

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT
ET DU CADRE DE VIE
DIRECTION
DE LA PROTECTION DE LA NATURE

Travaux Scientifiques du Parc National de la Vanoise

Recueillis et publiés sous la direction de
C. PAIRAUDEAU
Directeur du Parc National
et P. OZENDA
Correspondant de l'Institut
Professeur à l'Université de Grenoble

Tome IX

1978

Cahiers du Parc National de la Vanoise
15, rue du Docteur-Julliand
73003 - CHAMBÉRY - (France)

ISSN 0180-961 X

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT
ET DU CADRE DE VIE
DIRECTION
DE LA PROTECTION DE LA NATURE

Travaux Scientifiques du Parc National de la Vanoise

Recueillis et publiés sous la direction de
C. PAIRAUDEAU
Directeur du Parc National
et P. OZENDA
Correspondant de l'Institut
Professeur à l'Université de Grenoble

Tome IX

1978

Cahiers du Parc National de la Vanoise
15, rue du Docteur-Julliand
73003 - CHAMBÉRY - (France)

SOMMAIRE

COMPOSITION DU COMITÉ SCIENTIFIQUE	5
LISTE DES COLLABORATEURS	7
P. GENSAC. — <i>Observations thermométriques de 1973 à 1976 dans le Parc National de la Vanoise. Conséquences biologiques</i>	9
M. EYNARD. — <i>Contribution à l'étude écologique de deux groupements végétaux à Salix herbacea des environs du col de l'Iseran</i>	25
A. TROTTEREAU. — <i>Gentiana schroeteri Wettst. dans le Parc National de la Vanoise, hybride nouveau pour la flore française.</i>	53
R. DELPECH et G. DENUDT. — <i>Recherches préliminaires sur la composition minérale des plantes d'alpages</i>	59
D. LAMOURE. — <i>Agaricales de la zone alpine. Genre Cortinarius Fr. Sous-genre Telamonia (Fr.) Loud. (suite)</i>	77
J.P. MARTINOT. — <i>Acclimatation de l'Omble du Canada, Salvelinus namaycush Walbaum (Salmonidae) dans un lac de haute montagne du Parc National de la Vanoise</i>	103
B. SERRA-TOSIO. — <i>Les Diptères Chironomidés du lac du Mont-Coua (Parc National de la Vanoise)</i>	141
P. BAIER. — <i>Contribution à la connaissance des Desmidiées du Parc National de la Vanoise. Lacs du Lait et lac Blanc de Termignon</i>	147

COMPOSITION DU COMITÉ SCIENTIFIQUE DU PARC NATIONAL DE LA VANOISE

Président honoraire :

M. Paul VAYSSIERE, Professeur honoraire au Museum National d'Histoire Naturelle.

Président :

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

Vice-Président :

M. Denys PRADELLE, Architecte-Urbaniste, Chambéry.

Secrétaire :

M. Paul OZENDA, Correspondant de l'Institut, Professeur à l'Université de Grenoble.

Membres du Comité :

M. Jean AUBERT, Conservateur des Musées d'Art et d'Histoire de Chambéry.

M. Maurice BARDEL, Ancien Directeur du Parc National de la Vanoise, Ingénieur général du G.R.E.F.

M. Paul BARRUEL, Attaché au Museum National d'Histoire Naturelle.

M. Jean BOURGOGNE, Sous-Directeur au Museum National d'Histoire Naturelle, Paris.

M. Clément BRESSOU, Membre de l'Institut, Président du Comité Permanent du Conseil National de la Protection de la Nature.

M^{lle} Camille BULARD, Professeur à l'Université de Nice.

M. Roger BUVAT, Membre de l'Institut, Professeur à l'Université de Marseille-Luminy.

M. Louis de CRECY, Ingénieur en chef du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Chef de la Division Nivologie au C.T.G.R.E.F., Grenoble.

- M. Charles DEGRANGE, Professeur à l'Université de Grenoble.
- M. René DELPECH, Professeur à l'Institut National Agronomique, Paris-Grignon.
- M. Philippe DREUX, Professeur à l'École Normale Supérieure, Paris.
- M. François ELLENBERGER, Professeur à l'Université de Paris-Orsay.
- M. René FONTAINE, Ingénieur général honoraire du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Evian.
- M. R.P. FRITSH, Président de la Société d'Histoire Naturelle de la Savoie.
- M. Pierre GENSAC, Professeur au Centre Universitaire de Savoie, Chambéry.
- M. Paul GIDON, Professeur au Centre Universitaire de Savoie, Chambéry.
- M. Alain GILLE, Coordonnateur des Bureaux Régionaux de Science et de Technologie à l'UNESCO.
- M. Jean GOGUEL, Directeur du Bureau de Recherches Géologiques et Minières.
- M. Marcel JAIL, Ingénieur de Recherche à l'Institut de Géographie alpine, Grenoble.
- M. Louis JOUBERT, Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Lyon.
- M. Robert KÜHNER, Correspondant de l'Institut, Professeur à l'Université de Lyon-I.
- M. Philippe LEBRETON, Professeur à l'Université de Lyon-I.
- M. Claude LEVI, Directeur adjoint du C.N.R.S., Professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.
- M. Louis LLIBOUTRY, Professeur à l'Université de Grenoble.
- M. Charles-Pierre PEGUY, Directeur de Recherche au C.N.R.S., Grenoble.
- M. Maurice REYDELLET, Vétérinaire Inspecteur en chef, Gap.
- M. Henri RICHARD, Ingénieur Agronome, Membre de l'Académie d'Agriculture.
- M. Paul VEYRET, Professeur à l'Institut de Géographie alpine, Grenoble.

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 des cartes, des figures et du manuscrit.

- * P. BAIER, 22 rue du Docteur Calmette, Grenoble.
- C. BOLZON, Secrétaire d'administration à l'Université I de Grenoble.
- * R. DELPECH, Professeur à l'Institut National Agronomique Paris-Grignon.
- * G. DENUDT, Faculté des Sciences Agronomiques, Université catholique de Louvain, Belgique.
- * M. EYNARD, Université Claude-Bernard, Lyon I, Département de Biologie végétale.
- * P. GENSAC, Professeur au Centre Universitaire de Savoie, Chambéry.
- J. HIVERT, Aide-Technique à l'Université I de Grenoble.
- * D. LAMOURE, Professeur à l'Université Claude Bernard, Lyon I.
- * J.P. MARTINOT, Attaché Scientifique au Parc National de la Vanoise, Chambéry.
- M.C. NEUBURGER, Assistante de Recherche à l'Université I de Grenoble.
- * B. SERRA-TOSIO, Maître-Assistant à l'Université I de Grenoble.
- * A. TROTTEREAU, 364 rue de Vaugirard, Paris.

OBSERVATIONS THERMOMÉTRIQUES DE 1973 A 1976 DANS LE PARC NATIONAL DE LA VANOISE. CONSÉQUENCES BIOLOGIQUES

par Pierre GENSAC (1)

avec la collaboration du Personnel du Parc National

I. — Présentation des stations	10
II. — Température de l'air	13
III. — Température du sol	19
Index bibliographique	23

Résumé. — L'installation des 5 stations climatologiques en haute altitude a pu s'effectuer grâce au Parc National. La composition et la situation de ces stations est précisée. Les résultats obtenus pendant les trois années sont analysés. La température de l'air est comparée à celle de la station ONM de Bourg-Saint-Maurice. Le gradient thermométrique est de l'ordre de 0,52°, les minimums descendent rarement en-dessous de -20° et les maximums sont de +20° au niveau de l'étage alpin. La température du sol paraît plus intéressante au point de vue biologique. La période de végétation est de 5 mois dans l'étage subalpin, de 3 mois et demi dans l'alpin. Les minimums sont très influencés par le manteau neigeux.

Summary. — The installation of five climatological stations at a high altitude could be carried out thanks to the National Park Office. The composition and situation of these stations are specified. The results obtained during three years are analysed. The air temperature is compared to the temperature given by the meteorological station of Bourg-Saint-Maurice. The temperature gradient is about 0,52°, the minima do not often fall down below -20° and the maxima are +20° at the alpine level. The temperature of the soil seems more interesting from a biological point of view. The vegetation period is lasting five months in the subalpine level and three months and a half in the alpine level. The minima are much influenced by the snowy's mantel.

(1) Département d'écologie, Centre Universitaire de Savoie, B.P. 143, 73011 Chambéry Cedex.

Le faible nombre d'observations climatologiques en altitude est un des obstacles principaux aux études écologiques précises en pays de montagne. Si, dans les Alpes françaises septentrionales, l'intérêt présenté par les ressources hydro-électriques a permis le développement jusqu'à 2 000 m d'un dense réseau pluviométrique, les stations thermométriques sont, au contraire, très rares et les seules données exploitables sont celles des postes de la Météorologie Nationale. En Vanoise, la création du Parc National a permis, grâce à la permanence active de gardes-moniteurs et à une administration très compréhensive, l'installation de stations en haute altitude et leur exploitation. Sans ces concours indispensables, nous n'aurions pu parvenir à rassembler les présentes données et notre profonde reconnaissance va à tous ceux qui par leur courage et leur ténacité ont assuré un fonctionnement continu des stations, ce malgré les rigueurs climatiques dont les relevés sont le témoin. Encore fallait-il que ces efforts soient prolongés par une contribution scientifique autre qu'une compilation trop hermétique et fastidieuse. Nous avons donc recherché, dans la présente exploitation, les éléments qui pouvaient être en rapport avec la biologie des hautes montagnes alpestres. D'autres disciplines de recherche pourront, si elles le désirent, effectuer leur propre analyse, les données journalières chiffrées étant disponibles à l'administration du Parc ainsi qu'au département d'écologie du Centre Universitaire de Savoie.

I. — PRÉSENTATION DES STATIONS

Les conditions climatiques et topographiques ont imposé un choix dans la composition et la localisation des stations de mesures.

A) ÉQUIPEMENT.

Chacun des postes climatologiques est équipé d'un thermographe permettant l'enregistrement en continu de la température de l'air à 2,50 m, les valeurs extrêmes étant contrôlées par un thermomètre mini-maxi dont les observations lors des changements de bande d'enregistrement peuvent corriger les éventuelles erreurs de transmission mécanique des températures à partir du bilame sensible. L'importance biologique de la température superficielle du sol nous a conduit à installer parallèlement dans chaque poste un thermographe à tension de vapeur dont la sonde a été placée dans le sol à 5-10 cm de profondeur, niveau qu'atteignent les appareils radiculaires des plantes alpines. Ces deux thermographes ont été disposés dans un abri classique situé à 2,50 m du sol pour parer aux conséquences d'épais enneigements. Ces abris ont été fortement scellés au sol et aubanés pour éviter l'action des forts coups de vent si fréquents dans les étages supraforestiers.

B) LOCALISATION (fig. 1).

Le choix des emplacements a été décidé en fonction d'une part, de la variété des situations topographiques, caractère déterminant des étages subalpin et alpin : trois stations sur le versant tarin, deux en Maurienne, une station en fond de vallon, une station en sommet de croupe, une en exposition nord, une autre en exposition sud, ces stations étant échelonnées entre 1 900 et 2 500 m; d'autre part, le lieu d'implantation devait être d'un accès facile et non dangereux en hiver. Comme dans les tableaux et figures traduisant les résultats, les stations sont présentées dans l'ordre décroissant d'altitude et repérées suivant la carte IGN au 1/25 000.

1. — Grande-Sassière, commune de Tignes, à l'Ouest du lac de la Sassière, à proximité de la cote 2481. Altitude 2 480 m, sommet d'une large croupe au milieu du vallon. Station largement ouverte à l'action des vents d'Ouest et d'Est, étant donnée l'orientation du vallon, d'où un enneigement extrêmement réduit, la neige étant soufflée lors de sa chute. Végétation : Pelouse à *Elyna myosuroides* riche en lichens (*Elynetum cetrarietosum*). En raison des difficultés d'accès en hiver, cette station a été abandonnée en septembre 1976, pour être descendue, dans le même vallon au Chalet du Santel (2347 m).

2. — Grand-Vallon, commune de Val-d'Isère, proximité du chalet de surveillance, à l'Est de la cote 2253 située sur la route de l'Iseran. Altitude 2 340 m, sommet d'une petite croupe sur versant d'exposition générale Nord-Ouest. Station très largement ouverte vers l'Ouest d'où son faible enneigement. Végétation : pelouse à *Elyna myosuroides*.

3. — Plan-Sec, commune d'Aussois, au sommet du télésiège du Djoin. Altitude 2 250 m. Crête d'orientation générale Sud-Ouest entre un versant ouest et un versant sud. Station soumise à l'action assez forte des vents du Nord, enneigement moyen extrêmement variable suivant le vent et la température. Végétation : pâturage thermophile avec raisin d'ours et genévrier nain.

4. — Bochor, commune de Pralognan, mamelon dominant l'arrivée du téléphérique. Altitude : 2 020 m. Sommet d'une large croupe très faiblement boisée, largement soumise à l'action des vents. Enneigement moyen, très variable. Végétation mélangée : bosquets de pin à crochets alternant avec pelouse calcicole (*Seslerietum*) en voie de décarbonatation donc en mélange avec des espèces calcifuges. Dalle calcaire lapiazée affleurant sur 25 %, sol très superficiel, riche en squelette à partir de 5 cm.

5. — Orgère, commune de Villarodin-Bourget, immédiatement au Nord-Ouest du Refuge de l'Orgère, porte du Parc. Altitude : 1 935 m. Milieu de versant d'exposition générale Est. En bordure immédiate d'une cembraie sur calcaire d'où un ensoleillement limité en fin de journée. Très fort enneigement.

