principe de l'observation consiste à "re-photographier" le même paysage, dans des conditions identiques de prises de vues selon un pas de temps régulier (1 à 5 ans). Ceci définit une série photographique qui fournira une succession de prises de vues effectuées depuis le même emplacement selon le même cadrage. Elle est établie à partir d'une prise de vue initiale qui fait l'objet d'une ou plusieurs reprises de vues.

De nouvelles séries dites contemporaines sont initiées. C'est le cas par exemple de la série du *front* du

glacier Blanc commencée en 2001. Cette série montre le très net retrait du glacier en 4 années. Elle montre aussi tout son intérêt pour éclairer les mesures topographiques de variations de longueur : en 2001 le front est bien identifié en forme de lobe. En 2002, il se scinde en 2 parties dont la plus à l'aval est abandonnée (glace morte) et disparaît durant l'été 2003. De la glace recouverte de rochers est bien visible à gauche du front. Le recul sur ces 4 ans est de 220 mètres.

Les séries rétrospectives sont effectuées à partir de photographies ou de séries photographiques pré-existantes. Le travail consiste alors à retrouver l'emplacement exact du point de prise de vue ainsi que le cadrage initial.



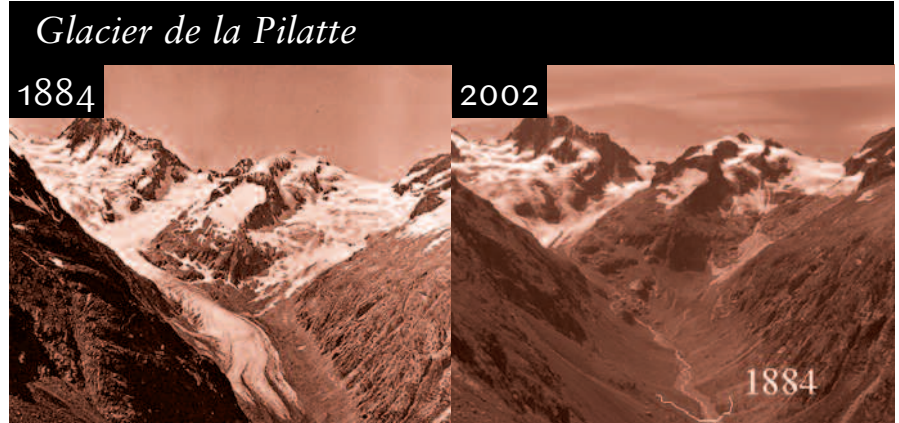
Front du glacier Blanc de 2001 à 2005



Les variations  
-600 m depuis

*Le glacier de la Pilatte en 1884  
(Photographie d'Henri Ferrand, Collection  
Bibliothèque Municipale de Grenoble)  
et en 2002 (D. Roche, PNE)*

1 Cette paire de clichés apporte des informations intéressantes comme les limites latérales de l'occupation maximale atteinte lors du petit âge glaciaire qui est encore marquée aujourd'hui par la végétation. Les sols instables, lessivés par les eaux de fonte ne sont que lentement colonisés par les végétaux. Le front a reculé de plus de 1300 m entre ces deux clichés.



*Le glacier des Quirlies en 1906 (Flusin)  
et 2003 (D. Roche, PNE)*

1 Cette paire de clichés montre l'emprise du glacier sur l'emplacement du lac apparu dans les années 1950 et dont la profondeur actuelle dépasse 40 mètres, et la longueur, plusieurs centaines de mètres.

## Les mesures de bilan au glacier Blanc : une station météo de haute altitude

Beaucoup plus lourde à mettre en œuvre que les méthodes précédentes, cette méthode de suivi est cependant plus précise quant à la réaction réelle du glacier face au cli-

mat. Réalisée chaque année, elle est riche d'enseignements et révèle que ce glacier peut être utilisé comme une véritable station météo de haute altitude.

La réserve de glace que constitue le glacier varie chaque année en fonction des précipitations neigeuses (accumulation) et de la fonte estivale (ablation). On peut suivre l'évolution de ce stock en calculant un bilan de

masse du glacier, comme le fait un trésorier qui calcule son budget. Il faut alors déterminer recettes et dépenses (accumulation et ablation). La différence des deux termes donne alors le bénéfice ou la perte de masse du glacier (bilan de masse). Plusieurs années de bilan de masse négatif signifient que le volume du glacier diminue et que son front va certainement reculer. C'est actuellement le





Les 50 kg de matériel sont déplacés sur le glacier à l'aide d'une pulka.

cas du glacier Blanc dont le front régresse régulièrement (-600 m depuis 1986). À l'opposé, plusieurs années de bilan de masse positif se traduiront par une avancée du front. Lorsque le bilan de masse est nul, cela indique que le glacier est, dans sa morphologie du moment, en équilibre avec le climat.



Les carottes sont mesurées et pesées pour obtenir leur équivalence en eau

On obtient ainsi la hauteur de neige précipitée en hiver.

La mesure de la densité de cette neige (généralement proche de 0,45 à cette époque) permet de convertir cette hauteur de neige en mètres d'eau (un mètre de neige correspond environ à 45 cm d'eau). Pour s'affranchir des irrégularités d'accumulations (essentiellement liées à la topographie du glacier et au vent), ces mesures sont répétées en une dizaine de points répartis sur les 2 km du plateau et repérés au GPS. La moyenne est ainsi calculée pour l'ensemble du bassin échantillonné. L'opération est renouvelée chaque année.



