

Session extraordinaire  
**Société Botanique de France**

**Juillet 2007**

**Lautaret - Briançonnais**



La vallée de la Haute Romanche et le massif de la Meije (3983 m). Au premier plan, *Xanthoria elegans*.

**Organisation :**

Serge Aubert, Philippe Danton, Rolland Douzet, Olivier Manneville

Avec le concours de : Philippe Choler (Université de Grenoble), Luc Garraud (Conservatoire Botanique National Alpin de Gap-Charance), André Lavagne (Université de Marseille), Bernard Nicollet (Parc National des Ecrins)

**Lundi 9 juillet / 16 juillet :** Col du Lautaret

**Mardi 10 juillet / 17 juillet :** La Meije - La Grave

**Mercredi 11 juillet / 18 juillet :** Marais du Bourget/Cervières

**Jeudi 12 juillet / 19 juillet :** Journée dans le Briançonnais - col de l'Izoard

**Vendredi 13 juillet / 21 juillet :** col du Galibier

**Samedi 14 juillet / 20 juillet :** Jardin Botanique Alpin du Lautaret



[www.ujf-grenoble.fr/JAL](http://www.ujf-grenoble.fr/JAL)



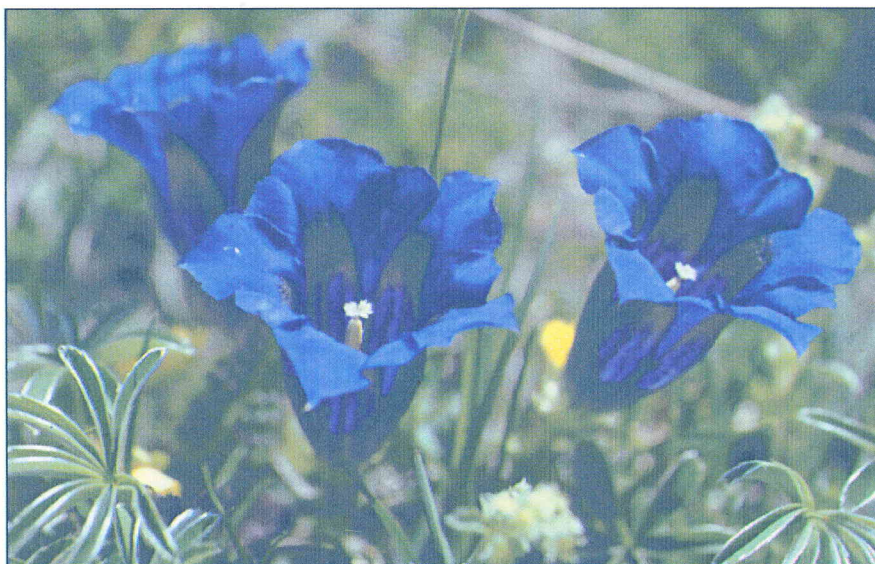
[www.bium.univ-paris5.fr/sbf](http://www.bium.univ-paris5.fr/sbf)

# Eléments de botanique et d'écologie alpine de la région du Lautaret - Briançonnais

Rolland DOUZET, Philippe CHOLER & Serge AUBERT  
Station Alpine Joseph Fourier – Université de Grenoble - [www.ujf-grenoble.fr/JAL](http://www.ujf-grenoble.fr/JAL)

Remerciements à Philippe Danton, Olivier Manneville, Richard Michalet, Christophe Perrier

	page
<b>I. Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>II. Présentation de la région. ....</b>	<b>1</b>
A. Une région de haute montagne. ....	1
B. La géographie humaine et économique. ....	1
C. La géologie.....	2
D. Le climat.....	5
E. La flore .....	6
<b>III. Les facteurs environnementaux et la vie des plantes en montagne.....</b>	<b>7</b>
A. La température.....	7
B. L'eau.....	7
C. La neige.....	7
D. Le vent.....	7
E. La lumière.....	7
F. Le substrat et le sol.....	7
G. La topographie.....	8
H. Les facteurs biotiques : facilitation et compétition.....	8
I. Les facteurs biotiques : les animaux et l'homme.....	8
J. Les adaptations des plantes alpines.....	8
<b>IV. Aperçu de la végétation du Briançonnais.....</b>	<b>13</b>
A. Les écosystèmes forestiers.....	13
B. Les groupements subalpins de la région du Lautaret.....	14
C. Les groupements de l'étage alpin du Galibier.....	19
D. Autres communautés.....	21
<b>V. Flore alpine et changements globaux.....</b>	<b>22</b>
<b>VI. Bibliographie.....</b>	<b>23</b>



*Gentiana acaulis*, une espèce répandue dans les pelouses subalpines



BERARDIA  
*subacaulis*

**Dominique Villars (1779)**  
Iconotype de *Berardia subacaulis* Vill.  
In Prospectus de l'Histoire des Plantes de Dauphiné

## I. Introduction

Le col du Lautaret (2058 m) est connu depuis longtemps comme un haut lieu de la botanique, et Dominique Villars le célèbre botaniste haut-alpin y herborisait déjà dès le XVIII<sup>ème</sup> siècle (Villars 1786-89). Depuis la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, le col est devenu une attraction touristique, avec sa route nationale reliant Grenoble et Briançon et permettant d'accéder au col du Galibier (tunnel à 2600 m). C'est donc tout naturellement que le Professeur Jean-Paul Lachmann de l'Université de Grenoble a décidé d'y installer un jardin botanique (ouvert en 1899 puis transféré à son emplacement actuel en 1919) et un petit laboratoire de recherche. Très rapidement les chercheurs, les botanistes, les étudiants et les amateurs de flore alpine du monde entier se sont retrouvés dans ce lieu unique.

Les premiers stages de botanique au Lautaret ont été organisés par le Professeur Marcel Mirande, successeur du Pr. Lachmann en 1908. Il y emmène ses étudiants du certificat de botanique.

Cette tradition se poursuit aujourd'hui avec un stage annuel de botanique et d'écologie végétale organisé la première semaine de juillet et ouvert aux étudiants et aux enseignants, avec une volonté de faire partager cette passion centenaire des universitaires grenoblois pour cette région et ses richesses naturelles. Ce stage d'une semaine a pour objectif de présenter la flore et la végétation du Briançonnais. Il s'organise autour de sorties sur le terrain pour découvrir les paysages végétaux de cette région, les différentes communautés végétales et les espèces qui les composent : depuis l'étage collinéen jusqu'à l'étage alpin, des pelouses steppiques du Queyras aux crêtes élevées du Galibier.

Ce petit fascicule est tiré des documents distribués à l'occasion de ce stage. Il apporte quelques informations nécessaires à la compréhension de la répartition des communautés végétales dans le cadre régional du Briançonnais. Il contient aussi la liste des principales espèces végétales rencontrées lors des sorties.

## II. Présentation de la région

### A. Une région de haute montagne

Le Briançonnais et le Queyras sont typiquement des régions intra-alpines de haute montagne. Leur altitude moyenne est supérieure à 1800 m. Les records européens y foisonnent : le Queyras est la plus haute vallée habitée, St. Véran (2040 m) est le plus haut village d'habitat permanent et Briançon (1326 m) est la plus haute ville.

D'un point de vue orographique c'est le second massif des Alpes françaises après celui du Mont-Blanc, avec des sommets avoisinant ou dépassant 4000 m : la Barre des Ecrins (4102 m), la Meije (3983 m) ou le Pelvoux (3946 m). Le Briançonnais est limité au nord par la crête qui va du Grand Galibier (3219 m) au Mont Thabor (3178 m) et qui le sépare de la Haute-Maurienne ; il est formé de profondes vallées glaciaires en étoile autour de Briançon. Elles correspondent au bassin supérieur de la Durance et de ses principaux affluents, la Guisane, la Clarée, la Cervyrette et le Guil. La partie la plus au nord-ouest, au delà du col du Lautaret (2058 m), est rattachée à l'Oisans et au bassin du Drac et de l'Isère par la vallée de la Romanche. Le Queyras correspond au bassin versant du Guil ; il est isolé et accessible uniquement par les étroites gorges du Guil (seul passage en hiver), le col de l'Izoard (2361 m), vers Cervières puis Briançon, et le col Agnel (2746 m) vers Pontechianale en Italie.

## B. La géographie humaine et économique

Le département des Hautes-Alpes (préfecture : Gap) est un des départements les moins peuplés de France avec environ 20 habitants au km<sup>2</sup> et le Queyras a une densité de 5 habitants au km<sup>2</sup> (Tableau 1). Les principales agglomérations du Briançonnais et du Queyras sont Briançon (la sous-préfecture), Guillestre, et l'Argentière-la-

Bessée. Du point de vue économique, l'évolution se traduit par un passage d'une économie agricole vers une économie basée sur le tourisme estival et surtout hivernal avec des complexes touristiques comme Serre-Chevalier, Montgenèvre ou Puy-St.-Vincent (Tableau 1).



Figure 1 : Géographie du Briançonnais et du Queyras au sein du département des Hautes-Alpes. En pointillé violet la frontière italienne, en trait vert la limite du Parc National des Écrins et en tirets verts le Parc Naturel Régional du Queyras

	Briançonnais	Queyras	Hautes-Alpes
<b>Population</b>			
Nbre. d'habitants (1990)	27 863	3 178	113 256 (121 415 en 1999)
Densité : hab. / km <sup>2</sup>	19	5	20
Evolution 1982-1990 (%)	+ 14	- 2	+ 8,5
<b>Agriculture</b>			
Nombre d'exploitants agricoles (1990)	440	125	3360
Evolution 1970-90 (%)	- 50	- 46	- 40
% âge > 50 ans	55	46	47
<b>Tourisme</b>			
Nombre de km de pistes de ski	440	271	1111
Capacité d'accueil en lits	90 000	30 000	260 000
Nombre de touriste au km <sup>2</sup>	60	46	45
Taux d'augmentation de la population par le tourisme	x 4,5	x 10,5	x 3,2

Tableau 1 : Evolution socio-économique du Briançonnais et du Queyras (d'après Gillot in Chas 1994)

## C. La géologie

La géologie du Briançonnais est très complexe (Debelmas & al., 1983). En effet le Briançonnais se situe à la limite entre les massifs alpins externes et internes.

Les massifs externes comprennent (Fig. 2) :

- les Préalpes du nord et du sud (massifs subalpins), qui sont des massifs de nature sédimentaire, essentiellement calcaires (Vercors, Chartreuse, Dévoluy).





- un sillon alpin qui correspond aux vallées de l'Isère et du Drac et qui sépare les Préalpes des Massifs cristallins externes.

- les Massifs cristallins externes regroupant les massifs de Belledonne, des Grandes Rousses et des Écrins (ou massif du Pelvoux). Ces massifs d'origine hercynienne sont de nature cristalline, avec essentiellement du granit, des micaschistes et des amphibolites.

Massifs Externes

Massifs Internes

**DOMAINE PIEMONTAIS ET AUSTRO-ALPIN**

-  Nappes de Flysch à helminthoïdes
-  Massifs cristallins internes
-  Zone des Schistes lustrés piémontais
-  Zone de Gondran




**DOMAINE BRIANCONNAIS**

-  Zone de la Vanoise et d'Acceglio
-  Zone subbriançonnaise et préalpes médianes plastiques
-  Zone briançonnaise et préalpes médianes rigides

**DOMAINE DAUPHINOIS**

-  Zone de Tarantaise, de Ferret et du Nielsen
-  Zone ultradauphinoise et ultrahelvétique
-  Zone dauphinoise (Trias, Lias et Dogger de la couverture des massifs cristallins externes)
-  Massifs cristallins externes
-  Massifs subalpins (Préalpes du Nord et du sud)

**DOMAINES EXTRA ALPINS**

-  Zone molassique périalpine
-  Jura
-  col du Lautaret

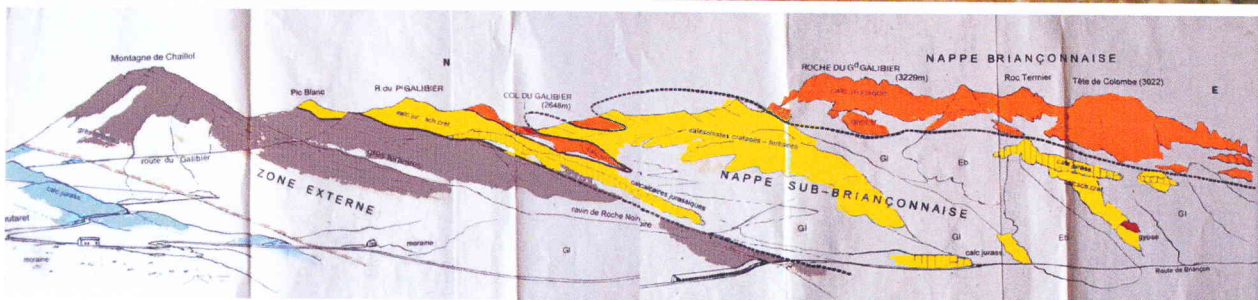
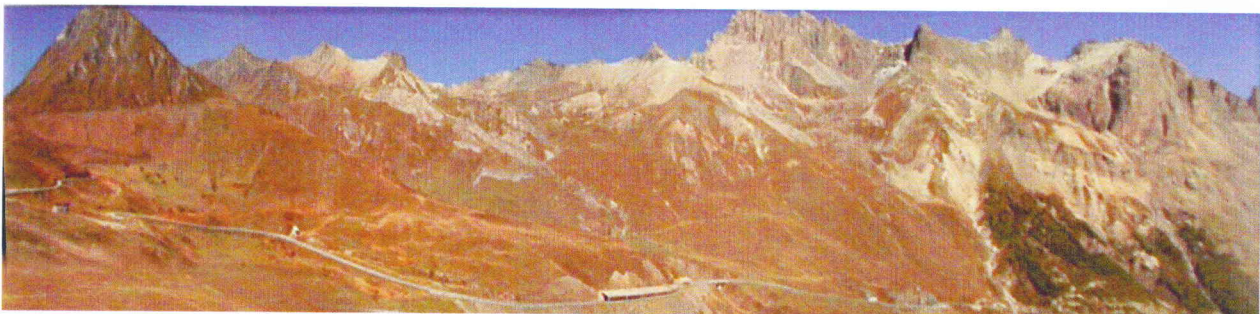
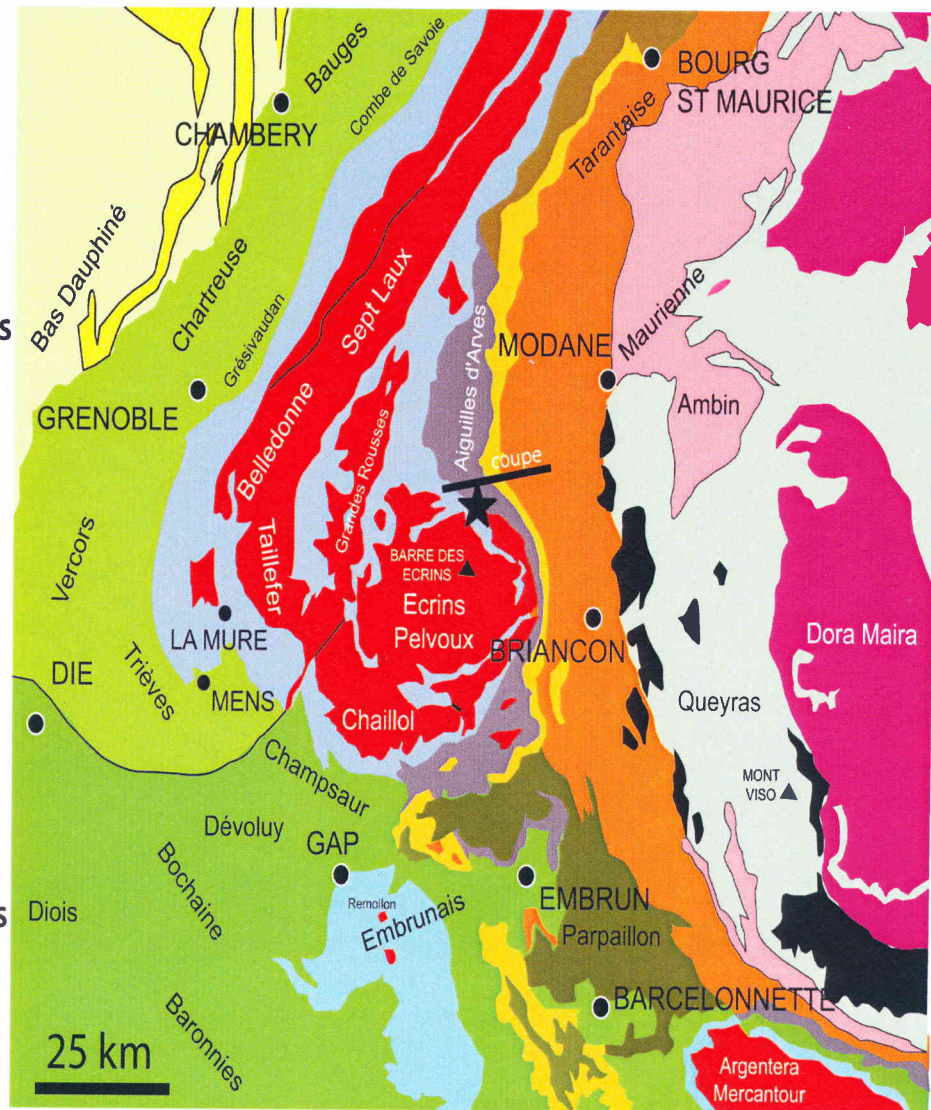


Figure 2 : Carte géologique simplifiée des Alpes occidentales (en haut, d'après Gidon 1977), panorama géologique du Galibier (photo Francou) et coupe interprétative (J. Debelmas).