Ces cinq stations ont été installées dans le courant de l'automne 1973 et ont fonctionné pratiquement en continu; le déplacement de la

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

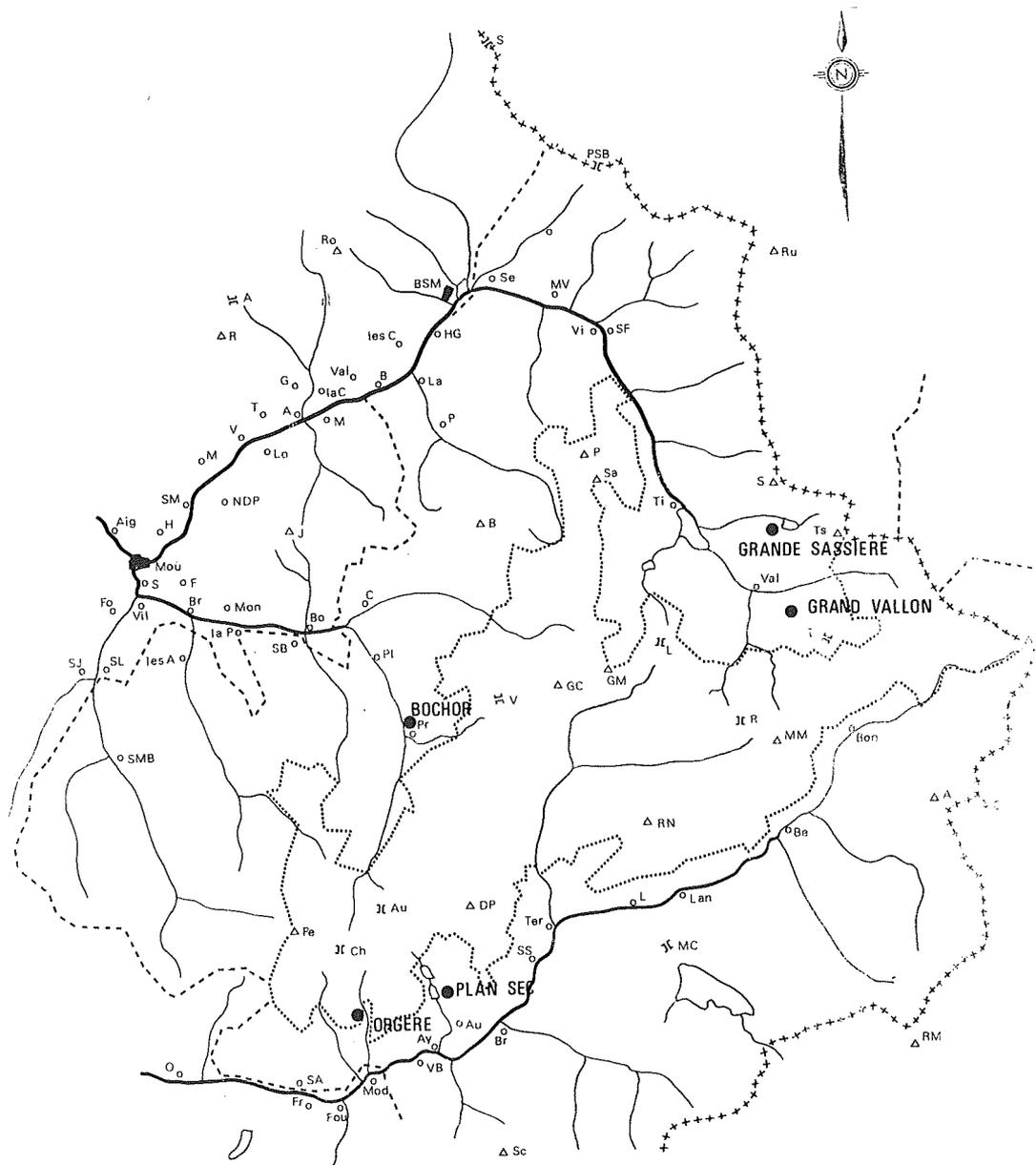


FIG. 1. — Carte de situation des stations.

station de la Grande Sassièrè en septembre 1976, nous a conduit naturellement à analyser les résultats des trois années 74, 75, 76.

Pour replacer les résultats dans le cadre régional, nous avons fait appel aux données O.N.M. de Bourg-Saint-Maurice où la station se situe sur le versant occidental peu déclive d'un vaste bassin à une altitude de 855 m. Ces données nous ont été communiquées par le centre O.N.M. de Lyon.

II. — TEMPÉRATURE DE L'AIR (fig. 2)

A) LES RÉSULTATS DE BOURG-SAINT-AURICE.

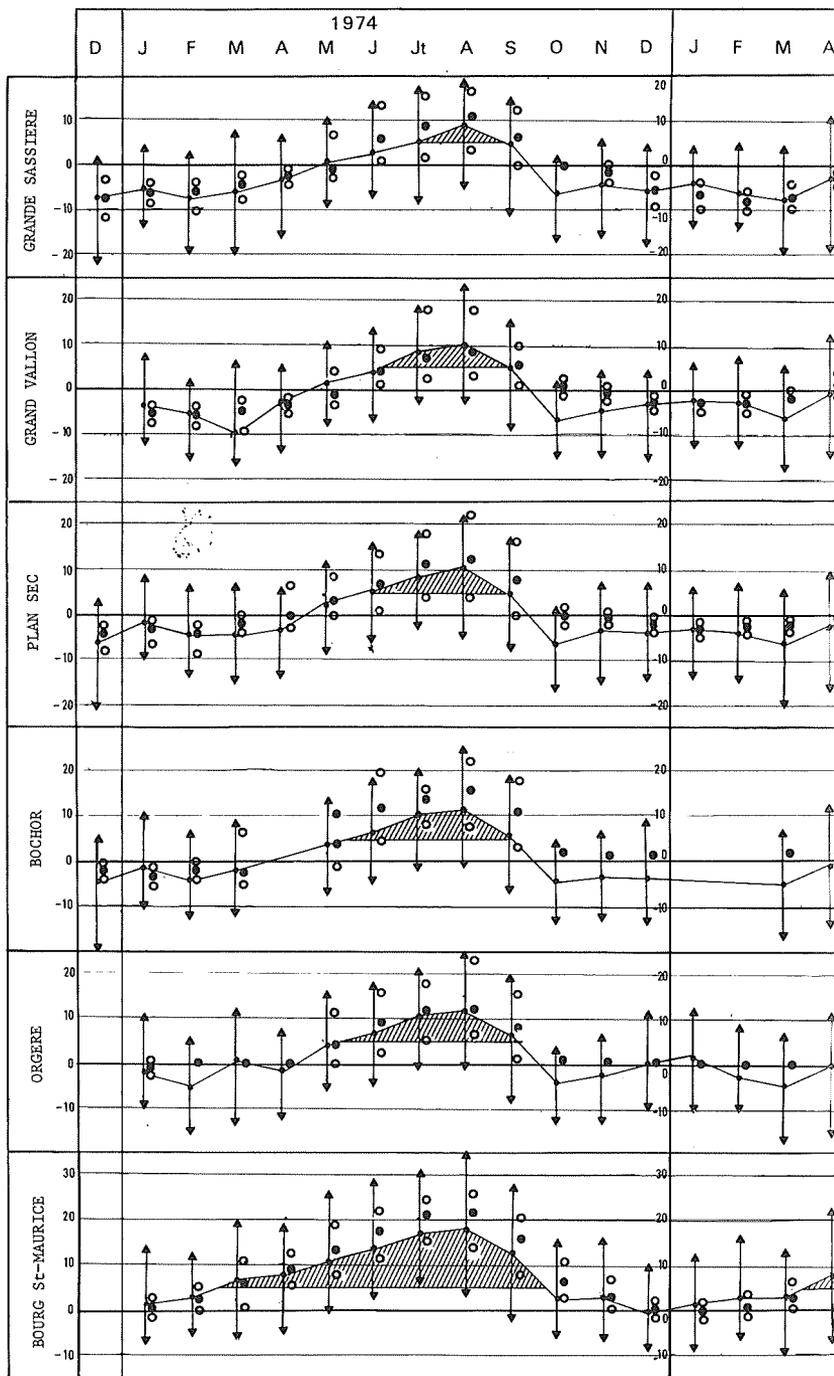
Ils traduisent bien la situation géographique de Bourg-Saint-Maurice dans les Alpes internes du Nord. Les hivers sont rigoureux avec des moyennes de décembre et janvier de l'ordre de 0° et des minimums absolus ayant atteint -15,4° le 29 janvier 1976. Ces basses températures sont compensées dans la moyenne annuelle par des étés chauds, la moyenne de juillet ou d'août se situant vers 10° avec un maximum absolu le 16 août 1974 de 34,4°, si bien que les moyennes annuelles s'établissent entre 8° et 8,5°, elles sont donc relativement élevées si l'on tient compte de l'altitude. Comme R. BLANCHARD l'avait signalé, le printemps est particulièrement précoce et s'établit rapidement en mars-avril dont les moyennes dépassent 5° ce qui permet un démarrage rapide de la végétation mais aggrave les conséquences des gels tardifs pouvant sévir jusqu'à la fin avril comme en 1976. La période de végétation (période où la température moyenne journalière est supérieure à 5°) s'étale de mi-mars jusqu'en octobre.

La comparaison des trois années montre la grande irrégularité du climat :

— 1974 est caractérisée par un printemps très précoce faisant suite à un faible enneigement hivernal. L'été est chaud avec des maximums très élevés mais, dès septembre, les températures s'effondrent très rapidement, l'hiver s'établit compromettant les récoltes tardives et la descente des alpages.

— 1975 présente un printemps tardif et un été médiocre marqué par des pluies fréquentes en août mais relativement peu abondantes. L'hiver s'établit progressivement dès la fin octobre.

— 1976. C'est l'année de la sécheresse avec un démarrage accéléré du printemps et surtout un mois de juin qui va être le plus chaud de l'année et le moins arrosé. C'est un mois sec au sens de GAUSSEN, la température moyenne étant de 18,1° et les précipitations de 31,5 mm, elles tombent d'ailleurs sous forme d'orage ce qui accentue la sécheresse générale. En juillet et août, la situation se dégrade légèrement. Cet été est le plus propice à la végétation d'altitude qui semble donc favorisée par un démarrage précoce et ne semble pas souffrir d'une sécheresse importante, peut-être corrigée par une rosée abondante. Les mois de septembre et d'octobre sont encore chauds mais ensuite l'hiver s'accélère avec décembre



Températures de l'air: ▲ Maximum absolu ● Moyenne mensuelle ▼ Minimum absolu.
 Températures du sol: ○ Maximum absolu ● Moyenne mensuelle ○ Minimum absolu.

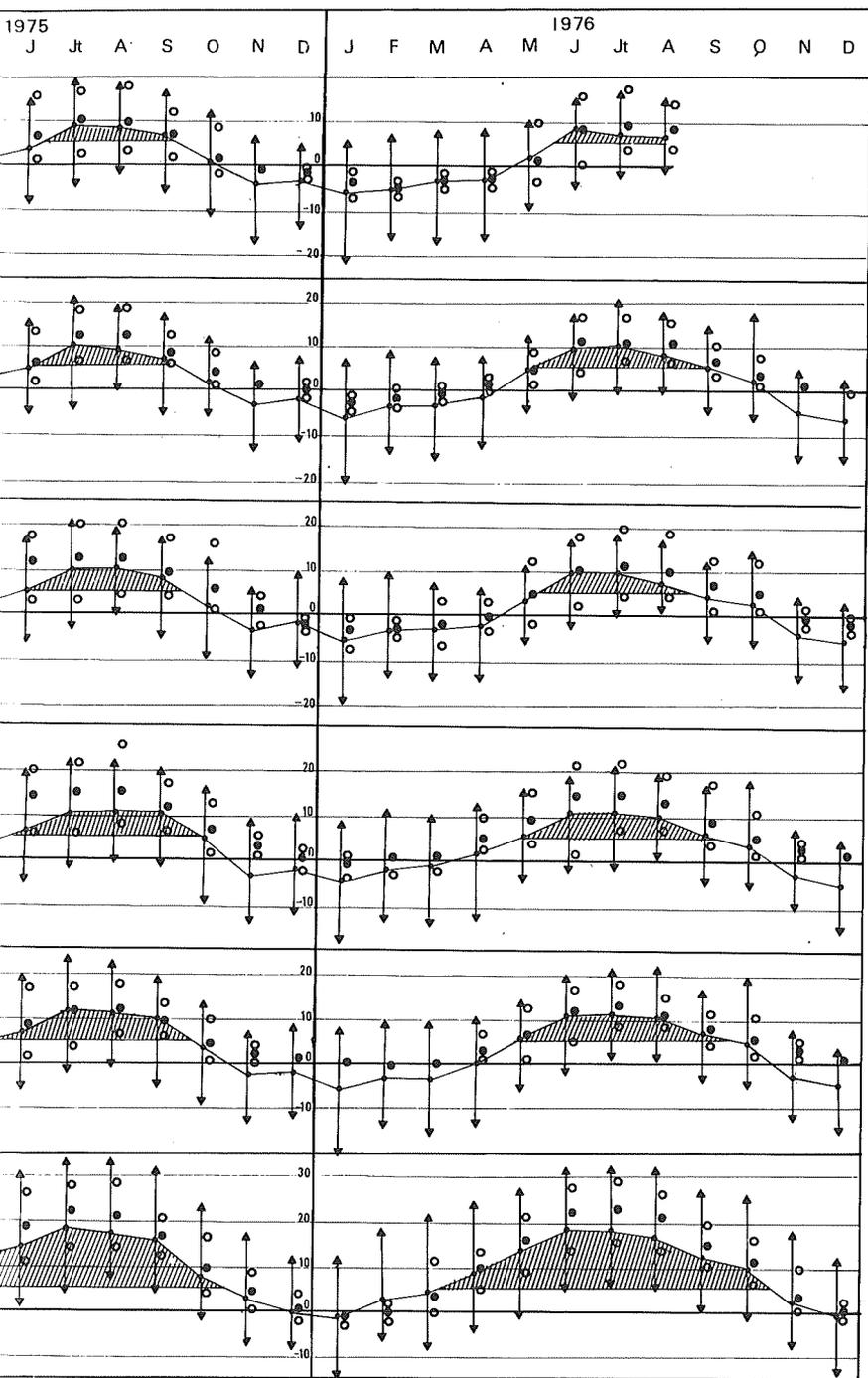


FIG. 2. — Evolution des températures moyennes mensuelles, des maximums et minimums absolus de l'air et du sol.
 (Bourg-Saint-Maurice, données de l'O.N.M.)
 Les parties hachurées correspondent aux moyennes des températures de l'air supérieures à 5° (période de végétation).

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

particulièrement froid et marqué par d'abondantes chutes de neige dès le début du mois.

B) COMPARAISON DES STATIONS (tabl. I).

Les courbes correspondant aux températures moyennes mensuelles (fig. 2) sont sensiblement parallèles, on ne note donc pas de gros écarts dans l'évolution thermométrique suivant l'altitude, on peut relever tout au plus une augmentation de l'amplitude annuelle (différence entre moyenne du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid) quand on passe à une altitude plus basse comme celle de Bourg-Saint-Maurice.