Carottage dans l'épaisseur de neige hivernale

### ◆ Comment évaluer l'accumulation (les recettes) ?

À la mi-mai, période charnière entre la fin des accumulations de neige et le début de la fonte, le cumul des précipitations de neige de l'hiver est déterminé sur le plateau glaciaire entre 3000 m et 3300 m d'altitude, à l'aide d'un carottier manuel. Cet instrument permet de récupérer des carottes de neige du manteau hivernal. Celui-ci bien blanc, froid, composé de petits cristaux de neige est facilement discernable de la neige sale, à gros grains, dont la température est à zéro degré, issue des hivers précédents.



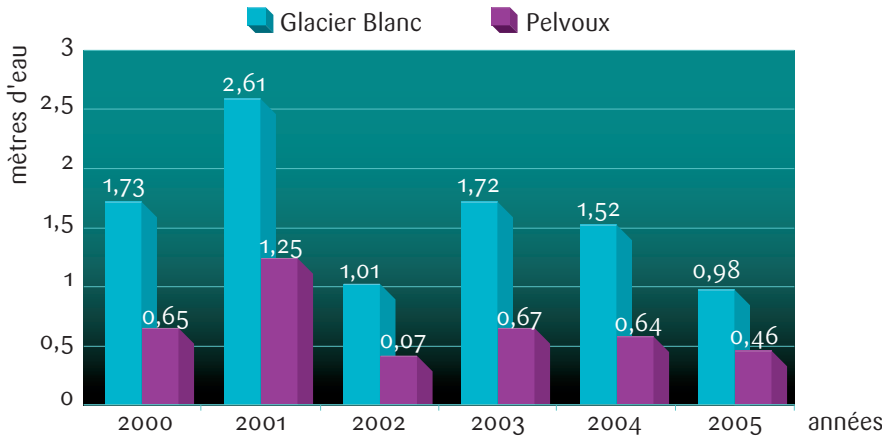
Relevés des mesures par mauvais temps : de la difficulté d'écrire sur du papier mouillé

Tableau LXVII.

ANNÉES DES LEVÉS.	PROFIL ROUGE.			PROFIL BLEU.		
	COTE MOYENNE du glacier.	VARIATIONS		COTE MOYENNE du glacier.	VARIATIONS	
		EN PLUS.	EN MOINS.		EN PLUS.	EN MOINS.
mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	
1921.....	2.415,24	#	#	2.471,05	#	#
1923.....	2.411,79	#	4,46	2.470,49	#	0,56
1924.....	2.409,60	#	2,18	2.467,50	#	2,99
1925.....	2.409,45	#	0,15	2.467,06	#	0,44
1926.....	2.411,08	1,63	#	2.470,71	3,65	#
1927.....	2.408,70	#	2,38	2.469,13	#	1,58
1928.....	2.409,55	0,85	#	2.466,84	#	2,29
1929.....	2.407,03	#	2,52	2.464,87	#	1,97
1930.....	2.405,91	#	1,12	2.464,88	#	0,49



Précipitations comparées à Pelvoux (1270 m) et au glacier Blanc (3100 m) en mètres d'eau.



Voici les résultats des 6 dernières années de mesure de l'accumulation au glacier Blanc comparés aux précipitations hivernales (octobre à mai) enregistrées à la station Météo-France de Pelvoux (Les Claux).

*carnet de terrain*

**Naufragé de l'océan blanc**  
 Durant la campagne de carottage en mai 2005, nous avons travaillé sous des averses de neige et une visibilité très réduite. À deux reprises nous avons eu la visite d'oiseaux perdus dans ce "grand blanc". L'un d'eux, un pouillot de Bonelli, visiblement très affaibli est même venu se réfugier sur la pulka et a accepté la chaleur, sous la veste d'un collègue.  
 Martial Bouvier

Les quantités mesurées sur le glacier sont à peu près 2,5 fois supérieures à celle mesurées par Météo-France à Pelvoux (10 km du glacier Blanc). Cela est dû à la différence d'altitude mais aussi à la forme de cuvette du glacier au-delà de 3 000 m, ce qui lui permet de récupérer une partie de la neige tombée sur les versants voisins balayés par le vent.



Dans les trous, des perches en bois sont installées. Elles permettront de mesurer l'ablation en fin d'été



Fin septembre, le relevé d'émergence des perches permet de calculer la fonte estivale