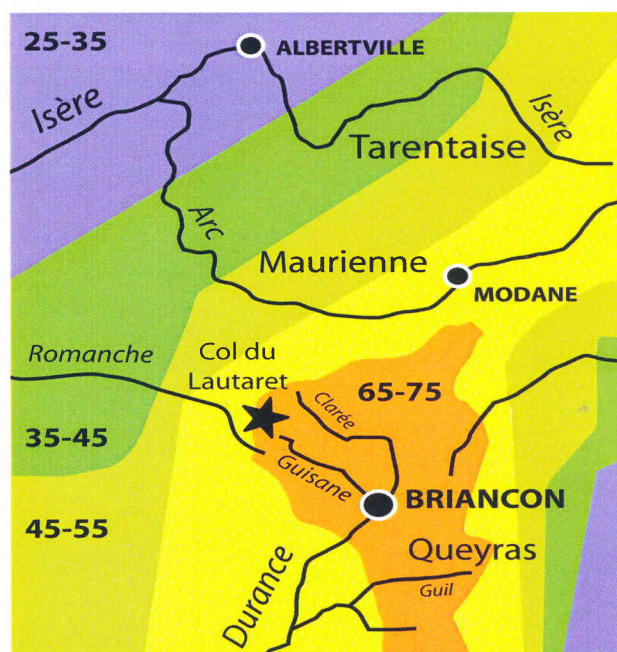
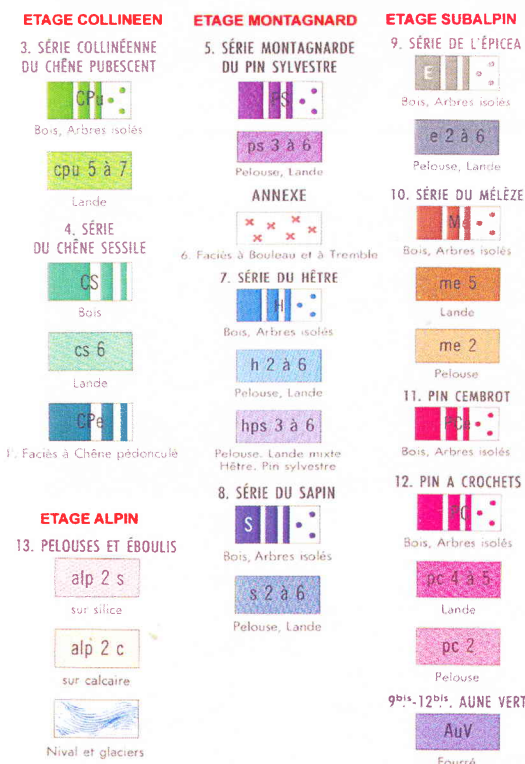
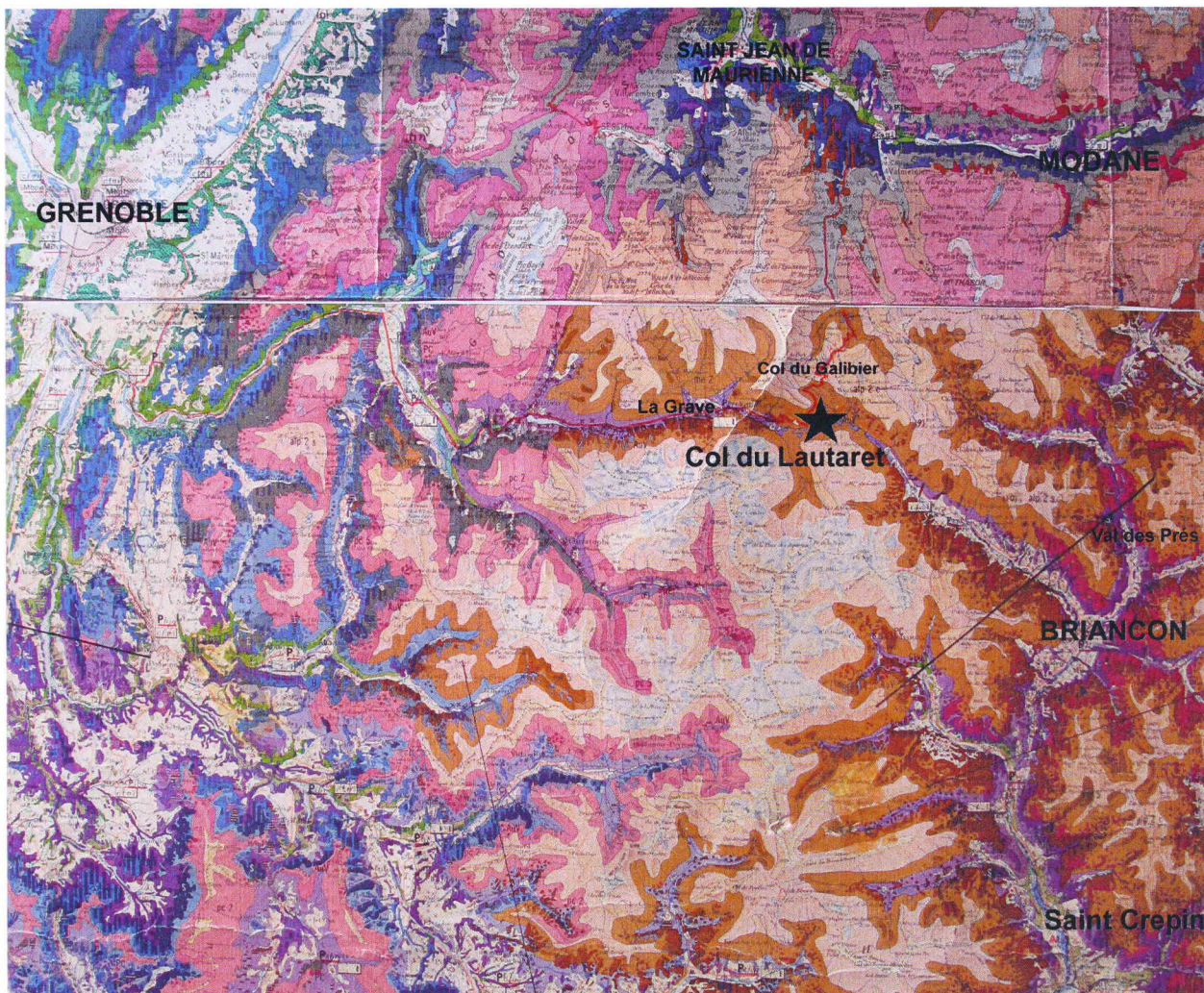


Figure 3 : Carte de végétation de la France - Gap et Grenoble 1/250 000 (Gobert & al. 1966)

Figure 4 : Carte estivale de l'indice de Gams dans le S.W. des Alpes (d'après Michalet)

la zone ultradauphinoise, discordante avec les massifs internes, qui est de faciès flysch (flyschs nummulitiques des Aiguilles d'Arve) ou de nature variée (schistes, grès...).

Les massifs internes comprennent (Fig. 2) :

- une zone valaisanne, se prolongeant plus au sud par une zone sub-briançonnaise, sédimentaire de faciès flysch là encore.
- une zone briançonnaise complexe, comprenant du houiller sédimentaire à base de grès et de schistes carbonifères et de poudingues du Permien. Ce houiller est parfois productif car peu ou pas métamorphisé et a été exploité dans la vallée de la Guisane. Une partie métamorphique, surtout dans la région Vanoise-Mont-Pourri en Savoie, est constituée des gneiss d'Ambin. Une composante sédimentaire secondaire, de nature variée surtout triasique comprend des grès et des quartzites à la base puis de vastes niveaux de gypse, comme au Galibier ou à l'Izoard. On trouve aussi des niveaux jurassiques et crétacés plus rares et de nature variée (calcaires, schistes...).
- des massifs cristallins internes (ou zone piémontaise), dont le Grand-Paradis en Italie.

Enfin, venant de l'est on observe de larges nappes de charriages allochtones, qui sont, d'une part, la nappe des flyschs à helminthoïdes et d'autre part, la nappe, plus récente, des schistes lustrés (par exemple dans la haute vallée du Queyras) qui ont été charriées et ont subi divers rétro-charriages et ajustements.

A cela, il faut ajouter la présence de traces d'ophiolithes ou roches vertes, parfois très bien conservées comme dans la région de Montgenèvre (massif du Chenaillet) ou la haute vallée du Guil dans le Queyras avec le Mont Viso (3841 m). On y rencontre des serpentines, des gabbros et mêmes des diabases en pillow-lava (Chenaillet).

D'un point de vue lithologique, le Briançonnais est une terre de contraste où se succèdent rapidement des roches très variées. Ceci, associé au relief très marqué et changeant, offre une grande diversité de milieux pour les plantes.

#### D. Le climat

Le climat du Briançonnais et du Queyras est typiquement un climat interne méridional, caractérisé par sa continentalité, avec des hivers froids et des étés chauds, un régime de précipitations relativement faible et marqué par un creux estival (Fig. 5c). Cette aridité estivale très

nette en particulier au mois de juillet est bien rendue par la carte estivale des indices de Gams (Fig. 4). Cet indice est basé sur le fait que la pluviosité varie en fonction de l'altitude et aussi en fonction de l'effet d'abri des montagnes par rapport aux sources dépressionnaires dominantes. Pour s'affranchir de l'altitude et ne quantifier que l'effet d'abri à un endroit donné, Gams (1932) a inventé une méthode qui permet d'attribuer à une localité un angle dit de continentalité (l'angle ou indice de Gams, G). Il se calcule selon la formule :

$$\cot gG = \frac{P}{A}$$

P = Précipitations annuelle en mm  
A = Altitude en m

Un angle G faible correspond donc à une zone plus périphérique comme les Alpes externes (Vercors, Chartreuse), un angle fort ( $> 50^\circ$ ) correspond à des zones internes. Il est intéressant de calculer à la fois l'indice G estival et l'indice G hivernal. En effet, pour une région donnée, un angle G moyen (par exemple  $55^\circ$ ) peut être dû soit à une sécheresse estivale marquée (aridité) soit à un déficit de précipitations hivernales (continentalité). L'indice estival servira donc à caractériser l'aridité, l'indice hivernal la continentalité.

Tout le Briançonnais montre une aridité estivale forte (angle  $> 65^\circ$  à Briançon), plus marquée par exemple qu'en Maurienne. Ceci correspond à sa position méridionale. Dans le Dauphiné, le climat des Alpes internes se traduit approximativement par les zones d'indice  $> 55$ . Il est en net contraste avec celui des Alpes externes, comme le Vercors (Fig. 5a) à précipitations plus fortes et régulières au cours de l'année et à amplitude thermique bien moins marquée (noter qu'à Autrans il pleut deux fois plus qu'à Briançon pourtant situé 300m plus haut en altitude).

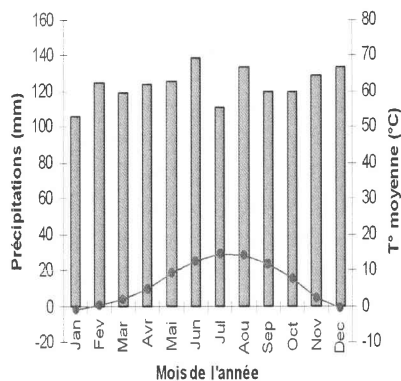
Entre ces deux zones, on trouve une zone intermédiaire d'indice compris entre 40 et 55 qui correspond à la zone de transition entre les Alpes externes et internes (Fig. 4 et 5b), dans laquelle se situent le Lautaret et Villar d'Arène.

#### E. La flore

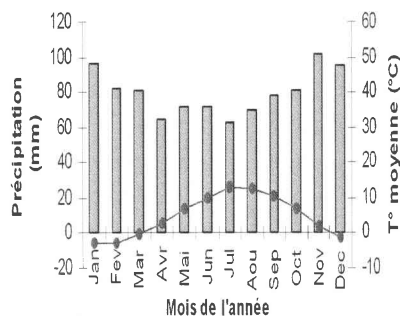
La flore du Briançonnais et du Queyras est très riche avec 2087 espèces signalées dans le Briançonnais, et près de 1300 dans le Queyras, soit plus du quart de la flore française.

La flore de ces secteurs est essentiellement une flore de montagne.

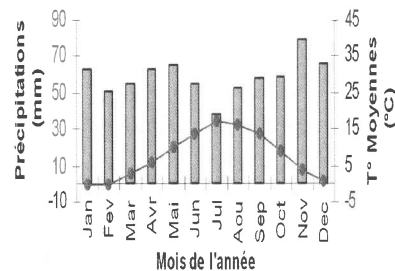
**a. Diagramme d'Autrans**  
Alt. 1050 m ; Pa : 1487 mm ; Tma : 6,4°C



**b. Diagramme du Chazelet**  
Alt. 1780 m ; Pa : 956 mm ; Tma : 4,7°C



**c. Diagramme de Briançon**  
Alt. 1050 m ; Pa : 708 mm ; Tma : 7,6°C



**Figure 5 :** Diagrammes ombrothermiques d'Autrans (Vercors, Isère), du Chazelet et de Briançon (Hautes-Alpes). Pa précipitations annuelles, Tma température annuelle moyenne. Pour chaque mois, on représente le total de précipitation et la température moyenne.

Dans le Briançonnais on compte 1117 taxons orophytes, soit 50 % de la flore. Parmi eux, on distingue 221 endémiques alpines, c'est à dire dont l'aire de répartition est limitée aux Alpes, (*Androsace helvetica* (Fig. 10.6), *Daphne striata*, *Eryngium alpinum* etc.) et 104 arctico-alpines parfois très communes (*Saxifraga oppositifolia*, *Silene acaulis*, *Polygonum viviparum*, *Ranunculus glacialis*, etc.).

A ce contingent important s'ajoute une composante steppique importante qui représente, dans le Briançonnais et le Queyras, près de 4,5 % de la flore : *Astragalus alopecurus*, *Astragalus vesicarius*, *Stipa capillata*, *Odontites glutinosa*, etc.

C'est dans la région de Guillestre et de l'Argentière-la-Bessée que l'on note aussi la disparition des dernières espèces méditerranéennes qui remontent la vallée de la Durance : *Cotynus coggygria*, *Aristolochia pistolochia*, *Staelhelina dubia*.

Enfin, la région est riche en endémiques avec environ 3% de la flore. Certaines le sont sur un territoire très restreint : *Androsace adfinis* subsp. *brigantiaca*, *Bupleurum alpigenum*, *Hedysarum brigantiacum*, *Prunus brigantina*, *Potentilla delphinensis*, *Coincya richeri*, etc.

Certaines espèces ont une répartition intéressante, d'un point de vue biogéographique et historique. C'est le cas par exemple du genévrier thurifère (*Juniperus thurifera*) que l'on trouve en particulier dans la région de St. Crépin. Il correspond probablement aux vestiges de l'expansion passée d'une forêt xérophile, que l'on retrouve actuellement au Maroc (Fig. 7). Il en va de même pour la bérardie (*Berardia subacaulis*), que l'on rencontre dans les éboulis

calcaires. C'est un genre monotypique endémique, dont les plus proches parents sont africains ; c'est le témoin d'une flore tertiaire anté-glaciaire (Fig. 7).

Dans le Briançonnais et le Queyras on trouve respectivement 51 et 53 espèces protégées au plan national (arrêté de 1995, Olivier et al. 1995), dont certaines sont rarissimes (*Aethionema thomasianum*, *Tulipa platystigma*, *Potentilla delphinensis*).

Les menaces sont nombreuses sur les plantes rares (Chas & al. 2006). Outre la cueillette active pour certaines espèces emblématiques comme le Chardon Bleu (*Eryngium alpinum*), l'évolution socio-économique de la région reste le facteur prédominant avec :

- l'abandon des pratiques culturelles en montagne qui entraîne la disparition de nombreux biotopes et des plantes liées aux cultures ;
- le passage d'un pastoralisme extensif avec de nombreux bovins à un pastoralisme ovin transhumant intensif entraîne un appauvrissement des pelouses ;
- le développement du tourisme entraîne la sur-fréquentation de certains lieux (Lautaret, Pré de Madame Carles etc.), et le développement des infrastructures associées ;
- l'aménagement des cours d'eau et des routes ;

Le tableau 2 montre la régression des espèces rares dans deux secteurs classiques bien connus pour leur richesse floristique. Dans les deux cas, l'abandon des pratiques culturelles anciennes, le pastoralisme ovin intensif et la sur-fréquentation semblent en être responsables.



Secteur	Espèces rares		Stations	
	<i>avant 1965</i>	<i>après 1965</i>	<i>avant 1965</i>	<i>après 1965</i>
Lautaret	48	31 (-21, +5)	246	123 (-50 %)
Haut-Guil	49	35 (-20, +6)	218	138 (-37 %)

**Tableau 2 :** Evolution de la flore rare dans deux secteurs classiques (d'après Gillot *in* Chas 1994).

### III. Les facteurs environnementaux et la vie des plantes en montagne

#### A. La température

Globalement la température moyenne baisse de 0,6 degré lorsqu'on s'élève de 100 m, ce qui explique l'étagement de la végétation (Fig. 6), avec une influence importante de l'exposition (adret/ubac). La température agit tout d'abord par les valeurs extrêmes qui limitent le développement de certaines espèces non adaptées au gel. Au Lautaret, il peut geler tous les mois de l'année (exemple : -12°C le 2 juin 2001, -8°C le 28 juin 2000). La diminution de la température en altitude va aussi réduire la période de végétation, la photosynthèse étant rendue difficile par le froid pour de nombreuses plantes. Plus on monte en altitude, plus les plantes vont devoir boucler leur cycle rapidement (en deux mois par exemple dans des combes à neige). Ceci est l'une des raisons de la quasi-inexistence des espèces annuelles aux étages subalpin et surtout alpin<sup>1</sup>.

#### B. L'eau

Le facteur hydrique est très important dans le Briançonnais. Les précipitations sont plus faibles que dans les Alpes externes (Figs. 4 & 5) avec une sécheresse estivale marquée, ce qui a des conséquences fortes sur la végétation. Par ailleurs, la répartition des ressources en eau est largement conditionnée par l'exposition (adret, ubac), la mésotopographie (creux-crête), la nature de la roche mère (globalement les ressources sont plus abondantes sur substrat siliceux), et l'effet de la canopée qui maintient ou non une atmosphère humide.

#### C. La neige

La durée d'enneigement est un facteur majeur de la répartition des communautés végétales surtout à l'étage alpin ; cette durée est en rapport étroit avec la mésotopographie, l'altitude et l'exposition (Fig. 11). A l'alpin, la neige est aussi une source d'eau et de

nutriments (nitrates), dans des zones où les sols sont souvent pauvres (à cause du froid et du peu de microorganismes). Enfin la couverture neigeuse est un écran de protection pour les plantes (évitement du gel) et un agent de perturbation (avalanches qui peuvent casser les arbres, Fig. 10.1).

#### D. Le vent

Le vent est un facteur important en particulier en altitude, notamment par son effet sur la couverture neigeuse (accumulations dans les combes/crêtes soufflées). Il est souvent très violent et augmente considérablement la déshydratation et les effets du gel. Il influence aussi la morphologie des végétaux (port en drapeaux, nanisme).

#### E. La lumière

Quantitativement la lumière est largement modulée par la couverture neigeuse (période de végétation) et la topographie (adret-ubac). De plus, l'intensité du rayonnement (lumière blanche et UV) est plus forte en altitude, l'épaisseur de l'atmosphère étant moindre. L'excès de lumière engendre un stress oxydatif avec génération de formes réactives de l'oxygène qui détruisent la machinerie photosynthétique (photoinhibition). Cet effet est encore accentué avec le froid qui ralentit les processus de réparation.

#### F. Le substrat et le sol

Le substrat a une action surtout sur les ressources en eau. Pour une même exposition, un substrat calcaire sera beaucoup plus sec qu'un substrat siliceux. La nature chimique du substrat agit plus directement sur les plantes dans la mesure où le sol est superficiel ou inexistant (rochers, éboulis etc.). Au contraire, quand le sol est formé, l'influence du substrat devient faible ou nulle et seules les ressources en eau deviennent plus déterminantes. C'est pour cela que l'on peut trouver des landes à rhododendron, réputées préférer les substrats acides, sur des roches calcaires, si l'approvisionnement en eau est suffisant et le sol développé (comme en ubac du col de l'Izoard).