TABLEAU I
Températures moyennes annuelles, minimums et maximums absolus

	Moy. annuelle			Min. absolu			Max. absolu.		
	74	75	76	74	75	76	74	75	76
GRANDE SASSIERE	- 1,4	0,2	0,1	ms - 18,5	ms - 19	ju - 21	at 18	ju 18	ju 16
GRAND VALLON	- 0,2	1,4	1,0	ms - 16	ms - 17	ju - 20	at 22,5	ju 19,5	ju 18,5
PLAN SEC	0,3	1,2	0,7	oc - 15,5	ms - 19	ju - 20	at 22	ju 20	ju 17
BOCHOR	2,4	2,8	2,6	oc - 13	ms - 16,5	ju - 17,5	at 25	at 22	at 18,5
ORGERE	2,5	2,8	2,2	fv - 13,5	ms - 16,5	ju - 20	at 25,5	ju 23	at 20,5
BOURG ST MAURICE	8,1	8,3	8,5	dc - 9,1	ju - 15,4	ju - 15,4	at 34,4	ju 33,6	ju 31,2

Pour l'ensemble des six stations, on peut constater un abaissement de la température quand on s'élève en altitude. Cela est entièrement vérifié en 1974 et pour la plupart en 1975 et 1976. Pour ces deux dernières années, Plan-Sec, situé à altitude plus basse que Grand-Vallon, possède une moyenne annuelle également plus basse, les intersaisons en étant la cause principale par leurs valeurs mensuelles moins élevées. Si l'on compare les différentes années, on constate que pour toutes les stations d'altitude, 1975 a été l'année la plus chaude alors que pour Bourg-Saint-Maurice, c'est 1976. Ceci est dû principalement aux températures hivernales plus rigoureuses en altitude en 1976 non compensées par un printemps plus serein.

La comparaison des stations amène à établir le *gradient thermométrique*, Bourg-Saint-Maurice servant de station de référence (tabl. II). La plus grande hétérogénéité règne dans les valeurs obtenues, le gradient étant variable d'une année à l'autre et d'une station à l'autre. Cependant on peut constater que les valeurs obtenues sont en général inférieures

OBSERVATIONS THERMOMÉTRIQUES

au chiffre habituellement donné de 0,55, aucune des moyennes annuelles ou des moyennes des stations atteignant cette valeur, la moyenne générale s'établissant à 0,52. Cela tient surtout aux faibles valeurs de la station du Bochor, qui reste constamment la plus chaude par rapport à Bourg-Saint-Maurice ainsi qu'aux gradients obtenus pour 1975 dont nous avons déjà signalé la particularité thermique en altitude. On peut remarquer les valeurs fortes de la Grande-Sassière en 1974 et de l'Orgère en 1976. Il faudra cumuler les résultats pendant au moins une décade pour avoir confirmation des valeurs de ce gradient.

TABLEAU II
Gradient thermométrique rapporté à Bourg-Saint-Maurice, 855 m

	1974	1975	1976	Moyenne des stations
GRANDE SASSIERE 2480 m	0,58	0,50	0,52	0,53
GRAND VALLON 2340 m	0,56	0,46	0,51	0,51
PLAN SEC 2250 m	0,56	0,51	0,56	0,54
BOCHOR 2020 m	0,49	0,47	0,51	0,49
ORGERE 1935 m	0,52	0,51	0,58	0,54
MOYENNE ANNUELLE	0,54	0,49	0,54	0,52

Minimums et maximums absolus présentent également des valeurs qui s'inscrivent régulièrement en diminution progressive quand on s'élève en altitude. Pour les minimums, la Grande-Sassière, station la plus froide, bat les records pour la période considérée avec -21° en janvier 1976, année où les minimums absolus ont été les plus bas pour toutes les stations. En fait, ces minimums obtenus en 1976 n'ont que peu d'importance pour la végétation, car cette année a été également exceptionnellement enneigée par rapport à 1975 ou 1974, durant lesquelles les stations de la Grande-Sassière et du Grand-Vallon ont été presque entièrement libres de neige. Comme quoi, une seule donnée est insuffisante pour conclure définitivement et qu'il faut nécessairement avoir recours à une analyse plus complète. Au sujet de la valeur obtenue à la Grande-Sassière en 1976, on peut remarquer la faiblesse du gradient 0,34 vis-à-vis de Bourg-Saint-Maurice et il en est bien ainsi pour toutes les valeurs minimales absolues : l'effet de l'altitude est donc bien amorti en hiver vis-à-vis des basses températures extrêmes. En 1975, c'est le

mois de mars qui a vu partout les températures les plus basses alors qu'en 1974 a régné le plus grand désordre quant au mois où le minimum absolu a été atteint : mars pour les deux stations les plus élevées, octobre (!) pour les stations intermédiaires, février pour l'Orgère et décembre pour Bourg-Saint-Maurice.

Les maximums absolus ont toujours lieu en juillet et août. On observe la même stratification des stations parallèlement à leur altitude. C'est ainsi que l'Orgère atteint le maximum de 25°5 en août 1974 alors qu'à la Grande-Sassière le thermomètre n'a jamais dépassé 18°. L'effet de l'altitude se fait particulièrement sentir sur les maximums absolus, le gradient existant entre la Grande-Sassière et Bourg-Saint-Maurice atteignant 0,92 en août 1974. C'est certainement un des éléments les plus déterminants quant à la répartition de la végétation et à son étalement. Dans l'étage alpin, les maximums absolus sont de l'ordre de 20°, ce qui ne peut manquer d'avoir de graves conséquences sur la productivité des groupements végétaux bien que l'évapotranspiration soit également de ce fait très limitée.

Au cours des trois années de mesure, on relève les particularités des mois d'octobre 1974 et de mars 1975 qui ont été très froids, augmentant ainsi la durée de l'hiver 1974-1975. A l'inverse le mois de juin 1976 a été remarquablement chaud.

Il n'y a pas redondance, si au lieu de s'exprimer en moyenne, on évalue les quantités de chaleur en nombre de jours où la température est supérieure ou inférieure à telle ou telle valeur comme sur les figures 3, 4, 5 et 6. Le nombre de jours à température maximale supérieure à 15°, jours dits de chaleur, est faible et se trouve bien en relation avec l'altitude (fig. 3) mais d'une année sur l'autre le comportement des stations est différent. C'est ainsi que pour 1976, nous sommes en présence d'un faible nombre à la Grande-Sassière et à Plan-Sec, et d'un plus grand nombre à Grand-Vallon parallèlement d'ailleurs à Bourg-Saint-Maurice (192 jours) alors que pour le Bochor et l'Orgère la situation est différente.

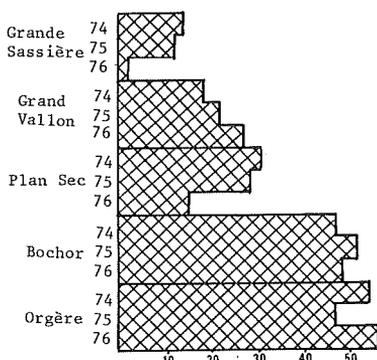


FIG. 3. — Nombre de jours de chaleur (T max > 15°).

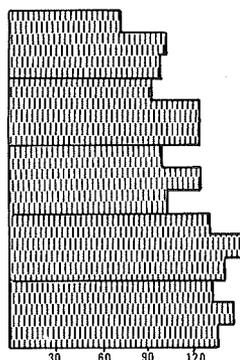


FIG. 4. — Nombre de jours de la période de végétation (T moy >= 5°).

OBSERVATIONS THERMOMÉTRIQUES

Les différences sont moins marquées pour la durée de la période de végétation, nombre de jours où la température moyenne est supérieure à la température de référence de 5° (fig. 4 et fig. 2) bien que pratiquement en passant de l'Orgère à la Grande-Sassièrre, cette période diminue d'un mois et demi. Ce paramètre traduit donc bien les différences existant entre l'étage subalpin moyen et l'alpin moyen, elle permet d'expliquer en partie le passage d'une végétation arborescente à une végétation herbacée.

Le nombre de jours où il y a gel nocturne (fig. 5) est très élevé. Ce phénomène est pratiquement permanent durant la période de novembre à mars, mais aussi il n'y a aucun mois qui ne soit atteint en été. En pleine période de végétation, les plantes alpines supportent donc de courtes gelées, d'autant plus fréquentes que l'on s'élève en altitude. L'évolution est la même pour les jours de gel permanent qui sont totalement absents en juillet-août.

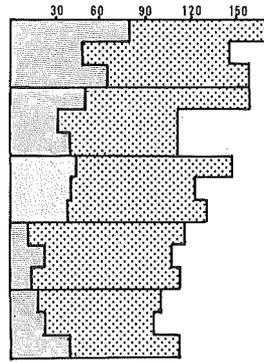
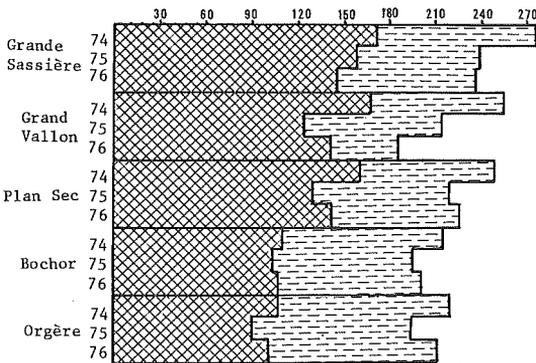


FIG. 5. — Nombre de jours de gel ($T_{\min} \leq 0^\circ$) et de gel permanent ($T_{\max} \leq 0^\circ$).

FIG. 6. — Nombre de jours de forte gelée ($T_{\min} \leq -5^\circ$) et de très forte gelée ($\min \leq -10^\circ$).

Les fortes et très fortes gelées (fig. 6) sont plus rares et ne sont pas forcément en relation avec les nombres précédents. On peut remarquer que le Bochor jouit à cet égard d'une situation privilégiée, avec des nombres inférieurs à ceux de l'Orgère ce qui est à mettre en relation avec son faible gradient thermométrique par rapport à Bourg-Saint-Maurice.

III. — TEMPÉRATURE DU SOL (fig. 2)

Les données relatives à la température du sol sont très rares et généralement inexploitées. Pourtant ce facteur est déterminant dans différentes étapes de la vie des végétaux : germination, développement de l'appareil racinaire, démarrage printanier, repos hivernal. Son impor-

tance devient encore plus grande pour les groupements herbacés et, en particulier, pour ceux de l'étage alpin.

A) LES RÉSULTATS DE BOURG-SAINT-AURICE.

La station de Bourg-Saint-Maurice est équipée pour mesurer la température du sol à 10, 20, 50 et 100 cm de profondeur. La mesure s'effectue à 6, 12 et 18 h pour la profondeur de 10 cm, seulement à 12 h, pour les autres dont l'amplitude journalière ne peut être que très faible. Pour comparer avec les stations de Vanoise, seuls les résultats de — 10 cm sont analysés, ils fournissent une idée du climat régional du sol et permettent de dégager les faits principaux sur la température du sol en pays de montagne.

L'évolution de la température du sol n'est pas parallèle à celle de l'air. En hiver, alors que l'enneigement est de brève durée et n'a que peu d'influence, les moyennes mensuelles de la température du sol sont égales ou inférieures à celles de l'air, avec une amplitude journalière très faible. La température minimale descend rarement en dessous de 0°, elle a pu atteindre — 1°8 en janvier 1976. En été, la température moyenne du sol est constamment supérieure à celle de l'air, la différence étant supérieure à 3°, les moyennes de juillet et d'août dépassent de ce fait 20°. La moyenne annuelle s'établit vers 10° avec peu d'écart d'une année sur l'autre, les températures estivales, celles qui correspondent à la saison de végétation, sont donc davantage déterminantes. Faiblesse des écarts entre moyennes annuelles, rôle des températures estivales font de la température du sol un meilleur critère écologique pour juger des températures d'une station que celle de l'air. Les températures maximales du sol restent inférieures à celles de l'air, et ce malgré la proximité de la surface soumise à de très fortes températures. La végétation et 10 cm de sol suffisent pour corriger les grands écarts.

B) COMPARAISON DES STATIONS.

Deux points ont retenu plus particulièrement notre attention en tant qu'écologie : les températures régnant pendant la période de végétation et celles que doivent supporter en hiver les organes pérennants des plantes.

1. La période de végétation (fig. 7).

Le ralentissement des échanges racinaires dès que la température descend en dessous de 5° incite à limiter la période de végétation au nombre de jours où la température du sol dépasse cette valeur. La comparaison des stations montre déjà de grandes variations. L'échelonnement altitudinal n'est plus respecté, le Bochor dépassant chaque année l'Orgère, il faut voir là un effet de l'exposition générale, le Bochor étant

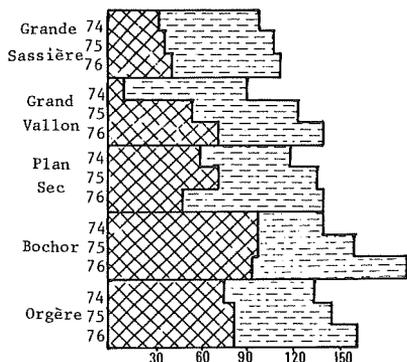


FIG. 7. — Nombre de jours où T_{moy} du sol > 10° et nombre de jours où T_{moy} du sol > 5°.

un sommet de croupe très dégagée alors que l'Orgère se situe sur un versant exposé à l'Est, donc moins ensoleillé et plus longuement enneigé. Néanmoins de grandes différences existent entre étages subalpin et alpin. Ainsi mesurée, la période de végétation est en moyenne de 5 mois dans le subalpin et seulement de 3 mois et demi dans l'alpin, ceci suffit pour expliquer la sélection rigoureuse des espèces existant à ce dernier niveau. Les 3 années de mesure présentent souvent de grandes différences, mais elles se situent toujours dans le même sens, ici la période de végétation croît partout, 1976 réalisant le maximum de durée. Ce fait est parallèle aux variations de la température moyenne annuelle de l'air ainsi qu'à l'ensoleillement tel qu'il a été mesuré à Bourg-Saint-Maurice : 1 961 heures en 1974, 2 074 heures en 1975, 2 159 heures en 1976. Durant cette période, le métabolisme des plantes est accéléré aux fortes températures, celles-ci n'étant jamais très élevées, aussi le nombre de jours où la température du sol est supérieure à 10° semble être également très significatif d'autant plus que les écarts entre stations s'accroissent. Là encore, le Bochor est prédominant avec un chiffre légèrement supérieur à 3 mois, tandis que la Grande-Sassière ne présente qu'une période de l'ordre du mois, les écarts s'accroissent donc par rapport à la période de végétation définie précédemment. Avec un tel raccourcissement de la période favorable, les répercussions sur la productivité et la nature des groupements ne peuvent être qu'importantes.