◆ **Comment évaluer l'ablation (les dépenses) ?**

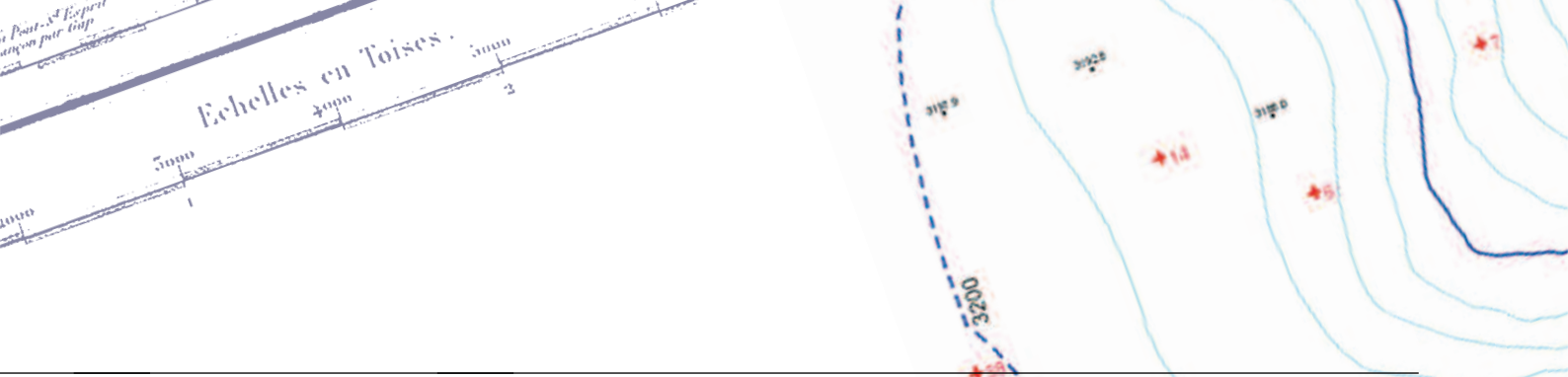
Les trous réalisés lors des carottages de printemps sont utilisés pour placer des balises (assemblage de perches

en bois de couleur, de 2 m, ancrées à leur base).

Ces balises implantées dans la neige, vont progressivement émerger dans l'été lors de la fonte du manteau

neigeux. À l'automne, juste avant les premières neiges de l'hiver, la longueur de balise qui émerge fournit une mesure de l'ablation, également transformable en mètres d'eau.

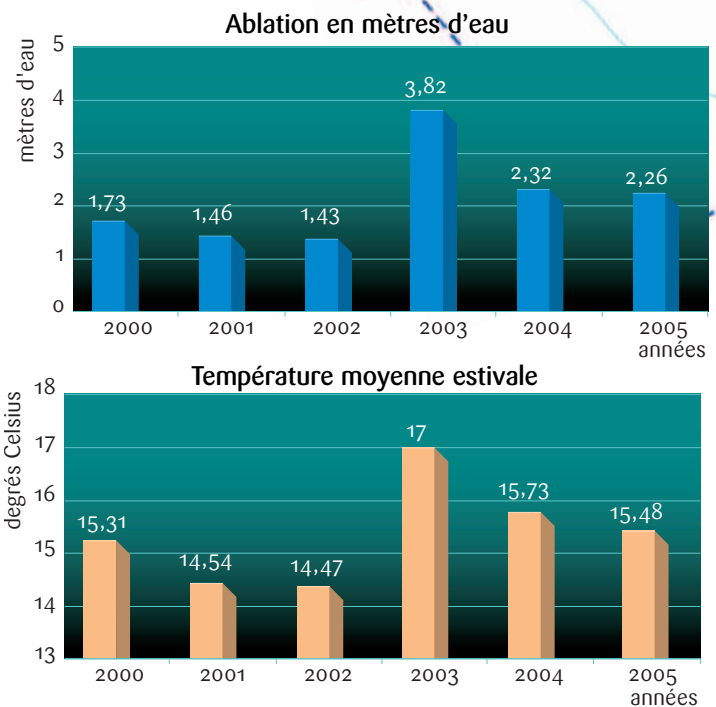




**carnet de terrain**

**Le trou d'Yves !**  
 Depuis le temps qu'il voulait y aller ! Finalement ce relevé de balises d'ablation se passait on ne peut plus tranquillement. À l'avant-dernière balise, j'ai franchi de justesse un pont de neige. On voyait le bleu de la crevasse par le trou que j'avais laissé.  
 Yves, lui ne s'est douté de rien et s'est enfoncé jusqu'aux épaules. Retenu par la corde entre Gillès et moi, c'était l'occasion d'une franche rigolade. En retournant sur la terre ferme, la dernière balise relevée, Yves était plus vigilant que jamais.

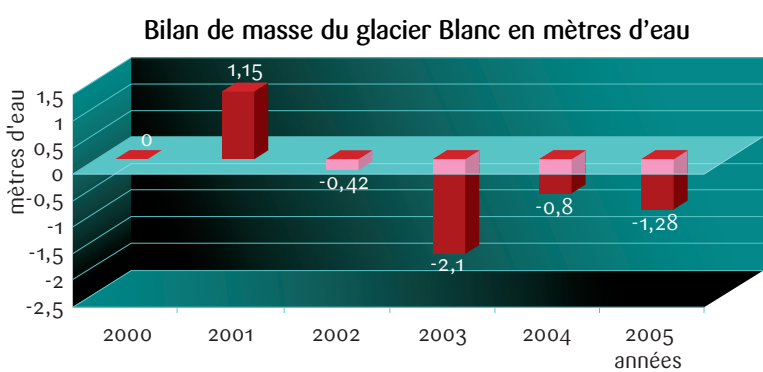
Hervé Cortot



Voici les résultats des 6 dernières années de mesures de l'ablation estivale : les températures moyennes estivales (15 mai - 30 septembre) ont été relevées par la station de Météo-France de Pelvoux. Ressemblant non ? Comme on peut le constater en comparant ces deux graphiques, l'ablation estivale est très bien corrélée à la température des mois d'été.

◆ **Le bilan des mesures 2000-2005**  
 La différence entre accumulation et ablation donne le bilan de masse du glacier. Les précipitations hivernales (accumulations) étant relativement

stables sur de longues périodes, c'est principalement l'évolution des conditions estivales (ablation) qui détermine l'orientation positive ou négative du bilan de masse du glacier.



