

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT
ET DE LA QUALITÉ DE LA VIE
DIRECTION DE LA PROTECTION
DE LA NATURE

ISSN 0180-961 X

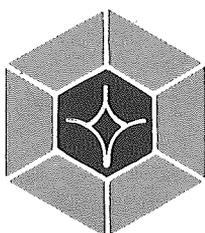
Travaux Scientifiques du Parc National de la Vanoise

Recueillis et publiés sous la direction de
C. PAIRAUDEAU
Directeur du Parc National

et P. OZENDA
Membre de l'Académie des Sciences
Professeur à l'Université de Grenoble

Tome XIV

1984



Cahiers du Parc National de la Vanoise
135, rue du Docteur-Julliand
B.P. 705, 73007 CHAMBÉRY CEDEX (France)

ISSN 0180-961 X

© Parc National de la Vanoise, Chambéry, France, 1984

SOMMAIRE

COMPOSITION DU COMITÉ SCIENTIFIQUE	5
COMPOSITION DU COMITÉ DE LECTURE.....	6
LISTE DES COLLABORATEURS	7
B. BRESSOUD et A. TROTREAU. — <i>Le Caricion bicolori-atrofuscae, alliance arctico-alpine, dans les marais du massif de la Vanoise et des régions limitrophes</i>	9-47
D. LAMOURE. — <i>Présence d'une espèce d'Armillaire (Agaricale): Armillaria cepestipes Vel. f. pseudobulbosa Romagnési et Marxmüller dans l'Alnetum viridis de la haute vallée de Champagny (Vanoise)</i>	49-53
D. LAMOURE. — <i>Agaricales de la zone alpine : genre Cortinarius Fr., sous-genre Dermocybe Fr. ss Fayod</i>	55-59
P. BAÏER, J.P. MARTINOT, A. RIVET. — <i>Typologie écologique des lacs de haute altitude du Parc National de la Vanoise en vue de leur gestion. Etude du phytoplancton</i>	61-108
Ph. LEBRETON. — <i>Etude de l'avifaune du Parc National de la Vanoise — X. Essai de comparaison avifaunistique des pessières et des mélèzeïns de Vanoise et du Grand Paradis</i>	109-122
B.A. MEILLEUR. — <i>Une recherche ethnoécologique en Vanoise</i>	123-133
J.M. CUSSET et D. PATIER-MARQUE. — <i>Méthodes et analyses quantitatives de la fréquentation des Parcs Nationaux en France. Expérimentations dans le Parc National de la Vanoise</i>	135-155
J. HARS, D. GAUTHIER. — <i>Suivi de l'évolution de la kératoconjonctivite sur le peuplement d'Ongulés sauvages du Parc National de la Vanoise (département de la Savoie) en 1983</i>	157-210

ABSTRACT

MEMBERS OF THE SCIENTIFIC COMMITTEE	5
MEMBERS OF THE READING COMMITTEE	6
LIST OF CONTRIBUTORS	7
B. BRESSOUD et A. TROTIEREAU. — <i>The Caricion bicolori-atrofuscae, an arctic-alpine alliance, in the fens of the massif de la Vanoise and of the neighbouring regions</i>	9-47
D. LAMOURE. — <i>About the presence of a species of Armillaria (Agaricale) Armillaria cepestipes Vel. f. pseudobulbosa Romagn. & Marxm. in the Alnetum viridis of the Champagny high-valley</i>	49-53
D. LAMOURE. — <i>Agaricales of the alpine zone : genus Cortinarius Fr., sub-genus Dermocybe Fr. ss Fayod</i>	55-59
P. BAÏER, J.P. MARTINOT, A. RIVET. — <i>An ecological typology, with a view to the management, of high-altitude lakes in Vanoise National Park. Study of the Phytoplankton</i>	61-108
Ph. LEBRETON. — <i>A study of the bird-populations in Vanoise National Park — X. Attempt at a comparative study of Spruce — and Larch — forests bird-populations in « Vanoise » and « Grand-Paradis » Parks</i>	109-122
B.A. MEILLEUR. — <i>Ethnoecological research in Vanoise</i>	123-133
J.M. CUSSET et D. PATIER-MARQUE. — <i>The recreative attendance at National Parks in France. Assessment of methods and quantitative analysis</i>	135-155
J. HARS, D. GAUTHIER. — <i>Studies about the evolution of keratoconjunctivitis on wild Ungulates of the National Park of Vanoise (department of Savoie) during 1983</i>	157-210

COMPOSITION DU COMITÉ SCIENTIFIQUE DU PARC NATIONAL DE LA VANOISE

Président honoraire :

Paul VAYSSIÈRE, Professeur honoraire au Muséum National d'Histoire Naturelle,
Paris.

Président :

Philippe TRAYNARD, Président honoraire de l'Institut National Polytechnique de
Grenoble.

Vice-Présidents :

Pierre GENSAC, Professeur à l'Université de Savoie, Chambéry.

Denys PRADELLE, Architecte-Urbaniste, Chambéry.

Secrétaire :

Paul OZENDA, Membre de l'Académie des Sciences, Professeur à l'Université I de
Grenoble.

Membres du Comité :

Charles AMOUROUS, Maître-Assistant de Psychologie, Université de Savoie.

Roger BUVAT, Membre de l'Académie des Sciences, Professeur honoraire à
l'Université de Marseille-Luminy.

Yves CARTON, Maître de Recherche à Gif-sur-Yvette.

Louis CHABERT, Professeur à l'Université de Lyon II.

Charles DEGRANGE, Professeur à l'Université I de Grenoble.

René DELPECH, Professeur à l'Institut National Agronomique, Paris-Grignon.

Philippe DREUX, Professeur à l'École Normale Supérieure, Paris.

François ELLENBERGER, Professeur à l'Université de Paris-Orsay.

René FONTAINE, Ingénieur général honoraire du Génie Rural des Eaux et Forêts,
Evian.

R.P. FRITSCH, Président de la Société d'Histoire Naturelle de la Savoie.

Jean GOGUEL, Conseiller au Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

Philippe LEBRETON, Professeur à l'Université de Lyon I.

Robert MONDOT, Adjoint au Directeur de l'INERM, CEMAGREF Grenoble.
Gérard MONTAGUT, Directeur du Laboratoire Départemental des Services Vétérinaires de Chambéry.
André PALLUEL GUILLARD, Maître-Assistant à l'Université de Savoie.
Jean-Paul RAMPNOUX, Professeur à l'Université de Savoie.
Jacques REBECQ, Professeur à l'Université de Savoie.
Louis REYNAUD, Assistant à l'Université I de Grenoble.
Régis RUFFIER DES AIMES, Maire de Champagny, Professeur au Lycée de Moûtiers, Savoie.

Membres associés :

Jean HARS, Docteur Vétérinaire à Termignon, Savoie.
Brien MEILLEUR, Ethnobiologiste, Université de Washington.
Marie-Claude NEUBURGER, Assistante de Recherche à l'Université I de Grenoble.

COMPOSITION DU COMITÉ DE LECTURE

Les manuscrits ne sont acceptés pour publication qu'après examen par le Comité de Lecture dont la composition est la suivante :

P. OZENDA, Secrétaire du Comité Scientifique du Parc.
R. BUVAT, Marseille-Luminy.
J. GOGUEL, B.R.G.M., Orléans.
R. KÜHNER, Lyon I.
M. LAMOTTE, Paris.
Ph. LEBRETON, Lyon I.
F. PEDROTTI, Camerino.
Y. THOUVENY, Marseille.
R. TRÜMPY, Zurich.

LISTE DES COLLABORATEURS DU VOLUME

Cette liste comprend, outre les auteurs ayant participé personnellement à certaines parties du volume et qui sont indiqués par un astérisque, les personnes qui ont exécuté des travaux préliminaires ou ont collaboré à la mise au point de cartes, figures ou tableaux.

- * BAÏER, P. — *22 rue du Docteur Calmette, Grenoble.*
- * BRESSOUD, B. — *Professeur à l'Université de Lausanne, Institut de Botanique systématique et de Géobotanique.*
- * CUSSET, J.M. — *Chargé de Recherche à l'Université de Lyon II, Laboratoire d'Economie des Transports.*
DELMAS, M. — *Attaché Scientifique à la Direction du Parc National de la Vanoise, Chambéry.*
- * GAUTHIER, D. — *Docteur Vétérinaire, détaché à la Direction du Parc National de la Vanoise, Chambéry.*
GUICHARD, J.P. — *Dessinateur à l'Université I de Grenoble, Laboratoire de Botanique et Biologie végétale.*
- * HARS, J. — *Docteur Vétérinaire à Termignon, Savoie.*
HIVERT, J. — *Aide-Technique à l'Université I de Grenoble, Laboratoire de Botanique et Biologie végétale.*
- * LAMOURE, D. — *Professeur à l'Université Claude Bernard Lyon I, Département de Biologie végétale, Laboratoire de Mycologie.*
- * LEBRETON, Ph. — *Professeur à l'Université Claude Bernard Lyon I, Département de Biologie végétale.*
- * MARTINOT, J.P. — *Attaché Scientifique à la Direction du Parc National de la Vanoise, Chambéry.*
- * MEILLEUR, B. — *Ethnobiologiste, Département d'Anthropologie, Université de Washington, Seattle, WA. USA.*
NEUBURGER, M.C. — *Assistante de Recherche à l'Université I de Grenoble, Laboratoire de Botanique et Biologie végétale.*

- * PATIER-MARQUE, D. — *Chargée de Recherche à l'Université II de Lyon, Laboratoire d'Economie des Transports.*
- * RIVET, A. — *Chercheur de 3^e cycle en Ecologie, chargé d'étude à la Direction du Parc National de la Vanoise, Chambéry.*
- * TROTIEREAU, A. — *364 rue de Vaugirard, Paris 15^e.*

*
**

Rédacteur : Marie-Claude NEUBURGER, Assistante de Recherche.

LE *CARICION BICOLORI-ATROFUSCAE*, ALLIANCE ARCTICO-ALPINE, DANS LES MARAIS DU MASSIF DE LA VANOISE ET DES RÉGIONS LIMITOPHES

par Benoît BRESSOUD (1) et André TROTTEREAU (2)

Introduction	10
I. — Historique	10
II. — Distribution géographique.....	12
III. — Phytosociologie	19
IV. — Ecologie	31
V. — Destruction et protection.....	43
Bibliographie	45

Résumé. — Les auteurs étudient l'histoire, la répartition, l'écologie et la sociologie du *Caricion bicolori-atrofuscae* dans les marais du massif de la Vanoise et des régions limitrophes. Ils reconnaissent six associations : *Juncetum arctici*, *Caricetum maritimae*, *Caricetum bicoloris*, *Caricetum microglochinis*, *Kobresietum simpliciusculae* et *Caricetum atrofusco-vaginatae*. L'intérêt et la rareté de cette alliance exigent la protection des stations qui n'ont pas encore été détruites.

Mots-clés : *Caricion bicolori-atrofuscae*, Vanoise, reliques glaciaires, écologie, phytosociologie, protection.

Summary. — THE *CARICION BICOLORI-ATROFUSCAE*, AN ARCTIC-ALPINE ALLIANCE, IN THE FENS OF THE MASSIF DE LA VANOISE AND OF THE NEIGHBOURING REGIONS (SAVOIE, FRANCE).

The authors study the history, the repartition, the ecology and the sociology of the *Caricion bicolori-atrofuscae* in the fens of the massif de la Vanoise and of the neighbouring regions. They recognize six associations : *Juncetum arctici*, *Caricetum maritimae*, *Caricetum bicoloris*, *Caricetum microglochinis*, *Kobresietum simpliciusculae* and *Caricetum atrofusco-vaginatae*. The interest and the rarity of this alliance need the protection of the localities which have not yet been destroyed.

(1) Institut de botanique de l'Université, Bâtiment de biologie, CH-1015 Lausanne.

(2) Attaché du Muséum national d'Histoire naturelle, 364, rue de Vaugirard, F-75015 Paris.

INTRODUCTION

Dans les Alpes, les groupements du *Caricion bicolori-atrofuscae* Nordh. 1936 occupent certains marais d'altitude. Les espèces d'origine nordique (arctico-alpines) qui les caractérisent constituent une des particularités remarquables de la flore de la Savoie. Certains sont situés à l'intérieur du Parc national de la Vanoise ou à sa périphérie est, et, à la suite d'une déviation de la ligne de crête vers l'ouest, aussi à sa périphérie sud, sur le versant savoyard des Alpes graies françaises.

Si ces espèces sont connues en Savoie depuis plus d'un siècle et demi, c'est à GAMS (1951) et à BRAUN-BLANQUET (1954) que revient le mérite d'avoir attiré l'attention sur l'intérêt des groupements qu'elles y forment. Ultérieurement, BRAUN-BLANQUET (1967 b, 1971) et GENSAC (1974, 1978 a) précisent leur écologie et leur sociologie.

Jusqu'à une époque récente, le *Caricion bicolori-atrofuscae* était mieux connu en Maurienne qu'en Tarentaise en raison d'un accès plus facile des stations. La création du Parc national de la Vanoise a favorisé, surtout ces dernières années, des recherches plus complètes sur la végétation de la Tarentaise. De nombreuses stations de haut intérêt floristique et phytosociologique ont été découvertes, dont deux marais à *Carex atrofusca*.

Dans le reste des Alpes, le *Caricion bicolori-atrofuscae* est surtout connu grâce aux publications de BRAUN-BLANQUET (1918, in VOLK 1939, 1949, 1971) pour les Grisons, de DOYLE (1952), YERLY (1963), RICHARD (1975, 1978), RICHARD et GEISSLER (1979) et BRESSOUD (1980) pour le Valais, de BRAUN-BLANQUET et BRAUN-BLANQUET (1931), FRIEDEL (1956) et HARTL (1974) pour les Alpes autrichiennes.

En Scandinavie, le *Caricion bicolori-atrofuscae* a été bien étudié, en particulier par NORDHAGEN (1927, 1935, 1936, 1943, 1955), ARWIDSSON (1943), LID (1954), DIERSSEN (1977, 1982) et DIERSSEN et DIERSSEN (à paraître).

Le *Caricion bicolori-atrofuscae* présente un immense intérêt historique, chorologique et phytosociologique. Plusieurs des stations savoyardes comptent parmi les plus riches de tout l'arc alpin. Notre article souhaite contribuer à leur connaissance.

I. — HISTORIQUE

Comme dans les autres régions des Alpes, la distribution des espèces en Savoie a suivi l'évolution de la végétation aux dernières phases climatiques des glaciations quaternaires qui ont constitué le point de départ de la phytogéographie actuelle.

En ce qui concerne cette évolution, nous ne pouvons développer ici l'historique des immigrations et réimmigrations de la flore pendant les vicissitudes climatiques. Cet historique a été retracé d'ailleurs par plusieurs auteurs. Il s'agit donc d'un court survol de ces questions. Nous évoquerons seulement les climats des deux dernières glaciations.

Le climat particulièrement hostile du Riss avait induit la migration des espèces nordiques vers le sud. C'est sans doute à cette époque que beaucoup d'entre elles connurent leur plus grande extension vers des régions moins froides, certaines jusque dans la Sierra Nevada, où l'on peut encore les trouver. *Carex maritima*, qui pousse au-delà de 70° N, existe toujours dans l'Atlas marocain, à près de 1 600 km de la station alpine la plus proche (BRAUN-BLANQUET, 1967 a). Cet exemple, entre autres, suffit à montrer l'importance des changements climatiques à cette époque et les possibilités de migration de la flore qui en ont découlé.

Après la glaciation rissienne, ce fut l'interglaciaire Riss-Würm. On pense que c'est pendant cet interglaciaire que beaucoup d'espèces nordiques, dont un contingent assez important d'hygrophytes, pénétrèrent dans les Alpes.

La glaciation du Würm qui suivit, moins rigoureuse que celle du Riss dans son ensemble, connut une série de phases froides ou très froides (les stades) et une série de phases moins froides (les interstades). Un vaste inlandsis se forma à nouveau sur l'Europe du Nord, et les Alpes connurent le développement d'énormes glaciers dont les quaternaristes nous ont fait connaître les emplacements et les hauteurs. Aux stades les plus rudes du Würm (probablement au Würm II qui fut à la fois froid et humide), la limite des neiges permanentes fut d'après BRIQUET (1906) abaissée d'environ 1 200 m. Certains auteurs, tels que DE MARTONNE (1928) et d'autres plus récemment, ont suivi BRIQUET dans son estimation. On peut tenir pour certain que les espèces arctiques ont immigré vers le sud et réimmigré vers le nord au cours des oscillations climatiques depuis l'époque rissienne. Aussi les régions situées entre la Fennoscandie et les Alpes portent-elles les traces des fluctuations de la flore par leurs espèces reliques vivantes ou fossiles. L'analyse des pollens et des débris végétaux dans les tourbières profondes et les dépôts à *Dryas* avec datation au radiocarbone a pu apporter, entre autres moyens de datation, de nombreux renseignements sur les migrations de beaucoup d'espèces.

On peut penser qu'aux périodes les plus austères du Würm, dans les parties supérieures de nombre de vallées des Alpes, il ne devait rester aucune place pour la végétation entre la limite des neiges permanentes et la surface des puissants glaciers dont nous voyons si nettement la hauteur des auges importantes qu'ils ont modelées.

On a avancé l'hypothèse d'une survivance de certaines espèces, même au plus fort des glaciations, sur des îlots libres de glace appelés nunataks. Cela est possible dans les parties moyennes et inférieures des vallées, par exemple pour des chaméphytes vivant dans les parois rocheuses bien exposées. Mais en ce qui concerne les hygrophytes nordiques qui vivent en altitude sur des marges glaciaires, des terrasses fluvio-glaciaires ou des pentes à humidité constante, et dont les exigences écologiques sont généralement strictes, on peut penser qu'elles n'ont eu aucune chance de subsister sous le rude climat glaciaire du Würm.

Pendant ces périodes, les espèces implantées sur les versants ouest et nord de la chaîne alpine purent trouver refuge sur le versant piémontais, dont certaines vallées furent peu glaciées, telles les trois Stura, presque contiguës au Sud-Est de la Savoie. Il est d'ailleurs probable que le versant piémontais possédait déjà les mêmes espèces que le versant savoyard. La réimmigration de la flore sur le versant savoyard eut lieu pendant les périodes post-glaciaires

favorables, telles que l'Atlantique (— 4 000 à — 3 000 ans) au climat plus chaud avec « végétation optimale et glaciers très réduits » (LE ROY LADURIE, 1967).

Ce n'est pas un hasard si un certain nombre d'espèces rares existent uniquement aux abords des cols et des dépressions de la ligne de crête, formant ainsi sur le versant savoyard de petites enclaves floristiques. Elles ont trouvé dans ces parages, lors de leur réimmigration, des milieux d'altitude ouverts favorables à leur implantation (TROTEREAU, 1981). D'autres ont pénétré plus profondément en Savoie, mais deviennent de plus en plus rares en s'éloignant des cols. C'est le cas pour certains marais appauvris en espèces caractéristiques du *Caricion bicolori-atrofuscae*, par exemple dans la vallée des Allues, au col de la Vanoise, à la Rocheure...

II. — DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE

Parmi les marais neutro-basiphiles alpins des *Caricetalia davallianae* Br.-Bl. 1949, qui appartiennent aux *Scheuchzerio-Caricetea nigrae* (Nordh. 1936) Tx. 1937, le *Caricion bicolori-atrofuscae* Nordh. 1936 apparaît comme une alliance bien définie par ses caractéristiques arctico-alpines : les Cypéracées *Carex atrofusca*, *Carex bicolor*, *Carex maritima* (= *C. juncifolia*, *C. incurva*), *Carex microglochin*, *Kobresia simpliciuscula*, *Scirpus pumilus*, ainsi que *Juncus arcticus*, *Tofieldia pusilla* et les Bryophytes *Catocopium nigratum*, *Oncophorus virens*, *Meesia uliginosa* et *Tritomaria polita*. Ces espèces, peu communes à très rares dans tout l'arc alpin, sont hautement spécialisées et se rencontrent presque exclusivement dans l'alliance. Ce cas est plutôt exceptionnel en phytosociologie, où les espèces transgressives sont fréquentes. Cette particularité nous permet de nous faire une idée assez précise de la distribution de l'alliance en nous basant sur celle des huit Phanérogames qui la caractérisent.

BASSINS	SECTEURS	PRÉSENCE DES ESPÈCES								NBRE D' ESP.
		JA	CJ	CB	CM	TP	SP	KS	CA	
Arve	3	1		2			1			3
Isère	17	6	4	13	8	4	6	6	2	8
Arc	17	1	7	12	10	5	7	12	3	8
Romanche	2	1		1			1			3
Durance	7	7		5		1				3
Guil	6	5		6	1	3	3		2	6
Ubaye	2	1		1						2
Verdon	2			2						1
Var	5	4		4						2
Totaux	61	26	11	46	19	13	18	18	7	8

Légende : JA = *Juncus arcticus*, CJ = *Carex maritima*, CB = *Carex bicolor*, CM = *Carex microglochin*, TP = *Tofieldia pusilla*, SP = *Scirpus pumilus*, KS = *Kobresia simpliciuscula*, CA = *Carex atrofusca*.

En France, ils ont été observés dans 61 secteurs à une ou plusieurs stations, bien délimités du point de vue biogéographique et d'une superficie de 20 km² au maximum. Le tableau précédent donne leur distribution par bassins fluviaux.

Les bassins de l'Isère (Tarentaise) et de l'Arc (Maurienne) totalisent 34 des 61 secteurs. Ils sont seuls à posséder les huit espèces. Avec la vallée du Guil, ils représentent les aires principales du *Caricion bicolori-atrofuscae* en France.

Si l'on compare la fréquence relative des huit espèces en Scandinavie et dans les Alpes, on peut faire les remarques suivantes :

- *Juncus arcticus* : beaucoup plus rare dans les Alpes qu'en Scandinavie; disséminé en Savoie, plus répandu dans les Hautes-Alpes; rare en Valais, disséminé dans les Grisons.
- *Carex maritima* : en Scandinavie, répandu sur les côtes, mais rare dans les montagnes; disséminé en Savoie, absent du reste de la France; rare en Valais, disséminé dans les Grisons.
- *Carex bicolor* : rare en Scandinavie, assez commun dans les Alpes; en France : surtout en Savoie et dans les Hautes-Alpes.
- *Carex microglochis* : disséminé en Scandinavie et dans les Alpes; en France : à part une station dans la vallée du Guil, uniquement en Savoie.
- *Tofieldia pusilla* : assez commun en Scandinavie, disséminé dans les Alpes; en France : en Savoie et dans les Hautes-Alpes.
- *Scirpus pumilus* : très rare en Scandinavie, disséminé dans les Alpes; en France : surtout en Savoie; rare en Valais.
- *Kobresia simpliciuscula* : commun en Scandinavie, disséminé dans les Alpes; en France : uniquement en Savoie; rare en Valais.
- *Carex atrofusca* : commun en Scandinavie, très rare dans les Alpes; en France : en Savoie et dans les Hautes-Alpes.

La figure 1 représente la distribution du *Caricion bicolori-atrofuscae* en Savoie.

Nous allons décrire brièvement les onze régions de Savoie où nous avons effectué des relevés, en précisant leur situation géographique, les passages vers le Piémont, les conditions édaphiques, hydrologiques et climatiques et en donnant la liste des associations du *Caricion bicolori-atrofuscae* observées.

TARENTEISE

1. Petit-Saint-Bernard

Le col du Petit-Saint-Bernard (2 188 m) fait communiquer le vallon du Reclus avec la vallée piémontaise de la Doire Baltée. Le versant français est constitué de schistes lustrés. Nous avons effectué deux relevés du *Juncetum arctici* dans un marais de pente (exposition SW) de la rive gauche (altitude : 2 020-2 040 m). Si les colluvions qui en constituent le substrat sont dépourvues de calcaire, l'eau de la source est très dure (dureté totale 89° fr.; pH 8,0; conductivité électrique 500 µS/cm; 10.9.82).

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

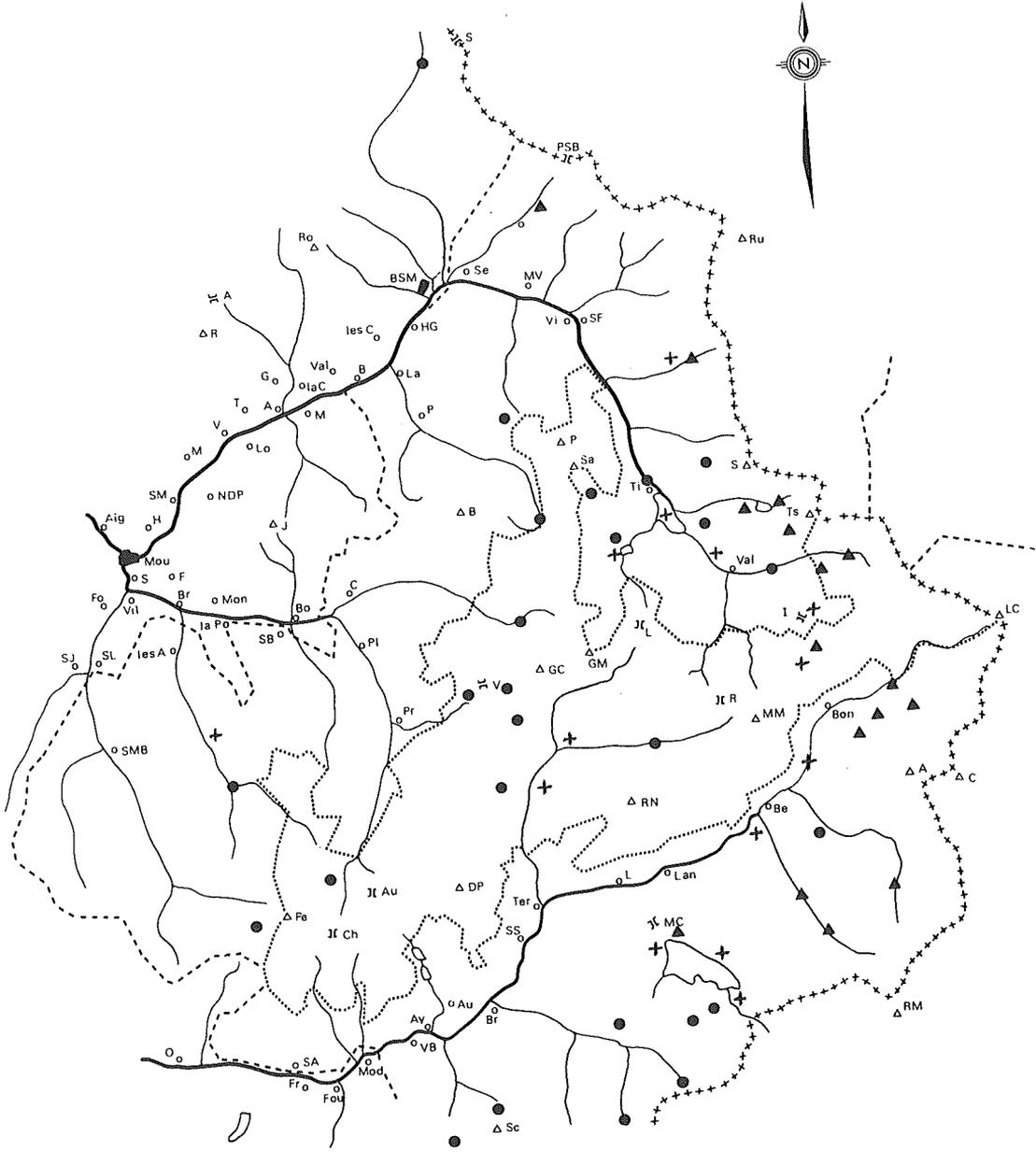


FIG. 1. — Répartition du *Caricion bicolori-atrofuscae* dans le massif de la Vanoise et les régions limitrophes.

- ▲ = données phytosociologiques (un ou plusieurs relevés),
- = données floristiques,
- + = stations détruites.

2. Vallon du Clou, le Plan

Le vallon du Clou, au SE de Sainte-Foy-Tarentaise, communique avec le Val Grisanche par les cols du Lac Noir (2 869 m) et du Rocher Blanc (2 833 m). Sa flore nous est connue grâce à l'inventaire de FRITSCH (1979). La plaine alluviale du Plan (2 210-2 230 m) possède plusieurs stations du *Caricetum microglochinis* et du *Kobresietum simpliciusculae* d'une grande richesse floristique. Le fond du vallon est constitué de schistes lustrés, de marbres phylliteux et de calcaires compacts. Les alluvions réagissent fortement à HCl. L'eau du Clou, au Plan, est cependant douce (dureté totale 13,0° fr.; pH 8,3; conductivité électrique 450 µS/cm; 8.9.82). Le barrage du Clou, en construction, détruira la totalité des stations étudiées.

3. Vallon de la Sassièrè

Le vallon de la Sassièrè communique avec le Val de Rhêmes par le col glaciaire de Rhêmes-Golette (3 112 m), qui a joué un rôle important lors de la réimmigration post-glaciaire à partir du versant piémontais. La richesse floristique de la « Réserve naturelle de la Grande Sassièrè » est connue depuis les travaux d'EVARD et CHERMEZON (1917, 1918). Nous avons étudié deux zones.

L'une (Derrière le Santel, 2 480 m) (Photo 1), en amont du barrage, est une plaine alluviale formée par les ruisseaux de la Sassièrè et du Santel. Les alluvions, constituées surtout à partir de schistes lustrés, réagissent fortement à HCl, mais le ruisseau de la Sassièrè possède une eau douce (dureté totale 7,1° fr.; pH 8,1; conductivité électrique 140 µS/cm; 22.8.82). Les sources, elles possèdent une eau de dureté moyenne (moyenne : 16° fr.; pH 8,0; conductivité électrique 260 µS/cm; 5.9.82). Nous avons effectué des relevés dans le *Caricetum maritimae*, le *Caricetum microglochinis* et le *Kobresietum simpliciusculae* (cf. aussi GENSAC, 1978 a).

L'autre, à l'ouest du barrage, aux Grands Creux (Photo 2), est un important marais de pente alimenté par des sources à eau douce (dureté totale 10,3° fr.; pH 8,3; conductivité électrique 140 µS/cm; 27.8.82). Le substrat est constitué de schistes lustrés. Entre 2 410 et 2 470 m, nous avons étudié plusieurs stations du *Caricetum atrofusco-vaginatae*.

4. Val Prariond

Le val Prariond est la partie supérieure de l'Isère (Photo 3). Il communique avec la Valle di Locana par plusieurs cols glaciaires dont le col de la Galise (2 987 m) et celui de la Vache (2 955 m). L'ombilic en amont des gorges du Malpasset constitue une plaine alluviale d'une très grande diversité floristique (GENSAC et TROTTEREAU, 1983), traversée par les bras au cours changeant de l'Isère et de ses affluents. Les alluvions, constituées à partir des schistes lustrés de l'ubac et des calcaires de l'adret, réagissent plus ou moins fortement à HCl. L'eau de l'Isère est dure (dureté totale 36,7° fr.; pH 8,1; conductivité électrique 660 µS/cm; 24.8.82). Nous avons observé au Prariond le *Caricetum maritimae*, le *Caricetum bicoloris*, le *Caricetum microglochinis* et le *Kobresietum simpliciusculae*. L'ombilic du Prariond possède l'une des plus belles hydroséries des Alpes



PHOTO 1. — Marais en amont du barrage de la Sassièrre au lieu-dit « Derrière le Santel » vu de l'est vers l'ouest.



PHOTO 2. — Marais de pente des Grands Creux tourné vers le nord vu des pentes du versant sud.



PHOTO 3 (1983). — Le Prarion plaine alluviale formant un ombilic suspendu. L'Isère naissante se divise en multiples bras à cours changeants. On peut voir des îlots marqués par des parties claires récemment libérées par l'eau, et des parties sombres où des parvocariçaises se sont implantées.

et l'une des plus précieuses pour la connaissance de l'histoire de la flore. Ce type de milieu est devenu rarissime dans toute la chaîne des Alpes par suite de la construction de barrages.

Sur la zone calcaire, d'aspect un peu karstique, des Plates du Vallonnet, sur le versant sud du Prariond, à 2 570 m, une terrasse humide porte une station intéressante du *Caricetum atrofusco-vaginatae*, au sol totalement décarbonaté.

En ce qui concerne les conditions climatiques, on peut faire remarquer que le fond du vallon est parfois encore enneigé au début de l'été.

MAURIENNE

5. Vallon de la Lenta

Au sud du col de l'Iseran, dans le vallon de la Lenta, au Golailon (2 430 m), sur des schistes lustrés, nous avons étudié une belle station du *Juncetum arctici* dans un marais de pente d'exposition SW. L'eau de la source est douce (dureté totale 10,5° fr.; pH 8,6; conductivité électrique 140 μ S/cm; 21.8.82). On dénombre 1 000-2 000 *Juncus arcticus* sur 200 m².

6. Entre l'Ecôt et le Vallonnet

Entre l'Ecôt et le Vallonnet existent plusieurs marais de pente sur schistes lustrés, entre 2 185 et 2 300 m, avec du *Caricetum microglochinis* et du *Kobresietum simpliciusculae* (cf. aussi BRAUN-BLANQUET, 1967 b). L'eau des sources est douce (dureté totale 9,3° fr.; pH 8,1; conductivité électrique 140 µS/cm; 30.8.82) et les colluvions dépourvues de calcaire.

7. Plan des Evettes

Le bassin glaciaire des Evettes (2 500 m) était encore entièrement occupé par le glacier des Evettes au XVIII^e siècle comme en témoigne la carte sarde levée en 1738. Il communique avec le Val di Ala par le col Tonini (3 244 m). Ses alluvions calcaires (forte réaction à HCl) hébergent des stations du *Caricetum bicoloris* et du *Caricetum microglochinis* (cf. aussi BRAUN-BLANQUET, 1967 b et 1971). Les eaux des ruisseaux sont douces (dureté totale 10,0° fr.; pH 8,4; conductivité électrique 230 µS/cm; 23.8.82). *Carex bicolor* colonise les graviers sur deux hectares, souvent en compagnie de *Salix reticulata*. *Carex microglochin* n'a été observé que sur 50-100 m² dans des dépressions plus humides. Nous n'avons pas revu *Carex maritima* et *Carex atrofusca*, signalés aux Evettes, ni l'hybride douteux entre *Carex bicolor* et *Carex atrofusca* mentionné par AMANDIER et GASQUEZ (1978).

8. Vallonnet de Bonneval

En montant au Vallonnet de Bonneval, au bord du ruisseau du Chalanson, entre 2 230 et 2 240 m, on rencontre sur des alluvions constituées à partir de schistes lustrés des stations du *Caricetum microglochinis* et du *Kobresietum simpliciusculae* (cf. aussi BRAUN-BLANQUET, 1967 b et GENSAC, 1978 a). L'eau de la rivière est très douce (dureté totale 6,4° fr., pH 8,3; conductivité électrique 110 µS/cm; 31.8.82).

Au SW de cette zone, sur un replat humifère au milieu de rochers suintants de serpentine, à 2 320 m, on rencontre une belle station du *Caricetum atrofusco-vaginatae* où *Carex atrofusca* est accompagné par *C. fimbriata*. L'eau des sources est douce (dureté totale 9,8° fr.; pH 8,5; conductivité électrique 150 µS/cm; 31.8.82).

Nous n'avons pas de données climatiques concernant le Vallonnet, mais on peut supposer qu'en dépit de son altitude modeste il est assez froid, car il est tourné vers le nord et entouré de hautes parois qui réduisent la durée d'ensoleillement.

9. Vallon de la Lombarde

Le vallon de la Lombarde communique avec le Val di Viu par le col de l'Autaret (3 072 m). Au bord de la Lombarde, entre 2 420 et 2 475 m, dans les alluvions constituées à partir de schistes lustrés, on rencontre des stations du *Caricetum maritimae*, du *Caricetum bicoloris*, du *Kobresietum simpliciusculae* et du *Caricetum atrofusco-vaginatae* (non observé personnellement; cf. GENSAC, 1978 a). L'eau de la rivière est douce (dureté totale 8,0° fr.; pH 8,3; conductivité électrique 50 µS/cm; 3.9.82). Nous n'avons pas de renseignements climatiques,

mais on peut penser que la lombarde, vent tiède du sud, tempère le climat estival de ce vallon tourné vers le nord, même si des névés subsistent toute l'année dans sa partie supérieure.

10. Vallée du Ribon

La vallée du Ribon communique avec le Val di Viu par le col de la Resta (3 258 m). Sur les alluvions fortement calcaires, constituées à partir de schistes lustrés, au bord du Ribon, on rencontre au lieu-dit « le Ribon » (2 070 m) des stations du *Caricetum maritimae* et du *Caricetum bicoloris* et au lieu-dit « les Combettes » (2 140 m) des stations du *Caricetum bicoloris*, du *Caricetum microglochinis* et du *Kobresietum simpliciusculae*. L'eau de la rivière est douce (moyenne : dureté totale 8,4° fr., pH 8,1; conductivité électrique 140 µS/cm; 25.8.82).

11. Mont-Cenis, la Buffat

Le col du Mont-Cenis (2 083 m) fait communiquer la Maurienne et la vallée de la Doire Ripaire. Au NE du lac, à la Buffat (2 050 m), sur des schistes lustrés riches en calcaire, nous avons étudié un petit marais de pente de 150 m² avec du *Caricetum maritimae* et du *Caricetum bicoloris*. L'eau de la source est moyennement dure (dureté totale 18,0° fr.; pH 7,9; conductivité électrique 180 µS/cm; 21.8.82).

III. — PHYTOSOCIOLOGIE

Nous avons effectué en Maurienne et en Tarentaise, en 1982 et en 1983, 59 relevés dans le *Caricion bicolori-atrofuscae* selon la méthode de BRAUN-BLANQUET. Grâce à notre connaissance de cette alliance en Valais et dans les Grisons, nous avons pu distinguer, sur le terrain déjà, six associations.

Bien qu'appauvri floristiquement — il lui manque en particulier les caractéristiques suivantes : *Carex norvegica*, *C. parallela*, *C. capitata*, *Juncus biglumis*, *J. castaneus*... — l'alliance est bien la même dans les Alpes que dans la région arctique (DIERSSEN, 1977 et 1982; DIERSSEN et DIERSSEN, à paraître). *Caricion maritimae* Braun-Blanquet apud Volk 1939 (= *Caricion juncifoliae*, *Caricion incurvae*) doit donc être considéré comme synonyme de *Caricion bicolori-atrofuscae* Nordh. 1936 (= *Caricion bicoloris* Nordh. 1935 + *Caricion atrofuscae* Nordh. 1935, *Caricion atrofusco-saxatilis* Nordh. 1943).

Comme DIERSSEN et DIERSSEN (à paraître) le font remarquer, les surfaces propices à l'alliance, en particulier les bas-marais et les marais de pente, sont plus rares dans les Alpes que dans la région arctique en raison des différences climatiques (précipitations moindres, évapotranspiration supérieure) et édaphiques (phénomènes de solifluction beaucoup plus rares). Le plus souvent, dans les Alpes, les individus d'association n'occupent que quelques m² à quelques dizaines de m² et se trouvent ainsi au contact ou inclus en mosaïque dans d'autres groupements. Les principaux sont :

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- le *Caricion davallianae* et le *Caricion nigrae* des bas-marais (fréquent),
- le *Caricion ferrugineae*, le *Caricion curvulae* et le *Nardion* des pelouses alpines (fréquent),
- les *Salicetea herbaceae* des combes à neige (assez fréquent),
- le *Cardamino-Montion* des sources (assez fréquent),
- l'*Epilobion fleischeri* des alluvions grossières (rare).

Certains auteurs ont utilisé la présence de ces espèces transgressives pour définir des associations ou des sous-associations de valeur contestable. Il est important de délimiter avec grand soin les surfaces de relevé pour éviter au maximum une contamination par les groupements voisins. Heureusement l'aire minimale n'est que de 4 m² environ.

Comme espèces différentielles du *Caricion bicolori-atrofuscae* par rapport au *Caricion davallianae* Klika 1934, l'autre alliance des *Caricetalia davallianae*, on peut citer *Equisetum variegatum*, *Carex capillaris*, *Eleocharis quinqueflora* et *Juncus triglumis*.

Les différences de composition floristique entre les associations alpines du *Caricion bicolori-atrofuscae* et leurs homologues arctiques reposent, comme l'on justement fait remarquer DIERSSEN et DIERSSEN (*op. cit.*), sur leur appauvrissement en espèces caractéristiques et leur contamination par des groupements voisins. Ces deux raisons ne nous semblent pas justifier, provisoirement du moins, une distinction au niveau de l'association, comme le proposent DIERSSEN et DIERSSEN (*op. cit.*).

Voici la dénomination des six associations que nous avons reconnues en Savoie :

1. *Juncetum arctici* Gams 1927 (3 relevés, tabl. 1).
2. *Caricetum maritimae* Braun-Blanquet (1918) 1971 (9 rel., tabl. 2).
3. *Caricetum bicoloris* (Arwidsson 1943) Lid 1954 (12 rel., tabl. 3).
4. *Caricetum microglochinis* Nordhagen (1927) 1943 (10 rel., tabl. 4).
5. *Kobresietum simpliciusculae* Nordhagen 1927 (16 rel., tabl. 5).
6. *Caricetum atrofusco-vaginatae* (Nordhagen 1927) 1943 (9 rel., tabl. 6).

Légende des tableaux phytosociologiques 1 à 6

- Biotope : a = alluvions
 ta = terrasses alluviales
 mp = marais de pente (sources)
 () = biotope non typique
- Nomenclature : Phanérogames : TUTIN et al., 1964-1980
 Mousses : SMITH, 1980
 Hépatiques : GROLLE, 1976
- Syntaxons : Classe = *Scheuchzerio-Caricetea nigrae* (Nordh. 1936) Tx. 1937
 Ordre = *Caricetalia davallianae* Br.-Bl. 1949
 Alliance = *Caricion bicolori-atrofuscae* Nordh. 1936
- Ordre des relevés : en montant la Tarentaise et en descendant la Maurienne
- Ordre des espèces : pour chaque syntaxon figurent, par ordre décroissant des présences, les Spermaphytes, puis les Bryophytes

LE CARICION BICOLORI-ATROFUSCAE

TABLEAU 1 : JUNCETUM ARCTICI GAMS 1927

N° du relevé	118	119	117	moy.
altitude (m)	2020	2040	2430	2160
exposition	SW	SW	SSW	
pente (°)	15	15	45	25
biotope	mp	mp	mp	
surface du relevé (m ²)	4	4	16	8
rec. strate herbacée (%)	25	70	100	65
rec. strate muscinale (%)	100	100	80	93
nbre de Phanérogames	13	15	22	16.6
nbre de Bryophytes	3	4	2	3.0
<u>Car. d'association</u>				prés.
<i>Juncus arcticus</i>	2	3	4	3
<u>Diff. d'alliance</u>				
<i>Equisetum variegatum</i>	2	1	.	2
<i>Eleocharis quinqueflora</i>	1	1	.	2
<u>Car. d'ordre</u>				
<i>Carex frigida</i>	1	2	2	3
<i>Carex davalliana</i>	2	1	.	2
<i>Triglochin palustris</i>	.	1	.	1
<i>Sesleria caerulea</i>	.	.	+	1
<i>Bryum pseudotriquetrum pseudot.</i>	1	1	2	3
<u>Car. de classe</u>				
<i>Carex nigra</i>	.	2	+	2
<i>Juncus alpinus</i>	+	+	.	2
<u>Compagnes</u>				
<i>Agrostis stolonifera</i>	2	1	2	3
<i>Iussilago farfara</i>	1	1	+	3
<i>Aster bellidiastrum</i>	1	2	2	3
<i>Salix foetida</i>	.	1	2	2
<i>Polygonum viviparum</i>	.	2	1	2
<i>Caltha palustris</i>	+	1	.	2
<i>Leontodon autumnalis</i>	2	+	.	2
<i>Deschampsia cespitosa</i>	+	.	.	1
<i>Festuca rubra</i>	.	.	+	1
<i>Carex ferruginea ssp. ferrugin.</i>	.	.	2	1
<i>Salix reticulata</i>	.	.	1	1
<i>Ranunculus aconitifolius</i>	+	.	.	1
<i>Saxifraga aizoides</i>	.	.	1	1
<i>Alchemilla vulgaris</i>	.	.	2	1
<i>Epilobium alsinifolium</i>	.	.	1	1
<i>Peucedanum ostruthium</i>	.	.	2	1
<i>Ligusticum mutellina</i>	.	+	.	1
<i>Bartsia alpina</i>	.	.	1	1
<i>Scabiosa lucida</i>	.	.	+	1
<i>Campanula scheuchzeri</i>	.	.	+	1
<i>Cirsium spinosissimum</i>	.	.	+	1
<i>Leucanthemum adustum</i>	.	.	+	1
<i>Leontodon pyrenaicus ssp. helen.</i>	.	.	+	1
<i>Cratoneuron commutatum</i>	3	4	5	3
<i>Philonotis calcarea</i>	4	3	.	2
<i>Brachythecium glareosum</i>	.	1	.	1

Localisation des relevés

118-119 : Pt-St-Bernard; 117 : V. de la Lenta, le Golaillon.

TABLEAU 2 : CARICETUM MARITIMAE BRAUN-BLANQUET (1918) 1971

N° du relevé	273	277	278	279	275	280	276	274	272	moy.
altitude (m)	2505	2480	2480	2480	2270	2265	2450	2070	2050	2340
exposition	-	-	-	S	-	-	E	-	SW	
pente (°)	0	0	0	5	0	0	7	0	25	4.1
biotope	a	a	a	(mp)	a	a	a	a	mp	
surface du relevé (m ²)	0.6	4	4	4	4	2	4	2	2	3.0
rec. strate herbacée (%)	95	70	50	50	90	60	90	100	90	77
rec. strate muscinale (%)	95	100	50	70	5	50	50	60	85	63
nbre de Phanérogames	22	9	15	13	9	12	16	15	18	14.3
nbre de Bryophytes	3	3	1	1	3	4	4	6	4	3.2
nbre d'accidentelles	7	1	2	1	7	3	4	7	5	4.1
<u>Car. d'association</u>										prés.
Carex maritima	2	3	2	2	4	2	3	1	3	9
<u>Car. d'alliance</u>										
Carex bicolor	2	2	2	2	.	+	.	+	2	7
Scirpus pumilus	.	.	1	.	.	.	.	2	.	2
Kobresia simpliciuscula	.	.	1	+	.	.	.	.	.	2
Carex microglochin	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Catoscopium nigrum	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1
<u>Diff. d'alliance</u>										
Equisetum variegatum	4	2	1	2	.	2	1	2	1	8
Eleocharis quinqueflora	.	3	1	.	.	1	2	4	2	6
Juncus triglumis	1	2	2	1	.	.	+	.	1	6
Carex capillaris	1	1	2	+	.	.	1	.	.	5
<u>Car. d'ordre</u>										
Carex frigida	.	2	.	+	.	2	1	.	2	5
Primula farinosa	+	.	+	.	.	.	2	.	+	4
Parnassia palustris	1	.	.	.	.	.	.	.	1	2
Carex davalliana	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Bryum pseudotriq. var. pseud.	5	1	.	.	1	2	2	2	2	7
Campylopus stellatum	.	.	.	.	.	.	2	.	.	1
Drepanocladus revolvens int.	1	.	.	.	.	.	.	.	2	2
<u>Car. de classe</u>										
Juncus alpinus	.	.	1	.	.	1	.	2	2	4
Eriophorum angustifolium	+	.	.	.	.	1	.	.	.	2
Carex nigra	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1
Pinguicula vulgaris	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1
Aneura pinguis	.	.	.	.	+	.	.	2	.	2
<u>Compagnes</u>										
Agrostis stolonifera	2	2	.	+	1	.	2	1	2	7
Polygonum viviparum	2	1	.	1	.	+	2	2	2	7
Saxifraga aizoides	.	.	+	+	.	2	1	1	3	6
Poa alpina	+	.	.	.	2	.	+	.	.	3
Salix reticulata	+	.	1	+	.	.	.	.	.	3
Salix retusa	+	.	.	+	.	.	.	1	.	3
Pinguicula alpina	.	.	+	.	.	+	+	.	.	3
Cratoneuron commutatum	.	5	3	4	.	3	2	2	1	7
Philonotis calcarea	1	.	.	.	.	2	.	.	4	3

Accidentelles présentes dans 1 ou 2 relevés

Selaginella selaginoides +(273),1(276); Deschampsia cespitosa +(273),1(276); Festuca rubra +(273); Kobresia myosuroides r(278); Salix herbacea +(279); Salix foetida 1(280); Gypsophila repens +(274); Minuartia verna 2(275); Alchemilla vulgaris +(272); Trifolium badium +(275); Trifolium repens 2(275); Epilobium alsinifolium +(273); Centianella tenella +(273); Centianella campestris +(275); Pedicularis verticillata +(276,278); Bartsia alpina +(276,280); Euphrasia minima +(274); Plantago atrata 2(275); Plantago alpina +(275); Cirsium acaule +(272,274); Aster bellidiflorus +(272); Leontodon autumnalis +(274); Leontodon pyrenaicus ssp. helveticus +(273),1(272); Taraxacum palustre +(273),1(272); Ditrichum flexicaule 1(274,277); Tortella tortuosa 1(274); Polytrichum juniperinum 1(275); Lophozia badensis 1(274,280).

Localisation des relevés

273, 277-279 : V. de la Sassièrre, Derrière le Santel; 275, 280 : Val Prariond; 276 : V. de la Lombarde; 274 : V. du Ribon, le Ribon; 272 : Mt-Cenis, la Buffat.

TABLEAU 3 : CARICETUM BICOLORIS (ARWIDSSON 1943) LID 1954

N° du relevé	490	493	494	484	485	486	487	491	492	489	488	483	moy.
altitude (m)	2270	2260	2265	2510	2500	2500	2500	2475	2475	2075	2150	2050	2340
exposition	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	SW
pente (°)	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	45	4.1
biotope	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	mp
surface du relevé (m ²)	4	4	3	4	4	4	4	3	4	2	4	3	3.6
rec. str. herbacée (%)	60	60	60	50	40	40	90	70	80	80	90	60	65
rec. str. muscinale (%)	80	40	30	10	3	100	30	20	40	20	15	80	39
nbre de Phanérogames	11	17	27	8	7	12	10	11	18	12	13	20	13.8
nbre de Bryophytes	2	2	4	7	4	5	2	6	3	5	2	3	3.7
nbre d'accidentelles	1	3	8	5	0	1	0	3	8	4	3	9	3.7
<u>Car. d'association</u>													
Carex bicolor	2	2	3	3	2	2	3	3	2	3	2	2	prés. 12
<u>Car. d'alliance</u>													
Carex maritima	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	1	.	3
Scirpus pumilus	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Kobresia simpliciuscula	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Carex microglochin	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	1
Tofieldia pusilla	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Oncophorus vires	.	.	.	.	.	2	2	1	2	.	.	.	4
Catoscopium nigratum	.	.	.	.	+	.	.	1	.	.	.	.	2
Tritomaria polita	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	1
<u>Diff. d'alliance</u>													
Equisetum variegatum	.	2	2	.	.	2	3	.	+	2	1	3	8
Carex capillaris	.	1	2	.	.	+	1	.	1	1	1	+	8
Juncus triglumis	.	2	1	2	2	2	1	1	.	.	.	+	8
Eleocharis quinqueflora	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	2
<u>Car. d'ordre</u>													
Primula farinosa	1	1	+	.	.	.	.	.	.	1	1	1	6
Parnassia palustris	+	.	1	.	.	.	.	.	.	.	+	1	4
Carex frigida	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	3
Tofieldia calyculata	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
Sesleria caerulea	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1
Bryum pseudotriq. pseudot.	1	2	2	2	1	.	.	1	.	2	.	2	8
Campyllum stellatum	.	.	.	+	.	1	2	2	3	2	.	.	6
<u>Car. de classe</u>													
Juncus alpinus	.	2	1	.	.	.	.	.	.	2	2	2	5
Carex nigra	2	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	2
Carex flacca	.	.	.	.	.	2	.	.	.	1	.	.	2
Triglochin palustris	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Eriophorum angustifolium	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Pinguicula vulgaris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1
<u>Compagnes</u>													
Polygonum viviparum	2	.	.	2	.	1	+	2	.	2	2	2	8
Saxifraga aizoides	.	1	1	2	2	.	1	1	+	.	.	2	8
Salix foetida	+	1	.	.	1	1	.	+	.	+	+	.	7
Carex parviflora	.	.	1	+	.	1	1	(+)	2	.	.	.	6
Salix reticulata	.	+	1	.	2	2	3	.	3	.	.	.	6
Agrostis stolonifera	.	1	+	.	.	.	.	.	.	2	2	2	5
Bartsia alpina	.	.	1	.	+	2	1	.	1	.	.	.	5
Saxifraga oppositifolia	.	.	.	1	2	.	1	.	1	.	.	.	4
Selaginella selaginoides	+	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
Festuca quadriflora	.	+	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	3
Pinguicula alpina	.	+	1	.	.	+	.	.	.	.	.	.	3
Cratoneuron commutatum	5	3	2	+	1	4	.	2	.	2	.	4	9
Distichium inclinatum	.	.	1	2	+	.	.	1	.	1	2	.	6

Accidentelles présentes dans un ou deux relevés

Deschampsia cespitosa 1(483); Deschampsia flexuosa 1(488); Trisetum spicatum +(492); Poa alpina +(492),1(491); Festuca rubra 1(488),3(483); Kobresia myosuroides 1(492); Salix herbacea +(484),2(491); Salix retusa 1(490,492); Salix caesia +(494); Salix helvetica +(484); Minuartia sedoides +(492); Alchemilla pentaphylla 1(483); Alchemilla vulgaris 1(483); Trifolium pratense +(483); Ligusticum mutellina +(492); Gentianella tenella 1(494); Gentianella campestris +(489); Veronica alpina +(494); Euphrasia minima +(492); Plantago maritima 1(489); Aster bellidiastrum +(494),1(493); Leucanthemum adustum +(489); Leontodon hispidus ssp. hispidus +(493),1(483); Leontodon autumnalis +(494); Leontodon pyrenaicus ssp. helveticus +(483); Taraxacum palustre 1(483),2(491); Tortella inclinata +(484); Philonotis calcarea +(484),2(483); Brachythecium glareosum +(489),1(492); Lophozia badensis 1(494); Aongstroemia longipes +(484); Tritomaria scitula +(486).

Localisation des relevés

490,493-494 : Val Prariond; 484-487 : Plan des Evettes; 491-492 : V. de la Lombarde; 489 : V. du Ribon, le Ribon; 488 : V. du Ribon, les Combettes; 483 : Mt-Cenis, la Buffat.

TABLEAU 4 : CARICETUM MICROGLOCHINIS NORDHAGEN (1927) 1943

N° du relevé	751	752	753	744	747	749	745	746	750	748	moy.
altitude (m)	2225	2210	2220	2505	2255	2185	2500	2500	2240	2145	2300
exposition	-	-	-	-	-	NW	-	-	N	-	
pente (°)	2	0	0	0	0	8	0	0	5	2	1.7
biotope	a	a	a	a	a	mp	a	a	a	a	
surface du relevé (m ²)	3	2	4	1	3	2	4	4	4	1	2.8
rec. strate herbacée (%)	90	40	95	80	100	80	95	95	80	70	82
rec. strate muscinale (%)	5	1	15	80	90	15	80	20	30	5	34
nbre de Phanérogames	16	12	20	18	18	18	8	9	11	15	14.5
nbre de Bryophytes	5	3	5	6	1	4	5	2	4	2	3.7
nbre d'accidentelles	2	4	4	3	2	2	2	2	0	1	2.2
<u>Car. d'association</u>											prés.
Carex microglochin	3	2	3	3	3	3	4	4	3	3	10
<u>Car. d'alliance</u>											
Carex bicolor		2	.	2	+	+	.	+	.	2	7
Scirpus pumilus	(+)	.	.	.	+	2	3	.	.	2	5
Kobresia simpliciuscula	.	.	2	1	1	.	.	.	.	1	4
Tofieldia pusilla	.	.	.	.	.	1	.	.	+	.	2
Carex maritima	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1
Catoscopium nigratum	1	.	.	.	.	2	2	.	.	.	3
Meesia uliginosa	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	2
Oncophorus virens	.	.	.	1	.	.	.	.	2	.	2
Tritomania polita	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	1
<u>Diff. d'alliance</u>											
Equisetum variegatum	.	.	2	3	2	1	2	2	3	2	8
Eleocharis quinqueflora	3	2	.	2	2	.	.	.	2	3	6
Juncus triglumis	.	.	+	2	.	+	.	.	(+)	1	5
Carex capillaris	.	.	+	1	.	1	.	.	.	1	4
<u>Car. d'ordre</u>											
Carex davalliana	1	1	1	1	.	+	1	.	.	.	6
Primula farinosa	1	.	2	1	.	2	.	.	1	1	6
Carex frigida	.	.	+	1	+	1	.	.	.	.	4
Tofieldia calyculata	2	.	+	.	+	.	.	.	.	.	3
Carex panicea	+	.	2	.	.	.	.	.	.	.	2
Sesleria caerulea	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1
Parnassia palustris	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	1
Bryum pseudotriq. pseud.	.	+	2	2	.	1	1	.	2	1	7
Campylium stellatum	.	.	.	1	.	2	3	2	2	.	5
Drepanocladus revolv. int.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	2
<u>Car. de classe</u>											
Juncus alpinus	2	1	1	.	2	1	.	.	.	1	6
Eriophorum angustifolium	+	.	.	.	1	.	2	1	.	.	4
Carex nigra	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	2
Scirpus cespitosus	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1
Carex flacca	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Preissia quadrata	+	.	2	.	.	.	.	.	.	.	2
<u>Compagnes</u>											
Saxifraga aizoides	+	+	.	1	.	2	+	+	+	1	8
Agrostis stolonifera	.	1	2	1	1	1	.	.	+	2	7
Polygonum viviparum	.	+	1	2	.	2	.	1	1	1	7
Salix reticulata	.	.	1	1	1	.	2	2	2	.	6
Salix foetida	+	2	2	.	1	.	.	.	.	1	5
Pinguicula alpina	1	.	1	+	+	+	.	.	.	.	5
Cratoneuron commutatum	+	+	+	4	5	1	2	.	2	+	9

Accidentelles présentes dans un ou deux relevés

Selaginella selaginoides +(747,753); Poa alpina +(752); Festuca rubra +(749); Festuca quadriflora l(744); Kobresia myosuroides +(748); Salix retusa +(753); Salix nigricans +(745); Minuartia sedoides +(752); Saxifraga oppositifolia (+)(746); Trifolium badium +(749); Gentiana bavarica +(753); Bartsia alpina (+)(746); Aster bellidiastrum r(751),+(747); Leontodon hispidus ssp. hispidus +(752); Leontodon pyrenaicus ssp. helveticus l(753); Pohlia wahlenbergii +(752); Pohlia obtusifolia l(751); Philonotis calcarea l(744); Brachythecium glareosum +(744).

Localisation des relevés

751-753 : V. du Clou, le Plan; 744 : V. de la Sassièrre, Derrière le Santel; 747 : Val Prariond; 749 : entre l'Ecôt et le Vallonnet, Ruisseau de Crève-Coeur; 745-746 : Plan des Evettes; 750 : le Vallonnet de Bonneval, Ruisseau du Chalan-son; 748 : V. du Ribon, les Combettes.

Les associations 1 et 2 ont été décrites dans les Alpes, les associations 3 à 6 en Scandinavie. Peut-être pourrait-on distinguer un *Scirpetum pumili* Rübel 1930 du *Kobresietum simpliciusculae*, mais cette distinction, assez nette en Scandinavie et dans les Grisons, est difficile à faire en Savoie et nous considérerons *Scirpus pumilus* comme une caractéristique du *Kobresietum simpliciusculae*.

RICHARD et GEISSLER (1979) proposaient déjà la distinction de cinq associations alpines du *Caricion bicolori-atrofuscae*. Nous en ajoutons ici une sixième : le *Caricetum bicoloris*.

Nous avons effectué diverses analyses factorielles des correspondances sur les 458 relevés du *Caricion bicolori-atrofuscae* de la région alpine (59 relevés personnels de Savoie, 21 relevés de France et 378 du reste de la chaîne). Nous avons transformé les coefficients d'abondance-dominance de la façon suivante : $r=3$, $+ =4$, $1=5$, $2=6$, $3=7$, $4=8$ et $5=9$, ce qui donne presque autant de poids à la présence d'une espèce qu'aux différences d'abondance-dominance.

Les résultats de l'analyse factorielle des correspondances effectuée sur nos 59 relevés de Savoie sont donnés dans la figure 2. Le relevé 988 n'a pas été pris en considération, car les Bryophytes n'y ont pas été déterminés. Les relevés 275 et 880 ont été éliminés après une première analyse où ils apparaissaient nettement excentriques (nombreuses espèces accidentelles provenant des pelouses alpines). La même analyse effectuée sans les Bryophytes donne une moins bonne séparation des associations par perte d'information. Sur les projections représentées (axes 1-2 et 1-3), le *Juncetum arctici* et le *Caricetum atrofusco-vaginatae* apparaissent bien distincts et homogènes. Les quatre autres associations présentent des chevauchements plus ou moins importants, même si on effectue une nouvelle analyse sans tenir compte des relevés des deux premières. Il existe en particulier un continuum allant du *Caricetum maritimae* au *Kobresietum simpliciusculae*, en passant par le *Caricetum microglochinis*. Le *Caricetum bicoloris* est la plus hétérogène des quatre associations. Elle se rattache aux trois autres par le *Caricetum maritimae*.

La difficulté de définir des limites nettes explique que BRAUN-BLANQUET (1971) ait réuni dans son « *Caricetum juncifoliae* » ses relevés français des associations 1, 2 et 3 (le relevé 1 du tableau 11 appartient à la première, les relevés 2 et 3 à la deuxième et les relevés 4 à 10 à la troisième) et, en 1967 b, dans son *Kobresietum simpliciusculae* Br.-Bl. (apud Nadig 1942) 1967, ses relevés français des associations 4 et 5 (les relevés 1 à 3 du tableau 1 appartiennent à la première, les relevés 4 à 6 à la seconde). De même dans les Grisons, BRAUN-BLANQUET (1971) ne reconnaît que deux associations. L'hétérogénéité floristique des relevés que GENSAC (1978) attribue au *Salici (reticulatae)-Caricetum bicoloris* rend difficile leur interprétation. On peut cependant faire remarquer que *Salix reticulata* est présent dans 50 % de nos 59 relevés (20 % des 458 relevés alpins) et dans toutes les associations, avec des fréquences diverses, allant de 20 % (*Juncetum arctici*) à 77 % (*Caricetum atrofusco-vaginatae*, en passant par 50 % (*Caricetum bicoloris*)). *Salix reticulata*, espèce de combe à neige, ne saurait justifier la création d'une association distincte.

Chaque association n'est caractérisée que par l'espèce qui lui a donné son nom, sauf le *Kobresietum simpliciusculae* qui en possède deux autres : *Tofieldia pusilla* et *Scirpus pumilus*. *Carex vaginata*, différentielle du *Caricetum atrofusco-vaginatae* dans la région arctique, est rare en France et non exclusif de l'alliance.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

TABLEAU 5 : KOBRESIETUM SIMPLICIUSCULAE NORDHAGEN 1927

N° du relevé	NOY.															
	985	986	977	982	983	984	976	987	978	979	988	980	981	973	974	975
altitude (m)	2210	2210	2480	2480	2480	2480	2255	2260	2210	2210	2300	2230	2450	2150	2145	2140
exposition	-	0	0	2	0	10	-	2	2	3	10	-	2	5	3	0
pende (°)	ta	ta	ta	ta	ta	(mp)	a	ta	mp	mp	(mp)	a	a	a	a	a
biotope	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	12	1	2	3	4	4
surface du relevé (m ²)	95	95	80	100	100	90	90	90	70	100	80	95	100	100	100	100
rec. str. herbacée (%)	15	5	90	10	5	90	10	50	15	20	5	5	2	30	2	22
rec. str. muscinale (%)	20	14	19	10	17	16	21	16	20	20	20	17	20	15	14	16
nbre de Phanérogames	6	7	3	2	6	5	6	6	2	4	-	5	2	4	5	2
nbre de Bryophytes	5	2	4	1	5	1	1	1	0	0	2	5	2	6	2	4
nbre d'accidentelles																
<u>Car. d'association</u>																
<i>Kobresia simpliciuscula</i>	3	4	3	4	4	3	2	4	3	2	3	4	4	2	1	3
<i>Scirpus pumilus</i>	3	2	.	.	2	3	3	.	.	2	.	(+)	.	4	2	10
<i>Tofieldia pusilla</i>	+	+	.	.	.	.	.	.	1	+	+	2	(+)	.	.	8
<u>Car. d'alliance</u>																
<i>Carex microglochin</i>	+	.	1	.	.	.	(+)	.	2	3	3	.	.	.	3	7
<i>Carex bicolor</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	3
<i>Carex maritima</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	2
<i>Meesia uliginosa</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	2
<i>Uncophorus virens</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	1	.	.	.	2
<u>Diff. d'alliance</u>																
<i>Equisetum variegatum</i>	1	1	2	1	1	1	2	1	2	2	2	1	2	2	2	15
<i>Carex capillaris</i>	.	.	2	+	2	.	2	.	2	.	.	1	1	1	2	8
<i>Eleocharis quinqueflora</i>	.	.	1	.	2	.	2	.	2	2	.	.	.	1	1	7
<i>Juncus triglumis</i>	1	.	+	.	+	1	+	.	1	.	.	.	.	.	.	7
<u>Car. d'ordre</u>																
<i>Primula farinosa</i>	1	.	.	1	1	2	.	+	2	1	.	1	2	2	1	10
<i>Carex frigida</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	2	1	2	.	+	.	.	7
<i>Parnassia palustris</i>	.	.	.	.	+	1	+	1	2	2	.	.	2	.	.	7
<i>Sesleria caerulea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	+	+	1	+	.	6
<i>Carex devaliana</i>	.	.	1	.	.	1	.	.	1	+	2	.	1	.	.	5
<i>Tofieldia calyculata</i>	1	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	1	.	.	.	5
<i>Carex panicea</i>	2	1	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	4
<i>Carex flava</i> var. <i>alpina</i>	+	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	3
<i>Equisetum palustre</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1
<i>Bryum pseudotriq.</i> var. <i>pseud.</i>	1	+	1	.	+	+	2	1	.	2	.	.	1	.	2	11
<i>Campyllum stellatum</i>	.	+	.	1	1	1	+	+	2	.	.	1	.	.	1	9
<i>Drepanocladus revolvens</i> int.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	3

TABLEAU 6 : CARICETUM ATROFUSCO-VAGINATAE NORDHAGEN (1927) 1943

N° du relevé	873	874	877	878	879	880	872	875	876	moy.
altitude (m)	2435	2435	2410	2410	2450	2470	2570	2320	2320	2420
exposition	NNE	NNE	N	N	N	N	NW	NE	NE	
pente (°)	10	10	15	15	15	15	20	15	40	17.2
biotope	mp	mp	mp	mp	mp	mp	(mp)	mp	mp	
surface du relevé (m ²)	5	5	5	10	5	2	6	1	1	4.4
rec. strate herbacée (%)	60	50	60	90	90	80	90	60	90	74
rec. strate muscinale (%)	80	80	60	60	20	5	7	40	50	45
nbre de Phanérogames	11	13	10	14	7	18	20	17	16	14.0
nbre de Bryophytes	5	5	7	6	6	-	4	9	9	6.4
nbre d'accidentelles	0	1	1	3	1	7	9	6	5	3.7
<u>Car. d'association</u>										prés.
Carex atrofusca	2	1	2	3	2	1	2	2	2	9
<u>Car. d'alliance</u>										
Kobresia simpliciuscula	2	2	.	.	2	.	4	2	3	6
Carex bicolor	1	.	.	.	.	2	.	.	.	2
Tofieldia pusilla	2	+	.	.	.	.	.	.	.	2
Catoscopium nigratum	2	1	2	2	.	.	.	1	2	6
Oncophorus virens	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1
<u>Diff. d'alliance</u>										
Carex capillaris	2	1	1	1	.	2	2	.	.	6
Juncus triglumis	.	.	1	1	.	.	1	1	.	4
Equisetum variegatum	.	+	.	+	.	2	.	.	.	3
<u>Car. d'ordre</u>										
Sesleria caerulea	.	.	.	+	.	.	1	1	3	4
Parnassia palustris	.	.	.	1	.	+	.	.	+	3
Primula farinosa	.	.	.	.	.	+	.	1	1	3
Tofieldia calyculata	.	.	.	.	.	.	.	+	+	2
Carex davalliana	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1
Carex frigida	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1
Campyllum stellatum	4	4	2	2	2	.	2	2	2	8
Bryum pseudotriquetrum pseud.	+	.	1	1	+	.	+	2	1	7
Drepanocladus revolvens inter.	1	1	1	2	.	.	2	.	1	6
<u>Car. de classe</u>										
Carex flacca	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1
Cinclidium stygium	.	.	2	2	+	.	.	.	+	4
<u>Compagnes</u>										
Salix reticulata	2	2	2	3	.	1	+	2	.	7
Polygonum viviparum	+	1	2	1	.	1	1	.	1	7
Saxifraga aizoides	+	1	2	2	2	.	.	2	1	7
Minuartia sedoides	+	+	.	1	1	.	1	.	.	5
Saxifraga oppositifolia	1	2	+	.	3	1	.	.	.	5
Dryas octopetala	.	1	+	.	3	2	.	1	.	5
Minuartia verna	+	.	2	1	.	.	+	.	.	4
Selaginella selaginoides	.	.	.	.	.	.	1	+	2	3
Agrostis alpina	.	.	.	.	.	.	1	+	1	3
Chamorchis alpina	.	+	.	.	.	2	.	1	.	3
Pinguicula alpina	.	.	.	.	+	.	.	1	+	3
Brachythecium glareosum	+	1	.	2	1	.	+	1	+	7
Cratoneuron commutatum	.	.	2	.	2	.	.	2	2	4
Ditrichum flexicaule	.	1	.	.	.	.	.	1	1	3

Accidentelles présentes dans un ou deux relevés

Agrostis stolonifera 1(880); Festuca quadriflora +(878); Kobresia myosuroides 1(872,874); Carex rupestris +(872); Carex parviflora 1(872); Carex sempervirens 2(872); Carex fimbriata 1(875,876); Salix herbacea 1(872,878); Salix retusa 1(878),2(876); Silene acaulis 1(880); Ranunculus glacialis 1(872); Oxytropis campestris 1(880); Oxytropis lapponica 1(880); Hedysarum hedysaroides 1(880); Soldanella alpina +(875); Gentiana brachyphylla +(880); Pedicularis verticillata +(876); Pedicularis kernerii 1(880); Bartsia alpina 2(872); Campanula scheuchzeri +(872); Aster bellidiastrum 1(875),2(876); Leontodon montanus +(872); Tortella tortuosa +(875); Orthothecium rufescens +(876); Lophozia badensis +(875); Timmia norvegica +(877); Cirriphyllum cirrosum 1(875).

Localisation des relevés

873-874, 877-880 : V. de la Sassièrre, les Grands Creux; 872 : les Plates du Vallonnet sur le Prariond; 875-876 : le Vallonnet de Bonneval.

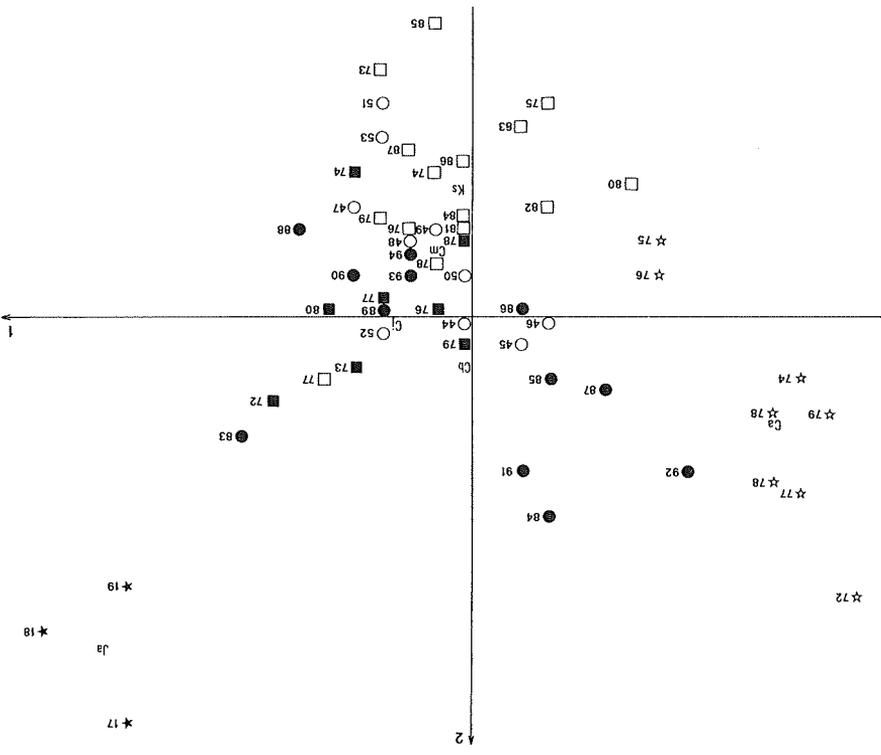
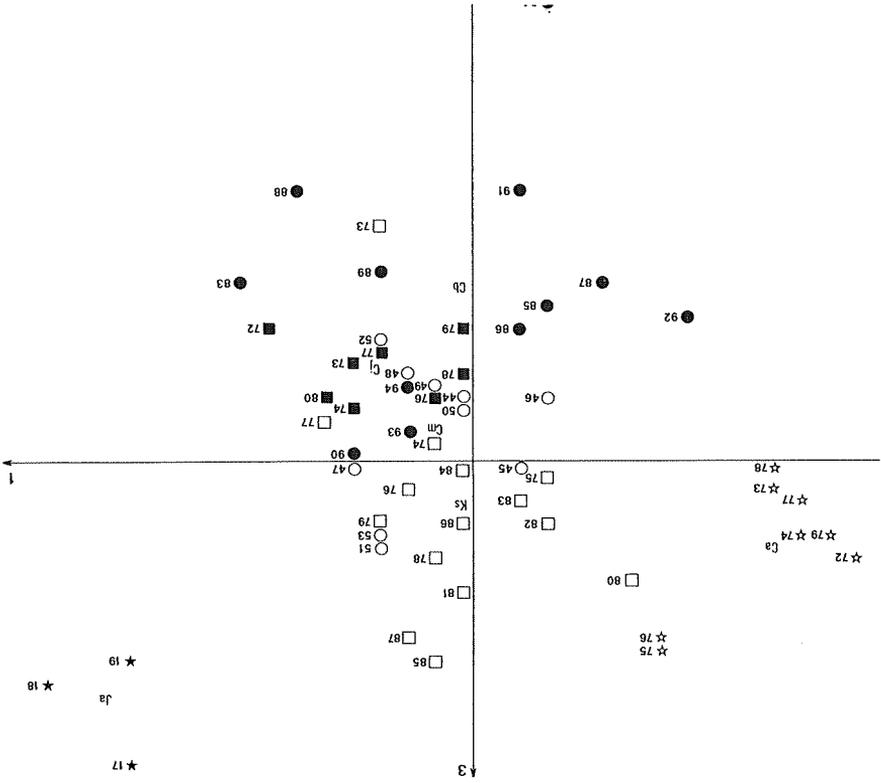
L'analyse du tableau synthétique donnant la fréquence des espèces dans les six associations ne permet pas de mettre en évidence d'espèces différentielles propres à l'une d'entre elles, tant pour nos 59 relevés savoyards, que pour les 458 relevés alpins en notre possession (3). *Minuartia sedoides* et *M. verna*, présents respectivement dans 5 et 4 de nos 9 relevés savoyards du *Caricetum atrofusco-vaginatae*, ne peuvent être considérés comme espèces différentielles de l'association à l'échelle alpine car ils ne se rencontrent dans aucun autre relevé.