Les maximums atteints sont toujours très modérés, celui observé au Bochor est de 25°, il dépasse le maximum correspondant de la température de l'air : la végétation étant plus éparse qu'à Bourg-Saint-Maurice, l'effet de mulch est insuffisant pour atténuer l'intense rayonnement et l'élévation de températures de la surface. Là encore, l'effet de l'exposition se fait sentir entre la Grande-Sassière, station de croupe et le Grand-Vallon, station de versant Nord où les températures maximales sont moins élevées.

2. Les basses températures (fig. 8).

L'emploi de thermosonde pour l'enregistrement des températures du sol présente des difficultés pour les basses températures car en présence

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

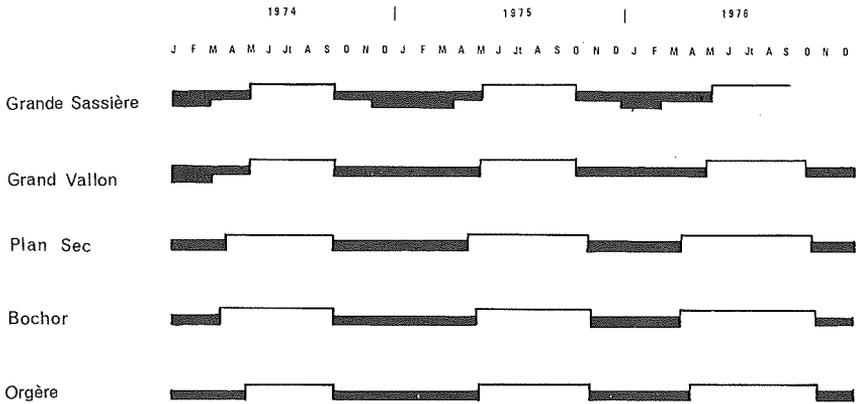


FIG. 8. — Périodes de gel du sol.

En trait très épais : sol fortement gelé; en trait moyennement épais : sol faiblement gelé; en trait mince : sol non gelé.

d'une épaisse couche de neige ou d'un sol gelé il n'est pas possible de vérifier par une mesure instantanée valable, les valeurs indiquées par l'enregistreur; aussi, un certain doute doit toujours exister quant à l'utilisation des valeurs absolues. Cependant, les variations de températures semblent permettre une distinction entre des périodes où l'amplitude journalière est faible et la plupart du temps nulle avec une moyenne voisine de 0° et celles où l'amplitude redevient plus forte et la moyenne inférieure à -2° . On peut donc distinguer respectivement une période de sol non gelé d'une période à sol faiblement gelé très différente d'une période de sol fortement gelé. La comparaison des stations montre encore une hiérarchie différente de celle des altitudes, le Bochor et même le Plan-Sec présentent des périodes à sol non gelé plus courtes que celles de l'Orgère située à une altitude inférieure. L'influence de l'exposition sur la durée du manteau nival est ici déterminante. L'Orgère, station abritée du vent et à ensoleillement réduit possède un enneigement plus long et plus efficace que le Bochor et Plan-Sec rapidement dégagées au printemps. On ne peut manquer d'être frappé également par la régularité et la concordance de cette période en haute altitude pour la Grande-Sassièrè et le Grand-Vallon. Le sol non gelé y débute chaque année au 15 mai et cesse dans la première quinzaine d'octobre. Mais les conditions d'installation d'une station climatique en très haute altitude excluent toute autre position que celle de sommet de croupe correspondant à un *Elymetum*, stations où l'enneigement est obligatoirement bref et où le sol est soumis directement aux radiations solaires. Or l'on connaît les caprices de l'enneigement dans l'étage alpin et les grandes différences annuelles qui affectent les zones à manteau nival prolongé. On ne peut donc tirer de nos deux stations des conclusions générales. Elles sont néanmoins très intéressantes par les contraintes qu'elles imposent aux végétaux puisque le sol, très régulièrement, du moins à la Grande-Sassièrè, atteint une température inférieure à -2° et un minimum absolu

chaque année de -10° . Les organes pérennants des végétaux sont donc soumis alors à de très rudes conditions.

En comparant les années, on ne peut manquer d'opposer le long hiver 1974-1975 au court hiver 1975-1976, la différence la plus nette portant sur le début de la période de sol gelé fin septembre 1974 et début novembre 1975 alors que la fin semble fixée dans la première quinzaine de mai pour toutes les stations.

Les données thermométriques en haute altitude permettent une connaissance précise des conditions extrêmes de nos régions et ainsi d'expliquer les grandes différences existant entre étages alpin et subalpin, du moins en partie. Des faits semblent ainsi bien établis, souvent en contradiction avec des idées reçues : relative modération des températures hivernales dont les minimums absolus sont de l'ordre de -20°C , températures estivales toujours douces en altitude, absence de sols profondément gelés sous le manteau nival. Il est également clairement apparu que les données relatives à la température du sol sont beaucoup plus significatives que celles de l'air. Pour confirmer l'ensemble de ces résultats, il apparaît nécessaire de continuer à exploiter les stations existantes ce qui permettra une analyse plus rigoureuse puisque portant sur un nombre d'années supérieur, et de tenter la mise en service d'autres stations en situation variée.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- BALSEINTE, R. (1955). — La pluviosité en Savoie. *Revue de Géographie alpine*, **XLIII**, II, 299-355.
- BALSEINTE, R. (1966). — *Climats montagnards et stations climatiques d'altitude en France*. Thèse Grenoble, 523 p.
- BÉNÉVENT, E. (1926). — Le climat des Alpes françaises, *Mémorial de l'O.N.M.*
- BLANCHARD, R. (1943). — *Les Alpes occidentales*. Tome III : Les Grandes Alpes françaises du Nord : I et II. Tome VII : Essai de synthèse. Arthaud, Grenoble.
- BOISVERT, J.J. (1955). — La neige dans les Alpes françaises. *Revue de Géographie alpine*, **XLIII**, II, 357-434.
- DOBREMEZ, J.F. et VARTANIAN, M.C. (1974). — Climatologie des séries de végétation des Alpes du Nord. *Documents de cartographie écologique*, **XIII**, 29-48.
- DOUGUEDROIT, A. et DE SAINTIGNON, M.F. (1974). — A propos des Alpes françaises du Sud. Un nouveau mode de représentation des températures moyennes en montagne : l'orothermogramme. *Revue de Géographie alpine*, **LXII**, 2, 205-217.
- FRODIN, J. (1920). — La limite forestière alpine et la température de l'air. *Botanika Noriser*, 167-176.
- GOUJON, G. (1932). — Les relations entre la végétation française et le climat. *Mémorial de l'O.N.M.*, Paris, 185 p.
- LEJEUNE, C. (1970). — Les précipitations anormales de février à avril 1970, dans le Nord des Alpes françaises. *Revue de Géographie de Lyon*, **XLV**, 3, 215-242.
- PEGUY, Ch.P. (1961). — *Précis de Climatologie*. Masson, Paris, 348 p.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- PEGUY, Ch.P. (1973). — Etude sur la variabilité des précipitations de semestre froid en Vanoise. *Travaux Scientifiques du Parc National de la Vanoise*, **III**, 9-25.
- PEGUY, Ch.P. (1974). — Etude sur la variabilité de l'enneigement en Vanoise. *Travaux scientifiques du Parc National de la Vanoise*, **V**, 41-55.
- PENA ALVAREZ, O. (1971). — Une expression synthétique du régime annuel du gradient thermique moyen. *Revue de Géographie alpine*, **LIX**, 4, 533-541.
- SAINTIGNON, M.F. et VIVIAN, H. (1969). — Les pluies d'août et septembre 1968 dans les Alpes françaises. *Revue de Géographie alpine*, **LVII**, 2, 335-360.
- SAINTIGNON, M.F. (1970). — La sécheresse d'octobre 1969 dans les Alpes françaises. *Revue de Géographie alpine*, **LVIII**, 2, 367-377.
- SANSON, J. (1953). — Recueil de données statistiques relatives à la climatologie de la France. *Mémorial de la Météorologie Nationale*.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE ÉCOLOGIQUE DE DEUX GROUPEMENTS VÉGÉTAUX A *SALIX HERBACEA* DES ENVIRONS DU COL DE L'ISERAN

par Marc EYNARD (1)

Introduction	26
I. — Le milieu	26
II. — Microclimatologie	36
Conclusions	49
Bibliographie	49

Résumé. — Etude des conditions macroclimatiques, phytosociologiques, pédologiques... de deux pelouses à *Salix herbacea*. L'analyse phytosociologique détaillée met en évidence plusieurs groupements végétaux situés sur des stagnogleys ou sur des sols colluviaux. Les études microclimatologiques (durée de l'enneigement, température et humidité de l'air, température et humidité des sols) font apparaître au cours du cycle annuel une succession de phases hygrothermiques qui conditionnent l'implantation et l'activité des organismes alpins.

Summary. — Macroclimatological, phytosociological, pedological... description of two lawns with *Salix herbacea*. The detailed phytosociological analysis reveals the existence of several groups of vegetation on stagnogley soils and colluvial soils. Microclimatic investigations (duration of snow cover, temperature and air relative humidity, temperature and soils moisture) show during annual cycle a succession of moisture and thermal periods which regulate distribution and alpine organisms activity.

(1) Université Claude Bernard, Département de Biologie Végétale, Bât. 405, Laboratoire de Mycologie associé au C.N.R.S., F 69621 Villeurbanne.

INTRODUCTION

Dans les études écologiques des groupements végétaux de l'étage alpin, l'aspect microclimatologique n'est que rarement l'objet d'une étude approfondie. La plupart du temps les auteurs se limitent à un examen microclimatologique comparatif et de courte durée de quelques groupements végétaux représentatifs. Nous signalons parmi les travaux les plus récents (liste non exhaustive) ceux de CLAUDIN et GENSAC (1973) dans la région du col de Chavière (Parc National de la Vanoise); de BARBERO (1972) dans les Alpes Maritimes et Ligures, de LABROUE et LASCOMBES (1972) au Pic du Midi de Bigorre dans les Hautes-Pyrénées. Nous pouvons y trouver des informations microclimatiques concernant, notamment, des groupements végétaux à *Salix herbacea*.

Notre étude, conduite durant les périodes déneigées 1975 et 1976, s'inscrit dans ce contexte en contribuant à la connaissance des microclimats de l'air et du sol de deux pelouses à *Salix herbacea*, choisies en raison de leur facilité d'accès à partir du col de l'Iseran.

Ces travaux ont été facilités par l'accueil et l'aide (2) de l'Administration du Parc National de la Vanoise, que nous voulons, ici, remercier.

I. — LE MILIEU

A) SITUATION GÉOGRAPHIQUE.

Les stations étudiées se trouvent dans la région du col de l'Iseran, zone de communication entre les vallées supérieures de l'Arc (Haute-Maurienne) et de l'Isère (Haute-Tarentaise).

Situation précise des stations — Documents consultés :

— Cartes de Tignes n° 3 et n° 7, I.G.N. 1/20 000.

— Carte du Massif et du Parc National de la Vanoise, I.G.N. 1/50 000.

— La station du Pays-Désert (alt. : 2 680 m) (photo. n° 1).

Elle se situe dans un lieu appelé Pays-Désert faisant partie du Parc National de la Vanoise, sur une pente exposée au N-O. Elle est limitée à sa partie inférieure par le ruisseau de la Recula (alimenté par le glacier du Grand-Pissailas et le glacier de l'Ouille-Noire) et à sa partie supérieure, par le ruisseau du Pays-Désert. Ces ruisseaux constituent avec celui de la Cema, le ruisseau de la Lenta, confluant avec l'Arc en amont de Bonneval-sur-Arc. La superficie de cette station approche 3 000 m².

— La station de Grand-Plan (alt. : 2 600 m) (photo. n° 3).

Elle se situe dans un lieu appelé Grand-Plan faisant partie de la

(2) Contrats n° 9/75 et 8/76.

GROUPEMENTS VÉGÉTAUX À *Salix herbacea*



PHOTO 1. — Vue d'une partie du Pays Désert où est située la station du même nom.



PHOTO 2. — Loupes de solifluxion entravée par la végétation au Pays Désert.



PHOTO 3. — Vue de la combe à neige de Grand Plan avec le Signal de l'Iseran
(au second plan).

Réserve Naturelle de Val-d'Isère. Elle occupe la partie inférieure droite d'une combe à neige (vue de face), sur le versant ouest du signal de l'Iseran (culminant à 3 241 m). Le cône d'éboulis schisteux, sur lequel est située la station, est parcouru par de petits ruisseaux drainant les eaux de fonte des névés plus ou moins persistants. Le plan alluvial ainsi constitué est limité à l'aval par le ruisseau de l'Iseran qui rejoint l'Isère en amont du village du Fornet. La superficie de cette station approche 1 500 m².

Pour des raisons de commodité, les stations seront simplement appelées Pays-Désert ou Grand-Plan (par référence à leur situation géographique).

B) LITHOLOGIE.

L'examen de la carte litho-morphologique du Parc National de la Vanoise (GENSAC, 1970), montre que dans la région du col de l'Iseran, le substratum est constitué par des schistes lustrés appartenant à la zone piémontaise.

La décarbonatation de surface et les phénomènes périglaciaires sont favorisés par la faible compacité de ce substratum.

D'un point de vue morphologique, les éboulis fins et grossiers dominent à Grand-Plan et les éléments d'origine morainiques au Pays-Désert (cf. échelle chromatique de la carte litho-morphologique).

C) CLIMATOLOGIE.

La climatologie de la zone intra-alpine est bien connue, grâce à de nombreuses synthèses régionales publiées dans les études relatives à la végétation. Parmi les plus récentes, il faut citer celles contenues dans les publications de GENSAC (1972), GENSAC et ROTHE (1974). Nous renvoyons également aux travaux de PÉGUY (1973), (1974) concernant la variabilité des précipitations de semestre froid et la variabilité de l'enneigement en Vanoise.

Les données climatologiques générales caractérisent le macroclimat. Mais en montagne, les données macroclimatiques sont remaniées en fonction de l'altitude et du relief qui y introduisent des nuances d'ordre mésoclimatique ou microclimatique (SERVE, 1972). Ces dernières amplifient ou atténuent, pour les organismes vivants, la portée de tel ou tel facteur relevant du climat général. Ainsi, sur les versants exposés au Nord et dans les combes à neige, l'accumulation et la persistance plus ou moins longue de la couverture nivale (épaisseur, persistance...) dépendent, entre autres, du régime nivométrique de l'année considérée, donc du macroclimat.