#### G. La topographie

C'est le facteur prépondérant, que ce soit au niveau des versants adret-ubac où il va conditionner la quantité de lumière, la température, l'effet de la canopée, ou que ce soit au niveau de la pente, qui va régir les ressources en eau et en nutriments. Au niveau mésotopographique le rôle est le même.

<sup>1</sup> La situation est différente dans les montagnes arides et les montagnes méditerranéennes où les plantes annuelles peuvent représenter une part importante des espèces : les graines représentent une forme de résistance durant les longues périodes de sécheresse et une végétation plus ouverte (ne recouvrant qu'une partie de l'espace) offre de nombreux sites potentiels de germination. Une étude réalisée entre 3500 et 6000 m au Parc National Lluillailaco (Nord Chili) a révélé que 15% des espèces sont annuelles (Arroyo & al. 1998 *Gayana* 55 : 93-110).

## H. Les facteurs biotiques - compétition et facilitation

Ces mécanismes régissent les interactions entre les plantes au sein des communautés. Globalement on peut retenir que plus un milieu est ouvert plus les espèces présentes seront des espèces tolérantes aux stress abiotiques et/ou des espèces rudérales, c'est à dire résistantes aux perturbations, mais supportant mal ou pas du tout la compétition (plantes rupicoles ou des éboulis). Dans un milieu perturbé et stressant, les espèces structurantes vont faciliter le développement des espèces subordonnées en les « protégeant ». C'est le cas dans les pelouses à séslerie, à kobrésie ou à fétuque violette (Fig. 10.4) ou au niveau de plantes en coussin (Fig. 14). Au contraire, dans les milieux riches et stables, les relations sont de nature compétitive et les espèces structurantes (fétuque paniculée, aulne vert, rhododendron) ont tendance à éliminer les espèces subordonnées qui sont moins compétitrices (Callaway et al. 2002).

## I. Les impacts anthropiques

Les activités humaines (déforestation, agropastoralisme) ont façonné les paysages depuis le Néolithique. Les premiers grands épisodes de déforestation datent d'environ 3000 avant J.-C. Il est très probable que les Sapinières internes aient été particulièrement touchées par ces perturbations, ainsi que les forêts de Pins cembro. L'absence de forêt est très visible au Lautaret et dans toutes les vallées avoisinantes (Fig. 8). Le maintien de la biodiversité des prairies montagnardes et subalpines est largement conditionné par les activités agricoles (fauche, pâturage etc.), leur abandon entraînant un embroussaillage et une perte de biodiversité. Enfin on peut souligner que certains types de forêt ont été fortement favorisés par les pratiques traditionnelles. C'est notamment le cas du mélèzin qui permet un pâturage en sous-bois et qui fournit un bois imputrescible et de qualité.

## J. Les adaptations des plantes alpines

En réponse à tous ces paramètres extrêmes, les plantes alpines présentent de nombreuses adaptations morphologiques et physiologiques. On distingue des stratégies d'évitement (consistant à échapper aux facteurs stressants qui n'entrent pas à l'intérieur de l'organisme) et des stratégies de tolérance (consistant à contrecarrer les agents stressants à l'intérieur de l'organisme).

D'un point de vue morphologique les petites plantes sont la norme à l'étage alpin, avec des types biologiques (Fig. 9) qui prédominent, en particulier les hémicryptophytes en touffe ou en rosette, auxquels s'ajoutent quelques géophytes et chaméphytes (Fig. 10). Les thérophytes sont très rares (*Gentiana nivalis*, *Gentianella tenella*, *Sedum atratum*) et les phanérophytes absents. Une adaptation remarquable des plantes alpines est le port en coussinet (Fig. 10.6), qui permet à la plante

de résister au vent, et surtout aux forts écarts de température (Fig. 12). Un appareil racinaire pivotant très développé est souvent associé à ces coussinets, permettant ainsi un enracinement solide de la plante et favorisant sa nutrition hydro-minérale.

D'un point de vue biologique, la brièveté de la saison de végétation ne permet pas toujours aux plantes de boucler leur cycle de reproduction. Ainsi, de nombreuses plantes alpines allient reproductions sexuée et clonale. La multiplication végétative peut se faire via des stolons, des rhizomes, par tallage comme la plupart des Poacées ou Cypéracées (Fig. 16), par multiplication des rosettes (Fig. 10.5) ou par des bulbilles parfois (Fig. 17), par marcottage (rhododendron). Par ailleurs, plusieurs mécanismes permettent d'optimiser la reproduction sexuée : préformation des bourgeons un ou deux ans à l'avance (cas de la renoncule des glaciers qui atteint plus de 4000 m en Suisse), couleurs vives des fleurs pour attirer le peu de pollinisateurs<sup>2</sup>, augmentation des durées de floraison (étude au Chili, Fig. 15).

Les adaptations physiologiques concernent notamment la résistance au froid. La surfusion permet, après endurcissement, de tolérer des températures extrêmes, jusqu'à -40°C (Fig. 13). La déshydratation, en particulier chez les lichens et les mousses, permet quant à elle de tolérer des températures bien plus basses. La résistance à l'excès de lumière met en jeu des stratégies d'échappement (cuticule réfléchissante) et de tolérance : l'accumulation d'antioxydants (en particulier vitamine C, Fig. 17) permet de neutraliser les formes réactives de l'oxygène (ions superoxyde, eau oxygénée, etc.) générées par l'excès de lumière blanche ou UV (Fig. 17).

<sup>2</sup> Des études menées en Norvège le long d'un gradient altitudinal montrent néanmoins qu'il n'y a pas d'augmentation significative ni de la couleur ni de la taille, ni des autres caractéristiques associées à l'attraction des insectes comme la forme zygomorphe ou la taille des éperons nectarifères (Totland & al 2005 Résumé N° 13.10.2. XVII international Botanical Congress, Vienne). Noter aussi l'exception des montagnes de Nouvelle-Zélande où les fleurs très majoritairement blanches sont pollinisées par des Diptères insensibles aux couleurs (voir Aubert & al. 2006).

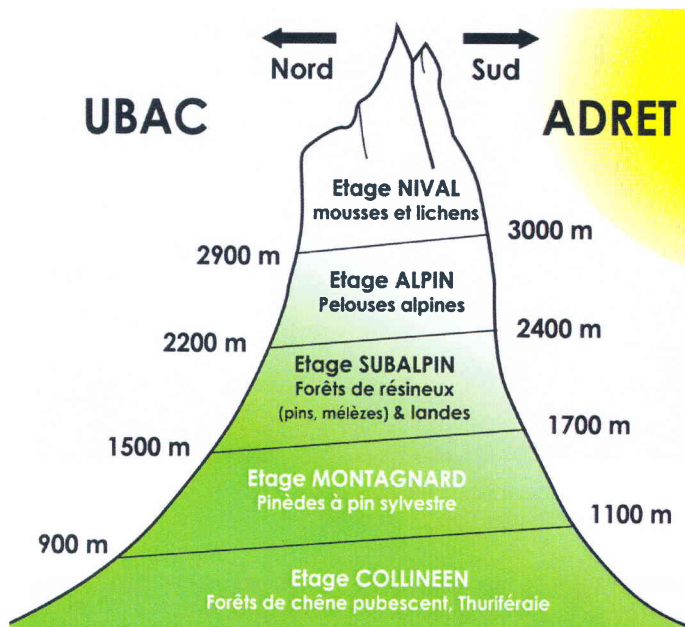


Figure 6 : Etagement de la végétation dans les Alpes de la région briançonnaise. A droite, vallée de la Guisane au niveau de Monétier-les-Bains.

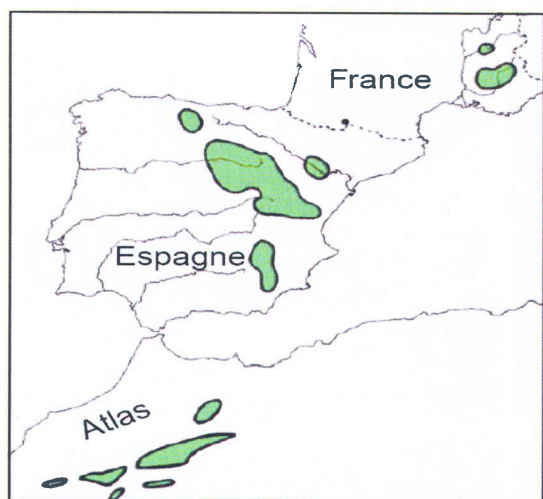


Figure 7 : A gauche, aire de répartition actuelle du genévrier thurifère (*Juniperus thurifera*) (in OZENDA 1978) ; à droite, *Berardia subacaulis*, relique de la flore tertiaire, ici au col de l'Izoard.



Figure 8 : Vallée de la Haute Romanche, commune de La Grave avec ses hameaux Ventelon, Terrasses, Les Hières. L'adret de la vallée est sculpté de terrasses qui étaient labourées et cultivées de céréales (seigle>blé>orge>avoine) jusqu'à 2000m encore au début du XX<sup>ème</sup> siècle.

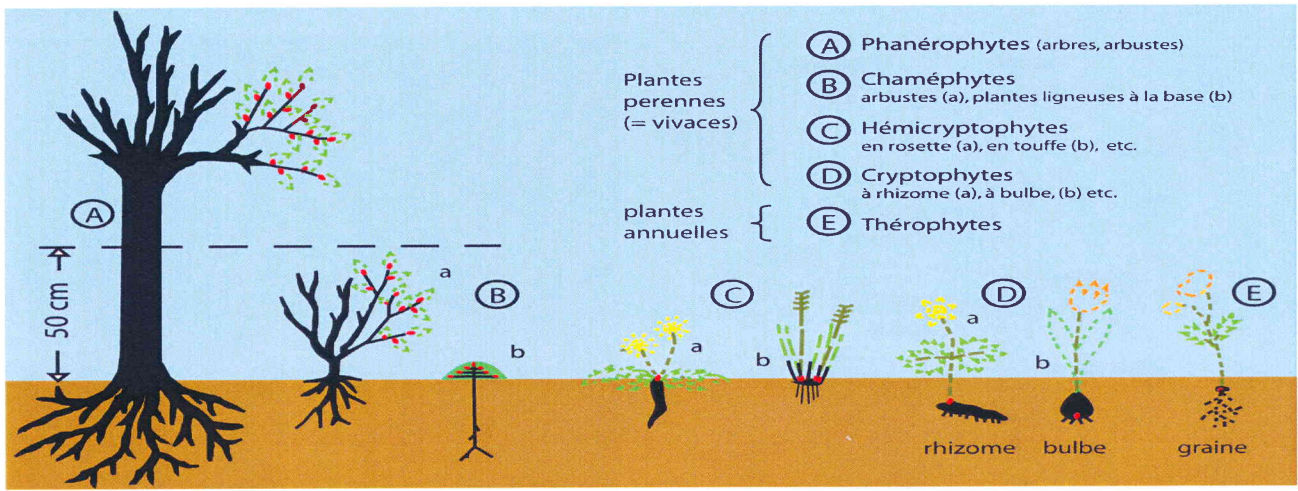


Figure 9 : Types biologiques de Raunkier<sup>3</sup>. En noir sont représentées les parties pérennes, qui passent l'hiver, en pointillés les parties qui se développent à la belle saison et meurent à l'automne. Les bourgeons sont figurés en rouge.

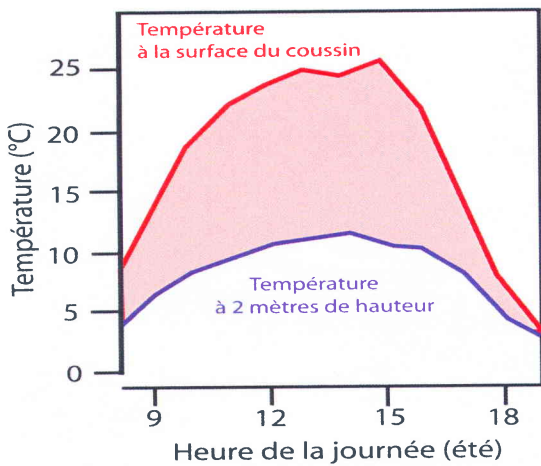


Figure 10 : Exemples de types biologiques. 1, Phanérophyte : jeune mélèze en zone de combat soumis aux effets combinés du froid, de la neige, du vent, etc. La flèche a été coupée et une branche a pris le relais ; 2, Saule alpin nain (*Salix serpyllifolia*) photographié au Jardin botanique Alpin du Lautaret. Il s'agit de bonsaïs plaqués au sol et on ne parle plus d'arbre mais de ligneux rampants de type chaméphyte ; 3, *Crepis pygmaea*, Astéracée des éboulis schisteux, hémicryptophyte en rosette ; 4, *Festuca violacea*, hémicryptophyte en touffe qui forme des gradins et stabilise des pentes à l'étage alpin ; 5, *Sempervivum arachnoideum*, Crassulacée, hémicryptophyte en rosettes ; 6, *Androsace helvetica* (Primulacée), chaméphyte en coussin ; 7, *Narcissus poeticus*, Amaryllidacée (géophyte bulbeuse) ; 8, *Alopecurus gerardi*, Poacée de l'étage alpin (géophyte à rhizomes visibles au premier plan) ; 9, *Gentiana nivalis*, une des rares annuelles (thérophyte) de la flore alpine.

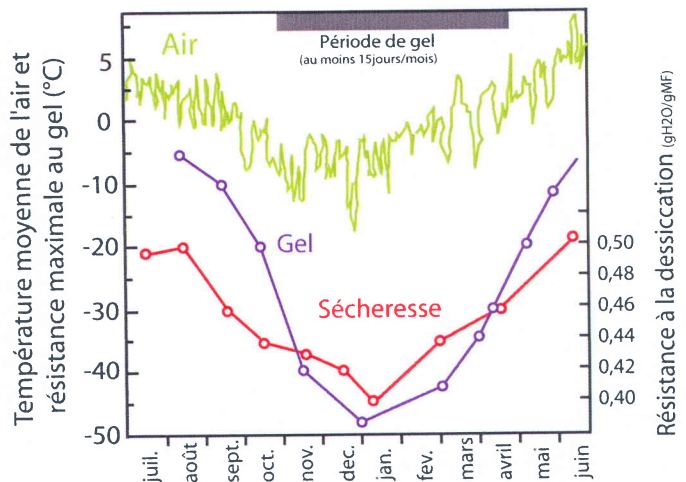
<sup>3</sup> Raunkier (1934) The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography Ed. Oxford University Press



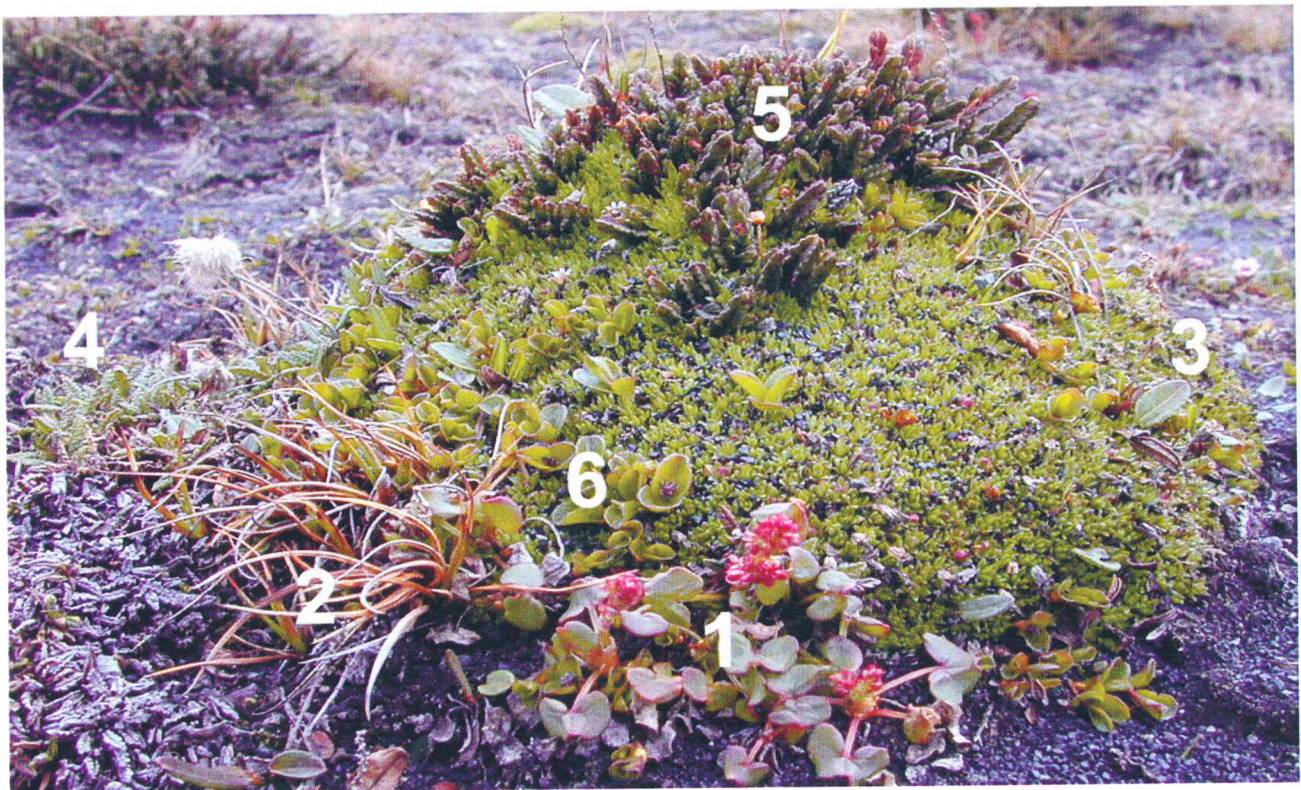
**Figure 11 :** Un exemple d'opposition de versant au niveau de la montagne de Chaillol (qui domine le col du Lautaret au nord). L'adret (exposé au sud) est déneigé plusieurs semaines avant l'ubac. Le temps de végétation y sera supérieur, mais les végétaux doivent être adaptés à des excès de lumière et à des températures extrêmes. Les types de végétation sont respectivement des pelouses à Fétuque paniculée et des landes à Rhododendron sur les versants d'adret et d'ubac. Le réchauffement climatique aura un effet important sur ces profils d'enneigement et sur la végétation associée.