On peut cependant citer comme espèces différentielles du *Kobresietum simpliciusculae* et du *Caricetum microglochinis* par rapport au *Caricetum maritimae* et au *Caricetum bicoloris*, pour l'ensemble des Alpes : *Selaginella selaginoides*, *Sesleria caerulea*, *Carex davalliana*, *C. panicea*, *Tofieldia calyculata* et *Aster bellidiastrum*. Le *Juncetum arctici* et le *Caricetum atrofusco-vaginatae* possèdent moins de caractéristiques de l'alliance que les autres associations. De plus, la seconde ne possède que deux caractéristiques de la classe. La position marginale de ces associations par rapport aux autres ressort nettement.

En général, dans un relevé, on rencontre 2, 3 ou même 4 Phanérogames caractéristiques de l'alliance. Lorsque l'un d'entre eux est nettement dominant, l'attribution du relevé à une association donnée ne pose pas trop de problèmes. Autrement, l'analyse de l'ensemble du cortège floristique et des conditions stationnelles permet de lui donner un nom. Avec des associations à une seule caractéristique et sans différentielles, on se trouve dans un cas limite de la phytosociologie. Mais les associations possédant une bonne caractéristique sont sans doute préférables à celles qui n'ont que des différentielles. Dans son analyse récente de ces associations en Islande et en Scandinavie, DIERSSEN (1982) ne donne également qu'une caractéristique et aucune différentielle pour les associations 4 à 6 de notre liste. Ces associations ne doivent pas être confondues avec des sociations : même dans la région arctique, les espèces qui les caractérisent ne sont que rarement dominantes.

Dans les analyses factorielles des correspondances portant sur chaque association, on constate que, dans l'ensemble, les relevés de France se placent entre ceux du Valais (y compris le Val d'Aoste) et ceux des Grisons. Cet ordre correspond à un gradient de développement des associations. En Valais, elles sont rares (le *Juncetum arctici*, le *Caricetum maritimae* et le *Scirpetum pumili* sont même limités au Bassin des Vièges) et peu typiques (peu d'espèces caractéristiques de l'alliance par relevé). Dans les Grisons, à l'opposé, l'alliance atteint son développement maximal par sa relative fréquence, par le nombre d'associations et par la richesse floristique des relevés en caractéristiques de l'alliance. La situation en Savoie est intermédiaire, mais plus proche de celle des Grisons. C'est en Savoie que l'individualisation des associations est la plus difficile, tant sur le terrain que par l'informatique. Il est important de souligner qu'il est impossible de distinguer des associations ou même des sous-associations propres à l'une des régions. Le *Gentianello tenellae-Caricetum microglochinis* ass. prov. et le *Seslerio-Caricetum atrofuscae* ass. prov. décrits par RICHARD et GEISSLER (1979) dans le val de Réchy, en Valais, ne méritent pas leur statut : *Gentianella tenella* et *Sesleria caerulea* n'ont qu'une valeur de différentielles très localisées.

(3) C'est la raison pour laquelle nous avons renoncé à publier un tableau synthétique des six associations.



BRAUN-BLANQUET (1971, tabl. 10) donne comme espèce caractéristique du « *Caricetum juncifoliae* » *Scutellinia scutellata* (L. ex Fr.) Lambotte (= *Lachnea scutellata* Gilib.), un champignon de l'ordre des *Pezizales* que nous avons rencontré dans plusieurs de nos relevés. D'après les données de la littérature (DENISON, 1959; SCHUMACHER, 1978 et 1979), il est commun dans les Alpes comme en Scandinavie. Il pousse, à toute altitude, sur le bois pourri, l'écorce ou le sol humide. Il s'agit donc d'une espèce largement répandue et nullement caractéristique.

IV. — ÉCOLOGIE

Dans le paragraphe précédent, nous avons défini les six associations du *Caricion bicolori-atrofuscae* présentes en Savoie. Dans celui-ci, nous allons préciser leur écologie.

A) ALTITUDE

L'altitude moyenne des 59 relevés effectués en Savoie est de 2 320 m, contre 2 160 m en Valais, 2 020 m dans les Grisons et 1 975 m dans les Alpes orientales (Autriche et Italie). On assiste ainsi à une nette décroissance d'ouest en est.

Si l'on compare les altitudes (en m) des six associations en Savoie, on obtient le tableau suivant :

	Savoie	Ja	Cj	Cb	Cm	Ks	Ca
nbre rel.	59	3	9	12	10	16	9
moyenne	2320	2160	2340	2340	2300	2290	2420
écart-type	160	230	180	180	140	130	80
minimum	2020	2020	2050	2050	2145	2140	2320
maximum	2570	2430	2480	2510	2505	2480	2570

Dans ce tableau et les suivants, Ja = *Juncetum arctici*, Cj = *Caricetum maritimae*, Cb = *Caricetum bicoloris*, Cm = *Caricetum microglochinis*, Ks = *Kobresietum simpliciusculae*, Ca = *Caricetum atrofusco-vaginatae*.

←
FIG. 2. — Résultats de l'analyse factorielle des correspondances portant sur 56 relevés de Savoie. Projections sur les axes 1-2 et 1-3.

- ★ = *Juncetum arctici*; N° des relevés = 100 + N° inscrits
- = *Caricetum maritimae*; N° des relevés = 200 + N° inscrits
- = *Caricetum bicoloris*; N° des relevés = 400 + N° inscrits
- = *Caricetum microglochinis*; N° des relevés = 700 + N° inscrits
- = *Kobresietum simpliciusculae*; N° des relevés = 900 + N° inscrits
- ☆ = *Caricetum atrofusco-vaginatae*; N° des relevés = 800 + N° inscrits

Ja, Cj, Cb, Cm, Ks et Ca indiquent le centre de gravité des associations.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

L'altitude moyenne du *Juncetum arctici* (2 160 m, 2 080 m si l'on tient compte également des 7 relevés de BRAUN-BLANQUET, 1971) est nettement en-dessous de la moyenne générale, tandis que celle du *Caricetum atrofusco-vaginatae* (2 420 m) est nettement au-dessus.

B) BIOTOPE

Les trois relevés du *Juncetum arctici* proviennent de marais de pente (moyenne 25°) en exposition SW. Ce cas est plutôt exceptionnel dans les Alpes. Les sept relevés effectués en France par BRAUN-BLANQUET (1971) proviennent de zones alluviales plates (0 à 5°), comme nos relevés du *Caricetum maritimae*, du *Caricetum bicoloris* et du *Caricetum microglochinis*. Le *Kobresietum simpliciusculae* affectionne les terrasses alluviales de faible pente (moyenne 3°) au bord des rivières, en général à l'abri des phénomènes d'érosion et de sédimentation. Le *Caricetum atrofusco-vaginatae* se rencontre presque exclusivement sur des pentes (moyenne 17°) irriguées par des sources, en exposition NW à NE et à haute altitude (milieu très froid).

C) HYDROLOGIE

Le *Caricion bicolori-atrofuscae* se rencontre toujours sur des substrats humides (légèrement humides à gorgés d'eau) alimentés par un ruisseau, une source ou une nappe phréatique. Dix-huit mesures d'eau (température, dureté totale, pH et conductivité électrique) ont été effectuées en Savoie. Le pH varie peu avec une moyenne de 8,19, un écart-type de 0,21 et des valeurs extrêmes de 7,86 et 8,60. La dureté totale, si l'on exclut une valeur excentrique (89° français; 1° français = 0,200 méq/l), donne une moyenne de 14,2, un écart-type de 10,6 et des valeurs extrêmes de 6,4 et de 46,3. Les eaux sont donc douces à moyennement dures, avec deux eaux dures (36,7 et 46,3° fr.) et une très dure (89° fr.). La conductivité électrique est très variable car elle dépend de la charge minérale et du pH de l'eau. Si l'on fait abstraction de deux valeurs extrêmes (663 et 565 µS/cm), on obtient une moyenne de 156, un écart-type de 65 et des valeurs extrêmes de 50 et 500 µS/cm.

Si l'on compare les valeurs de Savoie avec celles du Valais (26 mesures) et des Grisons (48 mesures), on obtient le tableau suivant :

régions	Savoie	Valais	Grisons
nombre de mesures	18	26	48
dureté (°français)	14.2 +/- 10.6(1)*	8.8 +/- 6.4(2)	10.9 +/- 7.9(1)
pH	8.19 +/- 0.21	8.02 +/- 0.35	7.96 +/- 0.34(1)
conductivité (µS/cm)	156 +/- 65(2)	123 +/- 91(2)	136 +/- 91(1)

* entre parenthèses : nombre de valeurs excentriques éliminées du calcul

Les trois moyennes sont plus élevées en Savoie, ce qui signifie que le *Caricion bicolori-atrofuscae* s'y montre plus basiphile qu'en Valais et dans les Grisons.

Il est impossible de donner un tableau comparatif par associations, car l'eau d'une rivière ou d'une source alimente généralement des individus de plusieurs d'entre elles. De plus l'eau partage avec la roche-mère son rôle de fournisseuse de bases et son importance doit être nuancée par les analyses pédologiques.

D) PÉDOLOGIE

Nous avons étudié les sols de 22 des 59 relevés, sur lesquels nous avons mesuré le pH (H₂O et KCl), le calcaire total et actif et la teneur en cendres à 550° des différents horizons. De plus, pour sept profils types (un par association, deux pour le *Caricetum atrofusco-vaginatae*), nous avons étudié la granulométrie et dosé les teneurs en C et N, Ca, Mg et K échangeables, Fe et Al libres. Tous possèdent une couche humifère, plus ou moins importante, reposant sur des alluvions ou des colluvions peu altérées (faible proportion d'argile). La teneur en fer libre du sol dépend directement de celle du matériau à partir duquel il se forme. Il s'agit de sols peu évolués, où l'interaction entre les horizons humifères et minéraux est faible. La description et l'interprétation des sept profils sont données dans les tableaux 7 à 13.

Si l'on compare les préférences édaphiques des six associations, on constate que :

1. La plupart des sols du *Caricetum maritimae*, du *Caricetum bicoloris* et du *Caricetum microglochinis* sont soumis, à des fréquences diverses, à des phénomènes d'érosion et de sédimentation. Ceux du *Kobresietum simpliciusculae* et du *Caricetum atrofusco-vaginatae* ne sont pas soumis à ces mêmes actions. Le *Juncetum arctici* se rencontre sur les deux types de sols.
2. Le *Caricetum bicoloris* et le *Kobresietum simpliciusculae* sont des associations calcicoles préférentielles, mais non exclusives. Les quatre autres sont indifférentes à la nature du substrat.
3. Le *Caricetum maritimae* et le *Caricetum bicoloris* poussent sur des sols peu humifères, le *Kobresietum simpliciusculae* et le *Caricetum atrofusco-vaginatae* sur des sols fortement humifères, le *Juncetum arctici* et le *Caricetum microglochinis* sur les deux types de sols.
4. Les sols du *Kobresietum simpliciusculae* et du *Caricetum atrofusco-vaginatae* possèdent une concentration de fer libre et une valeur de T élevées, contrairement aux sols des quatre autres associations.

Ces remarques sont valables non seulement pour la Savoie, mais également pour le Valais, le val d'Aoste et les Grisons.

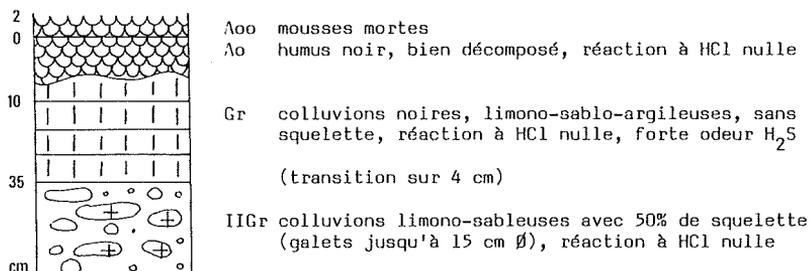
Les espèces caractéristiques du *Caricion bicolori-atrofuscae* sont faiblement concurrentielles et il est rare de les rencontrer en dehors de l'alliance, par exemple dans les bas-marais ou les pelouses alpines. Les conditions extrêmes (climat, conditions hydriques et édaphiques) dans lesquelles on les rencontre ne correspondent probablement pas à leur optimum écologique (BRESSOUD, 1980).

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

TAB. 7 : SOL DU JUNCETUM ARCTICI

3 relevés, 2 sols étudiés dont 1 en détail

station 119: Pt-St-Bernard, 2040 m, marais de sources, pente 15°, exposition SW
 eau des sources : dureté 89° fr., pH 8.0, conductivité électrique 500 µS/cm
 tout le profil est ruisselant; les racines s'enfoncent jusqu'à 30 cm



hor.	prof. (cm)	couleur	squel. (%)	GRANULOMETRIE (% T.F.)					MATIERE ORGANIQUE (%)			
				sg	sf	lg	lf	ar	PaF	C	N	C/N
Ao	0-10	10YR2/1	0	/	/	/	/	/	46	22.8	1.48	15
Gr	10-35	10YR2/1	0	11	27	26	30	6	6	3.1	0.27	11

hor.	pH H2O	pH KCl	BASES ECHANG.				pH SOL (még/100g)		CaCO ₃ (%)		Fe Al (libres, % MM)	
			Ca	Mg	K	T			total	actif		
Ao	6.7	6.0	35.9	3.46	0.42	40.0			0	0	4.17	2.15
Gr	6.4	5.7	6.5	0.67	0.10	7.3			0	0	1.86	1.44

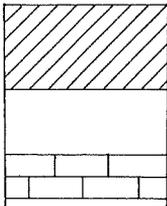
Le milieu est fortement réducteur (odeur H₂S dans l'horizon Gr). Le faible taux de fer libre dans le profil (4.17 et 1.86% MM) peut être attribué à un appauvrissement par circulation latérale. La forte proportion de C (22.8%) dans l'horizon Ao explique la valeur de T élevée (40.0%). Si le substrat est dépourvu de calcaire, l'apport en bases par l'eau de sources (dureté 89° fr., très dure) conduit à un pH proche de la neutralité, ce qui est valable pour toutes les associations du *Caricion bicolori-atrofuscae*, quel que soit le substrat. Ce sol s'apparente à une tourbe eutrophe sur gley réduit. Le *Juncetum arctici* colonise aussi des sols alluviaux minéraux; c'est le cas général en Valais et dans les Grisons. En Scandinavie et dans le Val d'Aoste, on rencontre les deux types de sols. Si le substrat est le plus souvent dépourvu de calcaire, il existe de notables exceptions dans le Val d'Aoste et l'Oberland bernois notamment (WELTEN, 1967).

Légende des tableaux pédologiques 7 à 13

- sg = sable grossier (2 000-200 µ)
- sf = sable fin (200-50 µ)
- lg = limon grossier (50-20 µ)
- lf = limon fin (20-2 µ)
- ar = argile (< 2 µ)
- PaF = perte au feu à 550 °C
- MM = matière minérale
- MO = matière organique
- couleurs : d'après code Munsell

TAB. 8 : SOL DU CARICETUM MARITIMAE

9 relevés, 3 sols étudiés dont 1 en détail
 station 272 : Mt-Cenis, La Buffet, 2050 m, marais de sources, eau courante,
 pente 25°, exposition SW
 eau des sources : dureté 18.0° fr., pH 7.9, conductivité électrique 183 μ S/cm
 tout le profil est gorgé d'eau; les racines s'enfoncent jusqu'à 14 cm

0		5% de graviers fins en surface
8		mélange gris très foncé de MO fibreuse mal décomposée (11%) et de colluvions limono-sablo-argileuses, très forte réaction à HCl
14		colluvions sableuses, très forte réaction à HCl, 20% de cailloux (jusqu'à 10 cm \varnothing) partiellement calcaires
cm		dalle calcaire

hor.	prof. (cm)	couleur	squel. (%)	GRANULOMETRIE (% T.F.)					MATIERE ORGANIQUE (%)			
				sg	sf	lg	lf	ar	PaF	C	N	C/N
A1	0-8	5Y3/1	0	11	35	17	34	4	11	7.1	0.36	20

hor.	pH H2O	pH KCl	BASES ECHANG.				pH SOL (méq/100g)		CaCO3 (%)		Fe (libres, % MM)	Al (% MM)
			Ca	Mg	K	T	total	actif				
A1	7.8	7.2	15.2	0.55	0.34	16.2	19.4	7.3	12.8	0.71		

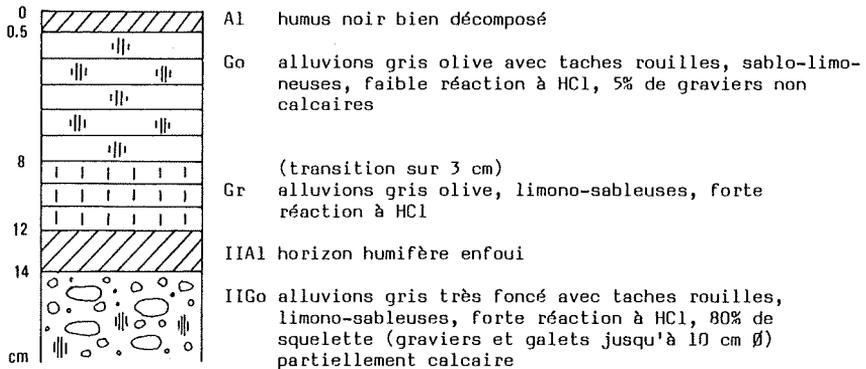
Le sol est caractérisé par une faible incorporation de MO dans les 8 premiers cm (11%), par une teneur en CaCO₃ importante (total 19.4%, actif 7.3%) et une valeur de T assez élevée (16.2 méq/100g). Le profil s'apparente à un anmoor sur colluvions calcaires.

Les deux autres sols étudiés (275 et 277), en bordure de rivière, possèdent une mince couche humifère (3 cm) reposant sur des alluvions plus ou moins riches en CaCO₃ constituées, dans l'un des cas, par 90% de squelette et, dans l'autre, par des alternances de sable grossier et fin. Il s'agit de sols alluviaux minéraux.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

TAB. 9 : SOL DU CARICETUM BICOLORIS

12 relevés, 6 profils étudiés dont 1 en détail
station 493 : Val Prariond, 2260 m, alluvions au bord de la rivière, sans apports actuels; surface du sol : 30 cm au-dessus de l'eau
 eau de la rivière : dureté 12.8° fr., pH 8.2, conductivité électrique 212 µS/cm
 le sol est humide; les racines s'enfoncent jusqu'à 15 cm



hor.	prof. (cm)	couleur	squel. (%)	GRANULOMETRIE (% T.F.)					MATIERE ORGANIQUE (%)			
				sg	sf	lg	lf	ar	PaF	C	N	C/N
Go	0.5-8	5Y4/2	5	24	52	16	8	0	1.9	0.85	0.08	11
Gr	8-12	5Y4/2	0	35	48	31	16	2	2.5	0.92	0.07	13
IIGo	>14	2.5Y3/2	80	32	44	15	9	1	2.8	2.00	0.09	22

hor.	pH H2O	pH KCl	BASES ECHANG. pH SOL (méq/100g)				CaCO3 (%)		Fe Al (libres, % MM)	
			Ca	Mg	K	T	total	actif	Fe	Al
Go	7.9	7.2	3.09	0.16	0.08	3.39	1.7	0.25	4.32	0.16
Gr	7.6	7.3	3.79	0.18	0.08	4.13	1.5	0.25	3.43	0.25
IIGo	7.8	7.6	4.14	0.21	0.09	4.52	8.5	0.75	7.81	0.18

Les sols du Caricetum bicoloris sont généralement constitués d'une mince couche humifère (1 à 5 cm) reposant sur des alluvions sablo-graveleuses humides avec des taches rouilles (mobilisation et concentration locales de Fe⁺⁺⁺). Le squelette peut, déjà à quelques cm de profondeur, devenir important (jusqu'à 80%). Le substrat est presque toujours calcaire.

Le sol 493 est caractérisé par une alternance de couches de texture différente. L'horizon limono-sableux est dépourvu de taches rouilles (l'oxygénation est insuffisante à cause de la texture fine). Un horizon humifère enfoui nous révèle d'anciens phénomènes d'érosion-sédimentation. Le profil s'apparente à un gley calcaïque peu humifère.

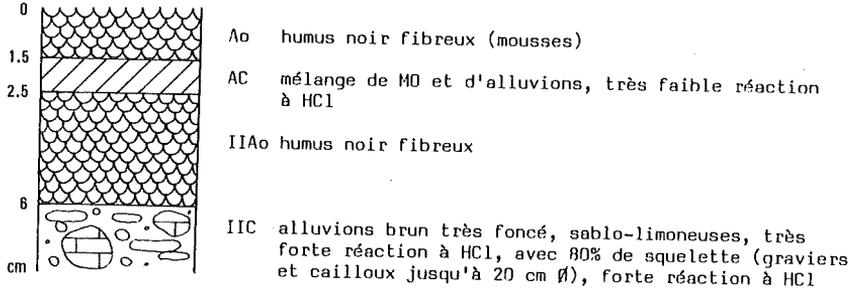
Le sol 490 est tout à fait exceptionnel pour cette association. En bordure de source, gorgé d'eau, il est constitué de 19 cm de tourbe mésotrophe fibreuse, où se reconnaît encore aisément Cratoneuron commutatum, reposant sur des alluvions sablo-graveleuses dépourvues de calcaire. Les 4 premiers cm sont noirs, les 14 suivants, très mal décomposés, bruns.

TAB. 10 : SOL DU CARICETUM MICROGLOCHINIS

10 relevés, 1 profil étudié en détail

station 747 : Val Prariond, 2255 m, à 5 m de la rivière, alluvionnement nul, pente nulle

eau de la rivière : dureté 36.7° fr., pH 8.1, conductivité électrique 663 μ S/cm
le sol est humide; les racines s'enfoncent jusqu'à 6 cm



hor.	prof. (cm)	couleur	squel. (%)	GRANULOMETRIE (% T.F.)					MATIERE ORGANIQUE (%)			
				sg	sf	lg	lf	ar	PaF	C	N	C/N
IIAo	2.5-6	5Y2.5/2	0	/	/	/	/	/	37	17.9	1.18	15
IIC	>6	2.5Y3/2	80	33	41	14	11	1	4.3	3.1	0.14	22

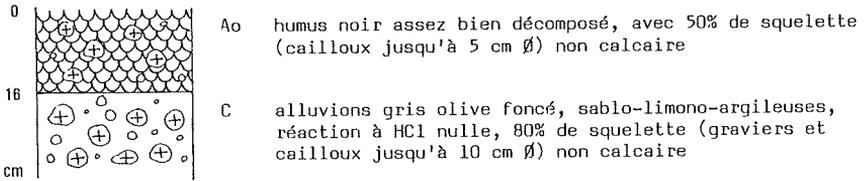
hor.	pH H2O	pH KCl	BASES ECHANG.		pH SOL (még/100g)		CaCO3 (%)		Fe Al (libres, %MM)	
			Ca	Mg	K	T	total	actif		
IIAo	6.5	6.3	34.9	7.74	0.24	33.1	0	0	21.0	0.67
IIC	7.7	7.6	5.2	0.57	0.09	5.9	12.9	1.0	11.3	0.23

Un seul sol a été étudié, mais il peut être considéré comme représentatif de l'association. L'horizon humifère, assez épais (6 cm), fibreux, à T élevé (33.1 még/100g), est une tourbe eutrophe. Elle est contaminée entre 1.5 et 2.5 cm par des alluvions. Tout le profil est riche en fer libre (21.0 et 11.3%MM). L'horizon minéral possède un squelette important (80%), ce qui est peu fréquent chez cette association, et une teneur en CaCO3 moyenne (total 12.9%, actif 1.0%). Le sol s'apparente à une tourbe eutrophe sur alluvions calcaires.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

TAB. 11 : SOL DU KOBRESIETUM SIMPLICIUSCULAE

16 relevés, 5 sols étudiés dont 1 en détail
station 979 : entre l'Ecôt et le Vallonnet, Ruisseau de Frasse, 2210 m, marais de sources, pente 3°, exposition NW
 eau des sources : dureté 9.3° fr., pH 8.1, conductivité électrique 138 μ S/cm
 le sol est humide; les racines s'enfoncent jusqu'à 20 cm



hor.	prof. (cm)	couleur	squel. (%)	GRANULOMETRIE (% T.F.)					MATIERE ORGANIQUE (%)			
				sg	sf	lg	lf	ar	PaF	C	N	C/N
Ao	0-16	10YR2/1	5	/	/	/	/	/	38	19.2	1.52	13
C	>16	5Y3/2	80	35	35	13	13	5	8	3.2	0.30	11

hor.	pH H2O	pH KCl	BASES ECHANG. pH SOL (méq/100g)				CaCO3 (%)		Fe (libres, %MM)	Al (%MM)
			Ca	Mg	K	T	total	actif		
Ao	6.7	5.9	31.9	3.29	0.26	35.7	0	0	15.1	3.31
C	7.1	6.2	8.9	0.97	0.09	10.0	0	0	16.8	1.17

Le sol s'apparente à une tourbe eutrophe sur alluvions gossières. La couche humifère est importante (16 cm), possède une matière organique assez bien décomposée et une valeur de T élevée (35.7 méq/100g). Tout le profil est riche en fer libre (15.1 et 16.8%MM).

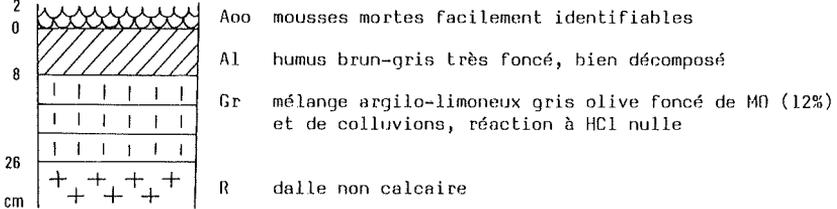
Sur les 5 sols étudiés, 2 reposent sur des alluvions non calcaires, 2 sur des alluvions moyennement calcaires (calcaire total : 10.2 et 16.1%, calcaire actif : 1.13 et 0.75%) et 1 sur des alluvions fortement calcaires (calcaire total : 39.4%, calcaire actif : 3.25%). L'association ne saurait être taxée de basiphile exclusive.

LE CARICION BICOLORI-ATROFUSCAE

TAB. 12 : 1er SOL DU CARICETUM ATROFUSCO-VAGINATAE

9 relevés, 5 sols étudiés dont 2 en détail

station 872 : les Plates du Vallonnet sur le Prariond, 2570 m, pente humide, pente 20°, exposition NW
sol humide; les racines s'enfoncent jusqu'à 20 cm



hor.	prof. (cm)	couleur	squel. (%)	GRANULOMETRIE (% T.F.)					MATIERE ORGANIQUE (%)			
				sg	sf	lg	lf	ar	PaF	C	N	C/N
Al	0-8	2.5Y3/2	0	1	16	18	43	21	22	9.6	0.86	11
Gr	8-26	5Y3/2	0	2	22	22	39	15	12	3.9	0.37	11

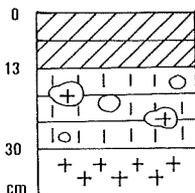
hor.	pH H2O	pH KCl	BASES ECHANG.		pH SOL (méq/100g)		CaCO3 (%) total actif	Fe Al (libres, % MM)		
			Ca	Mg	K	T				
Al	7.3	6.3	18.0	5.8	0.16	24.0	0	0	45.4	2.48
Gr	7.7	6.9	10.5	3.6	0.09	14.3	+	0	41.6	2.66

Ce sol se distingue de tous les autres étudiés par sa proportion d'argile (21 et 15 %), par sa valeur de T élevée (24.0 et 14.3 %) et surtout par sa forte teneur en fer libre (45.4 et 41.6%MM). Il s'apparente à une tourbe eutrophe sur gley réduit.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

TAB. 13 : 2e SOL DU CARICETUM ATROFUSCO-VAGINATAE

station 876 : le Vallonnet de Bonneval, 2320 m, marais de sources, replat humifère parmi les rochers suintants, pente 40°, exposition NE
 eau des sources : dureté 9.8° fr., pH 8.5, conductivité électrique 152 µS/cm
 sol gorgé d'eau; les racines s'enfoncent jusqu'à 30 cm

0		A1C mélange noir de MO (8.1%) et de colluvions sablo-limono-argileuses, réaction à HCl nulle
13		Gr colluvions gris olive foncé, sablo-limono-argileuses, réaction à HCl nulle, 30% de squelette (graviers et quelques cailloux jusqu'à 10 cm Ø) non calcaire
30		R roche peu calcaire
cm		

hor.	prof. (cm)	couleur	squel. (%)	GRANULOMETRIE (% T.F.)					MATIERE ORGANIQUE (%)			
				sg	sf	lg	lf	ar	PaF	C	N	C/N
A1C	0-13	5Y2.5/2	0	46	31	9	10	5	8.1	4.03	0.43	9
Gr	13-30	5Y3/2	30	38	36	11	11	4	4.2	1.76	0.23	8

hor.	pH H2O	pH KCl	BASES ECHANG.				pH SOL (mécq/100g)	CaCO3 (%) total actif	Fe Al (libres, % MM)	
			Ca	Mg	K	T			Fe	Al
A1C	7.6	7.1	9.4	0.77	0.10	10.4	0	0	13.9	0.39
Gr	7.5	6.9	5.4	0.50	0.08	6.1	0	0	13.5	0.53

Le sol est une tourbe eutrophe sur gley réduit, caractérisée par un mélange homogène de matière organique bien décomposée (teneur en C faible : 4.03 et 1.76 %) et de colluvions sablo-limono-argileuses. Le sol est riche en fer libre (13.9 et 13.5% MM), mais nettement moins que le sol précédent. De même, la teneur en argile et la valeur de T sont moindres.

Les 5 profils étudiés reposent sur des colluvions pauvres en calcaire, mais l'association se rencontre également sur des substrats basiques en Valais (RICHARD et GEISSLER, 1979).

Les associations du *Caricion bicolori-atrofuscae* sont des associations spécialisées ne pouvant se développer que dans les rares milieux susceptibles de leur convenir qui ne leur soient pas disputés par d'autres groupements. Leur caractère de reliques arctiques est à la fois historique et écologique.

E) RECOUVREMENT ET NOMBRE D'ESPÈCES

Le tableau suivant donne le recouvrement moyen des strates herbacée (y compris les chaméphytes ligneux et les jeunes phanérophytes) et muscinale et le nombre moyen de Phanérogames et de Bryophytes des six associations :

associations	Ja	Cj	Cb	Cm	Ks	Ca	moy.
nbre de relevés	3	9	12	10	16	9	
rec. str.herb. (%)	65	77	65	82	92	74	79
rec. str.musc. (%)	93	63	39	34	22	45	41
somme (%)	158	140	104	116	114	119	120
nbre Phanérogames	16.6	14.3	13.8	14.5	17.0	14.0	15.1
nbre Bryophytes	3.0	3.2	3.7	3.7	4.3	6.4	4.1
somme	19.6	17.5	17.5	18.2	21.3	20.4	19.2

Dans le *Juncetum arctici* et le *Caricetum maritimae*, le recouvrement additionné des deux strates est maximal (158 et 140 %). Dans les quatre autres associations, le recouvrement des deux strates est inversement proportionnel : le *Kobresietum simpliciusculae*, qui a une strate herbacée presque fermée (92 %), possède une strate muscinale très réduite (22 %).

Le nombre moyen des Phanérogames (15.1) et des Bryophytes (4.1) peut être considéré comme faible, mais il ne faut pas oublier que la surface moyenne d'un relevé n'est que de 4 m² et qu'il s'agit de milieux très spécialisés. Le nombre d'espèces, surtout celui des Bryophytes, n'est pas proportionnel au recouvrement. C'est le *Caricetum atrofusco-vaginatae* qui montre la plus grande richesse muscinale (6.4 espèces par relevé en moyenne).

F) FORMES BIOLOGIQUES

On peut distinguer cinq formes biologiques parmi les espèces rencontrées dans le *Caricion bicolori-atrofuscae* :

Z = chaméphytes ligneux (*Salix herbacea*...), auxquels on ajoute les phanérophytes qui, dans nos relevés, ne dépassent jamais 30 cm (*Salix foetida*, *S. nigricans*...).

C = chaméphytes herbacés.

H = hémicryptophytes.

G = géophytes.

T = thérophytes.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

Dans le calcul du pourcentage des cinq formes biologiques pour chaque association, les résultats sont très différents selon que l'on tient compte :

- du nombre d'espèces de chaque forme,
- de la somme des présences des espèces de chaque forme,
- de la somme des taux de recouvrement des espèces de chaque forme (après transformation des coefficients d'abondance-dominance de la façon suivante :
r = 0 %; + = 1 %; 1 = 2 %; 3 = 40 %; 4 = 60 % et 5 = 80 %).

Les deux premières méthodes donnent des résultats à peu près identiques et des pourcentages semblables pour les six associations.

Les moyennes sont :

formes biologiques	Z	C	H	G	T
1ère méthode	8.3	10.3	59.0	19.2	3.3
2e méthode	9.2	14.2	54.0	21.5	1.3

Par la troisième méthode de calcul, par contre, les spectres des six associations sont nettement distincts, ce qui signifie que les espèces de chaque forme biologique présentent des recouvrements différents d'une association à l'autre, même si leur nombre et leur fréquence varient peu de l'une à l'autre.

ASSOC.	NBRE REL.	FORMES BIOLOGIQUES				
		Z	C	H	G	T
Ja	10	4	4	34	57	0.6
Cj	9	14	8	41	37	0.3
Cb	12	12	17	36	35	0.4
Cm	10	8	19	38	36	0
Ks	16	3	8	61	28	0.2
Ca	9	20	19	42	19	0
moyenne	66	10.2	12.5	42.0	35.3	0.2

Les thérophytes jouent un rôle négligeable (0 à 0,6 %) facilement explicable par l'altitude. La principale différence entre associations porte sur les fréquences respectives des hémicryptophytes et des géophytes.

Le *Caricetum maritimae*, le *Caricetum bicoloris* et le *Caricetum microglochinis* ont des spectres proches, avec un pourcentage de H et de G à peu près semblable (environ 37 %). Dans le *Juncetum arctici* (nous avons tenu compte non seulement de nos trois relevés, mais également des sept de BRAUN-BLANQUET 1971), les G sont nettement dominants (57 %) par rapport aux H (34 %), tandis que le *Kobresietum simpliciusculae* présente le rapport inverse avec 61 % de H et 28 % de G. Le *Caricetum atrofusco-vaginatae* présente un spectre assez proche

de celui du *Kobresietum simpliciusculae*, mais les chaméphytes herbacés et ligneux sont plus abondants.

De façon générale, on peut dire que la décroissance des géophytes de la première à la dernière association correspond à une augmentation de la stabilité du milieu par diminution des phénomènes d'érosion et de sédimentation.

V. — DESTRUCTION ET PROTECTION

Depuis le milieu de notre siècle, l'influence humaine cause à la nature alpine des destructions de plus en plus considérables. On en connaît les raisons : extension du réseau routier, développement sans contrôle des stations touristiques, surtout hivernales, construction sans ménagement de remontées mécaniques, barrages hydro-électriques. C'est tout un ensemble de causes de bouleversements et de destructions d'un milieu naturel d'une grande richesse biologique et paysagère. Face à des bénéfices substantiels, que peut la protection de la nature et quelle nature alpine laisserons-nous à nos descendants ?

Voici la liste des stations du *Caricion bicolori-atrofuscae* disparues en Savoie. Toutes, sauf deux, ont été détruites par l'homme.

1) Vallon du Clou

Un barrage doit transformer le vallon en retenue et anéantir un site d'une grande richesse floristique.

2) Lac de Tignes

Le lac naturel de Tignes, à 2 085 m, est maintenant fortement urbanisé sur son pourtour. Une partie des marais a été transformée en court de tennis. En 1960, lors de la Session de la Société botanique de France en Savoie, les participants avaient pu noter : *Carex maritima*, *C. capillaris*, *Kobresia simpliciuscula*, *Juncus arcticus*, *J. triglumis*, *Eleocharis quinqueflora*. En 1982, nous ne les avons pas revus sur les bords ouest du lac.

3) Tignes

Près du village, maintenant submergé par les eaux du barrage du Chevril, on pouvait trouver sur les rives de l'Isère : *Scirpus pumilus*, *Carex bicolor*, *C. microglochin*, *C. capillaris*.

4) La Daille

Ce hameau est situé en amont des gorges de l'Isère. En 1960, les participants de la Session de la Société botanique de France visitèrent en bordure de la route départementale 902 un biotope intéressant avec *Juncus arcticus*, *Carex bicolor*, *Kobresia simpliciuscula*. La Daille est maintenant presque totalement urbanisée : les berges de l'Isère ont été rectifiées et les marécages n'existent plus.

5) La Sassière

Le lac de la Sassière a été exhaussé par un barrage assez important. EVRARD et CHERMEZON (1917) avaient noté autour du lac : *Carex maritima*, *C. bicolor*, *Tofieldia pusilla*. *Juncus arcticus*, qui existait près du lac, a disparu à la suite de travaux plus récents.

6) Col de l'Iseran

Les nouvelles remontées mécaniques sur les pentes du Signal de l'Iseran ont détruit la station de *Carex maritima* et de *Kobresia simpliciuscula*.

7) Vallon de la Lenta

Voici quelques années, la réfection du chemin allant du Pont St-Barthélemy aux Druges en passant par le pont de Cueigne et les travaux autour de ce pont ont fait disparaître une station de *Carex maritima*, *C. bicolor* et *C. microglochin* dans les sables humides de la rive gauche de la Lenta.

8) Confluent du Ribon et de l'Arc

Cette station sur le Ribon, presque au confluent de ce torrent avec l'Arc, comprenait d'après LE BRUN (1954) : *Carex atrofusca*, *C. bicolor*, *C. maritima*, *C. microglochin*. Cette station a probablement disparu en juin 1975 lors de la crue catastrophique qui ravagea la Maurienne et dans une moindre mesure la Tarentaise. Cette station aurait de toute façon disparu : les eaux du Ribon sont présentement détournées et à cet endroit il ne s'écoule plus qu'un mince filet d'eau au milieu des berges bouleversées.

9) Le Mont-Cenis

Le lac naturel du Mont-Cenis avait déjà été surélevé vers 1920 par un petit barrage, causant la disparition de la flore circumlacustre. Grâce aux relevés de plusieurs botanistes, nous savons que les marais autour du lac abritaient *Carex maritima*, *C. bicolor*, *C. microglochin*, *C. capillaris*, *C. dioica*, *Eleocharis quinqueflora*, *Juncus triglumis*. L'achèvement du nouveau barrage en 1960 augmentait la superficie du lac de 270 à 669 hectares. Le beau marais de la Grande Croix était alors submergé à son tour. Il comprenait les espèces suivantes : *Carex bicolor*, *C. maritima*, *C. microglochin*, *Kobresia simpliciuscula*, *Eleocharis quinqueflora*.

10) Plan du Lac sur Termignon

En 1981, nous n'avons pas retrouvé à Plan du Lac la station du *Caricion bicolori-atrofuscae* située à l'extrémité nord du lac. Il semble s'agir d'une disparition naturelle due à un assèchement progressif.

11) Pont de la Rocheure

D'après AMANDIER et GASQUEZ (1978), la reconstruction du Pont de la Rocheure a entraîné la disparition d'une belle station du *Caricion bicolori-atrofuscae*, dont nous ne connaissons pas la composition floristique.

12) Les Allues

La station à *Carex bicolor* et *C. maritima* du Plan du Fruit a en grande partie été détruite par l'ouverture d'une gravière.

Un arrêté ministériel, paru au Journal officiel en mai 1982, stipule, pour tout le territoire français, un certain nombre d'interdictions concernant la faune et la flore. Il est dorénavant interdit de détruire, cueillir, récolter, utiliser, transporter, céder à titre gratuit ou onéreux, acheter, un certain nombre d'espèces animales et végétales, dont la liste est donnée. Parmi ces espèces, on relève : *Carex atrofusca*, *C. bicolor*, *C. microglochin*, *Tofieldia pusilla*. Il est regrettable que *Carex maritima*, *Scirpus pumilus*, *Kobresia simpliciuscula* et *Juncus arcticus* n'y figurent pas.

Cette liste de 380 espèces, malgré ses oublis, a le mérite d'exister. Si elle était suivie d'effet, elle permettrait la conservation des biotopes des espèces protégées, notamment les marais du *Caricion bicolori-atrofuscae*. C'est aux naturalistes à veiller à la survie des espèces protégées en informant le public et les autorités, car eux seuls sont capables de les déterminer et connaissent leurs stations.

La protection de la flore alpine dans le Sud-Est de la Savoie connaît, en plus des difficultés de la protection de la nature en général, des problèmes particuliers dus à la coexistence dans le Parc national de la Vanoise de zones protégées et de stations hivernales dont le développement souvent anarchique s'opère au détriment d'un milieu naturel d'un grand intérêt biologique et paysager. On peut regretter ici les imperfections de la législation française au sujet de la protection dans les Parcs nationaux.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent à la Direction du Parc national de la Vanoise pour les facilités accordées, à M. A. BENOIT, chef de secteur du Parc à Tignes, et au Professeur P. GENSAC, qui nous ont accompagnés sur le terrain, au Professeur J.L. RICHARD qui nous a accompagnés et a critiqué le manuscrit, à M^{me} P. GEISSLER pour son aide en bryologie, au Professeur J.C. VEDY qui nous a permis d'effectuer certaines analyses au laboratoire de Pédologie de l'EPF de Lausanne, à M. H. SPALTENSTEIN pour ses conseils en pédologie et à M. R. DELARZE pour son assistance informatique.

BIBLIOGRAPHIE

- AMANDIER (L.) et GASQUEZ (J.), 1978. — Contribution à l'étude phyto-écologique et floristique du Vallon de la Rocheure (Parc National de la Vanoise). *Boissiera*, 27, 153 p. + 2 cartes h.t.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- ARWIDSSON (T.), 1943. — Studien über die Gefässpflanzen in den Hochgebirgen der Pite Lappmark. *Acta phytogeogr. suec.*, 17, 274 p., 16 pl. h.t.
- BRAUN-BLANQUET (J.), 1918. — Schedae ad floram raeticam exsiccatam. Lief. 1. *Jahresber. Nat. Ges. Graubünden*, 58, 32 p.
- BRAUN-BLANQUET (J.), 1949. — Uebersicht der Pflanzengesellschaften Rätians (III). *Vegetatio*, 1 (3) : 285-316.
- BRAUN-BLANQUET (J.), 1954. — La végétation alpine et nivale des Alpes françaises. *Rec. Trav. bot. Etage alpin*, 72 p. (Comm. SIGMA 125).
- BRAUN-BLANQUET (J.), 1967 a. — Vegetationsskizzen aus dem Baskenland mit Ausblicken auf das weitere Ibero-Atlantikum. 2. Teil. *Vegetatio*, 14 : 1-126 + 11 pl. h.t. (Comm. SIGMA 174).
- BRAUN-BLANQUET (J.), 1967 b. — Une association boréo-arctique nouvelle pour les Alpes françaises, le *Kobresietum simpliciusculae*. *Contr. bot. Cluj*, 4 : 47-52 (Comm. SIGMA 175).
- BRAUN-BLANQUET (J.), 1971. — Uebersicht der Pflanzengesellschaften der rätischen Alpen im Rahmen ihrer Gesamtverbreitung. III. Flachmoorgesellschaften (*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*). *Veröff. Geobot. Inst. Rübel*, 46, 70 p. + 12 pl. h.t. (Comm. SIGMA 190).
- BRAUN-BLANQUET (G.) et BRAUN-BLANQUET (J.), 1931. — Recherches phytogéographiques sur le massif du Gross-Glockner (Hohe Tauern). *Rev. Géogr. Alpes*, 19 (3) : 675-735.
- BRESSOUD (B.), 1980. — La végétation du bas-marais de l'Ar du Tsan (Val de Réchy, 2 185 m, Nax, Valais). *Bull. Murithienne*, 97 : 3-24.
- BRIQUET (J.), 1906. — Le développement des flores dans les Alpes occidentales, avec aperçu sur les Alpes en général. *Congrès int. Bot. Vienne*, 1905 : 130-173.
- DENISON (W.C.), 1959. — Some species of the genus *Scutellinia*. *Mycologia*, 51 (5) : 605-635.
- DIERSSEN (K.), 1977. — Zur Soziologie von *Carex maritima* Gunn. *Mitt. flor.-soz. Arbeitsgemein.* N.F., 19-20 : 297-312.
- DIERSSEN (K.), 1982. — Die wichtigsten Pflanzengesellschaften der Moore NW-Europas. Ed. Cons. et Jardin bot. Genève, publ. hors-série, 6, 382 + 32 p. + 27 pl. h.t.
- DIERSSEN (K.) et DIERSSEN (B.), à paraître. — Corresponding *Caricion bicolori-atrofuscae* — communities in Western Greenland, Northern Europe and the alpine belt of central european mountains.
- DOYLE (H.), 1952. — Associations végétales des alluvions sablonneuses d'un barrage morainique au Valsorey (Valais). *Bull. Soc. bot. Genève*, 42-43 : 16-30.
- EVARD (F.) et CHERMEZON (H.), 1917. — Sur la flore de la Haute-Tarentaise. *Bull. Soc. bot. France*, 64 : 163-202.
- EVARD (F.) et CHERMEZON (H.), 1918. — La végétation de la Haute-Tarentaise. *Bull. Soc. bot. France*, 65 : 153-209.
- FRIEDEL (H.), 1956. — Die alpine Vegetation des obersten Mölltales (Hohe Tauern). Erläuterungen zur Vegetationskarte der Pasterze (Grossglockner). *Wiss. Alpenvereinshefte*, 16, 153 p. + 12 pl. h.t.
- FRITSCH (R.), 1979. — De l'intérêt historique et floristique du vallon du Clou sur la commune de Sainte Foy-Tarentaise. *Bull. Hist. nat. Savoie*, 107 : 13-31.
- GAMS (H.), 1951. — Note complémentaire sur les Evettes et l'Ouille du Midi. *Bull. Soc. bot. France*, 98 : 100-101.
- GENSAC (P.), 1974. — Catalogue écologique des plantes vasculaires du Parc National de la Vanoise et des régions limitrophes. *Trav. sci. Parc nation. Vanoise*, IV, 232 p.
- GENSAC (P.), 1978 a. — Les marais baso-neutrophiles (*Caricetalia davallianae* Br.-B1. 1949) du Massif de la Vanoise. *Saussurea*, 9 : 143-158.

- GENSAC (P.), 1978 b. — Observations thermométriques de 1973 à 1976 dans le Parc National de la Vanoise. Conséquences biologiques. *Trav. sci. Parc nation. Vanoise*, IX : 9-24.
- GENSAC (P.) et TROTIEREAU (A.), 1983. — Flore et végétation du vallon de l'Iseran et du Val Prariond. *Trav. sci. Parc nation. Vanoise*, XIII : 129-149.
- GROLLE (R.), 1976. — Verzeichnis der Lebermoose Europas und benachbarter Gebiete. *Feddes Repert.*, 87 (3-4) : 171-279.
- HARTL (H.), 1974. — Zur Oekologie und Soziologie des *Kobresietum simpliciusculae* in der Grossfragant (Mölltal, Hohe Tauern). *Carinthia*, II, 164 : 293-298.
- LE BRUN (P.), 1954. — Nouvelles contributions à l'étude de la flore du Sud-Est de la France. *Bull. Soc. bot. France*, 101 : 8-11.
- LE ROY LADURIE (E.), 1967. — *Histoire du climat depuis l'an mil*. Flammarion, Paris.
- LID (J.), 1954. — *Carex bicolor* in Southern Norway. *Nytt. Mag. Bot.*, 3 : 147-158.
- MARTONNE (E. de), 1928. — Conditions physiques du peuplement des hautes montagnes. *Soc. Biogéogr.*, 26 : 9-15.
- NORDHAGEN (R.), 1927. — Die Vegetation und Flora des Sylenegebiets. Eine pflanzenzoologische Monographie. *Skr. norske Vidensk.-Akad. Oslo*, I. Mat.-Natv., Kl. 1, IX + 612 p.
- NORDHAGEN (R.), 1935. — Om *Arenaria humifusa* Wg. og dens betydning for utforskningen av Skandinavias eldste floraelement. *Bergens Mus. Arb., Natv. rk.*, 1, 183 p. + 11 pl. h.t.
- NORDHAGEN (R.), 1936. — Versuch einer neuen Einteilung der subalpinen-alpinen Vegetation Norwegens. *Bergens Mus. Arb., Natv. rk.*, 7, 88 p.
- NORDHAGEN (R.), 1943. — Sikilsdalen og Norges Fjellbeiter. En plantesosiologisk monografi. *Bergens Mus. Skrift.*, 22, XVI + 607 p.
- NORDHAGEN (R.), 1955. — Studies on some plant communities on sandy river banks and seashores in Eastern Finmark. *Arch. Soc. Vanamo*, 9, Suppl. : 207-225.
- RICHARD (J.-L.), 1975. — Première approche de la végétation de l'étage alpin du val d'Anniviers (Alpes valaisannes, Suisse). *Doc. Phytosoc.*, 9-14 : 223-236.
- RICHARD (J.-L.), 1978. — La végétation du Haut-Val de Réchy. *Bull. Murithienne*, 95 : 3-8.
- RICHARD (J.-L.) et GEISSLER (P.), 1979. — A la découverte de la végétation des bords de cours d'eau de l'étage alpin du Valais (Suisse). *Phytocoenologia*, 6 : 183-201.
- SCHUMACHER (T.), 1978. — Operculate discomycetes (*Pezizales*) on river banks in Norway. *Norw. J. Bot.*, 25 : 207-220.
- SCHUMACHER (T.), 1979. — Notes on taxonomy, ecology, and distribution of operculate discomycetes (*Pezizales*) from river banks in Norway. *Norw. J. Bot.*, 26 : 53-83.
- SMITH (A.J.E.), 1980. — *The moss flora of Britain and Ireland*. 5^e éd. Cambridge University Press, Cambridge, 706 p.
- TROTIEREAU (A.), 1981. — Esquisses de quelques particularités phytogéographiques de la flore du sud-est de la Savoie. *Trav. sci. Parc nation. Vanoise*, IX : 91-112.
- TUTIN (T.G.) et al., éd., 1964-1980. — *Flora europaea*. Vol. 1 à 5. Cambridge University Press, Cambridge.
- VOLK (O.H.), 1938-1939. — Soziologische und ökologische Untersuchungen an der Auenvvegetation im Churer Rheintal und Domleschg. *Jb. Naturf. Ges. Graubünd.*, 76 : 29-79 + 3 pl. h.t. (Comm. SIGMA 72).
- WELTEN (M.), 1967. — *Juncus arcticus* Willd. in den nördlichen Schweizeralpen und der Bastard *Juncus arcticus* Willd. × *filiformis* L. neu in den Alpen. *Bauhinia*, 3 (2) : 345-357.
- YERLY (M.), 1963. — Etude sur la végétation de la plaine de Mattmark. *Ber. Geobot. Inst. ETH*, 34 : 122-132.

PRÉSENCE D'UNE ESPÈCE
D'ARMILLAIRE (AGARICALE) :
ARMILLARIA CEPESTIPES VEL.
F. PSEUDOBULBOSA ROMAG. ET MARXM.
DANS L'*ALNETUM VIRIDIS*
DE LA HAUTE VALLÉE DE CHAMPAGNY
(VANOISE) (1)

par M^{lle} Denise LAMOURE (2)

Résumé. — L'auteur décrit ses récoltes de l'*Alnetum viridis*, souligne les caractères signalétiques de l'espèce en question, déterminée à la fois d'après les caractères morphologiques macro- et microscopiques des carpophores, et d'après le comportement de ses haplontes intercompatibles avec ceux de la souche européenne de référence. Les questions posées quant au mode de vie de cette espèce, vue pour la première fois dans l'*Alnetum viridis* : saprophyte ou parasite de faiblesse, restent pour le moment sans réponse.

Mots-clés : *Agaricale*, *Armillaria gr. mellea*, *Alnetum viridis*, *saprophyte*, *parasite de faiblesse*.

Summary. — ABOUT THE PRESENCE OF A SPECIES OF *ARMILLARIA* (AGARICALE) : *ARMILLARIA CEPESTIPES* VEL. *F. PSEUDOBULBOSA* ROMAGN. & MARXM. IN THE *ALNETUM VIRIDIS* OF THE CHAMPAGNY HIGH-VALLEY.

The author describes her collections from the *Alnetum viridis*, emphasizes the more striking characters of the fruitbodies, used to recognize this species between others of the *Armillaria mellea* complex. According to the feature of the matings, the haplonts are entirely intercompatible with those used as reference strain for *A. cepestipes* f. *pseudobulbosa* : these results confirm the accuracy of the identification, established on the basis of morphological characters of the fruitbodies and of biological behaviour of this *Armillaria* : probably saprophytic, may be also parasitic on weakened trees.

Key-words : *Agaricales*, *Armillaria mellea complex*, *Alnetum viridis*, *saprophytic*, *parasitic* on weakened trees.

(1) Recherches sous contrat PNV 8/82 et 5/83.

(2) Université Claude Bernard, Département de Biologie végétale, Laboratoire de Mycologie associé au C.N.R.S. 43, boulevard du 11 Novembre 1918, F 69622 VILLEURBANNE CEDEX.

Il s'agit là d'une espèce d'Armillaire du groupe *mellea* dont la présence en 1982 dans l'aulnaie du Fugeray a retenu notre attention à plus d'un titre. Nous n'avions jusqu'alors jamais rencontré d'« Armillaire de miel » dans l'*Alnetum viridis*, association que nous visitons pourtant presque tous les ans dans diverses vallées des Alpes, et R. KÜHNER, dont l'expérience est plus longue et plus ancienne que la nôtre, questionné à ce sujet, nous répondit ne pas avoir remarqué cette Agaricale sous les Aulnes verts, en d'autres lieux, comme par exemple dans la haute vallée du Giffre où il a séjourné tous les automnes entre 1948 et 1960. Par contre, J. FAVRE, dans son étude des Champignons supérieurs de la zone subalpine du Parc National Suisse, dit d'*Armillaria mellea* « elle pénètre... dans les aulnais de Bugliauna à S-chanf, 1 750 m, du Val Tavrü et du Val Laschadura à 1 900 m, et, dans la dernière en abondance » et il ajoute « ces trois localités, sont les seules au Parc National où j'ai observé *Armillaria mellea* sur feuillu ».

Concernant l'aulnaie du Fugeray, il convient de préciser que nous l'avons explorée pour la première fois, en 1982. Nous avons pourtant souvent recherché des Agaricales dans ces magnifiques aulnais revêtant les pentes nord de la haute vallée de Champagny, mais nous n'avions jamais dépassé « les Torches », car le fond étroit de la vallée du Doron et de ses affluents torrentueux sous le premier verrou est, presque chaque année, rempli tout l'été de restes très abondants d'avalanche difficiles à traverser sans danger; l'accès à flanc de coteau depuis l'aval n'est pas plus praticable, car il faut franchir les profondes entailles des torrents sur des dalles inclinées, véritables miroirs de stratification, et de plus constamment mouillées. Mais, par chance, fin août-début septembre 1982, la fonte des neiges était quasi totale et les quelques restes de coulées d'avalanche ne nous ont pas empêchée d'accéder à l'aulnaie du Fugeray par le bas : nous avons donc pu l'explorer au point de vue mycologique, comme cela doit être fait, en remontant la pente, afin de trouver les Agaricales souvent cachées sous les branches courbées-ascendantes des Arcosses.

L'abondance de cette Armillaire du groupe *mellea* était telle que, par places, le sol était jonché de carpophores formant des tapis couvrant jusqu'à 1 m²; ces carpophores naissaient soit sur des fragments de branches ou brindilles mortes tombées au sol, soit sur des branches basses arquées, encore attachées à la souche, mais mortes ou dépérissantes.

Ce qu'on appelle couramment « Armillaire de miel » est en fait une espèce collective qui regroupe — pour l'Europe — cinq espèces dont la délimitation par leurs caractères morphologiques macro- et microscopiques a été précisée par H. ROMAGNESI et H. MARXMÜLLER. On soulignera que ce « découpage » de l'espèce collective a été considérablement aidé — car consolidé — par les réactions de compatibilité ou de non-compatibilité entre haplontes de souches différentes, réactions conduites selon les tests mis au point par KORHONEN. Sans entrer dans le détail de la pratique de ces tests fort utiles aux phytopathologistes forestiers, nous rappellerons que *Armillaria mellea* (ss. lato) développe, en culture pure, un mycélium dépourvu de boucles et de dicaryons (que ce mycélium diploïde soit d'origine polysperme ou bien obtenu par bouturage de la chair du chapeau ou encore par confrontation d'haplontes compatibles). Il revient aux phytopathologistes finlandais le mérite d'avoir remarqué une différence constante, reproductible donc fiable, entre haplontes et diplontes : les premiers ne forment jamais

qu'un mycélium aérien cotonneux blanchâtre; les autres évoluent avec l'âge en une croûte brune accompagnée de rhizomorphes caractéristiques. A la suite des travaux de KORHONEN, on dispose désormais de testeurs haploïdes correspondant aux cinq espèces reconnues en Europe et, au lieu de rechercher dans les confrontations, comme chez la plupart des Agaricales hétérothalles qui en sont pourvues, des boucles et des dicaryons, il n'y a qu'à suivre l'évolution morphologique et pigmentaire traduisant la diploïdisation des mycéliums haploïdes confrontés: un haplonte testeur et un des haplontes isolés du carpophore à dénommer; s'appuyant alors sur la compatibilité ou non-compatibilité des souches confrontées, on peut conclure qu'elles appartiennent à la même espèce ou à deux espèces différentes.

Nous avons identifié notre récolte du Fugeray: *Armillaria cepestipes* f. *pseudobulbosa* tant d'après les caractères morphologiques des fructifications que d'après la « réponse » des haplontes isolés de l'un de ces carpophores à l'égard des testeurs de KORHONEN (ces confrontations ont été réalisées par J.J. GUILLAUMIN, Station phytopathologique INRA de Clermont-Ferrand).

DESCRIPTION DES CARPOPHORES

Chapeau 40-70 mm, d'abord convexe-hémisphérique lorsque les bords sont encore incurvés, puis plan-convexe surélevé au disque; imbu de couleur brunâtre-beige-carné, Mu. (3) 5 YR 5/6 6/6 passant à 7.5 YR 6/6 8.5 YR 7/4; nulle part hérissé, le chapeau est même glabre au disque et ne montre ailleurs que des mèches dispersées apprimées, disparaissant avec l'âge; marge longuement striolée par transparence. Chair assez épaisse au disque, mince ailleurs.

Stipe 50-70 × 8-12 mm sous les lames, × 18-25 mm à la base qui est toujours au moins claviforme, souvent subbulbeuse. L'armille est ici un mince anneau membraneux, fragile parfois réduit à une zone annulaire fibrilleuse peu saillante; sous cette zone, le cortex brunâtre assez foncé tirant sur le bistre olivâtre délavé: vers Mu. 1 Y 5/3 6/3 est parsemé de fines mèches brunâtres, bouts libres assez lâchement agglomérés du fibrillum aérifère brunâtre pâle à reflet citrin. En coupe, le stipe, d'abord plein farci se creuse avec l'âge; la base renflée est vite creuse.

Lames moyennement serrées, subhorizontales largement adnées, non décurrentes; d'abord beige clair, puis brunâtre rosé: en masse Mu. 5 YR 6/4, de face 5 YR 7/4.

Odeur faible de l'extérieur, à la section nulle autre que fongique.

Saveur un peu aigrelette.

Spores 8-9 (9,5) × (5) 5,5-6 (6,5) nm, uninucléées (Giemsa). Basides 4-sporiques.

Boucles inconstantes au pied des basides, très rares dans le sous-hyménium, manquant pratiquement dans les autres parties du carpophore.

Pigmentation vacuolaire (plasmolyse au saccharose) dans les hyphes de l'épicutis; pas d'incrustations pariétales, mais la paroi des hyphes superficielles du chapeau et du stipe peut être uniformément pigmentée de brunâtre.

(3) Mu.: Munsell Book of colour, Baltimore, Maryland.

HABITAT ET RÉCOLTES

Alnetum viridis, haute vallée de Champagne, Vanoise, « Le Fugeray », N 1 700 m, L.82-106, 2-9-82; ibid. « Les Torches » 3-9-82 et 26-8-83; environs de Pralognan, sous *Alnus viridis*, lisière N-E de la forêt de l'Isertan, 1 800 m, 5-9-82.

OBSERVATIONS

Pour encore mieux souligner les caractères spécifiques de cette Armillaire, nous insisterons sur ces quelques points :

- Cette Armillaire ne pousse pas en grosses touffes mais les carpophores semblent éparés au sol sur les restes pourrissants de bois d'aulne enfouis dans un humus abondant, et sous la litière des plantes de la mégaphorbiaie.
- L'anneau, caractéristique chez les espèces de ce groupe, n'est pas « membraneux, persistant, en forme d'entonnoir » comme chez *Armillaria mellea* ss. stricto, mais bien plus mince, souvent incomplet car déchiré au moment de l'épanouissement du chapeau, souvent réduit à une zone annulaire mince et apprimée.
- Sous la zone annulaire le stipe est plutôt grossièrement poudré, parfois orné de subtiles mèches claires, jaunâtre-brunâtre pâle à reflets citrins tranchant sur le fond brunâtre du cortex.
- Ces mêmes mèches se retrouvent éparées sur le chapeau — jamais au disque — où elles sont fugaces, puisque avec l'âge le chapeau devient subglabre, striolé par transparence à la marge.
- Le stipe — et c'est là un caractère des plus remarquables — peu élancé (moins que chez *mellea*, *obscura* et *borealis*) est toujours un peu renflé à la base qui est souvent creuse; on le dira de claviforme à nettement subbulbeux.

Beaucoup de ces caractères sont partagés par *Armillaria bulbosa*, longtemps considérée comme espèce jumelle très difficile à distinguer de *pseudobulbosa* hormis par la réponse des mycéliums haploïdes face aux haplontes testeurs. Au cours des trois dernières années, les observations de terrain accumulées par le groupe français de chercheurs travaillant sur les problèmes de l'« Armillaire de miel » et au sein duquel nous collaborons (ATP-CNRS) viennent ajouter aux caractères morphologiques des carpophores des données d'ordre écologique : habitat, répartition, saprophytisme et/ou parasitisme. Alors que *Armillaria bulbosa* n'est pas rare en plaine sous feuillus, *Quercus* et *Carpinus* surtout, où elle apparaît plus ou moins isolée au sol, en fait sans doute en relation avec les rhizomorphes souterrains près des racines et de la base des troncs, *Armillaria cepestipes* f. *pseudobulbosa* peut en être considérée comme sa vicariante en altitude où elle peut alors être liée aux feuillus de la zone sylvatique et aussi aux conifères. Ces deux espèces sont considérées par les phytopathologistes de notre groupe de recherche comme des saprophytes ou, au pire, comme des parasites de faiblesse. Les fructifications observées dans l'*Alnetum viridis* révèlent la présence d'une espèce tantôt saprophyte : de nombreux carpophores poussaient sur des fragments de brindilles et branches mortes, tantôt parasite de faiblesse puisque des carpophores ont été récoltés sur des branches encore

reliées à la souche mais déjà dépérissantes. Nous avons remarqué que la face inférieure de ces branches était souvent recouverte par les fructifications en forme de croute orangée d'un autre Basidiomycète : *Peniophora aurantiaca* (Bres.) Hoehn. et Litsch., *Corticiaceae* inféodée spécifiquement à l'*Alnus viridis* : peut-être l'attaque de ce lignivore prépare-t-elle l'implantation de l'Armillaire ? La réponse à cette question exige un suivi sur le terrain pendant de nombreuses semaines et passe obligatoirement par la recherche et la caractérisation des mycéliums antérieurement à l'apparition des fructifications : si cette suggestion était entendue, nous serions disposés à apporter notre aide, par la mise à disposition des souches de référence pour l'identification des isolats.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- FAVRE (J.), 1960. — Catalogue descriptif des Champignons Supérieurs de la zone subalpine du Parc National Suisse. Dans « Résultats des recherches scientifiques entreprises au Parc National Suisse », VI, 322-610.
- GUILLAUMIN (J.J.) et BERTHELAY (S.), 1981. — Détermination spécifique des Armillaires par la méthode des groupes de compatibilité sexuelle. Spécialisation écologique des espèces françaises. *Agronomie*, 1, 10, 897-908.
- KORHONEN (K.), 1978. — Interfertility and clonal size in the *Armillariella* complex. *Karstenia*, 18, 31-42.
- MARXMÜLLER (H.), 1982. — Etude morphologique des *Armillaria* ss. tr. à anneau. *Bull. Soc. Myc. France*, 98, 87-124.
- ROMAGNESI (H.), 1970. — Observation sur les *Armillariella*. *Bull. Soc. Myc. France*, 86, 1, 257-265.
- ROMAGNESI (H.), 1973. — Observation sur les *Armillariella*. II. *Bull. Soc. Myc. France*, 89, 2, 195-206.
- ROMAGNESI (H.) et MARXMÜLLER (H.), 1983. — Etude complémentaire sur les Armillaires annelées. *Bull. Soc. Myc. France*, 99, 3, 301-324, Pl. 231 et 232.

(Reçu pour publication, mars 1984)

AGARICALES DE LA ZONE ALPINE (1) :
GENRE *CORTINARIUS* FR.
SOUS-GENRE *DERMOCYBE* FR. ss Fayod

par M^{lle} Denise LAMOURE (2)

Résumé. — Etude de Cortinaires du groupe *Cinnamomei*, récoltés dans l'étage alpin des Alpes occidentales, en Vanoise principalement, et dans les montagnes scandinaves, dont une espèce nouvelle: *Cortinarius cinnamomeo-parvulus* et une variété nouvelle: var. *ignivelata* de *C. cinnamomeus*.

Mots-clés : *Cortinarius*, *Dermocybe*, *Cinnamomei*, Agaricales, zone alpine.

Summary. — AGARICALES OF THE ALPINE ZONE: GENUS *CORTINARIUS* FR., SUB-GENUS *DERMOCYBE* FR. SS. FAYOD.

Detailed study of *Cortinarii* belonging to the *Cinnamomei* group., collected in West Alps, especially in Vanoise, and in the Scandinavian mountains. Description of a new species: *C. cinnamomeo-parvulus* and of a new variety: var. *ignivelata* of *C. cinnamomeus*.

Key-words : *Cortinarius*, *Dermocybe*, *Cinnamomei*, Agaricales, zone alpine.

Cortinarius (Dermocybe) cinnamomeoluteus Orton

C'est de loin l'espèce de ce groupe la plus fréquente en zone alpine, dont l'identification est aisée... en première approximation, lorsqu'on s'en tient aux *couleurs caractéristiques des lames*: d'abord jaune plus ou moins verdâtre Mu. 5 Y 7/6, 2 Y 6/8 7/8, puis jaune mêlé d'ocracé, *et du pied* qui tant de l'extérieur qu'à la section est d'un beau jaune citrin, jaune laiton Mu. 5 Y 7/6 8/6 8.5/6 jusqu'à 9/6; la couleur et l'aspect du chapeau par contre sont *variables* avec l'âge, d'autant que s'y ajoutent les effets des intempéries que subissent ces carpophores peu fragiles, qui subsistent assez longtemps (jusqu'à 8-10 jours après leur apparition) et qui à cause de leur grande taille, ne sont pas protégés par la végétation environnante. Nous nous sommes souvent attachée à décrire soigneu-

(1) Voir « Agaricales de la zone alpine. Introduction », par R. KÜHNER et D. LAMOURE, 1970. *Bull. Soc. Mycol. Fr.*, 875-880.

(2) Département de Biologie Végétale, Laboratoire de Mycologie associé au C.N.R.S., Université Claude Bernard, Lyon I, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, F 69622 VILLEURBANNE CEDEX.

sement telle ou telle récolte parce qu'ici le chapeau était tomenteux, là par contre glabre et lisse, ou encore rimeux, ou bien qu'un tel était plus brun olivâtre que brun rougeâtre. En fait ces différences dans l'aspect du chapeau ne sont peut-être pas seulement la conséquence des caprices climatiques, mais elles recouvrent aussi des variations fixées qu'il est toutefois, impossible de cerner. Par contre, nous semblent plus importantes, et peut-être dignes d'être considérées comme une variation fixée, les caractéristiques des *spores de ces récoltes alpines* qui toutes ont des *dimensions supérieures* à celles habituellement données pour *Cortinarius cinnamomeoluteus*: 7-8 × 4-5 nm puisqu'elles s'inscrivent dans la gamme 9-10 (11) × 5-6 (6,5) nm. Remarquons que J. FAVRE donne 8-10 × 5-6 nm pour les spores de ce qu'il appelait var. *lutescens* de *cinnamomeus* (et qui est *C. cinnamomeoluteus*) et M. LANGE 7,5-10 × 5-6 nm.

HABITAT

Selon J. FAVRE, ce *Dermocybe* serait « une acidiphile caractérisée trouvée vingt-et-une fois sur les granites et les gneiss... et une seule fois sur les calcaires triasiques... ». Notre expérience dans les Alpes occidentales confirme cette façon de voir, et M. EYNARD (3), à l'occasion de l'étude des Agaricales des groupements à *Salix herbacea* des environs du col de l'Iseran, classe cette espèce parmi les neutro-acidiphiles l'ayant trouvée dans des stations à pH variant de 3,5 à 5, parfois 6,5. Ajoutons que, dans nos Alpes, *Cortinarius cinnamomeoluteus* n'est pas une espèce particulièrement précoce : même lorsque les pelouses à *Salix herbacea* sont déneigées, elle n'est pas la première Agaricale à y apparaître; M. EYNARD situe l'apparition des premiers carpophores 45 jours après le déneigement; par contre, elle fructifie *tard en saison* et lorsque mi- ou fin septembre il n'y a plus beaucoup de champignons, elle est encore là !

RÉCOLTES

Nous ne donnons qu'une liste de récoltes incomplète, car, comme cela arrive souvent pour les espèces courantes, nous avons souvent négligé de récolter ce *cinnamomeoluteus* partout où il apparaissait.

Arc alpin

- Vanoise : Cirque du Dard, N. 2 350 m, dans *Salix herbacea*, 26.8.63; cirque du Petit Marchet, dans *S. herbacea* et *Anthelia* 2 300 m, col du Tambour, *S. herbacea*, N. 2 500 m, cirque de la Valette, sous le refuge des Lacs, N. 2 400 m, dans *S. herbacea* et *Alchemilla pentaphyllea*, 26-8-65 (L. 65-56), nombreux lots et vu de nombreuses fois ultérieurement; sous la Réchasse, NW. 2 600 m, dans *S. herbacea*, 10-9-69 (L. 69-226); sous le col du Genépy, 2 600 m, *S. herbacea*, 31-8-74 (L. 74-123); sous le col de la Vuzelle, dans *S. herbacea* et *Alchemilla pentaphyllea*, 19-8-65 (L. 65-30) sous le col de Chavière, dans *S. herbacea*, 3-9-77;

(3) M. EYNARD, 1977, Contribution à l'étude écologique des Agaricales des groupements à *Salix herbacea*. Thèse 3^e Cycle, Lyon, 190 p., 4 pl.

- Haute vallée de l'Arc : derrière l'Ouille des Reys, 2 600 m, *Salix herbacea* fixant des coulées de solifluxion, 1-9-73; 26-8-81; 3-9-83;
- Massif de l'Iseran : Grand Plan, 2 600 m dans *Salix herbacea* et *Alchemilla pentaphyllea*, 20-8-71 et 27-9-73. Le Pays Désert, 2 600 m, dans *S. herbacea*, 20-8-71;
- Massif du Galibier : vallon de Roche Noire, N. 2 550 m, dans *Dryas*, *Salix reticulata*, *Polygonum viviparum*, 14-8-71 (L. 71-13);
- Massif Meije-Ecrins : col d'Arsine, 2 500 m, dans *Salix herbacea* 17 et 21-8-78; sous le glacier d'Arsine, dépressions morainiques, dans *S. herbacea*, 27-8-78.

Montagnes scandinaves

- Dovre : Avsjöho, dans *Salix herbacea*, *Solorina crocera*, 5-8-64 (N. 64-58);
- Hardanger : Raggsteindal, 1 300 m, dans *Dryas*, 28-7-67 (L. 67-19); Djuptjornhovdun, dans les (rares !) tapis de *Dryas*, 31-7-67 (L. 67-27).
- Laponie suédoise : Slåttatjåkka, E. 1 100 m, dans *Salix herbacea*, 13-8-74 (L. 74-64); Lullihatjärro, S. 600 m, dans *S. herbacea*, 16-8-67 (L. 67-76); Vakketjåkka, NE. 900 m, dans *S. herbacea*, 19-8-74; Katterjaure, E. 900 m, dans *S. herbacea*, 19-8-79; Låktatjåkko, N. 800 et E. 900 m, dans *S. polaris*, *S. herbacea*, 17-8-79.

Cortinarius (Dermocybe) cinnamomeus L. : Fr.

Cette espèce nous semble bien plus rare en zone alpine que *cinnamomeoluteus*. Nous ne l'avons identifiée qu'une seule fois avec certitude en Vanoise, car si le stipe était bien jaune, les lames étaient franchement cannelle-orangé et nous avons d'emblée étiquetée « *non cinnamomeoluteus* ». Les spores mesurent : 7,5-8 × 5-5,5 nm, chez ces carpophores récoltés dans une lande alpine (inférieure !) à *Loiseleuria*, *Arctostaphylos uva-ursi* et *Vaccinium uliginosum*, au Plan de Bellecombe, 2 300 m, 30-8-73 (L. 73-135).

Nous disons « une seule fois avec certitude » car il n'est pas exclu que cette espèce ait ailleurs passé inaperçue : nous n'avons pas cueilli tous les carpophores de *Dermocybe* rencontrés, et avons pu passer à côté de cette espèce à lames cannelle faute d'avoir retourné le chapeau !

Cortinarius (Dermocybe) cinnamomeus L. : Fr., var. *ignivelata* nov. var.

DIAGNOSE

A typo differt stipite vestigiis veli rubro colore tincto.

DESCRIPTION

Chapeau 18-26 mm, convexe, à disque largement aplani, brun rougeâtre vers Mu. 5 YR 4/6, densément tomenteux pelucheux; chair jaunâtre pâle.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

Stipe 28-32 × 3-4 mm, égal, soyeux, jaune citrin vif : Mu. 5 Y 8.5/8,8/8, 8/10, *sauf à la base qui se tache de rouge orangé vif, rouge feu sans doute par écrasement de fibrilles rougeâtres superficielles*; en coupe, il est plein d'une chair jaune vif pratiquement sur toute la longueur, à peine salie de brunâtre à la base; en tout cas il n'est pas rouge-feu intérieurement.

Lames assez serrées, ventruées sinuées, d'une belle couleur éclatante orangé : en masse : Mu. 7.5 YR 6/14, de face encore plus éclatantes Mu. 5 YR 5/12.

Odeur : de l'extérieur à la section : légèrement raphanoïde.

Spores : 6,5-8 × 4,5-5 nm, elliptiques fortement verruqueuses; la coupe optique est grossièrement verruculeuse; de face les verrues sont grosses et denses. Basides tétrasporiques. Arête fertile.

Il y a des *masses jaunes pseudocristallines* dans la chair du chapeau et dans la trame des lames. Nous avons mis en évidence par plasmolyse l'existence d'un *pigment vacuolaire rose* sur les bords de la trame des lames (et dans le sous-hyménium) ainsi que dans les *hyphes des fibrilles de la base du pied*.