Ces constatations incitent l'écologiste à réaliser une étude micro-climatologique précise des stations qu'il étudie en vue de comprendre les inter-relations entre les organismes vivants et les conditions du milieu.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

TABLEAU I

Pays Désert. Relevés phytosociologiques (à 2 680-2 700 m d'altitude, en exposition nord, sur schistes lustrés)

N° des Faciès	1	2	2	3	3	3	6	7	Groupes écologiques
N° des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8	
Pente (%)	20-30	5-10	5-10	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30	
Recouvrement phanérogamique %	25	20	20	100	90	70	50	80	
" bryophytique (%)	100	100	100	40	30	40	10	25	
" lichénique (%)	5	5	5	10	10	40	5	10	
Blocs (%)	20	5	5	0	10	10	30	5	
Surface des relevés (m ²)	25	36	50	16	16	16	16	50	
Nb. d'espèces phanérogamiques	14	15	10	12	14	18	21	22	
<u>ESPECES CHIONOPHILES</u>									
<i>Salix herbacea</i>	2.2	2.3	2.3	5.4	3.4	4.4	2.4	3.3	A
<i>Alchemilla pentaphylla</i>	1.2	+	2.2	5.4	+	4.4	2.4	1.2	A
<i>Carex foetida</i>	1.1	+	1.1	3.1	2.1	2.1	1.1	1.1	A
<i>Gnaphalium supinum</i>	1.1	2.1	2.1	2.1	3.1	2.1	1.1	1.1	A
<i>Cardamine bellidifolia</i>	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	A
<i>Cerastium trigynum</i>	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1		A
<i>Veronica alpina</i>	1.1	1.1	1.1		1.1	1.1	1.1		A
<i>Taraxacum alpinum</i>	1.1	1.1	+	1.1		1.1	1.1		A
<i>Tanacetum alpinum</i>		1.1	1.1	1.1	+	1.1	1.1		A
<i>Gentiana bavarica</i>	1.1	1.1				1.1	1.1		A
<i>Carex parviflora</i>					1.1			1.1	A
<i>Bartsia alpina</i>						+		1.1	B-N
<i>Sedum alpestre</i>	1.1					1.1			A
<i>Luzula alpino-pilosa</i>								1.1	A
<i>Arabis caerulea</i>							1.1		N
<i>Soldanella alpina</i>								1.1	B-N
<i>Alopecurus gerardi</i>	+								A
<u>ESPECES DES EBOULIS</u>									
<i>Saxifraga androsacea</i>		1.1			1.1		3.1	1.1	A
<i>Saxifraga stellaris</i>	1.1						1.1	+	A
<i>Androsace carnea</i>							+		A
<i>Hutchinsia alpina</i>							+		B
<i>Ranunculus glacialis</i>							1.1		A
<u>ESPECES DES EBOULIS SECS</u>									
<i>Minuartia sedoides</i>					1.2	1.2		1.2	U
<i>Silene exscapa</i>						1.1		2.4	N-A
<i>Cerastium latifolium</i>	1.1	1.1							B
<i>Saxifraga oppositifolia</i>							2.3		B
<i>Oxyria digyna</i>							1.1		A
<u>ESPECES DES PÂTURAGES</u>									
<i>Poa alpina</i>	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	U
<i>Leontodon helveticus</i>						1.1		1.1	A
<i>Geum montanum</i>		+				1.1			A
<i>Homogyne alpina</i>					1.1			1.1	A
<i>Polygonum viviparum</i>								3.1	U
<i>Myosotis alpestris</i>								1.1	B-N
<i>Cirsium spinosissimum</i>							+		N
<u>ESPECES DES PELOUSES</u>									
<i>Festuca halleri</i>		+		1.1	1.1		+	1.1	A
<i>Euphrasia minima</i>				2.1		1.1		3.1	U
<i>Gentiana brachyphylla</i>				1.1				+	N

A : Espèces acidophiles; N-A : neutro-acidophiles; N : neutrophiles; B-N : baso-neutrophiles; B : basophiles; U : ubiquistes.

GROUPEMENTS VÉGÉTAUX à *Salix herbacea*

TABLEAU II

Grand Plan. Relevés phytosociologiques (à 2 600 m d'altitude, en exposition N-NW, sur schistes lustrés et pente de 5 à 15 %)

N° des Faciès	3	4	4	4	5	5	6	Groupes écologiques
N° des Relevés	9	10	11	12	13	14	15	
Recouvrement phanérogamiques %	100	80-90	70	70	100	90	100	
" bryophytique (%)	20	10	0	5	10	15	80	
" lichénique (%)	40	5	0	5	10	5	10	
Blocs (%)	0	30	50	30	20	30	0	
Surface des relevés (m ²)	16	16	100	50	16	16	16	
Nb. d'espèces phanérogamiques	27	24	16	19	34	36	30	
ESPECES CHIONOPHILES								
<i>Salix herbacea</i>	5.4	5.4	5.4	4.4	5.4	5.4	5.4	A
<i>Taraxacum alpinum</i>	1.1	+	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	A
<i>Veronica alpina</i>	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	A
<i>Carex parviflora</i>		2.2	1.2	1.2	1.2	2.2	2.2	A
<i>Gnaphalium supinum</i>	3.1	1.1			3.1	2.1	1.1	A
<i>Cerastium trigynum</i>	1.2	1.1		1.1		1.2	2.2	A
<i>Alchemilla pentaphylla</i>	5.5				4.5	3.2	1.2	A
<i>Gentiana bavarica</i>	+				+	1.1	1.2	A
<i>Cardamine bellidifolia</i>		1.1	1.1			1.1	1.1	A
<i>Carex foetida</i>	1.1		1.1		1.1	1.1		A
<i>Bartsia alpina</i>		1.2		1.1	+			B-N
<i>Sedum alpestre</i>		+		1.1	1.2	1.2		A
<i>Alopecurus gerardi</i>	1.1				1.2	1.2		A
<i>Anabis caerulea</i>			1.1			1.1	1.1	N
<i>Tanacetum alpinum</i>					1.1	+		A
<i>Luzula alpino-pilosa</i>	1.1				+			A
<i>Ranunculus pyrenaicus</i>					1.1	1.1		A
<i>Sibbaldia procumbens</i>					1.1			A
ESPECES DES EBOULIS HUMIDES								
<i>Saxifraga androsacea</i>		1.1	1.1		1.1	1.1	1.1	A
<i>Anabis soyeri</i>		1.1		1.1			1.1	N
<i>Ranunculus glacialis</i>			+				4.2	A
<i>Saxifraga stellaris</i>		+	1.1				1.1	A
<i>Hutchinsia alpina</i>		1.1	+					B
<i>Androsace carnea</i>						+		A
ESPECES DES EBOULIS SECS								
<i>Saxifraga oppositifolia</i>		2.3	2.3	2.3	1.3	1.3	2.3	B
<i>Silene excapa</i>		1.4		1.4	1.4	+	1.4	N-A
<i>Mimartia sedoides</i>		+			2.3	1.3	1.3	U
<i>Cerastium latifolium</i>		1.1				1.1	1.1	B
<i>Achillea nana</i>		+	1.1					N
<i>Oxyria digyna</i>				1.1	+		+	A
<i>Lotus alpinus</i>		1.2	+					N
<i>Oxytropis gaudini</i>				2.2				N
<i>Saxifraga moschata</i>		+						N-A
ESPECES DES PÂTURAGES								
<i>Poa alpina</i>	1.2	1.2	1.2	2.2	1.2	2.2	1.2	U
<i>Plantago alpina</i>	1.2				2.2	1.2	1.2	A
<i>Leontodon helveticus</i>	2.1			1.1	1.1	+		A
<i>Myosotis alpestris</i>	+	+			1.1	+		B-N
<i>Cirsium spinosissimum</i>	+			+		+	1.1	N
<i>Juncus jacquini</i>	1.2				1.2			N
<i>Polygonum viviparum</i>	+	+					1.1	U
<i>Geum montanum</i>	1.1				1.1			A
<i>Homogyne alpina</i>	+							A
<i>Androsace obtusifolia</i>					+	1.1		A
<i>Ligusticum mutellinoides</i>	+					1.1		N
<i>Senecio incanus</i>						+		A
ESPECES DES PELOUSES								
<i>Festuca halleri</i>	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	2.2	2.2	A
<i>Euphrasia myrtilina</i>	1.2			2.1	2.1	1.1		U
<i>Campanula scheuchzeri</i>	+			1.1	1.1	1.1		U
<i>Gentiana brachyphylla</i>	1.1				1.1	1.1		N
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	+				1.1	+		A
<i>Aster alpinus</i>	+				+	+		B
<i>Pedicularis rosea</i>					+			N
<i>Avenochloa versicolor</i>	+							A
Hors des aires-échantillons quelques individus : <i>Phleum alpinum</i> (N), <i>Saxifraga paniculata</i> (A), <i>Nardus stricta</i> (A), <i>Anthoxanthum alpinum</i> (A), <i>Solidanella alpina</i> (B-N), <i>Trifolium badium</i> (B), <i>Doronicum grandiflorum</i> (B), <i>Erigeron uniflorus</i> (B-N), <i>Salix reticulata</i> (B).								
A : Espèces acidophiles; N-A : neutro-acidophiles; N : neutrophiles; B-N : baso-neutrophiles; B : basophiles; U : ubiquistes.								

D) ÉTUDE DE LA VÉGÉTATION.

Nous avons effectué à Grand-Plan et au Pays-Désert des relevés phytosociologiques selon la méthode sigmatiste. Les relevés appartiennent au même individu d'association et permettent d'en préciser l'organisation interne.

Nous y mettons en évidence des groupes de plantes indicatrices d'un facteur du milieu, encore appelés groupes socio-écologiques (tabl. I et II). Cette méthode de classification a l'avantage de faire ressortir la structure des pelouses à *Salix herbacea* et d'en comprendre la diversité micro-climatique.

L'analyse sociologique permet d'individualiser à Grand-Plan et au Pays-Désert les faciès (physionomie particulière d'un groupement végétal en un endroit donné) des pelouses à *Salix herbacea* (ou *Salicetum herbaceae* des phytosociologues). Ces distinctions sont corroborées par les mesures de pH du sol :

1. Faciès à *Anthelia Juratzkana* (Pays-Désert).

Relevé n° 11; pH : 4,0-5,0.

Cette hépatique gris-clair constitue sur de faibles surfaces (quelques m²) un peuplement bryophytique pratiquement monospécifique.

2. Faciès à *Polytrichum sexangulare* (Pays-Désert).

Relevés n° 12 et 13; pH : 4,0-5,0.

Ce groupement a un recouvrement bryophytique voisin de 100 %. Les espèces herbacées rencontrées sont les mêmes que dans la pelouse à *Salix herbacea* mais avec un recouvrement faible.

3. Faciès à *Salix herbacea* et *Alchemilla pentaphyllea* (Pays-Désert et Grand-Plan).

Relevés n° 3, 7, 9 et 10; pH : 3,5-5,0.

4. Faciès à *Salix herbacea* (Grand-Plan).

Relevés n° 1, 15 et 16; pH : 7,0-8,0.

5. Faciès à *Alopecurus gerardi* et *Ranunculus pyrenaicus* (Grand-Plan).

Relevés n° 4 et 5; pH : 5,5-6,5.

6. Faciès à eaux suintantes (Pays Désert et Grand-Plan).

Relevés n° 2 et 8; pH : 6,0-7,0.

7. Faciès à *Polygonum viviparum* (Pays-Désert).

Relevé n° 14; pH : 6,0-7,0.

En considérant le schéma d'évolution de la végétation dans les combes à neige publié par BARRY (1960), l'individualisation de ces faciès s'explique aisément : ainsi d'un point de vue dynamogénétique, si le

GROUPEMENTS VÉGÉTAUX À *Salix herbacea*

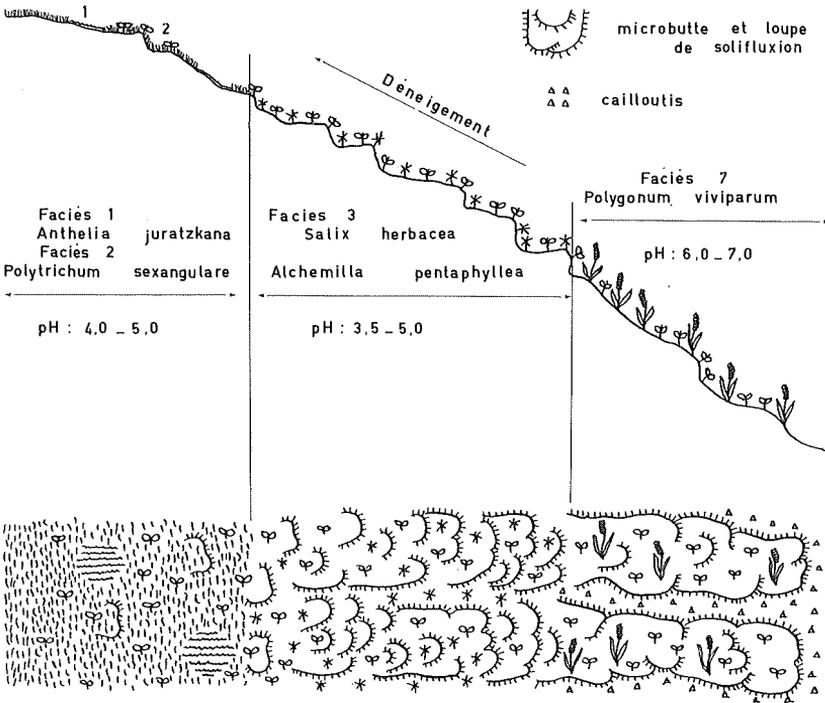


FIG. 1. — Coupe schématique d'une toposéquence au Pays Désert (Coupe parallèle à la ligne de plus grande pente S.N.).