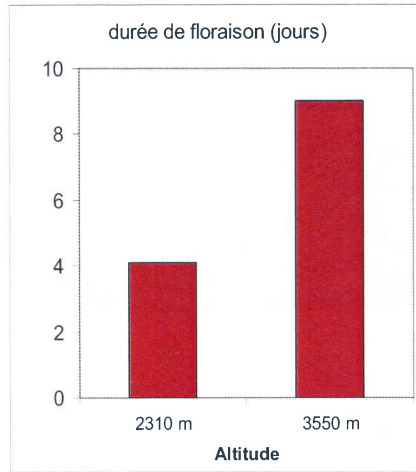
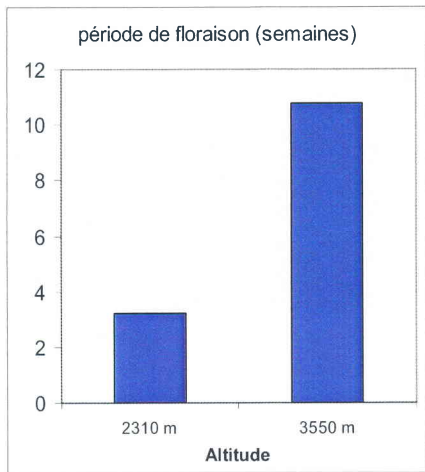
**Figure 12 :** Température à la surface d'un coussin de *Silene acaulis* comparée à la température de l'air mesurée à 2 m du sol (in Körner 1999).



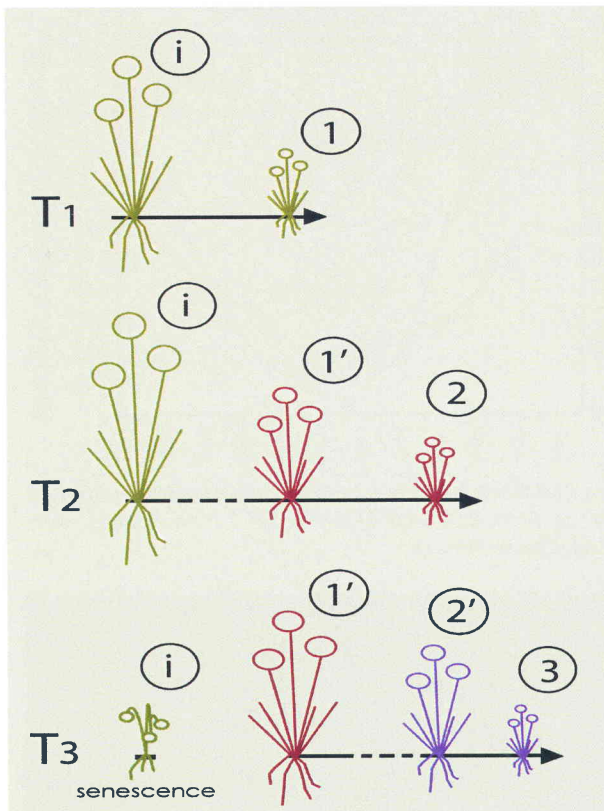
**Figure 13 :** Résistance au gel et à la sécheresse dans les aiguilles du pin cembro au cours de l'année (Larcher 2003 *Physiological plant ecology*. Ed Springer-Verlag).



**Figure 14 :** Facilitation thermique au niveau d'un coussin de *Silene acaulis* - Spitzberg, Norvège (altitude : 50 m - latitude : 89°N). Parmi les plantes qui profitent du microclimat chaud, on note d'autres espèces arctico-alpines (*Oxyria digyna* - Polygonacée, 1 ; *Carex rupestris* - Cyperacée, 2 ; *Polygonum viviparum* - Polygonacée, 3 ; *Dryas octopetalla* - Rosacée, 4) et deux espèces arctiques (*Cassiope tetragona* - Ericacée, 5 ; *Salix polaris* - Salicacée, 6).



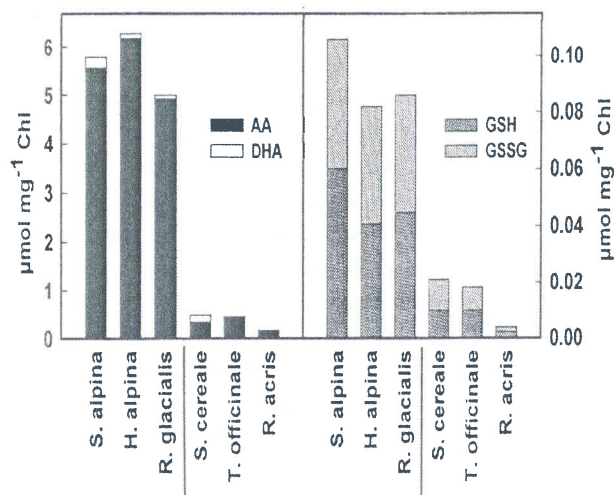
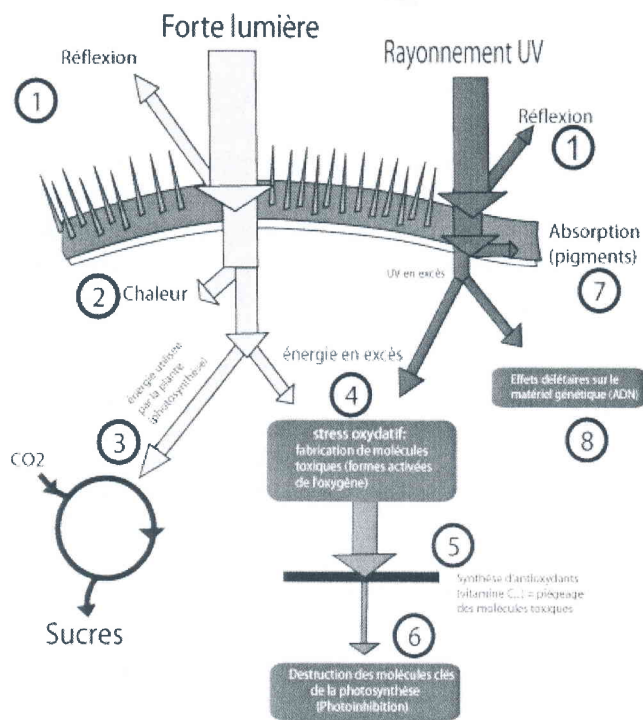
**Figure 15 :** Optimisation de la reproduction sexuée par augmentation de la période de floraison des espèces et de la durée de floraison des fleurs avec l'altitude dans les Andes chiliennes (Arroyo & al 1982 *Am J Bot* 69 : 82-97). Les chances de visite par les insectes pollinisateurs sont ainsi augmentées en altitude, ce qui compense la diminution des insectes et explique que les taux de pollinisation des espèces d'altitude sont similaires à ceux des espèces de plaine.



**Figure 16 :** Reproduction clonale à partir d'une tige à croissance horizontale (stolon ou rhizome). L'individu initial (i), issu de la germination d'une graine produit des plantes toutes identiques génétiquement (ramets), qui s'individualisent par dégénérescence de la tige ou par autonomisation (racines, photosynthèse). Sur le schéma, les couleurs différentes correspondent aux ramets 1' et 2' qui ont pris leur autonomie par rapport à l'individu initial (i). Les nouveaux clones 1, 2 et 3 après s'être rendus autonomes, vont développer de nouveaux ramets qui reproduiront le même processus. Un genet peut ainsi vivre durant des centaines, voire des milliers d'années (cas de certains Carex ou de saules nains), bien après que l'individu initial ait disparu. La longueur de la tige horizontale est variable. Lorsqu'elle est très courte, les ramets restent groupés autour de l'individu mère, et suivant leur degré d'autonomie, il sera difficile de dire si l'on a affaire à un individu ou à plusieurs. T1 à T3 : temps successifs (semaines, mois ou années, selon les espèces considérées).

En haut à droite, deux exemples de plantes clonales. La benoîte rampante (*Geum reptans*, Rosacée) a des stolons (S) qui permettent la colonisation des éboulis alpins. Ces touffes d'avoine des montagnes (*Helictotrichon sedenense*) poussent en conditions extrêmes sur une crête très ventée à 2800 m. De même que les coussins, le port en touffe s'accompagne d'un microclimat favorable d'un point de vue thermique. A droite, renouée vivipare (*Polygonum viviparum*, Polygonacées) avec ses bulbilles qui commencent à se développer sur le pied mère (« viviparité »). Si la longueur de tige disponible pour les fleurs et les bulbilles est constante, la proportion de bulbilles augmente avec l'altitude et avec la latitude, ce qui correspond au fait que la reproduction clonale est plus importante lorsque les conditions de vie deviennent plus difficiles (Körner, 1999).





**Figure 17 :** A gauche, les stratégies de résistance à l'excès de lumière : échappement par mise en place d'une barrière physique (cuticule réfléchissante et pilosité, 1) ou chimique (flavonoïdes piégeant les UV, 7); tolérance par dissipation de chaleur (pigments xanthophylles, 2), par stimulation de la photosynthèse (3) et par production d'antioxydants (5).

Ci-dessus, comparaison de la quantité d'acide ascorbique = vitamine C (à gauche, oxydé et réduit) et de glutathion (à droite, oxydé et réduit) dans les chloroplastes de plantes alpines (*Soldanella alpina*, *Homogyne alpina*, *Ranunculus glacialis*) et de plantes de plaine (*Secale cereale*, *Taraxacum officinale*, *Ranunculus acris*). D'après Streb & al. 1997.

## IV Aperçu de la végétation du Briançonnais

### A. Les écosystèmes forestiers

#### 1. Ecologie des principales essences

C'est probablement la rigueur thermique du Briançonnais, liée à l'altitude élevée des vallées et à la continentalité thermique de cette zone interne, qui explique la très large dominance des conifères (Michalet et al. 1998). Le seul feuillu structurant est le chêne pubescent qui n'est présent qu'en aval de Briançon, à l'étage collinéen (série interne du chêne pubescent). Il est d'ailleurs remplacé par le genévrier thurifère dans les adrets sur calcaire où les contrastes thermiques deviennent encore plus accentués. Aux étages supérieurs, montagnard et subalpin, les quelques feuillus encore présents (frêne, érables, tremble) sont disséminés dans les stations les moins contrastées (ubac montagnard sur silice).

Parmi les conifères, on doit distinguer les espèces dites mésophiles (sapin, épicéa et pin cembro) des espèces xérophiles (pin sylvestre et pin à crochet), avec le mélèze en position intermédiaire. La figure 18 représente le plan 1-2 d'une analyse factorielle réalisée sur environ 300 relevés forestiers (mélézins exclus) des trois vallées internes et intermédiaires septentrionales françaises (Tarentaise, Maurienne et Briançonnais). Elle permet de bien comprendre

les exigences écologiques de ces différentes espèces (Michalet et al. 2001). La position des relevés sur l'axe 1 (le plus discriminant) est corrélée à l'humidité atmosphérique régnant sous la canopée des arbres dominants ; les facteurs complexes à l'origine de ce facteur direct sont par ordre d'importance décroissante : la fermeture de la canopée, l'exposition, et le substrat. La flore la plus xérophile (à gauche de l'axe 1) se rencontre dans les adrets sur calcaire (pinèdes de pin sylvestre ou de pin à crochet) et la flore la plus mésophile dans les ubacs sur silice (hêtraie-sapinières des Alpes intermédiaires, sapinières-pessières et pessières). Les forêts sur calcaire sont plus xérophiles que celles sur silice, à exposition égale, étant donné la fracturation des roches calcaires et donc la baisse de la disponibilité en eau qui en découle (Michalet et al. 2002a). A l'échelle de cette analyse le pin sylvestre et le pin à crochet apparaissent tous deux aussi xérophiles, mais le remplacement du pin sylvestre par le pin à crochet sur les substrats les plus filtrants (gypse) indique qu'à une échelle plus fine le pin à crochet apparaît comme le champion de la xérophilie (Bartolli 1966).

L'axe 2 est un axe thermique, particulièrement déterminant dans les stations mésophiles d'ubac (partie droite de l'axe 1) ; en situation xérophile,

où dominent les pinèdes d'adret (partie gauche de l'axe 1), les différences thermiques sont nettement moins marquées. Dans les ubacs, la succession le long de l'axe 2 est en correspondance étroite avec le gradient altitudinal expliquant les variations du facteur thermique, avec de haut en bas de l'axe, les hêtraies-sapinières de l'étage montagnard inférieur des Alpes intermédiaires, les sapinières-pessières de l'étage montagnard supérieur, les pessières de l'étage subalpin inférieur et les cembraies de l'étage subalpin supérieur. A noter que dans le cœur du Briançonnais l'épicéa est totalement absent (Rolland et al. 2001, Michalet et al. 2002b) étant donné l'excessive aridité estivale de ce secteur interne méridional (Fig. 4). La position écologique du mélèze, absent de la figure 18, peut être comprise sur les transects de la figure 19. Le mélèze, espèce continentale nécessitant une bonne alimentation hydrique, comme l'épicéa, est rare dans les adrets du Briançonnais, surtout sur calcaire. Cependant l'abondance du mélèze dans le Briançonnais s'explique avant tout par l'activité anthropique (déforestation et pâturage en sous-bois); c'est une espèce ne supportant pas la compétition pour la lumière et qui nécessite donc des milieux ouverts pour sa régénération (Pache et al. 1996a).

## 2. Les communautés forestières

Trois facteurs complexes fondamentaux, résumés sur la figure 18, permettent d'expliquer la diversité des communautés forestières du Briançonnais, l'exposition, l'altitude et la nature de la roche mère.

### 2a. Les pinèdes de pin sylvestre

Ces communautés sont largement dominantes à l'étage montagnard avec quatre associations différentes en fonction de l'exposition et de la roche mère. La pinède d'adret sur calcaire est caractérisée essentiellement par la présence d'*Ononis rotundifolia* et *Astragalus monspessulanus*, voir d'*Onobrychis saxatilis* à la base du montagnard. La pinède d'adret sur silice est caractérisée par la présence de *Minuartia laricifolia* et de nombreuses espèces de Crassulacées. La pinède d'ubac sur calcaire comprend *Polygala chamaebuxus*, *Melampyrum pratense* et *Orthilia secunda* et la pinède d'ubac sur silice est colonisée par *Brachypodium pinnatum*, *Deschampsia flexuosa*, *Polygala chamaebuxus*.

### 2b. Les pinèdes de pin à crochet

Ces communautés dominent l'étage subalpin, surtout en adret sur calcaire où l'on retrouve *Ononis rotundifolia* avec *Anthyllis montana* et

*Globularia cordifolia*. En ubac sur calcaire ce sont *Orthilia secunda*, *Carex australpina*, *Pulsatilla alpina* et *Aster bellidiastrum* qui peuvent caractériser l'association. Sur silice, on notera l'abondance de *Vaccinium myrtillus* et *Vaccinium vitis-idaea* en adret et la présence de *Rhododendron ferrugineum* en ubac.

### 2c. Les mélézins

Les mélézins de l'étage montagnard ont une composition floristique intermédiaire entre celle des pinèdes d'ubac et des pelouses avoisinantes, avec en particulier de nombreuses espèces de Poacées (*Festuca flavescens*) et de Fabacées. A l'étage subalpin, apparaissent des espèces de la mégaphorbaie dans les stations les plus humides.

### 2d. Les sapinières

Elles sont très rares et peu productives, généralement localisées dans des stations infertiles, rocheuses et pentues de l'étage montagnard supérieur (et base du subalpin) d'ubac. Sur calcaire, on trouvera notamment *Carex australpina*, *Pulsatilla alpina* et *Veronica urticaefolia* et, sur silice, *Vaccinium myrtillus*, *Luzula sieberi*, *Deschampsia flexuosa*, *Melampyrum sylvaticum* et *Rhododendron ferrugineum*.

### 2e. Les cembraies

Ces forêts claires, infiltrées de mélèze, sont surtout abondantes en subalpin supérieur d'ubac sur silice avec comme espèces caractéristiques *Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium myrtillus*, *Calamagrostis villosa* et *Vaccinium uliginosum*.

## B. Les groupements subalpins de la région du Lautaret

Au niveau du Lautaret, l'étage subalpin est asylvatique, en relation avec un très ancien déboisement de la région, et avec à la difficulté pour les essences forestières de recoloniser les versants à cause de la rudesse climatique et de la pression anthropique : pression pastorale forte et fauche traditionnelle des alpages. On y observe un très fort effet de versant, allié à des variations de pente et donc une répartition des ressources en eau très inégale, les zones les plus pentues étant plus xérophiles. Le paysage en adret est dominé par des pelouses et des prairies. En ubac, on note une mosaïque de pelouses et de formation arbustives, landes basses et brousses plus élevées. Les principaux groupements d'adret sont présentés ci-dessous. La répartition des groupements est liée essentiellement à la topographie et donc à l'alimentation en eau et au degré de perturbation physique et anthropique. (Fig. 22).