HABITAT ET RÉCOLTES

Une seule récolte dans la zone alpine des montagnes de Laponie suédoise : Katterjaure, N. 650 m, dans *Salix herbacea*, 20-8-72 (L. 72-90).

OBSERVATIONS

Cette espèce qui, de prime abord, évoque *Cortinarius bataillei* Favre par les teintes feu de la base du pied, s'en écarte par la couleur des lames qui sont dites « jaune cannelle safrané » chez *bataillei* et qui, ici, frappent par leur belle couleur vive orangé et surtout parce qu'ici *seul le fibrillum* (à contenu vacuolaire rose) est responsable de la coloration rouge feu, alors que chez *C. bataillei*, le pied est rouge à l'intérieur aussi. M. MOSER (viva voce) a souvent observé une coloration rouge superficielle au stipe de nombreux *Dermocybe*; il a d'ailleurs tout récemment attiré l'attention (1976, p. 148) sur ce point, afin que ne soient pas pris pour des *bataillei* tous les *Dermocybe* à lamelles jaunes et à base de pied rouge : nos observations sur ces récoltes alpines à *lame orangé* cette fois ajoutent à la liste des cas jusqu'alors connus. Remarquons que la présence d'un voile rouge-orangé à pigment vacuolaire caractérise *Dermocybe uliginosus*, mais il ne peut s'agir ici de cette espèce qui a un chapeau plus vivement coloré, des lames plus jaunes et des spores plus grandes que nos récoltes alpines.

Cortinarius (Dermocybe) cinnamomeo-parvulus sp. nov.

DIAGNOSE

Species inter Cinnamomeos parvulissima ! Statura Cortinarii (Telamoniae) comati similis. Pileo 0,5-0,8 cm lato, conico vel e conico campanulato, acuto, brunneo glabro; stipite gracili e flavo brunneolo; lamellis laete cinnamomeis; carne

lutea; sporis ellipsoideis 9-10(11) × 6-7,5(8) nm, verruculosis. Typus in Herbarium D. LAMOURE L. 74-100.

DESCRIPTION

Chapeau 6-9 mm, conico-campanulé, pointu, parfois mamelonné; brun très sombre vers Mu. 7.5 YR 3/4 4/4 glabrescent à l'œil nu. Chair jaune citrin Mu. 5 Y 8/4.

Stipe 8-11(18) × 1-1,5 mm, égal, voilé soyeux de jaune citrin Mu. 5 Y 7/6, un peu plus brunâtre sous les lames, plein d'une chair citrine 5 Y 7/6 8/6 8/4.

Lames assez serrées, minces, de couleur assez vive, *cannelle-orangé*: vers Mu. 10 YR 6/8 6/10.

Pas d'odeur remarquable.

Spores 9-10(11) × 6-7,5(8) nm, à ornementation irrégulière, verrues plus ou moins confluentes vues de face, peu saillantes sur la coupe optique qui est sublime.

HABITAT ET RÉCOLTES

Une seule récolte en Laponie suédoise, Vakkatjåkka, NE. 900 m, dans *Anthelia*, terre noire de solifluxion à peine colonisée par *Salix herbacea*, 19-8-74 (L. 74-100). Dix carpophores minuscules, très pointus, émergeant à peine du sol par des crevasses de l'*Anthelietum* presque pur où ils poussaient cespiteux par 3-4.

OBSERVATIONS

De prime abord ces petits *Dermocybe* avaient été pris pour un de ces nombreux petits *Telamonia* brun-noir à chapeau cône. En fait, il s'agissait d'indiscutables *cinnamomei* à lames cannelle-orangé et à chair jaune riche en masses cristallines. La taille minuscule de ces carpophores récoltés à la limite du monde minéral ne peut être mise sur le compte de l'habitat car, à proximité, il y avait des *C. cinnamomeoluteus* de taille et de port normaux. Il s'agit donc là d'une bonne espèce, bien caractérisée par la forme du chapeau et la petite taille des carpophores, et par des spores relativement grandes.

(Reçu pour publication, avril 1984)

TYPOLOGIE ÉCOLOGIQUE DES LACS DE HAUTE ALTITUDE DU PARC NATIONAL DE LA VANOISE EN VUE DE LEUR GESTION (1)

Etude du phytoplancton

par Pierre BAÏER (2), Jean-Pierre MARTINOT (3), Alain RIVET (4)

Introduction	62
I. — Matériel et méthodes.....	62
II. — Liste des taxons	62
III. — Discussion	63
Conclusion.....	73
Bibliographie	73
Annexe.....	76

Résumé. — L'étude du peuplement phytoplanctonique de 34 lacs de haute altitude du Parc National de la Vanoise, conduite au cours des étés 1980, 1981 et 1982, a permis de répertorier 300 taxons parmi lesquels ont été recensées une espèce et deux variétés nouvelles.

Un premier classement de ces lacs à partir du groupe d'algues dominant et de leur richesse spécifique fait apparaître deux catégories principales de plans d'eau : d'une part les lacs à Diatomées à faible richesse spécifique (3 à 15 espèces), d'autre part les lacs à Desmidiacées à nombre plus élevé d'espèces (20 à 45 espèces).

Ce travail montre l'intérêt de l'étude du phytoplancton pour l'appréciation des potentialités biologiques de ces milieux qui peuvent être considérés pour la plupart comme des écosystèmes « matures » en raison de leur niveau élevé de diversité et d'équitabilité.

Summary. — AN ECOLOGICAL TYPOLOGY, WITH A VIEW TO THE MANAGEMENT, OF HIGH ALTITUDE LAKES IN VANOISE NATIONAL PARK. STUDY OF THE PHYTOPLANKTON.

In 1980, 1981 and 1982, investigations were carried out during the summer for 34 lakes situated at a high elevation inside the Vanoise National Park. For the whole of these lakes, 300 different taxa were registered and, among them, one species and two varieties are new.

(1) Ce travail s'inscrit dans le cadre de recherches financées par la Direction de la Protection de la Nature sur la gestion des eaux continentales des espaces protégés.

(2) 22, rue du Docteur Calmette, Grenoble.

(3) Direction du Parc National de la Vanoise, B.P. 705, 73007 Chambéry cedex.

(4) Chargé d'étude au Parc National de la Vanoise.

By taking into account specific diversity of the algae and groups of dominant species among these, two kinds of lakes could be distinguished on a first approach; there are lakes with Diatoms and with a low specific diversity (3 to 15 species) and lakes with Desmids and with a high specific diversity (20 to 45 species).

The present paper points out how important it is to know the phytoplankton of high altitude lakes in order to estimate their biological potentialities; we can admit that such lake ecosystems are « mature », because their diversity and their equitability are both high.

INTRODUCTION

Le présent article est consacré à l'étude des éléments du phytoplancton qui, avec les algues benthiques constituent la presque totalité du niveau des producteurs dans les lacs de haute altitude.

A noter que la bibliographie sur la flore algale des plans d'eau de Vanoise se limite à une note déjà ancienne de ALLORGE et DENIS (1920), à la monographie de P. BAIER (1979) consacrée aux Desmidiacées des lacs du Lait et Blanc de Termignon et aux données de J.P. MARTINOT (1979) sur les algues benthiques.

L'inventaire taxonomique du phytoplancton sera complété ultérieurement par un traitement statistique (analyses multidimensionnelles) destiné à tester les relations entre espèces phytoplanctoniques et paramètres morphométriques et physico-chimiques et permettre une caractérisation plus fine des lacs de haute altitude à partir de leurs composantes phytoplanctoniques.

I. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

Au cours des étés 1980, 1981 et 1982, des échantillons de phytoplancton ont été récoltés dans trente-quatre plans d'eau du massif de la Vanoise.

Le tableau I donne la liste des lacs étudiés et leur altitude, la carte orohydrographique (fig. 1), leur situation.

Le phytoplancton a été prélevé à l'aide d'un filet tronconique de 29,5 µm de vide de maille, 20 cm de longueur et 13 cm de diamètre d'ouverture.

Dans chacun des lacs, un trait horizontal a été effectué sur plusieurs dizaines de mètres, à partir d'une embarcation pneumatique.

Les prélèvements ont été fixés et conservés en solution de formol neutre à 5 %. Pour chaque récolte, l'examen a porté sur dix préparations microscopiques.

II. — LISTE DES TAXONS

L'inventaire placé en annexe est présenté suivant l'ordre systématique adopté par G.W. PRESCOTT (1970).

Pour chaque taxon sont mentionnés le ou les plans d'eau d'origine ainsi que l'indice semi-quantitatif d'abondance selon le protocole suivant :

- (1) Taxon observé une seule fois à l'issue de l'examen des dix préparations.
- (2) Algues notées deux à cinq fois dans les dix préparations.
- (3) Algues notées six à vingt fois dans les dix préparations.
- (4) Algues observées deux à cinq fois par lame soit de vingt à cinquante fois pour les dix préparations.
- (5) Algues observées plus de cinq fois par lame soit plus de cinquante fois pour les dix préparations.

Les dimensions des algues, lorsqu'elles sont indiquées, représentent la moyenne de dix mesures.

III. — DISCUSSION

A) ANALYSE BIOGÉOGRAPHIQUE ET DISTRIBUTION TAXONOMIQUE

L'étude a permis de recenser, au total, 300 taxons dans les trente-quatre plans d'eau prospectés du massif de la Vanoise, lacs répartis entre 2 000 et 3 000 m d'altitude. Soulignons parmi ces taxons une espèce nouvelle *Cosmarium vanoisii* ainsi que deux variétés inédites : *Euastrum verrucosum* Ehr. var. *montanum* et *Cosmarium majae* ström var. *martinotii*.

La flore phytoplanctonique des lacs de haute altitude du massif de la Vanoise se caractérise par une forte proportion d'espèces cosmopolites parmi lesquelles on notera quelques taxons sténothermes d'eau froide dont *Staurastrum punctulatum* var. *kjellmani*, *Staurodesmus spetsbergensis* toutes deux arctico-alpines, *Cyclotella comta* var. *oligactis* et *Cyclotella quadrijuncta* espèces typiquement alpines.

Dans le tableau II sont indiqués pour les Cyanobactéries et chacun des grands groupes d'algues, le nombre d'espèces rencontrées ainsi que leur pourcentage par rapport au nombre total des espèces. L'espèce est retenue comme niveau taxonomique dans l'étude comparative des lacs, les variétés et les formes n'étant pas prises en compte.

On remarquera, d'après ces données, que deux grands groupes d'algues dominant très largement dans le phytoplancton des lacs de haute altitude du Parc National de la Vanoise : les Desmidiacées d'une part (famille du groupe des Chlorophycées) qui représentent 49,4 % de la flore planctonique et les Diatomées d'autre part (24,3 %).

L'importance relative de ces deux groupes dans les régions froides avait déjà été mise en évidence par divers auteurs dont MAGNIN (1977) pour le territoire de la Baie James, DUTHIE et OSTROFSKY in DUTHIE (1979) pour les lacs du Labrador ainsi que MARTINOT (1979) pour les algues benthiques des lacs du Parc National de la Vanoise.

CROASDALE in BOURRELY, COUTE, THEREZIEN (1978) note que le pourcentage des espèces du genre *Cosmarium* s'accroît, parmi la flore desmidiale,

TABLEAU I
Nomenclature et altitude des plans d'eau étudiés.

N° sur la carte	Désignation des lacs	Altitude en m.	N° sur la carte	Désignation des lacs	Altitude en m.
Réseau hydrographique de l'Isère					
1	Lac du Santel	2718	23	Lac du Grand Fond	2899
2	Lac Noir du Clou	2618	24	Lac de la Rocheure	2905
3	Lac Brulet	2697	25	Lac Rond	2500
4	Lac Verdet du Clou	2727	26	Lac du Pelve	2574
5	Lac du Clou	2373	27	Lac de la Roche Ferran	2619
6	Lac Noir de Ste-Foy	2483	28	Lac de l'Arpont	2666
7	Lac du Chardonnet (Grand)	2384	29	Lac de la Fontaine Froide	2350
8	Lac du Chardonnet (Petit)	2384	Réseau hydrographique de l'Arc		
9	Lac Verdet	2504	30	(Lac à l'innées)	2745
10	Lac du Grattaleu	2512	31	Lac inférieur de Lanserlia	2760
11	Lac de la Plagne	2145	32	Lac supérieur de Lanserlia	2362
12	Lac du Grand Plan	2480	33	Lac de Plan du Lac	2246
13	Lac des Echines	2360	34	Lac Blanc de Termignon	2190
14	Lac Long	2467	35	Lac du Lait.	2458
15	Lac Blanc de Polset	2429	36	Lac de la Partie	2420
16	Lac inférieur du Merlet	2391		Lac des Bataillières	
17	Lac supérieur du Merlet	2447			
18	Lac du Mont Coua	2672			
19	Lac du Lou	2035			
20	Lac Noir des Belleilles	2477			

TABLEAU II
 Nombre d'espèces et pourcentage appartenant aux différentes classes d'algues.

Embranchements	Nombre d'espèces	%
CHLOROPHYCÉES	174	66,2
dont Desmidiacées	130	49,4
DIATOMOPHYCÉES	64	24,3
DINOPHYCÉES	15	5,7
CHRYSTOPHYCÉES	3	1,1
CYANOBACTÉRIES	7	2,7
TOTAL	263	100

lorsque l'on se rapproche du Pôle Nord : 30 % de *Cosmarium* à 50 degrés de latitude Nord et 60 % à 85 degrés de latitude Nord. Dans le même temps le nombre de genres de Desmidiacées passe de 26 à 50 degrés de latitude Nord, à 10 à 85 degrés de latitude Nord.

Dans le cas présent, les différents genres de Desmidiacées au nombre de treize parmi lesquels on note 47 % d'espèces du genre *Cosmarium* permettent de comparer les lacs du massif de la Vanoise à ceux des régions arctiques et subarctiques soulignant à nouveau la similitude de ces milieux.

Par ailleurs, NYGAARD *in* CAPDEVIELLE (1978) classe les lacs en fonction d'un rapport établi à partir du nombre d'espèces des différents ordres et familles (quotient phytoplanktonique ϵ).

$$\epsilon = \frac{\text{Cyanobactéries} + \text{Chlorococcales} + \text{Centrales} + \text{Euglénophycées}}{\text{Desmidiacées}}$$

- 0 < ϵ < 0,3 lacs oligotrophes en phase de dystrophie
- 0 < ϵ < 0,1 lacs oligotrophes en phase d'acidotrophie
- 0,25 < ϵ < 1 lacs oligotrophes
- 1,1 < ϵ < 1,2 lacs mésotrophes
- 2 < ϵ < 2,25 lacs légèrement eutrophes
- 3,5 < ϵ < 4,2 lacs modérément eutrophes
- 4,3 < ϵ < 8,75 lacs eutrophes

Exception faite des lacs des Echines et du Santel classés, selon cette méthode, respectivement dans les catégories mésotrophe et légèrement eutrophe, le quotient phytoplanktonique (toujours inférieur ou égal à l'unité dans le cas des autres plans d'eau), souligne le caractère oligotrophe de ces lacs de montagne.

Si un tel indice a permis d'indiquer le degré de trophie de plans d'eau du Danemark et de la Suède (THUNMARK *in* BROOK, 1979), de Grande Bretagne et du Minnesota (BROOK, 1971), cet indice s'est révélé inapplicable dans le cas de certaines régions : Amérique du Nord (RAWSON *in* HUTCHINSON, 1967),

Finlande (JÄRNEFELT in HUTCHINSON, 1967) en particulier pour différencier des lacs oligotrophes. Cette constatation s'applique également dans le cas des plans d'eau du massif de la Vanoise.

B) FRÉQUENCE DES ESPÈCES

La figure 2 présente le nombre d'espèces communes aux différents plans d'eau; on remarquera que 54 % des espèces n'ont été identifiées que dans un lac seulement. Une des caractéristiques de cette flore phytoplanctonique est donc la « rareté relative » de ses individus. Une observation identique a déjà été faite par THEREZIEEN et COUTE (1977) aux Iles Kerguelen et dans l'Archipel de Crozet où respectivement 44 % des taxons recensés (soit 151 sur 343) et 64 % (50 sur 71) ne se trouvent que dans une seule station. Notons que sur les 81 espèces récoltées au lac du Lait, 33 lui sont particulières. Il conviendrait cependant, pour que cette conclusion prenne tout son sens de multiplier les prélèvements de façon à déterminer pour chaque plan d'eau la totalité des espèces.

Les espèces les plus fréquemment rencontrées appartiennent au groupe des Diatomacées : *Surirella robusta* est présente dans 27 lacs sur les 34 étudiés,

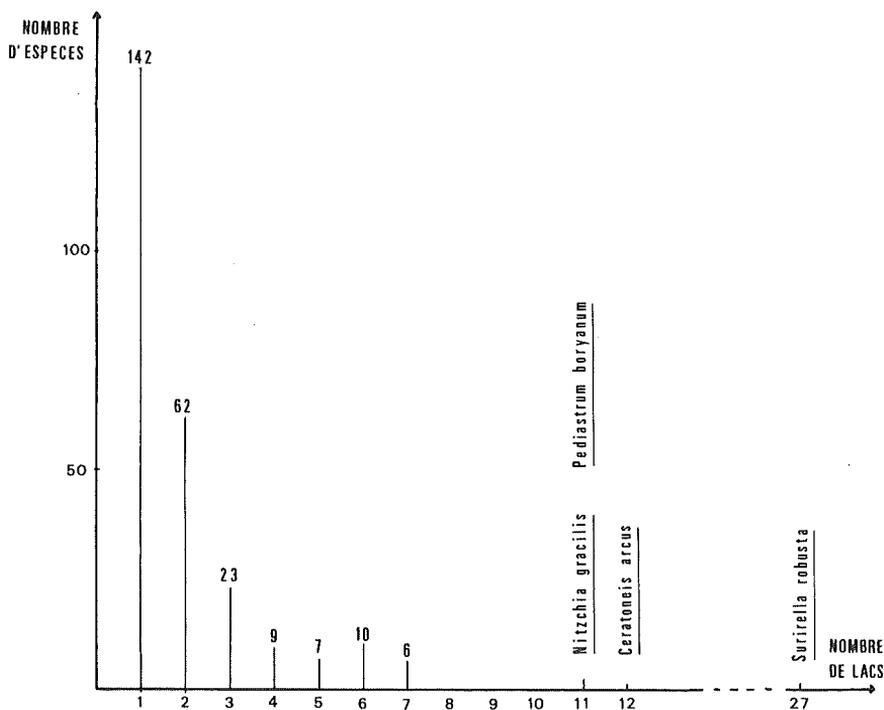


FIG. 2. — Nombre d'espèces communes à différents plans d'eau.

Ceratoneis arcus dans 12 lacs, *Nitzchia gracilis* dans 11 lacs de même que *Pediastrum boryanum* (ordre des Chlorococcales).

C) COMPOSITION DES PEUPELEMENTS

La richesse spécifique correspond au nombre d'espèces rencontrées dans un peuplement et peut donner une première indication sur la « valence » écologique de l'écosystème étudié.

Notons toutefois que celle-ci peut-être sous estimée par rapport à la richesse réelle en raison de la méthode d'échantillonnage. La figure 3 présente l'histogramme de fréquence des lacs en fonction du nombre d'espèces récoltées.

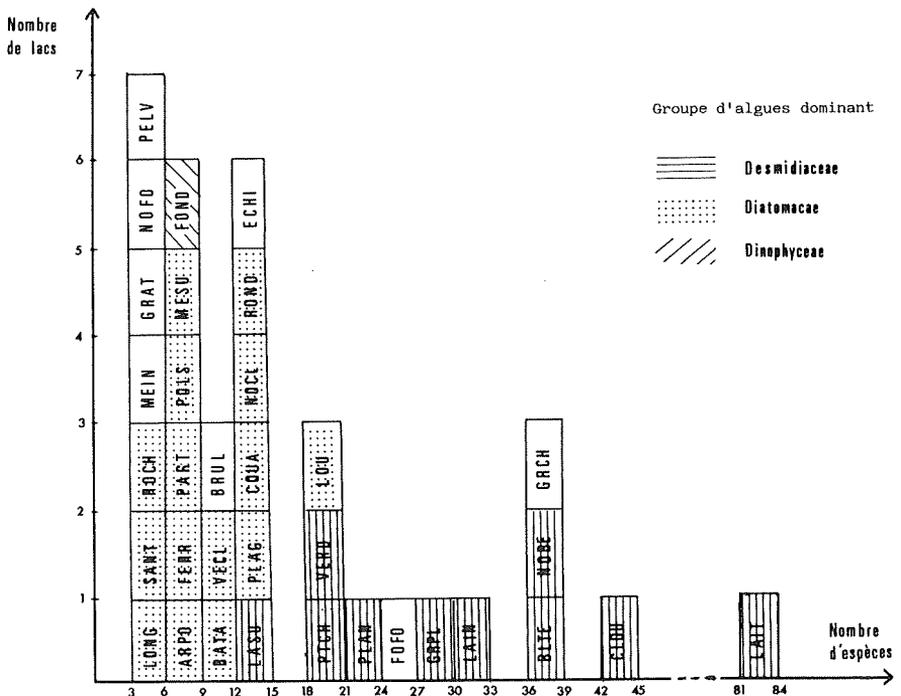


FIG. 3. — Distribution des lacs en fonction de leur richesse spécifique.

(LONG = Long, SANT = Santel, ROCH = Rocheure, MEIN = inférieur du Merlet, GRAT = Grattaleu, NOFO = Noir de S^t Foy, PELV = Pelve, ARPO = Arpont, FERR = Roche Ferran, PART = Partie, POLS = Blanc de Polset, MESU = supérieur du Merlet, FOND = Grand Fond, BATA = Bataillières, VECL = Verdet du Clou, BRUL = Brulet, LASU = supérieur de Lanserlia, PLAG = Plagne, COUA = Mont Coua, NOCL = Noir du Clou, ROND = Rond, ECHI = Echines, PTCH = Chardonnet (Petit), VERD = Verdet, LOU = Lou, PLAN = Plan du Lac, FOFO = Fontaine Froide, GRPL = Grand Plan, LAIN = inférieur de Lanserlia, BLTE = Blanc de Termignon, NOBE = Noir de Belleville, GRCH = Chardonnet (Grand), CLOU = Clou, LAIT = Lait).

On remarque que la richesse spécifique qui est de 3 pour les lacs du Pelve et de la Rocheure s'élève à 81 pour le lac du Lait : lac de tourbière dont les sphaignes et les carex ont envahi la majeure partie de la cuvette. Pour chaque lac est précisé le groupe d'algue dominant : Desmidiacées, Diatomacées, Dinophycées.

Outre le lac du Lait, deux catégories de plans d'eau se distinguent assez nettement :

1. Les lacs ayant de 3 à 15 espèces parmi lesquelles les Diatomées sont largement dominantes.
2. Les lacs présentant de 20 à 45 espèces dont les Desmidiacées sont les éléments prépondérants.

Cette distinction entre les plans d'eau étudiés est à rapprocher des résultats de CONTANT et al. *in* MAGNIN (1977) pour le territoire de la Baie James et corroborent ceux de MARTINOT (1979) qui, en première approche, avait classé les lacs du Parc National de la Vanoise en lacs à Diatomophycées, lacs à Desmidiacées et lacs sans prédominance algale nette.

D) STRUCTURE DES PEUPELEMENTS

Selon DAGET (1976), « l'une des caractéristiques essentielles de tout peuplement c'est son degré d'organisation qui se traduit notamment par une certaine distribution des abondances spécifiques, par un certain spectre des fréquences relatives de l'espèce la plus abondante à l'espèce la plus rare ». La notion de diversité spécifique rend compte de cette structure du peuplement. Les indices de diversité caractérisent synthétiquement l'organisation des abondances relatives et permettent de présenter sous une forme condensée l'information globale apportée par les listes floristiques.

Parmi les nombreux indices de diversité existant (indice de SIMPSON, indice de MARGALEF...) l'indice de SHANNON concilierait au mieux, pour un grand nombre d'auteurs, la simplicité des calculs et la qualité des résultats et illustrerait « avec un maximum de précision la structure des populations phytoplanctoniques » (DEVAUX, MILLERIOUX, 1977).

$$I_{sh} = - \sum \frac{q_i}{Q} \log_2 \frac{q_i}{Q}$$

avec $\frac{q_i}{Q}$: fréquences relatives des espèces dans l'échantillon.

En fait, afin de pouvoir comparer des peuplements présentant des différences de richesse spécifique nous utiliserons l'équitabilité qui mesure la diversité observée par rapport à la diversité maximum

$$E = \frac{I_{sh}}{I_{sh \max}} = \frac{- \frac{q_i}{Q} \log_2 \frac{q_i}{Q}}{\log_2 S}$$

avec S = nombre d'espèces.

Comme nous l'avons indiqué, à chaque espèce rencontrée dans un lac, a été affecté un coefficient semi-quantitatif d'abondance (5 classes différentes). Pour

le calcul, nous avons retenu, comme effectif, conformément à DEVAUX et MILLERIOUX (1977), la moyenne géométrique des bornes de chaque classe.

Le tableau III indique, pour chaque plan d'eau étudié, la richesse spécifique, la diversité spécifique et l'équitabilité des peuplements phytoplanctoniques.

La diversité et l'équitabilité peuvent être interprétées comme indicateurs de « maturité » d'un peuplement. On peut noter, d'une façon générale, que les peuplements phytoplanctoniques étudiés ici, présentent un niveau élevé de diversité et d'équitabilité (moyennes respectives : 2,7 et 0,72) (5), ce qui, selon MOSS (1973) et MARGALEF *in* WINNER (1972) permettrait de considérer les lacs de Vanoise, comme d'ailleurs la plupart des lacs oligotrophes, comme des écosystèmes matures.

Cependant, un gradient dans le niveau de structure apparaît dans le cas des lacs étudiés. Le lac du Lait, le lac Blanc de Termignon, le lac Noir de Belleville, les lacs du Clou, du Chardonnet, du Grand Plan, du Lou et le lac inférieur de Lanserlia se distinguent par une équitabilité élevée ($E > 0,83$) tandis qu'un certain nombre de plans d'eau : lac de la Partie, lacs supérieur et inférieur du Merlet, lacs du Pelve, du Grattaleu présentent une équitabilité moyenne, voire faible ($E < 0,55$) qui traduirait leur moindre « maturité ».

E) RELATIONS ENTRE PHYTOPLANCTON ET FACTEURS DU MILIEU

Les relations entre la richesse spécifique des peuplements phytoplanctoniques et quelques paramètres du milieu sont examinées ici :

1. Richesse spécifique et altitude

Au vue de l'analyse, il apparaît que l'altitude n'intervient pas directement dans l'évolution de la richesse spécifique des peuplements phytoplanctoniques.

2. Richesse spécifique et température

La figure 4 montre une augmentation de la richesse spécifique en fonction de la température de l'eau lors des prélèvements ($r = 0,74$), relation déjà signalée par CAPBLANCQ (1972) pour les lacs du Vallon de Port Bielh et NAUWERCK *in* CAPBLANCQ (1972) pour six lacs d'altitude du Tyrol et de Lapponie.

3. Richesse spécifique et superficie

La comparaison d'écosystèmes constituant des ensembles isolés, assimilables à des communautés « insulaires », nous a conduit à tester une relation de la forme : $N = aS^b$ où N représente le nombre d'espèces et S la superficie (DAGET, 1976). Une telle relation ne semble pas s'appliquer aux lacs d'altitude de Vanoise.

(5) L'indice de diversité exceptionnellement élevé observé pour le lac du Lait ($I_{sh} = 5,6$) ne peut s'expliquer que par la prise en compte, au cours de l'échantillonnage, d'espèces appartenant à des communautés différentes (espèces épiphytiques récoltées en pleine eau).

TYPOLOGIE DES LACS DE VANOISE. LE PHYTOPLANCTON

TABLEAU III

Richesse spécifique, diversité spécifique et équitabilité des peuplements phytoplanctoniques.

DESIGNATION DES LACS	RICHESSSE SPECIFIQUE	DIVERSITE SPECIFIQUE	EQUITABILITE
Lac du Lait	81	5,60	0,88
Lac du Clou	44	4,72	0,87
Lac Blanc de Termignon	37	4,37	0,84
Lac Noir des Belle- villes	37	4,45	0,85
Lac du Chardonnet (Grand)	37	4,45	0,85
Lac inférieur de Lanserlia	32	4,58	0,92
Lac du Grand Plan	28	4,26	0,89
Lac de la Fontaine Froide (Lac à Limnées)	24	3,52	0,77
Lac de Plan du Lac	21	3,48	0,79
Lac du Lou	20	3,65	0,85
Lac Verdet	20	3,48	0,80
Lac du Chardonnet (Petit)	19	3,61	0,85
Lac des Echines	13	2,99	0,81
Lac Noir du Clou	13	2,98	0,81
Lac du Mont Coua	13	2,87	0,78
Lac de la Plagne	13	2,78	0,75
Lac supérieur de Lanserlia	13	2,67	0,72
Lac Rond	12	2,50	0,70
Lac Verdet du Clou	10	2,56	0,77
Lac des Bataillières	10	2,52	0,76
Lac Brulet	10	2,27	0,68
Lac de l'Arpont	7	2,30	0,82
Lac de la Roche Ferran	7	1,89	0,67
Lac du Grand Fond	6	1,73	0,67
Lac Blanc de Polset	6	1,73	0,67
Lac de la Partie	6	1,40	0,54
Lac supérieur du Merlet	6	1,08	0,42
Lac Long	5	1,48	0,64
Lac inférieur du Merlet	5	0,74	0,32
Lac du Santel	4	1,48	0,74
Lac Noir de Ste-Foy	4	1,27	0,63
Lac du Grattaleu	4	0,99	0,50
Lac de la Rocheure	3	1,04	0,66
Lac du Pelve	3	0,59	0,37
VALEURS MOYENNES	17	2,70	0,72

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

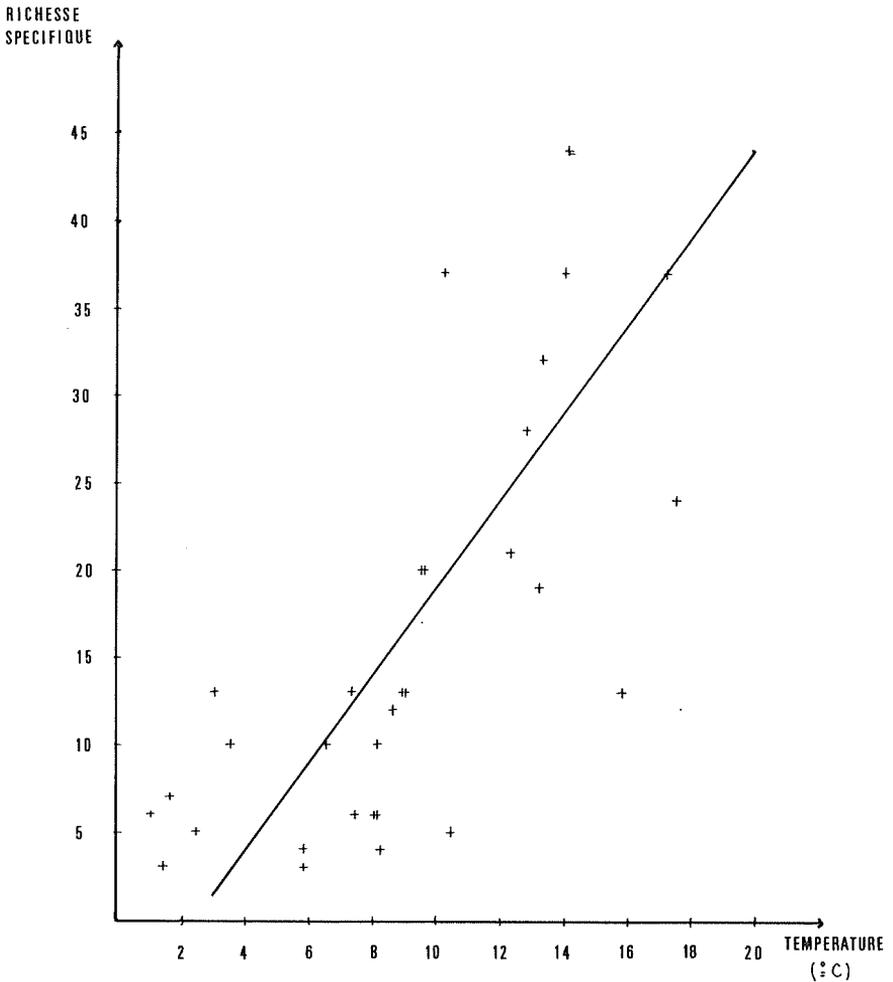


FIG. 4. — Relation entre richesse spécifique et température de l'eau.

Cet essai de corrélation entre facteurs du milieu et richesse spécifique ne représente qu'une première analyse des paramètres susceptibles d'intervenir sur la composition des peuplements phytoplanctoniques; de plus dans la présente étude les paramètres ont été pris en compte isolément alors que l'ensemble des descripteurs du milieu devrait être considéré. Dans un travail ultérieur, des groupements d'espèces seront définis et mis en relation avec les caractéristiques morphométriques, physiques et chimiques des lacs.

CONCLUSION

L'étude du phytoplancton des lacs de haute altitude du massif de la Vanoise a montré la grande richesse de la flore algale de ces milieux : 300 taxons ont été recensés parmi lesquels une espèce et deux variétés nouvelles pour la science. Par ailleurs, la stabilité des populations phytoplanctoniques qui s'exprime par des valeurs élevées de la diversité spécifique et de l'équitabilité a été relevée. Au vu de la richesse de cette flore algale, il semblerait que le climat alpin, comme le supposait DUTHIE (1979) pour le climat subarctique, exerce un contrôle plus quantitatif que qualitatif sur cette flore.

La composition de la flore phytoplanctonique se révèle donc l'une des caractéristiques principales des plans d'eau d'altitude dont elle permet d'évaluer les potentialités et par là d'établir la typologie écologique de ces milieux; des différences importantes ont été constatées entre les lacs en fonction de leur richesse spécifique (de 3 à 45 espèces) et du groupe d'algue dominant, permettant d'établir une première typologie de ces milieux.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLORGE (P.) et DENIS (M.), 1920. — Remarques sur la distribution des algues dans la Haute-Maurienne. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 67 p. LXXVII-XC.
- ALLORGE (P.) et LEFEVRE (M.), 1925. — Algues de Sologne. Sess. extraord. en Sologne. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, LXXII, 28 p.
- BAIER (P.), 1957. — Une tourbière du Dauphiné « Le Luitel ». *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 104, 20 p.
- BAIER (P.), TOSCO (U.), 1978. — Alge della torbiera di Valmontey e dei dintori di Cogne. *Rev. Valdot. Hist. nat.*, n° 32, 101-109.
- BAIER (P.), 1978. — Contribution à la connaissance des Desmidiées du Parc National de la Vanoise. Lacs du Lait et Blanc de Termignon. *Trav. sci. Parc nation. Vanoise*, IX, 147-167.
- BOURRELLY (P.), 1964. — Une nouvelle coupure génétique dans la famille des Desmidiées, le genre *Teilingia*. *Revue Algo. Nelle. Ser.*, VII, 2, 5 p., 10 fig.
- BOURRELLY (P.), 1966. — Les algues d'eau douce, t. 1 : Les Algues Vertes, 511 p., 117 pl., Boubée édit.
- BOURRELLY (P.), COUTE (A.) et THEREZIE (Y.), 1978. — Algues d'eau douce des Iles Kerguelen et Crozet. *Verh. Inter-Verein-Limnol.*, 20, 2347-2350.
- BROOK (A.J.), 1959. — The published figures of the Desmid. *Staurastrum paradoxum* (1). *Revue Algo. Nelle. Ser.* IV, 4, 81 fig.
- BROOK (A.J.), 1971. — Planktonic algae as indicators of lake types, with special reference to the *Desmidiaceae*. *Limnol. Oceanogr.*, 19, 403-411.
- CAPBLANCQ (J.), 1972. — Phytoplancton et productivité primaire de quelques lacs d'altitude dans les Pyrénées. *Ann. limnol.* 8, fasc. 3, 231-321.
- CAPDEVIELLE (P.), 1978. — Recherches écologiques et systématiques sur le phytoplancton du lac de Cazaux — Sanguinet — Biscarosse. *Ann. Besse-en-Chandesse*. 12.

- CHODAT. — *Scenedesmus*, étude génétique de systématique expérimentale et d'hydrobiologie. *Revue Hydrob.*, 3^e ann., n° 3-4, 71-258.
- COSANDEY (F.), 1964. — La tourbière des Tenasses sur Veurey. Edit. Hans Huber. Berne, 320 p., 148 pl., 46 fig.
- CROASDAL (H.), 1973. — Freshwater Algae of Ellesmere Island N.W.T. *Mus. Nation. du Canada. Public. Bot.*, 3, 131 p., 18 pl.
- DAGET (J.), 1976. — Les modèles mathématiques en écologie. Collection d'écologie 8, Masson, 172 p.
- DEFLANDRE (G.), 1923. — Contribution à la flore algologique de la Haute-Savoie. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, LXX, 898-914, 6 fig.
- DEFLANDRE (G.), 1925. — Note sur la flore algologique de deux localités alpines. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, LXII, 373-393, 31 fig.
- DENIS (H.), 1924. — Observations algologiques dans les Hautes-Pyrénées. *Revue Algo.*, 1, n° 3, 258-266.
- DEVAUX (J.), MILLERIOUX (G.), 1977. — Utilisation d'une cotation d'abondance pour l'étude quantitative des populations phytoplanctoniques. *Journal français d'Hydrobiologie*, 8, fasc. 1, n° 22, 37-44.
- DUTHIE (H.C.), 1979. — Limnology of subarctic Canadian lakes and some effects of impoundment. *Arctic and Alpine Research*, V 11, n° 2, 145-158.
- FLENSBURG (T.), 1967. Desmids and other Bentic algae of lake Kausjön and Store Mosse, S.W. Sweden. *Acta phytogeographica Suecica*, 51, Uppsala, 132 p., 8 pl., 35 fig.
- FÖRSTER, (von K.), 1970. — Beitrag zur Desmidiaceenflora von süd-Holstein und der Hansestadt. Hamburg. *Nova Hedwigia*, XX, 150 p.
- FÖRSTER, (von K.), 1969. — Amazonische Desmidiaceen. *Amazoniana*, II, (1/2), 116 p., 56 pl.
- GERMAIN (H.), 1981. — Flore des Diatomées — eaux douces et saumâtres. Edit. N. Boubée, 436 p., 169 pl.
- GRÖNBLAD (R.), GERALD (A.), PROWSE and SCOTT (A.), 1958. — Sudanese Desmids I, *Acta Bot. Fennica*, 58, 82 p., 29 pl.
- GRÖNBLAD (R.), GERALD (A.), PROWE and SCOTT (A.), 1962. — Sudanese Desmids II, *Acta Bot. Fennica*, 19 p., 4 pl.
- HEGEWALD (E.), 1978. — Investigat. the lakes of Peru and their phytoplankton. *Arch. Hydrobiol.*, 2, 8 p., 34 fig.
- HIRANO (M.). — Contribution Fron. The Biological Laboratory Kyoto Univers *Flora Desmidiarum Japonicarum* n° 1, 1955 — n° 2, 1956 — n° 4-5 — 1957 — n° 7, 1959 — n° 10, 1960. — 480 p., 54 pl.
- HIRANO (M.), 1972. — Desmids from Cambodia, with special refer. Phytoplankton of Lake « Grands Lacs ». Contribution from the biol. *Kyoto Univer.* vol. 23, n° 3/4, 123-157, 13 pl.
- HORTOBAGYI (T.), 1973. — The microflora in the settling and subsoil water enriching basins of the Budapest Waterworks *Akademia Kiado Budapest*, 200 p., 610 fig.
- HUBER PESTALOZZI, 1942. — Das Phytoplankton des Süßwassers. 2 Teil-Diatomeen, 182 p., 202 fig.
- HUBER PESTALOZZI †, Von FOOT (B.), 1968. — Das Phytoplankton des Süsswassers. 3 Teil — Cryptophycées, Chloromonadines, Dinophycées, 350 p., 350 fig.
- HUBER PESTALOZZI †, Von FOOT (B.), 1972. — Das Phytoplankton des Süsswassers. 6 Teil — Chlorophycées, Tétraspores, 115 p., 47 pl. Stuttgart — E. Schweizerbart'sche.
- HUTCHINSON (G.E.), 1967. — A treatise on Limnology. Vol. II introduction to lake biology and the limnoplankton. John Wiley et sons, New York, 1 115 p.
- IRÈNÉE MARIE, Frère de l'Instruction Chrétienne. — Flore Desmidiale de la région de Montréal. La prairie. Canada, 1939.

- KRIEGER (W.), 1937. — Rabenhorst' Kryptogamen Flora, vol. XIII, 1 et 2. Teil, Closterium-Penium-Pleurotaenium-Euastrum-Micrasterias. Die Desmidiaceen, 142 pl., 659 p. + 119 p. pour 2 Teil.
- KRIEGER (W.) † und GERLOFF (J.), 1962-1969. — *Die Gattung Cosmarium*, vol. 1 à 4, 408 p., 69 pl.
- LEFEVRE (M.), 1939. — *Recherches expérimentales sur le polymorphisme et la tétralogie des Desmidiées*. Paris, Lechevalier Edit.
- MAGNIN (E.), 1977. — *Ecologie des eaux douces du territoire de la Baie James*. Rapport du Laboratoire d'Ecologie de la Société d'énergie de la Baie James. Université de Montréal, 454 p.
- MARTINOT (J.P.), 1979. — *Ecologie et gestion piscicole des lacs de haute altitude du Parc National de la Vanoise*. Thèse de spécialité, Ecologie appliquée, Grenoble, 127 p.
- MESSIKOMMER (E.), 1976. — *Beiträge zur kryptogamenflora des schweiz katalog der schweizerischen Desmidiaceen nest Angaben über deren Ökologie* — F. Flück, Wirth Edit., Band 14, H1, 103 p.
- MOSS (B.), 1973. — *Diversity in fresh water phytoplankton*. The Amer. Midland Naturalist, vol. 90, n° 2, 341-355.
- PARRA BARRIENTOS (O.), 1979. — *Revision der Gattung Pediastrum*. Bibliotheca phycologica, J. Kramer, 186 p., 55 pl.
- PASCHER (A.), 1915. — *Die Süßwasser flora Mitteleuropas*. Heft 5 Chlorophyceae. II — Tétraspores — Protococcales. Iena Verlag von Gustav Fischer.
- PASCHER (A.), 1930. — *Bacillariales (Diatomeae)* Heft 10 Die Süßwasser-flora Mitteleuropas — Jena verlag Von Gustav Fischer.
- PRESCOTT (G.W.), 1970. — *Freshwater algae*. Nature Série, Pictured Key édit., 348 p., 977 fig.
- PRESCOTT (G.W.), 1975. — *Algae of the Western Great Lake Area* Public. C. Brown Company, 977 p., 136 pl.
- PRESCOTT (G.W.), HANNAH (T.), CROASDALE and VINYARD (W.C.), 1977. — *A synopsis of North American Desmids*. Part II, *Desmidiaceae Placodermatae*. Sect. I et II. Public of Tres. Synopsis was supported by the Nation. Sciences Foundation, 279 p. + 413 p., 147 pl.
- RALFS (J.), 1848. — *The British Desmidiaceae*. Hist. Nat. Classica XXVIII read. de 1848, 2° édit. J. Cramer D. 3301 Lehre.
- RUŽIČKA (J.), 1973. — *Die Zieralgen der Naturshutzgebietes « Rez à binee » (süd böhemen)* Preslia, Praha 45.
- SKUJA (H.), 1976. — *Priehsdardi-Latvizas Algufloorai IV* Bibl. Phycologiaca. Band 26, 85 p., 119 fig.
- STUDIES IN PHYCOLOGY, 1969. — *Bonuslav Fott et Novakowa: Chlorelles*. Legnerova: *Ankistrodesmus* et *Monoraphidium* — Rehokova: oocystis — Sulek: Pediastrum — Edited Bohus Fott — Caroline Univers. of Prague, 304 p., 67 pl., 26 fig.
- TEILLING (E.), 1967. — *The desmid Genus Staurodesmus*. A taxonomic study. *Ark. För. Bot.*, Band 6 ur 11, 467-629, 31 pl.
- THEREZIEN (Y.), COUTE (A.), 1977. — *Algues d'eau douce des Iles Kerguelen et Crozet (à l'exclusion des diatomées)* CNFRA n° 43.
- THOMASSON (K.), 1973. — *Actinotaenium-Cosmarium and Staurodesmus in the Plankton of Rotorua Lake-Swensk*. Bot., 20 p.
- THOMASSON (K.), 1979. — *Heleoplankton from a pool in south Trøndelag*. Province central Norway — *Gunneria* 32, 24 p., 20 fig., University of Trondheim.
- UHERKOVICH (G.), 1966. — *Die Scenedesmus Arten Ungarus*. Akademiai Kiadó Budapest, 173 p., 6 Tabel, 824 fig.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- WEST (W.) et WEST (G.S.), 1904-1923. — *A monograph of British Desmidiaceae*, vol. 1 à 5, vol. 5 by N. Carter, Ray. Soc.
- WINNER (R.W.), 1972. — An evaluation of certain indices of eutrophy and maturity in lakes — *Hydrobiologia*, vol. 40, 2, 223-245.
- WUTHRICH (M.), 1965. — Le phytoplancton du lac de Neuchâtel. *Revue Suisse Hydrobiologie*, vol. XXVII, F1.
- WUTHRICH (M.), 1975. — Contribution à la connaissance de la flore algale du Parc National Suisse, les Diatomées. Drück — Lüdin — Liestal B XIV, 96 p., 41 pl.

ANNEXE : LISTE SYSTÉMATIQUE DES CYANOBACTÉRIES ET DES ALGUES PHYTOPLANCTONNIQUES DU PARC NATIONAL DE LA VANOISE

I. — CYANOBACTÉRIES

ORDRE DES CHROOCOCCALES

● FAMILLE DES CHROOCOCCACÉES

- Aphanocapsa elachista* W. et W. var. *conferta* W. et W. — Lac du Lait (4). Colonies importantes, de forme irrégulière ayant, en moyenne, un diamètre de 140 μm dans un mucilage hyalin. Diamètre des cellules : 1,8 à 1,95 μm . Espèce répandue dans le plancton des tourbières à pH compris entre 4,7 et 6,2.
- Eucapsis alpina* Cl. et Sh. — Lac Blanc de Termignon (2), lac Brulet (2). — Colonies cubiques de 64 cellules de 40 μm de côté. Espèce commune dans les tourbières.
- Merismopedia elegans* A. Braun. — Lac à Limnées (4). Cellules sphériques de 6 à 8 μm de diamètre formant des colonies de cellules disposées régulièrement en plateaux. Colonies pouvant comporter jusqu'à 800 cellules.
- Merismopedia punctata* Meyen. — Lac du Lait (2). Colonies planes de cellules groupées par quatre dans une gelée homogène. Plaques rectangulaires de 32 à 128 cellules. Diamètre des cellules : 2,8 à 3,2 μm . Espèce très répandue.
- Synechococcus aeruginosus* Näg. — Lac des Bataillères (1). Cellules oblongues à cylindriques au pôle arrondi. Cellules solitaires de 12 μm de diamètre et 22 μm de long. Algues récoltées jusqu'ici dans le benthos de différentes tourbières et une seule fois dans le plancton d'un lac à pH 6,2. Sa présence dans le prélèvement serait accidentelle.

ORDRE DES NOSTOCALES

● FAMILLE DES NOSTOCACÉES

- Nostoc disciforme* Fritsch. — Lac du Lait (3), lac de Plan du Lac (1). Colonies de dimensions fort variables. Thalle gélatineux contenant des trichomes flexueux. Cellules de 2,5 à 3,1 μm . Espèce généralement observée dans les tourbières (benthos, plancton ou épiphytes).
- Nostoc piscinale* Kütz. — Lac Blanc de Termignon (2). Taille des cellules : 3,7 à 4 μm . Hétérocystes elliptiques : 4,5 à 6 μm . Colonies de formes irrégulières. Espèce répandue surtout en milieu eutrophe.

II. — ALGUES
CLASSE DES CHLOROPHYCÉES

ORDRE DES VOLVOCALES

● FAMILLE DES VOLVOCACÉES

Gonium pectorale Müll. — Lac à Limnées (5). Colonies en plaques de 8 ou 16 cellules disposées très régulièrement en carré. Dans le cas où la colonie comporte seize cellules, douze sont situées sur les bords et quatre dans la zone centrale. Diamètre des cellules : 12,2 µm.

Pandorina morum (Müll) Bory. — Lac du Chardonnet (Grand) (4), lac du Clou (5). Colonies sphériques de diamètre compris entre 138 et 217 µm. Diamètre des cellules : 11,5 à 13,5 µm.

ORDRE DES TÉTRASPORALES

● FAMILLE DES TÉTRASPORACÉES

Apiocystis brauniana Næg. — Colonie à cellules nombreuses situées dans la périphérie de la masse gélatineuse. La base de la colonie forme un pédoncule. Les rares colonies (2) trouvées au lac des Echines étaient fixées sur des déchets de végétaux. Taille des colonies : 81 à 96 × 49 à 55 µm. Diamètre des cellules : 8,2 µm. Flagelles au nombre de deux, de longueur comprise entre 8,5 et 17,3 µm. Espèce commune dans le plancton.

Chaetopeltis orbicularis Berth. — Lac du lait (5). Algues épiphytes se présentant en disques circulaires groupant de nombreuses cellules polygonales. Diamètre des colonies : 180 à 312 µm. Dimension moyenne des cellules : 18,2 µm.

ORDRE DES CHLOROCOCCALES

● FAMILLE DES CHLOROCOCCACÉES

Tetraëdron limneticum Borge (Pl. 1, fig. 1). — Lac du Grand Plan (3). Cellules toujours solitaires pouvant être circonscrites dans une sphère de 35 µm de diamètre. Espèce à contours très tourmentés.

Tetraëdron regulare Kütz var. *incus* Teil. — Lac du Grand Plan (4). Diamètre des cellules : 35,2 à 38,1 µm. En bout d'épine, cellules à marges latérales concaves. Autre caractère : épines particulièrement longues.

Tetraëdron regulare Kütz var. *torsum* (Turn) Braun. (Pl. 1, fig. 8). — Lac Blanc de Termignon (2). Cellules tétraogonales à pyramidales. Chaque angle est armé d'une courte épine. Dimensions des cellules : 40,4 × 40,4 µm. Espèce commune.

● FAMILLE DES OOCYSTACÉES

Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs. — Lac du Chardonnet (Petit) (3), lac du Clou (4). Cellules fusiformes solitaires ou en groupe de 2 à 32 cellules. Dimensions des cellules : 30 à 90 × 2,5 à 5 µm. Espèce observée dans un grand nombre de lacs et de marais.

Ankistrodesmus gracilis (Reinsch.) Korš. — Lac du Grand Plan (5). Cellules toujours en arc même lorsqu'elles sont groupées. Dimensions des cellules : 30,5 × 3,1 µm.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

Ankistrodesmus spiralis (Turn.) Lemmer. — Lac du Grand Plan (4). Cellules cylindriques à extrémités en pointe, irrégulièrement en spirale. Dimensions des cellules : $44 \times 3,1 \mu\text{m}$.

Chlorella vulgaris Beijer. — Lac Noir de Sainte-Foy (5). Petites sphères pouvant être groupées par deux ou quatre.

Chlorella zofingiensis Dönn. — Lac du Lait (4). Nombreuses sphères en phase de reproduction contenant 8 à 32 cellules. Généralement cellules de $12,2 \mu\text{m}$ de diamètre.

Dictyosphaerium ehrenbergianum Näg. — Lac du Grand Plan (5). Dans cette récolte, l'espèce est d'une telle abondance qu'elle représente 30 % des algues.

Oocystis crassa Wittr. — Lac des Echines (5). Cellules ovoïdes à pôles renforcés. Diamètre des cellules : $14,75 \mu\text{m}$ pour une longueur de $22,8 \mu\text{m}$.

Oocystis solitaria Wittr. et Nordst. — Lac du Lait (5). Dans cette récolte les cellules ellipsoïdales sont solitaires ou en groupe de 10 à 16 cellules.

Oocystis solitaria Wittr. et Nordst. f. *solitaria* Réhákova. — Lac du Lait (4). Cellules ellipsoïdales avec têtou polaire. Dimensions des cellules : $10,3$ à $13,12 \times 20,1$ à $23 \mu\text{m}$.

● FAMILLE DES RADIOCOCCACÉES

Coenococcus planctonicus (Korch) Bourr. — Lac des Echines (2). Colonies formées de 8 à 16 cellules groupées dans un mucilage. Diamètre des colonies : 85 à $100 \mu\text{m}$. Espèce très répandue dans le plancton.

● FAMILLE DES SCENEDESMACÉES

Crucigeniella apiculata (Lemm) Komar. — Lac Verdet du Clou (4), lac du Chardonnet (Petit) (5) — Cénobes de quatre cellules plus ou moins rectangulaires; généralement quatre cénobes réunis en plaques de seize cellules (4×4) — Dimensions des cellules : 5 à $7,85 \times 4$ à $5,5 \mu\text{m}$. Ancienne appellation : *Crucigenia apiculata* (Lemm) Schm.

Crucigenia rectangularis (Näg) Gay (Pl. 1, fig. 2). — Lac du Lait (5), lac du Chardonnet (Petit) (4). Cénobe plat à cellules toujours groupées par quatre. Cellules oblongues de $5,5 \mu\text{m}$ de diamètre pour une longueur de $8,2$.

Coelastrum cambricum Archer. — Lac du Lait (4), lac du Chardonnet (Grand) (3), lac du Clou (4). Cénobes sphériques, formés généralement de 32 cellules. Diamètre des cellules : 16 à $18,2 \mu\text{m}$.

Coelastrum microporum Näg. — Lac du Chardonnet (Grand) (2). Cénobes sphériques composés de 8 à 64 cellules. Espaces intercellulaires hexagonaux. Les cellules, reliées par un bras gélatineux, ont un diamètre compris entre $8,6$ et $19 \mu\text{m}$.

Coelastrum proboscideum Bohl. (Pl. 3, photo 3). — Lac du lait (3), lac Verdet (4). Diamètre des cellules : $12,6$ à $14,1 \mu\text{m}$.

Scenedesmus acuminatus (Lag.) Chodat. — Lac du Grand Plan (4). Dimensions des cénobes $37 \times 30 \mu\text{m}$. Les deux cellules d'extrémité sont caractéristiques, en croissant de lune et les deux centrales sont fusiformes.

Scenedesmus acutiformis Schr. (Pl. 1, fig. 9). — Lac Blanc de Termignon (5), lac du Lait (5), lac Verdet (3). Dimensions des cénobes : $24,3 \times 17,8 \mu\text{m}$.

Scenedesmus acutus Meyen. (Pl. 1, fig. 10). — Lac du Grand Plan (3). Cénobes de quatre cellules en série linéaire. Les deux cellules centrales sont fusiformes et les deux extrêmes ont la forme de « petit bateau » à cornes divergentes. Dimensions des cénobes : longueur : $25,5 \mu\text{m}$ — largeur : $22,2$ à $23,6$ — épaisseur : $6,8$ à 7 .

Scenedesmus armatus Chodat. — Lac du Grand Plan (2). Cénobes avec épines. Dimensions des cénobes : $41,25 \times 32,5 \mu\text{m}$. Longueur des épines : $15,6 \mu\text{m}$. Espèce très répandue.

Scenedesmus armatus Chodat var. *boglariensis* Hortob. — Lac du Grand Plan (5), lac du Clou (5). Espèce signalée au lac Balaton (Hongrie) par HORTOBAGHY (1973). Cénobes

- linéaires de quatre cellules. Diffère du type par la présence d'une crête reliant les deux pôles de chaque cellule. Dimensions des cellules : $10,6 \times 3,38 \mu\text{m}$.
- Scenedesmus brasiliensis* Bohlin. — Lac du Chardonnet (Grand) (4). Dimensions des cellules : $12,8 \times 5,7 \mu\text{m}$. Espèce caractérisée par la cote saillante latérale des cellules centrales et la forme singulière qu'impose aux pôles la présence de quelques aiguillons légèrement courbés. Espèce assez répandue.
- Scenedesmus circumfusus* Hort. var. *bicaudatus* Hort. — Lac Verdet (3). Dimensions des cellules : $16,25 \times 4,37 \mu\text{m}$. Diffère du type par la pauvreté en épines. *bicaudatus* n'a que deux épines par cénobe.
- Scenedesmus denticulatus* Lagerh. var. *costato-granulatus* Hortob. UHERKOVICH donne le nom de *Sc. denticulatus* var. *linearis* Haw. f. *costato-granulatus* (Hortob) Huerk. — Lac du Lait (4), lac du Grand Plan (4). Quatre cellules linéaires forment le cénobe. Dimensions des cellules, au lac du Grand Plan : $9,3$ à $15,17 \times 2,41$ à $5,11 \mu\text{m}$.
- Scenedesmus ecomis* (Rulfs) Chodat. — Lac à Limnées (2). Cénobes de quatre cellules ovales; certains cénobes en possèdent huit. Taille des cénobes : $17,55 \times 13,72 \mu\text{m}$. Dimensions des cellules : $4,4 \times 13,73 \mu\text{m}$.
- Scenedesmus granulatus* W. et GS.W. — Lac Noir de Belleville (3). Cellules ovales, granuleuses, trois fois plus longues que larges : longueur : $20,4 \mu\text{m}$ — largeur : $6,45$.
- Scenedesmus oahuensis* (Lemm) G.M. Smith. — Lac du Lait (2). Taille des cénobes : $53,4 \times 45,3 \mu\text{m}$. Espèce observée dans des lacs de montagne : lac de la Clarée (vallée de Névache).
- Scenedesmus quadricauda* (Turp) Breb. — Lac du Lait (2), lac du Chardonnet (Grand) (4), lac du Clou (5). Cénobes à quatre cellules linéaires. Dimensions des cellules : $8,5$ à $20,3 \times 3,2$ à $8,8 \mu\text{m}$. Cénobes ayant quatre épines (une à chaque angle). Espèce très commune dans les lacs du massif des Grandes Rousses, de la vallée de Névache et dans le lac Luitel. Espèce commune dans le phytoplancton des cinq continents.
- Scenedesmus spinosus* Chodat. — Lac inférieur de Lanserlia (2), lac du Chardonnet (Grand) (2). Cénobes de quatre cellules ovales à elliptiques. Dimensions des cellules : $8,2 \times 4,1 \mu\text{m}$. La plupart des cénobes observés ont quatre épines aux cellules d'extrémité; les deux extérieures sont deux fois plus longues que les deux épines centrales. A signaler que nous avons souvent trouvé cette espèce sous la glace au lac Luitel (pH 5,3) au mois de mars, au lac Praver en février, au lac des Boîtes (pH 4,9) (massif du Taillefer) en février.

● FAMILLE DES HYDRODICTYACÉES

- Pediastrum alternans* Nyg. — Lac du Clou (1). Nous avons observé un cénobe complet de 64 cellules. Cellules marginales à incision très profonde présentant des cornes longues à extrémités rectangulaires. Entre les cellules marginales et internes il y a également un méat peu discernable. Chaque cellule interne est à cinq côtés. Membrane légèrement ondulente. Espèce rarement signalée.
- Pediastrum angulosum* (Ehr) Menegh. — Lac du Lait (2). Cénobes de 16 ou 32 cellules. Diamètre maximum des cénobes : $62,3 \mu\text{m}$. Caractère dominant : l'échancrure externe de la cellule marginale est large et profonde. Diamètre des cellules : $10,8$ à $14,4 \mu\text{m}$.
- Pediastrum boryanum* (Turp) Menegh. — Lac du Lou (4), du Mont Coua (2), lac à Limnées (2), lac supérieur de Lanserlia (3), lac des Echines (5), du Grand Plan (3), de la Plagne (3), lac Noir de Belleville (5), lac du Chardonnet (Grand) (5), lac Verdet du Clou (3), lac du Clou (5). Les cénobes sont de 32, 64, 128 et même 256 cellules. Espèce commune dans tous les lacs du massif des Grandes Rousses, de la vallée de Névache et dans de nombreux autres lacs de montagne.
- Pediastrum braunii* Wartm. — Lac du Clou (3). Les cénobes n'ont que 8 à 16 cellules et leur diamètre reste inférieur à $42-44 \mu\text{m}$. Dimensions des cellules : 8 à 10×8 à $10 \mu\text{m}$.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

Pediastrum duplex Meyen. — Lac du Clou (3). Cénobes de 8 à 128 cellules. Les cellules centrales sont en forme de X. Les méats entre cellules sont très importants. Diamètre des cellules : 15 à 16 μm . Espèce très souvent observée et citée.

Pediastrum duplex Meyen var. *subgranulatum* Racib. — Lac Noir de Belleville (3). Cénobes de 32 et 64 cellules pouvant atteindre un diamètre de 160,5 μm .

Pediastrum tetras (Ehr) Ralfs. — Lac du Lait (2), lac du Grand Plan (3), lac du Chardonnet (Grand) (2), lac du Clou (2). Au lac du Lait, les cénobes observés sont tous de quatre cellules. Au Grand Plan, les cénobes sont généralement de huit cellules (sept périphériques et une centrale). Diamètre maximum des cénobes : 23,5 μm .

● FAMILLE DES COCCOMYXACÉES

Elakatothrix gelatinosa Wille. — Lac des Echines (5). Cellules fusiformes à apex arrondis. Les cellules sont par deux dans une masse gélatineuse et opposées par l'apex. Longueur des cellules : 10 μm . Les masses gélatineuses atteignent parfois 230 μm de long.

ORDRE DES ZYGNÉMATALES

● FAMILLE DES ZYGNÉMATACÉES

Spirogyra sp. — Lac du Grand Fond (3). Nous n'avons trouvé que des cellules végétatives à nombreux plastes ce qui fait que nous n'avons pas pu les identifier.

● FAMILLE DES MÉSOTAENIACÉES

Gonatozygon aculeatum Hasting. — Lac du Lait (3), lac des Bataillières (5). Petites cellules cylindriques à bouts renflés, 10 à 15 fois plus longues que larges; longueur : 170,6 μm — largeur : 12,2 — bouts : 14,7.

Gonatozygon brebissonii de Bary. — Lac de Plan du Lac (3). Dans cette récolte, l'espèce est de dimensions fort variables : longueur : 114,2 à 231,3 μm pour une largeur constante de 7,41 μm . Dans chaque hémisomate se trouvent 7 à 15 pyrénoides.

Gonatozygon monotaenium de Bary. — Lac du Lou (5). Cellules très abondantes à membrane granuleuse, dont la longueur peut atteindre de 22 à 26 fois la largeur; longueur : 261,1 μm — largeur : 11,42 — bouts : 13,6.

Gonatozygon pilosum Wolle. — Lac Noir de Belleville (4), lac du Chardonnet (Grand) (5). Cellules environ vingt fois plus longues que larges. Cinq pyrénoides par chloroplastes. Dimensions des cellules : 135 à 377 \times 6,45 à 15,1 μm . Espèce très répandue en Europe, Asie, Amérique et dans l'Arctique.

● FAMILLE DES DESMIDIACÉES

Closterium abruptum W. West. — Lac du Grand Plan (4). Espèce à membrane toujours lisse. Cellules à bouts tronqués. Dimensions des cellules : longueur : 154,6 μm — largeur : 19,25 — bouts : 5,92. Espèce commune dans le massif des Grandes Rousses et le lac Luitel.

Closterium leibleinni Kütz. — Lac Noir de Belleville (2). Dimensions des cellules : longueur : 185,2 à 245 μm — largeur : 11,8 à 34,3 — bouts : 4 à 6,5. Cellules en croissant de lune, courbure de 160° environ. Cinq pyrénoides par hémisomate. Membrane incolore et lisse. Cette espèce semble très répandue dans les eaux à pH neutre (6,7 à 7,4); à signaler toutefois sa présence au lac du Grand Lemps (Bas-Dauphiné) (pH 5,8), zone tourbeuse.

Closterium rostratum Ehr. — Lac du Lait (3). Dimensions des cellules : 320 \times 25 μm . Espèce à stries très fines; membrane jaunâtre. Se trouve dans des eaux dont le pH est compris entre 4 et 7,5. Signalée en montagne jusqu'à 2 500 m d'altitude. Répandue en Europe, Amérique, Asie, Afrique, Australie.

- Closterium setaceum* Ehr. — Lac Brulet (2). Dimensions des cellules : longueur : 248 à 317 μm — largeur : 7,3 à 9 — apex : 1 à 2. Les cellules ont généralement douze stries bien visibles, un corps étroitement fusiforme se terminant à chaque bout par un appendice étroit, long et droit à marges parallèles. Espèce observée dans les étangs de Comelle (Bas-Dauphiné).
- Closterium striolatum*. Ehr. — Lac du Grand Plan (4). Dimensions des cellules : longueur : 295 μm — largeur : 25,2 — bouts : 10,2. Cellules ayant quatorze stries aux 10 μm ; plastes ayant huit à dix pyrénoides. Se trouve dans toute l'Europe, en Asie, Afrique, Amérique.
- Closterium tumidum* Johns. — Lac du Grand Plan (3). Dimensions des cellules : longueur : 112 μm — largeur : 12,6 — bouts : 6,2 — courbure : 40°. Espèce à marge intérieure renflée. Plastes en cinq bandes. Les vacuoles ne contiennent qu'un seul granule. Membrane lisse et incolore. Espèce très répandue.
- Closterium venus* Kütz. — Lac du Grand Plan (2). Dimensions des cellules : 52,5 \times 9,15 μm . Cellules petites ayant toujours un pyrénouide par hémisomate. Espèce observée sur les cinq continents et dans l'Arctique, généralement dans des eaux dont le pH est compris entre 6,8 et 7,4.
- Pleurotaenium ehrenbergii* (Breb.) de Bary. — Lac inférieur de Lanserlia (2). Dimensions des cellules : longueur : 618 μm — largeur : 33,18 — isthme : 27,7 — apex : 25,8. Belles cellules à marges parallèles n'ayant qu'une seule ondulation de chaque côté de l'isthme. L'espèce se trouve indifféremment dans des eaux acides ou basiques, dans le benthos, dans le plancton et parmi les Utriculaires. A signaler aussi sur des Characées.
- Pleurotaenium trabecula* (Ehr) Næg. — Lac du Clou (3), lac du Lait (1), lac du Chardonnet (Grand) (5). Dimensions des cellules : longueur : 601 μm — largeur : 41,0 — isthme : 32,4 — bouts : 30,6. Espèce très répandue signalée dans l'Antarctique.
- Euastrum ansatum* Ehr. — Lac du Lait (2), lac du Chardonnet (Petit) (1). Dimensions des cellules : longueur : 100 μm — largeur : 52,2 — isthme : 15,6 — bouts : 29,48. Le caractère principal de cette espèce est le nombre et la position des protubérances : une à la base et deux au-dessus vers le centre. Espèce signalée dans le plancton mais également en épiphyte dans des milieux dont le pH est compris entre 3,9 et 7,7. Espèce cosmopolite.
- Euastrum bidentatum* Næg. — Lac Noir de Belleville (1). Dimensions des cellules : longueur : 53,2 μm — largeur : 32,8 — épaisseur : 22,6 — isthme : 7,75 — apex : 25,1. La présence de l'espèce dans cette récolte est probablement accidentelle. Elle est généralement observée dans des milieux acides (Sphaignes — Utriculaires).
- Euastrum elegans* (Breb.) Kütz. — Lac du Lait (5). Dimensions des cellules : longueur : 26,6 μm — largeur : 19,8 — isthme : 4,6. L'ornementation de la membrane est réduite à la protubérance centrale formée de trois granules. Espèce signalée sur les cinq continents mais également dans des régions froides : Spitzberg, Groënland, Sibérie, etc.
- Euastrum pectinatum* Breb. — Lac du Lait (5). Dimensions des cellules : longueur : 70,7 μm — largeur : 44,5 — apex : 24,5 — isthme : 11,4. Espèce sans incision polaire. Distribution en Europe, Asie, Afrique, Amérique, signalée dans l'Arctique.
- Euastrum pectinatum* Breb. var. *brachylobum* Wittr. (Pl. 4, photo 11). — Lac Blanc de Termignon (2), lac du Lait (5). Dimensions des cellules : longueur : 51,2 μm — largeur : 41. Cellules à trois lobes par hémisomate. Lobes latéraux peu émarginés. Membrane plus épaisse aux angles. Espèce signalée depuis la France jusqu'au Nord de l'Europe. Groënland, Suède, Norvège, etc. Amérique et dans l'Arctique.
- Euastrum pulchellum* Breb. — Lac du Lait (3). Dimensions des cellules : longueur : 39,9 μm — largeur : 26,6 — isthme : 5,4 — apex : 18. Espèce caractérisée par l'incision profonde du lobe polaire. De part et d'autre de l'apex, deux dents bien marquées. Distribution : Europe, Sibérie, Amérique du Nord et du Sud, Arctique.
- Euastrum verrucosum* Ehr. — Lac inférieur de Lanserlia (5). Dimensions des cellules : longueur : 97,9 μm — largeur : 89,7 — isthme : 20,18. Très belle espèce à lobe apical

élargi; lobes latéraux profondément émarginés séparés du lobe apical par de profonds sinus; membrane ornée d'une protubérance centrale en rosace et de deux petites protubérances de chaque côté de la centrale. Espèce très largement répandue.

- Euastrum verrucosum* Ehr. var. *montanum* P. Baïer. var. nov. (Pl. 2, fig. 13 et Pl. 4, photos 8 et 9). — Lac inférieur de Lanserlia (5). Espèce très proche du type, en diffère par l'ornementation de la membrane. Une protubérance centrale très importante, « rosacée », marquée par deux rangées concentriques de granules. Au centre de cette protubérance, deux ou trois granules. De part et d'autre de l'isthme une rangée de granules. Sept à huit rangées de granules sont disposées de part et d'autre de la rosace, dans le sens de la longueur de la cellule. Sur toute sa surface, la membrane est finement ponctuée. Sinus droits et fermés sur les 2/3 de la longueur. Dimensions moyennes des cellules : longueur : 114,7 μm — largeur : 102 — isthme : 23,9 — largeur polaire : 40,6 — épaisseur : 39,3.
- Euastrum verrucosum* Ehr. var. *alatum* Wolle. — Lac du Grand Plan (4), lac inférieur de Lanserlia (5). Dimensions des cellules : longueur : 96 μm — largeur : 72,08 — isthme : 19,5 — apex : 38,6. Très belle espèce caractérisée par les sinus ouverts se refermant en dehors en forme de bec d'oiseau de proie. Observée dans toute l'Europe, en Afrique du Nord, en Asie, dans l'Amérique du Nord et dans l'Arctique.
- Euastrum verrucosum* Ehr. var. *rhomboïdeum* lund. (Pl. 2, fig. 12 et Pl. 4, photo 7). — Lac inférieur de Lanserlia (2). Dimensions des cellules : longueur : 114,2 μm — largeur : 106,8 — isthme : 23,1 — largeur polaire : 33,6. Diffère du type par la forme de l'hémisomate en trapèze avec à ses angles de fortes épines. Au 2/3 supérieur vers l'apex, le lobule est formé de fortes épines. Espèce généralement signalée dans des eaux à pH neutre (6,5 à 7,5). Distribution : Europe, Amérique et Arctique.
- Euastrum lapponicum* Schm. — Lac du Lait (4). Dimensions des cellules : longueur : 38,89 μm — largeur : 26,38 — isthme : 7,2 — largeur polaire : 18,5. Apparence générale rectangulaire à sinus fermés par des crocs, gros et courts. Distribution : Europe, Amérique, Arctique.
- Micrasterias americana* (Ehr.) Ralfs. — Lac inférieur de Lanserlia (5). Dimensions des cellules : longueur : 134,6 μm — largeur : 111,5 — isthme : 25,56 — largeur polaire : 61,2. Belles cellules profondément incisées. Chaque hémisomate est formé de cinq lobes dont quatre sont symétriques deux à deux. Lobe polaire cunéiforme. Espèce très répandue.
- Micrasterias prinnatifida* (Kütz) Ralfs. — Lac Blanc de Termignon (2), lac du Lait (3). Dimensions des cellules : longueur : 68,0 μm — largeur : 79,42 — isthme : 13,6 — largeur polaire : 53,3. Cellules dont chaque hémisomate n'a que trois lobes. Espèce répandue sur les cinq continents.
- Micrasterias rotata* (Grev.) Ralfs. — Lac Noir de Belleville (2). Dimensions des cellules : longueur : 276 μm — largeur : 243,5 — isthme : 32,6 — largeur polaire : 70,6. Cellules presque circulaires. Hémisomates divisés en cinq lobes. Lobes latéraux supérieurs 50 % plus grands que les inférieurs. Membrane finement ponctuée. Espèce très cosmopolite, observée dans de nombreux lacs et tourbières de montagne.
- Actinotaenium cucurbita* (Breb.) Teil. — Lac du Lait (4). Dimensions des cellules : longueur : 41,5 μm — largeur : 16,32 — isthme : 14,4. Petites cellules dont les sinus ne sont que de légères dépressions. Vue apicale circulaire. Espèce très répandue connue également sous le nom de *Cosmarium cucurbita* Breb.
- Actinotaenium cucurbitinum* (Biss.) Teil. — Lac Long (3). Dimensions des cellules : longueur : 66,2 μm — largeur : 28,4 — isthme : 27,1. Cellules cylindriques à constriction peu marquée. Dans les Alpes, espèce abondante au lac Carrelet (massif des Grandes Rousses). Espèce très répandue voire même dans l'Arctique.
- Actinotaenium turgidum* (Breb) Teil. — Lac Brulet (2). Dimensions des cellules : longueur : 174 μm — largeur : 87,5. Cellules à sinus peu marqué, plastes en bandes et membrane ayant des pores et de très faibles granules.