En 2001, l'ensemble de l'aire d'étude était en **zone d'accumulation** en fin d'été. Mais toute cette neige, qui aurait pu se transformer progressivement en glace (en une dizaine d'années), a entièrement

disparu durant la canicule de 2003. Il apparaît donc un rythme de conditions climatiques rapidement variable, avec des amplitudes importantes comme entre 2001 et 2003.

**carnet de terrain**

**Les oiseaux blancs des glaciers**  
 C'était début octobre : une montée au grand galop avec Robert et Patrice pour aller faire le dernier relevé de la saison. Vers la fin, aux dernières balises, on a vu passer plusieurs fois des planeurs venus du col des Écrins. Ils dévalaient le glacier à quelques mètres d'altitude ! Quelle maîtrise mais quelle perturbation dans le silence magique de cet après-midi d'octobre où nous étions seuls dans le cirque !

Hervé Cortot

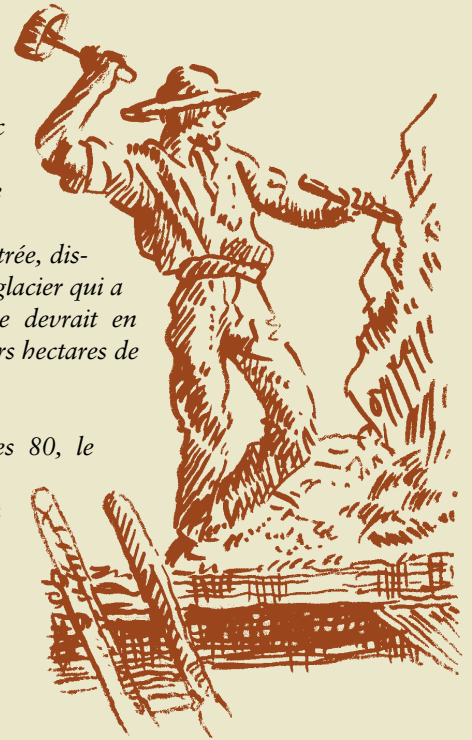
## MYSTERE GLACE !

**D**ans la vallée de Champoléon, le "Pic de Mourre la Mine" doit son nom à une mystérieuse mine d'or.

Plus personne ne connaît son entrée, dissimulée depuis des siècles par le glacier qui a tout englouti. La fonte actuelle devrait en dévoiler le secret, mais les derniers hectares de glace sont les plus rebelles.

Suspense : au début des années 80, le glacier a restitué une pièce de mélèze qui aurait bien pu être un élément de boisage de galerie...

Patience donc !



Forage dans la glace avec une sonde thermique



Pose des balises dans la glace

### Des perches d'ablation dans la glace

Avec la remontée très marquée ces dernières années de la ligne d'équilibre, la partie basse de la zone de mesure se retrouve régulièrement en zone d'ablation (en glace). Il est donc difficile d'estimer la quantité d'eau totale qui disparaît, les perches étant installées au printemps uniquement dans la neige de l'hiver précédent. C'est pourquoi en 2005, le réseau de

balises a été complété de perches d'ablation implantées dans la glace. Pour les installer, une sonde à vapeur permet de réaliser un trou de 4 cm de diamètre dans la glace. Ainsi, avec 10 mètres de profondeur (5 perches de 2 mètres reliées entre elles), et plusieurs sites sur l'axe du glacier, la mesure d'ablation sera assurée même lors des années de fonte importante.

## Mesures de variations de volume du glacier et de son stock d'eau solide par photogrammétrie.

Beaucoup plus complexe que la précédente, cette mesure nécessite la mise en œuvre de techniques particulières. Complémentaire du bilan de masse annuel mesuré sur le terrain, elle permet surtout d'obtenir des éléments de comparaison à moyen et long terme.

### ◆ Méthode

La précision relative de cette méthode est faible à l'échelle annuelle mais fournit une bonne évaluation à l'échelle des 5 à 10 ans. Elle consiste à calculer les variations d'altitude du glacier, donc de volume et d'évaluer

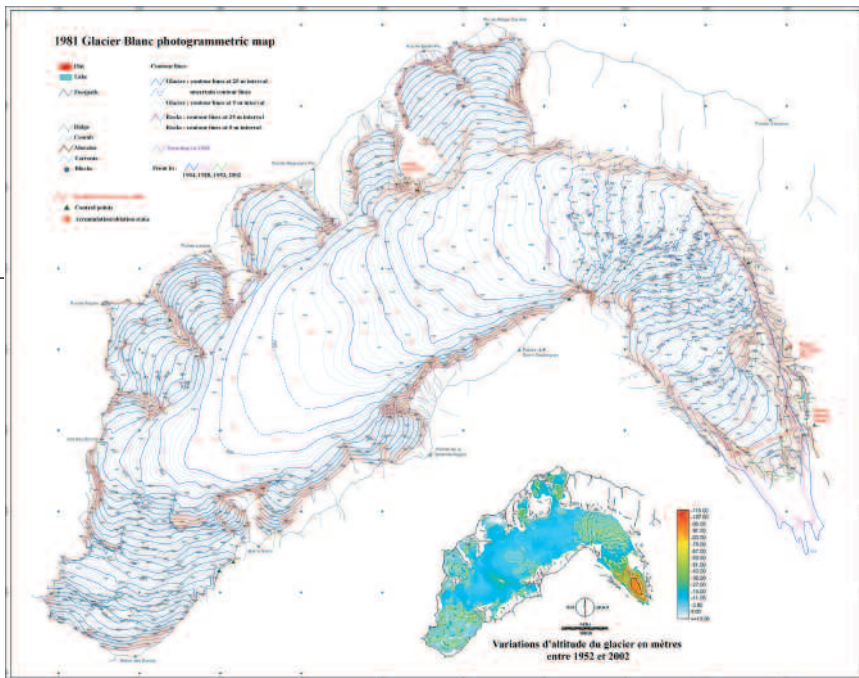
son bilan de masse moyen entre deux cartes successives. Elle nécessite d'avoir à disposition des cartes "numériques" du glacier à des époques différentes. Ces cartes représentent la surface du glacier et son altitude en une multitude de points. Elles peuvent être obtenues soit par des levés topographiques de terrain de toute la surface du glacier, soit par photogrammétrie aérienne. Des photographies aériennes réalisées spécialement pour l'opération sont prises à une altitude et sur un axe de vol pré-déterminés.