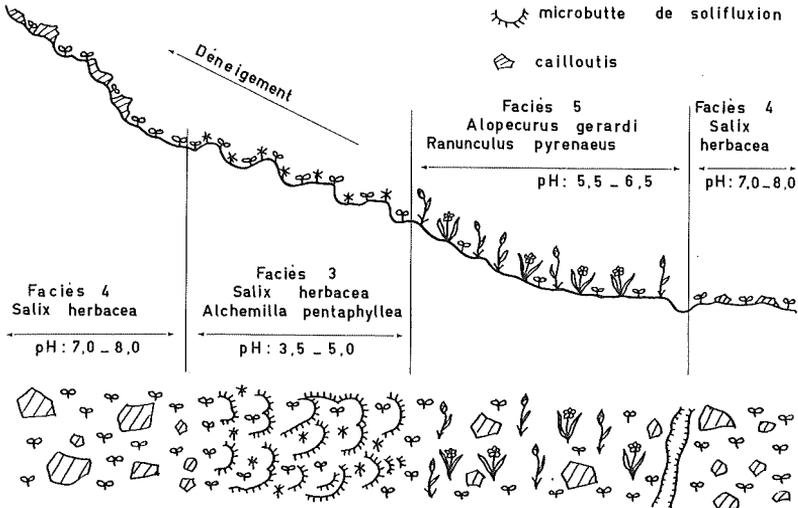


FIG. 2. — Coupe schématique d'une toposéquence à Grand Plan (Coupe sur le versant exposé au Nord de la combe à neige E.W.).

Salicetum herbaceae représente souvent un groupement permanent de longue durée, il peut résulter de l'évolution d'un *Polytrichetum*..., et dans certaines conditions stationnelles édaphoclimatiques il peut lui-même évoluer vers l'*Alopecureto-Caricetum foetidae* et le *Caricetum curvulae*.

Les faciès à *Anthelia Juratzkana* et *Polytrichum sexangulare*, et également celui à *Salix herbacea* constituent des groupements pionniers qu'il n'est pas étonnant de rencontrer sur nos stations; soit dans des zones où l'enneigement est tardif, soit dans celles en voie de colonisation végétale par suite d'une diminution d'intensité des phénomènes périglaciaires.

Quant à l'installation des faciès à *Alopecurus gerardi* et *Ranunculus pyrenaicus* à Grand-Plan et *Polygonum viviparum* au Pays-Désert, elle est liée, notamment, à l'allongement de la période déneigée.

Nous pouvons également remarquer que ces faciès se répartissent selon deux toposéquences (fig. 1 et 2) auxquelles se superposent les chronoséquences de déneigement.

E) PÉDOLOGIE.

Nous avons effectué la description morphologique des profils et l'analyse physico-chimique des sols par les méthodes classiques (DUCHAUFOUR, 1970). Nous avons distingué deux types de sols :

- des stagnogleys plus ou moins évolués (Pays-Désert et Grand-Plan);
- des sols colluviaux (Grand-Plan).

1. Profil A ou profil de stagnogley.

Nous avons choisi l'exemple d'un stagnogley sous faciès 3 au Pays-Désert :

- | | |
|--------------------------------|---|
| A ₀ A ₁ | 0-15 cm; litière peu épaisse ou subnulle; fibreuse (trames des feuilles de <i>Salix herbacea</i>).
Humus moder typique; brun noir. Texture limoneuse. Structure en agrégats arrondis friables. Porosité moyenne. Généralement dépourvu de cailloux, graviers < 10 %. Nombreux systèmes racinaires superficiels étalés. Décapage facile. Limite inférieure nette mais souvent irrégulière. |
| A ₂ -B _g | 15-30 cm. Beige olive à brun rouille localement. Texture limoneuse. Structure dispersée, plastique. Abondance de fragments de schistes de taille variable; nombreuses concrétions rouilles les enrobant ou éparses. Absence de racines. |
| (B) C | Inférieur à 30 cm. Lits de galets schisteux de toutes tailles plus ou moins altérés. Schistes en place (C). |

Le profil type, avec des horizons A_{2g} et B_g bien individualisés caractéristiques des pelouses alpines humides, des combes à neige décrit par DUCHAUFOUR et J.C. GILOT (1966) n'est pratiquement pas représenté sur nos stations.

2. Profil B ou profil de sol colluvial.

Nous avons choisi l'exemple d'un sol colluvial sous faciès 4 à Grand-Plan :

- A₀A₁ 0-20 cm; litière subnulle.
Humus moder hydromorphe. Brun-noir. Texture sableuse. Porosité moyenne à forte. Abondance de graviers (35 %) et cailloux (23 %). Nombreux systèmes racinaires. Sans limite nette avec C.
- C Colluvions grossiers (schistes).

Ce profil peut s'enrichir dans la partie moins pentue de la combe à neige d'un horizon B de couleur plus claire.

L'évolution des stagnogleys et des sols colluviaux dépend de l'hydromorphie par imbibition capillaire à laquelle ils sont soumis pendant une période plus ou moins longue de l'année. Elle explique la présence de concrétions rouilles éparses et la teinte beige olive à l'état sec de l'horizon A_{2g} des stagnogleys.

En relation avec l'étude détaillée de la variation de l'humidité du sol en surface, nous avons délimité à Grand-Plan et au Pays-Désert des stations de prélèvements d'échantillons de sol pour analyses granulométriques, détermination de la porosité... qui conditionnent la dynamique de l'eau dans les sols.

Pour la bonne compréhension des études ultérieures, il faut connaître la répartition des stations de prélèvements d'échantillons de sol en fonction des faciès végétaux et décrire succinctement les profils pédologiques de ces faciès. Lorsque la morphologie du profil est semblable à celle des profils types déjà décrits (profil A ou B) nous y renvoyons.

— Faciès 1; profil C, station 1.

A₀A₁ 0-3 cm. Humus moder, brun-noir, fibreux, agrégats friables. Quelques systèmes racinaires.

A_{2g}-(Bg) < 3 cm. Beige olive, sablo-limoneux. Structure massive.

(B) C Lits de galets schisteux et schistes en place.

— Faciès 2; profil de stagnogley (cf. profil A), station 2.

— Faciès 3; profil A, stations 3, 4 et 5 au Pays-Désert et 2 à Grand-Plan.

— Faciès 4; profil B, station 1.

— Faciès 5; profil de stagnogley (cf. profil A).

— Faciès 6; le profil présente de grandes variations morphologiques depuis un profil de type B-C jusqu'à un profil de stagnogley (cf. profil A).

— Faciès 7; profil de stagnogley (cf. profil A).

La texture des sols est limoneuse, on note un enrichissement de la base du profil en éléments grossiers (graviers et cailloux > 2 mm). Des analyses granulométriques ponctuelles, il ressort que dans les stations du Pays-Désert les sols présentent une texture relativement homogène. Par contre à Grand-Plan, les variations spatiales de la granulométrie sont accusées. Cela tient à la topographie de la combe à neige. Remarquons que la teneur en matière organique, faible, même en surface, diminue

rapidement avec la profondeur et que le complexe absorbant est désaturé au Pays-Désert.

La forte proportion d'éléments infracentimétriques noyés dans une matrice limono-sableuse favorise les manifestations des processus géomorphologiques périglaciaires tels que solifluxion et cryoturbation. Parmi ces deux processus cryopédologiques, la solifluxion provoquée par les alternances de gel et de dégel et par l'excès d'humidité (CARBIENER, 1966), a imprimé à nos stations une physionomie « en escaliers de bourrelets de solifluxion », véritables réseaux de microbuttes analogues à ceux décrits par DELPECH (1972). Ce microrelief lenticulaire (photo. n° 2) allongé dans le sens de la pente est constituée actuellement par des buttes partiellement ou totalement végétalisées d'une hauteur de 20 à 40 cm, elliptiques ou circulaires d'une superficie de quelques dm² à 2 m², d'orientation nord-sud. Le Pays-Désert, mais aussi le faciès 3 de Grand-Plan, présente de nombreux réseaux de microbuttes séparés par des couloirs de cailloutis colonisés par des bryophytes.

La cryoturbation entraîne souvent une dévégétalisation de la partie sommitale des buttes, avec extrusion de la matrice limono-sableuse sous-jacente. Malgré ces phénomènes d'abrasion, le microrelief a toutes les caractéristiques d'une solifluxion entravée par la végétation (SERVE, 1972).

Ce microrelief (sommets des buttes et dépressions) induit d'une part l'existence d'une mosaïque microtopographique et d'autre part une diversification des paramètres édapho-micro-climatiques conduisant à la juxtaposition de micromilieus variés.

II. — MICROCLIMATOLOGIE

Le milieu de haute montagne est dominé par quelques facteurs primordiaux, ayant une valeur écologique certaine. Parmi ceux-ci, nous étudierons l'enneigement et les facteurs qui lui sont directement liés (température et hygrométrie de l'air, température et teneur en eau du sol) et qui nous permettrons de caractériser le microclimat estival, lequel conditionne l'activité des organismes.

A) L'ENNEIGEMENT.

Les dates de début et de fin d'enneigement dépendent du régime nivométrique de l'année considérée, donc du macroclimat. En outre la durée de l'enneigement résulte de la topographie et de l'exposition des stations. Une topographie de combe et (ou) une exposition au Nord favorisent l'accumulation et la persistance de la couverture nivale. Ainsi Grand-Plan est à la fois par sa topographie et par son exposition une combe à neige typique, alors que seule l'exposition au N-NW permet au Pays Désert de conserver tardivement son manteau neigeux.

GROUPEMENTS VÉGÉTAUX À *Salix herbacea*

Nous avons suivi régulièrement les modalités du déneigement de ces stations en relation avec la topographie générale et le microrelief. Nous avons réalisé pour cela, des prises de vue et matérialisé par des étiquettes sur le sol quelques stades successifs de retrait de la couverture nivale.

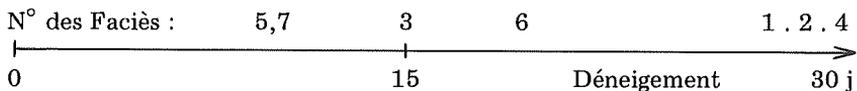
Les années 1975 et 1976 apparaissent comme deux années extrêmes et opposées, quant au déneigement. Celui-ci a débuté la deuxième quinzaine de juillet en 1975, et la deuxième quinzaine de mai en 1976.

La durée moyenne de la phase de déneigement, dont le début est matérialisé par l'apparition des premières plaques de sol nu, et la fin par un découvrement total, est voisine de un mois. Ce laps de temps correspond à Grand-Plan, au recul du névé depuis la partie distale de la combe à neige jusqu'à la partie centrale, et au Pays-Désert, d'une part à une régression nivale ascendante depuis le ruisseau de la Recula jusqu'au replat sommital, et d'autre part, localement, au déneigement des réseaux de buttes (celui-ci étant différentiel, commence par les sommets de buttes).

En 1975, la partie centrale de la combe à neige de Grand-Plan n'a pas déneigée (ce qui englobe une grande partie du faciès 4). Il en a été de même en ce qui concerne le replat sommital du Pays-Désert (domaine floristiquement très pauvre, hors de notre étude).

Les déneigements s'effectuent donc selon des chronoséquences (car il nous est possible de dater des stades successifs de retrait du front de la couverture neigeuse) exactement superposées aux toposéquences représentant la répartition des faciès végétaux (fig. 1 et 2).

En schématisant la phase de déneigement par un axe, et en replaçant sur celui-ci les numéros indicatifs des faciès végétaux, nous suivons en relation avec eux la chronologie du déneigement :



1975 : 15 juillet 15 août
 1976 : 15 mai 15 juin

La chronologie du déneigement concorde parfaitement avec ce que l'on avait observé depuis fort longtemps (GUINOCHER, 1938...); à savoir que l'alliance du *Salicion herbaceae*, aussi bien des Alpes que des Pyrénées (GRUBER, 1975) supporte un enneigement prolongé. Les groupements à *Polytrichum sexangulare* (faciès 2) et *Anthelia juratzkana* (faciès 1) sont les stades d'enneigement maximum. Dans cette étude, il faut leur adjoindre le groupement à *Salix herbacea*, correspondant au faciès 4. Le groupement à *Salix herbacea* et *Alchemilla pentaphyllea* (faciès 3), et plus encore, le groupement à *Alopecurus gerardi* et *Ranunculus pyrenaicus* (faciès 5) traduisent une durée d'enneigement plus brève.

En limitant la période déneigée à la fin septembre ou début octobre (cas des années étudiées), alors qu'elle débute lors du découvrement total, il apparaît que sa durée prend des valeurs éminemment variables selon les années :

Faciès n°	Nombre de jours de la période déneigée	
	1975	1976
1, 2, 4	46	107
3, 6	61	122
5, 7	77	138

Soit une différence de 31 jours pour des territoires distants de moins de 50 m.

Au niveau de l'étage alpin moyen, ce déneigement n'est pas permanent mais répétitif. En période estivale un enneigement intermittent est fréquent (5 j. en 1975 et 10 j. en 1976). L'enneigement durant la période végétative a une action sélective sur les organismes d'autant plus importante que sa durée est plus longue.

En un lieu donné, la longueur de la période déneigée, et par extension celle de la période végétative, est déterminée par la localisation topographique et le microrelief, ce qui entraîne la juxtaposition sur de faibles surfaces de micromilieus non plus simplement édaphiques mais édapho-climatiques. Cet état de fait rend difficile l'interprétation de nombreux phénomènes biologiques (phénologie phanérogame par exemple).

B) RÉGIME HYGROTHERMIQUE DE L'AIR, RÉGIME THERMIQUE DU SOL.

1. Matériel et méthodes d'enregistrement de paramètres microclimatiques.

Pour cette étude, nous avons installé à Grand-Plan (faciès 5) et au Pays-Désert (faciès 3) un poste d'enregistrement fixe composé de :

- un thermohygrographe, sous abri, pour l'enregistrement hebdomadaire, en continu, de la température et de l'humidité relative de l'air entre 5 et 20 cm au-dessus de la surface du sol.

- un thermographe à sonde, monocourbe, pour l'enregistrement hebdomadaire en continu, de la température du sol à 2 cm de profondeur.

- des thermomètres minima-maxima, pour l'enregistrement discontinu de la température du sol à 2,5 et 15 cm de profondeur. Ils fournissent des valeurs extrêmes de température, dans un intervalle de temps variant de 4 à 7 jours. Ils sont disposés horizontalement, dans une petite fosse isolée du milieu extérieur par une dalle de pierre, le réservoir sensible enfoncé dans le sol au niveau choisi.

2. Périodes d'enregistrement.

En 1975, l'étude microclimatique s'est poursuivie depuis le début du déneigement (15 juillet) jusqu'au 13 septembre, date à laquelle d'abondantes chutes de neige nous ont contraint à enlever le matériel.