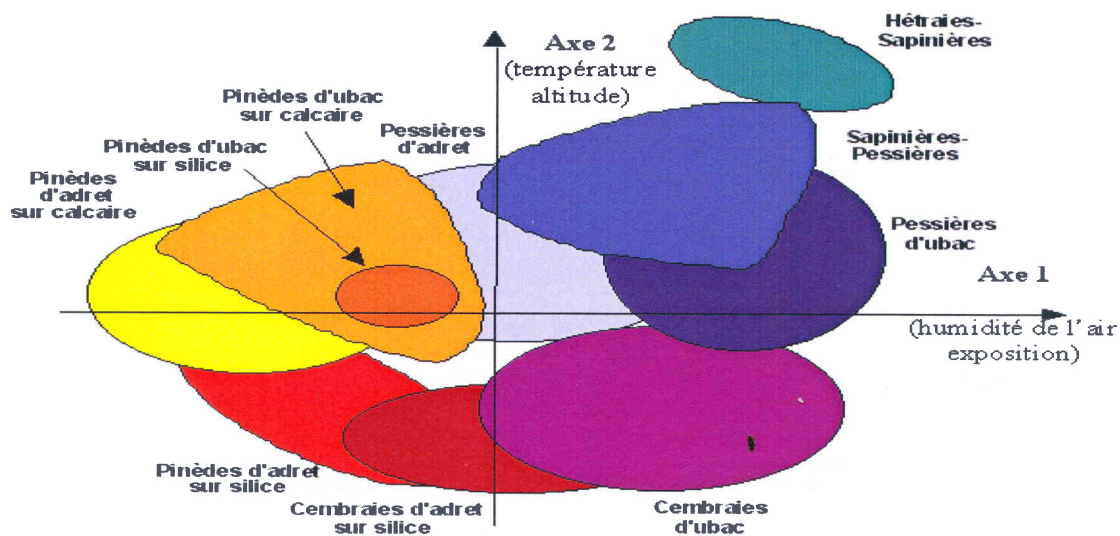


Figure 18 : Axe 1 & 2 d'une analyse factorielle des forêts des Alpes Sud-Occidentales (Michalet 2000)

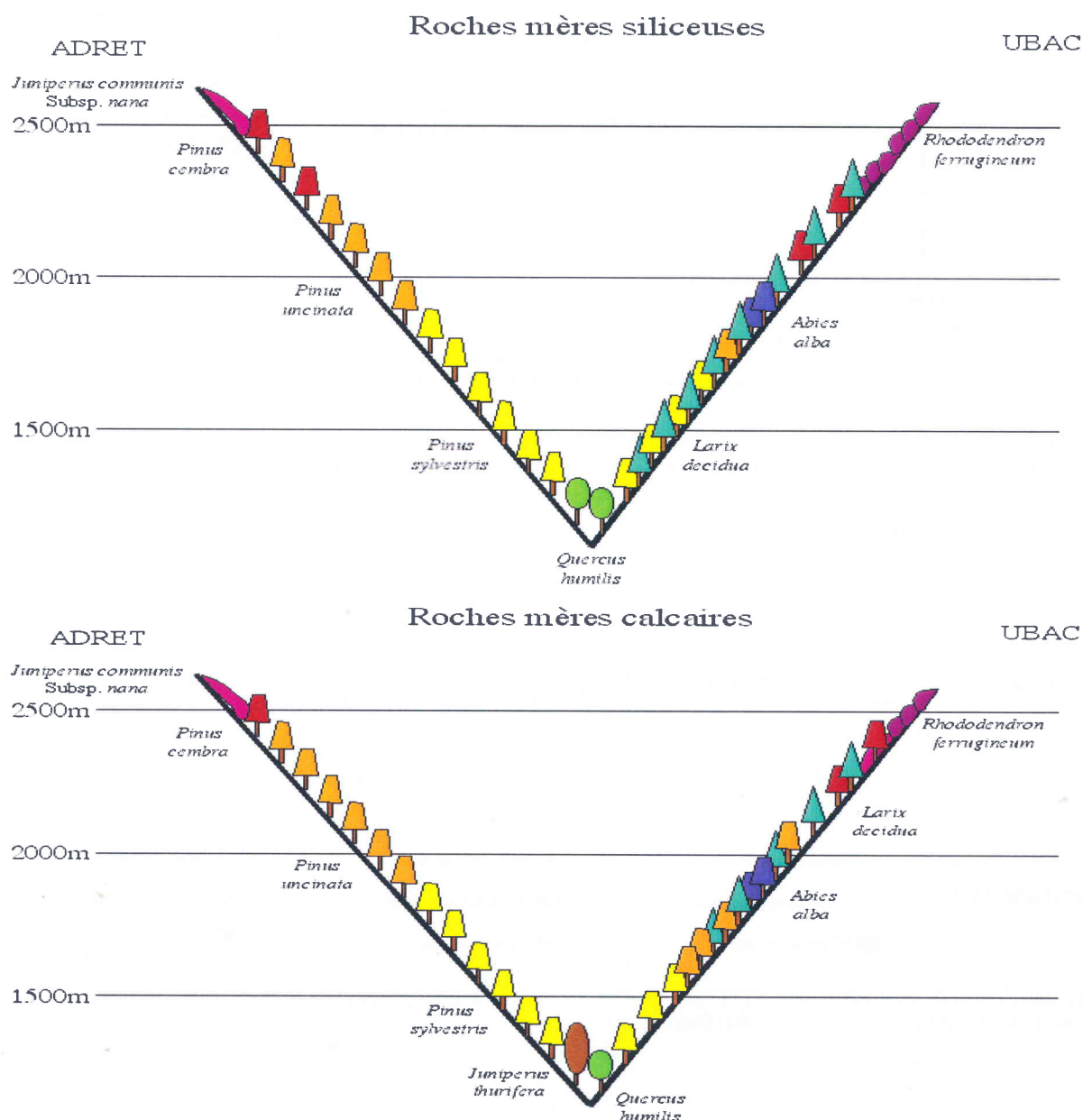


Figure 19 : Transects montrant la répartition des essences forestières en fonction de l'altitude, de l'exposition et de la roche mère (d'après Cadel & Gilot 1963 ; Cadel 1980).

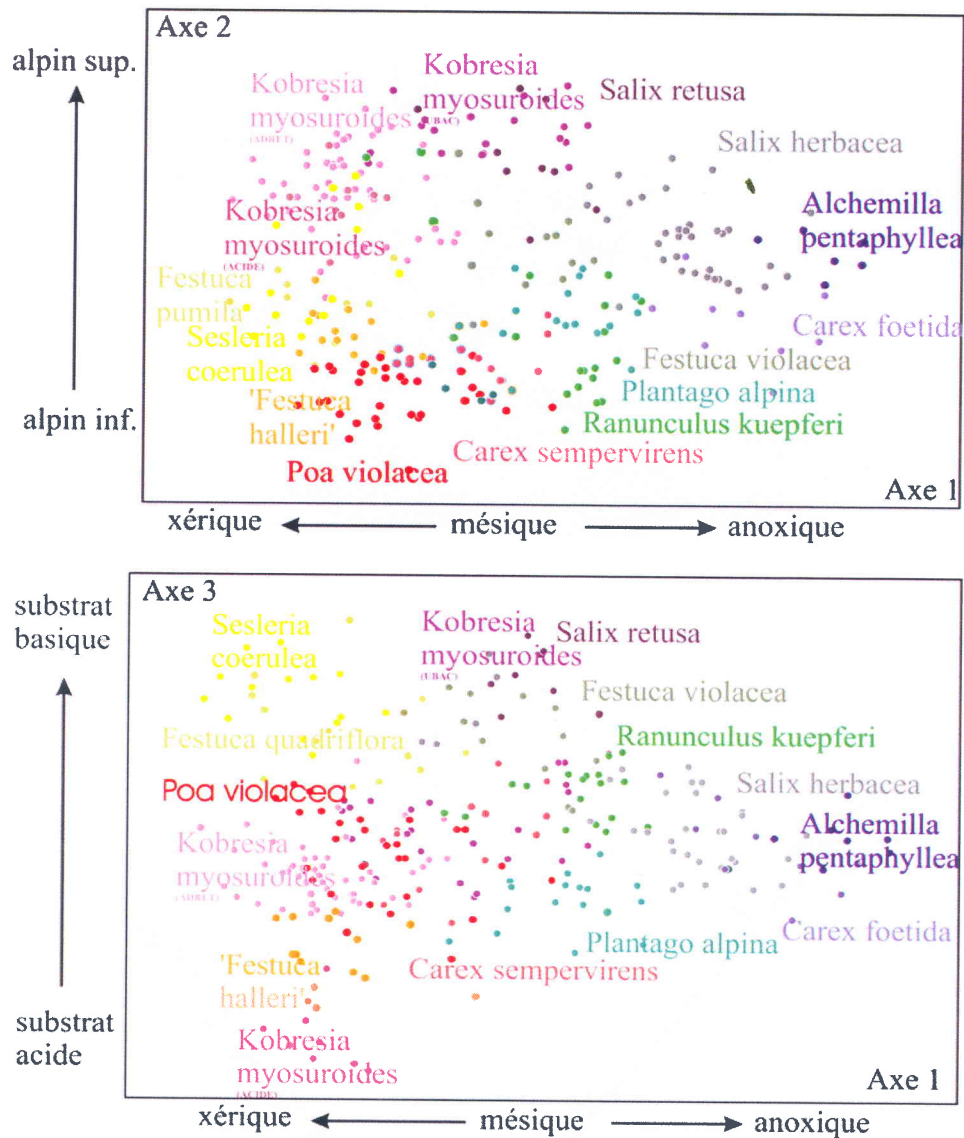


Figure 20 : Pelouses alpines de la région Haut-Queyras-Haute-Ubaye. Projection des relevés dans les plans factoriels 1-2 et 1-3 de l'analyse des correspondances<sup>4</sup>. Les espèces dominantes des groupes de relevés sont indiquées (Choler & Michalet 2002)

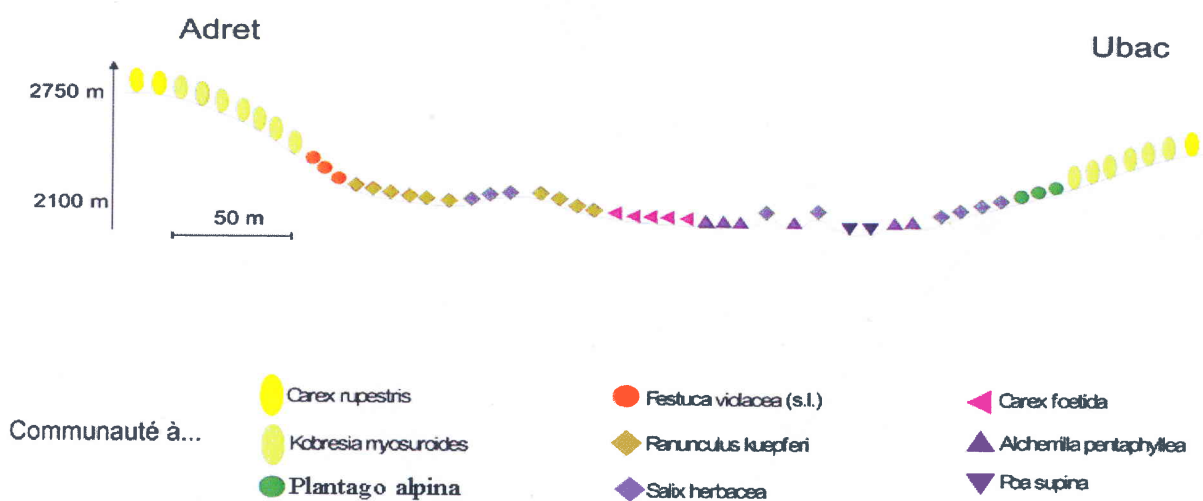
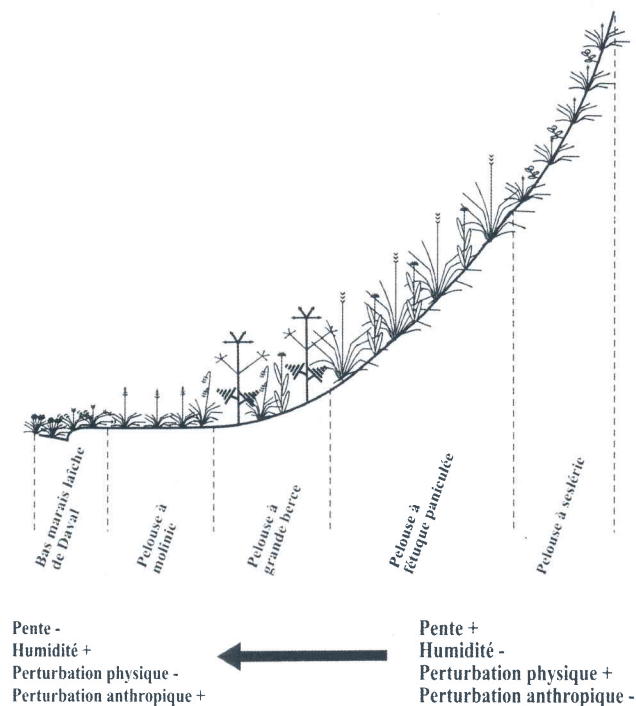


Figure 21 : Transect montrant la répartition des principales communautés à l'étage alpin en fonction de la mésotopographie (10-100 m) et de la microtopographie (0-1 m) (Choler inédit)

<sup>4</sup> Detrended Correspondance Analysis



**Figure 22 :** Transect de répartition des groupements végétaux subalpins en adret au niveau du Lautaret (d'après Molinier & Pons 1955). A droite, adret de Chaillol au dessus du Jardin alpin (en 1925 ; noter les prairies fauchées et l'absence de la route du Galibier).

### 1. Pelouses à seslérie bleutée

Il s'agit d'un groupement se développant à la limite du subalpin et de l'alpin, en mode thermique, xérophile, donc sur les adrets. Il se situe sur des croupes ou des pentes raides "en gradins", où les perturbations sont fortes (solifluxion, cryoturbation) ; les interactions entre plantes y sont surtout de type facilitation, la seslérie par ses touffes denses caractéristiques structurant le milieu et permettant aux autres espèces de se développer. C'est une pelouse rase, assez ouverte, reconnaissable à l'abondance de la Seslérie. Les espèces caractéristiques sont : *Sesleria caerulea*, *Helictotrichon sedenense*, *Onobrychis montana*, *Cotoneaster jurana*, *Oxytropis campestris*, *Leontopodium alpinum*, *Astragalus alpinus*, auxquelles peuvent s'ajouter : *Aster alpinus*, *Dryas octopetala*, *Anthyllis vulneraria* subsp. *baldensis*, *Globularia cordifolia*, *Linum alpinum* subsp. *julicum*, *Biscutella laevigata*, *Gentiana verna*.

### 2. Pelouses à fétuque paniculée

C'est la pelouse classique d'adret aux environs du col du Lautaret. C'est une pelouse élevée (prairie) et dense, très riche floristiquement. Elle se reconnaît grâce aux touffes de la Poacée principale qui la compose : *Festuca paniculata* que l'on appelle « queyrelle » dans la région. Cette pelouse est typiquement subalpine et s'élève jusqu'à 2300 m, en adret, sur un sol légèrement acide, profond sur des matériaux altérables. Les perturbations y sont plus faibles, car elle se développe sur des pentes moins accusées et à sols plus profonds. Les relations de compétition y sont fortes, la fétuque paniculée tendant à supplanter les autres espèces, notamment

par allélopathie (recherches en cours). Les espèces caractéristiques sont : *Festuca paniculata*, *Centaurea uniflora*, *Meum athamanticum*, *Trifolium montanum*, *Campanula barbata*, *Arnica montana*, *Phyteuma michelii*, *Luzula nutans*, *Paradisea liliastrum*, *Hypochaeris maculata*, *Pulmonaria angustifolia*. Mais on y trouve aussi souvent en abondance : *Trifolium alpinum*, *Potentilla grandiflora*, *Senecio doronicum*, *Gentiana acaulis*, *Gentianella campestris*, *Cerastium arvense* subsp. *strictum*, *Geum montanum*, *Veronica allionii*, etc. Cette richesse floristique est étroitement liée au mode de gestion de ces pelouses, qui sont d'ailleurs des habitats prioritaires au niveau européen. En effet c'est la fauche tardive traditionnelle, après la mi-août, qui permet à la biodiversité végétale et animale de ces pelouses de se maintenir. Le surpâturage, de plus en plus précoce, la sur-fréquentation, ou l'abandon de la fauche conduisent à une banalisation des espèces, la fétuque paniculée peu appétante et très compétitrice devenant vite dominante. Ces problèmes sont encore plus marqués dans le Haut-Queyras ou la Haute-Tinée où le surpâturage est intense.

### 3. Pelouses à grande berce

C'est une pelouse proche de la pelouse à fétuque paniculée mais se localisant dans les dépressions ou les bas de pentes. Elle est formée de hautes herbes dont la plus typique est la grande berce. Elle est caractérisée par son alimentation en eau optimale, qui lui donne une tendance à la mégaphorbaie. Les espèces caractéristiques sont : *Heracleum sphondylium* subsp. *elegans*, *Carex atrata* subsp. *aterrima*, *Centaurea montana*, *Lathyrus occidentalis*, *Allium victorialis*, *Campanula*

*thyrsoides*, *Trisetum flavescens* subsp. *purpurascens*, *Chaerophyllum villarsii*, *Geranium sylvaticum*, *Astrantia major*, *Silene vulgaris*, *Campanula rhomboidalis*, *Narcissus poeticus*, *Trifolium pratense* subsp. *nivale*, *Rumex acetosa*, *Leontodon hispidus*, *Tragopogon pratensis*, *Asphodelus albus* subsp. *delphinensis*, *Dactylis glomerata* et parfois *Bistorta officinalis* et *Sanguisorba officinalis* dans les faciès les plus humides. C'est une prairie à très forte productivité où la compétition est forte.

#### 4. Pelouse à molinie

Cette pelouse humide, assez basse et où domine la panicule rougeâtre de la molinie, est assez peu répandue dans la région du Lautaret. Ce groupement dérive de l'atterrissement (assèchement naturel progressif) des bas marais alcalins et sert de transition avec les autres pelouses eutrophes comme la pelouse à grande berce. Les espèces caractéristiques sont : *Molinia caerulea*, *Valeriana dioica*, *Sanguisorba officinalis*, *Polygonum viviparum*, *Potentilla erecta*, *Briza media*, *Allium schoenoprasum*, *Bartsia alpina*, *Primula farinosa*, *Carex ferruginea*, *Cirsium heterophyllum*, *Trollius europaeus*, *Swertia perennis* etc. ainsi que de nombreuses bryophytes.

#### 5. Bas-marais alcalin à *Carex davalliana*

C'est le groupement classique des bas marais alcalins du subalpin, reconnaissable aux touffes de *Carex davalliana*, un des rares carex dioïques. Ces marais se développent dans les replats de fond de vallée, le long des ruisseaux. Les espèces caractéristiques sont : *Carex davalliana*, *Swertia perennis*, *Pinguicula vulgaris* et les différentielles locales : *Trichophorum caespitosum*, *Potentilla erecta*, *Bartsia alpina*, *Tofieldia calyculata*, *Dactylorhiza alpestris*, *Eriophorum latifolium*, *Eleocharis quinqueflora*, *Juncus alpinoarticulatus*, *Triglochin palustre*, *Carex nigra*, *Equisetum palustre*, *Carex flava*, *Carex panicea*, *Caltha palustris*, *Juncus arcticus*. Localement au Lautaret dans les zones où les ruissellements sont riches en calcium, on trouve le rare choin ferrugineux (*Schoenus ferrugineus*).

#### 6. Groupement à *Eleocharis quinqueflora* et *Triglochin palustre*

Ce groupement est celui que l'on trouve le plus proche de l'eau, autour des flaques stagnantes ou à courant très lent. Le troscard (*Triglochin palustre*), en particulier, a souvent les pieds complètement dans l'eau. Les espèces caractéristiques sont : *Eleocharis quinqueflora*, *Triglochin palustre*, *Eriophorum latifolium*, *Juncus alpinoarticulatus*, *Carex davalliana*, *Bartsia alpina*, *Carex nigra*, *Equisetum palustre*, *Carex flava*, *Carex panicea*, et parfois le très rare *Hierochloa odorata* (en particulier au marais du Bourget/Cervièrès, Fig. 23).

#### 7. Bas-marais acide à *Carex nigra*

Au Lautaret, le groupement est présent de façon fragmentaire en particulier aux sources de la Guisane, c'est un marais tourbeux, avec parfois des bombements de sphaignes, se développant sur un substrat acide. Les espèces caractéristiques sont : *Carex nigra*, *Carex echinata*, *Carex ovalis*, *Eriophorum scheuchzerii*, *Eriophorum vaginatum*, *Trichophorum alpinum*, *Trichophorum cespitosum*, *Pinguicula vulgaris*, et diverses espèces communes avec le bas marais alcalin comme *Carex panicea*, *Tofieldia calyculata*, *Dactylorhiza alpestris*, etc.