Au préalable, sur le terrain des

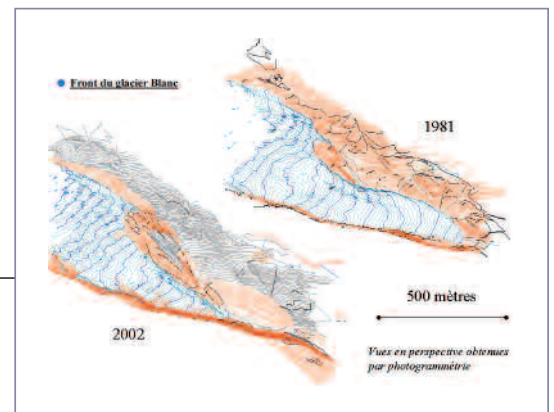
repères sont installés et "topographiés" (généralement des croix de plusieurs mètres). Identifiables sur les photos, ils permettront de caler les clichés entre eux aux bonnes échelles et altitudes.

Un travail d'analyse de ces clichés permettra d'obtenir une carte en 3 dimensions du glacier appelée plan photogramétrique. Ce plan est à comparer avec ceux disponibles à différentes époques afin de calculer les variations de volume au cours du temps.





Plan photogrammétrique du glacier Blanc issu des clichés de 1981 et schéma de pertes d'épaisseur de glace entre 1952 et 2002



La photogrammétrie permet aussi de retrouver les variations de longueurs mesurées sur le terrain

### ◆ Résultats : Les variations de volume du glacier Blanc entre 1952, 1981 et 2002

En comparant l'état du glacier Blanc entre 1981 et 2002, on obtient des résultats très significatifs. Ainsi, entre ces deux dates, apparaît une diminution moyenne d'épaisseur de 13,50 mètres, soit une perte de volume de 70 millions de m<sup>3</sup> d'eau (6% du volume du lac de Serre-Ponçon). Entre 1952 et 2002, la

variation du stock d'eau est moins importante (environ 52 millions de m<sup>3</sup>). Le glacier a en effet connu une phase de crue qui a culminé en 1981 et regagné environ 12,4 millions de m<sup>3</sup> entre 1952 et 1981.

Ces différents suivis glaciaires permettent de chiffrer une évolution bien visible et contribuent à la connaissance de l'ensemble des glaciers européens. Ce travail permet de mieux

comprendre le fonctionnement du système glaciaire du massif et prend un intérêt grandissant, tant le recul des glaciers s'accélère. Il est aussi l'occasion d'une proximité accrue avec le territoire et ses acteurs. Autant d'éléments précieux qui s'inscrivent dans le large faisceau des connaissances indispensables à la compréhension du fonctionnement d'un territoire et à sa préservation.

### carnet de terrain

#### Le chemin de croix

En ce jour du 10 août 2001, je ne m'attendais pas à une telle journée. Rendez-vous à 5h au Pré de Mme Carle avec Christian Vincent, glaciologue au LGGE. Christian sort tout le matériel nécessaire et qu'il faut monter : GPS, trépied, batteries, etc... Nous nous partageons la charge, les sacs à dos sont lourds. Premier arrêt non loin du petit refuge Tuckett où se trouve une grande bêche noire avec une croix blanche. Le travail de la journée est de retendre les bâches ou peindre une croix blanche sur le rocher et de localiser très précisément le centre de celle-ci avec un GPS géodésique (précision centimétrique). Ces croix serviront l'été prochain pour le calage des photos aériennes du glacier Blanc. Le chemin de croix s'est poursuivi jusque dans la pente de Roche Fairio avec des arrêts tout le long de la rive gauche du glacier, la plupart sur des rognons rocheux bien visibles du ciel mais nous obligeant à quitter le sentier ou la trace, faire un peu d'escalade, remonter un éboulis ou des pentes de neige. Surtout, ajouter du dénivelé et de la distance. Un dernier arrêt, cette fois en rive droite, au-dessus de la passerelle du glacier Blanc vers une heure du matin et arrivée au Pré de Mme Carle vers deux heures ; content de poser enfin le sac à dos.



Joël Faure

# Les glaciers sous surveillance



## Limites et intérêt des observations de terrain

PAR LOUIS REYNAUD

### Le regard d'un spécialiste

**Louis Reynaud,**  
glaciologue, ex-chercheur  
du Laboratoire de glaciologie  
et de géophysique de  
l'Environnement de Grenoble,  
érudit, voyageur, curieux  
de nature est passionné  
par la vulgarisation  
de la glaciologie.  
Il est membre du conseil  
scientifique du  
Parc national des Écrins.