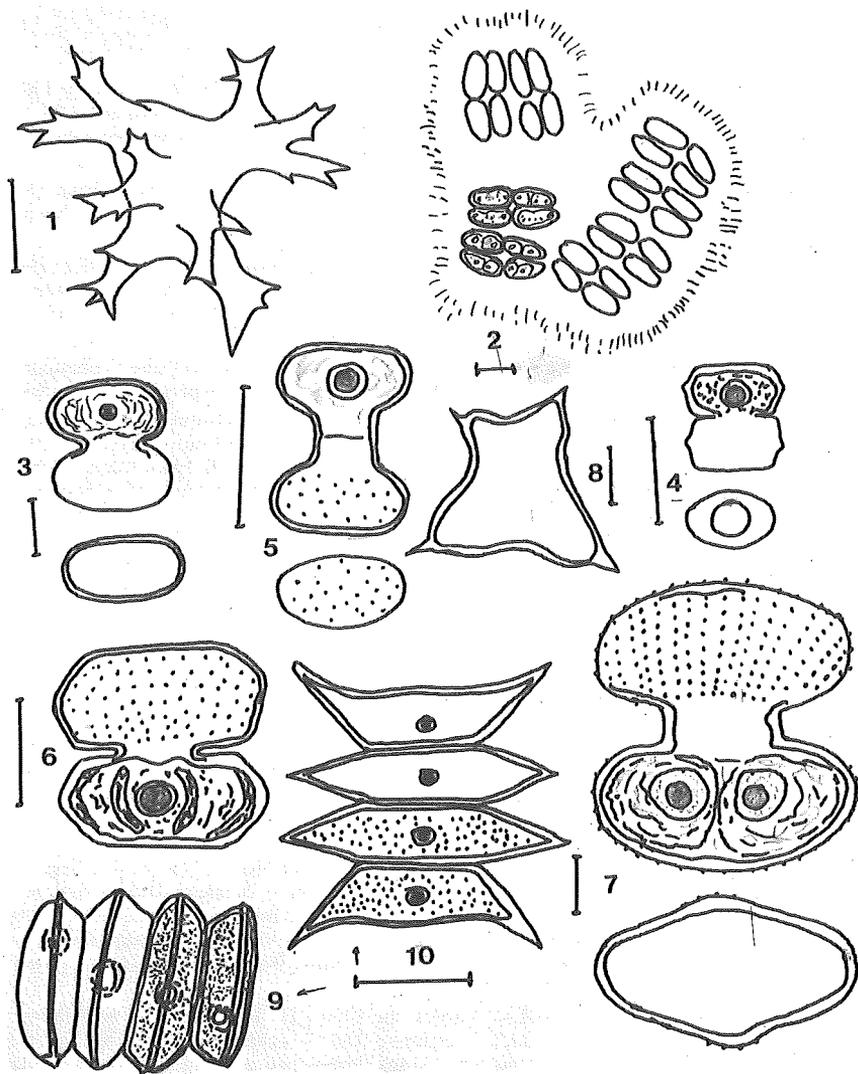


PLANCHE 1

1. — *Tetraëdron limneticum* Borge
2. — *Crucigenia rectangularis* (Näg) Gay
3. — *Cosmarium bioculatum* Breb.
4. — *Cosmarium angulosum* var. *concinnum* (Rab.) W. et W.
5. — *Cosmarium majae* var. *martinotii* P. Baier
6. — *Cosmarium pseudoprotuberans* var. *kossinskajae* Krieg
7. — *Cosmarium pseudoholmii* Borge
8. — *Tetraëdron regulare* var. *torsum* (Turn) Brunn
9. — *Scenedesmus acutiformis* Schr.
10. — *Scenedesmus acutus* Meyen

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- Cosmarium angulosum* Breb. var. *concinnum* (Rabh) W et W. (Pl. 1, fig. 4). — Lac du Lait (5). Dimensions des cellules : longueur : 10,6 μm — largeur : 9,24 — isthme : 3,26 — épaisseur : 5,7. Petite espèce à sinus fermés. Marge latérale ayant une légère ondulation. Sommet droit avec angles concaves. Espèce très répandue.
- Cosmarium asphaerosporum* Nordst var. *strigosum* Nordst. — Lac du Grand Plan (5). Dimensions des cellules : longueur : 9,7 μm — largeur : 9,0 — isthme : 5,3. Espèce connue en Europe, Asie, Amérique, Afrique et dans l'Arctique.
- Cosmarium bioculatum* Breb. (Pl. 1, fig. 3). — Lac Blanc de Termignon (5). Dimensions des cellules : longueur : 24,75 μm — largeur : 21,8 — isthme : 8,2 — épaisseur : 12,25. Cellules à hémisomates elliptiques. Sinus ouverts. Un pyrénioïde par hémisomate. Espèce très largement répandue.
- Cosmarium blyttii* Wille. — Lac du Mont Coua (5). Dimensions des cellules : longueur : 13,6 μm — largeur : 11,4 — isthme : 3,9 — épaisseur : 7,2. Petite espèce très répandue.
- Cosmarium blyttii* Wille. var. *novae-sylvae* W et G.S.W. — Lac du Grand Plan (4), lac du Chardonnet (Petit) (4). Dimensions des cellules : longueur : 21,65 μm — largeur : 18,8 — isthme : 5,3 — épaisseur : 10. La variété est plus grande que le type. Elle présente une belle ornementation centrale formant protubérance. Répandue dans tous les continents, trouvée même dans l'Arctique.
- Cosmarium boeckii* Wille. — Lac du Lait (5), lac du Clou (5). Dimensions des cellules : longueur : 35,36 μm — largeur : 32,6 — isthme : 8,16 — épaisseur : 18,2. Petites cellules de longueur légèrement supérieure à la largeur. Ornementation centrale de chaque hémisomate variable, ornementation formée par trois à sept granules. Espèce commune.
- Cosmarium botrytis* Menegh. — Lac inférieur de Lanserlia (5), lac à Limnées (3), lac Blanc de Termignon (1), lac supérieur de Lanserlia (4), lac Verdet (4). Dimensions des cellules : longueur : 66,6 μm — largeur : 53,04 — isthme : 16,3. Cellules ayant 28 à 30 granules sur le pourtour d'un hémisomate. Espèce très commune.
- Cosmarium botrytis* (Menegh) Ralfs var. *mediolaeve* West. — Lac du Chardonnet (Grand) (4). Dimensions des cellules : longueur : 56 à 63 μm — largeur : 47 à 49,6 — isthme : 12,6 à 14,2 — épaisseur : 30. Cette variété diffère du type par le sommet faiblement concave, ses granules en séries concentriques diminuant graduellement de taille en approchant du centre. Centre de l'hémisomate nu. Variété très répandue.
- Cosmarium caelatum* Ralfs. — Lac Verdet du Clou (3), lac du Mont Coua (5), lac Noir de Belleville (4). Dimensions des cellules : longueur : 46,7 μm — largeur : 41,07 — isthme : 13,6 — apex : 26,65. Cellules à constriction profonde. Sinus fermés. Chaque hémisomate est formé de cinq zones bien distinctes. Espèce très répandue. Dans le Dauphiné, nous l'avons observée dans les lacs Luitel, Praver et toujours abondante dans le phyto-plancton.
- Cosmarium cinctutum* Nordst. — Lac Verdet du Clou (1). Dimensions des cellules : longueur : 41,1 μm — largeur : 30,7 — isthme : 22,6 — épaisseur : 22,5. Vue apicale elliptique à contour crênelé. Vue en plan : sinus fermés peu profonds. Sommets droits avec deux ondulations centrales; marges ayant de quatre à cinq ondulations. Quatorze petites protubérances ovales de part et d'autre de l'isthme. Espèce connue en Amérique du Nord, en Europe et dans l'Arctique.
- Cosmarium crenatum* Ralfs. — Lac Verdet (2), lac inférieur de Lanserlia (4). Dimensions des cellules : longueur : 59,2 μm — largeur : 28,8 — isthme : 9,45. Espèce très répandue, commune dans les lacs d'altitude, trouvée dans les lacs du Lait et de Bellecombe (massif de la Vanoise), les lacs du Carrelet, de la Phare (massif des Grandes Rousses), les lacs Luitel, Praver, Lovetel, Merdaret (massif de Belledonne), le lac des Boîtes, les lacs Punay et Claret (massif du Taillefer), les lacs Tavaneuse et Pormenaz (Haute-Savoie). Dans tous ces lacs des Alpes, le pH est compris entre 5,2 et 6,8.
- Cosmarium crenatum* Ralfs f. *boldtiana* (Gutw.) W. et W. — Lac Brulet (2). Dimensions des cellules : longueur : 33,2 μm — largeur : 24,5 — isthme : 11,9 — épaisseur : 14,2.

Diffère du type par sa taille plus petite et ses ondulations au nombre de cinq ou six par hémisomate. Espèce très répandue dans l'hémisphère Nord.

Cosmarium cymatopleurum Nordst. var. *minus* Kurz. — Lac Verdet (3). Dimensions des cellules : longueur : 43,07 μm — largeur : 34,18 — isthme : 9,52 — épaisseur : 23,5. Hémisomates : pyramide tronquée. Sommets droits légèrement convexes. Espèce signalée pour la première fois en France; en Italie, au Parc du Grand Paradis (BAIER, 1976); rarement signalée d'Allemagne, de Suède, Suisse, Hongrie, USA.

Cosmarium debaryi Arch. — Lac du Lait (3). Dimensions des cellules : longueur : 119,6 μm — largeur : 48,9 — isthme : 35,92. Ce *Cosmarium* est connu de nombreuses stations à pH acide et en altitude jusqu'à 2 300 m : lac Faucille dans le massif des Grandes Rousses, lacs Luitel et Lovetel dans le massif de Belledonne, lac de Pormenaz dans le massif du Mont-Blanc.

Cosmarium depressum (Näg) Lund var. *intermedium* (Gutw) Menik. — Lac du Clou (4). Dimensions des cellules : longueur : 42,5 μm — largeur : 48,3 — isthme : 12. Diffère du type par les sommets légèrement concaves, les angles des bases plus aigus et sa taille légèrement supérieure. Espèce observée au lac Punay (massif du Taillefer). Signalée en Bavière (Baden), Norvège, Suisse, Pologne et au Groënland.

Cosmarium formosulum Hoff. — Lac inférieur de Lanserlia (3), lac du Clou (5). Dimensions des cellules : longueur : 44 μm — largeur : 34,8 — isthme : 12,2 — apex : 16,6. Cellules à marges latérales convexes portant six légères ondulations. Apex tronqué ayant quatre ou cinq ondulations. Centre orné de cinq rangées verticales de quatre granules. Sinus fermés et rectilignes. Espèce observée en Europe, Amérique et dans l'Arctique.

Cosmarium granatum Breb. — C'est certainement l'espèce la plus répandue dans les milieux « Lacs et Tourbières ». A signaler dans le phytoplancton de la Vanoise : lac du Grand Plan, lac Verdet, lac du Plan du Lac, lac du Lait, lac Santel, lac inférieur de Lanserlia; dans le massif des Grandes Rousses : lac Carrelet; dans la vallée de Névache : marais sous le lac Blanc, lac de la Clarée, lac des Cerses; dans le Bas-Dauphiné : lac Clair, étang du Grand Lempis; dans le Vercors : mare du plateau Saint-Ange et en Italie, au Parc du Grand Paradis à Nivolet.

Cosmarium holmiense Lund. — Lac Grattaleu (2). Dimensions des cellules : longueur : 57,6 μm — largeur : 34 — isthme : 20,4 — largeur polaire : 23,1. Cellules à sinus peu profonds. Marges latérales légèrement ondulées convergeant vers l'apex qui est arrondi et légèrement ondulé. Espèce largement répandue.

Cosmarium holmiense Lund. var. *constrictum* Gütw. — Lac inférieur de Lanserlia (3). Dimensions des cellules : longueur : 38,1 μm — largeur : 21,8 — isthme : 10,5. Diffère du type par sa taille plus petite, ses marges latérales toujours lisses et le sommet qui est à deux pans. Espèce très commune.

Cosmarium hornavaneuse (Schm) Gütw. (Pl. 4, photo 10). — Lac Rond (1). Dimensions des cellules : longueur : 78 μm — largeur : 54,5 — isthme : 19,5 — largeur polaire : 21,7. Très belles cellules à hémisomates triangulaires. Sinus droits fermés. Marges latérales droites convergentes vers le sommet. Les marges sont bordées de dix à douze ondulations, à peine visibles à l'isthme et allant en s'amplifiant vers le sommet. Sommet marqué par deux fortes ondulations séparées au centre par un sillon. Espèce commune dans plusieurs lacs des Alpes : Luitel, le Marais, Tavaneuse.

Cosmarium humile (Gay) Nordst. — Lac du Lait (4), lac du Clou (3). Dimensions des cellules : longueur : 13,2 μm — largeur : 12,6. Sinus étroits, linéaires et légèrement dilatés au fond. Hémisomate trapézoïdal à côtés ayant trois ondulations. Les sommets portent trois ondulations bien marquées. Espèce commune.

Cosmarium humile (Gay) Nordst. var. *striatum* (Boltdt.) Schm. — Lac du Lait (2). Dimensions des cellules : longueur : 16,2 μm — largeur : 14,3 — isthme : 4,97 — épaisseur : 10 — largeur polaire : 12,4. Diffère du type par l'apex légèrement concave et qui porte quatre légères ondulations. Espèce aussi répandue que le type, observée au lac de la Claie (2 420 m) et au seuil de la Rochaille dans la vallée de Névache.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- Cosmarium impressulum* Eلفv. var. *alpicolum* Schm. — Lac inférieur de Lanserlia (5), lac du Clou (3). Dimensions des cellules : longueur : 27 μm — largeur : 21,7 — isthme : 8,16. La variété diffère du type par sa forme plus ronde et l'ondulation apicale plus large. Dans les Alpes, nous l'avons trouvée dans des tourbières à pH compris entre 5,1 et 6,3 et dans des lacs d'altitude à pH compris entre 7,5 et 8,3. Variété signalée en Suisse, dans le Tyrol, en Bavière, Laponie, Amérique et Australie.
- Cosmarium laeve* Rabenh. — Lac du Grand Plan (4), lacs du Chardonnet (Petit) (5), (Grand) (4). Dimensions des cellules : longueur : 27,2 μm — largeur : 21 — isthme : 8,1. Espèce signalée dans la vallée de Névache, au lac de Pormenaz en Haute-Savoie et dans le Parc National du Grand Paradis (1977). Espèce décrite sous plusieurs appellations : *C. laeve*, *C. laeve* var. *hispanica*, var. *septentrionale*, *C. gerstenbergeri*, etc.
- Cosmarium majae* Strom var. *martinotii*. P. Baier. var. nouvelle. (Pl. 1, fig. 5). — Lac du Grand Plan (4). Dimensions des cellules : longueur : 13,6 à 13,7 μm — largeur : 10,5 à 10,65 — isthme : 4,7 à 5,18 — longueur de l'isthme : 3,6 à 3,7 — épaisseur : 5,25. Petites cellules à membrane lisse incolore. Diffère du type par la longueur de l'isthme.
- Cosmarium margaritatum* (Lund) Roy et Biss. — Lac du Chardonnet (Petit) (5), lac du Clou (3), lac Noir du Clou (4). Dimensions des cellules : longueur : 72 μm — largeur : 61,5 — isthme : 22,8 — épaisseur : 41,7. Cellules elliptiques à constriction profonde. Sinus étroits, fermés et élargis au fond. La base de l'hémisomate est peu arrondie à rectangulaire. Sommets légèrement convexes, côtés à peine convexes au milieu et bien arrondis en allant aux sommets. La membrane granuleuse présente environ trente granules; sur le tour de chaque hémisomate, granules disposés en séries croisées et séparés par de fines punctuations. Distribution très large: lacs Lovetel et Luitel (massif de Belledonne), lac des Boîtes (massif du Taillefer).
- Cosmarium margaritatum* (Lund) Roy et Biss f. *minor* Bold. — Lac Brulet (4). Dimensions des cellules : longueur : 56,8 μm — largeur : 48,3 — isthme : 15,2 — épaisseur : 37,3. Diffère du type par sa petite taille. Espèce observée au lac Faucille (massif des Grandes Rousses), au lac des Boîtes (massif du Taillefer) dans l'étang du Grand Lemps et les étangs de Meyrieux (Bas-Dauphiné).
- Cosmarium margaritatum* (Lund) Roy. et Biss. f. *subrotundatum* W et GS.W. — Lac à Limnées (1). Dimensions des cellules : longueur : 89,6 μm — largeur : 72,8 — isthme : 22,4. Espèce voisine du type mais avec des sommets bien arrondis. Espèce rare dans ce lac mais particulièrement abondante dans les marais de la Crête des Mates au Mont de Grange en Haute-Savoie ainsi qu'au lac de Tavaneuse (1973).
- Cosmarium margariferum* Menegh. — Lac du Lait (4). Dimensions des cellules : longueur : 54,4 μm — largeur : 46,51 — isthme : 13,61 — épaisseur : 28,15. Cellules à côtés convergents, convexes, ornés de huit ou neuf granules. Sommets légèrement convexes et unis. Membrane granuleuse.
- Cosmarium meneghinii* Breb. — Lac des Echines (5), lac du Clou (5). Dimensions des cellules : longueur : 13,8 μm — largeur : 11,2 — isthme : 3,6. Espèce signalée au lac de Pormenaz et au lac Luitel.
- Cosmarium moniliforme* (Turp) Ralfs. var. *panduriformis* Heimerl. — Lac Blanc de Termignon (4). Dimensions des cellules : longueur : 23,12 μm — largeur : 13,65 — isthme : 7,6. Cellules à isthme large. Sinus peu profonds et arrondis.
- Cosmarium norimbergense* Reinsh. — Lac du Clou (5). Dimensions des cellules : longueur : 13 μm — largeur : 10,8 — isthme : 4,8 — épaisseur : 10,2. Petites cellules à hémisomates rectangulaires, sinus fermés, isthme étroit. Angles des bases et des sommets rectangulaires, marges légèrement concaves, sommets concaves. Vue apicale ovale. Espèce cosmopolite signalée pour la première fois dans les Alpes françaises.
- Cosmarium notabile* Breb. — Lac inférieur de Lanserlia (4). Dimensions des cellules : longueur : 24,1 μm — largeur : 18,1 — isthme : 11,6. Cellules à sinus peu profonds ouverts à 30°. La marge latérale n'a que quatre ondulations. Espèce très commune.

- Cosmarium notabile* Breb. var. *heterocrenatum* (W. et W.) Krieg. — Lac à Linnées (2). Dimensions des cellules : longueur : 38,8 μm — largeur : 25,1 — isthme : 19,4. Cellules à hémisomates de forme trapézoïdale à marges ondulées. Espèce signalée en Haute-Savoie dans les marais du Pertuis-d'en-Bas et dans le phytoplancton des lacs du Grand Paradis (Italie).
- Cosmarium novae-semillae* Wille var. *sibericum* Bold. — Lac du Lait (4), lac Noir de Belleville (2). Dimensions des cellules : longueur : 11,88 μm — largeur : 10,8 — isthme : 5,05. Cellules à sinus ouverts en forme de U. Chaque marge latérale est marquée par quatre granules plus quatre autres intra-marginaux. Espèce trouvée dans les lacs et tourbières d'altitude : lac Luitel, lac Robert, lac des Boîtes et dans la vallée de Névache au lac Monestier, et toujours à des températures comprises entre 4 et 7° C.
- Cosmarium obtusatum* Schm. — Lac du Clou (2). Dimensions des cellules : longueur : 54,2 μm — largeur : 44,3 — isthme : 14,7 — épaisseur : 23,2. Cellules à hémisomate en pyramide tronquée à côtés convexes ayant neuf ondulations. A chaque ondulation de la marge correspondent vers l'intérieur deux granules. Au centre, la membrane est lisse et présente dans les cellules vides une très fine ponctuation. Espèce largement répandue. Dans les Alpes : lac des Cerses (haute vallée de Névache), lac Luitel (massif de Belledonne), lac Rond (massif des Grandes Rousses), lacs de Tavaneuse et de Pormenaz (Haute-Savoie).
- Cosmarium ochtodes* Nordst. — Lac blanc de Termignon (1). Dimensions des cellules : longueur : 72,6 μm — largeur : 62,5 — isthme : 19,6. Algue benthique, planctonique et même épiphyte. Espèce très répandue récoltée dans des tourbières de montagne : Luitel, Pormenaz, tourbières du Parc du Grand Paradis et en plaine : Grand Lemps, étangs d'Arzay (Bas-Dauphiné).
- Cosmarium ochtodes* Nordst var. *amoebum* West. — Lac Blanc de Termignon (2), lac du Chardonnet (Grand) (3), lac Brulet (3), lac du Clou (3). Dimensions des cellules : longueur : 81,9 μm — largeur : 63,98 — isthme : 21,2 — apex : 24,5. Espèce trouvée en 1975 dans le marais suspendu du Pron (Mont de Grange en Haute-Savoie) et en Italie dans les marais du Nivolet. Espèce fréquente dans plusieurs stations de la vallée de Névache (lac Blanc, la Clarée, etc.).
- Cosmarium ornatum* Ralfs. — Lac du Lait (5), lac Noir de Belleville (5). Dimensions des cellules : longueur : 38 μm — largeur : 38,2 μm — isthme : 12,5. Cellules à membrane granuleuse très caractéristique. Espèce très commune, trouvée également dans l'Arctique.
- Cosmarium pachydermum* Lund. — Lac du Lait (3). Dimensions des cellules : longueur : 104,5 μm — largeur : 78,5 — isthme : 32,6. Cellules elliptiques de forte taille à membrane particulièrement épaisse. Espèce très répandue.
- Cosmarium phaseolus* Breb. — Lac du Lait (2), lac du Clou (5). Dimensions des cellules : longueur : 27,2 μm — largeur : 24,9 — isthme : 10,3. Au lac du Lait, *C. phaseolus* ne se trouve que sous sa petite forme.
- Cosmarium portianum* Arch. — Lac du Lait (5), lac de la Partie (2), lac inférieur de Lanserlia (4). Dimensions des cellules : longueur : 38 μm — largeur : 28,6 — isthme : 9,72. Cellules à hémisomate elliptique. Sinus larges et profonds. Espèce fréquente dans les lacs à pH compris entre 4,8 et 6,2.
- Cosmarium pseudoholmii* Borge. (Pl. 1, fig. 7 et pl. 3, photos 1 et 2). — Lac à Linnées (3), lac Verdet (4), lac du Plan du Lac (5), lac du Lou (3), lac inférieur du Merlet (3), lac du Chardonnet (Grand) (5). Dimensions des cellules : longueur : 53 à 56,5 μm — largeur : 47,5 à 48,9 — isthme : 20,4 à 21,76. Cellules à membrane fortement granuleuse. Isthme particulièrement long (6 à 7 μm entre les deux hémisomates). Deux pyrénoides par hémisomate. *C. pseudoholmii* trouvé au lac de Plan du Lac diffère par la membrane généralement moins granuleuse. Ce *Cosmarium* signalé dans les lacs d'altitude des Alpes est également présent en Europe, en Alaska et en Islande.

- Cosmarium pseudonitidulum* Nordst. — Lac du Lait (4). Dimensions des cellules : longueur : 41,3 µm — largeur : 32,8 — isthme : 9,7. Cellules à hémisomates pyramidaux à semi-circulaires. Sommets droits. Membrane finement ponctuée. Il est à noter que la membrane des cellules récoltées en montagne est généralement plus épaisse que celle des cellules récoltées en plaine. Espèce très répandue, généralement trouvée en eau à pH compris entre 4,8 et 6,5.
- Cosmarium punctulatum* Breb. var. *subpunctulatum* (Nordst) Börge. — Lac Verdet (1), lac de Plan du Lac (3). Dimensions des cellules : longueur : 29,9 µm — largeur : 27,2 — isthme : 7,2. Cellules à protubérance centrale de faible hauteur. Espèce commune dans les Alpes : massifs des Grandes Rousses et de Belledonne.
- Cosmarium quadratulum* (Gay) de Toni. — Lac Verdet (2). Dimensions des cellules : longueur : 13,5 µm — largeur : 12,7 — isthme : 2,7. Très petites cellules à hémisomates pratiquement rectangulaires, à sommets légèrement rétus. Vue apicale elliptique. Espèce très répandue dans le Dauphiné au lac Clair (température de l'eau + 23°) et au lac Luitel en hiver à la température de + 4° C.
- Cosmarium quadratulum* (Gay) de Toni var. *boltii* Messik. — Lac inférieur de Lanserlia (4), lac du Clou (2). Dimensions des cellules : longueur : 13,7 µm — largeur : 10,65 — isthme : 2,54 — épaisseur : 7,03. Très petites cellules à hémisomates rectangulaires. Sommets arrondis avec une petite dépression au centre. Espèce trouvée en France dans divers milieux à pH compris entre 7,3 et 7,9, au lac Luitel (pH 5,1) (massif de Belledonne), au lac des Boîtes (pH compris entre 5,3 et 5,8) (massif du Taillefer). Signalée en Suisse à 1 900 m d'altitude et aux Açores dans des sphaignes (pH 5,5).
- Cosmarium quadratum* Ralfs. — Lac du Lait (2). Dimensions des cellules : longueur : 58,5 µm — largeur : 35,3 — isthme : 21,7. Cellules à sinus peu profonds, isthme très large, membrane lisse. Cellules presque circulaires en vue apicale. Espèce commune.
- Cosmarium quadrum* Lund var. *sublatum* (Nordst) W. et GS. W. — Lac inférieur de Lanserlia (5). Dimensions des cellules : longueur : 55,7 µm — largeur : 51,6 — isthme : 15,23. Belle espèce à hémisomates rectangulaires. Sinus fermés et légèrement ouverts à l'isthme. Espèce observée dans le Dauphiné : marais du Grand Lemps (pH 6,1) et lac Clair (pH 6,3); en Haute-Savoie au lac d'Arvoin (tourbière à pH 5,4). Espèce observée dans les cinq continents.
- Cosmarium quasillus* Lund. — Lac à Limnées (2). Dimensions des cellules : longueur : 60,4 µm — largeur : 50 — isthme : 15,3. Caractères invariables : sinus étroits élargis au fond. Hémisomates pyramidaux tronqués au sommet. Angles des bases arrondis et finement crénelés. Marges latérales ondulées, ces ondulations augmentant de la base vers le sommet. Sommet bi-ondulé non granuleux. Centre orné d'une protubérance couverte de granules à séries concentriques. Distribution : Europe, Asie, Amérique, Arctique.
- Cosmarium rectangulare* Grün. — Lac du Lait (4). Dimensions des cellules : longueur : 44,1 µm — largeur : 31 — isthme : 8. Belle espèce observée dans les prélèvements benthiques du lac du Lait et dans la vallée de Névache. Dans les Alpes, nous l'observons principalement dans les tourbières.
- Cosmarium rectangulare* Grün. var. *hexagonum* (Elfv.) W. et W. — Lac à Limnées (4). Dimensions des cellules : longueur : 30,61 µm — largeur : 26,6 — isthme : 7,2 — largeur polaire : 13. Cellules à sinus fermés, légèrement dilatés au fond. Isthme s'ouvrant vers l'extérieur par des marges divergentes. Sommets droits légèrement rétus. Certaines cellules présentent au sommet une légère ondulation. Espèce commune au lac Clair (Dauphiné). Répartition dans les cinq continents.
- Cosmarium regnellii* Wille. — Lac Noir de Belleville (4). Dimensions des cellules : longueur : 14,6 µm — largeur : 12,9 — isthme : 4,0 — largeur polaire : 9,8 — épaisseur : 8,8. Cellules à sinus fermés, profonds. Hémisomates pentagonaux à côtés rétus et angles arrondis. Espèce très répandue observée au lac Luitel et au lac des Boîtes, toujours en hiver et à des températures de l'ordre de + 2 à + 4° C.

- Cosmarium regnellii* Wille var. *pseudoregnellii* Krieg et Gerloff. — Lac du Grand Plan (4), lac Verdet (5). Dimensions des cellules : longueur : 14,4 μm — largeur : 13,3 — isthme : 4,5 — épaisseur : 7,2 — largeur apex : 9,6. Petites cellules à sinus droits fermés. Les marges latérales divergent vers le sommet. Espèce observée plusieurs fois dans le lac Clair et le lac des Cerces (vallée de Névache). Espèce signalée en Amérique du Nord, Europe et Asie.
- Cosmarium regnesii* Reinsch. — Lac Blanc de Termignon (3). Dimensions des cellules : longueur : 9,6 μm — largeur : 8,15 — isthme : 3,85 — épaisseur : 5,4. Très petites cellules à sinus ouverts en une demi-circonférence. Sommets droits ayant trois ondulations marquées par un granule très apparent. Espèce très commune sur les cinq continents.
- Cosmarium reniforme* (Rulfs) Arch. — Lac de Plan du Lac (2), lac du Lait (4), lac inférieur de Lanserlia (3), lac supérieur de Lanserlia (5), lac Verdet (3), lac Noir de Belleville (3). Dimensions des cellules : longueur : 50,5 μm — largeur : 45,3 — isthme : 14,4. Chaque hémisomate est bordé de vingt-huit à trente granules. Membrane couverte de granules en séries croisées. Espèce commune sur les cinq continents et l'Arctique.
- Cosmarium retusum* Rabenh. — Lac Blanc de Termignon (5), lac du Lait (5). Dimensions des cellules : longueur : 40,3 μm — largeur : 32,0 — isthme : 8,7 — apex : 11,5. Dimensions supérieures à celles données par WEST, WEST (1904-1923) et IRÈNÉE MARIE (1939) mais description concordante. Espèce observée sur les cinq continents.
- Cosmarium speciosum* Lund. — Lac supérieur de Lanserlia (1). Dimensions des cellules : longueur : 61,5 μm — largeur : 40,2 — isthme : 24,6 — épaisseur : 26,6. Cellules une fois et demie plus longues que larges. Hémisomates subrectangulaires à la base, et de forme générale semi-elliptique à apex légèrement arrondis ayant quatre ondulations; les marges ont six ou sept ondulations. Au centre, de part et d'autre de l'isthme, six à sept rangées de granules (généralement quatre). Espèce très répandue.
- Cosmarium speciosissimum* Schm. — Lac supérieur de Lanserlia (2). Dimensions des cellules : longueur : 48,3 μm — largeur : 36 — isthme : 16,5. Cellules à sinus profonds, linéaires. Hémisomates semi-elliptiques avec douze ondulations sub-rectangulaires ayant cinq à sept ondulations intramarginales. Le centre de l'hémisomate est occupé invariablement par six côtes verticales. Espèce rarement signalée, trouvée en Europe, Amérique et dans l'Arctique.
- Cosmarium sphagnicolum* W. et GS. W. — Lac du Grand Plan (5). Dimensions des cellules : longueur : 10,8 μm — largeur : 12,6 — isthme : 6,1 — épaisseur : 5,4. Petites cellules à longueur toujours inférieure à la largeur. Isthme ouvert en forme de U. Espèce généralement observée dans les tourbières. Distribution : Europe, Amérique, Afrique.
- Cosmarium sportella* Breb. — Lac du Lou (3), lac des Echines (5). Dimensions des cellules : longueur : 55,7 μm — largeur : 47,05 — isthme : 14,1 — épaisseur : 32,4. Au lac des Echines, cette espèce représente 20 % de la flore algale. Elle est aussi abondante dans les lacs et marais de la haute vallée de Névache.
- Cosmarium subcontractum* W. et G.S.W. — Lac du Clou (2). Dimensions des cellules : longueur : 33,3 μm — largeur : 31,4 — isthme : 7,7 — épaisseur : 15,1. Cellules à sinus ouverts. Marges latérales convexes divergentes s'arrondissant vers le sommet. Sommet droit. Membrane finement ponctuée. Vue apicale elliptique. Un pyrénioïde par hémisomate. Espèce rare, signalée pour la première fois en France. -
- Cosmarium subcostatum* Nordst var. *beckii* (Gutw) W. et GS. W. — Lac des Echines (5). Dimensions des cellules : longueur : 27,2 μm — largeur : 22,6 — isthme : 5,98. Cellules de longueur légèrement supérieure à la largeur. Incisions profondes, sinus linéaires. Sommets exerts avec quatre légères ondulations. Centre de l'hémisomate orné d'une protubérance granuleuse. En dehors de la Vanoise cette variété est à signaler dans les lacs du massif des Grandes Rousses.
- Cosmarium subcrenatum* Hantz. — Lac inférieur de Lanserlia (4), lac du Chardonnet (Grand) (2). Dimensions des cellules : longueur : 23,2 μm — largeur : 20,4 — isthme :

- 5,4. Cellules à marges latérales ayant quatre ondulations; les sommets en ont également quatre de moindre importance. Centre de chaque hémisomate portant une ornementation caractéristique: cinq rangées de quatre granules. Dans le Dauphiné, nous ne l'avons observée qu'au lac Luitel dans des récoltes à pH compris entre 5,1 et 5,9 et dans le Briançonnais (vallée de Névache) dans la tourbière du lac Clair (pH 5,6). Espèce souvent signalée.
- Cosmarium subtransiens* Croasdale. — Lac du Lait (4). Dimensions des cellules : longueur : 19,3 μm — largeur : 15,8 — isthme : 4,8 — épaisseur : 10,1. Espèce observée en 1976 dans le benthos du lac du Lait. Rarement signalée.
- Cosmarium subundulatum* Wille. — Lac à Limnées (2), lac du Lait (4). Dimensions des cellules : longueur : 53,3 μm — largeur : 39,9 — isthme : 14,8. Cellules à hémisomates semi-elliptiques portant en marge dix à douze ondulations dont les deux apicales sont les plus importantes. Espèce à signaler dans le massif du Taillefer et la vallée de Névache. Large distribution : Europe, Amérique, Asie.
- Cosmarium synthlibomenum* W. West. — Lac Blanc de Termignon (5), lac du Clou (3). Dimensions des cellules : longueur : 8,6 μm — largeur : 9,3 — isthme : 4,1 — épaisseur : 4,4. Espèce observée dans le massif de Belledonne : lac de la Forêt de Praver, lac Luitel et dans le massif du Taillefer au lac des Boîtes. Espèce se trouvant dans des eaux acides (pH variant de 4,8 à 6,2).
- Cosmarium tenue* Arch. — Lac Noir de Belleville (2). Dimensions des cellules : longueur : 16,2 μm — largeur : 15,1 — isthme : 3,8 — épaisseur : 7,6. Petites cellules à hémisomates elliptiques séparés par des sinus linéaires non élargis au fond. Membrane lisse. Un pyrénocèle par hémisomate. Espèce trouvée dans des eaux à pH compris entre 4,8 et 7,5. Commune en Europe, Asie, Amérique et dans l'Arctique.
- Cosmarium tetraophthalmum* Breb. — Lac Blanc de Termignon (2). Dimensions des cellules : longueur : 92,8 à 114 μm — largeur : 63,8 à 78,8 — isthme : 10,8 à 27,2. Cellules à constriction profonde et à sinus fermés. Chaque hémisomate porte sur le tour vingt-quatre à vingt-six granules. Espèce cosmopolite.
- Cosmarium tinctum* Ralfs. — Lac du Lait (4). Dimensions des cellules : longueur : 14,45 μm — largeur : 11,1 — isthme : 6,5 — épaisseur : 7,9. Petites cellules à sinus peu profonds. Espèce très commune.
- Cosmarium turpinii* Breb. — Lac de Plan du Lac (1). Dimensions des cellules : longueur : 72,2 μm — largeur : 66,5 — isthme : 17,8 — épaisseur : 36,5. Observations réalisées sur une seule cellule, facile à reconnaître par ses dimensions et son ornementation centrale. Espèce abondante dans les tourbières du massif des Grandes Rousses.
- Cosmarium turpinii* Breb. var. *eximium* W. West. — Lac de Plan du Lac (3), lacs du Chardonnet (Petit) (3), (Grand) (5), lac Verdet (2), lac de la Plagne (3). Dimensions des cellules : longueur : 59,2 μm — largeur : 48,8 — isthme : 12,4. Cellules plus petites que le type. Hémisomates à membrane granuleuse. Isthme marqué par un granule de forte taille. Espèce observée au lac Faucille dans le massif des Grandes Rousses et au lac Blanc dans la vallée de Névache. Signalée en Europe et en Amérique du Nord.
- Cosmarium vanoisii* P. Baier et J.P. Martinot (Pl. 2, fig. 11). — Espèce nouvelle signalée pour la première fois au lac du Mont Coua (MARTINOT, 1979). Dans le phytoplancton des lacs supérieur de Lanserlia (5) et inférieur du Merlet (2). Dimensions des cellules : longueur : 66,5 à 68,5 μm — largeur : 44,97 à 48,4 — isthme : 23,4 à 24,2 — épaisseur : 43 à 45. Les cellules des récoltes benthiques ont des dimensions généralement supérieures : longueur : 74 μm — largeur : 50 — isthme : 25 — épaisseur : 46, mais le rapport entre la longueur et la largeur reste constant. Très belles cellules à ornementation variable : granules plus ou moins marqués. Constriction profonde. L'isthme mesure 0,5 fois la largeur de la cellule. Fond de l'isthme droit; sinus largement ouverts. La forme de la cellule est à rapprocher de *C. portianum* Arch. mais diffère par la forme de l'isthme et les dimensions plus importantes. Deux pyrénocèles par hémisomate. Vue apicale : ellipse très peu marquée (exemple largeur : 47 μm , épaisseur : 43,3 μm).

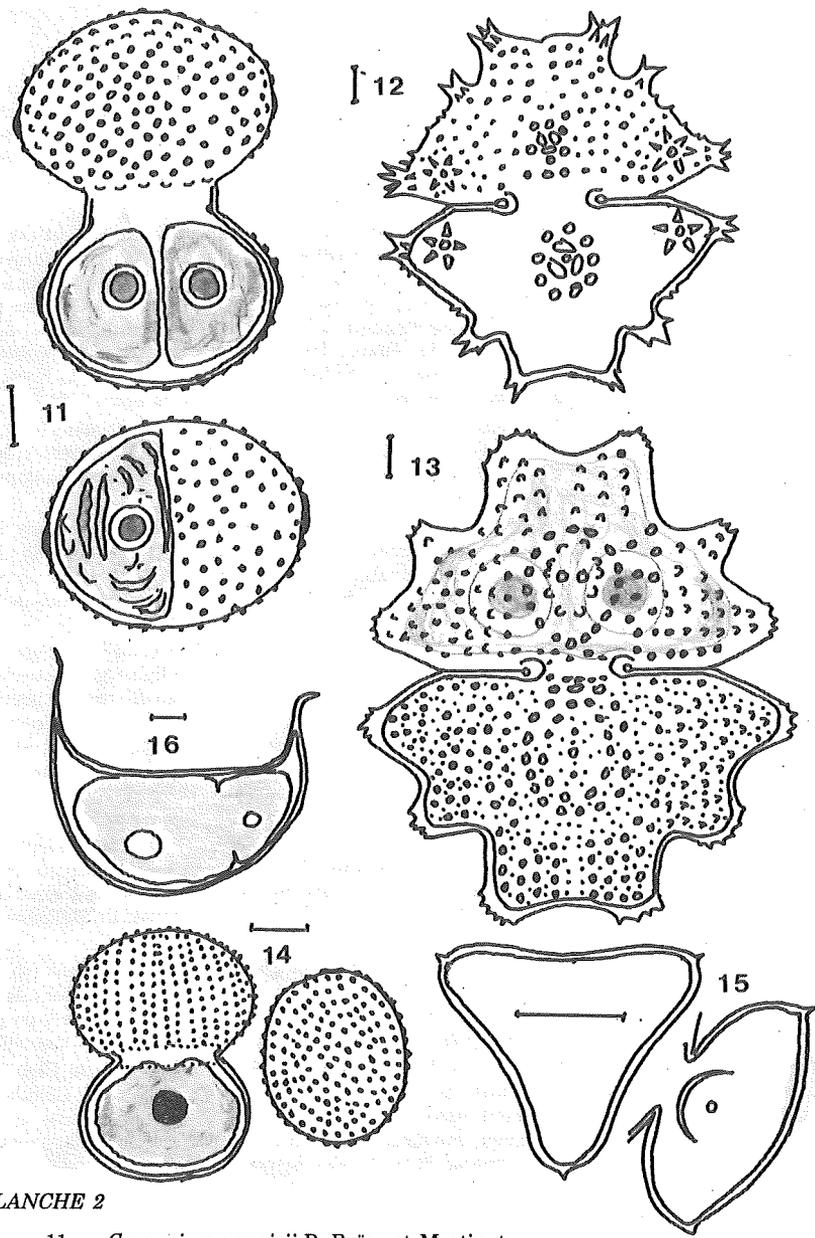


PLANCHE 2

- 11. — *Cosmarium vanoisii* P. Baier et Martinot
- 12. — *Euastrum verrucosum* var. *rhomboideum* Lund.
- 13. — *Euastrum verrucosum* Ehr. var. *montanum* P. Baier
- 14. — *Straurastrum punctulatum* var. *kjellmani* Wille
- 15. — *Staurodesmus patens* f. *inflatus* Teil
- 16. — *Cystodinium cornifax* (Schl) Klebs.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- Cosmarium vexatum* West. — Lac à Limnées (3), lac du Grattaleu (5), lac du Chardonnet (Grand) (2), lac du Clou (2), lac Noir de Belleville (4). Dimensions des cellules : longueur : 43,3 μm — largeur : 36,75 — isthme : 13,95. Cellules à hémisomates pyramidaux. Sommets tronqués ayant quatre à cinq légères ondulations. Vingt ondulations par hémisomate. Espèce souvent observée dans les lacs et tourbières des Alpes. Distribution : Europe, Asie, Afrique, Amérique et Arctique.
- Xanthidium antilopaenum* (Breb) Kütz. — Lac Blanc de Termignon (2), lac du Lait (2), lac du Clou (2). Dimensions des cellules : sans les épines : longueur : 54,4 μm — largeur : 50,3 — isthme : 16; avec les épines : longueur : 76,6 μm — largeur : 79,4 (au lac du lait : avec les épines : longueur : 78,8 μm — largeur : 84,3). Cellules à huit fortes épines par hémisomate. Espèce à signaler dans le plancton de nombreux lacs et tourbières : dans la vallée de Névache : marais sous le lac Blanc; dans le massif des Grandes Rousses : lac Faucille, lac de la Fare; dans le massif de Belledonne : Praver et lac de la Forêt de Praver, Luitel et lac Achard. Dans tous ces cas, le pH est compris entre 5 et 6,3.
- Arthrodesmus bifidus* Breb. var. *latidivergens* West. — Lac du Lait (2). Dimensions des cellules : longueur : 13,68 μm — largeur : 12,6 — isthme : 4,68. Quatre courtes épines par hémisomate. Espèce trouvée ici pour la première fois dans des tourbières dont le pH varie entre 4,7 et 5,8. Espèce rarement signalée.
- Arthrodesmus octocornis* Ehrenb. — Lac Blanc de Termignon (5), lac du Lait (3). Dimensions des cellules avec épines : longueur : 36 μm — largeur : 31,6 — isthme : 5,4. Cellules à hémisomates presque rectangulaires. Angles armés de longues épines divergentes. Sinus largement ouverts, arrondis au fond. Sommets plus ou moins concaves. Espèce très répandue.
- Staurodesmus brevispina* (Breb) Croasd. — Lac du Chardonnet (Petit) (2). Dimensions des cellules : longueur : 41,7 μm — largeur : 34,8 — isthme : 11,8. Cellules à constriction profonde. Sinus ouverts légèrement arrondis au fond. Hémisomates elliptiques portant un mucron (parfois épineux) à chacun des angles latéraux. Membrane finement ponctuée (difficilement observable). Vue apicale triangulaire à côtés rétus et angles arrondis ornés d'un mucron. Espèce récoltée dans les Alpes, au lac Faucille (massif des Grandes Rousses) et dans les tourbières de Pormenaz (Haute-Savoie). Espèce cosmopolite.
- Staurodesmus convergens* (Ehr) Teil. — Lac Blanc de Termignon (1), lac du Chardonnet (Petit) (2), lac du Lait (3). Dimensions des cellules : longueur : 40,8 μm — largeur : 54,4 — isthme : 8,16. Espèce se trouvant dans toutes les récoltes du lac du Lait ainsi que dans celles du lac Clair (vallée de Névache) et à Chamrousse (massif de Belledonne) dans les lacs Luitel et Praver.
- Staurodesmus convergens* (Ehr) Teil. var. *laportei* Teil. — Lac Blanc de Termignon (4), lac Noir de Belleville (3). Dimensions des cellules : longueur : 38,2 μm — largeur : 44 — isthme : 8,8 — épaisseur : 21,3. Cellules plus larges que longues. Diffère du type par l'absence d'épines qui sont remplacées par un mucron. Espèce ubiquiste très commune.
- Staurodesmus cuspidatus* (Breb) Teil. — Lac du Chardonnet (Petit) (4), lac du Clou (3). Dimensions des cellules : longueur : 28 μm — largeur : 25,4 — isthme : 5,2. Cellules à isthme cylindrique généralement assez long; les marges divergent ensuite et se terminent par des épines longues, convergentes ou divergentes. Sommets légèrement concaves à droites. Vue apicale triangulaire. Espèce largement distribuée.
- Staurodesmus dejectus* (Breb) Teil. — Lac Blanc de Termignon (4), lac du Clou (4), lac inférieur de Lanserlia (5). Dimensions des cellules : longueur : 28 μm — largeur : 26 — isthme : 7,5. Cellules à vue apicale, triangulaires à côtés concaves. Espèce fréquemment observée dans le phytoplancton des lacs et tourbières de la vallée de Névache et dans l'étang du Grand Lemps (Bas-Dauphiné).
- Staurodesmus dickiei* (Ralfs) Lillier. — Lac Blanc de Termignon (2). Dimensions des cellules : longueur : 29,3 μm — largeur : 33,72 — isthme : 8,15. Cellules à isthme étroit. Sinus profonds et arrondis à l'isthme. Côtés divergents de l'isthme vers le sommet.

Angles du sommet armés d'épines convergentes. Espèce très commune, principalement dans les tourbières.

Staurodesmus glaber (Ehr) Teil. — Lac Noir de Belleville (4). Dimensions des cellules : longueur : 19,98 μm — largeur : 35,52 — isthme : 7,41 — longueur des épines : 8,1 à 9,6 μm . Cellules à isthme étroit, fonds arrondis, marges latérales divergeant vers le sommet. La rencontre avec l'apex est ornée de fortes épines divergentes, et ces épines convergent vers les épines de l'autre hémisomate. Vue apicale triangulaire. Chaque angle est armé d'une épine. Dans le Dauphiné, nous n'avons observé cette espèce qu'au lac Praver (pH compris entre 5,2 et 5,5). Espèce très commune.

Staurodesmus mamillatus (Nordst) Teil. — Lac Blanc de Termignon (5), lac Noir de Belleville (2). Dimensions des cellules : longueur : 29,9 μm — largeur : 26,6 — isthme : 5,44. Cellules à isthme long et cylindrique. Les deux hémisomates sont très nettement séparés l'un de l'autre. Vue apicale triangulaire à angles terminés par une forte épine. Espèce commune dans le plancton.

Staurodesmus mamillatus (Nordst) Teil var. *maximus* (W et W). Teil. — Lac du Lait (5). Dimensions des cellules : longueur : 32 μm — largeur : 44 — isthme : 5,7. Diffère du type par les trois épines qui sont plus robustes. Espèce observée principalement dans les tourbières (pH acide compris entre 4,6 et 6,8). Espèce commune.

Staurodesmus mucronatus (Ralfs) Croas. — Lac Noir de Belleville (5). Dimensions des cellules : longueur : 21 à 27 μm — largeur : 21 à 34 — isthme : 7,3 à 8,2. Cellules à sinus ouverts en forme de V, à fonds légèrement arrondis. Hémisomates elliptiques à marges dorsales arrondies présentant une très courte épine ou un mucron. Espèce signalée sous diverses appellations, la plus répandue étant *Staurastrum mucronatum* Ralfs.

Staurodesmus o'nearii (Arch) Teil. — Lac du Lait (2). Dimensions des cellules : longueur : 15,5 μm — largeur : 16,25 — isthme : 7,5 — longueur des épines : 6,6 μm . Vue apicale triangulaire à côtés concaves. Sans les épines, le côté du triangle mesure 12,2 μm . Cette petite espèce, vue en plan, sans les épines, se présente sous la forme d'un rectangle ayant un léger élargement à l'isthme. Espèce très répandue : Europe, Amérique, Afrique et Japon.

Staurodesmus patens (Nordst) Croas. f. *inflatus* Teil. (Pl. 2, fig. 15). — Lac de Plan du Lac (5). Dimensions des cellules : longueur : 26,75 μm — largeur : 25,34 — isthme : 5,63. Cellules à sinus profonds, ouverts vers l'extérieur. Marges latérales arrondies ayant à l'extrémité externe, un aiguillon très court de l'ordre de 1 à 1,3 μm . Sommets convexes à courbure très régulière. Espèce signalée pour la première fois dans les Alpes. Distribution : Europe, Amérique.

Staurodesmus spetsbergensis (Nordst) Teiling. — Lac du Clou (3). Dimensions des cellules : longueur : 39,6 μm — largeur : 37,1 — isthme : 10,6. Cellules à sinus ouverts donnant directement sur les marges latérales arrondies, divergentes vers le sommet qui est concave. La vue apicale est généralement triangulaire à marge concave. Espèce arctico-alpine, connue du Nord de l'Europe et de l'Amérique.

Staurodesmus subpygmaeus (W et W) Croas. var. *subungulatus* (West) Teil. — Lac du Lait (1). Dimensions des cellules : longueur : 40,5 μm — largeur : 32,6 — isthme : 10,4. Vue en plan et en vue apicale, chaque hémisomate est un triangle. Espèce rarement signalée.

Staurastrum aciculiferum (West) Anders. — Lac Noir de Belleville (4). Dimensions des cellules : longueur : 23,6 μm — largeur avec épines : 27,7 — sans les épines : 20,6 — isthme : 8,3. Cellules à sinus ouverts en forme de V. Isthme étroit, angles terminés par un bras à deux épines. Vue apicale triangulaire à côtes rétus. Espèce signalée pour la première fois dans les Alpes. Rarement mentionnée : Europe, Japon, USA.

Staurastrum alternans (Breb.) Ralfs. — Lac de Plan du Lac (1), lac du Lait (3), lac du Clou (4) lac du Grand Plan (4). Dimensions des cellules : longueur : 33,3 μm — largeur : 32,9 — isthme : 8,4. Cellules à sinus profonds, ouverts et aigus au fond, très variables de forme. Les deux hémisomates également très variables de forme sont généralement tordus à l'isthme. Membrane finement granuleuse. Espèce très commune.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- Staurastrum anatinum* Cooke et Wille. — Lac Noir de Belleville (4). Dimensions des cellules : longueur : 43,5 μm — largeur : 59,1 — isthme : 12,6. Cellules à constriction profonde. Sinus largement ouverts à l'extérieur, hémisomates cyathiformes. Longs appendices. Vue apicale triangulaire. Distribution : U.S.A., Angleterre, Nord de l'Europe. Rarement signalée.
- Staurastrum avicula* Breb. — Lac Blanc de Termignon (4). Dimensions des cellules : longueur : 33,5 μm — largeur : 35,8 — isthme : 9,5. Petites cellules toujours plus larges que longues. En vue apicale, cellules triangulaires à côtés rétus. Sommets arrondis terminés par trois épines. Distribution : Europe, Amérique du Nord et Brésil.
- Staurastrum boréale* W. et G.S.W. — Lac du Chardonnet (Grand) (2). Dimensions des cellules : longueur : 30,2 μm — largeur : 47,32 avec les appendices — isthme : 8,6. Sinus ouverts en forme de V. Appendices terminés par trois épines (rarement quatre); sur leur longueur apparaissent quatre séries de petites dents. Sommets droits et vue apicale triangulaire. Espèce observée uniquement au lac Luitel et au lac du Chardonnet. Rarement décrite (en Suisse par MESSIKOMER, 1976).
- Staurastrum brachiatum* Ralfs. — Lac du Lait (3). Dimensions des cellules : longueur : 28,2 μm — largeur : 24,7 — isthme : 7,9. Cellules à constriction peu profonde, sinus aigus; le corps de la cellule est pratiquement inexistant comparé à l'importance des appendices. Chaque hémisomate porte trois appendices bifides de forte taille. Espèce très souvent observée.
- Staurastrum capitulum* Breb. var. *spetsbergense* (Nordst) Cooke. — Lac Noir de Belleville (3), lac du Mont Coua (3). Dimensions des cellules : longueur : 36,5 μm — largeur apex : 33,2 — isthme : 12,8. Cellules à constriction peu marquée. Membrane ornée de part et d'autre de l'isthme par trois rangées de petites verrues. Vue apicale triangulaire à côtes crénelées. En vue apicale, l'isthme se présente sous forme de circonférence fortement crénelée. Espèce observée dans des eaux dont le pH varie de 5,4 à 7 et la température de 2,4 à 11,8°. Espèce rarement signalée : Spitzberg, Nord de la Russie, Suisse, Angleterre.
- Staurastrum crenulatum* (Näg) Delp. var. *britannicum* Messik. — Lac supérieur de Lanserlia (3). Dimensions des cellules : longueur : 36,8 μm — largeur : 38 — isthme : 11,2. Cellules à constriction profonde. De chaque côté de l'isthme, une rangée de granules est visible même sur les cellules vivantes. Espèce rarement signalée : Suisse, Danemark, Grande Bretagne, U.S.A.
- Staurastrum furcigerum* Breb. — Lac du Chardonnet (Petit) (5), lac du Chardonnet (Grand) (4). Dimensions des cellules : sans les appendices, longueur : 39 μm — largeur : 38; avec les appendices, longueur : 62 μm — largeur : 57. Cellules à constriction profonde, sinus linéaires largement ouverts vers l'extérieur, hémisomates rectangulaires à elliptiques. Angles latéraux prolongés en appendices courts et robustes terminés par deux épines, parfois trois, et ornés de quatre à cinq séries concentriques de granules (visibles même sur cellules vivantes). Vue apicale généralement triangulaire. Espèce observée dans les étangs de Meyrieux, le lac Clair (Bas-Dauphiné), le lac Luitel, la tourbière du Praver (massif de Belledonne). Espèce fréquemment citée et observée.
- Staurastrum furcigerum* Breb var. *armigerum* Nordst. — Lac Noir de Belleville (4). Dimensions des cellules : sans les appendices, longueur : 43,5 μm — largeur : 46,2 — isthme : 19,04; avec les appendices, longueur : 68 μm — largeur : 68. Cette variété diffère du type par ses appendices plus longs et plus grêles, crénelés ou ondulés. Espèce commune.
- Staurastrum gracile* Ralfs. — Lacs inférieur (5) et supérieur (3) de Lanserlia, lac du Clou (4), lacs du Chardonnet (Petit) (5), (Grand) (3), lac Noir de Belleville (2). Dimensions des cellules : longueur : 36,8 μm — largeur avec les appendices : 51,6 — isthme : 10,8. Cellules toujours plus larges que longues. Espèce commune.
- Staurastrum inflexum* Breb. — Lac inférieur de Lanserlia (5), lac du Chardonnet (Grand)

- (3). Dimensions des cellules : longueur : 26,2 μm — largeur : 39,4 — isthme : 8,15. Vue apicale triangulaire. Les deux hémisomates sont décalés de 60°. Espèce commune dans de nombreux lacs de montagne : lac Faucille (massif des Grandes Rousses), lacs Praver et Luitel (massif de Belledonne), en Suisse dans le Valais (lac Vert). Espèce ubiquiste.
- Staurastrum lunatum* Ralfs. — Lac du Lait (5). Dimensions des cellules : longueur : 37,8 μm — largeur : 38,1 — isthme : 11,4. Cellules à constriction profonde et à sinus aigus largement ouverts. Hémisomates semi-circulaires. Sommets légèrement convexes. Angles armés de deux courtes épines. Espèce très répandue en Europe et Amérique du Nord.
- Staurastrum muticum* Breb. — Lac inférieur de Lanserlia (5), lac du Lait (3), lac Noir de Belleville (4). Dimensions des cellules : longueur : 32,6 μm — largeur : 31,85 — isthme : 8,7. Cellules à hémisomates elliptiques, à vue apicale triangulaire. Espèce souvent signalée dans le phytoplancton.
- Staurastrum orbiculare* Ralfs. — Lac du Chardonnet (Petit) (4). Dimensions des cellules : longueur : 50,6 μm — largeur : 43,8 — isthme : 13,7. Cellules plus longues que larges à constriction profonde, sinus linéaires légèrement élargis au fond et hémisomates semi-circulaires à sommets très peu aplatis. Angles des bases légèrement arrondis. Vue apicale triangulaire à côtés à peines concaves. Membrane finement ponctuée. Espèce signalée de France (lac de Saune Longue dans la vallée de Névache, étang du Grand Lemps et lac Clair dans le Bas-Dauphiné) et d'Italie (Parc du Grand Paradis). Espèce mentionnée en Europe, Amérique du Nord et Japon.
- Staurastrum orbiculare* Ralfs var. *angulatum* Kaiser. — Lac Rond (1), lac supérieur de Lanserlia (3). Dimensions des cellules : longueur : 34,8 μm — largeur : 32,4 — isthme : 13,2. Cellules à sinus légèrement ouverts vers l'extérieur, s'ouvrant sur les marges latérales droites et divergentes. Membrane granuleuse. Vue apicale triangulaire à côtés convexes et angles légèrement arrondis. Un granule à chaque sommet du triangle. Espèce rarement signalée.
- Staurastrum paradoxum* Meyen. — Lac Verdet (2), lac Rond (1), lac du Lait (4), lac du Chardonnet (Petit) (3), lac du Lou (4), lac Noir de Belleville (5). Dimensions des cellules : longueur : 42 μm — largeur : 49,0 — isthme : 6,5. Cellules à constriction profonde, à sinus largement ouverts et aigus au sommet. Hémisomates, en vue apicale, généralement triangulaires. Espèce observée dans le benthos, en épiphyte et dans le plancton.
- Staurastrum pilosum* (Näg.) Arch. — Lac de Plan du Lac (2), lac inférieur de Lanserlia (4), lac Brulet (4). Dimensions des cellules : longueur : 54 μm — largeur : 53 — isthme : 14,9. Cellules à hémisomates fusiformes. Membrane couverte de nombreuses épines courtes, délicates, disposées en séries concentriques autour des angles. Vue apicale triangulaire à côtés fortement concaves. Espèce souvent observée dans les lacs de haute montagne : lacs de Pormenaz et d'Arvoin (Haute-Savoie), lac Clair, lac de Saune Longue et mare du lac Blanc (haute vallée de Névache) et en Italie dans le Parc du Grand Paradis.
- Staurastrum polymorphum* Breb. — Lac du Clou (4). Dimensions des cellules : longueur : 25 à 28 μm — largeur : 31 à 32,6 — isthme : 6,2 à 7,4. Cellules à constriction profonde et sinus largement ouverts. Hémisomates de formes très diverses, elliptiques, fusiformes, cunéiformes. Les angles du sommet sont prolongés en appendices courts et robustes terminés par quatre petites épines et entourés par quatre séries concentriques de granules aigus. Vue apicale en forme de polygone régulier de trois, quatre ou cinq côtés. Certaines cellules ont un hémisomate à trois côtés, le deuxième en ayant quatre ou cinq. Espèce récoltée dans les lacs Luitel et Praver (massif de Belledonne), le lac des Boîtes (massif du Taillefer), le lac Rond (massif des Grandes Rousses), l'étang du Grand Lemps (Bas-Dauphiné). A signaler que nous avons trouvé *St. polymorphum* en phase de division sous la glace du lac Luitel début mars 1978 et au lac des Boîtes le 14 février 1977. C'est certainement une des espèces les plus répandues.

- Staurastrum protectum* W. et G.S.W. — Lac Noir de Belleville (3), lac inférieur de Lanserlia (4). Dimensions des cellules : longueur : 29 μm — largeur : 29,2 — largeur avec épine : 40 — isthme : 8,8. Vue en plan : chaque angle de l'apex est armé de deux fortes épines de 5 μm de long. Cellules à sinus profonds et ouverts en arc régulier vers les angles des sommets. Vue apicale triangulaire à côtés légèrement concaves; aux angles les épines se superposent. Centre orné d'une rosace de six granules. Espèce peu signalée. Observée dans la vallée de Névache (mare sous le lac Blanc).
- Staurastrum pseudosebaldi* Wille var. *simplicius* West. — Lac inférieur de Lanserlia (5). Dimensions des cellules : longueur : 35,3 μm — largeur : 56,6 — isthme : 10,8. Cellules à sinus profonds arrondis et s'ouvrant en forme de V vers l'extérieur. Côtés divergeant vers les bras (au nombre de trois) qui convergent vers l'hémisomate opposé. Espèce rarement signalée.
- Staurastrum punctulatum* Breb. (Pl. 3, photo 4). — Lac du Lou (5), Lac du Lait (3). Dimensions des cellules : longueur : 36,72 μm — largeur : 33,7 — isthme : 13,6. Cellules à constriction profonde, à sinus largement ouverts. Hémisomates de forme rhomboïdale à angles latéraux aigus. Membrane granuleuse. Espèce commune.
- Staurastrum punctulatum* Breb. var. *hjellmani* Wille. (Pl. 2, fig. 14). — Lac Verdet (4), lac du Pelve (4). Dimensions des cellules : longueur : 46,2 μm — largeur : 33,1 — isthme : 14,9. Ce *Staurastrum* est à comparer à *Cosmarium trachydermum* var. *ellipticum* auquel il ressemble par bien des points, mais en diffère par l'ornementation de la membrane et les pyrénoides. Distribution : régions arctico-boréales.
- Staurastrum punctulatum* Breb. var. *pygmaeum* (Breb.) W et W. — Lac de la Plagne (3). Dimensions des cellules : longueur : 38,6 μm — largeur : 35,3 — isthme : 13,6. Espèce abondante dans diverses stations du Val Sangone (Parc du Grand Paradis). Espèce très commune : Europe, Asie, Amérique, Afrique.
- Staurastrum punctulatum* Breb. var. *subproductum* W. et G.S. West. — Lac du Clou (4). Dimension des cellules : longueur et largeur : 31,3 μm — isthme : 8,7. Diffère du type principalement dans la vue apicale : triangle à côtés convexes. Espèce signalée pour la première fois en France; peu mentionnée en Europe (Angleterre, Alpes suisses) et en Asie (Japon).
- Staurastrum sebaldi* Reinsch. var. *ornatum* Nordst. — Lac Noir de Belleville (3). Dimensions des cellules : longueur : 65,2 μm — largeur : 91,7 — isthme : 18. Très belle Desmidiacée plus large que longue, caractérisée par des appendices longs, élancés et par un groupe de granules ornant le dessous des appendices à leur base. Dans les Alpes, nous n'avons observé cette espèce qu'au Val des Aiguilles (Jarjatte, Hautes-Alpes).
- Staurastrum spongiosum* Breb. — Lac du Mont Coua (2). Dimensions des cellules : longueur : 58,2 μm — largeur : 52,2 — isthme : 16,3. Cellules à constriction profonde. Sinus linéaires légèrement élargis au fond. Hémisomates trapézoïdaux entourés de dix protubérances verruqueuses. Vue apicale triangulaire à côtés légèrement convexes. Angles verruqueux, une verrue émarginée à chaque extrémité. Espèce très répandue.
- Staurastrum suberuciatum* Cooke et Wills. — Lacs inférieur (5) et supérieur (3) de Lanserlia, Lac du Chardonnet (Petit) (4), lac Blanc de Termignon (4), lac de Plan du Lac (2), lac du Lait (4), lac Noir de Belleville (4), lac du Clou (3). Dimensions des cellules : longueur : 41,3 μm — largeur : 44,8 — isthme : 9,5. Chaque hémisomate, vue en plan est triangulaire; marge apicale droite à concave, ayant à chaque angle deux épines bien visibles. Vue apicale triangulaire à côtés concaves. Sommets occupés par deux épines qui ne sont pas toujours bien distinctes. Espèce très répandue, nous l'avons observée dans des eaux dont le pH est compris entre 5,2 et 7,4.
- Staurastrum teliferum* Ralfs. — Lac Blanc de Termignon (3), lac du Lait (5), lac du Grand Plan (2), lac Noir de Belleville (2). Dimensions des cellules : longueur : 43 μm — largeur : 51,5 — isthme : 10. Cellules à constriction profonde, à sinus aigus et ouverts extérieurement. Hémisomates elliptiques. Membrane couverte d'épines courtes et fortes. Espèce très commune.

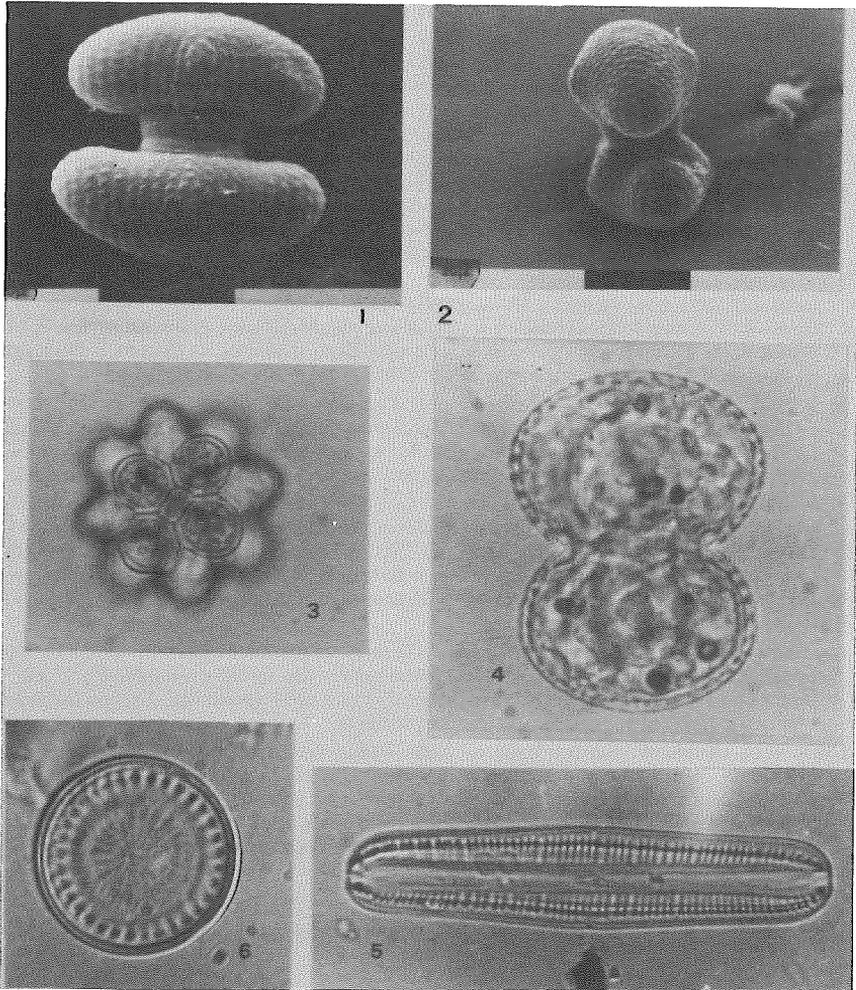


PLANCHE 3

- 1 et 2. — *Cosmarium pseudoholmii* Borge ($\times 950$. M.E.B.)
clichés Museum Nat. d'Histoire Naturelle. M^r Couté.
3. — *Coelastrum proboscideum* Bohl ($\times 1\ 200$)
4. — *Staurastrum punctulatum* Breb. ($\times 2\ 150$)
5. — *Rhopalodia gibba* (Ehr) O. Müll. ($\times 1\ 000$)
6. — *Cyclotella comta* (Ehr) Kütz var. *oligactis* (E) Grün.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- Staurastrum tetracerum* Ralfs. — Lac du Lait (3), lac du Clou (2). Dimensions des cellules avec les appendices : longueur : 26,2 μm — largeur : 25,35 — isthme : 4,1. Petites cellules planes à hémisomates presque rectangulaires avec deux appendices divergents. Espèce commune.
- Staurastrum tohopekaligense* Wolle var. *trifurcatum* West et G.S. West. — Lac supérieur de Lanserlia (2). Dimensions des cellules avec les appendices : longueur : 56 μm — largeur : 43; sans les appendices, longueur : 32,5 μm — largeur : 25 — isthme : 10. En vue apicale, cette belle espèce se présente sous forme d'un carré avec quatre appendices principaux (un à chaque angle du carré) et huit autres, soit deux par côté du carré. Chaque appendice est terminé par trois ou quatre épines. Sous cette vue, le plaste est étoilé, et possède en son centre un pyrénioïde. Cette Desmidiacée est à signaler en Haute-Savoie au lac de Pormenaz et dans le Dauphiné (massif du Taillefer) au lac Punay. Ces deux lacs sont des tourbières dont le pH est compris entre 5,2 et 6,3.
- Staurastrum turgescens* De Not. — Lac de Plan du Lac (4). Dimensions des cellules : longueur : 36 μm — largeur : 30 — isthme : 11,5. Cellules à sinus profonds ouverts en forme de V. Chaque hémisomate est semi-elliptique. Membrane granuleuse. Vue apicale triangulaire à angles arrondis et à côtés droits. Espèce connue de France, d'Allemagne, de Suisse, d'Autriche, d'Angleterre, de Pologne, d'Afrique et des Indes.
- Staurastrum vestitum* Ralfs. — Lac Blanc de Termignon (4), lac du Lait (3), lac Noir de Belleville (3). Dimensions des cellules : longueur : 35,6 μm — largeur : 59,8 — isthme : 12,15. Cellules à constriction profonde. Sinus aigus largement ouverts. Marges latérales généralement droites. Sommets droits armés de verrues épineuses. Espèce commune.
- Teilingia granulata* (Roy et Biss.) Bourr. — Lac Blanc de Termignon (5), lac du Clou (4), lacs inférieur (5) et supérieur (4) de Lanserlia, lac du Lait (5), lac Noir de Belleville (5). Dimensions des cellules : 8,55 \times 11,24 μm . Chaînes de longueur variable, certaines étant formées de plus de 150 cellules (60 à 80 cellules est le cas le plus fréquent). Au lac de Lanserlia, filaments de 10 à 24 cellules. Espèce très répandue, principalement dans les tourbières.
- Desmidiium swartzii* C.A. Ag. — Lac Blanc de Termignon (5), lac du Lait (3), lac du Clou (4). Longs filaments de 22 à 30 cellules. Dimensions des cellules : longueur : 17 μm — largeur : 42. Cellules triangulaires à constriction très apparente. Espèce largement répandue dans les tourbières des cinq continents.
- Hyalotheca dissiliens* (Smith) Breb. — Lac Blanc de Termignon (5), lac du Lait (5). Filaments de 6 à 23 cellules. Dimensions des cellules : longueur : 18,3 μm — largeur : 27,4. Cellules en filaments cylindriques à constriction presque nulle. Sinus réduits à une légère ondulation. Les filaments sont entourés d'une gaine mucilagineuse d'un diamètre d'environ trois fois celui du filament. Espèce très commune dans les tourbières.

CLASSE DES DINOPHYCÉES

ORDRE DES PÉRIDINIALES

● FAMILLE DES GYMNODINIACÉES

- Gymnodinium taticum* Wol. — Lac supérieur du Merlet (5) : Dimensions des cellules : longueur : 38 μm — largeur : 34,8. Cellules à sillon simple et parfaitement lisse. Espèce rarement signalée.
- Gymnodinium undulatum* Wol. — Lac inférieur de Lanserlia (5). Dimensions des cellules : longueur : 35 μm — largeur : 23. Cellules ellipsoïdales à membrane rarement régulière; la région de l'épicône est souvent frippée. Espèce brune très abondante dans le lac inférieur de Lanserlia.

● FAMILLE DES GLÉNODINIACÉES

Glenodinium neglectum Schill. — Lac de la Partie (5). Dimensions des cellules : longueur : 31,4 à 32,2 μm — largeur : 28,6 à 29,1. Petites cellules à sillon étroit et rectiligne. Dans le lac de la Partie, cette espèce représente, à elle seule, 75 % du plancton. Nous l'avons trouvée dans divers milieux à des pH compris entre 5,3 et 8,2 et des températures variant de + 7 à + 23,5 °C.

● FAMILLE DES PÉRIDINIACÉES

Peridinium cinctum (O.F.M.) Ehr. — Lac du Plan du Lac (5), lac Long (2), lac inférieur de Lanserlia (5). Dimensions des cellules : 52 \times 46 μm . Plaques apicales asymétriques avec inégalité des sutures. Les cellules sont régulières à section transversale généralement elliptique. Épithèque de volume supérieur à l'hypothèque. Le sillon longitudinal pénètre dans l'épithèque. Espèce très répandue.

Peridinium cinctum (O.F.M.) Ehr. f. *meandricum* Lef. — Lac Noir de Belleville (4). Dimensions des cellules : 48,2 \times 44,5 μm . Les plaques de l'hypothèque et les antapicales présentent des sculptures vermiformes; les plaques de l'épithèque sont aréolées en maille de filet. Espèce commune dans les lacs, étangs, tourbières et mares.

Peridinium cinctum (O.F.M.) Ehr. var. *westii* (Lef.). — Lac du Chardonnet (Petit) (4), lac Blanc de Termignon (4), lac Noir de Belleville (5), lac à Limnées (5). Cette espèce diffère du type par son ornementation formée de vermicules proéminentes. Espèce peu connue. En France, dans les lacs du Jura, en Angleterre, en Norvège et dans le Tyrol. Ancienne désignation *P. westii* Lemm.

Peridinium cunningtonii (Lemm.) Lemm. — Lac Rond (3), lac Noir de Sainte-Foy (5). Taille moyenne des cellules : 34 μm de long. Les cellules n'ont que six plaques P' (prééquatoriales) au lieu de sept. Dans ces deux récoltes, elles sont toujours ovoïdes. Plaques antapicales pourvues de quatre à cinq épines. Espèce connue dans le plancton des lacs et étangs de France.

Peridinium cunningtonii Tab. *contactum* Lef. y *collineatum* Lef. — Lac du Grand Fond (4). Dimensions des cellules : 31,5 \times 26,4 μm . Cette espèce diffère du type par les sutures des plaques P3 et P4 et a2/a3. Rarement signalée en France mais observée en Allemagne, dans le Tyrol, en Hongrie, Sibérie et Malaisie.

Peridinium bipes Stein. — Lac Verdet (5), lac du Grand Fond (5). Dimensions des cellules : longueur : 67,5 μm — largeur : 45. Cellules piriformes fortement aplaties dans le sens dorsoventral. Pore apical. Sillon transversal hélicoïdal partageant la thèque en deux parties inégales. Espèce généralement trouvée dans les étangs siliceux.

Peridinium gatunense Nygaard. — Lac du Chardonnet (Grand) (4), lac de la Roche Ferran (5), lac Noir du Clou (4), lac du Clou (5). Dimensions des cellules : longueur : 57 à 63,5 μm — largeur : 59,1 à 71,2. Cellules formées de deux troncs de cône bossués, égaux, pratiquement opposés par leur base. La ligne des pôles est oblique au plan du sillon transversal. Sillon transversal hélicoïdal bordé de larges franges hyalines. Le sillon longitudinal empiète un peu sur l'épithèque et s'élargit légèrement dans l'hypovalve. Plaques fortement aréolées. Espèce largement répandue tant en Europe qu'en Afrique et en Amérique.

Peridinium pygmaeum Lindem. — Lac du Clou (2). Dimensions des cellules : longueur : 22,5 μm — largeur : 21,3. Cellules ovoïdes pourvues d'un pore apical. Le sillon transversal très légèrement hélicoïdal partage la thèque en deux parties inégales. Épithèque de volume plus important que celui de l'hypothèque. Espèce commune en Europe.

Peridinium umbonatum Stein. — Lac du Lait (4). Dimensions des cellules : 28 à 31 μm de long. Cellules ovales, allongées. Plaques apicales convexes, plaques antapicales planes ou légèrement concaves. Le sillon longitudinal s'élargit fortement dans l'hypothèque. Espèce commune en Europe et Afrique.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

Peridinium volzii Lemn. — Lac de Plan du Lac (4), lac inférieur du Merlet (5), lac du Grand Plan (5), lac Blanc de Termignon (4), lac du Grand Fond (4), lac des Echines (3). Au lac Merlet, les cellules sont presque sphériques avec un diamètre de 42 à 47 μm . Caractère général : sillon transversal nettement hélicoïdal partageant la thèque en deux parties inégales. Au lac du Grand Plan, cette espèce représente 40 % des algues du plancton. Nous l'avons trouvée également dans les lacs de Nantua et Saint-Point (Jura). Distribution très large : en France, dans toute l'Europe, l'Asie, l'Afrique et l'Australie.

Peridinium williei Huitf Kaas. — Lac du Lait (5), lac Verdet (4). Dimensions des cellules : 50 \times 56 μm . Espèce de forme ovale à plaque losangique très importante et à franges hyalines aux apicales et antapicales. Espèce peu commune : principalement dans les mares et étangs, rarement signalée dans les lacs.

● FAMILLE DES CÉRATIACÉES

Ceratium hirundinella (O.F. Müller) Schr. — Lac Blanc de Termignon (4), lac du Chardonnet (Petit) (3), lac du Grand Fond (2). Cellules pouvant atteindre de fortes dimensions : jusqu'à 240 μm de long pour une largeur de 32 μm . A remarquer la présence de trois cornes de longueur inégale partant de l'hypovalve alors que l'épivalve ne possède qu'une corne axiale. Espèce très répandue, récoltée dans les marais du Grand Lemps (pH 5,3) et les étangs de Meyrieux (pH 7,5) (Bas-Dauphiné), au lac des Boîtes (pH 4,9) (massif du Taillefer), au lac Luitel en hiver ($t = 4^{\circ}$) et au lac Praver ($t = 2,3^{\circ}$ sous la glace) (massif de Belledonne).