#### 8. Pelouse à nard raide

Pelouse assez rase, à la composition floristique globalement pauvre, reconnaissable aux petites touffes très nombreuses et denses du nard. C'est une pelouse subalpine mésophile acidophile à acidophile, favorisée par le pâturage. Les espèces caractéristiques sont : *Nardus stricta*, *Carex sempervirens*, *Veronica allionii*, *Gentiana acaulis*, *Cerastium arvense* subsp. *strictum*, *Meum athamanticum*, *Potentilla grandiflora*, *Antennaria dioica*, *Sempervivum arachnoideum*, *Luzula nutans*, *Centaurea uniflora*, *Arnica montana*, *Dianthus pavonius*, *Gentianella campestris*, *Euphrasia minima*, *Nigritella* sp. plur., *Viola calcarata*.

#### 9. Landes à rododendron

La lande à rhododendron est une formation arbustive d'ubac au subalpin. Elle se reconnaît à ses nombreux arbustes de la famille des Ericacées, en particulier le rhododendron ferrugineux. Ces landes se développent plutôt sur des substrats acides et filtrants. Les espèces caractéristiques sont : *Rhododendron ferrugineum*, *Luzula sieberi* avec localement *Arnica montana*, *Empetrum nigrum*, *Astrantia minor*, *Vaccinium uliginosum*, *Vaccinium myrtillus*, *Juniperus sibirica*, *Homogyne alpina*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Larix decidua*, *Arctostaphylos uva-ursi*, et, plus localement au Lautaret, le très rare *Daphne striata*. A noter que ces landes extra-sylvatiques sont plus développées dans les Alpes externes ou dans les Pyrénées.

#### 10. Landes à genévrier nain

Lande développée en adret surtout, dominée par *Juniperus sibirica* (*Juniperus communis* subsp. *nana*), elle se développe en général sur les adrets au montagnard supérieur et au subalpin, sur substrat acide ou basique, à tendance xérophile sur sol drainant. Au Lautaret on trouve ces landes aussi en ubac, sur les parties les plus en relief, plus filtrantes. Les espèces caractéristiques sont : *Juniperus sibirica*, *Vaccinium uliginosum*, *Vaccinium myrtillus*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Deschampsia flexuosa*, *Minuartia laricifolia*, *Hypericum richeri*.

#### 11. Brousses à aulne vert et saules, mégaphorbaie

Sur l'ubac longuement enneigé et bien alimenté en eau du Lautaret, on distingue une brousse dominée par un arbuste, l'aulne vert. Cet arbuste est très bien

adapté à la vie en haute montagne : il ne possède pas de tronc et ses branches très flexibles poussent dans le sens de la pente, ce qui lui permet de très bien résister au recouvrement par la neige. De plus, comme tous les aulnes, en plus des mycorhizes, il est symbiotique d'une cyanobactérie du genre *Frankia* qui fixe l'azote atmosphérique. Entre les fourrés d'aulnes se développe une formation à grandes plantes herbacées vivaces, la mégaphorbiaie, qui profite de l'optimum d'alimentation en eau et de l'enrichissement en nutriments du sol (azote) par l'aulne vert. Les arbustes caractéristiques sont : *Alnus alnobetula*, *Salix hastata*, *Salix glaucosericea*, *Rosa pendulina*, *Sorbus aucuparia*, *Sorbus chamaemespilus*, *Lonicera caerulea*. La mégaphorbiaie est caractérisée par de grandes herbes comme : *Cicerbita alpina*, *Achillea macrophylla*, *Cacalia alliariae*, *Viola biflora*, *Saxifraga rotundifolia*, *Imperatoria osthrotium*, *Veratrum lobelianum*, *Rumex arifolius*, *Aconitum lycoctonum* subsp. *vulparia*, *Thalictrum aquilegifolium*, *Chaerophyllum villarsii* et ici localement : *Bupleurum longifolium* et *Aquilegia alpina*.

L'aulne vert, appelé « verne » dans la région, est peu apprécié des bergers. En effet il forme une brousse impénétrable dans laquelle les bêtes ne peuvent pas circuler, de plus il laisse glisser la neige sur lui et peut être un facteur d'avalanche. Il finit par former des bois très denses (Bois de la Madeleine), aux dépens de la mégaphorbiaie.

## 12. Groupement des reposoirs

Près des habitations, des bergeries, etc., on trouve un groupement classique de hautes plantes vivaces, affectionnant tout particulièrement les sols fortement enrichis en azote (espèces nitrophiles). Les espèces caractéristiques sont : *Rumex pseudoalpinus*, *Chenopodium bonus-henricus*, *Urtica dioica*, *Myrrhis odorata* etc.

## C. Les groupements de l'étage alpin du Galibier

En montagne, la végétation de pelouses alpines se développe au dessus de la limite potentielle de la végétation forestière, dans un environnement marqué par des conditions climatiques extrêmes qui agissent comme autant de facteurs limitants pour le développement des plantes. Parmi elles, les basses températures représentent, à l'échelle terrestre, la seule caractéristique commune à l'ensemble des étages alpins (Körner 1998). Les conséquences de l'hétérogénéité topographique s'accroissent avec l'altitude et conduisent à un morcellement du tapis végétal à l'étage alpin. Il y a donc là une opportunité de pouvoir observer de grandes variations écologiques sur de petites surfaces.

Pour rendre compte de la diversité phytocoenotique de l'étage alpin, des corrélations entre végétation et gradients environnementaux ont été proposées. Selon l'échelle de travail, différents types de gradients abiotiques ont été privilégiés :

- les macrogradients (tels les gradients climatiques), mis en avant pour la comparaison entre massifs d'une même chaîne voire entre chaînes éloignées. C'est l'angle privilégié par les biogéographes (Ozenda 1985) ;

- les mésogradient (enneigement, acidité du substrat...) ont été particulièrement étudiés dans les études à l'échelle d'un versant ou d'un massif. Sur la base de ces monographies régionales, des conceptions typologiques diverses sont nées selon la nature du ou des facteurs environnementaux privilégiés. Ainsi, la classification des communautés herbacées supraforestières de la chaîne alpine a été historiquement marquée par une approche phytosociologique, développée par Braun-Blanquet et ses collaborateurs dans les Alpes centrales et orientales (Braun-Blanquet & Jenny 1926). Le cadre synphytosociologique met l'accent sur l'opposition entre un alpin sur roche mère carbonatée et un alpin sur roche mère non carbonatée (Braun-Blanquet 1954). D'autres études, phytoécologiques, insistent davantage sur le facteur enneigement et proposent de distinguer un alpin de mode nival et alpin de mode thermique (Aubert et al. 1965). L'ensemble de ces travaux peut être résumé en distinguant entre modes thermique et nival, à plusieurs niveaux altitudinaux et pour chaque type de roche-mère. Par ailleurs, la multiplication des études à méso-échelle a visé à mieux définir et quantifier les gradients directs (température, pH) et les gradients de ressource (eau, azote) liés à la durée de la couverture neigeuse (Dalmas 1972, Gensac 1979, Isard 1986) ou au type de roche-mère (Bounemoura et al. 1998, Choler & Michalet 2002) ;

- les microgradients, liés soit à l'hétérogénéité microtopographique souvent héritée des processus géomorphologiques de type péri-glaciaire (Carbiener 1966, Sohlberg and Bliss 1984) ou soit à l'effet structurant de certaines canopées (touffe de graminoides dans l'alpin thermique par exemple) (Choler et al. 2001). A cette échelle de travail, les synusies apparaissent comme d'utiles descripteurs de la végétation.

La figure 15 montre une ordination de relevés phytoécologiques effectués dans les pelouses supraforestières des Alpes du Dauphiné.

- L'axe 1 oppose les communautés herbacées de haut de versant et de crête aux communautés de combe à neige. Cet axe se décompose en deux parties avec une moitié droite correspondant à un pôle nival ou d'enneigement et une partie gauche correspondant à un pôle thermique. A noter que les groupements à Saules herbacés qui sont classiquement décrits comme appartenant à l'étage nival supérieur et que nous plaçons dans le domaine mésophile, se situent préférentiellement sur des microconvexités de fond de la combe (buttes gazonnées). Ici, enneigement et hydromorphie sont dissociés car la microtopographie facilite le drainage rapide des eaux de fonte. Cette répartition

particulière de *Salix herbacea*, que l'on retrouve dans d'autres régions serait au moins en partie expliquée par l'exigence d'une aération suffisante du sol pour la germination des graines. La durée d'enneigement n'est donc qu'un des éléments qui va déterminer les termes du bilan hydrique en un point.

- L'axe 2 permet surtout de séparer les points relevés selon une logique thermique. En haut de l'axe, se situent les groupements d'adret bénéficiant d'une situation thermique favorable et au sein desquels s'observent des espèces d'affinité subalpine en limite altitudinale. En bas de l'axe, se situent les groupements d'ubac plus caractéristiques des conditions de l'alpin.

- L'axe 3 est principalement relié à l'acidité du substrat (opposition entre calcaires durs et roches siliceuses). L'ensemble des groupements sur flysch se situe généralement en position intermédiaire le long de cet axe.

### 1. Eboulis schisteux à liodont des montagnes

C'est un éboulis très riche en espèces, caractéristique des crêtes du Galibier en particulier. Il est constitué d'éléments fins et possède donc une certaine capacité de rétention en eau et un pH modérément acide. Ces paramètres expliquent à la fois la richesse de ces éboulis qui vont rassembler des espèces des éboulis acides et basophiles, mais aussi l'absence des espèces typiques des éboulis calcaires beaucoup plus secs et grossiers (comme au col de l'Izoard), et des éboulis acides plus grossiers. Les espèces caractéristiques sont : *Cerastium latifolium*, *Brassica rependa*, *Leontodon montanus*, *Anemone baldensis*, *Oxytropis foetida*, *Saxifraga biflora*, *Saussurea depressa*, *Campanula cenisia* (localement dans les fissures), *Crepis pygmaea* (caractéristique locale), *Linaria alpina*, *Saxifraga oppositifolia*, *Doronicum grandiflorum*, *Arabis alpina*, *Trisetum distichophyllum*, *Campanula alpestris*, *Ranunculus glacialis*, *Geum reptans*, *Achillea nana*, *Festuca quadriflora* (= *F. pumila*), *Helictotrichon sedenense*, *Galium anisophyllum* (ou *G. pseudohelveticum* ?), *Oxytropis campestris*, *Leucanthemopsis alpina*, *Oxytropis lapponica*, *Valeriana saliuunca* etc.

### 2. Eboulis siliceux : association à *Oxyria digyna* et adénostyle à feuilles blanches

On ne trouve ce groupement que très appauvri dans la région et en de rares endroits. C'est un éboulis à gros blocs de bas de pente avec un substratum plus fin entre les blocs. Les espèces caractéristiques sont : *Cacalia leucophylla*, *Luzula alpinopilosa*, *Oxyria digyna*, *Cryptogramma crista*, *Polystichum lonchitis*, *Cardamine resedifolia*, *Epilobium anagallidifolium*, *Festuca violacea*, *Leucanthemopsis alpina*, etc.

### 3. Pelouse à kobrésie

C'est une communauté alpine des sommets de versant et des croupes ventées (Fig. 20). On

distingue différents faciès en fonction du relief et de l'exposition. Le faciès typique plutôt d'ubac se développe sur un sol profond, très humifère mais peu fertile. Les espèces caractéristiques sont : *Kobresia myosuroides*, *Oxytropis lapponica*, *Gentianella tenella*, *Gentiana nivalis*, *Erigeron uniflorus*, *Carex curvula* subsp. *rosae*, *Festuca quadriflora*, *Silene acaulis*, *Sedum atratum*, *Oxytropis campestris*, *Pedicularis verticillata*, *Polygonum viviparum*, *Llyodia serotina*, *Minuartia verna*, *Pachypleurum mutellinoides*, *Gentiana verna* subsp. *brachyphylla*, *Veronica aphylla* etc. En adret on note l'intrusion d'espèces plus xérophiles comme *Sesleria caerulea*. Sur les croupes les plus ventées et très froides, très rarement enneigées et sur sol plus superficiel, on trouve surtout le *Carex rupestris* et des espèces comme : *Carex curvula* subsp. *rosae*, *Antennaria carpatica*, *Agrostis alpina*, *Minuartia sedoides*, *Festuca quadriflora*.

### 4. Association à saules nains

C'est une formation basse des pentes rocailleuses longuement enneigées, dont les espèces caractéristiques sont : *Salix retusa*, *Salix reticulata*, *Saxifraga androsacea*, *Dryas octopetala*, *Carex parviflora*, *Soldanella alpina*, *Sagina saginoides*, *Veronica alpina*, *Omalotheca hoppeana*, *Poa alpina*, *Polygonum viviparum*, *Silene acaulis*, *Pritzelago alpina* etc. Localement au Galibier on peut rencontrer d'autres saules nains plus rares comme *Salix serpyllifolia* et *Salix breviserrata* qui est une espèce protégée.

### 5. Pelouse à vulpin des Alpes et renoncule de Küpfer

C'est un groupement alpin typique, plutôt acidocline, assez longuement enneigé, de bas de versant. C'est un peu l'équivalent alpin de la pelouse subalpine à nard, elle aussi favorisée par le pâturage. Les espèces caractéristiques sont : *Alopecurus alpinus*, *Geum montanum*, *Leontodon pyrenaicus* subsp. *helveticus*, *Viola calcarata*, *Plantago alpina*, *Trifolium alpinum*, *Ranunculus kupferi*, *Carex foetida*, *Poa alpina*, etc.

### 6. Association à saule herbacé

Formation typique des combes à neige (Fig. 20), situées au fond des petites cuvettes longuement enneigées (hydromorphie des sols). On y trouve peu d'espèces mais elles très spécialisées et constantes, les caractéristiques étant : *Salix herbacea*, *Alchemilla pentaphyllea*, *Arenaria biflora*, *Omalotheca supina*, *Sibbaldia procumbens*, *Cardamine bellidifolia* subsp. *alpina*, *Taraxacum alpinum*, etc. Une observation microtopographique des combes à neige montre que l'espèce qui colonise le plus le fond des combes, est *Alchemilla pentaphyllea*, le saule herbacé se trouvant plutôt sur les microconvexités (Fig. 20).

## D. Autres communautés

### 1. Les formations steppiques

Ces formations sont caractéristiques des zones à aridité estivale forte et à hivers rigoureux ; le substrat est en général fin et très filtrant. Elles prennent l'aspect soit de landes à genévrier sabine (*Juniperus sabina*), soit de pelouses à Poacées et Fabacées. Les espèces caractéristiques de ces milieux sont : *Juniperus sabina*, *Stipa capillata*, *Stipa eriocalis* (= *S. pennata* p.p.), *Astragalus vesicarius*, *Astragalus austriacus* et localement dans le Queyras *Astragalus alopecurus* (espèce de très grande taille emblématique et protégée), *Oxytropis pilosa*, *Festuca valesiaca*, *Poa perconcinna*, *Silene otites*, *Chondrilla juncea*, *Botriochloa ischaemum*, etc. Ces formations sont très développées au collinéen (oroméditerranéen) et au montagnard, surtout dans les bas de pentes, dans toute la haute-vallée de la Durance et même jusqu'à Briançon. On en rencontre aussi beaucoup dans la Haute-Ubaye. A noter qu'une petite colonie de *Stipa austroitalica*<sup>5</sup> (= *S. pennata* p.p.) atteint même le col du Lautaret à plus de 2000 m, sur une petite croupe très sèche.

### 2. Éboulis calcaires à gros blocs à tabouret à feuille rondes

Ces éboulis subalpins et alpins sont très répandus dans le Briançonnais. Ils sont caractérisés par un substrat grossier sans éléments fins ou presque. Ceci entraîne une forte xéricité de ces éboulis. On y trouve des espèces très caractéristiques comme : le tabouret à feuille rondes *Noccaea rotundifolia*, *Viola cenisia*, *Cacalia alpina*, *Cerastium latifolium*, *Silene vulgaris* subsp. *prostrata*, *Campanula alpestris*, *Brassica repanda*, *Astragalus australis*, etc.

C'est dans ce type de groupement que l'on peut rencontrer la bérardie (*Berardia subacaulis*), espèce orophile relique de la flore tertiaire.

### 3. Éboulis subalpins et montagnards à *Achnatherum calamagrostis*

Ces éboulis sur gros blocs siliceux ou marno-calcaires plus fins sont fréquents sur les adrets où la xéricité et les perturbations sont fortes. La végétation y est très ouverte. On y rencontre entre autre : *Achnatherum calamagrostis*, *Centranthus angustifolius*, *Laserpitium siler*, *Laserpitium gallicum*, *Scutellaria alpina*, *Vincetoxicum hirrundinaria*, *Tolpis staticifolia*, *Nepeta nepetella*, etc.

### 4. Les formations riveraines sur alluvions assez grossières

Elles sont cantonnées le long des cours d'eau et sur les alluvions. Le régime souvent torrentueux des cours d'eau dans le Briançonnais ne favorise pas l'installation de forêts riveraines. Malgré tout, par endroits, on peut observer de telles communautés qui sont dominées par le tremble (*Populus tremula*), le bouleau (*Betula alba*) et le frêne (*Fraxinus excelsior*). Dans les zones d'alluvions instables, on trouve les formations à base de saules et de myricaires. On y rencontre surtout des espèces très tolérantes à la perturbation mais peu compétitrices : *Salix elaeagnos* subsp. *angustifolia*, *Salix purpurea*, *Salix daphnoides*, *Myricaria germanica*, *Hippophae rhamnoides* subsp. *fluviatilis*, *Epilobium fleischeri*, etc. Ces milieux sont menacés à cause de l'aménagement des cours d'eau et de l'exploitation industrielle des granulats (gravière de Villar d'Arène).

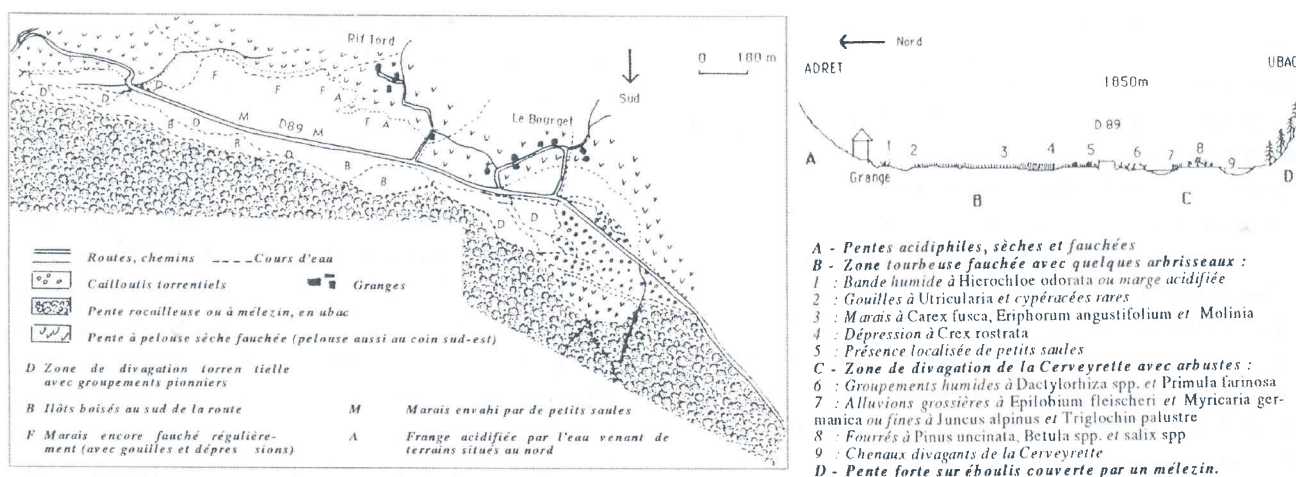


Figure 23 : Marais du Bourget (Cervières) : carte et coupe schématique. In Bournerias et Manneville 1988

<sup>5</sup> Cette espèce a été identifiée par le l'Institut de Botanique de Barcelone à partir des plantes cultivées au Jardin Botanique Alpin et récoltées au col du Lautaret. Néanmoins, *S. austroitalica* est habituellement décrite à des altitudes bien plus basses et la caractérisation des populations du Lautaret reste donc à confirmer.