Comme le montre cet exposé des principales caractéristiques des glaciers du Massif des Écrins, le domaine glaciaire se révèle d'une grande richesse sur chacune de ses facettes.

Ces glaciers constituent la parure de la haute montagne. La diversité des situations d'altitude, d'exposition, de pente ou d'ampleur des parois environnantes va produire une grande variété de formes. Ce qui confère à ce milieu naturel un attrait esthétique tout particulier que l'on observe prudemment de loin ou en s'aventurant au cœur des glaciers, sur les névés et glaces.

Mais ce milieu minéral, de roches, neiges et glaces, apparemment figé, est en fait en constante évolution. Ainsi, au cours des temps, il y a eu de très nombreuses phases de glaciations : des grandes, comme la dernière dite du Würm ou des plus réduites comme celles des nombreux "Petits Âges de Glace" qui ont émaillé notre interglaciaire sur ces dix derniers milliers d'années. Elles ont façonné les grandes vallées alpines, leur conférant ces caractéristiques typiques des paysages glaciaires.

### Deux siècles d'histoire du climat

Dans ces conditions, toute lecture des paysages passe forcément par une bonne connaissance des mécanismes du fonctionnement des glaciers. Pour commencer, il s'agit de repérer la répartition de leurs alimentations en altitude. Elles varient grandement, non seulement spatialement, mais aussi au cours du temps, suivant les caprices du climat.

Il faut ensuite décrire le mode d'écoulement gravitaire de ces fleuves gelés, celui qui permet le transfert de la glace fabriquée au-dessus de la ligne de

neige jusqu'au bout de la langue terminale du glacier.

Enfin, il y a les variations d'extensions, celle des avancées ou reculs des fronts, manifestations naturelles évidentes, quelquefois spectaculaires et inquiétantes, preuves tangibles des changements climatiques en cours.

Paradoxalement, c'est par l'extrémité inférieure des glaciers qu'a débuté historiquement l'observation de leurs variations, le plus fréquemment vers 1870. C'est d'ailleurs à peu près à la même époque que sont réalisées les observations systématiques fondamentales sur le milieu naturel, telles que températures et précipitations.

La position du front est le relevé de variation le plus facile à réaliser. Néanmoins, pour assurer la cohérence des observations et leur homogénéité sur des périodes d'un à deux siècles, il est nécessaire de suivre un protocole précis de mesure. La mémoire des repères de terrain des différentes institutions qui se sont succédées au cours du temps doit donc être conservée.

C'est ainsi que la courbe des variations de longueur du glacier Blanc (p. 19) raconte, à sa façon, l'histoire du climat sur près de deux siècles. Elle fournit en effet une fenêtre d'appréciation suffisamment large pour établir clairement que la diminution des glaciers ne date pas d'hier seulement, mais qu'elle se poursuit depuis le dernier maximum du Petit Âge de Glace.

### De nouvelles avancées des glaciers sont possibles

Cet ensemble remarquable de données fourni par le plus méridional des grands glaciers des Alpes bénéficiant d'un tel suivi, corrobore les observations semblables disponibles dans les autres massifs tels que Mt-Blanc, Vanoise, Grandes Rousses (y compris





*Relevé topographique depuis la moraine du glacier Noir ; au fond, l'Ailefroide*

dans le détail des variations mineures comme les ré-avancées successives de 1890, 1920 et 1980 et les décrues qui les ont suivies).

En effet, on peut être impressionné par la rapidité du recul de ces dernières années, mais force est de reconnaître qu'il en a déjà été de même suite aux précédentes ré-avancées.

Cette dernière crue de la décennie 1980 était la première dans l'histoire moderne de la fréquentation et de l'aménagement de la montagne. Elle a surpris bien du monde tout le long de l'arc alpin (itinéraires d'accès, captages d'eau, pylônes ou gares de téléphériques, etc.) principalement par la rapidité avec laquelle de telles reprises peuvent se produire.

Au vu d'un tel ensemble de données, il y a fort à parier que se produise de nouveau, dans un avenir proche, une nouvelle reprise d'avancée. À moins que ce réchauffement, continu depuis les années 1820, finisse par perturber radicalement le régime de circulation atmosphérique et celui des perturba-

tions qui alimentent nos glaciers.

#### **L'effet du climat : de nouvelles mesures**

Grâce à ces relevés systématiques sur le long terme (à l'échelle humaine !), l'institution Parc, maintenant en charge des relevés, peut s'assurer d'un paramètre décrivant l'un des aspects du domaine glaciaire.

Le "constat photographique", organisé pour réutiliser les plus anciens documents photographiques du massif, vient compléter cet ensemble de données. La base documentaire ainsi constituée permet d'apprécier et d'évaluer les évolutions du domaine glaciaire de la haute montagne d'une façon globale.

Elle autorise aussi une information circonstanciée (exposés, expositions, visites...) qui sert la communication des visiteurs, autre mission importante du Parc. Une sensibilisation d'autant plus adaptée que les agents, acteurs des relevés de terrain, deviennent des moniteurs avertis.

Toutefois, malgré tous ces avantages, les mesures de longueur des glaciers resteront toujours une information difficile à exploiter plus en détail. Elles sont en effet le fruit d'une chaîne complexe d'interactions, comprenant l'effet du climat sur le glacier puis toutes sortes de modifications au cours de son écoulement jusqu'au terminus.