En 1976, en raison d'un déneigement précoce, ce même matériel a été installé le 28 juin et est resté jusqu'au 18 septembre au Pays-Désert et jusqu'à la fin septembre à Grand-Plan. En outre cette année-là l'étude du microclimat thermique du sol superficiel a été étendue, par l'installation de nouveaux thermomètres minima-maxima, aux faciès 1 et 2 au Pays-Désert et aux faciès 3 et 4 à Grand-Plan.

3. Expression des résultats.

Le dépouillement des thermohygrogrammes et des thermogrammes, ainsi que l'exploitation des données thermométriques ponctuelles permettent de connaître les températures et humidités relatives minimales (m), maximales (M) et moyennes, journalières, bihebdomadaires et générales, ainsi que les amplitudes (Ampl.) correspondantes. Nous mettons en évidence les valeurs extrêmes ou absolues (minimum absolu, maximum absolu) ainsi que certaines particularités thermiques significatives (nombre d'alternance gel-dégel, nombre de jours de gel etc.).

4. L'état hygrométrique.

L'hygrométrie, fonction de la température, des précipitations, de l'agitation atmosphérique... est considérée parfois comme un facteur climatique mineur (RICHARD, 1973).

L'atmosphère est souvent proche de la saturation avec des maximums journaliers s'élevant jusqu'à 90 %. Les moyennes périodiques en 1975 et 1976 sont voisines de 70 % (Pays-Désert 1976 excepté) et les minimums proches de 60 %. L'évolution de ces dernières conditionne l'évapotranspiration..., qui s'accélère corrélativement à leur abaissement, et détermine alors une sécheresse relative de l'air correspondant à une période ensoleillée.

Le « régime » hygrométrique estival est constitué par une succession de phases hygrométriques à amplitudes élevées (15 à 30 %, voire 30 à 40 % Grand-Plan 1975) et de phases à amplitudes faibles (5 à 15 %) consécutives respectivement à des périodes ensoleillées et à des périodes pluvieuses.

L'analyse détaillée de la répartition des amplitudes quotidiennes par classes d'intensité (tabl. III) indique que ce sont les amplitudes comprises entre 0 et 20 % qui sont les plus nombreuses; ces observations sont à relier à la constance de l'agitation de l'air à haute altitude. Le vent exerce, en effet, une action modératrice (sensible en 1976) et en réduisant les amplitudes nycthémérales et en uniformisant les hygrométries de lieux différents.

Dans la littérature, les observations prolongées de l'évolution hygrométrique estivale sont quasi inexistantes en zone alpine. Seuls CLAUDIN et GENSAC (1973) présentent des observations obtenues dans un groupement de combe à neige. Leurs valeurs sont comparables à celles rapportées précédemment, l'ensemble permettant de dégager les traits du micro-

climat hygrométrique estival des groupements à *Salix herbacea* et que l'on peut résumer ainsi :

Régularité et niveau élevé des valeurs et par voie de conséquence, évaporation relativement faible.

TABLEAU III
Répartition des amplitudes quotidiennes d'humidité relative
par classes d'intensités

Stations		Classes (%)					
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
Grand plan	1975	15	12	13	7	3	1
	1976	22	53	17	1	0	0
Pays désert	1975	17	20	11	1	0	0
	1976	63	16	3	0	0	0

5. Les températures de l'air et du sol.

Selon KOHNKE (1968), la température du sol est déterminée par l'interaction de nombreux facteurs externes (radiation solaire, condensation, évaporation, précipitations, végétation, etc.) ou internes (capacité thermique, conductivité, structure, texture, humidité etc.). C'est une des propriétés du sol la plus importante car elle contrôle l'activité des organismes telluriques, laquelle est soumise à ces variations journalières et saisonnières.

a) Les oscillations journalières.

Les phénomènes radiatifs d'absorption et d'émission déterminent les variations nyctémérales de la température qui se traduisent par un minimum nocturne et un maximum diurne.

La position quotidienne des minimums et maximums est très variable selon les conditions atmosphériques; par beau temps, dans l'air et dans le sol, le minimum est atteint entre 6 et 8 heures du matin et le maximum entre 14 et 16 heures l'après-midi. Les températures maximales journalières de l'air n'excèdent jamais 18 à 20 °C, tandis que les températures minimales peuvent être négatives, s'abaissant jusqu'à -5 à -7 °C et cela principalement en septembre.

Dans le sol (-2 cm) les températures maximales s'élèvent jusqu'à 20-25 °C, alors que les minimales ne sont jamais inférieures à -1 °C. Globalement les températures moyennes (tabl. IV et V) du sol superficiel sont supérieures de 1 à 4 °C à celles de l'air. Elles traduisent une élévation simultanée des minimums et maximums dans le sol.

GROUPEMENTS VÉGÉTAUX À *Salix herbacea*

Grand Plan	Pays Désert
faciès 4 : 12,5 °C faciès 3 : 9,9 °C faciès 5 : 8,6 °C	faciès 1 : 9,3 °C faciès 2 : 8,8 °C faciès 3 : 7,8 °C

TABLEAU IV

Pays Désert. Caractéristiques thermiques moyennes et températures extrêmes du sol superficiel (— 2 cm)

Périodes	Années	m	M	Moy.	Ampl.	Minimums absolus	Maximums absolus	Ampl. minimales absolues	Ampl. maximales absolues
29-6 au 14-7	1975	-	-	-	-	-	-	-	-
	1976	6,1	17,1	11,6	11,0	4,0	21,0	6,5	15,0
25-7 au 31-7	1975	5,0	16,0	10,5	11,0	3,0	18,5	9,0	13,0
	1976	5,4	13,9	9,6	8,5	3,0	20,0	5,0	14,0
1-8 au 14-8	1975	8,0	17,0	12,5	9,0	6,0	20,5	4,0	12,0
	1976	3,5	14,0	8,8	10,5	1,5	17,0	3,5	14,0
15-8 au 31-8	1975	6,5	11,0	8,7	4,5	4,0	18,5	2,0	10,5
	1976	2,7	11,8	7,2	9,0	1,0	17,0	5,0	14,0
1-9 au 12-9	1975	6,0	11,0	8,5	5,0	4,5	14,5	2,0	9,0
	1976	0,9	6,0	3,4	5,1	0,0	13,0	0,0	12,0
25-7 au 12-9	1975	6,3	13,7	10,0	7,3	3,0	20,5	2,0	13,0
29-6 au 18-9	1976	3,7	12,5	8,1	8,8	0,0	21,0	0,0	15,0

TABLEAU V

Grand Plan. Caractéristiques thermiques moyennes et températures extrêmes du sol superficiel (— 2 cm)

Périodes	Années	m	M	Moy.	Ampl.	Minimums absolus	Maximums absolus	Ampl. minimales absolues	Ampl. maximales absolues
29-6 au 14-7	1975	-	-	-	-	-	-	-	-
	1976	6,1	16,9	11,5	10,8	4,0	22,0	7,0	15,0
15-7 au 31-7	1975	-	-	-	-	-	-	-	-
	1976	5,3	14,3	9,8	9,0	2,0	21,0	3,0	16,0
1-8 au 14-8	1975	7,0	18,5	12,7	11,5	4,0	25,0	3,0	18,0
	1976	4,2	16,0	10,1	11,7	2,0	19,0	5,0	15,0
15-8 au 31-8	1975	5,0	12,0	8,5	7,0	1,5	20,5	0,5	15,0
	1976	3,6	14,1	8,9	10,5	1,5	18,0	4,0	14,5
1-9 au 14-9	1975	2,5	7,0	4,7	4,5	1,0	11,5	1,0	8,5
	1976	0,5	6,7	3,6	6,2	-0,5	13,0	0,0	10,0
15-9 au 29-9	1975	-	-	-	-	-	-	-	-
	1976	0,0	4,9	2,5	4,9	-1,0	10,0	0,0	10,0
1-8 au 14-9	1975	4,8	12,5	8,6	7,6	1,0	25,0	0,5	18,0
	1976	3,3	12,1	7,7	8,9	-1,0	22,0	0,0	16,0

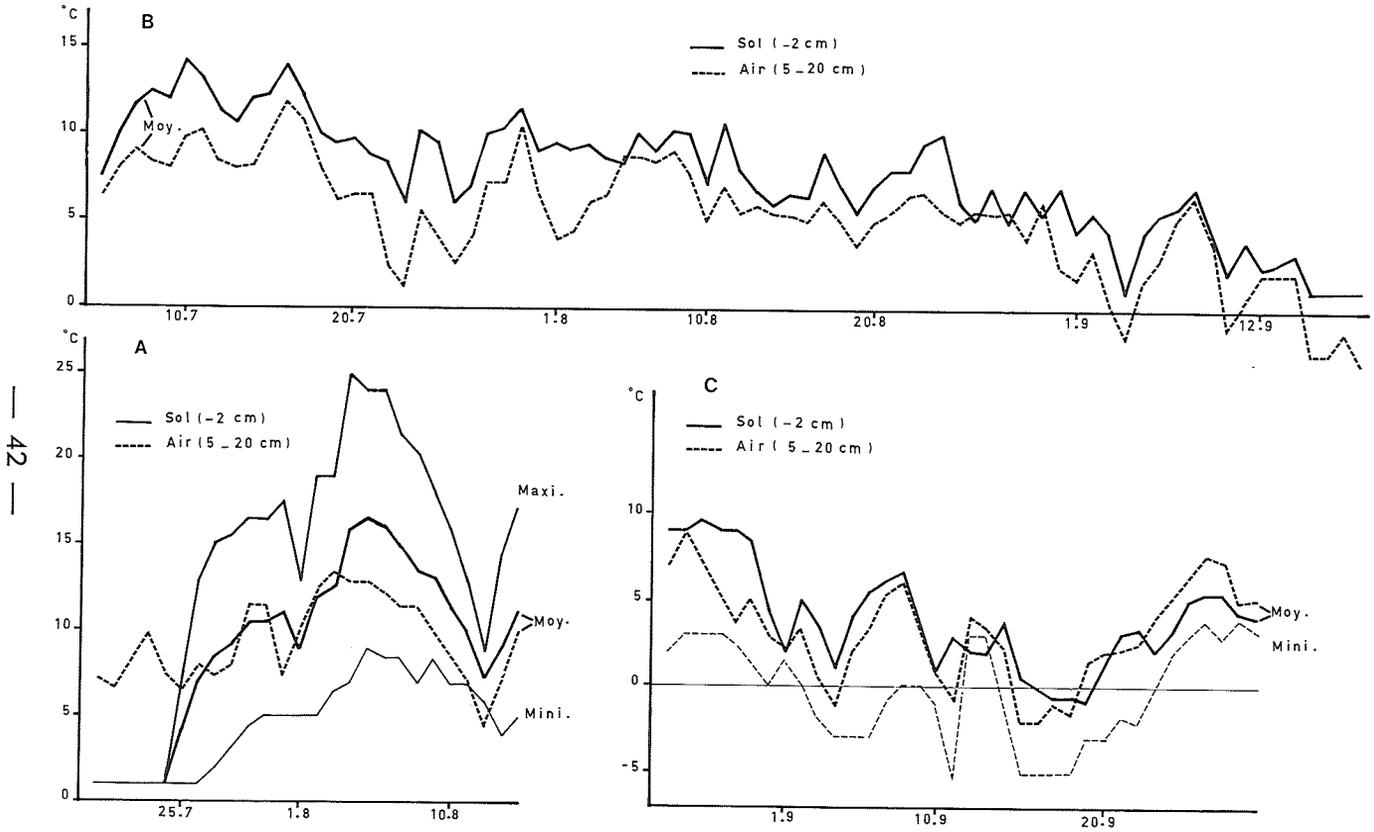


Fig. 3. — Evolution des températures journalières minimales maximales et moyennes de l'air et du sol
A. Grand Plan, 1975 (20.7-14.8); B. Pays Désert, 1976 (5.7-18.9); C. Grand Plan, 1976 (25.8-29.9).

Les températures moyennes, et aussi les amplitudes, se révèlent plus fortes dans les groupements pionniers (faciès 1, 2 et 4). Cela s'explique surtout par le fait que la couverture végétale étant discontinue dans ces faciès, elle ne joue pas un rôle d'écran en interceptant la radiation solaire diurne, et en réduisant le rayonnement nocturne du sol. Par rapport aux faciès 3 et 5, les variations thermiques sont amplifiées et cela d'autant plus que le sol nu est souvent de couleur brun-noir (exemple de la courbe à *Anthelia*), augmentant l'intensité de l'absorption calorifique diurne.

b) Les oscillations estivales et les cycles annuels.

L'évolution des températures moyennes journalières pendant la période déneigée semble indiquer un parallélisme étroit entre les variations thermiques du sol et de l'air (fig. 3).

Toutefois le régime microclimatique estival du sol superficiel, en un lieu donné, nous semble pouvoir se décomposer en plusieurs phases :

— Une phase *fininivale*, de courte durée (10 à 15 jours) ou phase d'établissement du régime thermique estival (fig. 3A). Pendant celle-ci la température journalière moyenne du sol, initialement proche de 0 °C s'élève rapidement d'une dizaine de degrés pour atteindre le niveau momentané de la température moyenne de l'air, autour duquel elle oscille pendant quelques jours.

En effet, malgré la persistance de la couverture nivale les températures de l'air sont nettement positives (minimums y compris). Il s'agit, comme l'avait déjà remarqué GUINOCHE en 1938, d'une caractéristique intrinsèque aux régions à déneigement tardif. L'élévation brutale de la température des sols immédiatement après la fusion nivale est constaté également dans les zones de toundra (WELLER et coll., 1972).

La similitude des observations est due à la date de déneigement (où l'insolation est maximale), en effet le processus d'ablation accéléré résulte à la fois des températures de l'air fortement positives, et de la transmission de chaleur par conduction, convection..., des zones déneigées (chaudes) vers les zones enneigées (froides).

L'analyse montre que dans ce phénomène d'échauffement, l'élévation des maximums reste supérieure à celle des minimums : les eaux de fonte et l'engorgement consécutif du profil gênent la pénétration des radiations thermiques en profondeur.

— Une phase *estivale sensu stricto*, de durée variable (juillet à septembre) pendant laquelle la température moyenne du sol est supérieure à celle de l'air (fig. 3B); bien que cette dernière tende à s'élever légèrement après disparition totale de la neige, une plus grande partie de l'énergie solaire étant alors disponible pour réchauffer le milieu aérien.

Les températures minimales de l'air peuvent être négatives, mais celles du sol restent positives. Les courbes thermiques montrent un maximum au début de cette phase, par la suite les températures s'abaissent lentement et régulièrement (août).