Ceratium hirundinella (O.F.M.) Schr. f. *austriacum* Zed. Bachm. — Lac du Chardonnet (Petit) (2), lac Blanc de Termignon (5). Dimensions des cellules : longueur : 172 μm — largeur : 64. Diffère du type par les trois cornes de l'hypovalve divergentes; l'hypovalve et l'épivalve sont plus écrasées. Espèce plus rare que le type, à signaler dans le massif des Grandes Rousses au lac Carrelet et dans la haute vallée de Névache au lac de la Clarée.

Ceratium hirundinella (O.F.M.) Schr. var. *piburgense* Bachm. — Lac de Plan du Lac (2). Dimensions des cellules : longueur : 198 μm — largeur : 58. Diffère du type par le sulcus qui est particulièrement important et l'épivalve fortement aplatie. Espèce rarement signalée.

ORDRE DES DINOCAPSALES

● FAMILLE DES GLOCODINIACÉES

Glocodinium montanum Klebs. — Lac du Lait (4). Dimensions des cellules : 26 \times 15,7 μm . Peut se présenter en cellules isolées ou en colonies de trois ou quatre cellules. Espèce signalée par FREMY dans le massif du Taillefer, récoltée par nous dans les tourbières des lacs Luitel, Praver et Achard dans le massif de Belledonne. Espèce connue dans les tourbières du monde entier.

ORDRE DES DINOCCALES

● FAMILLE DES PHYTODINIACÉES

Cystodinium steinii Klebs. — Lac du Lait (1). Cellules de forte taille : longueur : 92 μm — largeur : 31,4. Arcs extérieur et intérieur fortement marqués se terminant par deux cornes généralement tournées vers l'extérieur. Espèce signalée en Amérique du Nord et en Europe (Allemagne du Sud, Suisse).

Cystodinium cornifax (Schl.) Klebs (Pl. 2, fig. 16). — Lac du Lait (5). Dimensions des cellules : longueur : 70,4 μm — largeur : 39,49 (largeur avec l'apex : 58). Diffère de *Cystodinium steinii* par sa forme. La courbure intérieure est moins marquée, droite sur

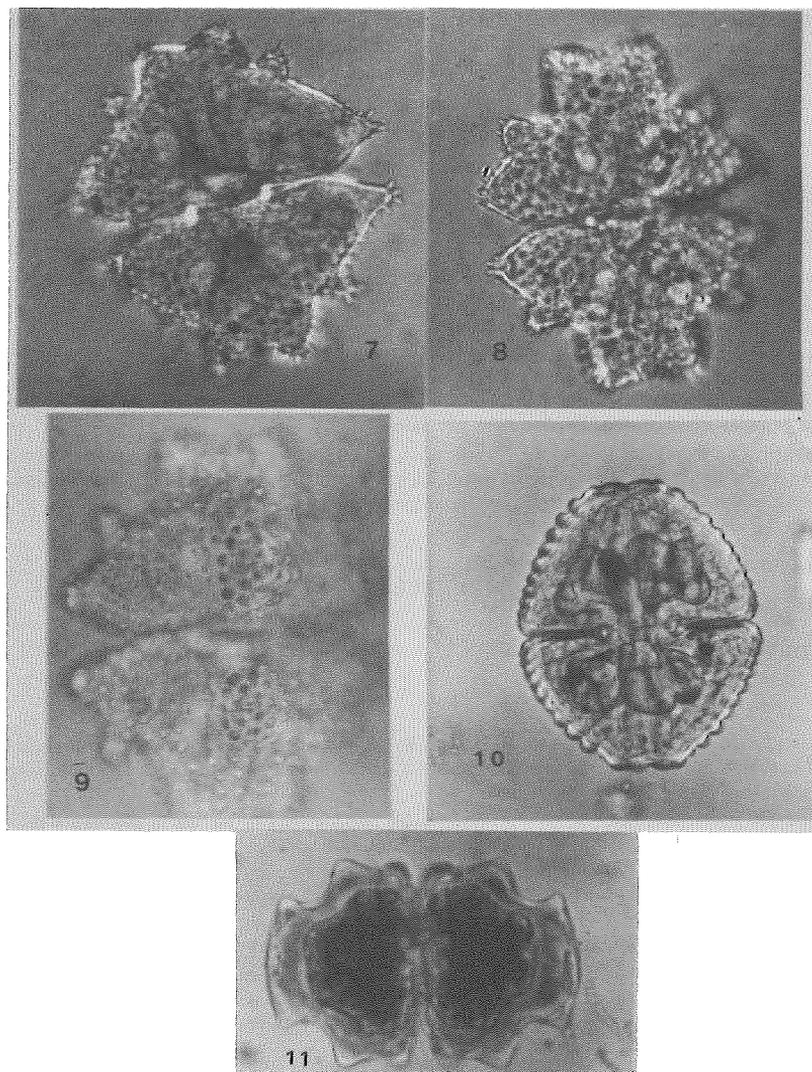


PLANCHE 4

- 7. — *Euastrum verrucosum* var. *rhomboideum* Lund ($\times 800$)
- 8. — *Euastrum verrucosum* var. *montanum* P. Baier ($\times 700$)
- 9. — *Euastrum verrucosum* var. *montanum* P. Baier ($\times 850$)
- 10. — *Cosmarium hornavaneuse* (Schm) Gütw ($\times 850$)
- 11. — *Euastrum pectinatum* var. *brachylobum* Wittr. ($\times 1\ 350$)

la moitié de la longueur. La courbure extérieure est en arc de cercle bien marqué (demie conférence). Espèce type du plancton. Peu signalée : Europe (Suisse, Pologne) et Amérique.

CLASSE DES CHRYSOPHYCÉES

ORDRE DES OCHROMONADALES

● FAMILLE DES DINOBRYACÉES

Dinobryon cylindricum Imh. var. *palustris* Lemm. — Lac Rond (5), lac du Lou (5). Dimensions des logettes : longueur : 41 μm — largeur : 8,8. Espèce de forme coloniale strictement oligotrophe, très répandue.

Dinobryon sertularia Ehr. — Lac à Limnées (4), lac du Clou (5), lac du Lait (5), lac de Plan du Lac (4), lac de l'Arpont (4). Dimensions des cellules : diamètre 12, 75 μm pour une longueur de 37,35. Cellules fusiformes, marges latérales convexes vers la base. Colonies à cellules divergentes. Espèce très répandue.

Dinobryon sociale Ehr. — Lac du Chardonnet (Grand) (5). Logettes de longueur variable : 42 à 67,5 μm et diamètre compris entre 7,3 et 7,7 μm . Espèce de forme coloniale. Chaque cellule est fusiforme à marges lisses, souvent parallèles. Espèce très répandue.

CLASSE DES DIATOMOPHYCÉES (BACILLARIOPHYCÉES)

ORDRE DES CENTRALES

● FAMILLE DES COSCINODISCACÉES

Cyclotella comta (Ehr) Kütz var. *oligactis* (E) Grün. (Pl. 3, photo 6). — Lac du Lou (5). Diamètre des cellules ; 18 μm . Surface peu ondulée. Espèce rarement signalée dans le plancton. Espèce des régions alpines.

Cyclotella glomerata Bachm. — Lac Santel (5), lac Merlet (4), lac de la Rocheure (5), lac de l'Arpont (4). GERMAIN (1981) écrit à propos de cette *Cyclotella* : « elle forme, par périodes, l'élément dominant du plancton de la Loire ». Dans nos récoltes, cette espèce s'observe dans des amas gélatineux. Espèce signalée de Suisse, Bavière et Autriche.

Cyclotella quadrijuncta (Schr) Hust. — Lac Santel (5). Diamètre des cellules : 32 à 35 μm . Répartition typiquement alpine.

Cyclotella striata (Kütz) Grun. — Lac Rond (5). Diamètre des cellules : 28,4 à 35,1 μm . D'après G.H. PESTALOZZI (1942), les cellules mesurent 10 à 50 μm de diamètre et présentent une ornementation de 8 à 10 stries pour 10 μm . Certaines cellules ont 11 stries aux 10 μm . Espèce peu commune en Europe.

Melosira distans (Ehr.) Kütz. — Lac du Mont Coua (2), lac du Pelve (2). Cellules cylindriques de 17,5 μm de diamètre et 7,3 de hauteur. Pores en lignes difficilement observables, généralement 14 pores aux 10 μm . Espèce rarement signalée.

Melosira granulata (Ehr.) Ralfs. — Lac Blanc de Termignon (3), lac de la Partie (4). Dimensions des cellules : longueur : 17,5 μm — diamètre 11,4. Cellules granuleuses, en filaments ; membrane à ponctuation grossière et irrégulière d'une cellule à l'autre. Espèce typique du plancton.

Stephanodiscus dubius (Fricke) Hust. — Lac Blanc de Polset (4), lac du Chardonnet (Grand) (3). Diamètre des cellules : 16,5 μm . Espèce planctonique connue de toute l'Europe.

ORDRE DES PENNALES

● FAMILLE DES FRAGILARIACÉES

Ceratoneis arcus Kütz. — Cette belle espèce est présente dans un grand nombre de lacs de montagne des massifs des Grandes Rousses et du Taillefer et dans la vallée de Névache. Dans le Parc de la Vanoise : lac de la Partie (3), lac à Limnées (2), lac inférieur de Lanserlia (4), lac supérieur du Merlet (3), lac Noir de Sainte-Foy (3), lac du Lou (5), lac Blanc de Termignon (3), lac de Plan du Lac (5), lac des Echines (2), lac Blanc de Polset (4), lac Verdet du Clou (5), lac Noir du Clou (5). Dimensions des cellules : longueur : 87 à 125 μm — largeur 6 à 7. Espèce très répandue.

Diatoma elongatum (Lyngb.) Ag. — Lac du Lou (2). Espèce à pôles renflés en goutte d'eau. Dimensions des cellules : longueur : 85 à 97 μm — largeur : 7 à 9. Espèce signalée dans des eaux pures, polluées et saumâtres.

Diatoma elongatum (Lyngb.) Ag. var. *pachycephala* Grün. — Lac à Limnées (2). Les cellules fixées entre elles par les pôles forment des filaments en zig zag. Cellules de longueur constante : 105 μm . Nous avons observée cette variété au lac Lauvitel (massif de Belledonne) et au lac Faucille (massif des Grandes Rousses). Espèce rarement signalée.

Diatoma hiemale (Lyngb.) Heiberg. — Lac du Lait (3). Dimensions des cellules : 66 \times 18 μm . Espèce signalée en diverses régions mais assez rare.

Diatoma hiemale (Lyngb.) Heiberg var. *mesodon* (Ehr) Grun. — Lac Verdet du Clou (5), lac Brulet (2). Dimensions des cellules : 16 à 20 \times 6,2 à 7,6 μm . En vue valvaire, les cellules elliptiques présentent trois ou quatre côtes. Cette algue, bien connue des spécialistes, est à signaler dans la flore de nombreux lacs de montagne : lacs d'Arvoin, de Tavaneuse, de Pormenaz et marais du Mont de Grange (Haute-Savoie) ainsi que dans plusieurs stations des massifs du Taillefer et de Belledonne.

Diatoma vulgare Bory. — Lac du Lou (4). Cellules maintenues les unes aux autres sans ordre particulier. De profil : cellules rectangulaires. De face : cellules elliptiques. Dimensions des cellules : longueur moyenne : 47 μm — largeur de face : 12,2. Seize stries aux 10 μm . Espèce très répandue.

Fragilaria capucina Desm. — Lac de la Plagne (3). Dimensions des cellules : longueur : 108 μm — largeur : 6,22 — bouts : 3,8. Pseudoraphé linéaire. Aire centrale dépourvue de stries. Espèce répandue dans le plancton, fixée à des macrophytes.

Fragilaria intermedia Grun. — Lac du Chardonnet (Grand) (5), lac Brulet (5), lac Noir du Clou (5). Longueur des cellules : 22 à 71,6 μm . Stries peu nombreuses (9 à 10 aux 10 μm). Espèce coloniale se présentant sous forme de bandes. Espèce relativement commune.

Asterionella formosa Has. — Lac de l'Arpont (3). Cellules rectilignes de 48 μm de long. Cellules à extrémités capitées. Stries fines (25 aux 10 μm). Cellules assemblées en colonies étoilées généralement par huit. Espèce typiquement planctonique.

Meridion circulare Agardh. — Lac Noir du Clou (5), lac à Limnées (2), lac Verdet du Clou (5), lac de la Plagne (4), lac Blanc de Polset (5), lac Brulet (5), lac du Mont Coua (5). Généralement formé de huit cellules réunies en éventail. Dimensions des cellules : longueur : 68,2 μm — grande largeur : 9,2 — largeur à la base : 4,6. Espèce très répandue.

Synedra acus Kütz var. *angustissima* Grun. — Lac des Bataillères (5). Dimensions des cellules : longueur : 236 μm — largeur : 7,3. Vingt et une stries aux 10 μm . Pseudoraphé étroit. Espèce exclusivement planctonique, largement répandue dans les Alpes.

Synedra ulna (Nitz.) Ehr. — Lac de Plan du Lac (4), lac de la Plagne (5), lac du Chardonnet (Grand) (3), lac du Lou (4), lac Noir de Belleville (3), lac de l'Arpont (5). Dimensions des cellules : longueur : 128 à 317 μm — largeur : 7,6 à 9,2. Cette diatomée semble aimer les eaux pures, limpides. Dans le massif du Taillefer, nous l'avons trouvée au lac Fourchu. Dans le Queyras, au lac du Monetier; dans le Jura, aux lacs des Rousses, lac de Joux, lac des Mortes et à St-Point.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz. — Lac du Lait (3), lac Noir de Belleville (5), lac du Clou (5), lac de la Roche Ferran (5), lac de l'Arpont (4). Les cellules réunies entre elles par des coussinets gélatineux forment des colonies en ligne brisée et plus rarement en étoiles. Dimensions des cellules : en vue connective, longueur : 72,6 µm — largeur : 10,2; en vue valvaire, épaisseur : 7,15 µm. Espèce vivant de préférence en milieu acide. Observée dans des eaux à pH 4,5.

Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz var. *geniculata* A. Cl. — Lac de Plan du Lac (4). Diffère du type par la vue valvaire. La cellule n'est pas droite, mais les deux moitiés font un angle de 100° autour du centre qui est fortement renflé. Zone centrale : 11 µm. Répartition en Europe du Nord, Suisse.

Tabellaria flocculosa (Roth.) Kütz. — Lac de l'Arpont (4), lac du Chardonnet (Grand) (5). Dimensions des cellules : 32 × 14 µm. Colonies toujours en zig zag. Espèce observée dans divers lacs de montagne, dans des eaux à pH compris entre 7,2 et 8,6. Espèce souvent signalée en Europe.

● FAMILLE DES EUNOTIACÉES

Eunotia rhomboïdea Hust. — Lac du Lou (3). Dimensions des cellules : longueur : 26 µm — largeur : 4,6. En moyenne, 16 stries aux 10 µm. Extrémités légèrement rostrées. Espèce observée et décrite par HUSDEDT in GERMAIN (1981) dans des lacs du Nord de l'Allemagne. M. WÜTHRICH en donne de bons dessins dans la flore algologique du Parc National Suisse (1975).

Eunotia robusta Ralfs. — Lac Blanc de Termignon (1). Dimensions des cellules : longueur : 86 à 103 µm — largeur : 15 à 18. La partie dorsale présente cinq à huit bosses. Espèce très commune dans les milieux acides en particulier dans les tourbières (pH 4,5 à 6,4).

● FAMILLE DES ACHNANTHACÉES

Achnanthes flexella Kütz. — Lac Noir du Clou (3). Ancienne appellation : *Eucocconeis flexella* (Kütz) Hust. Cellules de forme rhomboïdale avec une surface courbée; raphé et pseudoraphé obliques en regard à l'axe longitudinal. Dimensions des cellules : 21 à 35 × 11 à 23 µm. Cellules à stries fortement radiantées (22 stries aux 10 µm, une cellule en a 25). Espèce très commune dans les Alpes et dans les milieux acides.

Cocconeis placentula Ehr. — Lac de la Plagne (1), lac Rond (2), lac du Mont Coua (4). Cellules elliptiques de dimensions : 35 à 42 × 18,5 à 26 µm. Espèce généralement donnée comme étant une épiphyte. Au lac de la Plagne, nous n'avons trouvé dans la récolte qu'une seule cellule.

● FAMILLE DES NAVICULACÉES

Diploneis ovalis (Hilse) Cleve. — Lac des Bataillières (2), lac du Chardonnet (Grand) (3), lac de la Roche Ferran (3), lac Verdet du Clou (2), lac Rond (3). Valve elliptique allongée. Dimensions des cellules : longueur : 28 à 42 µm — largeur : 11 à 17,5. Douze à quatorze stries aux 10 µm, radiantées et nettement ponctuées. Espèce très répandue dans les lacs de montagne.

Navicula radiosa Kütz. — Lac à Limnées (3), lac du Chardonnet (Grand) (3). Dimensions des valves : 76 × 12 µm. Valves lancéolées à extrémités légèrement étirées. Stries de l'ornementation difficilement observables. Espèce très commune, aimant les eaux calmes.

Neidium iridis (Ehr.) Cleve. — Lac du Clou (4), lac du Chardonnet (Grand) (2). Dimensions des valves : 141 × 28 µm. Valves elliptiques à bords toujours convexes dans cette récolte. Stries à peine obliques sur l'axe avec une ponctuation bien apparente. Le raphé est bien droit.

- Pinnularia gibba* Ehr. — Lac Long (2). Dimensions des cellules : longueur : 87 à 105 μm — largeur : 11 à 12,1. Valves subcapitées et très allongées (huit fois plus longues que larges). Espèce ayant une distribution très large dans le Dauphiné. Nous l'avons surtout observée dans des tourbières : étang du Grand Lemps (pH 5,2 à 6,6), étang Moras (pH 6,3), tourbière du lac Achard (pH 5,5 — 5,8) lac de Praver et lac Luitel (pH 5,2).
- Pinnularia mesolepta* (Ehr.) W. Smith. — Lac Verdet du Clou (4). Dimensions des cellules : longueur : 33,6 à 51,7 μm — largeur : 8,2 à 10. Valves capitées à marges légèrement ondulées présentant 11 à 13 stries aux 10 μm . Espèce commune.
- Pinnularia nobilis* Ehr. — Lac Blanc de Termignon (4), lac du Lait (2), lac du Grand Plan (2). Cette diatomée est la plus grande du genre. Au lac du Lait, elle atteint les plus fortes dimensions (longueur : 292 μm — largeur : 42). Valve légèrement élargie au centre et aux extrémités qui sont arrondies. Espèce commune au lac Luitel (massif de Belledonne), au lac de la Phare (massif des Grandes Rousses) et en Haute-Savoie dans les tourbières de Pormenaz. Se trouve aussi bien dans le benthos que dans le plancton.
- Pinnularia viridis* (Nitz.) Ehr. — Lac du Mont Coua (4), lac Noir du Clou (2). Dimensions des cellules : longueur : 125 à 172 μm — largeur : 11,5 à 23. Espèce généralement renflée régulièrement. Aréa longitudinale large mais variable, élargie et asymétrique au centre. Raphé sinueux. Cette espèce est très répandue et généralement observée dans le benthos.
- Gyrosigma attenuatum* (Kütz) Rabh. — Lac des Bataillières (2). Espèce de 140 à 185 μm de long et de 22 à 25 μm de large. Forme sigmoïde peu marquée. Douze stries longitudinales aux 10 μm et quinze stries aux 10 μm dans le sens transversal. Espèce souvent signalée.
- Gyrosigma acuminatum* (Kütz) Rabh. — Lac des Bataillières (5). Dimensions des cellules très variables : longueur : 76 à 152 μm — largeur : 14 à 19,5. Valves de forme sigmoïde plus fortement marquée que dans *G. attenuatum*. Espèce souvent signalée. *G. attenuatum* et *G. acuminatum* sont toujours associées.
- Gyrosigma strigile* W. Sm. — Lac de la Plagne (5), lac du Lou (3). Dimensions des cellules : longueur : 215 à 286 μm — largeur : 31 à 35. Forme sigmoïde peu marquée, raphé excentré aux extrémités. Espèce du plancton. Espèce observée généralement dans des eaux à pH faible mais semble bien s'accommoder d'eau à pH neutre.
- Caloneis silicula* (Ehr.) Cleve. — Lac du Mont Coua (2). Taille des cellules : 30 à 40 μm . Une seule ondulation ventrale.
- Caloneis ventricosa* (Ehr) Meist. — Lac du Mont Coua (4). Taille des cellules : 60 à 100 μm . Contour triondulé. Ces deux espèces se trouvent toujours associées mais en proportion variable, généralement dans le benthos des marais et des étangs.
- Stauroneis anceps* Ehr. — Lac du Lait (2). Dimensions des cellules : longueur : 40 à 55 μm — largeur : 10 à 12. Espèce à sommets capités. Les stries très fines (généralement 24 aux 10 μm) sont toujours radiantes et ponctuées. Espèce à signaler des lacs du Taillefer (Punay et lac des Boîtes) et du lac Blanc dans la vallée de Névache. Dans le lac du Lait, il faut noter la présence de la forme *hyalina* Brunet Pora qui diffère du type par sa largeur : 15 μm et les stries au nombre de 30 à 32 aux 10 μm . Cette forme est à signaler dans des tourbières à pH compris entre 5,2 et 6,1 (lacs Luitel, Robert et lac Faucille).
- Navicula* sp. — Lac Blanc de Termignon (3), lac à Limnées (5), lac inférieur de Lanserlia (5), lac de la Partie (2), lac des Echines (3). Présence de petites navicules du groupe *minusculae* que nous n'avons pu déterminer avec certitude. Ce sont des cellules de 6 à 13 μm de long et 2,1 à 4,5 de large.

● FAMILLE DES GOMPHONÉMACÉES

- Gomphonema acuminatum* Ehr. var. *brebissonii* (Kütz) Cleve. — Lac Long (4). Dimensions des cellules : longueur : 26 μm — largeur : 5,2. Espèce à marges latérales peu ondulées.

Extrémité conique sans tétou. Stries parallèles. Espèce souvent observée sur les macrophytes. Assez largement répandue.

Gomphonema constrictum Ehr var. *capitata* (Ehr) Cleve — Lac du Clou (2). Dimensions des cellules : longueur : 17,8 μm — largeur : 8,6. Forme plus petite que le type. Espèce très répandue.

Gomphonema ventricosum Greg. — Lac du Lait (3). Dimensions des cellules : longueur : 43 à 57 μm — largeur : 11,56 à 13,03. La partie la plus large est au niveau du nodule central. Extrémités arrondies, l'une de fort diamètre, l'autre de très faible diamètre. GERMAIN (1981) rapproche *G. ventricosum* de *G. constrictum* Ehr., mais *G. constrictum* diffère par sa longueur légèrement supérieure et les stries au nombre de 12 à 14 aux 10 μm . Espèce observée en milieu acide : lacs Luitel, Praver, Lac des Boîtes, lac Punay.

● FAMILLE DES CYMBELLACÉES

Amphora ovalis Kütz. — Lac des Bataillères (3), lac de la Plagne (4), lac du Grattaleu (4), lac Noir du Clou (4), lac Blanc de Polset (2), lac de la Roche Ferran (5). Dimensions des cellules : longueur : 43 à 106 μm — largeur : 20,7 à 56,8. Frustules elliptiques. Stries au nombre de 14 aux 10 μm . Espèce commune dans les lacs de montagne des massifs des Grandes Rousses, du Taillefer, de la haute vallée de Névache et en Haute-Savoie (lac de Pormenaz).

Cymbella affinis Kütz. — Lac du Lait (5), lac inférieur de Lanserlia (3). Dimensions des cellules : longueur : 43 à 71,4 μm — largeur : 11,2 à 12,1. Onze stries en moyenne aux 10 μm . Valves à courbure faible. Face ventrale concave avec un renflement variable. Espèce observée dans le benthos, le plancton et parmi les épiphytes des lacs et tourbières du Dauphiné, de Haute-Savoie et dans la vallée de Névache. Espèce très commune selon WÜTHRICH (1975).

Cymbella caespitosa (Kütz) Brun. — Lac Noir de Belleville (1), lac du Chardonnet (Grand) (4). Dimensions des cellules : longueur : 23 à 25,5 μm — largeur : 10,5 à 11,1. Bord ventral très légèrement convexe. Area axiale large, très légèrement dilatée au centre. Raphé droit, proche du bord ventral. Stries parallèles (12 aux 10 μm). Cette espèce ne se trouve qu'en tubes muqueux. Nous l'avons observée dans des étangs du Dauphiné (Haute-Jarrie et Meyrieux).

Cymbella cistula (Hemprich) Grun. — Lac supérieur du Merlet (3), lac Noir de Belleville (4), lac des Bataillères (5), lac de la Plagne (5), lac Rond (3). Dimensions des cellules : 80 \times 19,8 μm . Valves toujours arquées, marge ventrale concave. Raphé médian généralement à double ligne. Espèce décrite comme fixée sur divers supports. Espèce très répandue.

Cymbella cuspidata Kütz. — Lac du Chardonnet (Grand) (3). Dimensions des cellules : longueur : 56 à 76,4 μm — largeur : 16,5 à 22,2. Valve elliptique, large, plus bombée sur le bord dorsal (8 à 10 stries aux 10 μm). Espèce souvent signalée mais jamais abondante.

Cymbella cymbiformis (Ag. Kütz) Van Heurek. — Lac Merlet (1), lac Rond (3). Dimensions des cellules : longueur : 51 à 64,5 μm — largeur : 9 à 13,3. Espèce très proche de *C. cistula*. Elle en diffère par sa taille plus petite et les valves plus incurvées avec marge ventrale concave ayant toujours un renflement central. Stries à peine radiantes ponctuées. GERMAIN (1981) donne cette espèce comme relativement rare. WÜTHRICH (1975) la signale à plusieurs reprises.

Cymbella helvetica Kütz. — Lac Verdet du Clou (2). Dimensions des cellules : 96 \times 17,5 μm . Grandes cellules présentant des stries ponctuées (9 aux 10 μm). Espèce très répandue, très abondante au lac Luitel (massif de Belledonne), au lac d'Arvoin (Haute-Savoie), au lac des Boîtes (massif du Taillefer), abondante en hiver à des températures comprises entre 2 et 4 °C. Espèce généralement fixée sur macrophytes.

Cymbella ehrenbergii Kütz. — Lac du Lou (4), lac du Chardonnet (Grand) (5), lac supérieur du Merlet (2), lac Verdet (4). Dimensions des cellules : longueur : 136 à 142 μm —

largeur : 38 à 43,5. Très belle espèce à raphé droit. Valves nettement elliptiques plus bombées sur le côté dorsal. Stries fortement ponctuées. Espèce peu sensible au pH, observée dans des eaux à pH compris entre 5,8 et 8,2. Espèce très répandue.

Cymbella lanceolata (Ehr.) Van Heurck. — Lac Blanc de Polset (3), lac Noir du Clou (2). Dimensions des cellules : longueur : 156 à 208 μm — largeur : 28,5 à 32,5. Grande espèce à valves nettement courbes. Stries fortement ponctuées (10 stries aux 10 μm , 12 à 14 points aux 10 μm). Espèce très commune souvent fixée par un pédoncule à des macrophytes.

Cymbella ventricosa Kütz. — Lac des Echines (4), lac de la Rocheure (5), lac de la Roche Ferran (2). Dimensions des cellules : longueur : 21 à 37,7 μm — largeur : 7 à 9,3. Valves variables, bord dorsal nettement bombé, marge ventrale rectiligne. Area centrale peu marquée. Espèce très commune et souvent abondante.

● FAMILLE DES EPITHEMIACÉES

Denticula pelagica Hust. — Lac de la Plagne (3). Dimensions des cellules : longueur : 26 à 43 μm — largeur : 8,5 à 12,6. Le canal raphéen souvent central présente sur sa longueur 10 à 12 pores bien distincts. Valves striées (25 aux 10 μm). Espèce typique du plancton (G.H. PESTALOZZI, 1942).

Denticula tenuis Kütz. — Lac Noir du Clou (4). Dimensions des cellules : longueur : 45 à 57,2 μm — largeur : 6,2 à 7. Cinq côtes aux 10 μm . Espèce commune, récoltée généralement sur macrophytes.

Denticula tenuis Kütz. var. *crassula* Næg. — Lac à Limnées (2). Les rares cellules observées ont 12,3 à 15,7 μm de long et 6,1 à 7,14 de large. Valves largement lancéolées. Huit côtes aux 10 μm . Stries constantes : 26 aux 10 μm . Nous avons trouvé la var. *crassula* dans le Queyras au Val des Aiguilles et dans le massif des Grandes Rousses, dans un marécage sous le lac Faucille. Au lac à Limnées, c'est la première fois que nous l'observons dans le plancton. Espèce rencontrée généralement sur macrophytes immergés.

Epithemia sorex Kütz. — Lac du Chardonnet (Grand) (2). Petite espèce de 27 à 33 μm de long par 8 à 8,5 de large. Courbure dorsale très marquée. Sept côtes aux 10 μm . Espèce commune en eau douce.

Rhopalodia gibba (Ehr) O. Müller (Pl. 3, photo 5). — Lac du Lait (4). Dimensions des cellules : longueur : 72 à 141,5 μm — largeur : 8 à 10; en vue connective, largeur : 23 à 28 μm . Sous cet angle, le bord extérieur de la valve suit le canal raphéen, marqué au centre par une échancrure. Les côtes très visibles sont de 5 à 7 aux 10 μm . Espèce très commune dans les lacs de la vallée de Névache. Très souvent signalée dans le plancton.

Rhopalodia parallela (Grün) O. Müller. — Lac à Limnées (4). Cellules de forte taille : 86 à 185,2 μm de long et 21 à 32 de large. En vue connective, diffère surtout de *gibba* par les côtes qui alternent avec des côtes plus fines et plus courtes. Espèce observée dans les lacs Luitel, Lovetel, lac de Crop, lac de la Phare, rarement dans le benthos et le plancton, par contre en abondance dans les récoltes épiphytes sur Characées et myriophyles.

● FAMILLE DES NITZCHIIACÉES

Hantzchia virgata (Roper) Grün. — Lac du Lou (3). Dimensions des cellules : 103 \times 11,42 μm . Espèce ayant 4 à 5 stries aux 10 μm . Cellules à extrémités capitées. Valves fortement arquées. Espèce rarement signalée, connue dans les eaux saumâtres, rarement dans le plancton.

Nitzschia gracilis Hantzsch. — Espèce typiquement planctonique, observée dans plusieurs lacs : lac blanc de Termignon (2), lac de Plan du Lac (2), lac à Limnées (4), lac du Lait (1), lac inférieur de Lanserlia (3), lac supérieur du Merlet (1), lac des Echines (2),

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

lac Verdet (5), lac de la Plagne (2), lac du Lou (5) et lac Rond (5). Valves longues et étroites ($50-90 \times 2,7-3,9 \mu\text{m}$), à extrémités généralement effilées. Espèce commune.

Nitzschia intermedia Hantz. — Lac Noir du Clou (3). Dimensions des cellules : 85 à $98 \times 5 \mu\text{m}$. Grande forme à valves linéaires lancéolées capitées. Onze fibules aux $10 \mu\text{m}$. Vingt-neuf stries aux $10 \mu\text{m}$. Espèce fréquemment observée.

Nitzschia umbonata (Ehr) Lange-Bertalot. — Lac Rond (4). Ancienne appellation : *N. thermalis* Kütz. Dimensions des cellules : $40,8 \times 7,6 \mu\text{m}$. Valve peu constrictée. Stries très fines pouvant atteindre le nombre de 34 aux $10 \mu\text{m}$, généralement 31 aux $10 \mu\text{m}$. Espèce caractéristique des milieux pollués. WUTHRICH (1975) l'a signalé de plusieurs régions de Suisse. Espèce assez commune.

● FAMILLE DES SURIRELLACÉES

Cymatopleura elliptica (Breb) W. Sm. — Lac du Chardonnet (Grand) (4), lac Noir du Clou (3). Dimensions des cellules : longueur : $147,5$ à $211 \mu\text{m}$ — largeur : 58 à $84,5$. Quatre ondulations bien visibles en vue connective. Huit stries transversales aux $10 \mu\text{m}$. Espèce souvent observée.

Surirella biseriata Breb. — Lac des Bataillères (5), lac Brulet (2). Grande espèce de 115 à 327×40 à $73,5 \mu\text{m}$. Côtes accentuées et larges (12 à 18 aux $100 \mu\text{m}$). Au centre, pseudoraphé large à dilaté. Espèce très répandue dans le plancton.

Surirella linearis W. Smith. — Lac Noir du Clou (2), lac à Limnées (5), lac Verdet du Clou (3), lac du Lou (3), lac du Chardonnet (Grand) (3), lac du Mont Coua (5), lac de la Roche Ferran (2). Dimensions des cellules : $96,5 \times 21,4 \mu\text{m}$. Cellules linéaires lancéolées. Certaines sont constrictées au centre. Côtes prolongées jusqu'au centre. Fines striations entre les côtes. Espèce très répandue.

Surirella didyma Kütz. — Lac du Lou (2). Dimensions des cellules : longueur : $89,7 \mu\text{m}$ — largeur variable : 18 à 21 . Diffère de *S. linearis* par ses extrémités très arrondies, l'étranglement central plus profond et les côtes moins marquées. Espèce rarement signalée.

Surirella robusta Ehr. — Existe dans toutes les récoltes (excepté lacs du Chardonnet, Rond, Noir, Verdet du Clou, Brulet et du Clou) mais généralement rare (1). Dimensions des cellules : 220 à 230×60 à $72 \mu\text{m}$. Dix à douze côtes aux $100 \mu\text{m}$. Grandes cellules facilement observables. Espèce planctonique.

(Remis pour publication, janvier 1984)

ETUDE DE L'AVIFAUNE DU PARC NATIONAL DE LA VANOISE

X. Essai de comparaison avifaunistique des pessières et des mélèzeins de Vanoise et du Grand Paradis

par Philippe LEBRETON (1)

Résumé. — Un essai de diagnostic écologique fondé sur l'avifaune a été conduit dans trois vallées du Parc national italien du Grand Paradis. A cette occasion a été proposée une méthode de prospection ornithologique : l'Echantillonnage Fréquentiel Itinérant (E.F.I.). Une comparaison a été faite avec les formations forestières homologues de Vanoise, à l'étage subalpin (*Picea*, *Larix*), précédemment étudiées par E.F.P. (Echantillonnage Fréquentiel Progressif).

Mots-clés : *Alpes de Savoie et Piémont — Avifaune subalpine — Echantillonnage itinérant.*

Summary. — A STUDY OF THE BIRD-POPULATIONS IN VANOISE NATIONAL PARK — X. ATTEMPT AT A COMPARATIVE STUDY OF SPRUCE — AND LARCH-FORESTS BIRD-POPULATIONS IN « VANOISE » AND « GRAND PARADIS » PARKS.

A diagnostic ecological trial based on the avifauna has been conducted in three vallies in the Gran Paradiso Italian national Park. Coordinated with this effort, a method of ornithological prospection was proposed : Itinerant Frequency Sampling (I.F.S. or E.F.I.). Comparison was made with homologous forests in the Vanoise at subalpine levels (*Picea*, *Larix*) previously studied by Stationary Frequency Sampling (S.F.S. or E.F.P.).

Key-words : *Alps of Savoy and Piemont — Subalpine avifauna — Itinerant sampling.*

Riassunto. — Un esperimento di diagnostica ecologica basata sull'avifauna è stato compiuto in tre valli del parco nazionale italiano del Gran Paradiso. Nell'occasione è stato proposto un metodo di prospezione ornitologica : il Campionamento Frequenziale Itinerante (C.F.I. o E.F.I.). E' stato fatto confronto con le formazioni forestali omologhe della Vanoise nello stadio subalpino (*Picea*, *Larix*), studiate in precedenza con il Campionamento Frequenziale Puntuale (C.F.P. o E.F.P.).

(1) Centre Ornithologique Rhône-Alpes, Université Lyon I, F — 69622 — Villeurbanne Cédex.

INTRODUCTION

Il est reconnu que l'avifaune, fraction aisément accessible de la plupart des biocénoses, peut constituer un excellent indicateur de la qualité de celles-ci, du milieu qu'elles occupent, voire des écosystèmes correspondants. La validité du propos repose sur la relation causale « une espèce/une niche écologique », le nombre de celles-là, ou *richesse spécifique*, fournissant une appréciation du nombre de celles-ci, donc de la *diversité* du milieu lui-même.

C'est dans cet esprit — et sur la demande de M^r l'Ing. Fr. FRAMARIN — que nous avons conduit dans le Parc national italien du Grand Paradis, au début de juillet 1982 (2), une série de relevés ornithologiques devant contribuer,

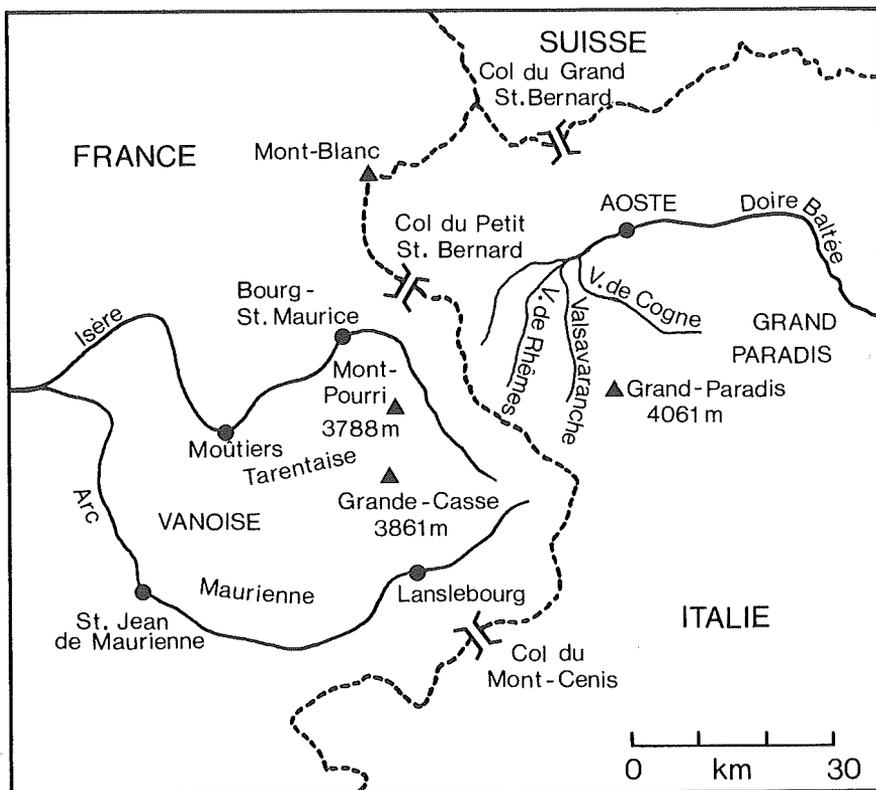


FIG. 1. — Contexte géographique de la Vanoise et du Grand Paradis.

(2) En compagnie de MM. Hubert TOURNIER (Groupe Ornithologique Savoyard et Université de Savoie), Jean-Pierre MARTINOT et Jean-François DALIX (Parc national de la Vanoise); nous remercions également les personnels du Parc national du Grand Paradis, qui nous ont guidés sur le terrain avec compétence et amabilité.

concurrerment à d'autres critères, à parfaire la gestion et l'aménagement de celui-ci. Le milieu qui nous avait été proposé : les boisements de l'étage subalpin, relevant fondamentalement au Grand Paradis de deux essences : l'Épicéa *Picea excelsa* Link. et le Mélèze *Larix europaea* D.C., il nous a paru intéressant de comparer nos résultats à ceux précédemment obtenus de l'autre côté de la frontière : les pessières et les mélézeins de Vanoise, en Maurienne et/ou en Tarentaise (voir carte, fig. 1). En outre, les contraintes spatio-temporelles nous ayant conduit à adopter une variante de la méthode habituelle de relevés ornithologiques, nous présenterons celle-ci : l'Echantillonnage Fréquentiel Itinérant (E.F.I.).

PARTIE EXPÉRIMENTALE

1. Relevés ornithologiques

Les données concernant le Parc de la Vanoise proviennent de travaux antérieurs relatifs à la Tarentaise comme à la Maurienne : 7 stations de mélézeins (Maurienne), 3 × 7 stations de pessières (2 en Maurienne, 1 en Tarentaise), 7 stations mixtes (mélèze + épicéa, Tarentaise), soit 35 stations au total.

Les données relatives au Grand Paradis concernent : 2 × 7 stations de mélézeins (Valsavaranche; Val de Rhêmes + Val de Cogne), 7 stations de pessières (Valsavaranche + Val de Cogne), 7 stations mixtes (mélèze + épicéa; Val de Rhêmes + Valsavaranche + Val de Cogne), soit 28 stations au total.

Les principales caractéristiques de ces groupes de stations (altitude, orientation) sont rapportées dans le tableau I. Écartant Rapaces (mal localisés) et Gallinacés (accidentels), ainsi que la Corneille noire (pour éviter un biais anthropique direct), nous avons noté 35 espèces aviennes (3 Pics + 32 Passe-reaux) sur l'ensemble des 63 stations françaises et italiennes.

En ce qui concerne la Vanoise, les résultats, provenant ou non d'I.P.A. (Indices Ponctuels d'Abondance, *sensu* BLONDEL *et al.*, 1970), sont de type présence/absence spécifique; il s'agit donc d'E.F.P. (Echantillonnage Fréquentiel Progressif, *sensu* BLONDEL, 1975) : immobile, l'observateur note tous les contacts (surtout auditifs) spécifiques obtenus pendant 20 minutes consécutives, et en déduit le nombre d'espèces aviennes présentes dans son rayon d'écoute.

Appliquée en montagne, où la marche à pied constitue le mode ordinaire de déplacement, la méthode est particulièrement « chronophage », permettant seulement 3 (4) relevés par matinée, le temps nécessaire à relier les points d'observation étant généralement supérieur à la durée des observations proprement dites. Le phénomène est particulièrement regrettable pour une mission lointaine et en temps limité, le coût financier rejoignant ici le coût chronologique.

Ainsi, placé devant ce problème lors de notre étude au Grand Paradis, avons-nous tenté d'économiser le temps en fondant en un même processus

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

TABLEAU I
Principales caractéristiques écologiques et avifaunistiques
des neuf formations forestières étudiées.

Groupe de stations (N°)	I (1 - 7)	II (8 - 14)	III (15 - 21)	IV (22 - 28)	V (29 - 35)
Localisation	Maurienne	Maurienne	Maurienne	Grand Paradis	Grand Paradis
Formation	Mélézein	Pessièrè	Pessièrè	Pessièrè	Mixte
Altitude moyenne en m	1850 ± 50	1910 ± 100	1770 ± 50	1810 ± 120	1860 ± 160
Versant	N.W. (6/7)	S-SE (3-4)	N	E (2) - N (5)	W (3) - E (2) N (2)
Remarques	—	sèche	méso-hygrophile	Valsavaranche (2) Val de Cogne (5)	Val de Rhêmes Valsavaranche Val de Cogne
<u>Fréquences</u>					
1 Pinson	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
2 Més. boréale	100 %	86 %	71 %	57 %	86 %
3 Més. noire	57 %	71 %	100 %	86 %	86 %
4 Troglodyte	100 %	29 %	100 %	71 %	43 %
— Acc. mouchet	57 %	100 %	86 %	43 %	57 %
6 Rougegorge	29 %	86 %	86 %	71 %	43 %
7 Beccroisé	43 %	57 %	57 %	57 %	57 %
8 Més. huppée	14 %	71 %	14 %	57 %	71 %
9 Roit. huppé	0 %	86 %	57 %	100 %	29 %
— Merle plastron	29 %	71 %	57 %	0 %	57 %
11 Pic épeiche	86 %	57 %	57 %	14 %	29 %
— Grim. bois	43 %	14 %	14 %	86 %	14 %
— Bouvreuil	43 %	71 %	57 %	29 %	29 %
14 P. véloce	29 %	14 %	71 %	57 %	29 %
15 Pipit arbres	100 %	0 %	0 %	0 %	29 %
— Cassenoix	0 %	14 %	29 %	57 %	43 %
17 Venturon	0 %	29 %	29 %	0 %	14 %
18 P. Bonelli	71 %	14 %	29 %	14 %	0 %
— Grive musicienne	0 %	29 %	29 %	14 %	14 %
20 Fauvette des jardins	14 %	0 %	43 %	0 %	14 %
Nombre total d'espèces S_t	23	22	21	21	21
Nombre moyen d'espèces par station \bar{S}	10,7±3,5	10,9±3,3	11,1±2,1	10,0±1,7	8,7±2,4
Indice de sédentarité I_s	0,44	0,49	0,43	0,58	0,53
Biomasse spécifique moyenne $B_{sp.}$ (g)	33g	31g	28g	29g	33g

COMPARAISON AVIFAUNISTIQUE VANOISE/GRAND PARADIS

VI (36 - 39) et 47 - 49	VII (40 - 46)	VIII (50 - 56)	IX (57 - 63)	Ensemble
Grand Paradis	Grand Paradis	Tarentaise	Tarentaise	Savoie - Piémont Alpes internes
Mélézein	Mélézein	Mixte	Pessière	Mélézein-Pessière
1920 ± 215	1950 ± 160	1820 ± 140	1780 ± 150	Etage subalpin 1750 - 1950
(4) - N (3)	E (6/7)	W (3) - N (1) SW (1) NE (2)	N (2)) NW (3) NE (2)	-
de Rhême (4) de Coagne (3)	Valsavaranche (5)	-	-	-
100 % 100 % 43 % 71 % 43 % 43 % 71 % 57 % 57 % 43 % 57 % 14 % 0 % 57 % 14 % 29 % 14 % 0 % 0 %	100 % 86 % 71 % 71 % 43 % 71 % 57 % 86 % 29 % 57 % 0 % 43 % 14 % 57 % 14 % 43 % 29 % 29 % 29 %	100 % 57 % 86 % 57 % 86 % 86 % 57 % 71 % 43 % 86 % 29 % 43 % 29 % 57 % 0 % 14 % 14 % 43 % 29 %	100 % 86 % 43 % 71 % 100 % 71 % 71 % 57 % 86 % 86 % 43 % 57 % 57 % 43 % 0 % 43 % 43 % 0 % 29 % 14 %	100 % 1 81 % 2 71 % 3 68 % 4 68 % - 65 % 6 59 % 7 56 % 8 54 % 9 54 % - 43 % 11 43 % - 43 % - 35 % 14 27 % 15 27 % - 22 % 17 21 % 18 21 % - 16 % 20
21	25	25	24	35
9,4±1,6	11,0±2,6	11,3±2,6	12,0±2,2	10,6 / station
0,54	0,49	0,43	0,48	0,49 ± 0,05
32g	28g	36g	33g	31,5 ± 2,7g

observation *et* déplacement, d'où la notion d'E.F.I., Echantillonnage Fréquentiel Itinérant; on double ainsi sensiblement les possibilités de prospection par rapport aux E.F.P., tout en conservant la même durée unitaire que ceux-ci. On ne confondra pas l'E.F.I. avec l'I.K.A. (Indice Kilométrique d'Abondance, *sensu* FERRY et FROCHOT, 1958), méthode de dénombrement des individus aviens privilégiant l'aspect spatial en lui subordonnant le facteur temps.

Compte-tenu de la vitesse ascensionnelle généralement reconnue à la marche en montagne (environ 300 m/heure), 20 minutes de prospection correspondent à une dénivellation de l'ordre de 100 m soit, pour une pente (du chemin) de 10 %, à un déplacement linéaire de l'ordre du km; ces valeurs sont compatibles avec le rayon de détectabilité auditive de la plupart des Passereaux forestiers (50 à 200 m). Le schéma joint (fig. 2) complète notre définition de l'Echantillonnage Fréquentiel Itinérant.

Nos relevés du Grand Paradis ont été conduits dans les matinées (07 à 11 h, heure locale) des 1^{er}-4 juillet 1982, par temps souvent dégagé, parfois couvert, mais toujours clémente en ce qui concerne pluie, vent et température. Les quatre observateurs se sont répartis en deux équipes de deux personnes alternées, chaque observateur procédant à un relevé indépendant de son co-équipier.

Les itinéraires forestiers ont été préalablement choisis sur carte, en veillant à leur homogénéité (physionomique), compte-tenu de l'expérience du personnel local d'accompagnement. Si la tranche horaire adoptée est garante d'un bon échantillonnage, il faut reconnaître que la date saisonnière est un peu tardive eu égard à la nidification avienne, même en montagne, bien que E.F.P., donc E.F.I., soient, moins que toute autre méthode, sensibles à cette influence (BLONDEL, 1975).

Quoi qu'il en soit, en admettant leur caractère méthodologique préliminaire, les données obtenues auront au moins valeur comparative interne pour le Grand Paradis.

2. Traitement de données

Constitués d'un nombre égal (7) de stations, les groupes physionomiques I à IX permettent aisément des comparaisons directes, éventuellement regroupés selon l'essence dominante, Epicéa et/ou Méléze; pour chaque formation ont été calculés (tabl. I) :

- la fréquence des espèces aviennes (classées par ordre de fréquences décroissantes sur l'ensemble des 63 stations; seules figurent les 20 espèces qualifiables de *constantes* ($\bar{F} \geq 25\%$) et d'*accessoires* ($25 > \bar{F} \geq 10\%$));
- le nombre total S_i et le nombre moyen \bar{S} d'espèces (ce dernier étant la moyenne, accompagnée de son écart-type, du nombre d'espèces notées dans chacune des 7 stations de la formation); c'est la Richesse spécifique;
- l'Indice de Sédentarité \bar{I}_s de la formation (moyenne des indices de sédentarité des 7 stations), calculé en attribuant la valeur 1 aux espèces sédentaires (par exemple : Mésange boréale), la valeur 0 aux espèces totalement migratrices (par exemple : Pipit des arbres), la valeur 0,5 aux cas intermédiaires (par exemple : Troglodyte);
- la Biomasse spécifique moyenne $\bar{B}_{sp.}$, moyenne des biomasses individuelles des espèces présentes dans chaque station, puis dans chaque formation.

COMPARAISON AVIFAUNISTIQUE VANOISE/GRAND PARADIS

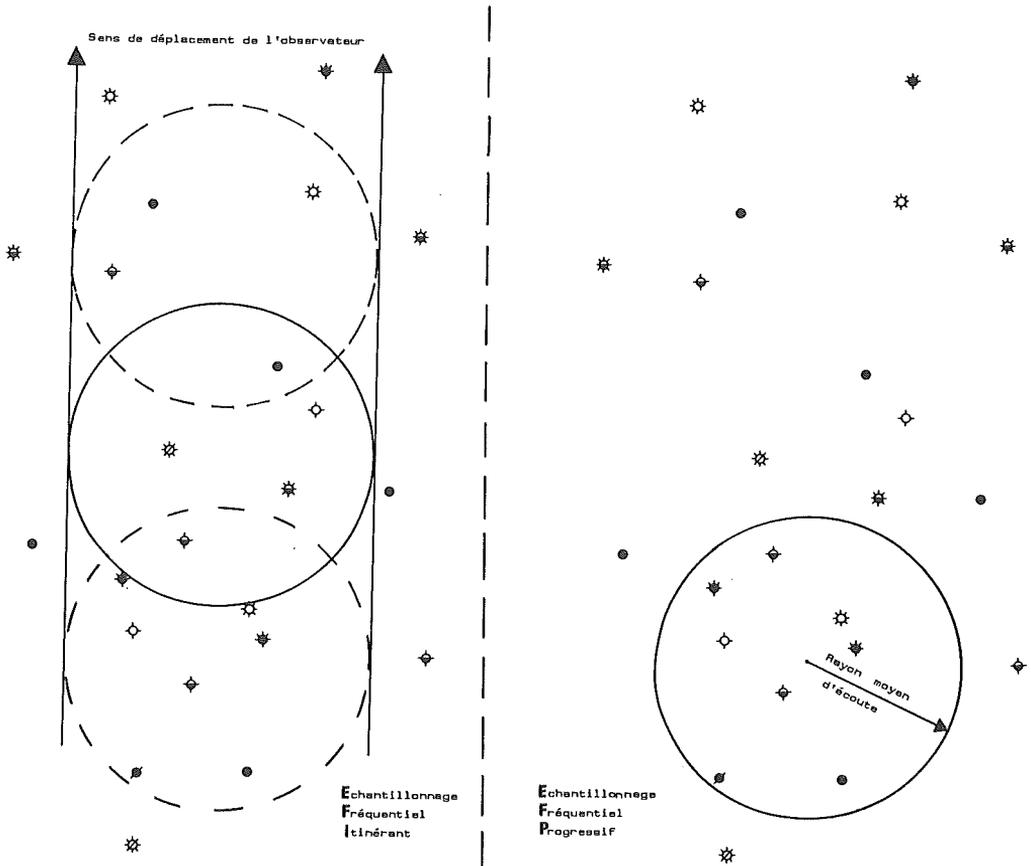


FIG. 2. — Comparaison des deux méthodes d'Echantillonnage Fréquentiel, E.F.P. et E.F.I.

Comme tente de le montrer le schéma, l'E.F.I. transfère dans *l'espace* une partie de l'observation que l'E.F.P. privilégie dans *le temps*. Au premier ordre, le risque d'omission d'une espèce « en arrière » paraît compensé par la possibilité d'une découverte « en avant ». En temps nul, les deux méthodes s'équivalent évidemment; en temps infini, l'E.F.I. a toutes chances de fournir un nombre d'espèces supérieur à l'E.F.P.; en temps limité (ici, en pratique, 20 mn), ce dernier risque paraît faible.

Ces raisonnements impliquent (au moins) trois conditions, qui semblent respectées en pratique : homogénéité du milieu prospecté; distribution aléatoire des espèces; distribution non-agrégative (dans l'espace et dans le temps) des individus (chanteurs) de chaque espèce.

TABLEAU II
Coordonnées factorielles des formations et des oiseaux.

Milieux et Oiseaux	Paramètres factoriels F ₁ { 0,406 (ρ) 11 %	F ₂ { 0,391 (ρ) 10 %	F ₃ { 0,371 (ρ) 9 %
I Mélézein-Maurienne	+0,69 (+0,42)	o-0,54 (+0,23)	+0,18 (+0,27)
II Pessière (sèche) Maurienne	-0,23 (+0,36)	-0,02 (+0,18)	-0,29 (+0,26)
III Pessière (humide) Maurienne	-0,11 (+0,34)	+0,04 (+0,18)	+0,24 (+0,47)
IV Pessière Gd. Paradis	-0,25 (+0,27)	+0,13 (+0,43)	+0,06 (+0,29)
V Mixte Gd. Paradis	-0,20 (+0,27)	+0,04 (+0,19)	-0,05 (+0,35)
VI Mélézein (N-W) Gd. Paradis	+0,16 (+0,26)	-0,15 (+0,18)	-0,21 (+0,19)
VII Mélézein (E) Gd. Paradis	+0,16 (+0,39)	●+0,29 (+0,75)	+0,07 (+0,39)
VIII Mixte-Tarentaise	-0,14 (+0,35)	+0,14 (+0,36)	+0,18 (+0,46)
IX Pessière-Tarentaise	-0,18 (+0,19)	+0,16 (+0,20)	-0,05 (+0,42)
1 Pic épeiche	+0,34	-0,19	-0,49
2 Pic vert	+1,28	o-1,68	-0,19
3 Cassenoix	-0,06	●+0,74	-0,26
4 Mésange noire	-0,19	-0,03	-0,04
5 Mésange huppée	-0,41	-0,12	-0,24
6 Mésange boréale	-0,10	-0,15	-0,05
7 Grimpereau des bois	-0,04	-0,20	-0,03
8 Troglodyte	+0,17	-0,02	+0,40
9 Accenteur mouchet	-0,03	+0,17	-0,10
10 Pipit des arbres	+0,84	o-0,88	+0,17
11 Grive draine	+1,25	●+0,40	-0,32
12 Grive musicienne	+0,76	+0,40	+0,73
13 Merle noir	+0,90	●+0,43	+0,25
14 Merle à plastron	-0,04	+0,21	-0,29
15 Rougegorge	-0,38	+0,01	+0,14
16 Fauvette des jardins	-0,05	o-0,51	+1,63
17 Fauvette Tête noire	-0,91	-0,16	+0,68
18 Fauvette babillarde	+1,86	●+1,86	+0,78
19 Pouillot véloce	-0,11	+0,15	+0,59
20 Pouillot de Bonelli	+0,76	o-0,92	+0,26
21 Roitelet huppé	-0,49	+0,11	-0,14
22 R. Triple-Bandeau	-0,24	-0,25	-0,99
23 Pinson	-0,03	-0,03	+0,01
24 Bouvreuil	-0,23	-0,11	-0,17
25 Beccroisé	-0,07	-0,02	-0,22
26 Venturon	+0,44	●+0,63	-0,63
27 Sizerin	+0,59	●+1,91	+1,03

● > 0,25 o < -0,50

Comme dans les précédents travaux (LEBRETON *et al.*, 1976; BROYER *et al.*, 1983; etc.), nous avons utilisé une méthode d'analyse multivariée, l'Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C.), pour traiter la matrice de relevés constituée par n espèces (ici n = 27, après mise à l'écart des espèces de fréquence inférieure à 5 %, qualifiables d'accidentelles) dans p stations (p = 63). L'information ressort sous forme de « coordonnées factorielles » F₁, F₂, etc; nous avons conservé les trois premiers axes, de caractéristiques d'ailleurs très proches, qui emportent au total 30 % de l'information (tabl. II).

Pour chaque formation sont fournies les moyennes (avec écart-types) obtenues à partir des coordonnées de leurs sept stations constitutives; les valeurs extrêmes sur F₂ sont désignées (● pour les ordonnées supérieures à + 0,25; o pour celles inférieures à - 0,50). Des diverses représentations planes (F₁-F₂, F₁-F₃, F₂-F₃), la seconde nous a paru en effet la plus instructive, les ordonnées sur F₂ étant alors prises en considération pour les formations de manière semi-quantitative (fig. 3).

COMPARAISON AVIFAUNISTIQUE VANOISE/GRAND PARADIS

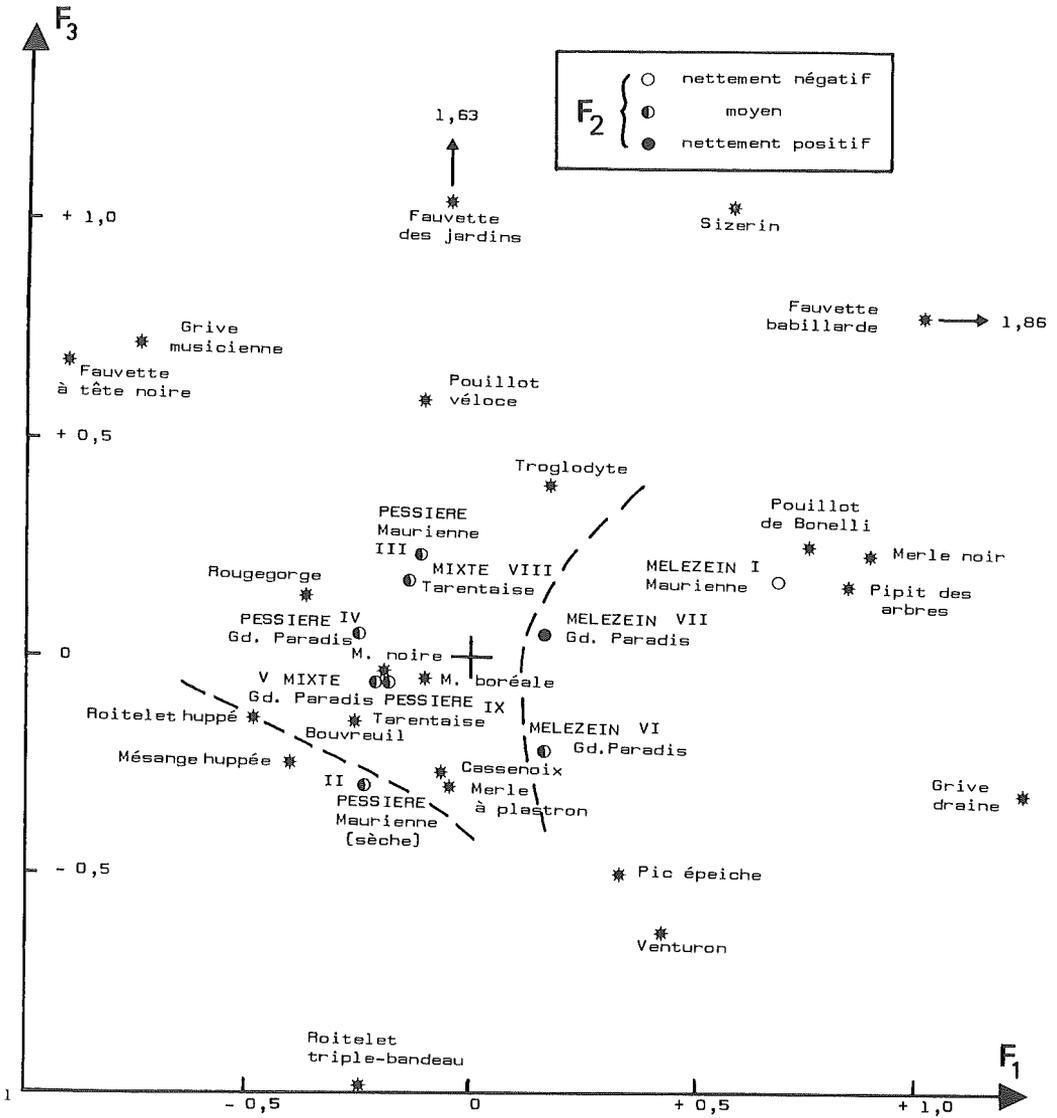


FIG. 3. — Plan F₁-F₃ de l'Analyse Factorielle des Correspondances.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

1. Comparaison des formations

La première dichotomie factorielle, selon F_1 , sépare les trois groupes de mélèzeins des autres formations, indépendamment de leur localisation géographique et de la technique de relevés; il est à noter que les formations mixtes (V et VIII) se rangent à côté des pessières (F_1 négatifs) et non des mélèzeins (F_1 positifs). F_2 et F_3 opposent entre elles des formations analogues : deux mélèzeins (l'un du Grand Paradis, l'autre de Maurienne) sur F_2 , deux pessières (de Maurienne, l'une sèche, l'autre «humide») sur F_3 .

En fin de compte, le paramètre géographique apparaît comme très subordonné aux autres, ce qui peut constituer un premier indice de validité des E.F.I. (au Grand Paradis) comparés aux E.F.P. (en Vanoise).

Des nuances quantitatives sont néanmoins nécessaires : si la richesse totale est très comparable entre les deux Parcs, la richesse stationnelle moyenne \bar{S} semble quelque peu plus faible (8,7 à 11,0 espèces) au Grand Paradis qu'en Vanoise (10,7 à 12,0 espèces) (3); la date un peu tardive de nos relevés italiens est sans doute plus à incriminer que la différence des techniques (4). Un examen plus attentif des stations du Grand Paradis met surtout en cause quatre d'entre elles, toutes du Val de Cogne, en face Nord : n° 25 (7 espèces, pessière), n° 34 (7 espèces, mixte), n° 35 (5 espèces, pessière) et n° 48 (7 espèces, mélèzein). La physionomie végétale n'est donc pas en cause, et l'exposition ingrate est sans doute responsable de cette faiblesse (5); toutefois, des pessières (III; $\bar{S} = 11,1$) de Maurienne présentent la même orientation Nord, et une richesse honorable.

Le principal déterminisme étant donc d'ordre écologique plus que géographique (et méthodologique), il nous est permis de comparer entre eux les trois types de formations forestières. Si la richesse des pessières pures apparaît un peu plus élevée ($11,0 \pm 0,8$ espèces) que celle des autres formations ($10,2 \pm 1,1$ espèces), la différence n'est pas statistiquement significative. Il en est de même des Indices de Sédentarité \bar{I}_s , et des Biomasses spécifiques \bar{B}_{sp} (qui ne distinguent pas davantage Grand Paradis et Vanoise). Par ailleurs, seule la part prise par les Turdidés dans les formations mixtes s'écarte quelque peu du profil systématique général (tabl. III). Nous avons donc affaire à des formations globalement très comparables en ce qui concerne leur avifaune.

(3) Moyennes respectives : $9,8 \pm 1,0$ ($n = 4$) et $11,2 \pm 0,5$ ($n = 5$); la différence est significative au seuil de risque $p = 0,05$ (test t de Student).

(4) Cette interprétation est peut-être étayée par des Indices de Sédentarité plus élevés au Grand Paradis (0,49 à 0,58) qu'en Vanoise (0,43 à 0,49); la différence est significative au seuil de risque $p = 0,02$.

(5) Ce qui apporte un élément de réponse à la demande de diagnostic écologique formulée par Mr. FRAMARIN. Par ailleurs, la carence est générale et ne relève pas d'une ou deux espèces particulières.

TABLEAU III
 Comparaison avifaunistique des formations forestières.

Formations Oiseaux	Mélézeins (21 stations) I + VI + VII	Formations mixtes (14 stations) V + VIII	Pessières (28 stations) II + III + IV + IX	Différences significatives (entre formations) * : p ~ 0,05 ** : p ~ 0,01 (Test du χ^2 avec éventuelle correction de Yates) *** : p ~ 0,001
	Pic épeiche	48 %	29 %	46 %
Cassenoix	10 %	36 %	36 %	Epicéa (+ Mixte) / Mélèze *
Mésange noire	57 %	86 %	75 %	Epicéa + Mixte / Mélèze *
Mésange boréale	95 % } **	71 %	75 %	
Mésange huppée	52 %	71 %	50 %	-
Grimpereau des bois	52 %	29 %	43 %	-
Troglodyte	81 %	50 %	68 %	-
Accenteur mouchet	48 %	71 %	82 %	Epicéa / Mélèze *
Pipit des arbres	71 %	14 %	0 %	Mélèze / Epicéa (+ Mixte) ***
Grive draine	38 % } *	14 %	7 %	Mélèze / Epicéa **
Grive musicienne	10 % }	29 %	25 %	-
Merle à plastron	43 %	71 %	54 %	-
Rougegorge	48 %	64 %	79 %	Epicéa / Mélèze *
Fauvette des jardins	14 %	29 %	11 %	-
Pouillot véloce	14 %	43 % }	46 % }	Epicéa / Mélèze * Epicéa + Mixte / Mélèze **
Pouillot de Bonelli	38 %	7 % }	14 % }	Mélèze / Epicéa + Mixte **
Roitelet huppé	29 %	36 % }	82 % }	Epicéa / Mélèze *** Epicéa / Mixte **
R. triple bandeau	5 % } x6	7 % }	14 % }	-
Bouvreuil	33 %	29 %	54 %	-
Beccroisé	57 %	57 %	61 %	-
Venturon	24 %	14 %	25 %	-
Sizerin	10 %	14 %	7 %	-
<u>Paridés</u> (3 espèces)	19,7 %	22,9 %	18,2 %	<u>Par rapport à l'ensemble</u> 19,7 %
<u>Sylviidés</u> (5 espèces)	7,3 %	9,3 %	7,8 %	8,0 %
<u>Turdidés</u> (8 espèces)	15,6 %	20,0 %	15,9 %	16,7 %
<u>Fringillidés</u> (7 espèces)	22,0 %	21,4 %	23,1 %	22,4 %
<u>Autres familles</u> (12 espèces)	35,4 %	26,4 %	35,0 %	33,3 %

TABLEAU IV
Comparaison avifaunistique des formations forestières.

Les espèces aviennes caractéristiques (= constantes plus significatives) sont soulignées.

F/Mélézéins		Formations mixtes		Pessières	
1	Pinson 100 %	Pinson 100 %	Pinson 100 %	Pinson 100 %	Pinson 100 %
2	Més. boréale 95 %	Més. noire 86 %	Més. noire 86 %	Acc. mouchet 82 %	Acc. mouchet 82 %
3	Troglodyte 81 %	Més. boréale 71 %	Més. boréale 71 %	<u>Roit. huppé</u> -	<u>Roit. huppé</u> -
4	<u>Pipit des arbres</u> 71 %	Més. huppée -	Més. huppée -	Rougegorge 79 %	Rougegorge 79 %
5	Més. noire 57 %	Acc. mouchet -	Acc. mouchet -	Més. noire 75 %	Més. noire 75 %
	Beccroisé -	Merle plastron -	Merle plastron -	Més. boréale -	Més. boréale -
7	Més. huppée 52 %	Rougegorge 64 %	Rougegorge 64 %	Troglodyte 68 %	Troglodyte 68 %
	Grimp. des bois -	Beccroisé 57 %	Beccroisé 57 %	Beccroisé 61 %	Beccroisé 61 %
9	Pic épeiche 48 %	Troglodyte 50 %	Troglodyte 50 %	Bouvreuil 54 %	Bouvreuil 54 %
	Acc. mouchet -	Pouillot véloce 43 %	Pouillot véloce 43 %	Merle plastron -	Merle plastron -
	Rougegorge -	Roitelet huppé 36 %	Roitelet huppé 36 %	Més. huppée 50 %	Més. huppée 50 %
12	Merle plastron 43 %	Cassenoix -	Cassenoix -	Pic épeiche 46 %	Pic épeiche 46 %
13	<u>Grive draine</u> 38 %	Grive musicienne 29 %	Grive musicienne 29 %	Pouillot véloce -	Pouillot véloce -
	<u>Pouillot Bonelli</u> -	Fauvette jardins -	Fauvette jardins -	Grimp. bois 43 %	Grimp. bois 43 %
15	Bouvreuil 33 %	Bouvreuil -	Bouvreuil -	Cassenoix 36 %	Cassenoix 36 %
16	Roitelet huppé 29 %	Pic épeiche -	Pic épeiche -	Grive musicienne 25 %	Grive musicienne 25 %
17	(Venturon 24 %)	Grimp. des bois -	Grimp. des bois -	Venturon -	Venturon -

2. Comparaisons ornithologiques

Comme le rapportent les tableaux III et IV, un premier ensemble d'espèces aviennes, significativement plus fréquentes dans les mélézéins purs, qualifie donc ceux-ci par rapport aux pessières, pures ou mêlées : Pipit des arbres *Anthus trivialis*, Grive draine *Turdus viscivorus* et Pouillot de Bonelli *Phylloscopus bonelli*, oiseaux de milieux « aérés » et ensoleillés. Il y a confirmation des informations du plan factoriel F₁-F₃.

Inversement, quatre espèces : Accenteur mouchet *Prunella modularis*, Rougegorge *Erithacus rubecula*, Roitelet huppé *Regulus regulus* et Pouillot véloce *Phylloscopus collybita*, caractérisent le milieu « compact » que constituent les pessières pures; la dernière espèce, ainsi que la Mésange noire *Parus ater* et le Casse-noix *Nucifraga caryocatactes*, tolèrent la présence du mélèze, comme en témoignent leur bonnes fréquences dans les formations mixtes.

Dans plusieurs cas : Accenteur mouchet, Pipit des arbres, Grive draine, Rouge-gorge, Roitelet huppé, les fréquences dans les formations mixtes sont (logiquement) intermédiaires entre celles notées dans les formations pures; mais elles peuvent être supérieures (Fauvette des jardins *Sylvia borin*, Merle à plastron *Turdus torquatus*, Mésanges noire et huppée *P. ater* et *cristatus*), ou inférieures (*Pic épeiche Dendrocopos major*, Grimpereau des bois *Certhia familiaris*, Troglodyte *T. troglodytes*), ce qui témoigne probablement de l'intervention de paramètres physiologiques plus fins (nature du sous-bois, grosseur des troncs (6)).

(6) Toutefois, aucune de ces différences, en plus ou moins, n'est assurée statistiquement au seuil de risque $p = 0,05$.

Enfin, si la proportion de certaines espèces congénériques reste constante dans les divers types de boisements (cas des Roitelets huppé et triple-bandeau *R. regulus* et *ignicapillus*), on peut parler de complémentarité, voire de vicariance, à propos des Grives draine et musicienne, *T. viscivorus* et *philomelos*, des Pouillots véloce et de Bonelli, *Phylloscopus collybita* et *bonelli*; la fréquence de la Mésange boréale est, dans les mélézeins, significativement supérieure à celle de la Mésange noire.

De telles conclusions, pour la plupart déjà signalées dans nos travaux précédents, n'ont donc rien de très original mais appuient, au moins implicitement, la validité de nos relevés d'E.F.I., validité intrinsèque ou comparée à celle des E.F.P..

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Seule, bien évidemment, une comparaison rigoureuse (mêmes milieux, mêmes dates, mêmes observateurs) permettrait de se forger une opinion définitive sur la validité des E.F.I. comparés aux E.F.P. Le présent travail ne peut avoir que valeur préliminaire, mais nous a toutefois permis :

- de retrouver le rôle majeur joué pour l'avifaune par la physiologie végétale;
- de retrouver les espèces aviennes caractéristiques des formations forestières étudiées;
- donc d'argumenter indirectement la comparaison E.F.I./E.F.P., à plus forte raison l'intérêt intrinsèque de ceux-là.

En outre, indéniablement plus commode à conduire en milieu de montagne, l'Echantillonnage Fréquentiel Itinérant nous a permis de souligner la richesse et la diversité des pessières, et de déceler quelques faiblesses ornithologiques en versant nord du Val de Cogne, contribuant ainsi à l'établissement d'un diagnostic écologique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BLONDEL (J.), FERRY (C.) et FROCHOT (B.), 1970. — La méthode des indices ponctuels d'abondance (I.P.A.) ou des relevés d'avifaune par « stations d'écoute ». *Alauda*, 38, 55-71.
- BLONDEL (J.), 1975. — L'analyse des peuplements d'oiseaux. Eléments d'un diagnostic écologique. I. La Méthode des Echantillonnages Fréquentiels Progressifs (E.F.P.). *Terre et Vie*, XXIX, 448-462.
- BROYER (J.), LEBRETON (Ph.) et TOURNIER (H.), 1983. — Etude de l'avifaune du Parc national de la Vanoise. IX. Les enseignements d'un transect ornithologique en Maurienne. *Trav. sci. Parc nation. Vanoise*, XIII, 183-210.
- FERRY (C.) et FROCHOT (B.), 1958. — Une méthode pour dénombrer les oiseaux nicheurs. *Terre et Vie*, 85-102.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- LEBRETON (Ph.), 1982. — Essai d'un diagnostic ornithologique et écologique sur les formations boisées du Parc national du Gran Paradiso. — C.R. dactylogr., 20 sept. 1982; 7 pages, 3 tableaux, 1 carte.
- LEBRETON (Ph.), TOURNIER (H.) et LEBRETON (J.D.), 1976. — Etude de l'avifaune du Parc national de la Vanoise. VI. Recherches d'ordre quantitatif sur les Oiseaux forestiers de Vanoise. *Trav. sci. Parc nation. Vanoise*, VII, 163-243.
- TOURNIER (H.), LEBRETON (Ph.), MAGNOULOUX (D.) et BETHMONT (M.), 1979. — Etude de l'avifaune du Parc national de la Vanoise. VII. L'avifaune des Pessières savoyardes. *Trav. sci. Parc nation. Vanoise*, X, 83-109.