## V. Flore alpine et changements globaux

Les principaux changements globaux qui affectent la végétation des étages subalpin et alpin sont les changements de pratiques agropastorales et de climat (réchauffement, augmentation du CO<sub>2</sub>).

### A. Les changements de l'agriculture de montagne

C'est au niveau des adrets de l'étage subalpin qu'ont lieu les changements majeurs. Depuis la première moitié du XX<sup>ème</sup> siècle, les terrasses anciennement labourées et cultivées de céréales, pommes de terres, etc. sont remplacées par des prairies de fauche puis par des prairies pâturées pour celles qui sont trop petites ou difficiles d'accès avec les machines (Fig. 8). De même que les prairies fauchées à fétuque paniculée, ces formations sont artificielles par rapport aux forêts originelles, mais elles abritent une biodiversité importante (Fig. 26) menacée par l'abandon de la fauche, l'extension des Poacées domin (fétuque paniculée par exemple) et l'embroussaillage (Quétier 2006, Quétier & al. 2007).

### B. Les changements climatiques

La température étant le principal facteur qui détermine l'étagement de la végétation, on comprend que son augmentation (+ 2 à + 6°C en moyenne d'ici la fin du siècle selon les scénarios proposés) va entraîner une remontée des limites des étages, en particulier de la limite supérieure des forêts. L'espace disponible pour la flore de l'étage alpin va se trouver restreint et on peut attendre une régression importante de nombreuses espèces. Des études menées en Autriche à 3000 m mettent en évidence des modifications importantes sur des placettes suivies entre 1994 et 2004, avec, selon les espèces, des régressions importantes (exemple de l'Androsace alpine) ou des progressions (Pauli & al. 2006 ; Fig. 24). La caractérisation précise des niches écologiques des espèces (en particulier températures minimales, précipitations) permet de modéliser leur évolution en fonction des différents scénarios de réchauffement à l'échelle de l'Europe ou des Alpes (Thuiller & al. 2005 ; Thuiller 2007). La Fig. 25 montre la simulation des habitats potentiellement favorables pour la pulsatille alpine. Cette espèce assez commune pourrait subir une régression drastique dans les Alpes.

La diminution des précipitations neigeuses (prévue de 50% avec une augmentation de 2°C dans les Alpes) aura des effets importants sur la végétation (Fig. 11). De façon apparemment contradictoire, la diminution des précipitations va

entraîner un stress froid plus important pour les plantes alpines qui ne seront plus protégées par la neige.

Enfin, l'augmentation de température moyenne pourrait stimuler le métabolisme microbien dans les sols, entraînant une augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique, de l'effet de serre, des températures, etc. Des études du Laboratoire d'Ecologie Alpine en cours à la Station Alpine Joseph Fourier (Jardin botanique Alpin et Chalet-laboratoire du Lautaret) visent à caractériser les microbes du sol et à modéliser le bilan carboné des plantes alpines et de leurs sols en fonction de la température.

**Du fait de leur situation géographique, les écosystèmes des régions de montagne sont particulièrement sensibles aux impacts des changements globaux : les changements climatiques et les changements dans les pratiques agropastorales et sylvicoles.**

**Le maintien de la biodiversité extrêmement originale de ces systèmes ainsi que le maintien des services rendus par ces écosystèmes aux populations humaines (productions agricoles variées, prélèvements de produits animaux et végétaux sauvages, alimentation en eau des vallées, production hydroélectrique, protection des versants contre l'érosion et les avalanches, paysages, tourisme, etc.) constituent des enjeux majeurs. Ils justifient l'effort de recherche qui doit être consacré à ces systèmes de montagne.**

**La possibilité d'allier en un même lieu (Chalet Laboratoire & Jardin Botanique Alpin) recherche et expertise sur les écosystèmes alpins et vulgarisation auprès du grand public (Jardin, expositions, visites guidées) représente une chance unique en Europe. C'est dans ce contexte que s'inscrivent les activités menées par l'équipe de la Station Alpine Joseph Fourier. Elles visent à assoir la connaissance des systèmes de montagne au bénéfice de leur gestion durable face aux changements de demain.**



## VI. Bibliographie (\* ouvrages ou articles plus spécialisés)

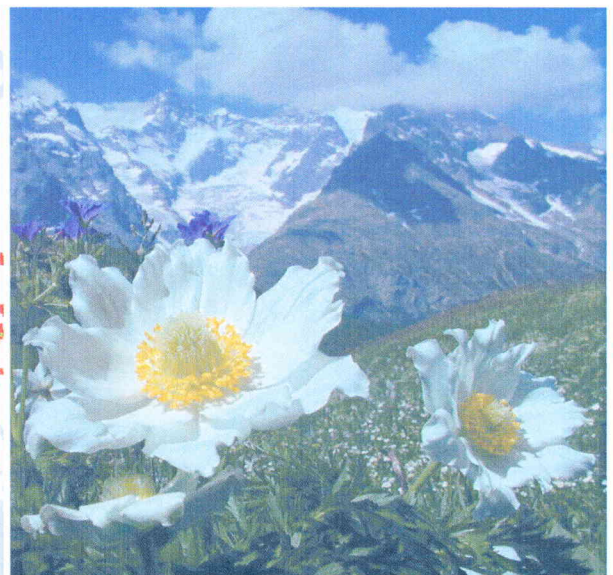
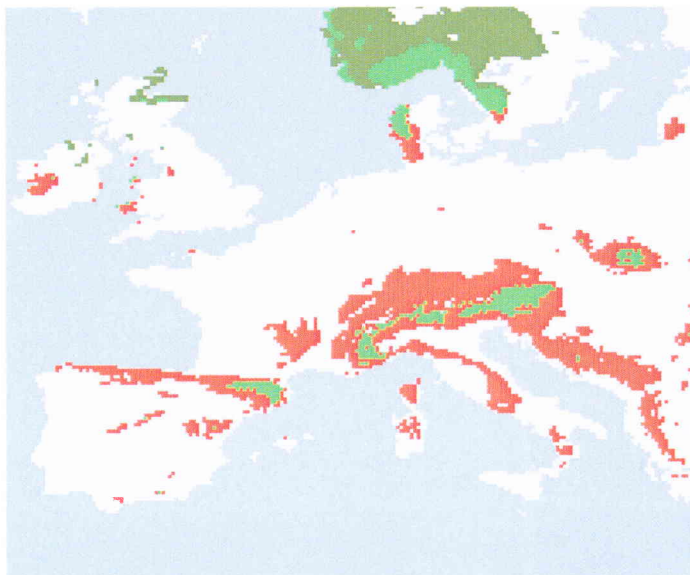
- AESCHIMAN D & BURDET HM (1994) Flore de la Suisse. Le nouveau Binz 2<sup>ème</sup> édition. Ed. Griffon, Neuchâtel
- AESCHIMANN D, LAUBER K, MARTIN MOSER D, THEURILLAT J-P (2004) Flora alpina. Ed. Belin
- \*AUBERT G, BOREL L, LAVAGNE A & MOUTTE P (1965) Feuille d'Embrun-Est. Elaboration d'une carte à moyenne échelle (1/50 000) à partir de relevés exécutés à grande échelle (1/20 000). Documents pour la Cartographie Végétale des Alpes III:61-86
- AUBERT S, BLIGNY R, CHOLER PH, DOUZET R (2003) Les plantes alpines : une vie en milieu extrême. *La Montagne & Alpinisme du Club Alpin Français* 2 : 44-50
- AUBERT S, BIGNON A, BLIGNY R, CHOLER PH, DOUZET R, FERNANDEZ P (2005) Livret-guide du Jardin Botanique Alpin du Lautaret. Ed. Station Alpine du Lautaret, 100 p.
- AUBERT S, CHOLER PH, DOUZET R, TILL-BOTTRAUD I (2006) Les stratégies de reproduction des plantes alpines en haute altitude. *Hommes & Plantes* 57: 34-39
- BARTOLI CH (1966) Etude écologique sur les associations végétales forestières de la Haute-Maurienne. *Annales des Sciences Forestières* 23 : 432-751
- BOURNERIAS M & MANNEVILLE O (1988) Une vallée alpestre intacte - le marais du Bourget. *Le courrier de la Nature* 115 : 22-29
- BOUNEMOURA Z, LAMBERT K, CADEL G, CHOLER PH, MANNEVILLE O, MICHALET R (1998) Influence des facteurs édapho-climatiques sur la distribution des pelouses alpines dans le massif du Galibier (Alpes Françaises). *Ecologie* 29:53-58
- BRAUN-BLANQUET J (1954) La végétation alpine et nivale des Alpes françaises. Etude botanique de l'étage alpin. *Communication S.I.G.M.A.* 125:1-72
- \*BRAUN-BLANQUET J & JENNY G (1926) Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen (Klimaxgebiet des Caricion curvulae). *Denkschr. Schweiz. Naturf. Gesell.* 63:183-349
- CADEL G (1980) Séries de végétation et sols du subalpin Briançonnais sur roches-mères silico-alumineuses Comparaison avec la Maurienne et la Tarentaise. *Science du Sol* 4 : 249-264
- CADEL G, & GILOT J-CL (1964) Eléments de biologie végétale Alpine 1. Principes. Université de Grenoble
- CADEL G & GILOT J-CL (1963) Feuille de Briançon. Documents pour la carte de la végétation des Alpes - Faculté des Sciences de Grenoble I : 91-140
- \*CALLAWAY RM, BROOKER RW, CHOLER PH, KIKVIDZE Z, LORTIE CJ, MICHALET R, PAOLINI L, PUGNAIRE FI, NEWINGHAM B, COOK BJ & ASCHEHOUG ET (2002) Positive interactions among alpine plants increase with stress. *Nature* 417:812-820.
- \*CARBIENER R (1966) Relations entre cryoturbation, solifluxion et groupements végétaux dans les Hautes-Vosges (France). *Oecologia Plantarum* I : 335-368
- CHAIX G, LAVAGNE A, MOLINIER R & PONS A (1955) Carte des groupements végétaux du Lautaret et du versant sud du galibier. Ed. CNRS Service de la carte des groupements végétaux, Toulouse
- CHAS E (1994) Atlas de la Flore des Hautes-Alpes. Eds. CBNA Gap-Charance, CEN Provence et Alpes du Sud, PNE
- CHAS E, LE DRIANT F, DENTANT C, GARRAUD L, VAN-ES J, GILLOT PH, REMY C, GATTUS J-C, SALOMEZ P, QUELIN L (2006) Atlas des plantes rares ou protégées des Hautes-Alpes. Ed. SPAN, Naturalia publications, Turriers, 312 p.
- \*CHOLER PH, MICHALET R & CALLAWAY RM (2001) Facilitation and competition on gradients in alpine plant communities. *Ecology* 82: 3295-3308
- \*CHOLER Ph & MICHALET R (2002) Niche differentiation and distribution of *Carex curvula* along a bioclimatic gradient in the southwestern Alps. *Journal of Vegetation Science* 13 : 851-858
- DALMAS J-P (1972) Etude phytosociologique et écologique de l'étage alpin des Alpes sud-occidentales françaises et plus particulièrement de la région de Vars (Hautes-Alpes). Thèse de l'Université Aix- Marseille III
- DANTON PH. & BAFFRAY M (1998) Inventaire des plantes protégées en France. Ed. Nathan, 293 p.
- DEBELMAS J (1983) Guide géologique régional : Alpes (Savoie et Dauphiné). Ed. Masson Paris
- DUCHAUFOUR M & GILLOT J-CL (1966) Etude d'une chaîne de sols de l'étage alpin (col du Galibier) et ses relations avec la végétation *Oecologia Plantarum* 1 : 253-274
- FAVARGER R (1985) Flore et végétation des Alpes (2 vol.). Ed. Delachaux & Niestlé
- FOURNIER P (1946) Les Quatre flores de la France. Ed. Lechevalier Paris
- \*GAMS H (1932) Die Klimatische Begrenzung von Pflanzenarealen und die Verteilung der hygrischen Kontinentalität in den Alpen. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erkunde* 56-68:178-198
- GENSAC P (1979) Les pelouses supraforestières du massif de la Vanoise. *Travaux Scientifiques du Parc de la Vanoise* 10 :111-243

- GIDON M (1977) - Carte géologique simplifiée des Alpes occidentales, du Léman à Digne, au 1/250.000°. Ed. Didier & Richard et BRGM
- GOBERT J, OZENDA P, TONNEL A, CADEL, G, GERSAC P, GILOT J-C (1966) Carte de végétation de la France – Gap 1/250 000 Ed. CNRS
- GREY-WILSON C & BLAMEY M (1992) Les fleurs de montagne d'Europe. Ed. Delachaux & Niestlé
- \*ISARD SA (1986) Factors influencing soil moisture and plant community distribution on Niwot Ridge, Front Range, Colorado, U.S.A. *Arctic and Alpine Research* 18: 295-304
- \*KÖRNER C (1998) A re-assessment of high elevation treeline positions and their explanation. *Oecologia* 115: 445-459
- KÖRNER C (1999) Alpine plant life; Functional plant ecology of high mountain ecosystems. Ed. Springer-Verlag
- MICHALET R, CADEL G, JOUD D, PACHE G, PAUTOU G & RICHARD L (1998) Synthèse phytocéologique des forêts de l'arc alpin. *Ecologie* 29 : 99-104
- \*MICHALET R, GANDOY C, CADEL G, GIRARD G, GROSSI JL, JOUD D & PACHE G (2001) Modes de fonctionnement d'humus des forêts sempervirentes des Alpes internes françaises. *Comptes Rendus Académie des Sciences, Sciences de la Vie, Paris* 324: 59-70
- \*MICHALET R, GANDOY C, JOUD D, PAGES J-P & CHOLER PH (2002a). Plant community composition and biomass on calcareous and siliceous substrates in the northern French Alps: comparative effects of soil chemistry and water status. *Arctic Antarctic and Alpine Research* 34 : 102-113
- \*MICHALET R, ROLLAND C, JOUD D, GAFTA D & CALLAWAY RM (2002b) Associations between canopy and understory species increase along a rainshadow gradient in the Alps: habitat heterogeneity or facilitation? *Plant Ecology* 165:145-160
- OLIVIER L, GALLAND J-P, MAURIN H (1995) Livre rouge de la flore menacée de France. Tome 1 : espèces prioritaires. Ed. MNHN, CBN Porquerolles, Ministère de l'Environnement. 486 p.
- OZENDA P (1985) La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen. Ed. Masson, Paris
- OZENDA P (1966) Végétation des Alpes sud-occidentales. Notice de la carte de la végétation de la France au 200 000° Ed. CNRS Toulouse
- \*PACHE G, AIME S & MICHALET R (1996a) A simple model for the study of the altitudinal rainfall gradient applied in the Tyrolian orographic complex. *Revue d'Ecologie Alpine* 3: 13-20
- \*PACHE G, MICHALET R & AIME S (1996b) A seasonal application of the Gams (1932) modified Michalet (1991) method : the example of the distribution of some important forest species in the Alps. Vol. Jubilaire J.L. Richard, Diss. Bot. 258, J. Cramer, Stuttgart: 31-54
- \*PAULI H, GOTTFRIED M, REITER K, KLETTNER C, GRABHERR G (2006) Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994–2004) at the GLORIA master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global Change Biology* 12, 1–10
- PERRIER C (1997) Annuaire des espèces végétales protégées de France. Ed. C. Perrier, 191 p. St-Egrève (+ supplément 1 - 1998, 14 p.)
- QUETIER F (2006) Vulnérabilité des écosystèmes semi-naturels européens aux changements d'utilisation des terres. Application aux prairies subalpines de Villar d'Arène, France. Thèse de l'ENSAM (Montpellier)
- \* QUÉTIER F, THÉBAULT A & LAVOREL S (2007) Linking vegetation and ecosystem response to complex past and present land use changes using plant traits and a multiple stable state framework. *Ecological Monographs* 77, 33–52.
- \*ROLLAND C, DESPLANQUE C, MICHALET R & SCHWEINGRÜBER F H (2000) Extreme tree-rings in fir (*Abies alba* Mill) and spruce (*Picea abies* Karst.) stands in relation to climate, site and space. *Arctic Antarctic and Alpine Research* 32: 1-13
- ROYER G (1968) Etude phytosociologique de l'étage alpin sur le versant nord du Galibier *Bulletin de la société Scientifique de Bourgogne* XXV : 105-123
- \*SOHLBERG EH & BLISS LC (1984) Microscale pattern of vascular plant distribution in two high arctic plant communities. *Canadian Journal of Botany* 62:14-20
- \*STREB P, FEIERABEND J & BIGNY R (1997) Resistance to photoinhibition of photosystem II and catalase and antioxidative protection in high mountain plants. *Plant Cell & Environment* 20, 1030-1040
- THUILLER W (2007) Coup de chaud sur la biosphère. In Science et Avenir, Hors-série « Le réchauffement climatique ». pp. 48-52
- \*THUILLER W, LAVOREL S, ARAÚJO MB, SYKES MT, PRENTICE IC (2005) Climate change threats to plant diversity in Europe. *PNAS* 102: 8245-8250
- VILLARS D (1786-89) Histoire des plantes de Dauphiné. Imprimerie Allier, Grenoble

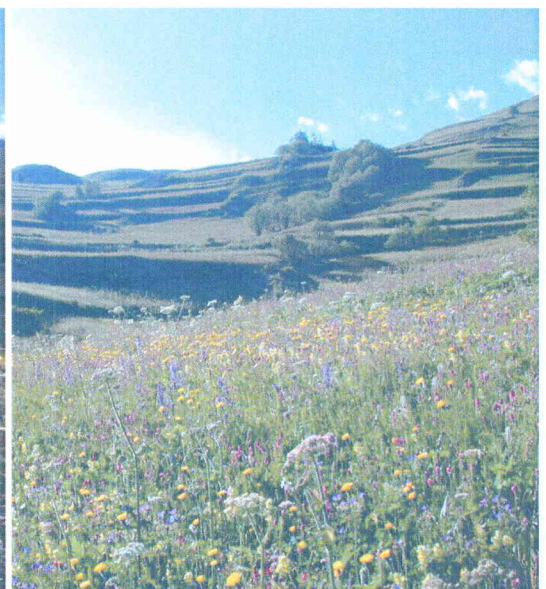
Espèces	Evolution du couvert (%)
<i>Androsace alpina</i>	- 45,5
<i>Cerastium uniflorum</i>	-28,7
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	-12,3
<i>Ranunculus glacialis</i>	-11,8
<i>Silene exscapa</i>	+ 13,3
<i>Saxifraga seguieri</i>	+ 52,4
<i>Veronica alpina</i>	+ 117,9



**Figure 24 :** Changement de couvert (en %) de quelques espèces alpines entre 1994 et 2004 sur des placettes situées à 3000 m en Autriche (Pauli & al. 2006). A droite, *Androsace alpina* (Primulacée)



**Figure 25 :** Modélisation de l'aire de répartition de *Pulsatilla alpina* (Renonculacée) en 2080 selon le scénario AI (augmentation de T° de 4,9°C). En rouge, zones perdues pour l'espèce; en vert clair, zones qui restent favorables; en vert foncé, zones actuellement non favorables mais qui le seront en 2080 (Thuillier 2007).