C'est pourquoi une mesure de l'effet du climat sur les glaciers se réalise de façon directe en évaluant le gain ou la perte de masse, chaque année : c'est le bilan de masse annuel.

Ces relevés, plus difficiles car plus techniques, sont relativement récents : 1949, pour le plus ancien suivi du glacier de Sarnes, par le Cemagref, 1956 pour Saint-Sorlin, par le Laboratoire de Glaciologie ....

D'autre part, on ne peut plus sauter une année de relevé, car cela rompt la continuité de la série, à la différence de la variation de longueur.

Mais quelle information cela fournit sur l'environnement et les réactions instantanées du glacier !





*Extraction d'une carotte de glace*

### **De précieuses vérités de terrain pour les laboratoires spécialisés**

Comme le montrent les relevés du Parc sur le plateau supérieur des Écrins, depuis l'année 2000 (page 24), on peut évaluer la précipitation sur le glacier, à 3100 m. Or, cette gamme d'altitude est rarement renseignée par les stations permanentes et ces lieux sont peu susceptibles d'être influencés localement par l'activité humaine, y compris par la météorologie locale des fonds de vallées. De plus, la prise de mesure n'est plus seulement ponctuelle mais issue d'un échantillonnage sur quelques hectares.

Ces 6 années de relevés sont immédiatement exploitables en comparaison avec l'effet des températures estivales recueillies en vallée. La suite des variations de bilans nous renseigne sur l'importance de la variation interannuelle, passant d'un gain d'1 m d'eau en 2001,

à une perte exceptionnelle de 2 m en 2003.

Ces valeurs enregistrées sur le plateau supérieur des Écrins, sont comparables aux variations relevées sur d'autres glaciers témoins des Alpes, contrairement aux variations de longueur, particulières à chaque glacier. L'homogénéité spatiale des variations climatiques est ainsi révélée par les mesures de bilans de masse. Ce qui rend particulièrement précieuse la connaissance sur le plus méridional des grands glaciers de la chaîne alpine.

Là aussi, l'utilisation de documents anciens, comme les photogrammétriques aériennes depuis 1952, en réalisant des cartes précises adaptées à la détermination des variations de volume du glacier, permettent de "remonter le temps". On peut ainsi évaluer des bilans de masse moyens, pour préciser le rythme d'alimentation auquel a été

soumis le glacier. À terme, il sera possible d'étendre la validité du bilan de masse relevé directement sur le plateau supérieur, à l'ensemble du glacier. Ces données de bilan de masse constituent une vérité de terrain précieuse. Conjuguées aux mesures d'extension, elles devraient séduire des chercheurs pour développer des modèles d'évolution plus détaillés (modèles mécaniques) ou bien encore poursuivre des études sur l'évaluation des bilans de masse à partir des images satellitaires. Car, ici, la configuration des lieux est favorable à conserver la ligne de névé... sur le glacier ! De tels travaux de laboratoires spécialisés, même de recherche fondamentale, ne manquent jamais d'enrichir la connaissance actuelle du fonctionnement des glaciers et même, à l'instar d'autres domaines du milieu naturel, de renouveler certains des concepts de base.

### **Péréniser les observations**

En résumé, les éléments détaillés dans ce Cahier thématique sur les glaciers constituent un exposé bien documenté sur la mise en évidence des fluctuations climatiques à partir des relevés possibles sur le milieu naturel glaciaire, ainsi que sur les procédés de relevés. Dans une époque de réchauffement planétaire, ces observations apparaissent tout à fait judicieuses, pour déterminer les variations du patrimoine glaciaire et pour en restituer les caractéristiques majeures. Le public est d'ailleurs très demandeur d'informations pertinentes et originales sur ce sujet. Dans le domaine de la haute montagne, elles sont utiles aussi pour se doter de moyens d'évaluation des changements de précipitations et de températures.

Il ne reste plus qu'à souhaiter que ce programme de suivis glaciaires sur le territoire du Parc national des Écrins puisse continuer. Il vient enrichir le long héritage des mesures déjà existantes, principalement dues à l'ancienne administration des Eaux et Forêts. Et surtout, il garantit la permanence du système original de relevés de bilan de masse sur le plateau supérieur du glacier Blanc, dont l'intérêt s'accroît d'année en année.



## ANNEXES

### Glossaire

**Glaciologie** : scientifique qui étudie les glaciers.

**Glacier froid** : glacier qui a une température inférieure à 0°C, au moins partiellement.

**Glacier tempéré** : glacier qui a une température uniforme de 0°C.

**Glaciers émissaires** : glaciers par lesquels s'évacue la glace d'une calotte glaciaire.

**Glace morte** : glace abandonnée par le glacier lors d'un retrait et souvent recouverte de pierres

**Zone d'accumulation** : partie supérieure du glacier où la neige tombée l'hiver précédent est encore présente en fin d'été.

Cette zone permet au glacier reconstituer son stock de glace.

**Zone d'ablation** : partie inférieure du glacier totalement déneigée en fin d'été. La ligne de névé ou ligne d'équilibre correspond à la transition entre ces deux zones et peut varier d'une année à l'autre.

**Torrent émissaire** : torrent par lequel s'évacuent les eaux de fonte du glacier.

**Couverture morainique** : couche de débris rocheux hétérogènes (blocs, sable) constituée par l'érosion des parois qui surplombent le glacier et transportée à la surface du glacier alors dit "noir".

**GPS** : (Global Positioning System) appareil portatif permettant de positionner avec précision un point n'importe où sur le globe.