(Remis pour publication, mai 1984)

UNE RECHERCHE ETHNOÉCOLOGIQUE EN VANOISE (1)

par Brien A. MEILLEUR (2)

Résumé. — Une recherche ethnoécologique dans la commune de Termignon (Haute-Maurienne), Savoie, a eu pour résultat l'identification d'un important savoir écologique populaire. Employant des concepts et une terminologie adaptés de la Biologie et de l'Ecologie, nous avons démontré que ce savoir était organisé à plusieurs niveaux de perception, et était pertinent dans la structuration locale de l'espace physique et biotique. De toute évidence les communautés montagnardes « appliquaient » ce savoir dans le contexte des activités économiques d'auto-subsistance.

Summary. — ETHNOECOLOGICAL RESEARCH IN VANOISE.

Ethnoecological research in the commune of Termignon (Haute-Maurienne), Savoie, has resulted in the identification of large amounts of folk ecological knowledge. Employing concepts and terminology adapted from Biology and Ecology, this knowledge was shown to be organised at several levels of perception and relevant in structuring local physical and biological space. All evidence indicates that mountain populations regularly « applied » this knowledge in the context of subsistence economic activities.

Notre recherche, conduite depuis plusieurs années dans deux communes savoyardes, les Allues en Tarentaise et Termignon en Haute-Maurienne, a eu pour objet d'examiner le *savoir populaire* relatif aux milieux physiques et biotiques, détenu par les populations montagnardes. Bien qu'il soit généralement reconnu que ce type de savoir joue un rôle fonctionnel dans le succès adaptatif des communautés humaines, nous avons voulu comprendre de manière détaillée, quelles étaient ses modalités d'insertion dans la réussite montagnarde : ce travail est donc avant tout une *étude ethnoécologique* (3). On trouvera ici un résumé des

(1) Recherche financée par le Parc National de la Vanoise et la Mission du Patrimoine ethnologique du Ministère de la Culture. Je tiens à remercier mes principaux collaborateurs sur le terrain : Mme. Louise CRETIN, M. Jules HENRY et surtout Mme. X, et tous les autres Termignonais trop nombreux pour les citer qui m'ont généreusement aidé. C. ABRY a eu la gentillesse de corriger une première copie de ce texte.

(2) Département d'Anthropologie, Université de Washington, Seattle, WA., U.S.A.
E.R.A. 773 du CNRS, Laboratoire d'Ethnobotanique et d'Ethnozoologie, Museum national d'Histoire naturelle, 57, rue Cuvier, 75005 Paris.

(3) Selon MARCHENAY (1975 : 129), « l'ethnoécologie se propose en tant [qu'approche] synthétique, de mieux faire ressortir les traits essentiels qui permettent de remettre l'homme à sa place dans un milieu qu'il a, malgré tout, de façon positive ou négative, façonné dans le temps et dans l'espace ».

principaux résultats obtenus sur notre second point d'observation, la commune de Termignon (MEILLEUR, à paraître 1985) (4).

Nous avons découvert que les savoirs « écologiques » populaires détenus par les Termignonais étaient conséquents et structurés, et représentaient selon toute probabilité une partie fondamentale de ce qu'il fallait connaître dans la société traditionnelle pour pouvoir réussir économiquement : ce sont donc principalement des connaissances *appliquées*. Nous avons également trouvé que ce savoir était, à plusieurs niveaux, organisé de manière parfois très semblable à la science occidentale : un partage thématique en plusieurs domaines, chacun composé de nombreuses unités psychologiques distinctes, est mis en évidence et ceci, de manière comparable à ce qui se rencontre en Botanique ou en Zoologie, par exemple. Nommées en dialecte et reconnues par la majorité de la population ayant vécu de façon traditionnelle dans sa jeunesse, les diverses unités physiques et biotiques locales — et les systèmes dans lesquels elles étaient organisées — contribuaient de toute évidence à l'agencement cognitif et pratique du territoire, de sa flore comme de sa faune. Une sorte de grille locale de perception, couvrant la quasi-totalité de la superficie productive de la commune, s'était ainsi formée, permettant aux Termignonais de se référer constamment, et à plusieurs niveaux, à leur environnement physique et biotique. Afin de mieux rendre compte de ces savoirs locaux, nous avons adopté une terminologie adaptée de celle employée en Ecologie et Biologie : les unités conceptuelles locales formées par une combinaison de facteurs physiques et biologiques seront appelées les *biotopes populaires* (5) et celles relatives au monde biotique les *taxons biologiques populaires* (6). Nous appellerons *phytocénoses populaires* les groupements de taxons botaniques populaires qui sont associés par les Termignonais aux différents biotopes reconnus localement.

LES POTENTIALITÉS DE L'ENVIRONNEMENT

Termignon est une énorme commune (17 834 ha) localisée dans la zone intra-alpine des Alpes du Nord. Comme les neuf autres communes qui, avec elle, forment la Haute-Maurienne, elle est caractérisée par une forte dénivellation (1 290 m-3 852 m) et par un relief varié. Une multiplicité de communautés végétales et animales se distribue de l'étage montagnard supérieur jusqu'à l'étage nival. Cette diversité écologique, qui tient à la variation de plusieurs facteurs (altitude, ensoleillement, déclivité, substrat, etc.), engendre des potentialités

(4) Cet exposé sera guidé principalement par la perspective ethnologique « emic », c'est-à-dire, par la volonté de comprendre une partie du système culturel « termignonais » de la façon dont il était conçu et organisé par les praticiens du système eux-mêmes.

(5) Selon OZENDA (1982 : 87), « l'ensemble des conditions écologiques qui permettent la vie d'une espèce donnée ou d'une biocénose est appelé *biotope* de cette espèce ou de cette biocénose » (communauté des espèces floristiques et faunistiques). La partie végétale de la biocénose est appelée phytocénose.

(6) Un taxon biologique populaire est un concept, membre d'un groupe de lexèmes, organisé intellectuellement, relatif au monde vivant. Il est normalement formé d'un vocable et de son référent dans la nature (= champ sémantique). Comme pour les biotopes et phytocénoses populaires, en ajoutant le qualificatif « populaire », on cherche à distinguer ce taxon et le système duquel il fait partie, du système scientifique.

économiques considérables. En effet, depuis au moins l'âge du bronze (BOCQUET, 1976), de nombreux milieux ont été exploités et transformés par l'homme : un système productif complexe, basé en grande partie sur des activités agricoles et pastorales, a évolué ici, comme ailleurs, dans les Alpes du Nord et dans les régions montagneuses du monde en général (RHOADES et THOMPSON, 1975).

L'ÉCONOMIE AGRO-PASTORALE TRADITIONNELLE

Malgré un désenclavement ancien, une économie agro-pastorale de subsistance a été pratiquée à Termignon par une partie de la population jusqu'aux premières décennies du xx^e siècle (7). Cette économie était fondée sur un secteur agricole (culture des céréales d'hiver : seigle et à un moindre degré, froment; puis, à partir de la fin du xviii^e siècle, pomme de terre) et sur un secteur pastoral (élevage; fabrication du beurre et des fromages pour la vente : tommes et fromages bleus). L'activité pastorale se caractérisait par une transhumance de moyenne distance, qui amenait environ 90 % des bêtes à lait à l'hivernage hors de la commune (vaches Tarines en Combe de Suse, brebis Thônes-et-Marthod en Tarentaise et Combe de Savoie), et par l'exploitation estivale de ces animaux sous la forme bien définie de « petite montagne » privée (cf. ARBOS, 1922). Ces activités de base étaient incorporées dans un ensemble économique comprenant aussi une importante fenaison, un jardinage élaboré, la chasse, la pêche, le ramassage de produits sauvages et l'apiculture. Quelques-uns des produits étaient vendus aux villageois non-paysans, aux passants ou aux commerçants régionaux (produits laitiers, viande, bois, fleurs de montagne, escargots, grenouilles, miel, cire, etc.). Mais la majorité de la production était auto-consommée.

Strictement échelonnées dans le temps et dans l'espace, et organisées à travers une forte division du travail (fig. 1), ces activités productives assuraient au début du siècle l'approvisionnement de la paysannerie de Termignon. Elles s'enchaînaient de façon cohérente, avec notamment une constante mise en correspondance de la main-d'œuvre avec la maturation graduée des ressources aux différentes zones d'exploitation.

LES CONNAISSANCES BIOLOGIQUES POPULAIRES

Dans cette économie agro-pastorale, organisée principalement en fonction de l'auto-subsistance, des liens étroits et complexes se sont tissés entre les Termignonais et la flore et la faune sauvages et domestiques. Malgré une simplification, au cours de ce dernier demi-siècle, des pratiques traditionnelles,

(7) En effet, au moins depuis le moyen-âge, Termignon était (et, est encore) partagée en deux « sub-sociétés » : une société du village (*lo dze dā la 'plaona* = les gens de la plaine), c'est-à-dire les familles restant toute l'année à Termignon (village) et ayant peu ou pas de bêtes, et qui, en tout cas, ne possédaient pas d'alpages pour les exploiter; et une société de montagnards (*lo mū'tapar*), c'est-à-dire les familles possédant les plus importants troupeaux de vaches et de brebis, et propriétaires de la quasi-totalité des pâturages et prés adjacents aux communaux en haute-montagne, où ils mettaient à l'estive et exploitaient leurs propres bêtes et celles de leurs voisins villageois.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

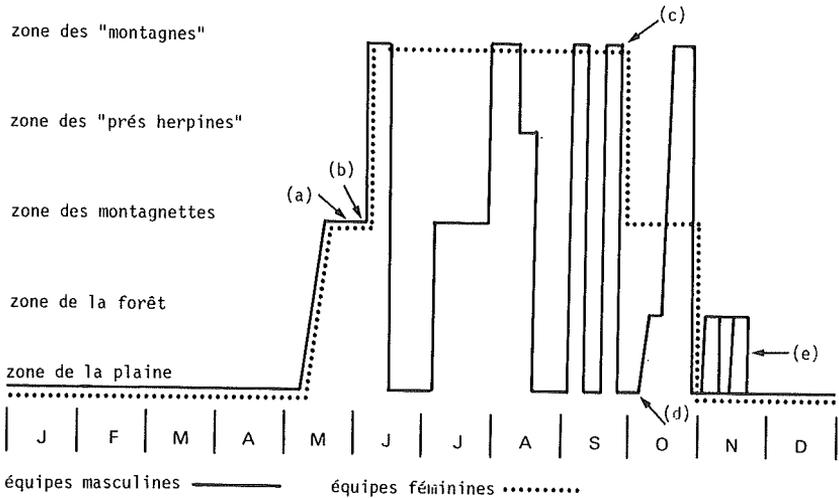


FIG. 1. — Mouvements des « équipes féminines » et « masculines » pendant l'année :
 (a) 30 mai, transhumance vers la Tarentaise pour récupérer les brebis hivernées;
 (b) 8 juin, transhumance vers Suse, Italie pour récupérer les vaches hivernées;
 (c) fin septembre, retour des brebis vers la Tarentaise;
 (d) 2-3 octobre, retour des vaches vers Suse;
 (e) travaillant en forêt pendant la journée, rentrant au village le soir.

on a trouvé que les montagnards les plus âgés reconnaissent encore 170 taxons botaniques populaires et environ 70 taxons zoologiques populaires (8). Ces 250 taxons environ constituaient ainsi la partie principale de la représentation termignonnaise de l'espace biotique. Ils étaient tous nommés en dialecte et chacun correspondait variablement soit à une fraction, soit à un, soit à plusieurs taxons du système scientifique.

Les 170 taxons botaniques populaires, par exemple, se partageaient en plantes sauvages et domestiques. Mais alors que la majorité des 110 taxons sauvages étaient en concordance précise avec des espèces linnéennes, la soixantaine de taxons domestiques correspondait principalement au niveau

(8) Nous traitons principalement ici l'aspect végétal du savoir populaire, l'aspect animal sera traité ultérieurement.

(9) On a groupé ici les espèces végétales sauvages d'une manière plus ou moins arbitraire. Les classes « plantes alimentaires » ou « plantes médicinales » n'ont pas une pertinence particulière pour les Termignonnais (au contraire des taxons, biotopes et phytocénoses populaires). Les différences fonctionnelles présentées ici n'étaient jamais aussi nettes dans la réalité : la plante qui était perçue comme une ressource dans un contexte pouvait bien être vue comme une mauvaise herbe dans un autre, etc. Les mots en dialecte franco-provençal sont transcrits ici en signes de l'alphabet phonétique international (API). La syllabe suivant l'apostrophe (') est accentuée, la voyelle suivie de deux-points est allongée. Les articles définis en dialecte de Termignon sont *la* (fém. sing.), *le* (fém. pl.), *lo* (masc. sing. et pl.).

TABLEAU I

Plantes vasculaires sauvages reconnues à Termignon (9)

Noms latins	Noms en dialecte	Noms français
A) Plantes alimentaires (pour l'homme et pour le bétail)		
<i>Allium schoenoprasum</i> L.	la ljoot	Ciboulette sauvage
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> L.	la far'nu:za	Raisin d'ours
<i>Berberis vulgaris</i> L.	le rozî	Epine-vinette
<i>Bunium bulbocastanum</i> L.	la favə'rɔt	Noix de terre
<i>Carlina acaulis</i> L.	lo sardū	Carline acaule
<i>Chenopodium album</i> L.	'l oljū	Chénopode blanc
<i>Ch. bonus-henricus</i> L.	lo vər'ky:ɲo	Épinard sauvage
<i>Corylus avellana</i> L.	la ni'so:la	Noisetier
<i>Dactylis glomerata</i> L.	'l erba 'e:fja	Dactyle pelotonné
<i>Festuca paniculata</i> (L.) Sch. et Th.	lo karal	Fétuque paniculée
<i>Fragaria vesca</i> L.	le 'fra:ze	Fraisier des bois
<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.	'l erba rɔ'ze	Sainfoin
<i>Pinus cembra</i> L.	'l alvo	Pin cembro
<i>Polygonum bistorta</i> L.	le l'ŷerze	Grande bistorte
<i>Ribes alpinum</i> L.	le grɔ'zɛlje	Groseiller des Alpes
<i>R. petraeum</i> Wulf	"	Gros. des rochers
<i>R. uva-crispa</i> L.	"	Groseiller épineux
<i>Rosa canina</i> L.	lez ā'gle:e	Eglantier
<i>Rubus fruticosus</i> s.l.	la 'mu:xa	Ronce, Mûres
<i>R. idaeus</i> L.	le'z āpje	Framboisier
<i>Rumex acetosa</i> L.	l ɔ'zɛlje	Oseille des prés
<i>R. acetosella</i> L.	l ɔ'zɛlje	Petite oseille
<i>R. alpinus</i> L.	lo tʃou	Rumex des Alpes
<i>R. arifolius</i> All.	lo ble	Oseille de montagne
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garke	la 'ɲelɛgra	Silène enflé
<i>Taraxacum officinalis</i> Web.	la sa'la:da	Pissenlit
<i>Tragopogon pratensis</i> L.	'l erba bu	Salsifis des prés
<i>Trifolium</i> sp.	lo 'trɛflə	Trefle
<i>Urtica dioica</i> L.	lez or'ti:je	Ortie
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	lez ā'bry:ne	Myrtille
<i>V. uliginosum</i> L.	le'z ɛ:re	Orcette
<i>Viburnum lantana</i> L.	la kaeto'la	Viorne mancienne
B) Plantes médicinales		
<i>Arnica montana</i> L.	la 'pi:pa də taba	Arnica
<i>Artemisia absinthium</i> L.	'l ɛ:se	Absinthe
<i>A. genipi</i> Web.	lo ʒɛ'nɛpi 'malo	Genépi
<i>A. glacialis</i> L.	"	Armoise des glaciers
<i>A. mutellina</i> Vill.	lo ʒɛ'nɛpi fɛ'mɛ:la	Genépi jaune
<i>Borago officinalis</i> L.	la bu'raf	Bourrache officinale
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	la flo də sɛby	Reine des prés
<i>Gentiana lutea</i> L.	la ze'jo:na	Grande gentiane
<i>Hyssopus officinalis</i> L.	l izɔp	Hysope
<i>Juniperus sabina</i> L.	la sa'bi:na	Sabine
<i>Malva neglecta</i> Wallr.	la 'ma:rɛ	Petite mauve
<i>Mentha longifolia</i> (L.) Huds.	la 'mɛ:ta sɔ'va:ʒo	Menthe des champs
<i>Peucedanum ostruthium</i> (L.) Koch	'l alagro	Impératoire

TABEAU I (suite)

Plantes vasculaires sauvages reconnues à Termignon (9)

Noms latins	Noms en dialecte	Noms français
<i>Primula elatior</i> (L.) Hill	lo kuku	Primevère élevée
<i>Thymus serpyllum</i> L.	lo serpolet	Serpolet
<i>Tussilago farfara</i> L.	lo tysi'la:zo	Tussilage
<i>Viola calcarata</i> L.	le 'vjo:lte	Pensée des Alpes
C) Plantes « industrielles » ou d'outillage		
<i>Abies alba</i> Mill.	lo sae'pī	Sapin blanc
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	lo 'pla:no	Erable sycomore
<i>Alnus viridis</i> (Chaix) DC.	le de'ro:ze	Aune vert
<i>Betula pendula</i> Roth.	lo bi	Bouleau blanc
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	lo 'fra:jo	Frêne
<i>Hippophaë rhamnoides</i> L.	lo 'bo:so	Argousier
<i>Juniperus communis</i> L.	lo dze'ne:vro	Genévrier
<i>Larix decidua</i> Mill.	lo 'meldo	Mélèze
<i>Picea abies</i> (L.) Karst.	la 'sy:fe	Epicéa
<i>Pinus sylvestris</i> L.	lo pī	Pin sylvestre
<i>P. uncinata</i> Ramond	lo pī frēsært	Pin à crochets
<i>Populus tremula</i> L.	lo 'trēblo	Tremble
<i>Rhododendron ferrugineum</i> L.	lo brœe	Rhodo. ferrugineux
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	lo tuməl	Sorbier des oiseaux
<i>Trisetum distichophyllum</i> (Vill.) P.B.	lo tortsō	Triseté distique
D) Mauvaises herbes		
<i>Adenostyles alliariae</i> (Gouan) Kern.	lo'z alaepε	Adénostyle à feuilles d'Alliaire
<i>Agropyron repens</i> (L.) P.B.	lo gramū	Chiendent rampant
<i>Arctium lappa</i> L.	la raefsvje	Grande bardane
<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) P.B.	la 'blesta	Brachypode penné
<i>Carduus</i> sp	lo sardo	Chardons
<i>Centaurea cyanus</i> L.	lo blye	Bleuet
<i>C. scabiosa</i> L.	'l erba dε bu'tū	Centaurée scabieuse
<i>Cirsium</i> sp	lo sardo	Cirses
<i>Colchicum autumnale</i> L.	lo boke dε la mi'zε:rε	Colchique d'automne
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	la ver've:la	Liseron des champs
<i>Galium aparine</i> L.	la ra'pre:la	Gaillet gratteron
<i>Heracleum spondyllum</i> L.	lo siri	Grande berce
<i>Lolium multiflorum</i> Lmk.	lo marzai	Ray-grass d'Italie
<i>L. perenne</i> L.	"	Ray-grass anglais
<i>Papaver rhoeas</i> L.	lo pavo	Coquelicot
<i>Petasites albus</i> (L.) Moench	lo'z alaepε	Pétasite blanc
<i>Plantago major</i> L.	lo 'plētən	Grand plantain
<i>Polygonum convolvulus</i> L.	la ver've:la	Faux liseron
<i>Rhinanthus alectorolophus</i> (Scop.) Rollich	la tartari	Crête de coq
<i>Sonchus arvensis</i> L.	'l erba 'pla:ta	Laiteron des champs
<i>Veratrum album</i> L.	lo 'vraro	Vératre blanc

Noms latins	Noms en dialecte	Noms français
E) Plantes reconnues pour les raisons diverses (jouets, ornementales, ressemblance à des plantes utiles, etc.)		
<i>Alchimilla vulgaris</i> L.	la para'plo:ze	Alchémille commune
<i>Athyrium</i> sp.	'l erba də kə'lovrə	Fougère
<i>Bellidiastrum michelii</i> Cass.	le paek'rɛ:te	Fausse pâquerette
<i>Bellis perennis</i> L.	"	Pâquerette vivace
<i>Campanula</i> sp.	le 'klo:ʃe	Campanules
<i>Carex</i> sp.	le 'mɔlje	Laiches
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i> L.	la margo'rita	Grande marguerite
<i>Crocus albiflorus</i> Kit.	lo boke də la ne	Crocus printanier
<i>Dactylorhiza</i> sp.	la plota də la sɛta	
	'vjerdze	Orchis
<i>Digitalis</i> sp.	le 'klo:ʃe	Digitales
<i>Dryopteris</i> sp.	'l erba də kə'lovrə	Fougère
<i>Erica carnea</i> L.	la bry'xjɛ:re	Bruyère des neiges
<i>Gymnadenia</i> sp.	la plota də la sɛta	
	'vjerdze	Gymnadénias
<i>Iris germanica</i> L.	lez iris	Iris d'Allemagne
<i>Juncus</i> sp.	le 'mɔlje	Joncs
<i>Lavandula officinalis</i> Chaix	la la'vã:da	Lavande
<i>Leontopodium alpinum</i> Cass.	lez etwɛle do 'gle-jər	Edelweiss
<i>Myosotis</i> sp.	lo 'mjozoti	<i>Myosotis</i>
<i>Narcissus poeticus</i> L.	la 'pi:pa	Narcisse des poètes
<i>Nasturtium officinalis</i> R. Br.	lo kresũ	Cresson des fontaines
<i>Nigritella nigra</i> (L.) Rchb.	la plota də la sɛta	
	'vjerdze	Nigritelle noirâtre
<i>Pteridium</i> sp.	'l erba də kə'lovrə	Fougère

taxonomique des variétés cultivées (*cultivars*). Chaque taxon populaire représentait donc une réalité biologique séparée et le comportement des montagnards variait sensiblement vis-à-vis de chacun. Nous invitons le lecteur à consulter le tableau I afin de mieux évaluer l'importance de ces savoirs; le groupe de taxons botaniques populaires relatifs à la flore sauvage y est présenté. Chaque taxon est rangé, grosso modo, par rapport à son « usage ».

L'ORGANISATION DE L'ESPACE : ZONES SOCIO-ÉCONOMIQUES ET BIOTOPES POPULAIRES

Les activités de production, qui se portaient évidemment sur les taxons biologiques populaires, se déroulaient à l'intérieur des limites communales. La partie exploitable du territoire (entre 1 300 m et 2 500 m environ) a été partagée depuis longtemps en cinq zones socio-économiques. Sur ces cinq zones-structurées principalement, mais pas exclusivement, par la configuration topographique préexistante — quatre ont été fortement humanisées et dotées de bâtiments, ce sont :

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- la 'plaona ou 'trɛmjū (1 300 m-1 400 m) : zone de la plaine de Termignon, donc des habitations permanentes, avec les cultures principales et une partie des prairies de fauche irriguées;
- le 'mō:de (1 350 m-1 600 m) : zone des montagnettes et de la fenaison basse irriguée;
- le'z ɛrpne (1 500 m-2 000 m) : zone des « prés herpines » (10), c'est-à-dire de la fenaison haute non-irriguée;
- le mū'tije (1 800 m+) : zone des « montagnes », soit des alpages et des prairies de fauche d'altitude irriguées.
- la cinquième zone, la fore (1 300 m-2 200 m) : consiste principalement en « forêt noire », elle est sans bâtiments.

Chaque espace se distinguait par une logique particulière d'aménagement et par une période de fréquentation déterminée. Les cinq zones étaient encore subdivisées en de nombreux biotopes populaires, chacun dénommé en dialecte et défini selon des critères physiques et phytosociologiques populaires. En fait, les Termignonais en reconnaissaient une vingtaine environ (tabl. II). Certains d'entre eux étaient le résultat intentionnel de l'action humaine, notamment les champs (le 'tɛ:xe) ou les divers types de jardin (lo zardī, jardins clos du village, le'z ɔr, jardins non-clos, le ra'vɛ:xe, jardins des montagnettes et des « montagnes »), d'autres, comme les lieux humides (le 'mɔlje) ou les moraines des glaciers (le mɔ'rene), par exemple, semblent avoir été peu transformés par l'homme.

LES PHYTOCÉNOSES POPULAIRES

La population montagnarde Termignonaise — autant que le phytosociologue du xx^e siècle — reconnaissait la répartition variable de ses taxons biologiques populaires dans l'espace physique, et cela certainement depuis une période lointaine. Il est évident néanmoins que cette population ne s'intéressait qu'à une partie de l'ensemble des espèces linnéennes reconnues par la science (110 taxons botaniques populaires sauvages, par exemple, sur un total de 1 000 espèces végétales environ = 11 %). Mais elle identifiait, comme le scientifique, autant de groupements végétaux (phytocénoses populaires) qu'elle définissait de biotopes populaires. Certaines phytocénoses populaires — celles qui se rapportaient aux champs et aux différents types de jardins, par exemple — présentaient des configurations végétales formées de plantes domestiques et sauvages. D'autres, non-cultivées, n'étaient composées que de plantes sauvages. A titre d'exemple, le tableau III résume les taxons végétaux populaires associées aux klaepər (les tas de pierres/« murgers » parsemés dans la zone arable), et le tableau IV résume les taxons végétaux populaires assimilés aux esevo (les lieux dégagés devant et aux alentours des maisons de « montagne »).

(10) Les « prés herpines » (le'z ɛrpne) formaient, en gros, une zone de prairies de fauche (intermédiaire entre le 'mō:de et le mū'tije) qui semblait constituer la majorité de la superficie fauchable de la commune. Au contraire des prairies de fauche de la plaine, des montagnettes et des montagnes, ils n'étaient jamais arrosés, ni fumés (166 h de prés herpines — non-irrigués — contre 331 h de prés irrigués en 1862... ADS 27 M 11).

TABLEAU II
Les biotopes populaires de Termignon

lez ābrynar	les peuplements denses de myrtilles en montagne
lo bor də 'l ɛ:va	les abords de l'eau
lo derō'ze	les peuplements denses d'aune vert
le'z ɛrpne	les « prés herpines » : prairies de fauche d'altitude, non irriguées
lez ɛsevo	les lieux dégagés devant les maisons de « montagnes »
la fore	la « forêt noire »
le 'glɛ:re	les abords graveleux et sablonneux des cours d'eau
le 'ka:se	les éboulis en montagne
lo klaepər	les tas de pierre (des champs)
le 'mɔlje	les lieux humides (petits marais)
	- de plaine
	- de « montagnes »
le mō're:ne	les moraines des glaciers
lez ɔr	les jardins non clos du village
lo patu'ra:dzo	les pâturages
	- de montagnettes
	- de « montagnes »
lo pra	les prairies de fauche, irriguées
	- de plaine
	- de montagnettes
	- de « montagnes »
le ra've:re	les jardins de rave
	- de montagnettes
	- de « montagnes »
lo sənai	les lits secs des cours d'eau
lo sə'nevjar	les chènevières
le tɛpe	les teppes, pâturages à herbe très courte
le 'tɛ:xe	les champs
le 'tɛ:xe ɛ zəp	les terres en friche
le traefɔ'li:xe	les pièces réservées à la pomme de terre
lo gardī	les jardins clos du village

Si un biotope donné se rencontre dans plusieurs zones économiques et qu'une différence écologique ou fonctionnelle est reconnue par les Termignonais, on considère que le biotope possède des variantes (comme *le 'mɔlje*, *lo patu'ra:dzo*, *lo pra* et *le ra've:re*).

TABLEAU III
La phytocénose populaire de lo klaepər

lez ā'gle:ɛ	l'Eglantier
le'z āpje	le Framboisier
le grō'zɛlje 'blā:se	le Groseiller épineux
la 'mu:xa	la Ronce, la Mûre
la rozī	l'Epine-vinette

TABLEAU IV
La phytocénose populaire dez esevo

'l erba mar'mo:ta	le Pissenlit (état adulte)
la sa'la:da	le Pissenlit (état jeune)
lo mjozotis	le Myosotis (pl. sp.)
lez or'ti:je	les Orties
la para'plo:ze	l'Alchémille commune
lo tʃou	le Rumex des Alpes
lo ver'ky:no	l'Épinard sauvage

Ce dernier milieu et ses abords, fortement azotés et assez humides (l'eau courante y était souvent amenée par canalisation), formaient un biotope très fréquenté en été par l'homme et l'animal, et la flore nitrophile qui y poussait était bien connue des montagnards. Outre quelques plantes employées comme ornements (les Myosotis) ou jouets (l'Alchémille commune) et les « mauvaises herbes » (le Pissenlit adulte), on y ramassait un bon nombre de végétaux comestibles qui rentraient dans le menu d'été en haute-montagne.

UN SAVOIR APPLIQUÉ : BIOTOPES, TAXONS BIOLOGIQUES, PHYTOCÉNOSES POPULAIRES ET ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES

La distribution variable des taxons biologiques populaires (sauvages et domestiques) dans l'espace (ainsi que leurs caractères saisonniers) était donc clairement reconnu par les Termignonais. En effet, chaque taxon végétal populaire, par exemple, était associé à un, ou s'il était ubiquiste, à plusieurs biotopes populaires. La configuration végétale locale de chaque biotope populaire était ainsi unique et formait ce que nous avons appelé une phytocénose populaire.

Ces connaissances locales — et leurs diverses formes d'organisation — étaient « utilisées » d'une manière tout à fait pratique par la population montagnarde. Le paysan savait dans quel milieu précis il pouvait trouver la plante qu'il recherchait pour telle ou telle raison. Il savait aussi quelles plantes il était susceptible de rencontrer au moment où il se trouvait dans un biotope donné. Mais au contraire du taxonomiste qui cherche à classifier toutes formes de vie dans le temps et dans l'espace (afin de mieux comprendre les rapports phylogénétiques entre organismes dans le contexte de la théorie de l'évolution), le paysan est sélectif en ce qui concerne les organismes qu'il classifie : il ne s'intéresse qu'à une partie de son milieu (et normalement à la partie immédiatement autour de lui, et économiquement pertinente). Le savoir populaire relatif aux milieux physiques et biotiques est, selon l'approche ethnoécologique, incontestablement un savoir appliqué qui joue un rôle fonctionnel dans le succès adaptatif de la population humaine.

*
**

Après des centaines d'années d'ajustements avec leur milieu physique, biologique et social, les Termignonais ont fini par détenir un important savoir

« écologique » relatif à l'aménagement de leur territoire. Le travail ethnoécologique résumé ici nous a permis d'apprécier la complexité de ces connaissances grâce auxquelles cette population montagnarde a pu réussir économiquement dans un environnement parfois difficile. Nous pensons que l'analyse présentée ici, qui cherche à mieux comprendre l'imbrication de la représentation populaire de l'espace, du calendrier agro-pastoral et des savoirs biologiques populaires, va vers une nouvelle manière d'appréhender l'économie montagnarde traditionnelle et l'implantation humaine dans la haute-montagne savoyarde.

BIBLIOGRAPHIE

- ARBOS (P.), 1922. — La vie pastorale dans les Alpes françaises. *Bull. Soc. Scien. de l'Isère*, Tome 43, Grenoble, J. Allier, 720 p.
- BOCQUET (A.), 1976. — « Les civilisations de l'Age du Bronze dans les Alpes », in, *La Préhistoire française*. Tome II : Les civilisations néolithiques et protohistoriques de la France, Paris, Ed. CNRS, 483-494.
- MARCHENAY (P.), 1975. — « L'enquête régionale ethnoécologique », in, *L'Homme et l'Animal*, Paris, Inst. Int. d'Ethnoscience, 127-136.
- MEILLEUR (B.), 1985. — « Savoirs écologiques populaires dans leur contexte économique traditionnel ». *Le Monde Alpin et Rhodanien*, à paraître.
- OZENDA (P.), 1982. — *Les Végétaux dans la Biosphère*. Doin Eds. Paris. 431 p.
- RHOADES (R.) et THOMPSON (S.), 1975. — « Adaptive strategies in alpine environments : beyond ecological particularism ». *American Ethnologist* 2 (3), 535-552.

MÉTHODES ET ANALYSES QUANTITATIVES DE LA FRÉQUENTATION DES PARCS NATIONAUX EN FRANCE

Expérimentations dans le Parc National de la Vanoise

par Jean-Michel CUSSET et Danièle PATIER-MARQUE (1)

I. — Les méthodes expérimentées par le Laboratoire d'Economie des Transports dans le Parc National de la Vanoise.....	138
II. — Du comptage à l'évaluation de la fréquentation saisonnière globale.....	149
III. — De l'évaluation de la fréquentation à sa prévision.....	150
Conclusion.....	154
Bibliographie sélective	155

Résumé. — Une connaissance régulière de la fréquentation des Parcs Nationaux est indispensable aujourd'hui pour les gestionnaires de ces espaces protégés. En France, plusieurs études de fréquentation ont été réalisées dans différents Parcs depuis 1975. On présente ici deux méthodes d'enquête expérimentées dans le Parc National de la Vanoise. La méthode « dénombrement-itinéraire » par enquête directe utilisée en été 1982 permet, à partir d'un support facile à manipuler, la carte graphitée, une connaissance à la fois des charges sur les sentiers et des itinéraires les plus empruntés par les visiteurs. Malgré la complexité du Parc National de la Vanoise, largement accessible de toutes parts, les résultats obtenus sont relativement probants; cette méthode pourrait être testée dans les Parcs Nationaux où d'autres méthodes d'enquête utilisées sont brièvement comparées avec celles présentées ici.

Mots clés : *Fréquentation — Méthodologie — Itinéraire — Charges.*

Summary. — THE RECREATIVE ATTENDANCE AT NATIONAL PARKS IN FRANCE. ASSESSMENT OF METHODS AND QUANTITATIVE ANALYSIS.

Methods and quantitative analysis of the attendance at National Parks in France. Experimentations in La Vanoise National Park. A steady knowledge of the attendance at National Parks is essential today for the managers of these protected areas. In France several studies have been achieved in different Parks since 1975. Two inquiry methods

(1) Laboratoire d'Economie des Transports, 16, quai Claude Bernard, 69007 Lyon et PIREN « Canton d'Aime ».

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

experienced in La Vanoise National Park are exposed successively. The latter one is the "census-route" method by direct inquiry used in summer 1982 allows, from an easy to handle special card, a knowledge of the traffic in the paths as well as of the routes the most taken by the visitors. In spite of the complexity of La Vanoise National Park, with a large accessibility from everywhere, the results are rather conclusive; this method might be experienced in the French National Parks where the other methods used are briefly compared with these exposed here.

Key words : Attendance — Methodology — Route — Flows.

Aux Etats-Unis, les responsables des Parcs Nationaux ont pris conscience, dans les années 60, des problèmes soulevés par l'ampleur de la fréquentation touristique : dégradation de la qualité de l'expérience récréative par l'impression de congestion ressentie, altération des environnements naturels sous la pression des activités de plein air pratiquées par une population de plus en plus importante. Aussi les chercheurs américains ont été amenés à réaliser des enquêtes et à proposer des modèles de fréquentation pour plusieurs Parcs afin d'éclairer les décideurs sur les modalités de régulation de la demande les plus appropriées; on trouvera à la fin du texte une sélection de références bibliographiques sur les Parcs américains. En Europe, pour des raisons tenant à la philosophie et à la genèse des Parcs, à la géographie physique et humaine des régions dans lesquelles ils ont été créés, la gestion se pose en termes différents : en France, la fréquentation, qui a fortement progressé dans les années 70, ne peut être connue aussi précisément qu'aux Etats-Unis; enfin les objectifs recherchés sont multiples et partiellement contradictoires avec ceux de la politique d'aménagement de la montagne : la conservation de la nature dans un état « sauvage » et le maintien d'un équilibre sylvo-pastoral de plus en plus menacé; la rénovation de l'économie montagnarde par la création et le développement de stations intégrées à la périphérie des Parcs; la protection de la nature dans la zone centrale et le développement des capacités d'accueil dans le centre (refuges) et la périphérie.

Bien que peu nombreuses, les études de fréquentation menées en France depuis 1975 à la demande du Ministère de l'Environnement ou à l'initiative des directions des Parcs se différencient à la fois par la méthode d'enquête et de comptage, le traitement des données collectées et les résultats obtenus, sans parler des concepts utilisés. Certes, la diversité des conditions d'accès à la zone centrale, la configuration des vallées, la topographie des massifs montagneux rendent problématique le recours à une méthode d'enquête et de comptage unique; toutefois une harmonisation dans les conditions d'enquête, l'emploi d'unités de mesure communes devraient contribuer à l'obtention de données comparables, donc significatives. En effet la définition d'une politique de régulation des entrées de visiteurs dans un Parc, d'hébergement et de gestion suppose la disponibilité de données régulières et fiables sur trois aspects majeurs de la fréquentation :

- L'évolution de la fréquentation globale pour l'ensemble de la saison avec les moyennes journalières à différents moments de la pleine saison d'été. En l'absence de système de péage aux entrées, et en raison de l'impossibilité de comptages systématiques tous les jours, on obtient, au mieux, des estimations

assez grossières encore que l'important est de connaître la tendance et les fluctuations plus que les chiffres réels sur la fréquentation;

- La répartition spatiale de la fréquentation en termes de flux sur les principaux axes (ou sentiers) empruntés : il s'agit de repérer les charges inégales selon les zones du Parc et de vérifier si la pression la plus forte, par des passages fréquents et répétés, s'exerce ou non dans les périmètres les plus « sensibles » en raison de la fragilité de leurs écosystèmes ou de la présence d'espèces menacées;
- la localisation et la nature (aller-retour, circuit, traversée) des itinéraires les plus empruntés afin de décongestionner certains secteurs du Parc au profit de ceux dans lesquels pourraient être créés des centres d'intérêt (sentier écologique par exemple).

Une réelle connaissance de la fréquentation suppose au départ la définition d'unités de mesure adaptées au phénomène observé; plusieurs peuvent être proposées :

- la population des *visiteurs*, c'est-à-dire le nombre de personnes distinctes (donc sans double compte) dénombrées dans le Parc à un moment donné dans une journée. Par exemple une couverture de photographies aériennes du Parc donnerait un « instantané » de la fréquentation comme celle réalisée pour dénombrer les skieurs sur les pistes à la demande des responsables des stations; de même dans un Parc, on peut réaliser le dénombrement de visiteurs pour une période de la journée en prenant soin de ne pas comptabiliser deux fois la même personne ou le même groupe.
- le nombre de *visites* enregistrées est l'indicateur le plus pertinent pour mesurer et estimer la fréquentation globale, hebdomadaire ou saisonnière; une même personne ou un même groupe séjournant à la périphérie ayant l'occasion d'entrer plusieurs fois dans le Parc, le nombre de visites est nécessairement supérieur à celui des visiteurs;
- les *flux de visiteurs* sur un itinéraire correspond au nombre de personnes enregistrées, pendant une unité de temps ou une période donnée, entre deux points de passage; ces flux sont mesurés dans chaque sens; si les deux sens sont confondus, on aura un indicateur de *charges* entre deux points (d'une porte du Parc à un refuge, de tel lieu-dit à tel autre par exemple);
- enfin le *jour-visiteur* est un indicateur complémentaire de la fréquentation qui prend en considération la durée du séjour dans la zone centrale pour les personnes qui passent au moins une nuit en refuge (ou en bivouac). Cet indicateur est utile pour éclairer la politique d'hébergement.

Nous présenterons les méthodes expérimentées par le Laboratoire d'Economie des Transports dans le Parc National de la Vanoise, et nous tenterons, dans un tableau synoptique, d'en présenter les avantages et inconvénients en les comparant à celles utilisées dans les Pyrénées occidentales et les Ecrins.

I. — LES MÉTHODES EXPÉRIMENTÉES PAR LE LABORATOIRE D'ÉCONOMIE DES TRANSPORTS DANS LE PARC NATIONAL DE LA VANOISE

L'Administration du Parc National de la Vanoise tient, depuis sa création, des statistiques régulières sur les nuitées enregistrées par les gérants des refuges; les chefs de secteur et les gardes moniteurs ont été chargés, à partir de 1970, de dénombrer journallement les visiteurs rencontrés dans leurs tournées d'inspection mais, selon la Direction du Parc National de la Vanoise, ces comptages visuels sous-estiment la fréquentation réelle. Aussi, pour répondre aux organismes et associations qui à l'époque craignaient une saturation du Parc National de la Vanoise sur la base d'estimations non fondées, la Direction confiait au Laboratoire d'Economie des Transports une étude afin d'apprécier le volume global de fréquentation et sa répartition dans l'espace du Parc pour la saison d'été 1977 (A. BONNAFOUS *et al.*, 1978). Cinq ans plus tard une seconde étude mais limitée à deux périmètres du Parc National de la Vanoise était réalisée avec une méthode radicalement différente.

L'une et l'autre méthode devaient tenir compte de sévères contraintes liées tant aux caractéristiques physiques du Parc National de la Vanoise qu'à ses modalités de gestion. Contrairement au Parc National des Ecrins, à celui des Pyrénées occidentales et à d'autres Parcs à l'étranger, on ne trouve pas en Vanoise des routes se terminant en cul-de-sac qui seraient les seules voies d'accès à la zone centrale. Au contraire, sur l'ensemble de son périmètre, des sentiers très nombreux relient la zone centrale aux routes nationales périphériques et aux villages; la route nationale 202, passe de Val d'Isère à Bonneval en zone centrale du Parc. Ces caractéristiques interdisent donc toute étude sur la fréquentation à partir des comptages routiers ou du dénombrement de véhicules en stationnement aux « Portes du Parc » comme cela a été fait pour les Ecrins et les Pyrénées occidentales.

De même, la gratuité, le libre accès au Parc empêche le dénombrement des visites à partir de statistiques sur les ventes de tickets, comme aux États-Unis; seules les nuitées dans les refuges sont comptabilisées au jour le jour mais cet indicateur de fréquentation doit être utilisé avec prudence et plus particulièrement pour les refuges non gardés dont les données ne sont pas fiables.

Ces observations préliminaires faites, il était important de définir les *usagers* du Parc devant faire l'objet d'un dénombrement. Pour des raisons évidentes, il était exclu de compter les visiteurs « potentiels », c'est-à-dire les personnes circulant sur les routes d'accès et à proximité des portes du Parc. Pour nous, les usagers ne sont pas les « promeneurs du dimanche » mais les personnes qui circulent réellement dans la zone centrale, quels que soient le circuit emprunté et la durée du séjour. Seul ce type de fréquentation intéresse les gestionnaires du Parc National de la Vanoise. Enfin s'agissant des retombées économiques éventuelles de la fréquentation touristiques du Parc National de la Vanoise sur la zone périphérique, ce phénomène doit être appréhendé par des enquêtes socio-économiques auprès des visiteurs, des collectivités locales de la

population. Des enquêtes de ce type ont été menées les mêmes années que les comptages à des dates différentes (D. BLOY *et al.*, 1976).

La première méthode, conçue et expérimentée en 1977 était basée sur le dénombrement visuel des visiteurs dans la zone centrale du Parc National de la Vanoise, à partir de points « stratégiques » ou « yeux » (embranchement de sentiers, vue générale sur un site, proximité de refuges) et sans la participation directe des visiteurs. La seconde méthode, expérimentée en 1982, reposait sur une enquête directe auprès des visiteurs avec l'utilisation d'un procédé de recueil d'informations directement saisissables et traitables par l'informatique. Nous présentons ici chacune des méthodes et les résultats les plus significatifs.

A) LE DÉNOMBREMENT VISUEL OU LA MÉTHODE DES « YEUX »

L'enquête de fréquentation a été réalisée à la demande de la Direction du Parc National de la Vanoise qui a mobilisé les chefs de secteurs et les gardes moniteurs pour effectuer les comptages et a financé l'édition du rapport d'enquête.

1. Les principes de la méthode

La méthode consistait à placer des observateurs en tous les points stratégiques du Parc. Vingt quatre postes suffisaient pour couvrir l'ensemble du Parc; ils étaient choisis avec la Direction du Parc et les gardes moniteurs dont la connaissance du terrain est précieuse et incomparable. Les vingt quatre observateurs, postés de 5 h du matin à 17 h l'après-midi et le même jour, chacun en un « œil » précis, et s'aidant d'une paire de jumelles, dénombreaient les visiteurs par itinéraire et par sens (venant de... allant vers...). Les renseignements étaient reportés sur des fiches de comptage, simples à manipuler et à coder; ces données étaient ensuite saisies sur ordinateur pour être traitées. Sur chaque fiche l'enquêteur mentionnait, en outre, les conditions météorologiques et consignait d'éventuelles observations.

2. La période d'enquête

Les estimations de la fréquentation touristique, effectuées par la Direction du Parc sur une période de dix ans, montrent que 86 à 90 % des visites annuelles sont concentrées sur les mois de juillet, août et la première semaine de septembre. Aussi avons-nous réalisé l'enquête durant cette période, le choix des jours ayant été fait pour tenir compte de l'influence des conditions météorologiques, des périodes « creuses », des périodes de fêtes et des vacances scolaires sur la fréquentation. De plus, faute de financement pour rémunérer des enquêteurs, les comptages ont été effectués sur onze jours seulement.

En ce qui concerne les conditions météorologiques, il suffisait de fixer les dates à l'avance assez dispersées pour être certains d'avoir un échantillon de toutes les situations étant donné le temps variable en montagne l'été. Restait à

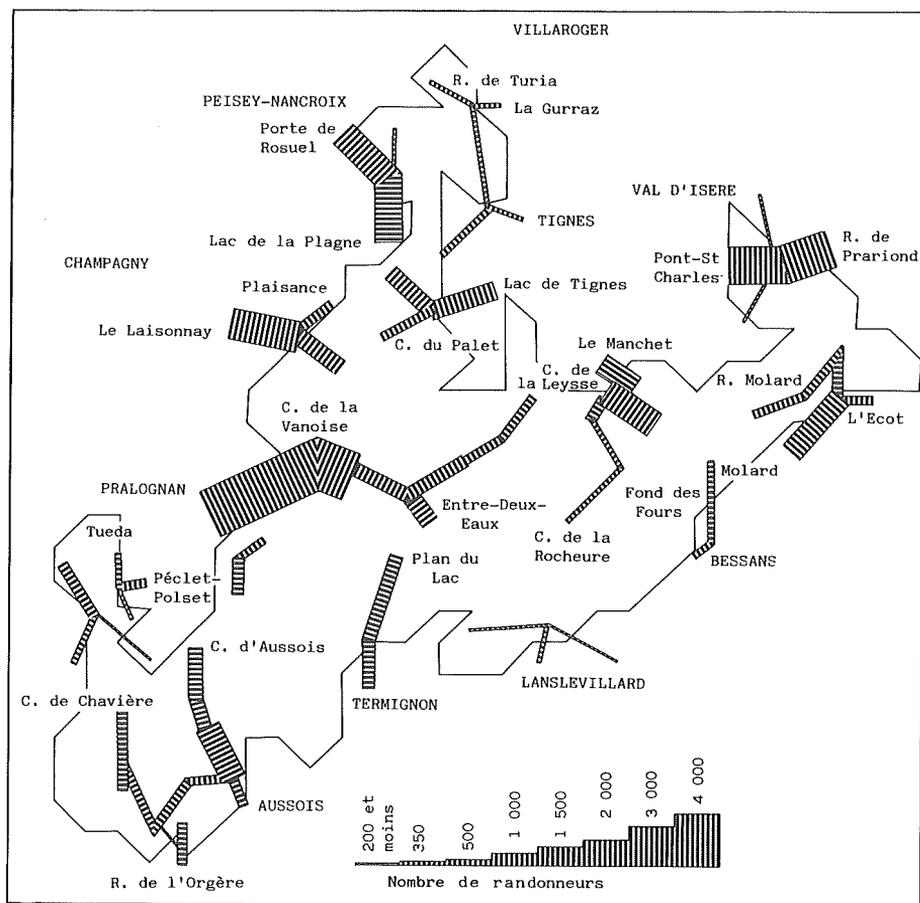
fixer, avec les spécialistes du terrain, les dates précises tenant compte d'un mixage « jours creux », veille de fête... Il n'était guère possible de multiplier le nombre de comptages en raison de la fatigue occasionnée par l'observation sur le terrain en un point fixe de 5 h du matin à 17 h pour une même personne, et également à cause de la mobilisation en ces jours de la quasi totalité des gardes et moniteurs qui, à cette occasion, n'effectuaient plus leurs tâches habituelles.

Se posait alors la question de savoir si onze jours d'enquête pouvaient permettre une extrapolation raisonnable afin de déterminer la fréquentation globale sur la saison. L'idée était d'étudier des indicateurs de fréquentation faciles à repérer et comptabiliser en dehors de toute période d'enquête. Ceux qui nous ont paru les plus pertinents étaient les nuitées dans les refuges du Parc et les voitures en stationnement sur les parkings et le long des voies d'accès au Parc. Ainsi des relevés ont été effectués, la nuit précédant les jours d'enquête dans les refuges, et les jours mêmes sur les parkings et voies d'accès.

3. Les résultats

Outre le dénombrement journalier des visiteurs, l'enquête a permis de connaître leur répartition spatiale. La cartographie automatique par ordinateur donne une bonne présentation de la fréquentation par axe orienté (Carte n° 1). Elle permet de repérer les sentiers fortement fréquentés et les zones délaissées. Elle montre nettement l'importance des stations (Val d'Isère, Pralognan, etc...) comme générateurs de flux dans le Parc et celle des facilités d'accès routiers (zone de Modane; route du Col de l'Iseran) avec un taux élevé de fréquentation sur les sentiers les plus proches. A contrario, les fonds de vallée d'accès difficile (Bonneval-sur-Arc, Termignon), les sentiers peu accessibles (zone de La Gurra) restent peu attractifs. Enfin, seuls les parkings situés près des stations ou des routes d'accès (Malpasset, Orgère, Ruelles, etc...) génèrent des flux importants de visites. On observe que les itinéraires les plus chargés sont situés, le plus souvent, en bordure de la zone centrale ce qui tendrait à minimiser, toutes choses égales, les répercussions de la fréquentation sur les milieux naturels (dégradation des sentiers, érosion des sols, délinquances diverses). Malheureusement elle révèle la discontinuité des flux de visiteurs liée au fait que les points réels de départ et de destination ne sont pas connus, seuls les sens des déplacements étant repérables. En extrapolant, il aurait été facile de faire se rejoindre les itinéraires sur la carte, mais nous y avons renoncé parce que cela n'apportait rien de plus à notre objectif qui était de connaître les charges sur les sentiers, les risques de surfréquentation, et l'estimation d'un chiffre probable de fréquentation globale pour la saison d'été 1977. Les itinéraires empruntés par les visiteurs n'étaient pas recherchés pour éviter leur participation directe, jugée à l'époque inopportune.

Les relevés des nuitées ont permis de confirmer les inégalités spatiales de la fréquentation du Parc et la saturation constante de certains refuges. Les méthodes d'extrapolation utilisées et les résultats obtenus pour cette étude de 1977 seront exposés plus loin. Il convient de présenter maintenant la seconde méthode, expérimentée en été 1982. De conception entièrement originale par rapport aux autres, elle devait combler les lacunes observées par la première méthode.



CARTE 1. — Fréquentation du Parc par axe orienté pendant la période d'enquête 1977.

B) LA MÉTHODE « DÉNOMBREMENT-ITINÉRAIRE » PAR ENQUÊTE DIRECTE (2)

La deuxième enquête, plus complète que la première, avait pour but non seulement de dénombrer les visiteurs mais de connaître la charge des sentiers sur tout leur parcours et surtout d'observer les itinéraires les plus empruntés. Elle nécessitait la participation des visiteurs qui devaient indiquer le chemin parcouru sur une carte imprimée graphitée, directement lue par un lecteur optique et traitée sur ordinateur.

(2) L'enquête a été partiellement financée par le PIREN Canton d'Aime, le Parc National de la Vanoise assurant l'hébergement des enquêteurs.

1. Principes de la méthode

Une telle méthode, pour être pleinement opératoire, exige la mise au point minutieuse de la carte graphitée, support de l'enquête et une grande rigueur dans la réalisation de l'enquête proprement dite. La reconstitution des itinéraires par traitement informatique des données nécessite la définition d'un algorithme de sortie sur lequel nous reviendrons plus loin.

a) *Les contraintes*

Etant donnée la complexité du site, il fallait opérer dans un espace sans « perdition ». La chaîne de montagne qui s'étend de la Crête des Echines à l'Aiguille Noire forme une barrière naturelle qui permet heureusement d'isoler notre zone d'étude du reste du Parc. Nous avons donc choisi d'opérer dans la partie nord du Parc jusqu'à cette limite naturelle. L'enquête étant expérimentale et son financement limité, il n'était pas question d'inventorier l'ensemble du Parc. Les autres contraintes concernaient les lieux et moments d'enquête, la cohérence et l'exhaustivité. Si l'on voulait connaître l'itinéraire effectué par les visiteurs, il était nécessaire de les interroger à la fin de leur parcours afin d'éviter les éventuels changements de programme en cours de route. Il a donc été décidé d'enquêter à leur sortie du Parc. De cette décision découlait le choix des plages horaires, de midi à la tombée de la nuit, pendant lesquelles s'effectuent les retours de courses. Ainsi, les visiteurs entrant dans le Parc l'après-midi n'étaient interrogés qu'à leur sortie en fin de soirée ou au refuge où ils passaient la nuit. Cette méthode avait pour avantage de ne pas comptabiliser deux fois les mêmes personnes, un seul sens de parcours étant retenu. Les lieux d'enquête devaient être fixés avec beaucoup de précision pour ne laisser échapper personne au comptage. Ainsi, sept lieux étaient retenus en des points stratégiques situés soit à des extrémités de sentiers près des vallées lorsque cela était possible soit à des carrefours de sentiers d'où plusieurs possibilités sont offertes pour redescendre dans la vallée ou encore près des refuges où les randonneurs peuvent passer la nuit. Malgré ces précautions, il s'avérait possible en certains points que les randonneurs empruntent des itinéraires « hors sentiers ». Il fallait pouvoir au moins les dénombrer et les localiser sans toutefois les affecter à des itinéraires inconnus des enquêteurs. C'est ce qui a été fait par un système comptable sur des tableaux prévus à cet effet, où heure par heure, le nombre de personnes observées hors sentier était reporté. Ceci a également été nécessaire lorsque le taux de fréquentation en un point ne permettait plus à l'enquêteur d'interroger tout le monde (cas de Rosuel).

b) *La carte graphitée : un support d'enquête original* (3)

L'originalité tient au fait que la carte est à la fois le moyen de saisir l'information et l'outil de traitement. Elle présente plusieurs avantages, en particulier le gain de temps (plus de codage, de saisie informatique fastidieuse

(3) Le principe de la carte graphitée a déjà été expérimenté par le LET en d'autres circonstances : la reconstitution du programme d'activité d'un individu dans le cadre d'une exposition du CNRS à Lyon en 1981 et à l'occasion d'une enquête sur l'utilisation du téléphone.

et longue) et la fiabilité (pas d'erreur possible dans la retranscription). Ses caractéristiques sont décrites ci-après.

2. Le déroulement de l'enquête

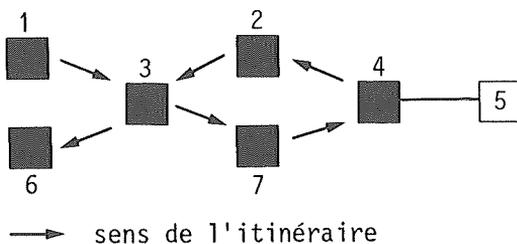
Durant l'été 1982, l'enquête s'est déroulée sur quatorze jours fixés à l'avance, pour les mêmes raisons qu'en 1977 (en tenant compte des fêtes, des week-ends, début de vacances, jours creux de la semaine...). Les enquêteurs postés en même temps aux sept lieux d'observation commençaient leur travail à midi jusqu'à la tombée de la nuit en n'interrogeant que les personnes sortant du Parc. Ils notaient la date, le lieu d'enquête, les conditions météorologiques et demandaient aux usagers de noircir au crayon les cases le long de l'itinéraire qu'ils avaient emprunté. Une seule carte était remplie par groupe d'individus ayant suivi rigoureusement le même parcours depuis le début de la course jusqu'à la fin et ayant les mêmes critères d'hébergement à la périphérie. Les groupes qui échappaient aux comptages parce qu'ils empruntaient des voies non tracées étaient répertoriés heure par heure selon leur composition et le lieu d'observation afin de donner un chiffre de fréquentation le plus exhaustif possible.

3. Le traitement des données

Le programme très original ainsi que le traitement des données ont été réalisés par D. BLOY du Laboratoire d'Economie des Transports.

Toutes les cases figurant les points de passage sur les cartes sont numérotées dans l'ordre, de gauche à droite, et de haut en bas, sauf pour les refuges « nuitées » N numérotés in fine. Pour être traitée, toute carte doit comporter une entrée E et une sortie S ou un refuge « nuit » N.

Les cases noircies sur la carte représentant le périmètre de l'enquête sont assimilées aux éléments d'un labyrinthe, l'objectif étant, en partant d'une entrée (porte du parc, départ d'un refuge, etc.) de sortir du labyrinthe en suivant le « mur de droite ». Ainsi l'algorithme associe à un arc donné, reliant deux cases noircies ou points, plusieurs arcs. Le premier arc, situé le plus à droite est exploré, s'il n'est pas utilisé (case vierge), un arc plus à gauche est exploré et ainsi de suite. Le dernier arc possible est le retour. L'exemple d'une boucle ci-après illustre la méthode adoptée.



GRAPHIQUE 1. — *Présentation de l'algorithme.*

A l'arc (1,3) peuvent être associés (3,7) ou (3,2), mais (3,7) est choisi, étant le plus à droite. En (3,7) la priorité est donnée à l'arc (7,4). A (7,4) est associé (4,5), (4,2) et (4,7). (4,5) est exclu, la case 5 étant vide. L'itinéraire reconstitué est donc (1,3), (3,7), (7,4), (4,2), (2,3). En 3, on ne peut aller qu'en 6 car 1 a été répertorié en entrée et que 6 est bien une sortie.

Cette méthode n'est pas optimale quant au nombre de points utilisés pour sortir du labyrinthe. En effet le but est bien de sortir de la meilleure façon possible. Des aménagements ont été apportés pour qu'une majorité de points possibles soit cependant pris en compte :

- le traitement des culs-de-sac : un cul-de-sac est toujours considéré comme l'arc le plus à droite quelle que soit sa position par rapport à l'arc précédent. Si cette condition était strictement respectée, il serait impossible de sortir du labyrinthe en cas d'aller-retour; aussi a-t-on énoncé le principe selon lequel on ne peut pas effectuer deux trajets identiques dans le même sens pour un même itinéraire.
- dans certains cas, une sortie peut être considérée fictivement comme plus à gauche qu'un autre arc.
- enfin, si cette méthode s'était avérée lors de l'expérience décevante, nous aurions envisagé de traiter les itinéraires non pas avec un algorithme suivant le mur de droite, mais en suivant le mur de gauche, puis de confronter les résultats et de voir quelle était la méthode la plus efficace et éventuellement d'utiliser un panachage des deux méthodes.

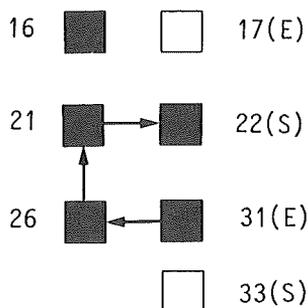
4. Pertinence de la méthode

Tous les points n'étant pas systématiquement explorés, un test de comparaison entre les points utilisés pour l'itinéraire et les points effectivement noircis a été effectué. Si le nombre de points explorés était inférieur à celui des points noircis, l'itinéraire n'était pas enregistré. 2 577 cartes ont été enregistrées sur les 14 jours d'enquête. Elles ont permis de dénombrer 10 067 personnes. 9 953 personnes ont pu être réparties en terme de charge des sentiers et 9 508 selon un itinéraire précis. La différence (445 personnes) provient d'imprécision sur une portion d'itinéraire ou l'absence d'une entrée ou d'une sortie; dans la mesure du possible, ces personnes ont été affectées sur les portions d'itinéraires dont nous étions sûrs. Les observations comptabilisées hors sentier ou échappant à l'enquête par carte dans le cas de forte affluence, donc sans connaître l'itinéraire, portent à 10 734 le nombre de personnes circulant dans le Parc les 14 jours d'enquête.

Les causes de rejet de certaines cartes proviennent de deux raisons :

- l'absence d'un élément déterminant pour la constitution de l'itinéraire (absence d'entrée, de sortie),
- en raison de la méthode elle-même comme l'indique l'exemple ci-après .

Les arcs selon l'algorithme choisi ont été (31,26), (26,21), (21,22). Le point 16 n'a pas été exploité et l'itinéraire est reconstitué manuellement. On remarque que si l'entrée et la sortie avaient été inversées, tous les points du trajet auraient été pris. En utilisant « le mur de gauche », le point 16 aurait été retenu. Cette cause de rejet due à la méthode ne concerne que 1 % des cartes non traitées.



GRAPHIQUE 2. — *Illustration d'un cas de rejet.*

- la cause essentielle des rejets est inhérente au terrain d'investigation. Comme il avait été annoncé dans les contraintes liées à la topographie des lieux, certains randonneurs circulent hors sentiers. Dans la plupart des cas des arcs ont été créés après le traitement d'un petit échantillon mais il n'a pas été possible de retracer tous les sentiers « sauvages ». Cela aurait nui à la lisibilité de la carte et aurait alourdi les calculs pour quelques personnes seulement.

5. Les résultats

La méthode apporte des résultats très intéressants dans deux domaines :

- La répartition des visiteurs par itinéraire. En effet, il s'agit bien là de visiteurs puisqu'il ne peut y avoir de double compte. Le sens de l'itinéraire est connu puisque repéré par une entrée et une sortie excepté pour les boucles et les itinéraires partant d'un refuge et allant à un autre refuge. Dans le secteur étudié, les possibilités sont très faibles d'effectuer des circuits fermés ou « boucles ».

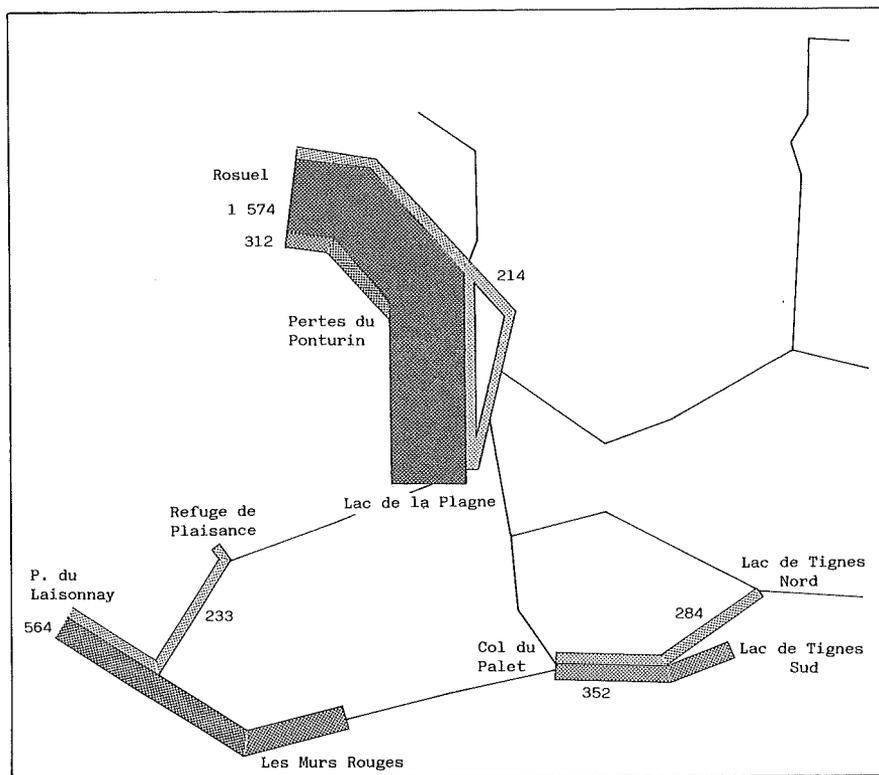
La carte n° 2 décrit les sept principaux itinéraires empruntés pendant la période d'enquête. Il en ressort que sur 9 508 visiteurs recensés selon leurs itinéraires, 37 % soit 3 533 personnes effectuent 7 itinéraires principaux dont le plus chargé, Parking de Rosuel — Lac de La Plagne et retour retient 17 % des visiteurs. On remarque également la grande concentration sur les allers-retours. Seul le dernier itinéraire est en forme de boucle. Aucun itinéraire très fréquenté n'est composé d'une traversée. Certes, bon nombre de randonneurs effectuent de grands parcours (GR5, ...) mais les chemins parcourus diffèrent au moins d'un arc. C'est pourquoi, ils ne ressortent pas.

Ce premier résultat permet de classer l'intérêt des sites et ainsi de prévoir les aménagements nécessaires.

Le deuxième résultat, non moins important, est la représentation cartographique des charges des sentiers.

- Les charges des sentiers. Sur un arc donné sont dénombrés les passages d'un point à un autre, on obtient alors les flux de passage. Tous sens confondus, on

FRÉQUENTATION DES PARCS NATIONAUX

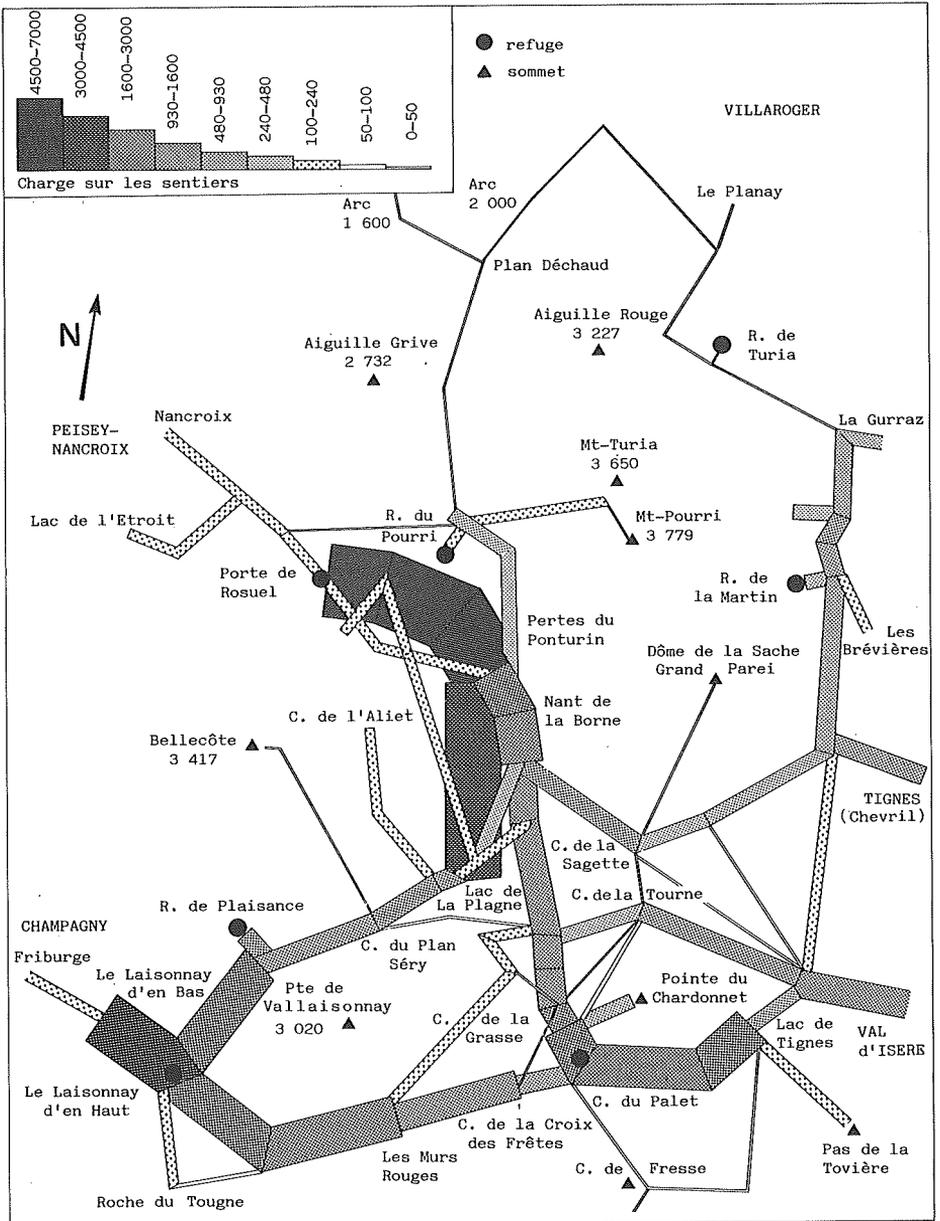


CARTE 2. — Présentation des sept itinéraires les plus fréquentés.
(unité : nombre de personnes ayant effectué le même itinéraire de bout en bout).

obtient la charge des sentiers. La carte n° 3 représente la charge sur l'ensemble des sentiers du secteur étudié pendant les quatorze jours d'enquête. On remarque une charge très importante près des portes du Parc (Rosuel) ou les anciennes stations réputées (Champagny, Val d'Isère, Tignes), une désaffection pour des zones plus arides et difficiles d'accès (Turia). La même carte reproduite par jour d'enquête montre peu de déformations dans la fréquentation mais de gros écarts en nombre selon les conditions météorologiques. Déjà en 1977 nous avons noté la forte corrélation entre fréquentation et conditions météorologiques. Celle-ci nous ayant semblé la plus pertinente des variables associées à la fréquentation (supérieure au nombre de voitures sur les parkings ou les nuitées dans les refuges) nous avons pris soin de relever, grâce à la station de Bourg-St-Maurice, les conditions météorologiques tous les jours, du 1^{er} juillet 83 au 30 septembre de la même année, en vue d'une éventuelle extrapolation.

Nous allons présenter les méthodes d'extrapolation utilisées pour les deux types d'enquête.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE



CARTE 3. — Charges sur les sentiers pour les 14 jours d'enquête en 1982.

II. — DU COMPTAGE A L'ÉVALUATION DE LA FRÉQUENTATION SAISONNIÈRE GLOBALE

Pour des raisons financières évidentes, une enquête permanente sur l'ensemble de la saison touristique n'est guère envisageable. Onze jours d'enquête en 1977, quatorze pour celle de 1982, ne suffisent pas pour reconstituer la série chronologique sur la période estivale.

1. La méthode expérimentée en 1977 ou la recherche d'une fréquentation moyenne et d'une fréquentation maximale

En 1977, on parlait beaucoup de risque de saturation et les médias annonçaient déjà des chiffres énormes, de l'ordre du million de visiteurs. Ne disposant d'aucune série chronologique de chiffres des nuitées ou des voitures en stationnement près de la zone centrale du parc, il n'était pas possible de baser nos calculs sur des méthodes très fines. Nous avons alors décidé de donner une large fourchette dans laquelle se situe forcément la fréquentation globale. La limite inférieure représente une fréquentation saisonnière moyenne : sur les onze jours d'enquête 39 233 visites avaient été dénombrées, soit 3 567 en moyenne par jour. En estimant que les comptages, largement étalés du 10 juillet au 7 septembre, représentent toutes les possibilités de conditions météorologiques, de périodes de vacances et de fêtes, on peut alors extrapoler en multipliant par le nombre de jours comptés du 1^{er} juillet au 15 septembre, soit soixante dix sept jours, ce qui donnait 274 630 visites pour la période estivale. Sachant que cette période absorbe 90 % de la fréquentation annuelle, il y aurait 305 000 visites dans l'année. Ce chiffre est une première estimation pour laquelle il faut faire quelques réserves. La méthode de comptage ne permet pas d'être formel sur les impossibilités de double compte. Ainsi ce chiffre donne vraisemblablement une légère surestimation. La limite supérieure de la fourchette représente le cas, tout à fait invraisemblable, d'une fréquentation maximale en retenant le chiffre le plus important observé pour chaque œil. Ceci donnait 6 729 visites dénombrées, soit 518 133 pour la période estivale et 575 703 pour l'année. Ainsi, l'on pouvait avancer que la fréquentation se situait en 1977 dans le Parc National de la Vanoise entre 305 000 et 520 000 visites. La méthode retenue plus tard dans les Ecrins correspondait à la fréquentation moyenne. Celle appliquée dans les Pyrénées tient compte du nombre de voitures circulant sur les routes d'accès, en attribuant un taux de remplissage des véhicules, ceci permettait d'évaluer la fréquentation probable sans toutefois pouvoir déterminer le nombre de visites dans la seule zone centrale; la comparaison n'est donc pas possible.

Les résultats montrent la principale lacune : l'estimation du nombre de visites est très intéressante pour les problèmes écologiques (charges des sentiers, lieux les plus fréquentés) mais le nombre de visiteurs intéresse le gestionnaire en ce qui concerne les possibilités d'hébergement, la réputation du Parc et également les collectivités locales pour les retombées économiques sur la zone périphérique. C'est pourquoi l'enquête 1982 a été très améliorée permettant à la fois de connaître les charges et le nombre de visiteurs.

2. La fréquentation en terme de visiteurs

La méthode de comptage expérimentée en 1982 donne le nombre réel de visiteurs puisque chaque enquêté est repéré par son entrée, son itinéraire et sa sortie du Parc. A titre indicatif, il était intéressant de comparer les fréquentations en 1977 et 1982. Pour cela nous avons dû repérer les « yeux » correspondant à notre champ d'investigation de 1982, soit cinq yeux, ce qui donnait une fréquentation moyenne de 706 visites par jour soit 54 362 pour la période estivale. En 1982, 10 734 personnes ont été dénombrées pendant quatorze jours, soit une moyenne de 767 personnes par jour et 59 050 pour la saison. Ceci représente un accroissement d'au moins 9 % de fréquentation globale.

Si l'on reprend le raisonnement fait en 1977 selon lequel il arrive que tous les points d'observations atteignent leur fréquentation maximale le même jour, on obtient, pour 1982, 1 812 visiteurs, soit 139 524 visiteurs pour la saison d'été contre 115 500 pour le même périmètre en 1977, ce qui représente une augmentation de 20 % les jours d'affluence. Cet accroissement est légèrement sous-estimé puisqu'il ne faut pas perdre de vue qu'en 1982, ce sont des visiteurs qui ont été recensés et qu'en 1977 le doute sur les doubles comptes ne nous permet de parler que de nombre de visites nécessairement supérieur.

Nous avons noté les écarts considérables de fréquentation selon les conditions météorologiques. Pour affiner les résultats nous avons décidé d'en tenir compte dans les extrapolations. Nous avons classé les résultats selon le temps observé le jour de l'enquête (ce qui donne un écart allant de 73 personnes un jour de neige et brouillard le 27 août 1982 à 1 735 un jour de grand beau temps le 5 août). Nous avons ainsi obtenu une fréquentation moyenne pour trois types de temps : Beau, Moyen, Mauvais. Ayant relevé pendant la saison le temps enregistré par la station de Bourg-St-Maurice et pondéré selon le site, nous avons obtenu les résultats suivants : sur sept jours de beau temps, la fréquentation moyenne est de 1 145 visiteurs par jour, sur quatre jours de temps moyen, elle est de 570 et par mauvais temps, de 216 visiteurs par jour. Le temps est incontestablement le facteur déterminant de la fréquentation. Ainsi, en pondérant par le nombre de jours de beau temps, temps moyen et mauvais, on obtient un chiffre de 60 554 personnes pour la saison dans le périmètre étudié. Et l'on peut affirmer qu'il est très proche de la vérité.

La dernière précision à apporter sur toutes les méthodes appliquées dans l'ensemble des Parcs concerne le nombre de visiteurs réels. A l'heure actuelle, il est très difficile de savoir si un même visiteur vient plusieurs fois dans le Parc pendant les périodes d'enquête. Mais ce qui est le plus important, c'est bien le nombre de personnes présentes dans le Parc.