**Figure 26 :** A gauche, *Stipa austroitalica* (= *s. pennata* p.p.) au col du Lautaret (2000 m). Ces pelouses à affinité steppique semblent en extension depuis 1950. Plusieurs stations sont visibles aujourd'hui alors qu'un seul est répertorié sur la carte de Chaix & al. (1955; point rouge en bas à gauche sur la carte présentée en 4<sup>ème</sup> de couverture). A droite, biodiversité des prairies de fauche, ici au niveau des Cours, commune de Villar d'Arène (1600 m).

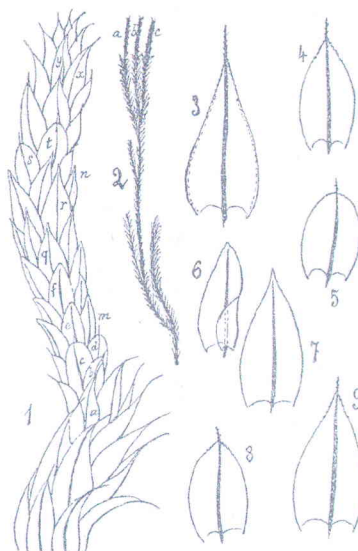
## Exemples de travaux de recherches menés au Jardin alpin du Lautaret par des étudiants financés par la bourse de Blonay (Touring Club de France).

Parmi les lauréats figurent :

- En 1922 et 1927 : Roger HEIM (1900-1979) a décrit plusieurs espèces nouvelles de champignons dans la région. Il fut ensuite directeur du Muséum national d'Histoire naturelle et membre de l'Institut ;
- En 1923 : Robert DOUIN (1892-1965) a décrit les mousses actuelles et fossiles de la région. Il fut ensuite professeur à l'Université de Lyon et directeur du Jardin Botanique de la Tête d'Or ;
- En 1951-54 : Roger MOLINIER, Armand PONS, Gilbert CHAIX et André LAVAGNE ont décrit les groupements végétaux du Lautaret/Galibier et dressé la carte au 20 000<sup>ème</sup>.



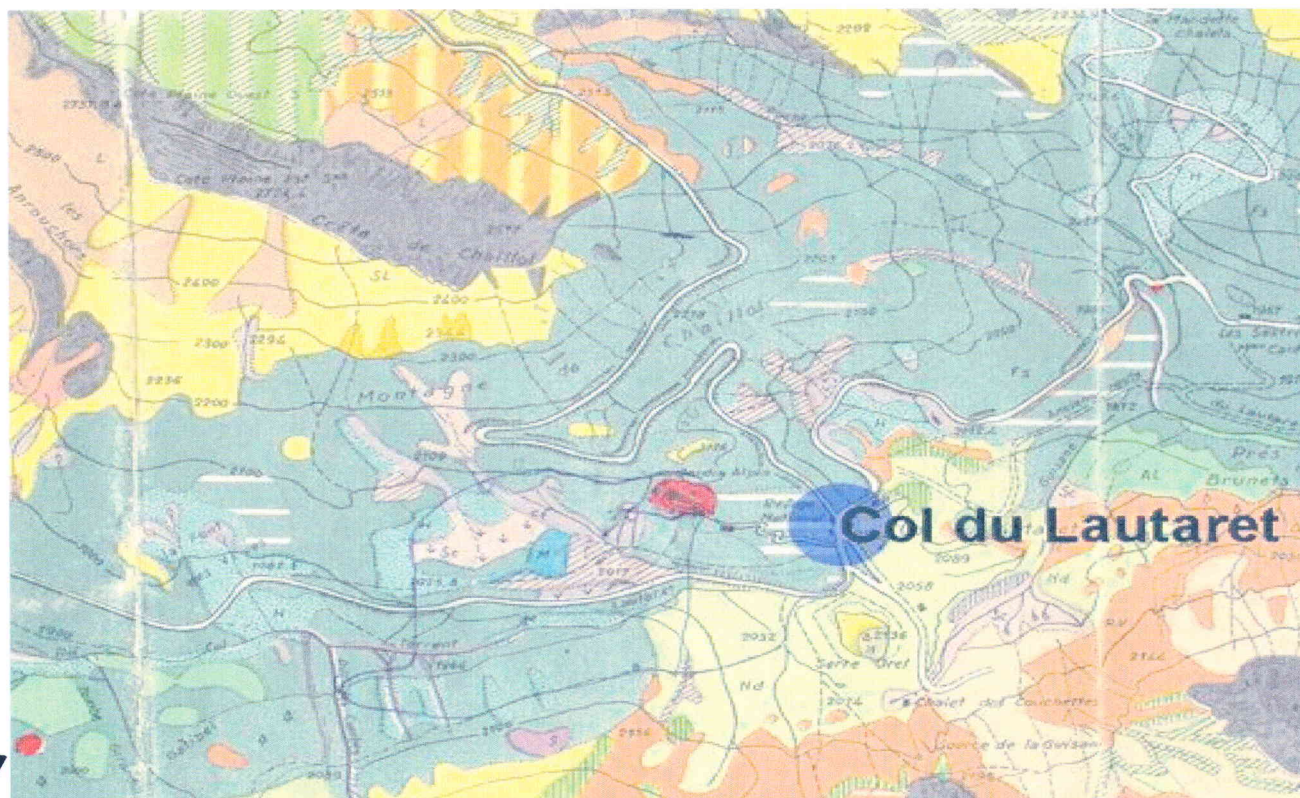
1 à 4. — *Sarcoscypha protracta* (Fries) Saccardo.  
5 à 9. — *Psilocybe alaurata* Heim et Heim sp. n. 1927, carpophore  
20, mat. 18, sur *Coriophila crassa*, 31, corce de *Taurococcus grossus*.  
10 à 14. — *Ametabula astrivialis* Heim et Heim sp. n.



*Philonotis fontana* Brid. var. *diversifolia* R. D. — Fig. 1. — Pousse terminale montrant ses feuilles imbriquées ( $\times 20$ ). — Fig. 2. — Une tige et ses ramifications: a, b, c, parties vertes à feuilles imbriquées (4/5 de la gr. nat.). — Fig. 3. — Feuille a de la fig. 1, normale mais plus petite que celles situées au-dessous ( $\times 35$ ). — Fig. 4 à 9. — Feuilles de la pousse terminale ( $\times 35$ ).

Heim R (1926) Fungi Brigantiani [I, *Agaricus compressus* Scopoli, *A. odoratus* Villars, *A. (Lentinus) jugis* Fries; II, Histoire et position systématique de *Hymenocraea atrofusca* (Beck); III, Observations sur le *Sarcoscypha protracta* (Fries) Saccardo] *Bull trimestriel Soc Myc Fr.* 41, 439-457

Douin R (1928) Contribution à l'étude du genre *Philonotis*: *Philonotis fontana* Brid var *diversifolia*. *Bull Soc Bot Fr* 75 : 550-552

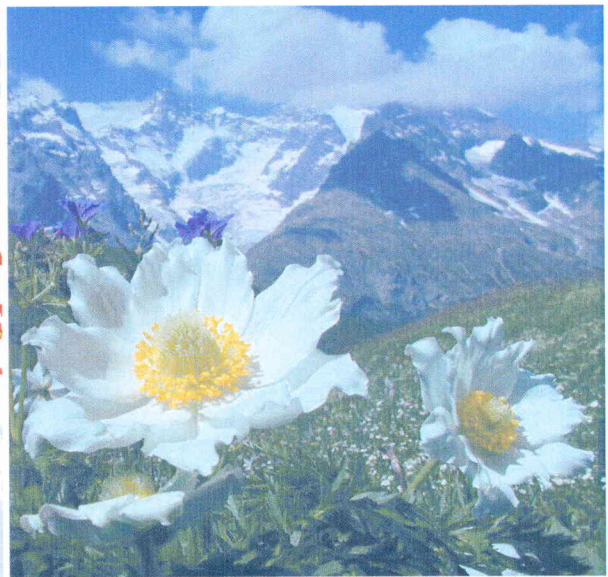
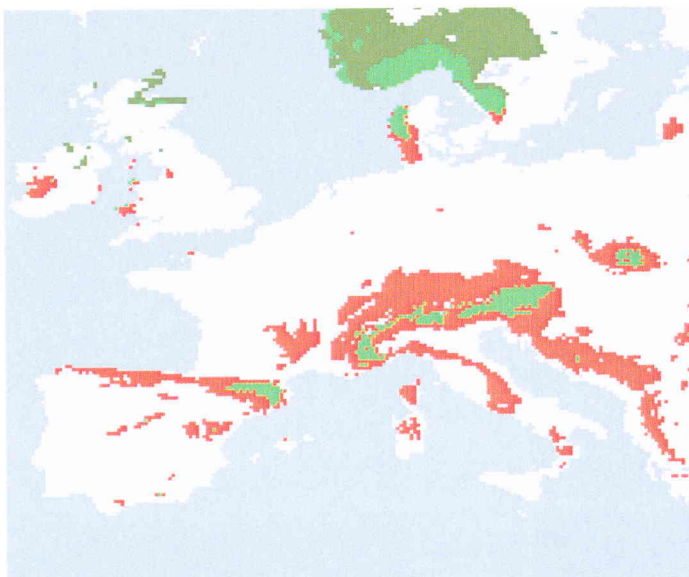


Chaix A, Lavagne, R. Molinier, A. Pons (1955) Carte des groupements végétaux du col du Lautaret et du versant sud du Grand Galibier au 20 000ème et notice de 7p. - CNRS - Toulouse

Espèces	Evolution du couvert (%)
<i>Androsace alpina</i>	- 45,5
<i>Cerastium uniflorum</i>	-28,7
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	-12,3
<i>Ranunculus glacialis</i>	-11,8
<i>Silene exscapa</i>	+ 13,3
<i>Saxifraga seguieri</i>	+ 52,4
<i>Veronica alpina</i>	+ 117,9



**Figure 24 :** Changement de couvert (en %) de quelques espèces alpines entre 1994 et 2004 sur des placettes situées à 3000 m en Autriche (Pauli & al. 2006). A droite, *Androsace alpina* (Primulacée)



**Figure 25 :** Modélisation de l'aire de répartition de *Pulsatilla alpina* (Renonculacée) en 2080 selon le scénario AI (augmentation de T° de 4,9°C). En rouge, zones perdues pour l'espèce; en vert clair, zones qui restent favorables; en vert foncé, zones actuellement non favorables mais qui le seront en 2080 (Thuillier 2007).



**Figure 26 :** A gauche, *Stipa austroitalica* (= *s. pennata* p.p.) au col du Lautaret (2000 m). Ces pelouses à affinité steppique semblent en extension depuis 1950. Plusieurs stations sont visibles aujourd'hui alors qu'un seul est répertorié sur la carte de Chaix & al. (1955; point rouge en bas à gauche sur la carte présentée en 4<sup>ème</sup> de couverture). A droite, biodiversité des prairies de fauche, ici au niveau des Cours, commune de Villar d'Arène (1600 m).

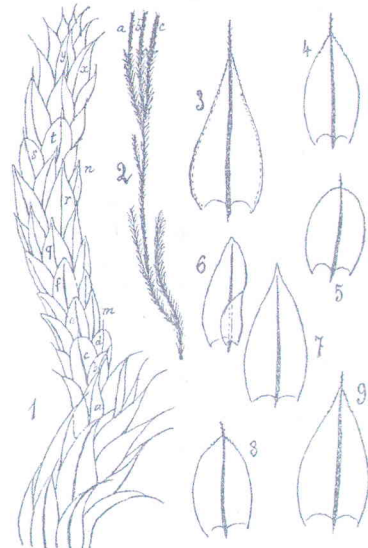
## Exemples de travaux de recherches menés au Jardin alpin du Lautaret par des étudiants financés par la bourse de Blonay (Touring Club de France).

Parmi les lauréats figurent :

- En 1922 et 1927 : Roger HEIM (1900-1979) a décrit plusieurs espèces nouvelles de champignons dans la région. Il fut ensuite directeur du Muséum national d'Histoire naturelle et membre de l'Institut ;
- En 1923 : Robert DOUIN (1892-1965) a décrit les mousses actuelles et fossiles de la région. Il fut ensuite professeur à l'Université de Lyon et directeur du Jardin Botanique de la Tête d'Or ;
- En 1951-54 : Roger MOLINIER, Armand PONS, Gilbert CHAIX et André LAVAGNE ont décrit les groupements végétaux du Lautaret/Galibier et dressé la carte au 20 000<sup>ème</sup>.



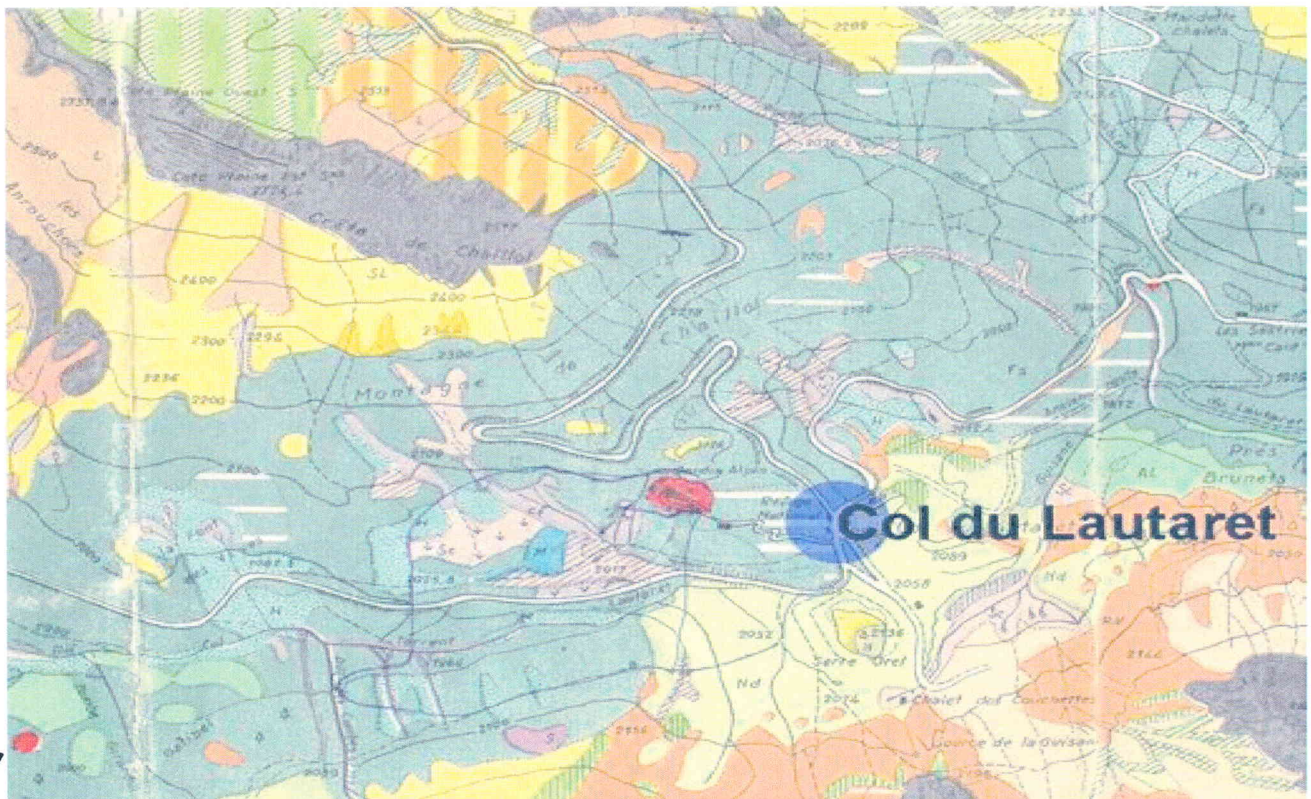
1 à 3. — *Sarcoscypha protracta* (Fries) Saccardo.  
5 à 9. — *Pallomyces alaurista* Heim et Heim sp. n. 5 à 7, carpophores gr. nat. ; 8, sur carpophore creux ; 9, portion de l'apothécium grossie 10 à 15. — *Anetabula aestivatis* Heim et Heim sp. n.



*Philonotis fontana* Brid. var. *diversifolia* R. D. — Fig. 1. — Pousse terminale montrant ses feuilles imbriquées ( $\times 20$ ). — Fig. 2. — Une tige et ses ramifications : a, b, c, parties vertes à feuilles imbriquées ( $\frac{4}{5}$  de la gr. nat.). — Fig. 3. — Feuille a de la fig. 1, normale mais plus petite que celles situées au-dessous ( $\times 35$ ). — Fig. 4 à 9. — Feuilles de la pousse terminale ( $\times 35$ ).

Heim R (1926) Fungi Brigantiani [I. *Agaricus compressus* Scopoli, *A. odoratus* Villars, *A. (Lentinus) jugis* Fries ; II. Histoire et position systématique de *Hymica atrofusca* (Beck) ; III. Observations sur le *Sarcoscypha protracta* (Fries) Saccardo] *Bull trimestriel Soc Myc Fr.* 41, 439-457

Douin R (1928) Contribution à l'étude du genre *Philonotis* : *Philonotis fontana* Brid var *diversifolia* *Bull Soc Bot Fr* 75 : 550-552



Chaix A, Lavagne, R. Molinier, A. Pons (1955) Carte des groupements végétaux du col du Lautaret et du versant sud du Grand Galibier au 20 000ème et notice de 7p. - CNRS - Toulouse