**Pré indo-européenne** : datant de l'occupation du territoire par des peuples qui s'étendent aujourd'hui de l'Orient (Pakistan, Iran) à l'Europe occidentale.

**Ecologue** : scientifique spécialiste de l'écologie. Science des rapports entre tous les éléments.

**Abiotique** : sans vie.

**Verrou** : zone de rétrécissement dans le flux du glacier. Il correspond généralement à une zone de roche plus dure.

**Front du glacier** : limite inférieure de la glace d'un glacier. C'est sa position qui indique l'avancée ou le recul du glacier.

**Sédiment** : élément minéral déposé.

**Vélage** : chute soudaine d'un volume important de glace au front d'un glacier débouchant sur un lac glaciaire.

**Épaulement** : replat taillé dans un versant par les anciens glaciers. Ce replat, qui a utilisé des faiblesses géologiques, permet d'imaginer l'épaisseur des glaciers quaternaires.

**Vallum morainique** : ensemble des moraines d'un glacier déposé dans une vallée.

**Plan des eaux** : zone d'étalement des sédiments glaciaires assuré par le torrent.

**Gorge de raccordement** : entaille du gradin de confluence par le torrent issu du glacier.

**Gradin de confluence** : gigantesque marche d'escalier qui relie un ancien glacier affluent à l'ancien glacier principal.

### Pour en savoir plus

#### Livres

A. Maraval & P. Lima, *Glaciers des Alpes* - Comprendre la nature - Ed. Découverte séquoia

Robert Vivian, *Les glaciers sont vivants* - Ed. Denoël 1979

Bernard Fischesser, *La vie de la montagne* - Ed. Hachette 1998

E. Leroy Ladurie, *Histoire du climat depuis l'an mil* - Ed. Flammarion 1983

Moreau & Robert Vivian, *Dans le secret des glaciers du Mont Blanc* - Ed. Glénat 2000

Jean-Pierre Jaubert & Louis Reynaud & Parc national des Écrins - *Le glacier Blanc, le glacier Noir* - Ed. PEMF 1985

#### Sur Internet

<http://www.unifr.ch/geoscience/geographie/glaciers/welcome.htm> : Series de photos anciennes concernant des glaciers Suisses

<http://www-igge.obs.ujf-grenoble.fr/%7Eannel/Documentaire/home.html> : Pour tout savoir sur les glaciers. Des explications complètes et bien illustrées par les spécialistes nationaux de la question.

<http://www.cnrm.meteo.fr/expert/contributions/resumeslongs/Vincent.pdf> : Glaciers et évolution du climat.

<http://la.climatologie.free.fr/sommaire.htm> Absolument tout sur le climat, son histoire et son avenir, les relations avec l'atmosphère, les océans, les glaciations, le volcanisme, etc...

#### Territoire Écrins - Collection des cahiers thématiques du Parc national des Écrins - N°1 - Décembre 2005 - Les glaciers

Directeur de publication : Michel Sommier - Rédaction : Christophe Albert, Martial Bouvier, Hervé Cortot, Claude Dautrey, Gil Deluermoz, Joël Faure, Michel Francou, Claire Gondre, Daniel Roche, Louis Reynaud, Emmanuel Thibert - Relecture : outre les rédacteurs : Louis Reynaud (glaciologue, membre du Conseil scientifique du Parc national des Écrins), Sylvine Aubert, Michel Bouche, Jacqueline Cantet, C. Coursier - Coordination : Gil Deluermoz, Claire Gondre - Crédit photos : C. Albert 7-8-16-24 ; M. Bouvier 17-21-26-29 ; R. Chevalier 27-30 ; C. Couloumy 11-23 ; C. Coursier 23-24 ; S. Durix 24 ; J. Faure 6-10 ; C. Gondre 11 ; S. d'Houwt 12 ; J-P. Nicollet couverture-7-9-13-14 ; L. Reynaud 15-16 ; D. Roche 8-22 ; E. Thibert 8-18-21-27 ; E. Vannard 13 - Avec la contribution de Louis Reynaud, d'Emmanuel Thibert (CEMAGREF de Grenoble - Unité ETNA) et des archives départementales des Hautes-Alpes - Conception graphique et mise en page : Régis Ferré - Imprimerie : Louis Jean *sur papier recyclé* - Edition : Parc national des Écrins



*Carte du capitaine Prudent de 1874*  
 Archives départementales des Hautes-Alpes : Fonds Guillemain - Cote 302.

**Territoire Écrins** est un pari pour partager à la fois des connaissances scientifiques, une réalité de terrain et l'expérience humaine de ceux qui sont en charge de la connaissance et de la préservation d'un territoire.

Les glaciers des Écrins sont au cœur des préoccupations du montagnard d'aujourd'hui comme d'hier. Prenant la suite d'illustres prédécesseurs, savants, guides, forestiers, le Parc national des Écrins associé au Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement mesure, évalue et raconte. Une vraie aventure des temps modernes qui participe à un travail en réseau pour tenter de répondre à la question du devenir des glaciers et des conséquences du réchauffement climatique.

Toute une équipe, pourtant peu habituée à écrire, a voulu témoigner et faire partager ses modestes connaissances sur les glaciers des Écrins.



**Parc national des Écrins**  
 Domaine de Charance - 05000 GAP  
 Tel 04 92 40 20 10  
[www.les-ecrins-parc-national.fr](http://www.les-ecrins-parc-national.fr)



Avec le soutien de :