III. — DE L'ÉVALUATION DE LA FRÉQUENTATION A SA PRÉVISION

En 1977 nous avons essayé de voir s'il était possible de prévoir la masse de visiteurs susceptibles de parcourir le Parc de façon globale, ou mieux, de pouvoir

à l'avance en prévoir la répartition spatiale. Pour ceci, nous avons essayé de chercher à définir une relation entre la fréquentation des sentiers d'une part et celle des parkings entourant le parc et des refuges d'autre part.

Plusieurs méthodes ont été expérimentées dont certaines avaient été mises au point par le Laboratoire d'Economie des Transports et avaient donné jusqu'ici de très bons résultats. Nous présentons ici la méthode ainsi que les résultats obtenus.

L'objectif poursuivi est la prévision du trafic sur les sentiers lorsque l'on connaît le nombre de voitures sur les parkings et/ou le nombre de nuitées dans les refuges.

Il s'agit donc d'établir une relation simple entre le nombre de personnes observées par un « œil » sur un sentier et le nombre de personnes en provenance des parkings et refuges « proches ». Cette relation sera du type » :

$$y = a_1x_1 + a_3x_3 + \dots + b$$

dans laquelle y représente « l'œil » et x_1, x_2, x_3, \dots les parkings ou les refuges connexes. Dans la suite de l'exposé, nous appellerons variable expliquée la variable y et variables explicatives x_1, x_2, \dots

Il nous faut donc estimer les coefficients a_1, a_2, a_3, \dots et b.

Pour cela, plutôt que d'utiliser la méthode désormais classique de la régression multiple, dont les inconvénients sont bien connus, nous avons préféré explorer une méthode d'estimation des coefficients basée sur les méthodes d'analyse multidimensionnelle des données qui a fait ses preuves au Laboratoire d'Economie des Transports pour résoudre des problèmes identiques.

Dans une première étape, il a été nécessaire de préciser la notion de connexité des refuges et des parkings par rapport à un œil. Pour un non connaisseur du Parc, une méthode simple a consisté à calculer les coefficients de corrélation entre les valeurs observées. Environ cent cinquante corrélations significatives ont été trouvées. Parmi celles-ci quelques relations semblent impossibles. Une double explication peut être trouvée :

- le petit nombre d'observations n'autorise qu'une estimation grossière du coefficient de corrélation;
- une corrélation élevée n'implique pas un lien de causalité et peut être due à d'autres raisons, par exemple, les conditions climatiques.

Nous avons retenu certains axes qui nous paraissaient particulièrement intéressants de par la proximité d'un refuge ou d'un parking. Parmi les quatre axes retenus, un seul a une bonne liaison avec les refuges les plus proches.

Il faut noter que pour donner le même poids aux sentiers, parkings et refuges, les données ont été traitées « centrées-réduites »; les résultats ne peuvent donc être utilisés qu'en « centrés-réduits ».

Sur ces quelques exemples nous avons constaté que seul un axe paraît avoir un lien avec les refuges proches. En effet, c'est le seul cas où les coefficients sont tous positifs. Les raisons possibles de l'échec de la méthode dans ce cas d'étude sont surtout les liens existant entre les variables elles-mêmes et vraisemblablement l'existence de variables influant la fréquentation des sentiers telles que la répartition des vacances, les festivités dans la région, les conditions climatiques... qui n'ont pu être prises en compte.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

CARACTERISTIQUES ET RESULTATS	OBSERVATIONS PAR LES "YEUX" (1977)		ENQUETE "CARTE GRAPHITEE"(1982)	
	AVANTAGES ET INTERET	INCONVENIENTS ET CONTRAINTES	AVANTAGES ET INTERET	INCONVENIENTS ET CONTRAINTES
Conditions d'enquête et collecte des données	Fiches de relevés aisées à remplir (faible risque d'erreur) Bonne couverture du Parc National de la Vanoise par 24 observateurs seulement	Conditions d'enquête éprouvantes (travail pénible, temps fixe) et fatigue vécue (observation prolongée à la jumelle) Nécessité de commencer l'enquête assez tôt le matin	Faible encombrement des cartes pour un maximum de données sur la composition des groupes. Courte mobilisation de l'enquête (5') pour remplir la carte (sensibilisation possible dans la presse, aux portes du Parc, dans les refuges avec explication). Une seule personne enquêtée/groupe si le même itinéraire, sinon par tous. Absence de codage, saisie directe par le lecteur de cartes des informations	Risque d'erreur dans le crayonnage des cases (manque de temps, fiche remplie par l'enquêteur lui-même) Aux périodes de pointe, nécessité de compter à part les visiteurs ayant échappé à l'enquête Nombre supérieur d'enquêteurs nécessaires pour une couverture complète du Parc National de la Vanoise (36 environ, soit 6 par secteur)
Support et Matériel de l'enquête	Etablissement facile des feuilles de comptage, un type par secteur d'observation Coût peu élevé	Nécessité de coder les feuilles en complétant les entrées des domaines dans l'ordinateur Pas de saisie directe	Etablissement de cartes graphiées différente, une par secteur dans le cas du Parc National de la Vanoise	La mise au point des cartes graphiées est minutieuse, le coût de réalisation est plus élevé que celui de simples feuilles de comptage
Traitement des données	Programmes simples de déroulement et de tracé automatique des flux	Non prise en compte des promoteurs faisant une courte incursion dans la zone centrale. Impossibilité de connaître les itinéraires parcourus (origine et destination inconnues) Risque de double compte dans certaines zones	Tracé automatique des flux et des itinéraires	Mise au point de programmes plus complexes
Principaux résultats	Représentation par tracé automatique des flux de visiteurs par axe orienté. Repérage rapide des secteurs et des zones les plus chargées, comparaison approximative de cette carte avec la carte écologique du Parc National de la Vanoise mentionnant les zones les plus sensibles	Non prise en compte des promoteurs faisant une courte incursion dans la zone centrale. Impossibilité de connaître les itinéraires parcourus (origine et destination inconnues) Risque de double compte dans certaines zones	- Enquête pratiquement exhaustive les jours de comptages - Mise en évidence à la fois des : - charges sur les sentiers - itinéraires (tracés, importance relative) - Etude plus fine de la fréquentation donc plus instructive dans la comparaison avec les zones écologiquement fragiles	On ne peut faire des cartes de charges orientées sur les sentiers, en raison des boucées qui sont toujours prises dans le même sens du fait de l'algorithme retenu.

Devant l'échec de la méthode au niveau des axes, nous avons tenté l'expérience au niveau des sommes de flux par secteur du Parc. On obtient des résultats (pour l'ensemble des flux observés sur tous les sentiers d'un secteur, les nuitées dans tous les refuges du secteur et le nombre de véhicules sur tous les parkings du secteur ayant été retenus en tant que variables explicatives) plus satisfaisants.

Les corrélations sont acceptables pour les secteurs 1, 4, 5, les autres comportant encore des coefficients négatifs.

Une fois déterminées les variables explicatives pour chaque œil, nous avons procédé à l'estimation des paramètres a_i . Les relations trouvées, pour une vingtaine de points d'observation, ne sont pas très satisfaisantes : on voit mal comment une augmentation du trafic sur les sentiers peut être expliquée par une baisse du nombre de voitures sur les parkings. Cette difficulté provient principalement de la corrélation qui existe entre les variables explicatives (dans ces conditions, tout ajustement entre œil d'une part, parkings et refuges d'autre part, doit être abandonnée au profit d'une analyse à une seule variable explicative). C'est la démarche que nous avons choisie.

Il apparaît clairement, qu'il n'est pas nécessaire de faire des enquêtes lourdes et coûteuses très souvent, mais qu'il est possible de retenir deux variables telles que le temps et les nuitées dans les refuges à condition que les données soient fiables pour élaborer des modèles permettant la connaissance de la fréquentation (globale et en terme de flux) en des périodes « hors enquêtes ».

CONCLUSION

Au terme de cette présentation, il est clair que les méthodes mises en œuvre pour apprécier et mesurer les différents aspects de la fréquentation touristique dans les Parcs Nationaux sont perfectibles. La diversité des approches au départ, loin d'être en soi un inconvénient, permettra au contraire aux Directions des Parcs et aux équipes de recherche concernées de tirer parti des enseignements de leurs expériences mutuelles pour le lancement de prochaines enquêtes.

Le Laboratoire d'Economie des Transports, est parvenu à concevoir progressivement une méthode relativement originale dans le cas d'un Parc National pour lequel les comptages routiers sont inopérants; le progrès des résultats obtenus en 1982 par rapport à ceux de 1977 sont assez significatifs à cet égard.

Pour l'avenir, nous pensons que devraient être poursuivis deux types d'enquête de fréquentation :

- des enquêtes lourdes, avec une périodicité de cinq ans environ, avec la réalisation, la même année, d'une enquête socio-économique et d'une enquête quantitative de fréquentation;
- des enquêtes légères, plus fréquentes et limitées à certains secteurs ou à certaines zones d'un Parc, choisis en fonction de plusieurs critères : bonne représentativité de l'évolution de la fréquentation globale, correspondance avec des périmètres écologiquement fragiles, etc.

La fiabilité et la finesse des résultats de telles enquêtes dépendent non seulement de la pertinence des méthodes utilisées mais aussi dans une large mesure de deux facteurs essentiels :

- la réalisation des comptages sur les sentiers à des fréquences et à un nombre de postes plus élevés, nécessite des besoins financiers importants; aussi, en raison du coût et de la nature même de cette recherche, l'aide des Etablissements Publics Régionaux à la réalisation des enquêtes de fréquentation pourrait être envisagée;
- la sensibilisation de l'opinion publique à ces études de fréquentation. Elle doit reposer sur une information préalable des futurs visiteurs par la radio et la télévision régionales par exemple et par les bulletins des Amis des Parcs, les revues de randonnées pédestres afin que soient clairement exposés l'intérêt de ces enquêtes et les grands principes de leur déroulement. En contrepartie, les résultats devraient être largement diffusés par les mêmes moyens.

BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIVE

Références sur les Parcs américains

- STANKEY (G.H.), 1972. — A strategy for the definition and management of wilderness quality — in J.V. KRUTILLA ed., *Natural Environments, Studies in Theoretical and Applied Analysis*, The John Hopkins Press, Baltimore, 88-114.
- FISCHER (A.C.) et KRUTILLA (J.V.), 1972. — Determination of optimal capacity resource based recreation facilities, in J.V. KRUTILLA ed. op. cit.
- WAGER (J.A.), 1964. — The carrying capacity of wildlands for recreation, *Forest Science Monograph 7*, Society of American Foresters.
- MANCHICK (M.D.), 1973. — Optimal allocation of outdoor recreation in the presence of ecological carrying capacity limitations and congestion effects, *Papers and Proceedings of the Regional Science Association*, vol. 30, 77-96.
- PRICE (C.), 1979. — Public preference and the management of recreational congestion, *Regional Studies*, vol. 13, 125-139.
- CUSSET (J.M.), 1978. — Création et gestion des environnements naturels, les enseignements de l'analyse économique, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, n° 3, 269-298.

Références sur les Parcs Nationaux français

- POINT (P.), MALFAIT (J.J.), 1976. — Etude de la fréquentation des parcs nationaux : l'exemple du Parc des Pyrénées Occidentales. Vol. 1. Analyse quantitative globale, Vol. 2. Eléments pour une analyse qualitative de la fréquentation, Vol. 3. Déplacements des usagers et impact écologique. Laboratoire d'analyse et de recherche économiques, Bordeaux.
- AVOCAT (Ch.), THENOZ (M.), 1981. — La fréquentation touristique du Parc National des Ecrins, été 1979, *Travaux scientifiques du Parc National des Ecrins*, tome 1, 211-256.
- BLOY (D.), CUSSET (J.M.), PATIER-MARQUE (D.), SOUM (D.), 1976. — Fréquentation du Parc National de la Vanoise. Analyse socio-économique. *Cahier n° 1 de l'Institut des Etudes Economiques*, série turquoise. Lyon.
- BONNAFOUS (A.), CUSSET (J.M.), HEBERT (Cl.), HOUOT (Ph.), PATIER-MARQUE (D.), 1978. — Fréquentation du Parc National de la Vanoise. Résultats des comptages effectués pendant la saison d'été 1977. *Cahier de l'I.E.E.*, série turquoise, Lyon.
- ARMAND (J.), CAZAUFRENC (B.), DE BALANDA (J.L.), RAFFIN (Cl.), 1982. — Agriculture et tourisme dans le contexte d'un Parc National. Monographie réalisée dans le Canton de Lanslebourg, LET — ISARA, 46 p. + annexes.

SUIVI DE L'ÉVOLUTION DE LA KÉRATOCONJONCTIVITE SUR LE PEUPEMENT D'ONGULÉS SAUVAGES DU PARC NATIONAL DE LA VANOISE (Département de la Savoie) en 1983

par Jean HARS (1), Dominique GAUTHIER (2)(3)

Introduction	159
I. — Données sur le peuplement d'Ongulés sauvages du Parc National de la Vanoise avant l'apparition de la kératoconjunctivite	160
II. — Matériel et méthodes	163
III. — Etude clinique	167
IV. — Etude cinétique	169
V. — Caractères épidémiologiques	180
VI. — Hypothèses — Moyens de lutte	196
Conclusion générale	198
Références bibliographiques	200

Résumé. — En 1983, une épizootie de kératoconjunctivite contagieuse a évolué sur les peuplements de chamois et de bouquetins du Parc National de la Vanoise.

Trois méthodes d'investigation ont été utilisées par le personnel de terrain et les vétérinaires, pour mener une enquête épidémiologique dans un milieu naturel exempt d'infection humaine. Elles ont permis de suivre la progression géographique de la maladie, d'effectuer systématiquement sur des échantillons de population et l'évolution de son taux de morbidité.

(1) La Fennaz — TERMIGNON 73500 MODANE.

(2) Direction du Parc National de la Vanoise — 135 rue du Docteur Julliard — BP 705 — 73007 Chambéry CEDEX.

(3) Ont collaboré à ce travail : les gardes-moniteurs du Parc National de la Vanoise, le Docteur Philippe GIBERT (St-Pierre d'Albigny), le Docteur Gérard MONTAGUT (Directeur du Laboratoire des Services Vétérinaires de la Savoie), M^{me} Lucette HUGONNET (Laboratoire de Parasitologie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon).

Nous remercions également pour leur participation O. DUMONT et J. OUDAR (Laboratoire de Microbiologie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon), J. GASTELLU (Laboratoire d'Anatomie pathologique de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon) et J.M. GOURREAU (Laboratoire Central de Recherches Vétérinaires d'Alfort).

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

Cette épizootie est une extension de celle qui sévissait dans le massif du Grand Paradis (Italie) en 1982. Elle a touché successivement tous les secteurs du Parc National de la Vanoise, quelles qu'en soient les densités en Ongulés. Elle manifeste une très forte contagiosité estivale, mais une létalité modérée, la guérison spontanée constituant l'issue dominante. Si les cabris semblent peu sensibles, les chamois de deuxième année ont été, par contre, les plus gravement touchés.

Après démonstration de la similitude de l'évolution estivale de la maladie dans différentes zones du Parc, il est proposé un modèle épidémiologique de la kératoconjonctivite.

Enfin, les résultats de cette étude montrent que, dans le massif de la Vanoise, l'application d'un plan prophylactique n'aurait pas été fondé.

Mots clés : *Vanoise* — *Pathologie* — *Kératoconjonctivite* — *Ongulés sauvages* — *Epidémiologie*.

Summary. — STUDIES ABOUT THE EVOLUTION OF KERATOCONJUNCTIVITIS ON WILD UNGULATES OF THE NATIONAL PARK OF VANOISE (DEPARTMENT OF SAVOIE) DURING 1983.

During 1983, an epizooty of contagious keratoconjunctivitis has been expanding on the chamois (*Rupicapra rupicapra*) and ibex (*Capra ibex*) living in the National Park of Vanoise.

Three different methods has been used by the staff of the Park and the authors, to lead epidemiologic investigations in a free of human interferences-middle. It has allowed to follow the geographic progress of the disease, its unrolling on samples of population and the evolution of its morbidity rate.

This epizooty extends the outbreak which has touched the Massif of Gran Paradiso (Italy) during 1982. It has been successively spreading in all the areas of the National Park of Vanoise, whatever the densities in Ungulates are. It shows a huge summer-contagiousness, but a moderated mortality with spontaneous recovery as usual conclusion.

After the demonstration of the similarity of summer development of the disease in different areas of the Park, an epidemiologic model of the keratoconjunctivitis is proposed.

The results of this study show that, in Vanoise Massif, to apply a prophylactic program wouldn't have been justified.

Key-words : *Vanoise* — *Pathology* — *Keratoconjunctivitis* — *Wild Ungulates* — *Epidemiology*.

Riassunto. — Nel 1983 un'epizootia di cheratocongiuntivite infettiva si è sviluppata fra i popolamenti di camosci e stambecchi del Parco Nazionale della Vanoise.

Tre metodiche sono state utilizzate da parte degli agenti di terreno e degli autori per condurre un'inchiesta epidemiologica in un ambiente naturale esente dall'intervento dell'uomo. Le stesse hanno permesso di seguire la progressione geografica della malattia, il suo sviluppo su campioni di popolazione e l'evoluzione del tasso di morbilità.

Questa epizootia è un'estensione di quella comparsa sul massiccio del Gran Paradiso (Italia) nel 1982. Ha colpito successivamente tutti i settori del Parco Nazionale della Vanoise qualunque fossero le densità in ungulati. Manifesta una fortissima contagiosità estiva ma una letalità moderata, rappresentando la guarigione spontanea l'esito più comune.

Dopo aver dimostrato la similitudine dell'evoluzione estiva della malattia in differenti zone del parco si propone un modello epidemiologico della cheratocongiuntivite.

I risultati di questo studio mostrano che, nel massiccio della Vanoise, l'applicazione di un piano di profilassi non avrebbe avuto fondamento.

Parole-chiave : *Vanoise* — *Patologia* — *Cheratocongiuntivite* — *Ungulati selvatici* — *Epidemiologia*.

INTRODUCTION

Durant l'année 1983, un phénomène pathologique aigu, la kératoconjonctivite infectieuse du chamois, s'est exprimé de manière spectaculaire sur le peuplement d'Ongulés sauvages du massif de la Vanoise. Il faisait suite à une épizootie qui s'était développée dans les Alpes italiennes depuis le mois d'août 1981 (fig. 1).

Des débats passionnés se sont ouverts autour de l'étiologie de cette maladie, de ses conséquences et des moyens de lutte susceptibles d'être appliqués. Ils ont montré la nécessité d'une étude précise de l'épidémiologie de la kératoconjonctivite comme base indispensable à la compréhension du phénomène.

Le présent article se propose donc de présenter la synthèse d'une année d'évolution de la kératoconjonctivite dans le massif de la Vanoise, entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 1983. Ce bilan s'appuie sur un important travail de suivi, comptabilisant plus de 1 000 journées d'observation, et assuré sur le terrain par tous les gardes-moniteurs du Parc et les vétérinaires chargés de la surveillance sanitaire de la faune.

Le caractère original de cette étude réside dans le fait qu'elle porte sur une épizootie ayant évolué dans des conditions naturelles, sans que le processus pathologique ait été modifié par une intervention humaine.

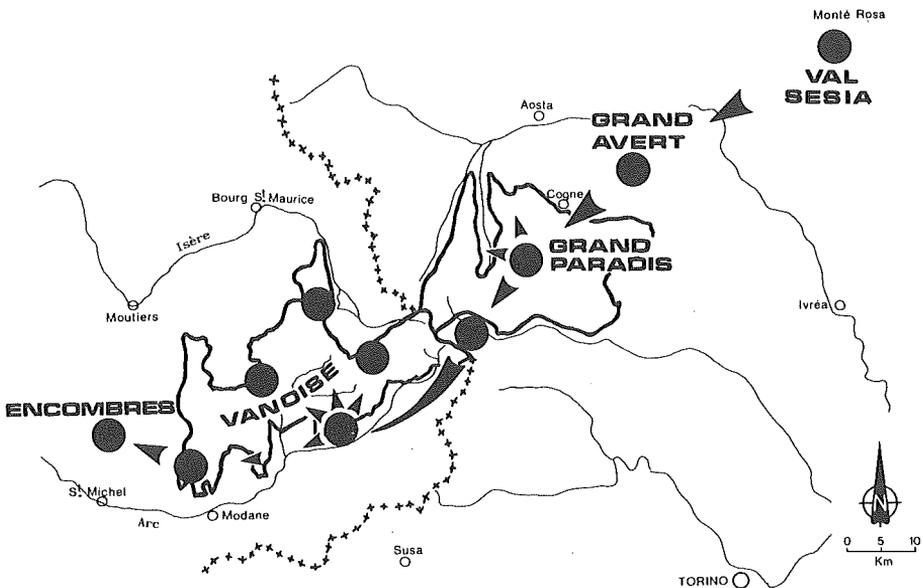


FIG. 1. — Carte d'extension de la kératoconjonctivite dans les Alpes du Nord depuis 1981.

Les méthodes utilisées et les difficultés rencontrées dans leur application en milieu naturel, seront d'abord exposées. Puis nous ferons part des résultats obtenus par l'étude d'une harde de référence, et leur confirmation sur l'ensemble du Parc. Nous envisagerons ensuite les différentes caractéristiques épidémiologiques de cette maladie (type de progression, facteurs de réceptivité des animaux, incidence sur le peuplement d'Ongulés). Enfin, nous discuterons de l'opportunité d'une intervention prophylactique.

Définition de la kératoconjunctivite contagieuse du chamois : la kératoconjunctivite est une maladie contagieuse, le plus souvent épizootique, atteignant le chamois, sa sous-espèce l'isard, et le bouquetin, à tous âges. Elle se manifeste par une conjunctivite aiguë presque toujours bilatérale, qui peut évoluer soit vers la guérison, soit vers une kératoconjunctivite purulente pouvant amener une cécité plus ou moins complète par ulcération et perforation de la cornée, entraînant indirectement la mort de l'animal par dégradation progressive de son état général ou par accident.

L'étiologie de cette affection est encore mal connue.

I. — DONNÉES SUR LE PEUPEMENT D'ONGULÉS SAUVAGES DU PARC NATIONAL DE LA VANOISE AVANT L'APPARITION DE LA KÉRATOCONJUNCTIVITE

A) CAS DU CHAMOIS

1. Situation quantitative

L'évolution quantitative de la population de chamois du Parc National de la Vanoise depuis 1964 a été étudiée par FERBAYRE et coll. en 1983. Ces auteurs montrent que la courbe d'accroissement est comparable au schéma proposé par RINEY (courbe en S) et qu'il est peu probable que la « phase plateau », correspondant généralement à une saturation du milieu, soit déjà atteinte (cf. fig. 17).

Le recensement de 1981 a révélé une population comptant 5 108 individus.

2. Densité des populations

La densité globale en Ongulés sauvages du massif de la Vanoise pouvait être estimée en 1982 à 10/100 hectares. Ce chiffre a en fait peu de valeur car la capacité territoriale d'un massif dépend surtout des cantonnements estivaux et hivernaux des populations qu'il héberge.

FERBAYRE et coll. ont dressé en 1983, une carte de répartition des chamois qui donne une situation de la population juste avant le pic estival de kératoconjunctivite (fig. 2) et montre la variabilité de la densité suivant les secteurs.

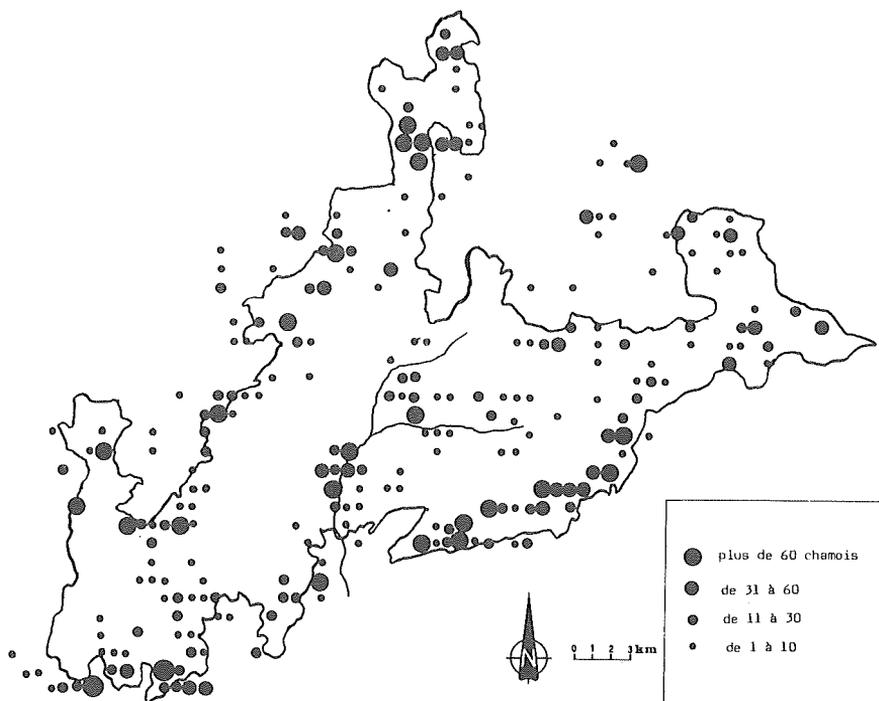


FIG. 2. — Répartition des chamois au cours du comptage de juillet 1983 (d'après FERBAYRE et coll., 1983).

3. Taux de reproduction

En Vanoise, cet indice a été suivi par HARS (1979 et 1980), FERBAYRE et coll. (1983), BANTIN, FERBAYRE (1984) et VION (communication personnelle) sur plusieurs échantillons de population et dans les deux « zones-test » (Eaux-Noires et Sana-Roche Brune).

Tous les résultats font apparaître des indices de reproduction compris entre 70 % et 86 %, ce dernier chiffre étant obtenu en 1981 et 1982 sur les femelles marquées de la zone-test des Eaux-Noires.

4. Sex-ratio

Quelque soit le massif, l'évaluation précise du sex-ratio des populations de chamois est difficilement maîtrisable en raison de l'existence d'un pourcentage non négligeable d'animaux non identifiés lors des opérations de recensement. C'est le cas dans le Parc National de la Vanoise.

Néanmoins, nous rappellerons dans le tableau I les résultats des comptages de juillet 1982 dans les zones-test des Eaux-Noires et de la Sana-Roche Brune.

TABLEAU I
Résultats des comptages effectués en 1982 dans les deux zones-test du Parc National de la Vanoise.

Zone d'étude	Nombre total	Indéterminés	Sex-ratio
Eaux-Noires	139	14 %	3,5 F/ 1 M
Sana-Roche Brune	275	13 %	1,4 F/ 1 M

5. Etat sanitaire

La surveillance sanitaire des Ongulés du Parc est assurée depuis 1976 et a permis à MONTAGUT et coll. (1981) de dresser un tableau des principales affections rencontrées sur ces animaux. En 1981 et 1982, il semble qu'aucune pathologie particulière, pouvant attester une mauvaise santé des populations, ne se soit manifestée.

B) CAS DU BOUQUETIN

MARTINOT et coll. (1983) ont étudié le peuplement de bouquetins du Parc de la Vanoise. Ils distinguent deux grands types de populations :

- une « population vieille » restant cantonnée dans les secteurs de Modane et Termignon, semblant parvenir à son niveau maximum;
- des « populations jeunes » (réintroductions et colonisations en frontière italienne) sur lesquelles on observe de forts taux de reproduction et une croissance plus active.

Par ailleurs, les effectifs globaux tendent à se stabiliser depuis 1977 entre 500 et 600 individus.

Le peuplement de bouquetins du Parc de la Vanoise est donc constitué de noyaux à caractéristiques fort différentes, quant à leur ancienneté d'implantation, leur effectif et leur croissance.

C) CONCLUSION

Ces données serviront de base à l'analyse des situations futures au sein du Parc National de la Vanoise, et pourront être comparées avec celles connues dans d'autres massifs, dans le but, notamment, d'évaluer leur éventuelle influence sur l'apparition et le déroulement de la maladie.

II. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

A) SOURCES D'OBSERVATION

Les observations ont été effectuées tout au long de l'année 1983 par les agents de terrain du Parc : soit occasionnellement sur des animaux vivants ou des cadavres, lors des tournées de surveillance; soit sur des hardes déterminées dont certains animaux, marqués, ont fait l'objet d'examen plus approfondis; soit enfin sur des sujets malades capturés. Ces différentes sources sont consignées dans le tableau II. Nous utiliserons la notion de « contact », différente de la notion de « cas de kératoconjunctivite » dans la mesure où le même animal a pu être observé plusieurs fois.

TABLEAU II
Sources d'observations

Situation des animaux atteints		Nombre d'observations	Conditions d'observation
ANIMAUX VIVANTS		Chamois : 1079 contacts Pouquetins : 95 contacts	{ sur le terrain par contact occasionnel suivi d'échantillons de population
ANIMAUX CAPTURÉS	euthanasiés	30 chamois	{ salle d'autopsie laissé sur le terrain après prélèvements
	observés en captivité	7 chamois	parc de captivité— Au total : 48 journées d'observation
	relâchés avec une marque auriculaire	1 chamois 1 pouquetin	. capturé manuellement . capturé par téléanesthésie
CADAVRES		Chamois : 150 dont 78 sur lesquels des lésions de kératoconjunctivite ont été décelées Pouquetins : 15, tous atteints	{ observation directe sur le terrain observation en salle d'autopsie

Le diagnostic à distance de la maladie en début d'évolution a nécessité l'utilisation de longues-vues grossissant 25 ou 40 fois, les jumelles classiques (grossissant 8 fois) étant alors insuffisantes.

Par ailleurs, les tableaux de chasse dans vingt-quatre communes de la zone périphérique du Parc nous ont été communiqués soit par les présidents de société de chasse, soit par les gardes-moniteurs chargés du contrôle des chamois tués dans les sociétés soumises à plan de chasse.

Sur 607 chamois tués en zone périphérique du Parc, 112 présentaient des lésions de kératoconjunctivite. Pour cinq communes fortement touchées par la maladie durant la saison de chasse (Aussois, Le Bourget, Tignes, Peisey-Nancroix, Champagny), le sexe et la classe d'âge des chamois chassés nous ont été communiqués.

B) MÉTHODES

1. Recensement des cas

Les renseignements concernant les animaux atteints ont été consignés journalièrement sur deux types de fiches d'enquête (cf. annexe I), l'une pour les animaux vivants, l'autre pour les cadavres. Une synthèse de l'ensemble de ces fiches a été faite mensuellement pour établir les cartes périodiques de l'évolution de la maladie.

Nous avons dû apporter des corrections par rapport au nombre de contacts recensés chaque mois : en effet, la pression d'observation était différente suivant les secteurs, et le nombre d'animaux réellement atteints était estimé, soit par défaut (surveillance exhaustive de tout le territoire du Parc impossible), soit par excès (observations répétées des mêmes animaux au cours du même mois). Nous avons donc considéré, pour une harde donnée, l'observation du jour dans le mois où il a été vu le plus grand nombre d'animaux malades.

L'utilisation des deux fiches d'enquête, de manière généralisée sur l'ensemble du Parc, nous a permis d'analyser la progression géographique de la kératoconjonctivite et certains caractères des animaux atteints (symptômes, âge, sexe).

Cette méthode, si elle répond à un objectif de recensement des cas et de surveillance d'un territoire, s'avère inadaptée pour appréhender l'incidence de la kératoconjonctivite sur les peuplements d'Ongulés, et son déroulement au sein d'une harde. Dans ce but, il a paru nécessaire de restreindre le champ d'étude à quelques secteurs définis et d'y intensifier la pression d'observation.

2. Etude de l'évolution de la kératoconjonctivite sur des échantillons de population

Cette méthode a pour but d'analyser, par des échantillonnages successifs, le déroulement de la kératoconjonctivite sur une population connue et indemne au départ.

Ce type d'étude, réalisée en milieu sauvage, se heurte à de nombreuses difficultés, dues à la mobilité des animaux, au mélange des hardes et aux aléas de l'observation en milieu montagnard.

Le protocole d'enquête a donc été basé sur les impératifs suivants :

- choix du lieu (facilité d'accès et d'observation des animaux);
- choix de la population (suffisamment importante et stable);
- périodicité des tournées d'observation (hebdomadaires au moins, du fait de la rapidité d'évolution des symptômes);
- présence d'animaux identifiés servant de « traceurs » (4).

(4) Dans le Parc National de la Vanoise, un certain nombre d'Ongulés a fait l'objet d'un marquage auriculaire dans le cadre de l'étude écoéthologique des chamois et bouquetins.

KÉRATOCONJONCTIVITE DES ONGULÉS SAUVAGES

Les données relatives à chaque journée d'observation ont été consignées sur une fiche dont un modèle est présenté en annexe II.

Pour chaque animal marqué, une courbe individuelle de maladie et une carte de ses déplacements ont été réalisées (fig. 3).

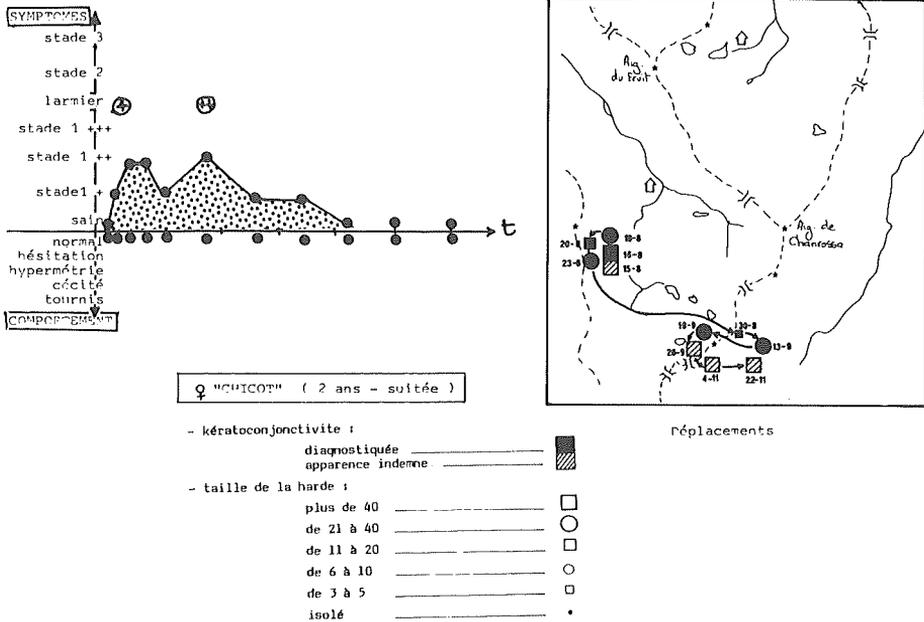


FIG. 3. — Courbe de maladie et carte de déplacement d'un chamois marqué.

Enfin, avant d'exploiter ces informations, nous avons vérifié la stabilité de la population étudiée, à l'aide des critères suivants :

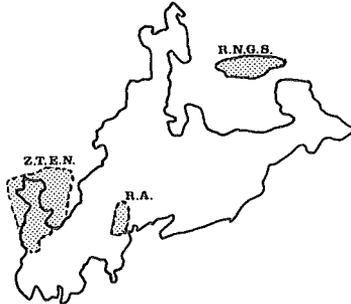
- étude de la localisation des animaux;
- comparaison des effectifs d'un échantillonnage à l'autre; (calcul du coefficient de dispersion $\lambda^2 = \text{variance/moyenne}$);
- contrôle de la stabilité de la structure de population (test de χ^2 global : cf. annexe III).

La pratique de terrain des gardes-moniteurs nous a été également précieuse pour juger ces faits.

Les deux zones d'étude retenues sont :

- La Réserve naturelle de la Grande Sassièrè, sur la commune de Tignes, peuplée de chamois et de bouquetins (R.N.G.S.).
- La « zone-test » des Eaux Noires, sur les communes de Pralognan, Courchevel, les Allues, peuplée de chamois (Z.T.E.N.).

Une troisième zone (R.A. : Roc de l'Arpont) a été éliminée, car la harde de bouquetins qu'elle héberge n'est pas stable sur les plans géographique et structural.



3. Evaluation de la morbidité de la kératoconjonctivite

Cette troisième méthode d'investigation consiste en l'examen d'un échantillon suffisamment grand de chamois dans différentes zones du Parc, sans chercher à recenser exhaustivement les cas de kératoconjonctivite, mais dans le but de calculer la proportion d'animaux atteints. Elle permet donc de donner des valeurs précises du taux de morbidité, qui pourront être comparées suivant les zones, pour vérifier l'homogénéité ou les particularités de l'évolution de la kératoconjonctivite.

4. Etude de la pathologie associée à la kératoconjonctivite

Il a paru intéressant de comparer l'état sanitaire des animaux atteints de kératoconjonctivite à celui des sujets qui ne présentaient pas de lésions oculaires, afin de voir si cette maladie sélectionne des animaux préalablement affaiblis, ou si les pathologies rencontrées en 1983 sont significativement différentes de celles décrites par MONTAGUT et coll. (1981). Ainsi, 51 chamois et 6 bouquetins ont-ils subi un contrôle vétérinaire en 1983 (autopsie, parasitologie, bactériologie, sérologie, histologie, ...).

5. Conclusion

Les trois premières méthodes d'étude ont été mises en place progressivement et en complémentarité; elles correspondent à trois niveaux différents : la surveillance générale, la focalisation sur une zone définie, les sondages sur différents secteurs. Leur application a bénéficié du cadre privilégié que constitue un parc national, et de la motivation de ses agents, face aux difficultés d'investigation en milieu naturel et à l'envergure du travail demandé.

Parallèlement, l'École Nationale Vétérinaire de Lyon a mené des études fondamentales sur l'étiologie de la kératoconjonctivite (bactériologie, virologie : BIJLENGA, OUDAR, DUMONT; histologie : GASTELLU).

III. — ÉTUDE CLINIQUE

A) CHEZ LE CHAMOIS

1. Résultats

La symptomatologie de la kératoconjonctivite du chamois dans le Parc National de la Vanoise a été établie d'après les sources d'observation décrites dans le tableau II, et grâce au suivi clinique individuel de 19 animaux marqués dans les zones d'étude restreintes (annexe IV). Les différents stades de l'affection sont les suivants :

— *stade 1* : l'animal présente une conjonctivite bilatérale accompagnée d'un gonflement anormal des paupières qui paraissent semi-fermées, avec un écoulement lacrymal plus ou moins abondant (« gouttière lacrymale » ou « larmier »). Des manifestations de douleur (animal secouant et se frottant la tête) semblent associées au tout début d'évolution. La gouttière lacrymale est plus importante et plus visible en hiver qu'en été;

— *stade 2* : la cornée s'opacifie progressivement (kératite bleue). L'acuité visuelle diminue et des troubles de comportement commencent à apparaître (hésitation, hypermétricie);

— *stade 3* : sur la cornée, apparaissent des micro-ulcères puis un ulcère important pouvant aller jusqu'à la perforation complète de l'œil : les animaux aveugles n'évitent plus les obstacles, ont plus d'aptitude à monter qu'à descendre, et semblent incapables de franchir les ruisseaux et de contourner les plans d'eau; c'est ainsi que quatre cadavres ont été retrouvés dans des lacs. Par contre, les déplacements sont peu perturbés en terrain dégagé (pelouse, neige);

— *stade 4* : on observe une fonte purulente de l'œil, puis la mort à plus ou moins brève échéance : ce délai est fonction des conditions qu'offre le milieu à l'animal; c'est ainsi qu'une femelle totalement aveugle et présentant des symptômes de tournis (cf. annexe IV : Bleue D Sassièr) a survécu plus de 47 jours dans son milieu naturel (alpage peu accidenté);

— les complications nerveuses se traduisant par du tournis sont fréquemment associées aux stades 3 et 4 de la maladie (45 % sur 135 observations). Toutefois, trois chamois ont manifesté ce symptôme alors qu'ils présentaient des lésions de l'œil peu évoluées (stade 2 ou 1).

Vue l'importance qu'a revêtue, au cours de cette enquête, la reconnaissance sur le terrain des animaux guéris, nous insisterons sur les critères retenus par les observateurs :

- le comportement et l'aptitude au déplacement de l'animal sont normaux;
- la fente palpébrale est large (absence d'œdème);
- l'œil est noir et brillant, sans lésion de kératite;
- une gouttière lacrymale sèche, se manifestant par une absence ou une coloration anormale du poil, témoigne le tarissement d'un écoulement préexistant.

La guérison spontanée a été fréquemment constatée : elle peut intervenir :

- au stade 1 : la récupération de la vue est totale, sans séquelles hormis des traces de larmier ancien avec perte et coloration différente des poils de la face;
 - au stade 2 : la récupération de la vue est également totale avec une légère séquelle d'opacification cornéenne centrale (taie cornéenne);
 - au stade 3 : la guérison ne paraît possible que si un seul œil est perforé (5).
- On est alors en présence de chamois borgnes, comme cela a été observé sur certains animaux chassés en 1983. Si les deux yeux sont ulcérés, une cicatrisation des tissus restant dans la chambre oculaire peut se faire, mais la cécité est irréversible.

2. Discussion

La symptomatologie et le tableau lésionnel de la kératoconjonctivite du chamois ont été abondamment décrits dans la littérature, notamment par GIBERT (1978), HAVET (1978), TOURNUT (1982), APPOLINAIRE et MULLER (1983). Il était toutefois intéressant de rappeler les différents stades de l'affection, afin d'envisager l'étude cinétique de la maladie.

Certains caractères spécifiques à la Vanoise ont été observés :

— la gouttière lacrymale existe de façon variable et non obligatoire suivant les individus, et suivant les saisons. Un critère plus fidèle de diagnostic à distance de la maladie aux stades 1 et 2 a été l'œdème des paupières;

— l'atteinte nerveuse (tournis) n'a pas toujours concordé avec l'atteinte oculaire;

— sur le plan comportemental, les chamois atteints de kératoconjonctivite ont tendance à s'isoler dans les cas graves (ex : chamois marqués bleu G/D, rouge G violet D, bleu D Sassièrè). D'autre part, il semble que leur mobilité soit accrue.

— enfin, la réversibilité des symptômes, suivie de la guérison, constitue l'issue dominante de la maladie.

Ce phénomène, ainsi que la durée de survie d'animaux irrémédiablement atteints, illustrent une pathogénicité peu élevée de la kératoconjonctivite.

B) CHEZ LE BOUQUETIN

La symptomatologie de la kératoconjonctivite du bouquetin en Vanoise a été établie d'après les sources d'observation exposées dans le tableau II, et grâce au suivi clinique individuel de deux animaux identifiables (annexe IV).

Les particularités par rapport au tableau clinique du chamois sont les suivantes :

— les symptômes restent très discrets au stade 1 et au début du stade 2 : le larmier est peu marqué et l'œdème palpébral souvent inexistant. Ceci rend le diagnostic à distance délicat et a probablement entraîné une sous estimation du nombre de bouquetins atteints de conjonctivite;

(5) Cette notion a été remise en question par les études menées en 1984 : certains animaux ont survécu après perforation bilatérale (ex : la femelle chamois bleu D. Sassièrè, considérée comme perdue en 1983, a été recontactée en octobre 1984).

— l'évolution des lésions sur les deux yeux est moins souvent synchrone que chez le chamois. Ainsi une différence de symptômes entre l'œil gauche et l'œil droit a-t-elle été notée pour 17 % des 95 contacts avec des bouquetins malades, aussi bien au stade conjonctivite que kératite. Le suivi du bouquetin mâle de quinze ans illustre également ce phénomène (annexe IV);

— la proportion de kératite est plus forte (une kératite pour quatre observations de bouquetins atteints, contre une pour huit chez le chamois);

— les chances de survie d'un bouquetin aveugle sont vraisemblablement plus faibles que celles d'un chamois dans la mesure où son biotope est en général plus escarpé : ainsi dans le massif des Encombres, très pourvu en zones rocheuses, six cadavres de bouquetins sur huit ont été trouvés au pied de falaises.

IV. — ÉTUDE CINÉTIQUE

Dans un premier temps, nous exposerons les données recueillies dans la zone-test des Eaux Noires, suivant le protocole d'étude sur échantillons de population. Ces données ont été obtenues grâce au suivi clinique individuel de 18 chamois, et au suivi global d'un groupe remarquable d'animaux pris comme référence : « la harde de Gébroulaz ».

Dans un deuxième temps, nous comparerons ces résultats avec ceux recueillis dans les autres secteurs du Parc, afin de proposer un modèle de l'évolution de la kératoconjonctivite dans le massif de la Vanoise.

A) ÉTUDE DE LA ZONE-TEST DES EAUX NOIRES

1. Cadre de l'étude

Avant d'analyser les résultats, nous avons vérifié si les conditions d'étude étaient respectées, c'est-à-dire, si les groupes d'animaux observés par échantillonnage à des dates différentes appartiennent effectivement à la même population. Cette vérification a également permis d'apprécier la validité du protocole d'étude face aux difficultés d'investigation en milieu naturel.

a) Description de la zone d'étude

Le secteur, qui est par ailleurs le cadre d'une étude éco-éthologique sur le chamois (PERRIER, VION, DELMAS, publication en cours) hébergeait déjà des animaux marqués et ainsi, 18 chamois identifiables et indemnes au départ (soit 13,6 % de l'effectif) ont fait l'objet d'un suivi individuel. La présence de ces animaux « traceurs » a permis d'établir une carte des déplacements des chamois de la zone (fig. 4). On distingue nettement deux groupes :

— une « unité » sociale A qui comprend des chamois à comportement individuel assez hétérogène;

— une « unité sociale » B : la harde de Gébroulaz; la relative homogénéité de mouvement des animaux nous a permis de reconstituer son comportement collectif. L'analyse de l'évolution de la maladie, qui fait état de différents pics

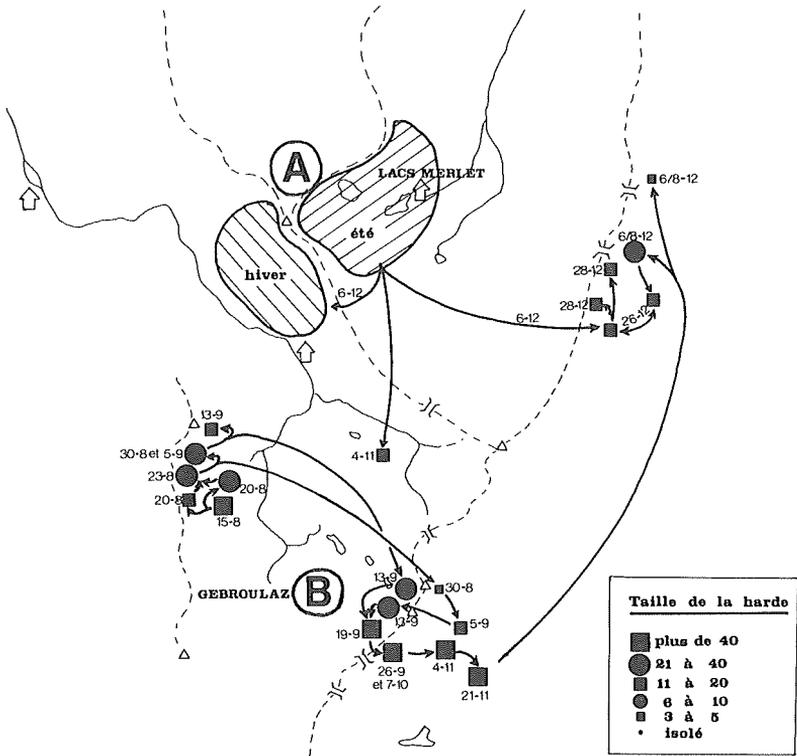


FIG. 4. — Carte des déplacements des animaux marqués de la zone-test des Eaux Noires (carte IGN 1/25 000 — Feuille Grande Casse — Dent Parrachée).

morbides au sein de la zone d'étude selon la date et le lieu, individualisera également cette unité sociale. Nous la retiendrons donc comme référence.

Les effectifs suivis au cours des échantillonnages sont indiqués dans le tableau III. Le coefficient de dispersion assez élevé illustre la variabilité des conditions d'observation.

TABLEAU III
 Comparaison des effectifs d'animaux observés lors des différentes journées d'étude
 (λ^2 = coeff. de dispersion = variance/moyenne).

	Comptages généraux	Moyenne des effectifs observés	Ecart-Type	λ^2
Zone-test des Eaux Noires	oct. 1983 : 132	86,1	11,75	1,6
Harde de Gébroulaz		54	11,7	2,55

● La localisation géographique des populations, étudiée grâce aux cartes de déplacements des animaux, paraît globalement stable, avec cependant des limites :

- la sectorisation des groupes évolue suivant les saisons;
- les individus, au sein d'un groupe stable, sont capables d'effectuer épisodiquement de grands déplacements : par exemple, deux femelles marquées vert G et orange D ont réalisé le trajet aller-retour lacs Merlet-Pralognan en 48 heures.

L'existence de ces animaux migrants sera à prendre en compte dans l'étude des modalités de contamination et de progression de la maladie.

● Nous avons testé la stabilité structurale pour la zone-test des Eaux Noires et la harde de Gébroulaz, comme témoin de l'appartenance des échantillons à une même population (calcul en annexe III). Il apparaît que l'interprétation des tests statistiques est rendue délicate par la présence d'animaux non identifiés. Mais, pour la zone-test des Eaux Noires et la harde de Gébroulaz, si l'on tient compte de ces indéterminés, on ne peut rejeter l'hypothèse de l'homogénéité de la structure de population au cours du temps d'étude.

c) Conclusion

— Les données recueillies dans la zone-test des Eaux Noires semblent donc concerner une même population, bien que les chamois soient susceptibles d'effectuer des migrations individuelles épisodiques (notion de population ouverte, fréquente en écologie).

— Un groupe d'animaux relativement homogène, la harde de Gébroulaz, a été individualisé, que nous définirons comme suit : « groupe de chamois à domaine vital et à comportement de déplacement communs, caractérisé par un même point de départ de la maladie et représenté par cinq individus « traceurs » (violet G/D, vert G/D, orange G/D, bleu G, blanc D, « chicot »), à fréquence d'observation élevée ». Nous l'utiliserons comme unité de référence.

— La périodicité des observations s'avère être un élément du protocole d'étude à privilégier. Une méthode d'investigation sur la totalité de la population serait trop lourde du fait des difficultés de terrain et du déplacement des animaux au sein d'une harde; à l'inverse, l'observation d'échantillons, méthode d'investigation plus légère, donc plus facilement renouvelable dans le temps, permet d'établir le caractère éminemment variable de la maladie.

2. Résultats

a) suivi clinique individuel

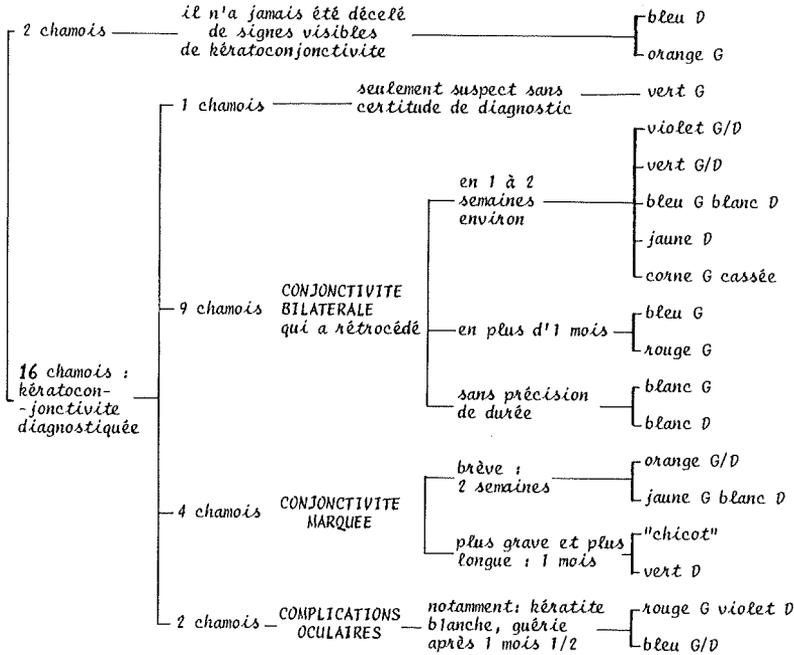
- Toutes les courbes d'évolution de la maladie sont portées en annexe IV.
- Le tableau V ordonne les différents cas rencontrés.

On constate que :

- le taux d'animaux atteints est élevé, témoignant de la forte contagiosité de la kératoconjonctivite;
- la réversibilité des symptômes, suivie de la guérison, constitue l'issue dominante aux stades conjonctivite, conjonctivite grave, kératite non ulcérée;

KÉRATOCONJONCTIVITE DES ONGULÉS SAUVAGES

TABLEAU V
Classification symptomatologique des chamois suivis individuellement.



- pour les chamois marqués d'une même unité sociale, les premiers symptômes apparaissent simultanément;
- la chronologie des événements pathologiques est relativement homogène.

b) suivi de la harde de Gébroulaz

Les résultats des échantillonnages sont portés sur la figure 5, pour les journées où un effectif suffisant d'animaux a été examiné. Ces échantillonnages concernant une même population, nous pouvons décrire la cinétique de la kératoconjunctivite sur une harde grâce au fuseau de la figure 6.

La caractéristique principale réside dans la grande homogénéité des événements pathologiques, comportant un pic morbide aigu.

Suite aux premiers cas, on observe qu'après un très bref temps de latence, une très forte proportion de chamois (80-85 %) manifeste brutalement les symptômes de conjunctivite. Il est possible que ce taux soit estimé par défaut, certains animaux considérés comme indemnes faisant en réalité une conjunctivite discrète (communication personnelle de Ph. MULLER qui a constaté ce phénomène sur des isards apparemment sains et capturés dans le Parc National des Pyrénées occidentales lors de l'épizootie de 1982). Le taux de morbidité chute ensuite rapidement, et par paliers (après 2 à 3 semaines : 30-50 %, pendant 1 à

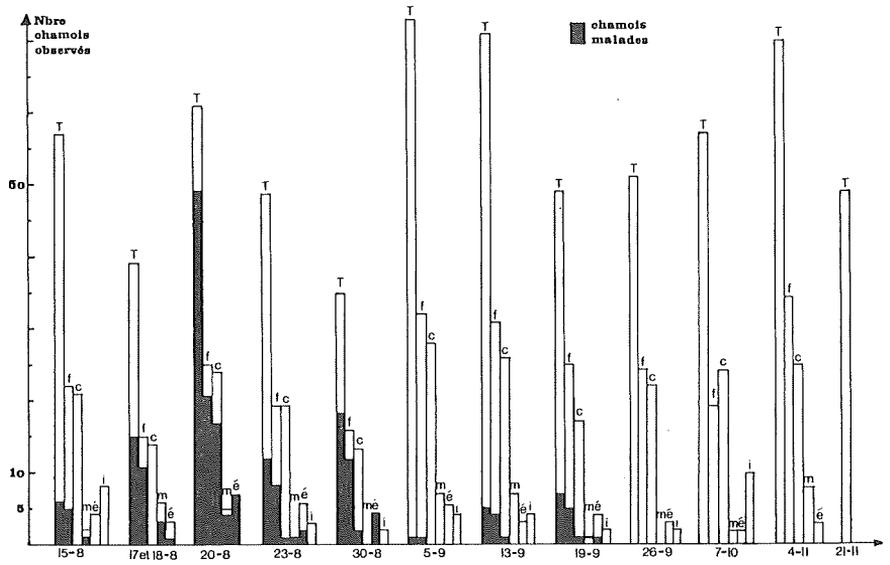


FIG. 5. — Evolution de la kératoconjunctivite sur les chamois de la harde de Gébroulaz (T = total animaux observés, f = femelles, c = cabri, m = mâle, é = éterlou, i = indéterminés).

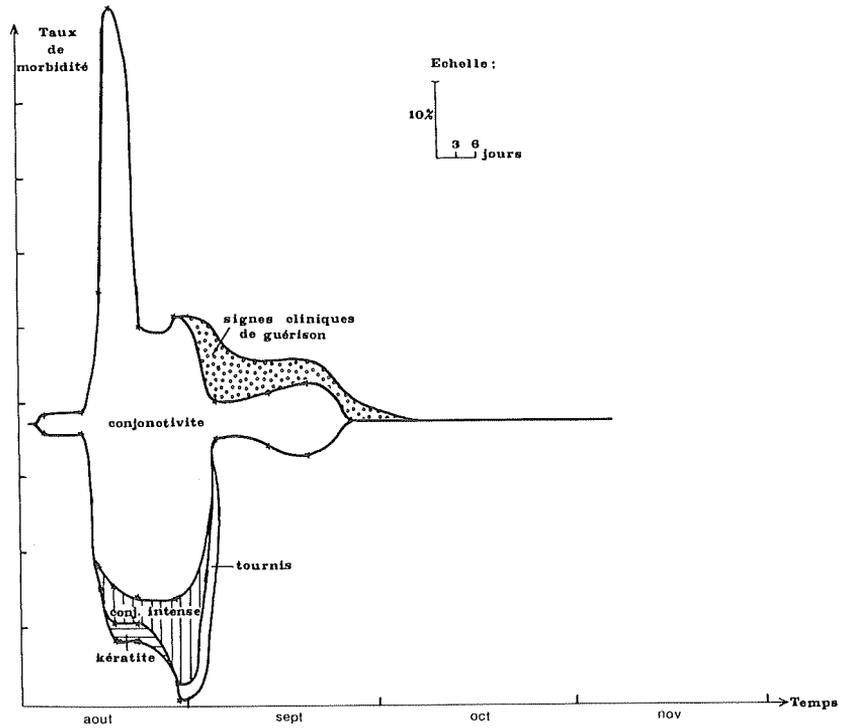


FIG. 6. — Incidence de la kératoconjunctivite sur la harde de Gébroulaz.

2 mois : 10-15 %). Dans le même temps, des chamois présentant des signes cliniques de guérison sont observés, tandis qu'aucune mortalité anormale n'est remarquée.

Les complications se manifestent également à ce moment : conjonctivites graves, kératites, ulcères cornéens.

On assiste enfin à une extinction à terme de la maladie.

3. Discussion

L'apparition des signes cliniques de la kératoconjonctivite étant pratiquement simultanée pour l'ensemble des animaux (passage de 8 % à 85 % en une semaine), nous pouvons, à l'aide du tableau V et des différents « paliers » de la figure 6, établir le diagramme de la figure 7 qui synthétise les différentes manifestations de l'évolution estivale de la maladie.

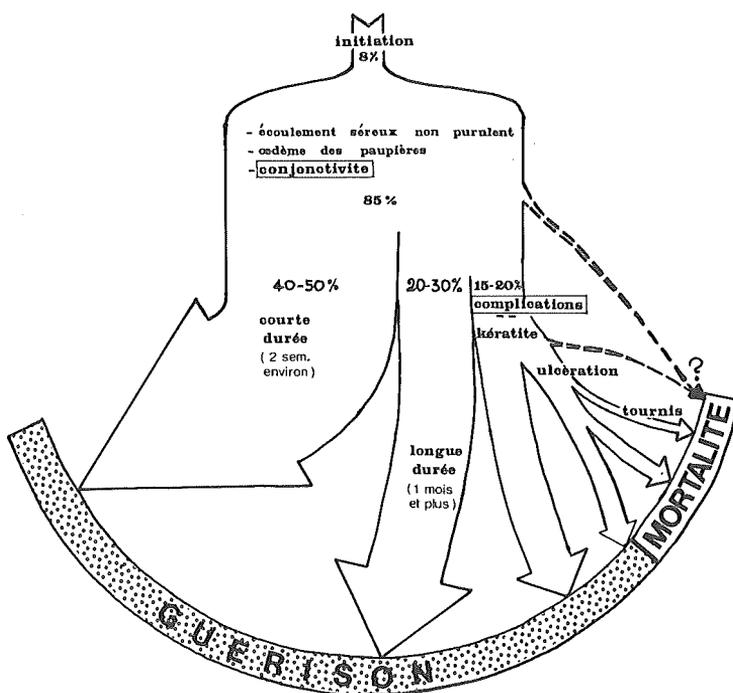


FIG. 7. — Epidémiologie descriptive quantitative : forme estivale de la kératoconjonctivite.

D'autre part, nous pouvons affirmer que, si la contagiosité de la kératoconjonctivite au sein d'une harde est très forte en été, la pathogénicité est peu élevée comme l'illustrent la fréquence et la rapidité des guérisons (40 à 50 % en trois semaines).

B) COMPARAISON AVEC LES AUTRES SECTEURS

1. Etude de la Réserve naturelle de la Grande Sassièr

Ce secteur hébergeant des chamois et des bouquetins a été étudié suivant le protocole de suivi des échantillons de population.

Les effectifs sur lesquels ont porté les observations sont donnés dans le tableau VI.

TABLEAU VI
Comparaison des effectifs d'animaux observés lors des différentes journées d'étude sur la Réserve naturelle de la Grande Sassièr (λ^2 = coeff. de dispersion).

Comptages généraux	Moyenne des effectifs observés	Ecart-type	χ^2
Total secteur : 133 Population suivie : 70 à 80	42,6	14,2	4,76

La vérification par un test du χ^2 global de la stabilité structurale ne montre pas de variabilité de la population vis-à-vis de ce critère (avec la même réserve que pour la zone-test des Eaux Noires, quant aux animaux indéterminés).

Il faut noter enfin que la population de chamois de la Réserve naturelle de la Grande Sassièr comprend deux sous-groupes entre lesquels les échanges sont fréquents, (BENOIT, DAVID, communication personnelle).

Nous représentons l'évolution de la kératoconjunctivite dans cette zone d'étude par le fuseau de la figure 8.

Par rapport à la harde de référence, nous constatons : que les notions discutées précédemment sont confirmées, mais que la durée d'évolution est plus longue; on peut expliquer ce fait par la présence de deux sous-groupes de chamois en interrelation, atteints à des dates différentes, et dont les échanges d'animaux « étalent » l'effet de la maladie dans le temps.

2. Evolution de la morbidité dans différents secteurs du Parc

Les taux de morbidité relevés durant l'été par échantillonnage dans différentes zones du Parc apparaissent sur la figure 9a.

Globalement nous constatons une grande dispersion des points. Néanmoins, pour quelques secteurs échantillonnés à plusieurs reprises, les caractères : pic morbide aigu — régression rapide des symptômes, sont retrouvés.

Dans la figure 9b, nous comparons la cinétique d'évolution de ces différents secteurs.

La courbe de référence est établie avec les données de la harde de Gébroulaz : nous donnons, par la méthode de sécurité d'un pourcentage, les

KÉRATOCONJONCTIVITE DES ONGULÉS SAUVAGES

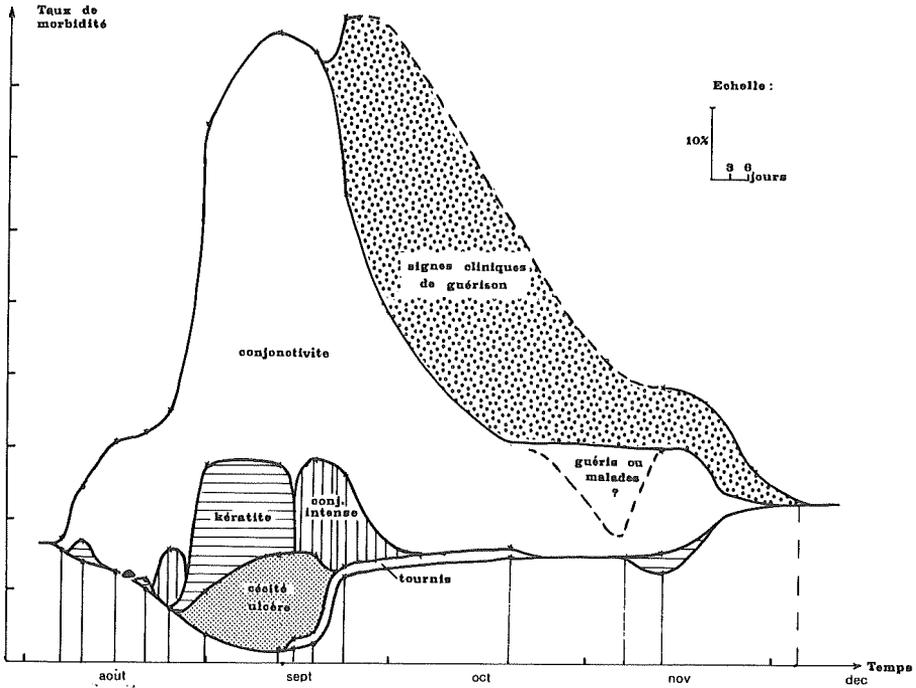


FIG. 8. — Evolution de la kératoconjonctivite sur les chamois de la Réserve naturelle de la Grande Sassière.

intervalles de confiance des taux de morbidité relevés, avec un risque d'erreur de 5 %.

Pour chaque secteur, nous avons déterminé la date approximative d'apparition de la kératoconjonctivite (T_i) et nous avons attribué à chaque point de nouvelles coordonnées : x = durée écoulée depuis T_i , y = taux de morbidité relevé.

La répartition des points montre ici une nette corrélation avec la courbe de référence ce qui illustre la similitude d'évolution du taux de morbidité dans les différents secteurs, en fonction du temps.

3. Discussion

L'étude de la kératoconjonctivite sur échantillons de population nous a permis, en faisant correspondre les courbes individuelles de maladie et le suivi de deux secteurs (harde de Gébroulaz et Réserve naturelle de la Grande Sassière) d'établir la cinétique d'évolution de la maladie. Nous avons ensuite démontré, qu'en été, la kératoconjonctivite a évolué de façon concordante dans les autres secteurs du Parc. Nous pensons donc être en mesure de proposer un modèle de l'épizootie estivale de kératoconjonctivite sur une harde de chamois (fig. 10).

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

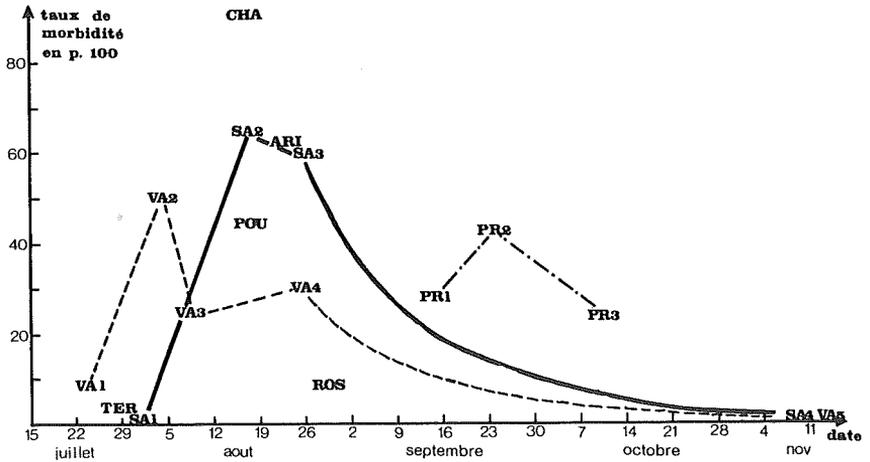


FIG. 9 a. — Représentation graphique des différentes journées d'échantillonnage en fonction de la date.

- VA = Vallonnet (Pralognan) : 5 mesures
- ARI = Ariande (Pralognan) : 1 mesure
- ROS = Rosoire (Pralognan) : 1 mesure
- CHA = Vallaisonnay (Champagny) : 1 mesure
- SA = Sache (Tignes) : 4 mesures
- PR = Prariond (Val d'Isère) : 3 mesures
- POU = Sache-Mont Pourri (Peisey) : 1 mesure
- TER = zone-test Sana-Roche Brune (Termignon) : 1 mesure.

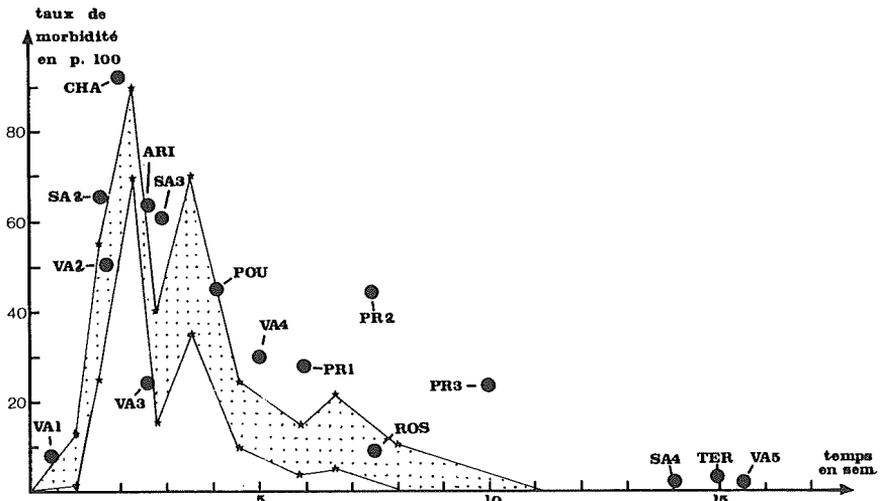


FIG. 9 b. — Comparaison entre la représentation graphique des différentes journées d'échantillonnage et un modèle d'évolution établi d'après les données de Gébroulaz.

KÉRATOCONJONCTIVITE DES ONGULÉS SAUVAGES

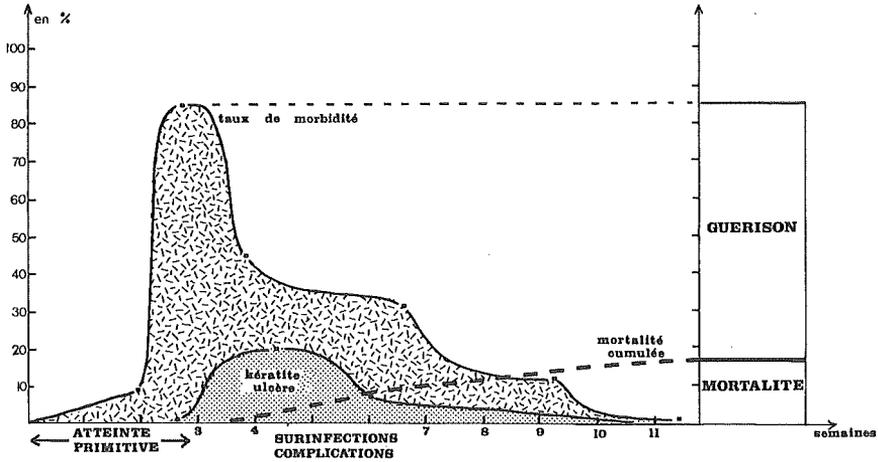


FIG. 10. — Modèle épidémiologique de l'épizootie estivale de kératoconjunctivite au sein d'une harde de chamois.

C) CAS DU BOUQUETIN

Trois bouquetins identifiables ont fait l'objet d'un suivi individuel. Deux d'entre eux ont présenté des symptômes de kératoconjunctivite (annexe IV); pour l'un, une conjonctivite légère s'estompant après trois à quatre semaines, pour l'autre, une kératite beaucoup plus grave à gauche qu'à droite.

L'évolution de la maladie sur une population n'a pu être analysée, car les zones étudiées n'ont pas répondu aux critères de stabilité demandés.

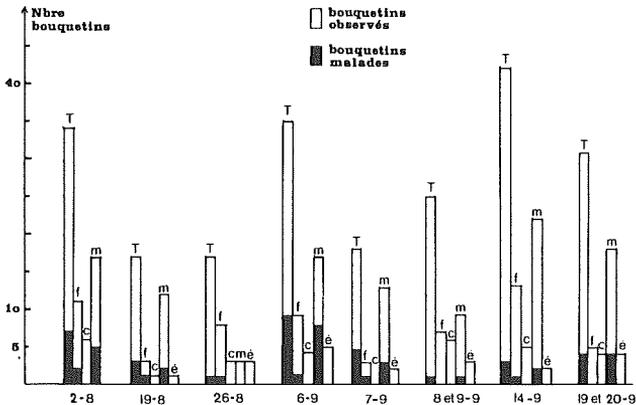


FIG. 11. — Evolution de la kératoconjunctivite au Roc de l'Arpont (bouquetins) (T = total animaux observés, f = femelles, c = cabri, m = mâle, é = éterlou).

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

Néanmoins, la description du passage de la maladie sur un secteur (fig. 11) montre que le pic morbide est moins élevé que chez le chamois (25 % maximum d'animaux atteints) et que l'évolution est plus étalée dans le temps.

Les données recueillies sur le bouquetin sont donc moins complètes que sur le chamois. Elles traduisent cependant une moindre contagiosité de la maladie chez cette espèce, et semble-t-il, une gravité plus forte.

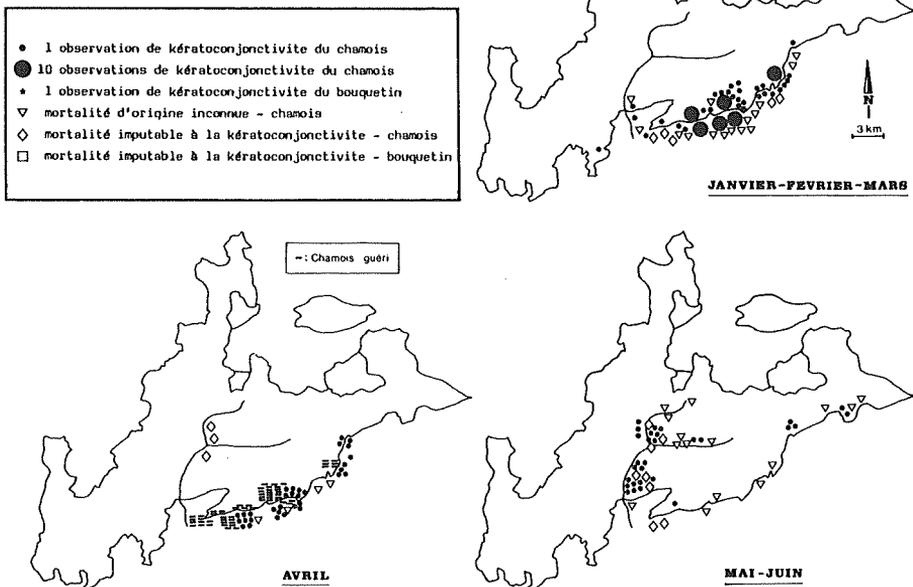
V. — CARACTÈRES ÉPIDÉMIOLOGIQUES

A) PROGRESSION DE LA KÉRATOCONJONCTIVITE DANS LE MASSIF DE LA VANOISE EN 1983

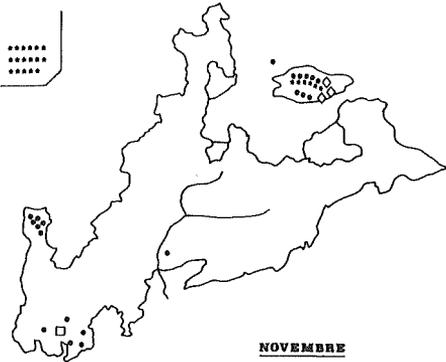
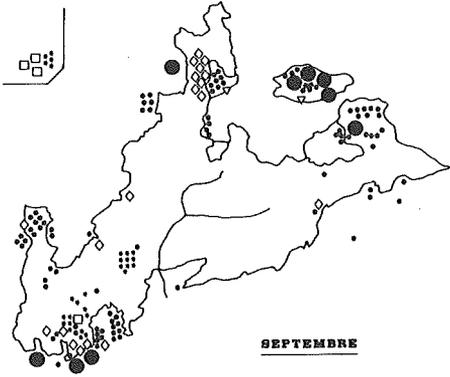
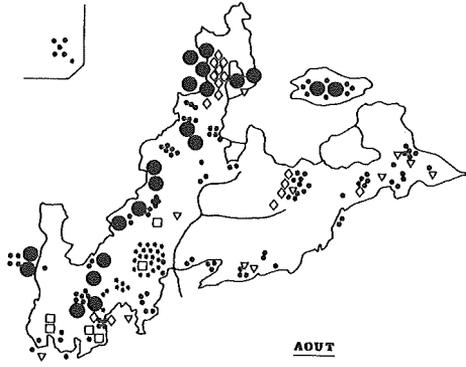
1. Chronologie des événements

La kératoconjonctivite a évolué dans le Parc National de la Vanoise, en plusieurs temps (fig. 12) :

FIG. 12. — Extension de la kératoconjonctivite dans le Parc National de la Vanoise et dans la Réserve des Encombres (en encart).



KÉRATOCONJONCTIVITE DES ONGULÉS SAUVAGES



PARC NATIONAL DE LA VANOISE

Le premier cas a été confirmé le 28 décembre 1982 sur la commune de Bessans.

Un foyer hivernal s'est développé mais est resté localisé jusqu'au printemps 1983 à la Haute-Maurienne, entre Bessans et Termignon. Il s'est éteint à partir de la fin du mois de mars; à cette période, les observations faisaient état d'animaux sains ou présentant des signes de guérison.

En avril et mai 1983, la maladie s'est vraisemblablement étendue à la zone centrale du Parc mais les difficultés rencontrées pour surveiller ce secteur en fin d'hiver ont entraîné une carence en données.

Au cours des mois de juillet, août et septembre 1983, on a assisté à une réactivation du processus pathologique, à un éclatement de l'épizootie dans les autres secteurs du Parc et à une extension vers la Réserve des Encombres.

Les tableaux de chasse de la zone périphérique reflètent précisément la situation de la maladie au début de l'automne 1983 (fig. 13).

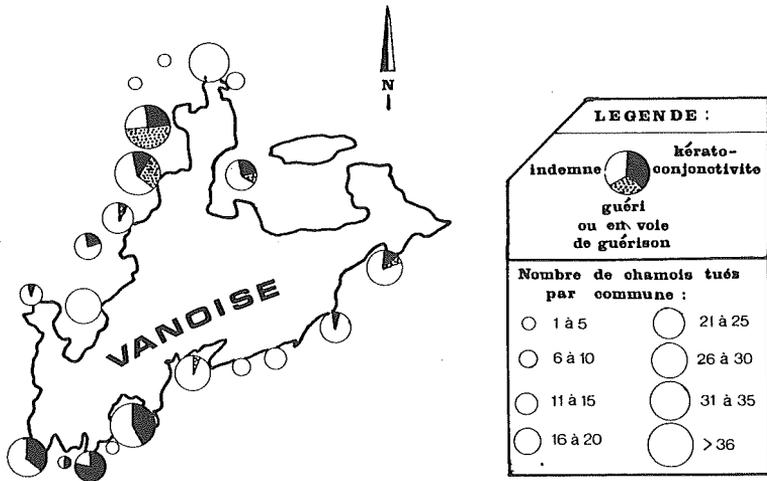


FIG. 13. — Situation de la kératoconjunctivite en début d'automne 1983 : proportion de chamois atteints dans les tableaux de chasse de la zone périphérique.

Après une phase de pérennité de la maladie en octobre et novembre dans les secteurs les plus tardivement touchés, on a observé une extinction progressive en décembre.

Il est à noter que la kératoconjunctivite n'a jamais franchi les vallées de l'Arc et de l'Isère qui délimitent les massifs de la Vanoise et des Encombres.

2. Discussion

La kératoconjunctivite, issue en 1981 des pentes sud du Mont Rose, a suivi une progression inéluctable vers l'ouest, avec une succession, en Italie comme en France, d'épisodes hivernaux et de réactivations estivales.

Cependant, un trou épidémiologique a été constaté en automne 1982 sur les secteurs de Bonneval-sur-Arc et Val d'Isère : malgré une intensification de la surveillance, aucun cas n'a été observé sur ces territoires faisant jonction entre le foyer frontalier italien (Noasca, Ceresole) et le foyer hivernal de Haute-Maurienne.

Par ailleurs, on peut remarquer que sur les lieux de localisation hivernale de la kératoconjunctivite, les cas ont pratiquement disparu après le mois d'avril 1983. Ce phénomène est classiquement rencontré après le passage d'une maladie ayant décimé la population dont la densité résiduelle ne suffit plus à assurer la pérennité de l'épizootie. Ce ne fut pas le cas ici, car la mortalité est restée faible. Ceci laisse donc supposer qu'une immunité a pu s'installer sur les hardes. Le même phénomène a été constaté dans le Parc National des Pyrénées occidentales (MULLER, comm. pers.) et dans le Parc National du Grand Paradis (ROSSI, comm. pers.).

B) TYPES EPIDÉMIOLOGIQUES DE LA MALADIE

La figure 14 présente une évaluation quantitative de la progression de la kératoconjunctivite dans le massif de la Vanoise; elle permet de distinguer les différentes phases de l'épidémie : deux pics (hiver, été) séparés par un silence de printemps (lié en partie à un défaut d'observation). Ces phases montrent des caractéristiques épidémiologiques différentes :

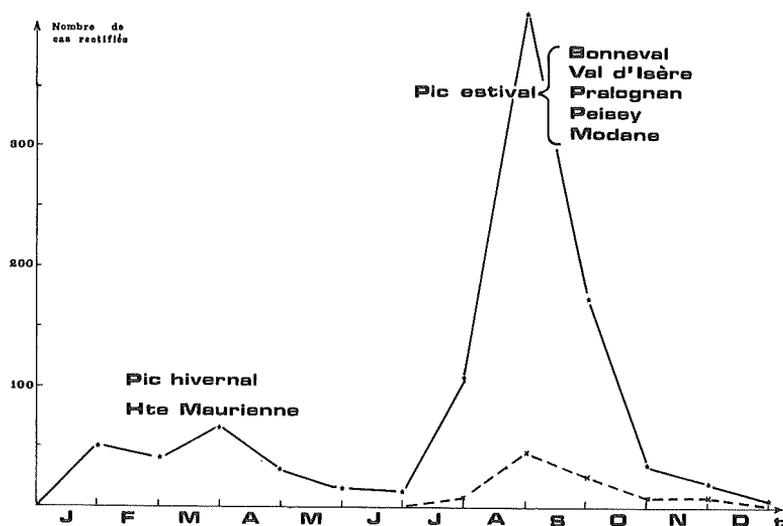


FIG. 14. — Evolution mensuelle de l'épizootie de kératoconjunctivite chez le chamois et le bouquetin (en trait plein : chamois, en trait pointillé : bouquetin).

1. Hiver

Trois échantillonnages ont été effectués sur les lieux d'évolution hivernale de la maladie à 2 mois 1/2 d'intervalle. Un traitement statistique des observations (SABATIER, 1983, rapport de stage PNV) permet d'établir qu'il n'existe pas de différence significative entre les échantillons, vis-à-vis du paramètre : « taux de morbidité ». La forme hivernale de la kératoconjunctivite dans le Parc National de la Vanoise apparaît donc relativement stable dans le temps et dans l'espace (cf. fig. 12, janvier, février, mars) : elle semble correspondre à un type enzootique.

Par ailleurs, le taux de morbidité évalué à partir de ces échantillons est, pour un risque d'erreur de 5 %, compris dans l'intervalle : $30 \pm 8\%$ (SABATIER, 1983). La contagiosité apparaît donc modérée pour cette époque.

2. Printemps

Les seules données disponibles sur la zone centrale du Parc concernent la zone-test de Sana-Roche Brune (commune de Termignon), et seulement à partir du mois de mai (FERBAYRE, BANTIN, 1983, rapport interne PNV). Elles sont réunies dans le tableau VII.

TABLEAU VII
Etat de la population de chamois de la zone-test de Sana-Roche Brune avant et après kératoconjunctivite.

Paramètres	Période	Nombre	Remarques
Contacts chamois malades	Mai à fin-Juillet 83	16	La maladie ayant vraisemblablement évolué avant l'étude, ce chiffre sous-estime l'impact réel de la KC
Cadavres	Mai à août 83	15	Ce chiffre révèle une mortalité importante : kératoconjunctivite ? autre cause ?
Effectif	Juillet 82 Juillet 83 Novembre 83	275 195	Diminution des effectifs, confirmée par plusieurs autres comptages
Sex-ratio F / M	Juillet 82 Juillet 83	1,39 0,65	Inversion du sex-ratio, confirmée par plusieurs autres comptages
Cabris	Juillet 82 Juillet 83 Novembre 83	80 28 20	Chute des effectifs de cabris, confirmée par plusieurs autres comptages

La chute des effectifs en 1983 par déficit en femelles et cabris constitue un phénomène particulier à cette zone (6). Bien qu'on puisse incriminer d'autres causes adjuvantes, il semble que la kératoconjunctivite ait eu un impact considérable en évoluant juste avant et pendant la période des mise-bas.

(6) Un recensement effectué en mars 1984 confirme, d'ores et déjà, ces résultats (BANTIN, FERBAYRE, 1984, rapport interne PNV).

3. Été

Nous avons déjà décrit l'évolution estivale de la kératoconjonctivite, sur tout le massif (fig. 12) où elle a atteint successivement tous les secteurs du Parc, et sur une harde (fig. 6) où elle se traduit par un même schéma cinétique, avec une forte contagiosité.

Nous envisageons maintenant la manière avec laquelle la maladie a progressé au sein d'un secteur regroupant plusieurs hardes. Pour cela, nous exposons les données relatives à l'ensemble de la zone-test des Eaux Noires; la figure 15 comporte les journées où un effectif suffisant d'animaux a été examiné, avec, en rajout, les observations témoignant d'un pic morbide sur une localisation précise. La zone-test des Eaux Noires répondant aux conditions d'étude sur échantillons de population, nous pouvons établir le fuseau de la figure 16.

Nous obtenons une image en chapelet caractéristique; de plus, les pics morbides successifs ne concernent, à chaque fois, qu'une fraction de la population, les taux de morbidité de l'ensemble du secteur étant inférieurs à ceux pouvant être relevés sur une harde. La figure 16 synthétise manifestement plusieurs épisodes pathologiques qui se succèdent au sein de la zone-test des Eaux Noires sur des localisations différentes. La forme estivale de la kératoconjonctivite est donc de type épizootique.

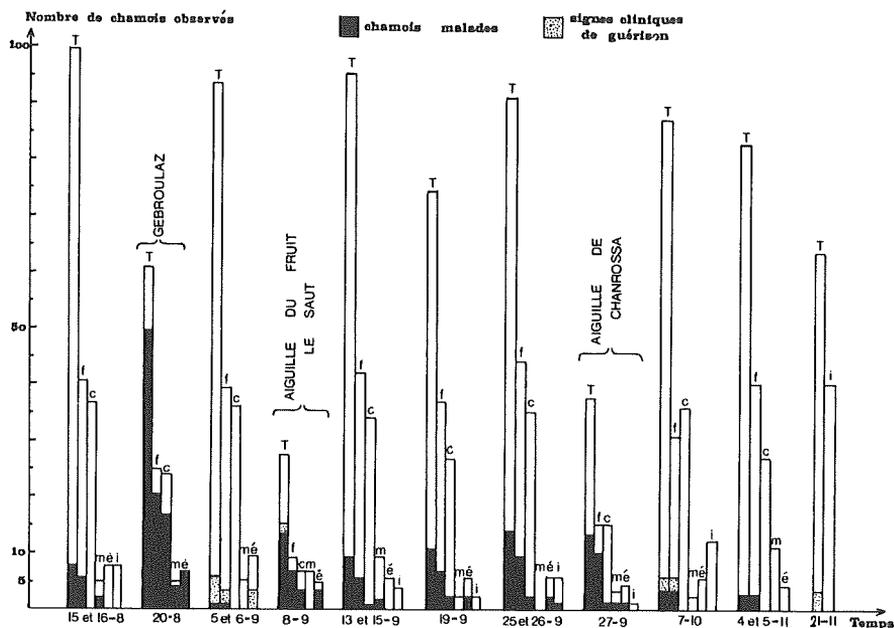


FIG. 15. — Evolution de la kératoconjonctivite sur les chamois de la zone-test des Eaux Noires.

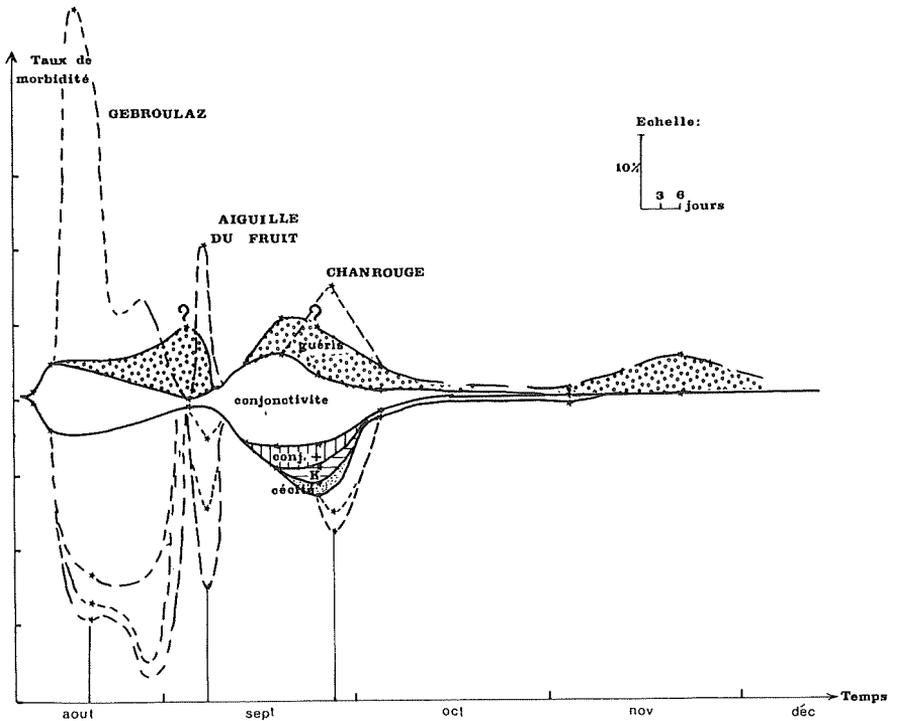


FIG. 16. — Incidence de la kératoconjunctivite sur la population de chamois de la zone-test des Eaux Noires (en trait pointillé, 3 pics morbides relatifs à 3 sous-secteurs).

C) IMPACT DE LA KÉRATOCONJONCTIVITE SUR LE PEUPEMENT D'ONGULÉS DU PARC NATIONAL DE LA VANOISE : MORTALITÉ

1. Mortalité recensée

Durant l'année 1983, 150 cadavres de chamois, dont 78 portaient des lésions de kératoconjunctivite, ont été répertoriés. On peut ajouter à ce chiffre, 30 chamois capturés au stade ultime de la maladie, et sacrifiés.

Dans la mesure où le diagnostic de la maladie ne peut être porté que sur des cadavres frais, et qu'un grand nombre de cas de mortalité passent inaperçus, ces chiffres constituent une estimation par défaut de la mortalité.

2. Mortalité estimée

La mortalité dans un milieu naturel aussi vaste que le Parc National de la Vanoise n'est pas maîtrisée, dans l'ordre actuel des choses. Cependant, il nous

a paru utile de donner une évaluation même approximative de ce qu'ont pu être les pertes consécutives au passage de la kératoconjunctivite. Ces données ne constituent donc que des hypothèses de travail. L'incertitude est d'autant plus grande que nous ne disposons pas de l'effectif de la population de chamois du Parc avant l'apparition de la kératoconjunctivite, attendu que les comptages globaux de 1982 n'ont pu être réalisés.

Une première méthode consiste à comparer les effectifs recensés en 1983 à un chiffre théorique obtenu en prolongeant la courbe d'accroissement de la population (fig. 17). Les déficits de 750 chamois, obtenus avec la courbe 2, et de

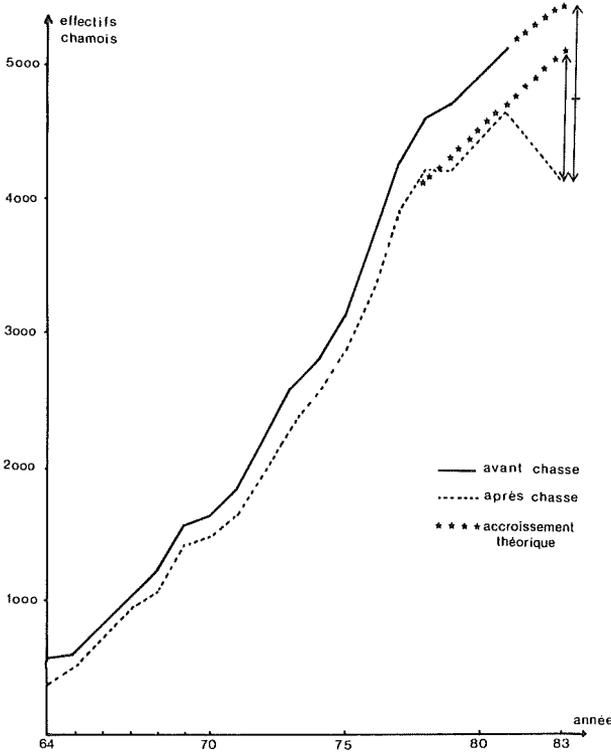


FIG. 17. — Evolution des effectifs de chamois du Parc National de la Vanoise depuis sa création (d'après FERBAYRE et coll., 1983) et estimation de la mortalité 1983.

La courbe 1 (en pointillés) présente des variations dans la progression entre 1977 et 1983. Nous avons donc calculé le taux d'accroissement moyen de 1977 à 1981, soit 189 chamois/an, et supposé qu'il restait identique jusqu'en 1983 : ceci constitue une estimation par excès, la courbe ayant tendance à s'infléchir. Le chiffre théorique obtenu est : 5 030 pour 1983. L'écart est donc de 900 chamois.

La courbe 2 (en trait plein) apparaît plus régulière : en la prolongeant graphiquement jusqu'en 1983, nous obtenons un effectif théorique de 5 350 chamois; l'effectif réel avant chasse est de 4 131 + 465 (tableau de chasse en zone périphérique du Parc). L'écart est donc de 750 chamois.

900 chamois, obtenus avec la courbe 1, estiment, par excès, une mortalité supplémentaire survenue en 1983, toutes causes confondues, sachant que la reproduction n'a pas été affectée, exception faite de la zone-test de la Sana-Roche Brune (les comptages de 1983 font état d'effectifs de cabris satisfaisants).

Une deuxième méthode compare, pour une même année, les comptages du printemps et de l'automne. On a constaté, de manière empirique, que le recensement d'octobre révélait un effectif supérieur de 500 à 600 chamois, à celui de juillet, malgré le prélèvement cynégétique. Les tableaux de chasse en zone périphérique du Parc n'ayant pas significativement varié en 1983, nous comparerons les comptages de juillet 1983 (4 203 chamois) et d'octobre 1983 (4 131 chamois) : par rapport à l'augmentation théorique attendue en automne, nous obtenons un déficit, lié à l'évolution estivale de la maladie, d'environ 600 chamois.

3. Conclusion

La mortalité réelle sera comprise entre un chiffre par défaut donné par le recensement des cadavres, et un chiffre hypothétique maximal issu de la comparaison des effectifs. La mortalité en 1983 a donc concerné moins de 20 % de la population de chamois du Parc National de la Vanoise, l'hypothèse la moins aléatoire la situant autour de 15 %.

Par ailleurs, il est vraisemblable que la kératoconjonctivite ait des retombées sur la mortalité hivernale de 1984, du fait de l'existence, dans certains secteurs, d'adultes affaiblis par un épisode morbide à l'entrée de l'hiver, et de cabris orphelins.

Le suivi des populations de chamois en 1984, nous permettra de mieux préciser l'impact qu'a eu la maladie, depuis son apparition dans le Parc.

4. Cas du bouquetin

En 1983, 15 cadavres présentant tous des lésions de kératoconjonctivite ont été répertoriés. Nous ne disposons pas d'informations assez précises pour estimer les pertes réelles, mais il faut noter que dans le Parc de la Vanoise (comptage général d'automne), ainsi que dans la Réserve des Encombres (comptage général de janvier 1984), les effectifs de bouquetins ne semblent pas avoir été affectés de manière très sensible.

D) RÉCEPTIVITÉ DES ANIMAUX

1. Facteurs intrinsèques

a) Espèce

Parmi les Ongulés sauvages du Parc de la Vanoise, seuls le chamois (*Rupicapra rupicapra*) et le bouquetin (*Capra ibex*) ont présenté des symptômes de « kératoconjonctivite contagieuse du chamois ».

Cette maladie est connue de longue date chez le chamois, puisque STROH la décrit en Autriche dès 1919. Elle est ensuite signalée chez cette espèce, en Suisse

KÉRATOCONJONCTIVITE DES ONGULÉS SAUVAGES

par KLINGLER (1953), NICOLLET et FREUNDT (1975), en Yougoslavie par VALENTINCIC (1982), dans les Alpes françaises par PAIRAUDEAU et coll. (1977), HAVET (1978), GIBERT (1979), dans les Pyrénées par CATUSSE (1982), TOURNUT (1982), BELLOA et FERRANDO (1982), APPOLINAIRE et MULLER (1983), en Italie par PERACINO et LANFRANCHI (1982). Chez le bouquetin, elle a été signalée en Suisse par FELLAY (1970), et dans le Parc National du Grand Paradis par PERACINO et LANFRANCHI (1982).

En Vanoise, le suivi de l'évolution de la kératoconjonctivite dans la Réserve naturelle de la Grande Sassièrre, dans laquelle les deux espèces se côtoient, montre que le bouquetin est atteint en moindre proportion et consécutivement au chamois (fig. 18); la même constatation a été faite dans la Réserve des Encombres où le pic morbide de la maladie est apparu, chez le bouquetin, plus de deux mois après celui du chamois. Par ailleurs, l'étude clinique révèle certaines particularités chez le bouquetin, laissant supposer que la maladie est moins adaptée à cette espèce (discrétion des premiers symptômes, discordance possible des lésions entre les deux yeux).

Chez les animaux domestiques, un fait intéressant a été observé dans le massif de la Vanoise : une épizootie de kératoconjonctivite s'est développée au cours de l'été 1983 sur les troupeaux de bovins et d'ovins de la vallée de Tarentaise (7). Les recherches bactériologiques menées à l'Ecole Nationale

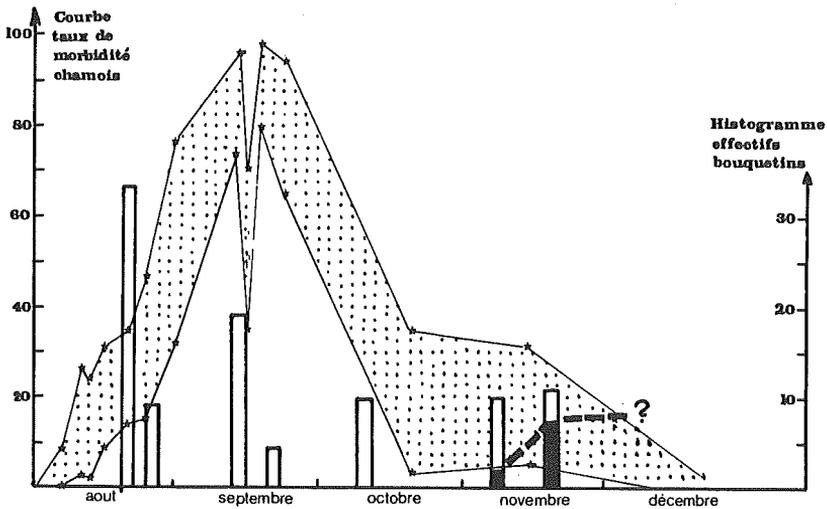


FIG. 18. — Evolution comparative de la kératoconjonctivite chez les chamois et les bouquetins de la Réserve naturelle de la Grande Sassièrre. (Pour tenir compte des incertitudes dues à la méthode d'échantillonnage, nous avons calculé l'intervalle de confiance des données « taux de morbidité — chamois » par la méthode de sécurité d'un pourcentage, avec un risque d'erreur de 5 %).

(7) Par contre en Haute-Maurienne, aucun cas n'a été signalé sur les espèces domestiques alors que les alpages sont étroitement partagés, durant toute la période d'estivage, avec les hardes d'Ongulés sauvages.

Vétérinaire de Lyon par BIJLENGA et coll. (1984) ont montré que les agents isolés en 1983 chez le mouton d'alpage de la Haute-Tarentaise et chez le chamois de Vanoise étaient différents.

De même, dans la littérature, la contamination des ruminants domestiques par le chamois ou le bouquetin a pu être suspectée mais n'a jamais été confirmée, ces animaux pouvant contracter par ailleurs des kératoconjunctivites spécifiques. Au laboratoire, les essais de transmission de la maladie sur la chèvre et le mouton à partir de prélèvements effectués sur des chamois se sont jusqu'à présent soldés par des échecs (OUDAR, 1982; BIJLENGA, 1984).

L'espèce sensible s'avère donc être le chamois. Le bouquetin est atteint secondairement, avec une contagion intraspécifique s'amorçant lentement.

b) Sexe et âge

— *Chamois*

L'identification du sexe et de classe d'âge des chamois atteints de kératoconjunctivite a été faite :

— au cours des observations sur 855 chamois (fig. 19);

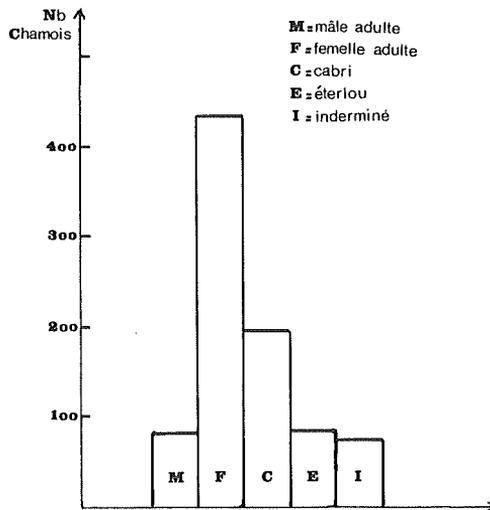


FIG. 19. — Structure des chamois vivants atteints de kératoconjunctivite.

— sur 78 cadavres et 30 chamois dont l'agonie a été abrégée par euthanasie (fig. 20);

— sur les chamois chassés dans cinq communes de la zone périphérique du Parc (fig. 21);

— lors du suivi de deux échantillons de population (tabl. VIII).

Influence du sexe : le sex-ratio des chamois malades, obtenu sur animaux vivants, est compris entre 6,47 et 2,81 femelles pour 1 mâle, si l'on tient compte

KÉRATOCONJONCTIVITE DES ONGULÉS SAUVAGES

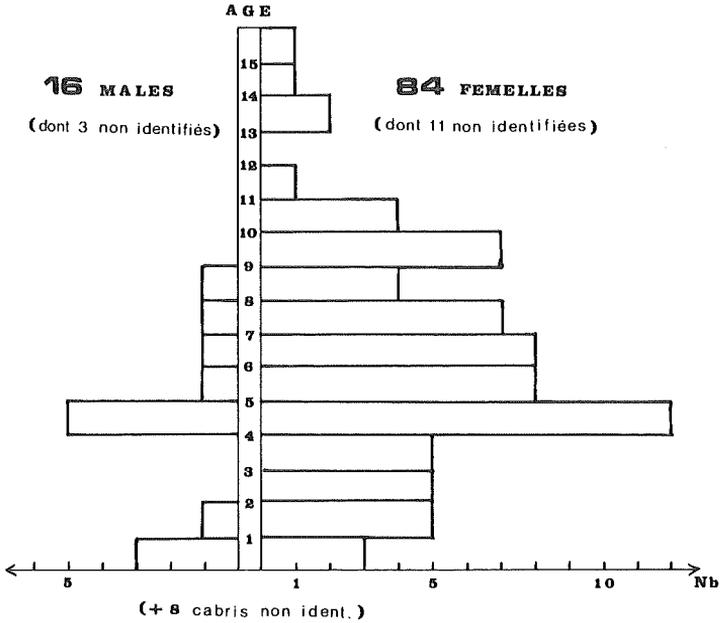


FIG. 20. — Répartition par sexe et âge des cadavres de chamois atteints de kératoconjunctivite.

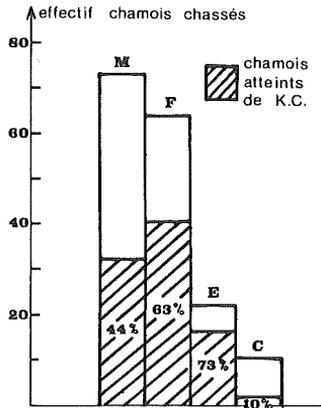


FIG. 21. — Structure des chamois atteints de kératoconjunctivite dans les tableaux de chasse de cinq communes de la zone périphérique du Parc (M = mâle, F = femelle, E = éterlou, C = cabri).

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

TABLEAU VIII

Influence de la classe d'âge et du sexe des chamois sur la proportion d'animaux atteints.

Lieu d'étude	Observations	Femelles	Mâles	Cabris	Éterlous
Zone test des Eaux Noires	Nombre d'observations	389	65	341	78
	Proportion de chamois atteints de kératoconjonctivite	29,8 ‰	20 ‰	8,8 ‰	34,6 ‰
Réserve naturelle de la Grande Saixière	Nombre d'observations	156	20	190	63
	Proportion de chamois atteints de kératoconjonctivite	46,4 ‰	25 ‰	15,2 ‰	46 ‰

des individus non identifiés (8). Celui obtenu sur cadavres est de 5,25 femelles pour 1 mâle. Le premier résultat est à relativiser au fait que les « rencontres » font habituellement plus état des femelles, rassemblées en chevrees, que des mâles. Par contre, le chiffre obtenu sur cadavres est plus représentatif de la réalité, car leur détection sur le terrain est moins sélective vis-à-vis des sexes (repérage fortuit ou grâce aux charognards); il est à comparer au sex-ratio réel de la population, lequel est malheureusement mal connu. Enfin, la prédominance des femelles est confirmée dans les tableaux de chasse et dans les observations effectuées sur les échantillons de population.

Toutefois, on ne peut conclure qu'il s'agisse d'une sensibilité intrinsèque due au sexe dans la mesure où les femelles sont plus grégaires, notamment lors du pic estival de l'épizootie, donc plus exposées à la contagion.

Influence de l'âge : la figure 21 et le tableau VIII montrent que *les chamois de deuxième année (éterlous) présentent une sensibilité particulière à la kératoconjonctivite*, et que, par contre, les cabris semblent peu touchés. Ce dernier point est confirmé par l'observation des femelles marquées : pour douze chèvres suitées et atteintes de kératoconjonctivite deux seulement ont vu leur cabri présenter des symptômes.

Ceci explique que de nombreux cabris orphelins aient été repérés sur le terrain pendant l'hiver 1984.

— *Bouquetin*

On a pu déterminer l'âge et le sexe de 83 bouquetins malades (fig. 22) et de 15 bouquetins morts (fig. 23). Les résultats obtenus grâce au suivi de deux échantillons de population sont consignés dans le tableau IX.

Il n'apparaît pas de sensibilité particulière en relation avec le sexe.

(8) Nous obtenons ces chiffres en considérant les indéterminés comme étant : soit tous des femelles, soit tous des mâles.

KÉRATOCONJONCTIVITE DES ONGULÉS SAUVAGES

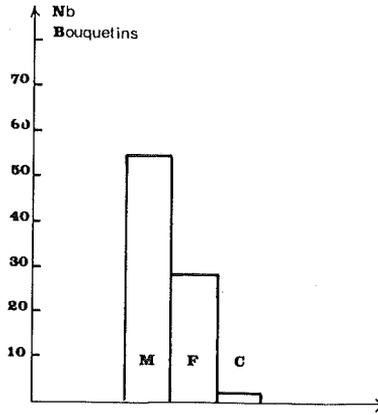


FIG. 22. — Structure des bouquetins vivants atteints de kératoconjunctivite.

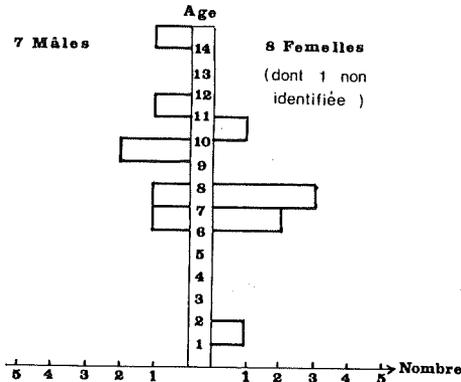


FIG. 23. — Répartition par sexe et âge des cadavres de bouquetins atteints de kératoconjunctivite.

Il semble, par contre, que les animaux jeunes soient moins touchés. Toutefois, il faut remarquer que la faiblesse des échantillons ne nous permet pas de tirer de conclusions définitives.

c) *Etat sanitaire*

Grâce à l'autopsie de 41 chamois, nous avons pu comparer l'état sanitaire des animaux atteints de kératoconjunctivite (au nombre de 30) et des animaux ne présentant pas de lésions oculaires (au nombre de 11).

Nous avons observé des différences significatives dans deux domaines :

— Les chamois atteints de kératoconjunctivite ont présenté beaucoup plus souvent (12 fois sur 30) que les autres (3 fois sur 11) des lésions traumatiques

TABEAU IX

Influence de la classe d'âge et du sexe des bouquetins sur la proportion d'animaux atteints.

Lieu d'étude	Observations	Femelles	Mâles	Cabris	Eterlous
Roc de l'Arpont	Nombre d'observations	76	161	34	22
	Proportion d'animaux atteints de kératoconjonctivite	15,8 ‰	16 ‰	0	0
Réserve Naturelle de la Grande Sassière	Nombre d'observations	8	10	3	2
	Proportion d'animaux atteints de kératoconjonctivite	62 ‰	30 ‰	66 ‰	0

allant des égratignures et ecchymoses aux fractures de membres et hémorragies internes. Ces traumatismes sont en fait secondaires à la maladie, puisque les risques de chocs et de chutes augmentent dans la mesure où l'acuité visuelle diminue.

— En ce qui concerne le parasitisme interne (HUGONNET, rapport d'activité 1983) : chez les animaux atteints de kératoconjonctivite (26 analyses comparées à 46 analyses d'animaux sains effectuées de 1978 à 1980), les coproscopies estivales sont négatives, malgré un polyparasitisme révélé par les bilans parasitaires; or la ponte parasitaire est liée à l'état immunitaire de l'hôte. De même, les infestations à *Nematodirus sp.* (parasite très immunogène et très sensible à l'état immunitaire de l'hôte) sont significativement plus faibles. Ceci semble donc caractériser une augmentation de l'immunité générale : ces notions restent à confirmer par des analyses sanguines.

Par contre, nous n'avons pas trouvé de différences dans d'autres domaines, notamment :

— Les infestations par les ectoparasites (tabl. X).

— Les affections pulmonaires : la vérification statistique par χ^2 sur tableau de contingence 2×2 ne montre aucune différence significative à 1 % et 5 % d'erreur, entre les chamois atteints de kératoconjonctivite, ceux non atteints autopsiés en 1983, et ceux autopsiés avant 1983.

— L'état général : il semble que la kératoconjonctivite ne sélectionne pas des animaux préalablement affaiblis par une pathologie ou un état déficient.

2. Facteurs de population

Les différents résultats relatifs aux paramètres du peuplement d'Ongulés du Parc National de la Vanoise ont été exposés au paragraphe I :

— Densité : l'étude de la progression géographique de la maladie et la détermination des taux de morbidité dans plusieurs zones du Parc, montrent que

KÉRATOCONJONCTIVITE DES ONGULÉS SAUVAGES

TABLEAU X
Ectoparasites des chamois examinés en 1983.

Nombre de chamois parasités par :	Chamois atteints de kératoconjonctivite		Chamois non atteints de kératoconjonctivite	
	1 ^{er} semestre 83 sur 12 chamois	2 ^e semestre 83 sur 25 chamois	1 ^{er} semestre 83 sur 10 chamois	2 ^e semestre 83 sur 2 chamois
- des tiques	0	0	0	0
- des puces	0	0	0	0
- des mélophages (<i>Melophagus Rupicaprinus</i>)	3	2	5	0
- des mallophages (<i>Damalinea</i>)	0	1	0	0

la cinétique de la maladie a été sensiblement identique quelles qu'aient été les caractéristiques du secteur; en particulier, la densité en chamois ne semble pas avoir déterminé l'apparition et l'incidence de la kératoconjonctivite. Cette constatation avait été faite dans la Réserve nationale des Bauges (HAVET, 1978; GIBERT, 1979) et dans les Pyrénées (CATUSSE, 1982).

— Reproduction : les taux de reproduction relevés dans le massif de la Vanoise avant l'apparition de l'épizootie, étaient relativement élevés (70 à 86 %). Ce n'était pas le cas dans la Réserve des Bauges où cet indice avait chuté jusqu'à 52 % avant épizootie (HAVET, 1978), tandis qu'en Yougoslavie, VALENTINCIC (1982) relate des taux de 33 %, et que dans le massif d'Ossau (Pyrénées occidentales) il avait été relevé des taux de 66 à 69 % (BERDUCOU, 1982).

Cette diminution du taux de reproduction, qui peut refléter une rupture d'équilibre d'une population sauvage dans son milieu, n'a donc pas été observée en Vanoise.

— Sex-ratio : le tableau I montre l'existence probable d'un déséquilibre en faveur des femelles. De même, des sex-ratio de 2 femelles pour 1 mâle ont été constatés avant épizootie dans les Bauges (HAVET, 1978), et dans le massif d'Ossau (BERDUCOU, 1982). Mais nous ne pouvons dire, dans l'état actuel des connaissances, si ce phénomène reflète une anomalie de structure de la population et quelles en sont les conséquences.

3. Facteurs du milieu

On suppose que des facteurs extrinsèques (entre autres, météorologie, rayonnements UV, présence d'insectes) interviennent dans le déclenchement et le déroulement de la kératoconjonctivite. Cependant les informations recueillies en Vanoise, en 1983, ne nous permettent pas d'en préciser la nature ni l'influence.

VI. — HYPOTHÈSES — MOYENS DE LUTTE

Nous discutons ici, à partir des caractéristiques épidémiologiques développées précédemment, les modalités de diffusion de la maladie, afin d'envisager l'opportunité d'une intervention prophylactique.

A) MOMENT DE LA CONTAMINATION

Les différentes sources possibles de contamination d'un animal sain sont exposées dans la figure 24.

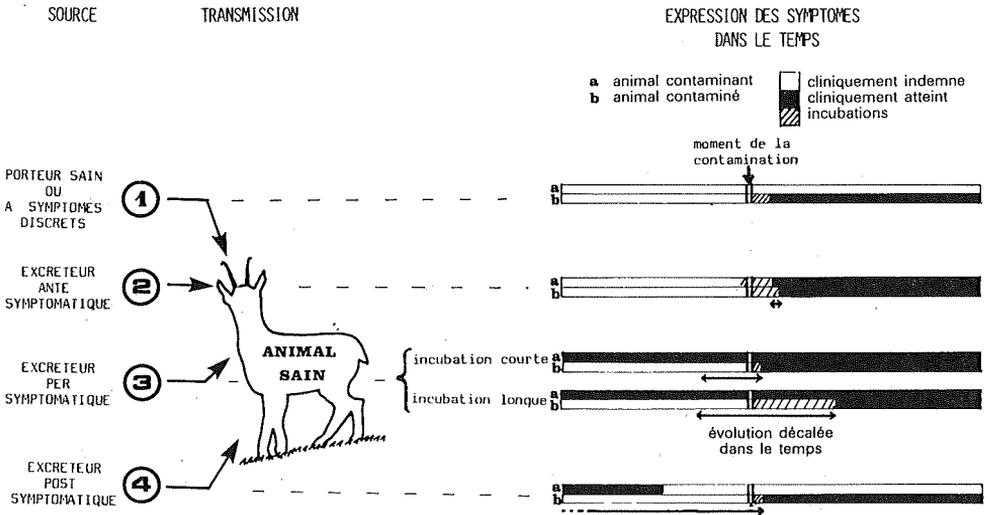


FIG. 24. — Modalités de contamination d'un animal sain.

Pour les deux premiers cas, les symptômes s'expriment de manière pratiquement concordante au sein d'un groupe d'animaux, alors que les cas 3 et 4 impliquent la présence simultanée de plusieurs stades lésionnels en début de maladie, avec un étalement du pic morbide.

L'hypothèse la plus vraisemblable est donc la contamination à partir d'excrétion antésymptomatique, ou par porteur sain ou discret, compte tenu de la brutalité d'apparition et de l'homogénéité des symptômes au sein d'une harde.

B) VOIES DE CONTAMINATION

Deux voies sont possibles :

— la voie exogène : la contamination se ferait par contact, à partir des matières virulentes constituées par les sécrétions lacrymales;

— la voie endogène : les images histologiques de la cornée en début d'évolution de la maladie laissent supposer une atteinte d'origine endogène, probablement hématogène (BIJLENGA et coll., 1984).

D'autre part, la kératoconjonctivite pourrait être la localisation oculaire d'un phénomène allergique, deux arguments vont dans ce sens : l'état d'hyperimmunité décelé par les analyses parasitaires, et l'expression soudaine et massive de symptômes oculaires d'origine inflammatoire.

C) MODE DE TRANSMISSION

Deux types de transmission ont été observés :

— une transmission rapide, intense et « obligatoire » entre les individus d'une même harde;

— une transmission de harde à harde, plus occasionnelle, donnant une image de progression centrifuge par pics morbides successifs dans un territoire donné.

Les caractéristiques épidémiologiques de la maladie rendent vraisemblable la contamination *directe* d'animal à animal. Cette modalité s'applique à la transmission de la kératoconjonctivite au sein d'un groupe d'Ongulés, mais aussi d'une harde à l'autre par l'intermédiaire d'individus « migrants », qui sont capables de déplacements importants et rapides.

La contamination directe pourrait s'effectuer soit par contact (pénétration exogène), soit par inhalation, ou ingestion d'aliments souillés par des matières virulentes (pénétration endogène).

Par contre, la soudaineté et l'intensité de la contagion, ainsi que la faiblesse des infestations en ectoparasites des Ongulés de Vanoise rendent peu concevable une transmission vectorielle durant le pic morbide.

Néanmoins, on ne peut exclure une contamination complémentaire par des vecteurs d'appoint, animés (exemple : insectes) ou inanimés (exemple : poussières). Ceux-ci pourraient être incriminés dans la diffusion à distance de la maladie et expliquer l'existence de trous épidémiologiques.

Par ailleurs, le portage de germes de surinfection d'œil à œil par des insectes a pu se réaliser en Vanoise durant l'été (ces derniers sont pratiquement inexistant pendant l'hiver).

D) MOYENS DE LUTTE

Si quelques caractères originaux de la kératoconjonctivite ont pu être mis en évidence lors de cette étude, des incertitudes demeurent quant à la compréhension des mécanismes de déclenchement et de progression de cette maladie. Aussi serait-il aléatoire, dans l'état actuel des connaissances, d'élaborer un plan de prophylaxie, d'autant plus que l'étude menée en Vanoise, dans un contexte de non intervention, montre l'inutilité des tirs d'élimination.

En effet, deux types d'action pourraient être envisagées :

— une intervention préventive, destinée à rectifier les paramètres de population et de milieu qui pourraient conditionner l'apparition et la diffusion de la maladie. Ceci implique, au minimum, une maîtrise réelle de ces facteurs dans le massif considéré et, au mieux, une connaissance de leur influence sur le phénomène pathologique. A noter qu'aucune relation dans ce sens n'a pu être mise en évidence en Vanoise, notamment en ce qui concerne la densité des animaux;

— une intervention offensive, visant à limiter l'extension de la maladie. Elle suppose la connaissance des sources virulentes et des modalités de transmission.

Il semble qu'en Vanoise, en 1983, le diagnostic sur le terrain des animaux cliniquement atteints se soit fait, le plus souvent, alors que la maladie était déjà en place et que les populations limitrophes étaient probablement en incubation. Les tirs d'élimination d'animaux reconnus malades auraient donc été effectués derrière le front de progression et auraient eu pour unique effet un écrêtement des manifestations cliniques de la maladie. De plus, la forte proportion d'animaux atteints rendait difficilement envisageable leur abattage.

Une autre méthode de blocage de l'extension de la kératoconjonctivite serait l'obtention d'un « vide sanitaire », établi loin devant le front de progression, compte-tenu d'un temps d'incubation qui reste inconnu. Cependant, cette mesure radicale serait-elle justifiée pour arrêter une maladie dont le taux de mortalité globale n'a pas excédé 20 %, alors que l'on ne connaît pas les possibilités de déplacement des animaux contaminants et l'éventualité d'une transmission vectorielle ?

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce travail analyse les informations recueillies sur un événement pathologique qui s'est développé en 1983 sur les chamois et les bouquetins du massif de la Vanoise et du massif des Encombres : la kératoconjonctivite, et qui a fait l'objet d'un suivi intensif totalisant plus de 1 000 journées d'observation. Le choix d'un suivi sans intervention humaine, qui s'inscrit par ailleurs dans l'éthique d'un Parc National, a permis de décrire et d'étudier sans artéfact les caractéristiques épidémiologiques de cette maladie évoluant sur des Ongulés de montagne vivant dans leur contexte naturel.

Une méthodologie a été mise en place pour répondre aux difficultés que présente une telle investigation en milieu sauvage; elle comporte trois protocoles d'étude, correspondant à trois objectifs différents :

1) Un recensement des observations d'animaux atteints et des cas de mortalité, à l'aide de deux fiches d'enquête, visant notamment à contrôler l'extension géographique et chronologique de la maladie.

2) L'étude de secteurs définis et restreints comportant des individus marqués, basée sur une périodicité d'observation rapprochée, dans le but d'analyser le déroulement de la maladie et ses caractéristiques, au sein d'une harde.

3) Des « journées d'échantillonnage » destinées à apprécier l'impact de la maladie sur les peuplements d'ongulés.

Il serait souhaitable que ces méthodes d'investigation soient étendues à des secteurs où il existe un risque futur de développement de la kératoconjunctivite, notamment les réserves de chasse de Bramans-Sollières, de Valloire, et de la Lauzière.

Cette maladie se révèle être en fait une conjunctivite au sens strict, se compliquant facultativement en kératoconjunctivite, et évoluant vers la guérison dans la majorité des cas.

L'étude menée sur le chamois et le bouquetin analyse différents facteurs de sensibilité et de contamination synthétisés dans le paragraphe précédent; elle nous permet également de distinguer et de décrire une évolution hivernale et une évolution estivale dont il est proposé un modèle : au sein d'une harde de chamois, les symptômes de kératoconjunctivite apparaissent massivement et brutalement (taux de morbidité de 60 à 90 % atteint en une semaine) avant de rétrocéder graduellement. La mortalité semble par contre peu élevée (elle est estimée autour de 15 %) : l'épizootie de Vanoise a donc présenté une létalité modérée.

Cependant, malgré les résultats apportés par cette étude, des inconnues subsistent, notamment quant aux mécanismes de transmission et d'extension de la maladie, à propos desquels des hypothèses sont émises.

Le prolongement du suivi de la kératoconjunctivite dans le Parc National de la Vanoise devrait nous permettre :

- d'apprécier l'évolution post-épizootique de la maladie et surtout l'état immunitaire de la population; il sera alors particulièrement intéressant de continuer le suivi des animaux marqués, éventuellement, d'étudier la nouvelle structure des populations touchées et le mode de progression de la maladie (endémicité résiduelle ou nouveaux pics épizootiques);

- d'apporter des éléments de connaissance à l'interrogation suivante : — quelles sont les sources virulentes et les modalités de contamination ? — ceci tant au laboratoire, où les recherches sur le(s) agent(s) responsable(s) à partir de prélèvements issus des chamois et bouquetins de Vanoise sont menées par l'équipe de Microbiologie-Immunologie de l'École Nationale Vétérinaire de Lyon, que sur le terrain, par la continuité de l'enquête épidémiologique.

Enfin, les résultats de cette étude ont fait apparaître que, tant sur le plan préventif (modifier d'éventuels facteurs favorisants) que sur le plan offensif (limiter la contagion), l'application d'un plan prophylactique offrant de réelles garanties d'efficacité n'était pas justifiable.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- APPOLINAIRE (J.), MULLER (P.), 1983. — Le diagnostic de terrain de la kératoconjunctivite de l'isard — Publication interne Parc National des Pyrénées Occidentales — Tarbes.
- BELLOA (A.S.), FERRANDO (J.M.), 1982. — Contribution au diagnostic de la kératoconjunctivite du chamois en Espagne — Communication présentée au symposium international de Vercelli — Italie.
- BANTIN (L.), FERBAYRE (J.P.), 1983. — Premiers résultats obtenus au 30 novembre 1983 dans la zone-test de la Sana-Roche Brune. Rapport d'activité — Parc National de la Vanoise, 135 rue du Docteur Julliard — 73000 Chambéry.
- BIJLENGA (G.), TEKTOFF (J.), RICHARD (Y.), JOUBERT (L.), GASTELLU (J.), PRAVE (M.), DUMONT (O.), FAVIER (C.) et OUDAR (J.), 1984. — Isolement de 5 souches de rickettsia des lésions de kératoconjunctivite du chamois ou du bouquetin et du mouton d'alpage. *Rev. Sci. vét. Méd. Comp.*, 85, 6, 267-281.
- BERDUCCO (Cl.), 1975. — Eléments de réflexion pour une gestion rationnelle des populations d'isards : les mécanismes naturels de régulation de la densité — *Bull. sp. O.N.C.*, 3, 105-137.
- BOUVIER (G.), BURGISSER (H.), SCHNEIDER (P.A.), 1958. — *Les maladies des ruminants sauvages de Suisse* — Fond. B. Galli — Valerio — Lausanne.
- CATUSSE (M.), 1982. — Evolution de l'influence de la kératoconjunctivite en Ariège — Publication interne — Office National de la Chasse — Région Sud-Ouest.
- COUTURIER (M.), 1938. — *Le chamois* — Arthaud — Grenoble — 2 vol., 855 p.
- COUTURIER (M.), 1962. — *Le bouquetin des Alpes* — Arthaud — Grenoble, 1564 p.
- DECHAMBRE (Y.), 1973. — La kératoconjunctivite infectieuse bovine — Th. Doct. Vét. Alfort.
- DUMONT (O.), OUDAR (J.), 1982. — Résultats et interprétations des analyses effectuées sur les ruminants sauvages de montagne, sains ou atteints de kératoconjunctivite — Rapport d'activité Ecole Nation. Vét. Lyon.
- FELLAY (R.), 1970. — La kératoconjunctivite infectieuse du chamois en Valais — *Bull. de la Murithienne* — LXXXVII (30 pages).
- FERBAYRE (J.P.), PERRIER (J.), DELMAS (M.), MARTINOT (J.P.), VION (Cl.) et MARTINET (O.), 1983. — Contribution à la connaissance de la biogéographie et de l'écoéthologie du chamois en Vanoise — Actes du VII^e colloque de Mammologie — Grenoble.
- GERMINETTI (F.), DANTE (M.), 1982. — La kératoconjunctivite du chamois sur le versant Sud du Mont Rose — Communication présentée au symposium international de Vercelli — Italie.
- GIBERT (P.), 1979. — La Réserve Nationale de chasse des Bauges, contribution à l'étude de l'étiologie de la kératoconjunctivite du chamois. Th. Doct. Vét. Lyon.
- HAVET (P.), MAGNANI (Y.), OUDAR (J.), RICHARD (Y.), PAPAGEORGIOU (C.), MONTAGUT (G.), PRAVE (M.), EUZEBY (J.), JOUBERT (L.) et HARS (J.), 1978. — Données sur la kératoconjunctivite dans les Alpes Françaises. Communication présentée au symposium international de Mayrhofen, Autriche.
- KLINGER (K.), 1953. — Über die Gamsblindheit und ihre Beziehungen zur Konjunktivokeratitis infectiosa und zur Brucellose der Rinder und Schafte — *Schweiz Archiv. f. Thk* 95, 210.
- KLINGER (K.), 1961. — Le problème de la kératoconjunctivite infectieuse des chamois — *Schweiz Naturschutz* 27 (6) 157-160.
- MARTINOT (J.P.), DELMAS (M.), RUFFIER (A.) et RUFFIER LANCHE (F.), 1984. — Contribution à la connaissance de la biogéographie et de l'écoéthologie du bouquetin en Vanoise — Actes du VII^e colloque de Mammologie — Grenoble.
- MONTAGUT (G.), HARS (J.), GIBERT (P.), PRUD'HOMME (C.) et HUGONNET (L.), 1981. — Observations sur la pathologie des ruminants sauvages de montagne (chamois,

KÉRATOCONJONCTIVITE DES ONGULÉS SAUVAGES

- bouquetins, mouflons) dans le département de la Savoie du 1/7/1977 au 30/6/1980. *Trav. Sci. Parc nation. Vanoise*, **XI**, 201-225.
- NICOLET (J.), FREUNDT (E.A.), 1975. — Isolement de *Mycoplasma conjunctivae* chez le chamois et le mouton atteint de kératoconjunctivite. *Zbl. Vet. Med.* 22 B (4), 302-307.
- OUДАР (J.), PRAVE (M.), BIJLENGA (G.), DUMONT (O.), RICHARD (Y.), GIBERT (P.) et FAVIER (C.), 1982. — Travaux expérimentaux sur l'étiologie de la kératoconjunctivite du chamois en France, réalisés à l'École Nationale Vétérinaire de Lyon — Communication présentée au symposium international de Vercelli — Italie.
- PAIRAUDEAU (C.), MOULIN (A.), PRAVE (M.), GASTELLU (J.), HARS (J.) et JOUBERT (L.), 1977. — Sur deux épizooties ayant sévi dans le Parc National de la Vanoise : kératoconjunctivite infectieuse du chamois et pleuropneumonie enzootique du chamois et du bouquetin — *Trav. Sci. Parc nation. Vanoise*, **VIII**, 157-172.
- PERACINO (V.), LANFRANCHI (P.), GUARDA (F.), PERRUCIO (C.), ROSSI (L.), MENEGUZ (P.G.), CORNAGLIA (E.), PAU (S.), 1982. — Expériences sur la kératoconjunctivite du chamois dans les Alpes Occidentales. Communication présentée au symposium international de Vercelli — Italie.
- PERRUCIO (V.), ROSSI (L.), FORTINA (G.), BOSIO (P.) et FONIO (P.), 1982. — Observations sur la flore microbienne présente sur l'œil du chamois sain et du chamois atteint de kératoconjunctivite — Communication présentée au symposium international de Vercelli — Italie.
- STROH (G.), 1959. — La kératoconjunctivite infectieuse du chamois — *Dents Tierärztl Wschr* 27, 38.
- TOURNUT (J.R.) et coll., 1982. — Observations sur la kératoconjunctivite de l'isard — Recherches faites à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse — Communication présentée au symposium international de Vercelli — Italie.
- VALENTINCIC (S.), 1982. — Expériences sur la kératoconjunctivite du chamois en Yougoslavie — Communication présentée au symposium international de Vercelli — Italie.
- WILCOX (G.E.), 1968. — La kératoconjunctivite bovine — *Vet. Bull.*, 38, 349-360.

ANNEXES

ANNEXE I

- a) Modèle de fiche d'enquête « hératoconjunctivite ».
- b) Modèle de fiche d'enquête « mortalité ».

Enquête hératoconjunctivite

Fiche de renseignements animaux vivants

Nom de l'observateur	lieu commune	lieu dit	date	Nombre d'animaux dans la harde	Nombre d'animaux précisés	Animal malade	Animal guéri	Identification de l'animal	Identification de l'animal	le cultivateur a-t-il été retouché?

Enquête MORTALITE

Fiche de renseignements Cadavres

Nom de l'observateur	lieu commune	lieu dit	date	état de l'animal retrouvé	si possible restes	Sexe	âge	signes de hératoconjunctivite	existe-t-il de hératoconjunctivite?	cause présumée de la mort	le cultivateur a-t-il été retouché?

ANNEXE III
VÉRIFICATION STATISTIQUE DE L'HOMOGENÉITÉ
DES STRUCTURES DE POPULATION

1) Chaque zone d'étude a fait l'objet de k échantillonnages, dans lesquels les chamois se répartissent suivant $p = 4$ catégories : F = femelle, M = mâle, C = cabri, E = éterlou. Nous avons éliminé dans une première analyse la catégorie I = indéterminé, car elle a une signification très différente des autres et ne caractérise pas un état en soi.

Pour chaque échantillon, l'effectif pris en compte est le suivant : nombre d'observations — nombre d'indéterminés.

Nous disposons alors de N données, indépendantes et discrètes, réparties en p lignes et k colonnes; pour comparer k séries de fréquence, nous prendrons comme hypothèse de base H_0 = la structure de population est semblable pour chaque échantillon et la répartition identique dans les groupes. Nous la vérifierons par un calcul du χ^2 global.

Formule :

		k échantillons			
		1	i	k	
p catégories	1				O_1
	j		O_{ij}		O_j
	P				O_P
		n_1	n_i	n_k	N

$$C_{ij} = \frac{n_i \times \sum O_j}{N}$$

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p \frac{(O_{ij} - C_{ij})^2}{C_{ij}}$$

ZONE	Nbre d'échantillons	Structure de pop moyenne (en p 100)				f 2 seuil à 5 % d'erreur	χ^2 global	Observations
		F	M	C	E			
Z.T.E.N.	7	46,8	5,0	39,7	7,7	9,39	24,28	Forte valeur du χ^2 uniquement imputable à 5 données M (totalisant à elles seules 18,09)
Harde Gébroulez	10	46,3	5,7	39,8	8,2	16,15	22,8	Forte valeur du χ^2 uniquement imputable à 5 données M (totalisant à elles seules 12,37)
R.N.G.S.	8	42,0	3,0	40,9	13,9	11,59	13,13	Dont 3 données M (totalisant à elles-seules 3,8)
R.A.	9	26,6	50,8	13,5	9,0	18,85	40,43	Dont 5 valeurs totalisant 25

2) Influence des indéterminés.

Le test semble donc montrer une différence significative entre les échantillons, mais si celle-ci est réelle pour R.A., elle est imputable à quelques valeurs « anormales » de la catégorie M pour les autres zones. Or nous allons démontrer que, lorsque les animaux indéterminés représentent une proportion non négligeable d'une catégorie à faible effectif (ce qui est typiquement le cas de la catégorie M = mâle), le calcul du χ^2 est sensiblement dévié.

Formule : à partir de coordonnées réelles de la population

	1	i	k	
1				
j		W _{ij}		Σ W _j
P				
		n _i		N'

1. $W_{ij} = O_{ij} + ind_{ij}$
 O_{ij} = nombre observé défini au § précédent
 ind_{ij} = nombre d'individus de la catégorie n'ayant pas été déterminés
2. $\Sigma W_j = \Sigma O_j + ind_j$
 ind_j = nombre d'indéterminés dans la catégorie j pour toutes les observations
3. $n'_i = n_i + I_i$
 I_i = nombre d'indéterminés dans l'effectif de chaque échantillonnage
4. $N' = N + I_{total}$
 I_{total} = nombre total d'indéterminés

Hypothèse 1 : le nombre d'indéterminés est toujours petit devant l'effectif observé (vrai, car on a éliminé les journées d'échantillonnage dont la proportion d'indéterminés était importante).

Calcul de C'_{ij} :

$$C'_{ij} = \frac{n'_i \times \Sigma W_j}{N'} = \frac{n'_i}{N'} (\Sigma O_j + ind_j) = \frac{n_i}{N} \Sigma O_j + n'_i \frac{ind_j}{N'}$$

hypothèse 1

or

$\frac{ind_j}{N'}$ représente le % moyen d'indéterminés dans la catégorie j donc $C'_{ij} = C_{ij} + Z$

Z étant le nombre moyen d'indéterminés dans la catégorie j rapporté à l'effectif observé de l'échantillon i.

Calcul du χ^2 :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \frac{(W'_{ij} - C'_{ij})^2}{C'_{ij}}$$

or

$$\begin{aligned} \frac{(W'_{ij} - C'_{ij})^2}{C'_{ij}} &= \frac{(O_{ij} + ind_{ij} - C_{ij} - Z)^2}{C_{ij} + i} \\ &= \frac{[(O_{ij} - C_{ij}) + (ind_{ij} - Z)]^2}{C_{ij} + i} \end{aligned}$$

Discussion :

- si la catégorie a un gros effectif : Z est négligeable devant elle;
- si la catégorie est peu susceptible d'indéterminations : Z et ind_{ij} sont négligeables;
- dans le cas contraire (soit effectif petit et indétermination fréquente) : le χ^2 sera modifié.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

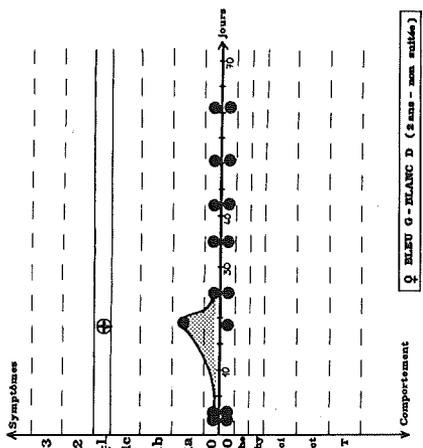
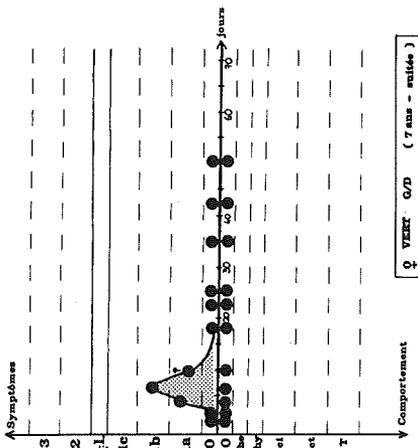
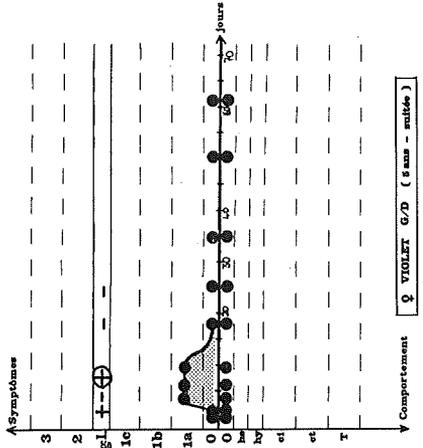
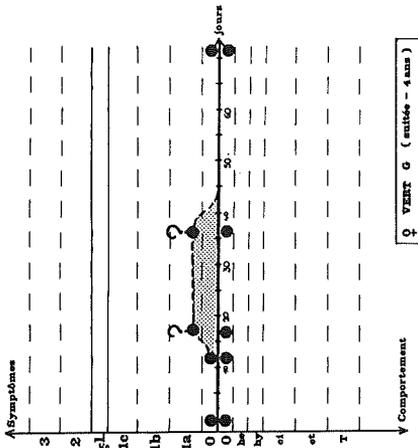
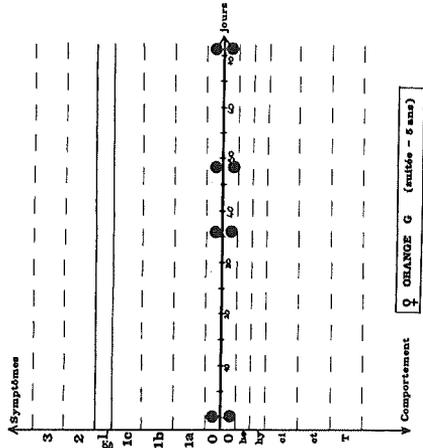
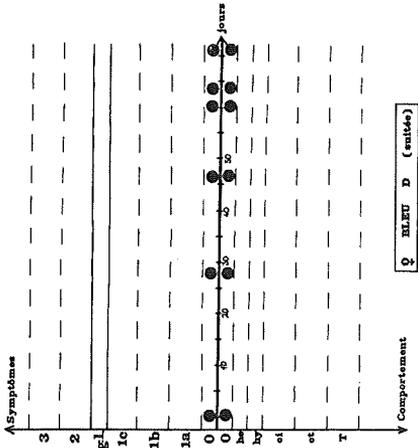
Conclusion :

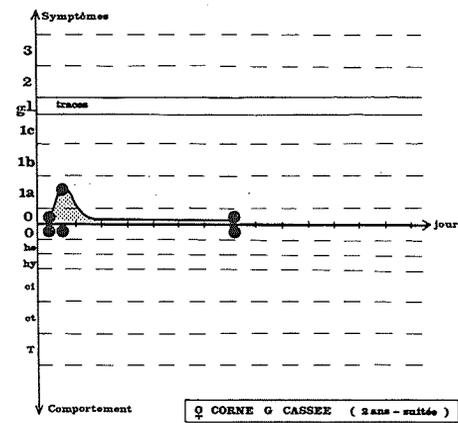
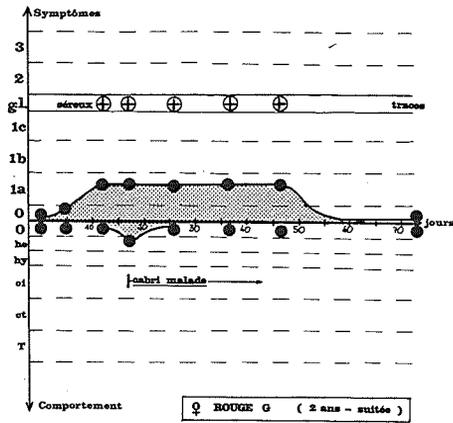
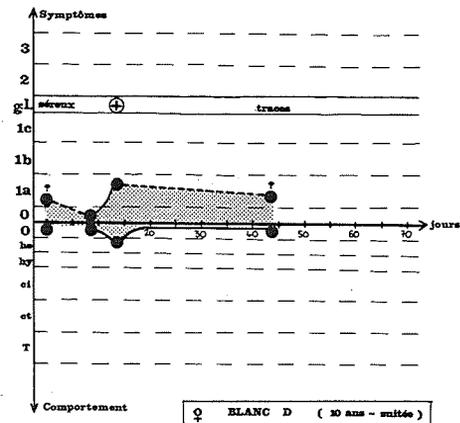
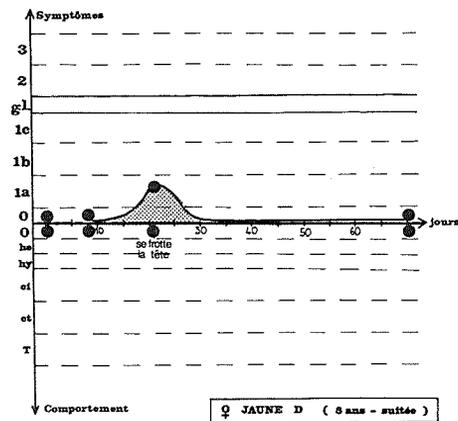
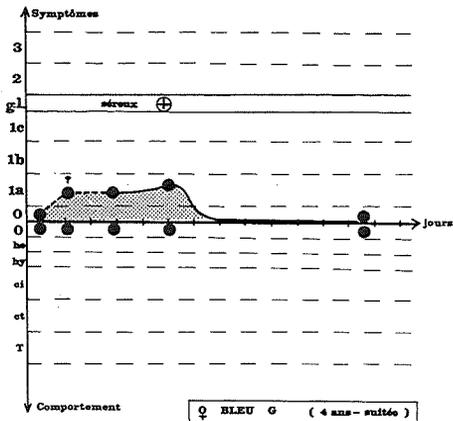
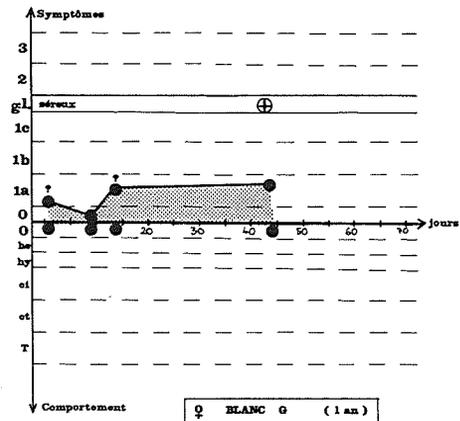
Ce sont donc vraisemblablement les animaux indéterminés, appartenant en réalité à des catégories à faible effectif, qui sont responsables des différences significatives enregistrées dans le test pour la Z.T.E.N., R.N.G.S. et la harde de Gébroulaz.

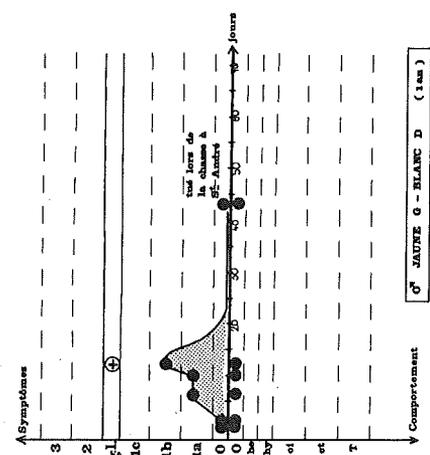
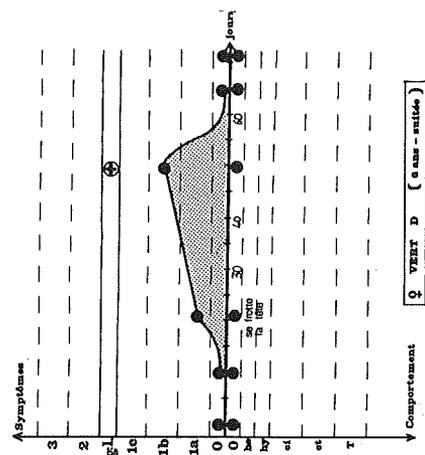
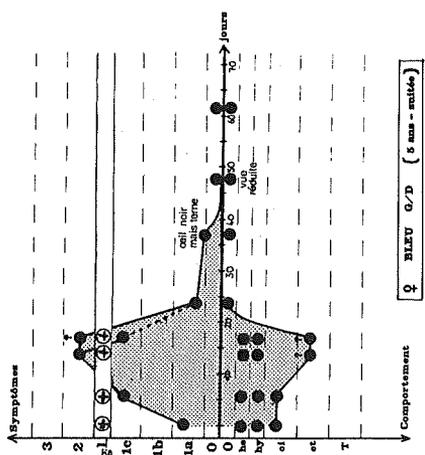
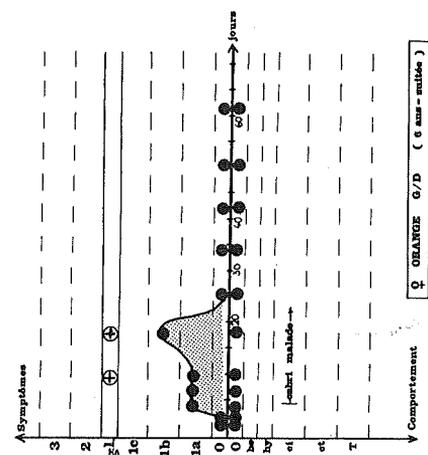
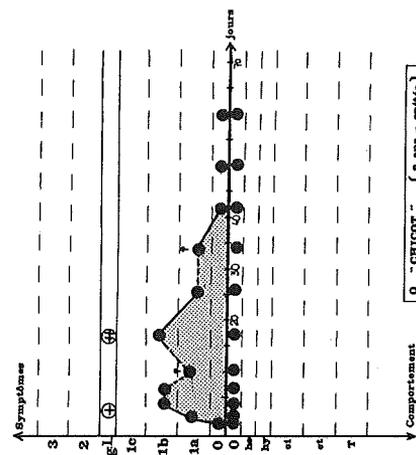
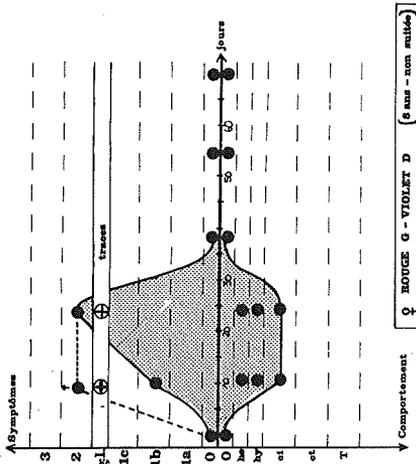
NB : Ceci tendrait également à démontrer que les calculs de sex-ratio effectués sans tenir compte des indéterminés peuvent être sensiblement déviés.

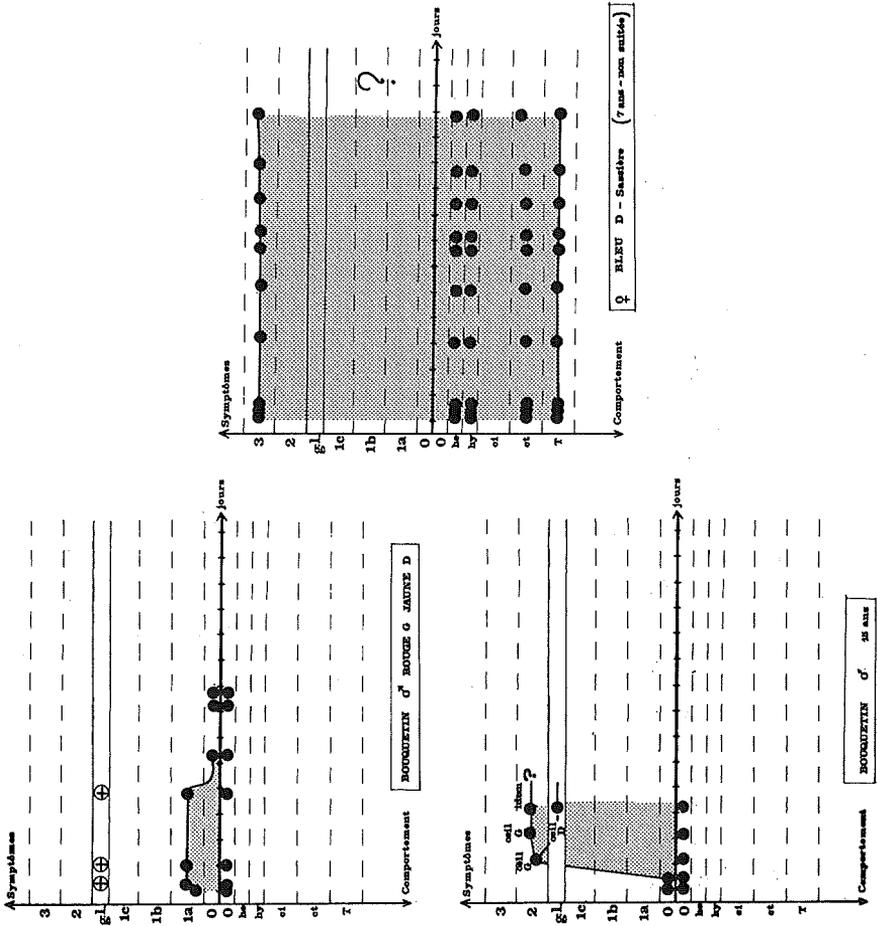
ANNEXE IV

Courbes de maladie des chamois et bouquetins suivis individuellement (légende : cf. p. 210).









ANNEXE IV SUIVI INDIVIDUEL DES ANIMAUX IDENTIFIABLES

— symptômes :

animal sain ou guéri	0
stade 1 : œdème des paupières	1a
œdème des paupières important	1b
conjonctivite	1c
gouttière lacrymale : présence ou absence	g.1.
stade 2 : kératite	2
stade 3 : ulcère — perforation	3

— comportement :

normal	0
hésitation	he
hypermétrie	hy
cécité incomplète	ci
cécité totale	et
tournis	T

IMPRIMERIE LOUIS-JEAN
Publications scientifiques et littéraires
05002 GAP — Tél.: (92) 51.35.23
Dépôt légal: 11 — Janvier 1985