— Une phase *prénivale*, en septembre, où l'on observerait la même disposition relative des températures moyennes de l'air et du sol soit une

inversion des positions après la chute de neige (fig. 3C). Le refroidissement affecte d'abord le milieu aérien puis s'étend au sol. La fréquence et l'intensité des températures négatives (dans l'air puis dans le sol) augmentent avec régularité. Cette phase est caractérisée par une succession de périodes froides avec enneigements fréquents plus ou moins prolongés et de redoux. Cette évolution séquentielle marque la fin de la période végétative. Le cycle annuel se poursuit par :

— *Une phase nivale* (tardi-automnale, hivernale et vernale) dont les caractéristiques découlent, en ce qui concerne le sol, de la présence du manteau neigeux. Les températures moyennes de l'air continuent à s'abaisser et deviennent négatives, par contre sur les stations étudiées, celles du sol se stabilisent aux environs de 0 °C. Toutefois si le froid a pénétré dans le sol avant l'établissement de la couverture nivale, celui-ci peut être gelé. Au printemps, le réchauffement débute par l'air dont les températures moyennes sont alors supérieures à celles du sol, ce rééquilibrage intervenant avec la fusion nivale.

c) Les particularités thermiques : la période végétative.

La présence d'un organisme en un lieu donné est plus influencée par les extrêmes que par les moyennes (DE BACKER, 1951).

Durant la période déneigée, et sur les deux stations, la température minimale absolue dans le sol (— 2 cm) a été de — 1 °C, et la température maximale absolue de 25 °C, celle-ci s'élevant localement (faciès 4) jusqu'à 27 °C. En phases prénivale et nivale, le minimum absolu n'y est pas descendu en-dessous de — 2 °C. En phase estivale les oscillations thermiques de l'air et du sol s'étalent de — 7 à — 20 °C. Aussi bien dans le sol que dans l'air, les amplitudes maximales absolues atteignent 18 °C. En phase estivale les oscillations thermiques de l'air et du sol s'étalent de — 7 à — 20 °C. Aussi bien dans le sol que dans l'air, les amplitudes maximales absolues atteignent 18 °C.

On considère généralement, en première approximation, que l'activité physiologique des organismes reprend quand la température moyenne du sol est supérieure ou égale à 5 °C (VINAY, 1973; RETZER, 1974), ce qui déclenche la période végétative, alors qu'en période froide les activités des organismes sont réduites ou nulles. Cette limite arbitraire ne tient évidemment pas compte des phénomènes d'adaptations aux basses températures mis en jeu par les organismes alpins.

Sur nos stations, la période végétative s'étend sur 70 à 100 % de la période déneigée, avec une valeur moyenne de 70 à 80 % (tabl. VI). Par rapport au seuil de 5 °C, l'activité des organismes se poursuit pendant 30 à 50 jours les années à déneigement tardif (1975 par exemple) et 70 jours les années à déneigement précoce (1976). Dans l'air la valeur correspondant à la période végétative est abaissée de 10 à 30 %.

Au niveau de l'étage alpin la période végétative est discontinuée car entrecoupée par des jours froids; elle résulte d'une addition de « températures utiles » comme le faisait remarquer dans un domaine proche OZENDA (1955).

GROUPEMENTS VÉGÉTAUX à *Salix herbacea*

TABLEAU VI

Tableau comparatif de quelques caractéristiques thermiques de l'air et du sol

Stations	Grand Plan				Pays Désert			
	1975		1976		1975		1976	
	17-7 14-9	1-8 14-9	29-6.29-9		25-7 13-9	25-7 12-9	29-6 . 18-9	
air (5-20 cm) - sol (- 2 cm)	air	sol	air	sol	air	sol	air	sol
Nombre de jours où la température moyenne 5°C	51	31	61	70	36	50	56	68
Nombre de jours où la température moyenne 10°C	15	15	10	33	6	25	8	27
Nombre de jours où la température moyenne 15°C	0	4	0	0	0	1	0	0
Nombre de jours de gel (m O°C)	1	0	29	18	6	0	17	5
Nombre de jours sans dégel (M O°C)	0	0	0	4	0	0	1	0
Nombre d'alternances gel - dégel	2	0	29	16	7	0	28	5
Nombre de jours d'enregistrement	59	44	93	93	51	50	82	82
Durée de la période végétative (%)	86,4	70,4	66,0	75,3	70,6	100	68,3	82,9

Il est également intéressant de calculer le nombre de jours où la température moyenne est supérieure soit à 10 °C soit à 15 °C. Par rapport au seuil de 10 °C, les chiffres représentent respectivement 10 à 25 %, et 30 à 50 % du nombre total de jours d'enregistrement dans l'air et dans le sol. Par contre, pour 15 °C, le nombre de jours répondant à la définition est faible (1975) ou nul (1976).

Le gel provoque la mort d'une partie des organismes telluriques (DOMMERGUE et MANGENOT, 1970). Cette action est renforcée lorsqu'ils sont en phase de croissance active. Par conséquent, le calcul du nombre de jours de gel et par extension celui des alternances gel-dégel revêt un intérêt particulier. Phénomène couramment observé (FAHEY, 1973, etc.), le nombre de jours de gel est plus élevé dans l'air que dans le sol. En 1976, le beau temps prolongé a favorisé une recrudescence du gel nocturne et des cycles gélivaux. Les jours sans dégel ont été rares. Le gel est resté localisé dans les couches humifères superficielles.

6. Conclusions — Discussion.

Nos observations sont peu différentes de celles publiées par CLAUDIN et GENSAC (1973) pour un groupement analogue. Ces auteurs placent les sols des groupements à *Salix herbacea* dans le groupe des sols froids (où ils y voisinent avec ceux sous pelouse à *Carex curvula*); semblable conclusion émane des travaux comparatifs de BARBERO (1972).

Nos observations contribuent à la connaissance des régimes estivaux, hygrothermiques de l'air et thermiques des sols avec une approche des cycles thermiques annuels. Nous avons pu constater la variabilité micro-climatique spatiale de deux groupements à *Salix herbacea*.

Retenons que le régime thermique estival du sol, dont la variabilité est calquée sur l'enchevêtrement des faciès végétaux, se décompose en plusieurs phases successives de durée variable : les températures présentent une élévation rapide (phase fininivale) jusqu'à un palier (phase estivale proprement dite) suivi d'une décroissance régulière jusqu'à un niveau oscillant faiblement autour de 0 °C (phase prénivale et nivale).

Ce schéma évolutif semble applicable à de nombreux groupements végétaux de l'étage alpin, aussi bien dans les Alpes que dans les Pyrénées (LABROUE et LASCOMBES, 1972). Les divergences concernent principalement les valeurs de température (maximum en phase estivale en relation avec la durée de l'enneigement et l'exposition de versants, et le minimum en phase prénivale et nivale en relation avec la date d'établissement de la couverture neigeuse et sa permanence) et la durée des phases thermiques.

L'évolution des températures en phase fininivale est un élément de convergence (mais il peut y en avoir d'autres) entre les sols alpins et les sols sous la toundra (WELLER et coll., 1972), rapprochement résultant de la présence du manteau neigeux et des modalités de fusion nivale à cette époque.

C) ÉVOLUTION DE L'HUMIDITÉ DES SOLS.

L'étude de la dynamique de l'eau dans les sols a fait l'objet d'une multitude de recherches dans des régions les plus variées. Mais la littérature reste très pauvre en ce qui concerne les groupements végétaux de l'étage alpin. Cela tient à l'isolement géographique et aux difficultés d'accès à ces peuplements; en outre les conditions météorologiques y défavorisent la constance des observations.

Seuls LABROUE et LASCOMBES (1972) dans les Hautes-Pyrénées ont suivi l'évolution hydrique des sols sous des groupements où dominent : *Salix herbacea*, *Salix retusa*, *Carex curvula*, *Elyna spicata*, *Avena montana*, etc...

1. Méthodes de mesure.

— La pluviométrie.

Elle se mesure à l'aide de pluviomètres « ASSOCIATION » enterrés, ayant une surface de 400 cm²; l'enfouissement du seau aux 4/5 évite l'échauffement de la paroi métallique et l'évaporation qui en résulterait.

Les quantités d'eau sont relevées à intervalles de 4 à 7 jours.

— Mesure de l'humidité du sol.

Les méthodes à notre disposition pour mesurer l'humidité du sol sont actuellement nombreuses (SLAVIK, 1974, etc.) et plusieurs essais comparatifs ont été effectués (KÖRSCHENS et coll., 1974 etc.).

La plupart se révèlent inconciliables avec l'objet de notre étude soit parce qu'elles impliquent des manipulations délicates soit qu'elles néces-

GROUPEMENTS VÉGÉTAUX À *Salix herbacea*

sitent une installation de longue durée des instruments de mesure. En raison de la brièveté de la période déneigée, nous avons opté pour la méthode pondérale classique.

Des échantillons de sol sont prélevés régulièrement à différentes profondeurs 2,5 et 15 cm, puis transportés au laboratoire en évitant tout dessèchement. Avant la pesée, les fractions de sol sont débarrassées de tous les éléments constitutifs (graviers, etc.) de taille supérieure à 2 mm (le traitement des sols est le même que celui conduisant à l'établissement des courbes de potentiel capillaire). Après séchage à l'étuve (105 °C pendant 24 heures) nous évaluons le poids de sol sec, et par différence avec celui de sol humide, la teneur en eau.

Nous avons étudié la variabilité spatiale de l'humidité du sol en surface (0-5 cm). Pour cela, quelques stations de prélèvements de sol (stations 1, 2, 3, 4 et 5 au Pays Désert, 1 et 2 à Grand Plan) ont été sélectionnées en fonction des faciès végétaux. Les propriétés physiques de leur sol ont été établies précédemment.

Nos observations sur l'évolution de l'humidité des sols portent sur deux périodes déneigées consécutives (1975 et 1976) dans les mêmes stations.

En 1975, le déneigement très tardif, s'effectuant selon les chronoséquences décrites plus haut, nous a empêché d'effectuer les premiers prélèvements de sol en même temps.

L'humidité du sol est exprimée sous deux formes différentes :

— en teneur pondérale en eau exprimée en % du poids de terre fine sèche (H) permettant la représentation des résultats sous forme de courbes continues de type $H = f(t)$, illustrant à chaque profondeur les variations en fonction du temps de l'humidité du sol;

— en unité de pF; en utilisant la notion de potentiel capillaire qui exprime les forces de rétention de l'eau par le sol.

2. Variations de l'humidité du sol à Grand Plan et au Pays Désert.

Les totaux pluviométriques (mm) sont les suivants :

	1975 (24.7 au 14.9)	1976 (28.6 au 18.9)
Grand Plan	136,4	247,4
Pays Désert	124,9	273,7

Pour 1976, la pluviosité se répartit comme suit :

	Juillet	Août	Septembre
Grand Plan	82,5	87,9	77,0
Pays Désert	93,0	107,7	73,0

En période estivale les sols subissent une succession rapprochée de phases d'humectation-imbibition et de dessiccations relatives, de durée et intensité variables. Sur les stations la litière est peu épaisse, voire inexistante (elle a donc une action interceptrice et réévaporatrice faible) ce qui confère une réelle influence humectante aux précipitations de l'ordre de quelques mm. Les oscillations hydriques des horizons inférieurs (—5, —15 cm) subissent de près celles des couches superficielles (—2 cm). Les capacités d'imbibition et de rétention d'eau sont fortes dans les horizons humifères (la teneur en eau dépasse souvent 100 %). D'autre part l'absence de couverture végétale dense facilite la dessiccation du sol superficiel; le dessèchement gagnant lentement en profondeur. L'action desséchante peut être annulée en profondeur par des mouvements ascendants d'eau capillaire.

En 1975, la période d'étude fut trop brève pour permettre d'entrevoir une évolution de l'humidité du sol. Par contre, en 1976, les stations 1 et 2 de Grand Plan et 5 au Pays Désert ont montré une phase d'humectation prononcée en juillet et une phase d'assèchement en août. Ce phénomène est plus marqué dans le sol superficiel. Sur les autres stations, cette évolution est masquée par des mouvements d'eau capillaire ascendants et par des percolations et ruissellements latéraux.

Les organismes telluriques étant plus affectés par la dessiccation que par l'humectation, il importe d'apprécier le niveau d'assèchement des sols. En considérant la position relative des courbes d'humidité et les valeurs repères de pF nous considérons que la teneur en eau s'abaisse rarement au dessous de la capacité de rétention. La disponibilité de la réserve en eau, c'est-à-dire la quantité d'eau située entre la capacité de rétention et le point de flétrissement, est préservée. Il y a donc assèchement relatif mais pas sécheresse.

Seule la station 1 à Grand Plan montre un abaissement net de l'humidité au dessous de la capacité de rétention et cela aussi bien en 1975 qu'en 1976. Mais le point de flétrissement n'est pas atteint. Rappelons que cette station présente les valeurs de températures les plus élevées.

3. Conclusions - Discussion.

De la même façon que nous avons pu mettre en évidence dans le sol des phases thermiques composant le cycle annuel, nous pouvons envisager un cycle hydrique annuel caractérisé par la succession suivante :

- une phase nivale d'imbibition prononcée, qui occupe la plus grande partie de l'année. La teneur en eau du sol varie en fonction des conditions climatiques prévalant au moment des premières chutes de neige. Les oscillations hydriques sont supposées faibles ou nulles; rappelons que les connaissances relatives à l'état hydrique du sol enneigé sont inexistantes;
- une phase finivale de saturation. La fusion nivale libère brutalement une grande quantité d'eau, engorgeant les sols et déterminant une anaérobiose temporaire qui conditionne les processus pédogénétiques. Sa durée dépend de l'accumulation nivale et de la vitesse de fusion;
- une phase estivale et prénivale d'humectation-imbibitions et assè-

chements faisant suite à une courte phase de désaturation intervenant lors du déneigement total et débutant par les couches superficielles. Cette succession de sous-périodes rapprochées d'humectations-imbibitions et assèchements relatifs est d'autant plus prononcée que le déneigement est précoce. Les propriétés physiques du sol superficiel et l'absence de couverture végétale amplifient les variations de l'humidité du sol. Cette phase d'oscillations hydriques prend fin avec l'établissement du manteau neigeux.

L'évolution de l'humidité des sols de quelques faciès végétaux appartenant à deux groupements à *Salix herbacea*, démontre que l'eau du sol n'est pratiquement jamais un facteur limitant l'activité physiologique des organismes (telluriques, végétaux, etc.) en période estivale au sens large. Semblables observations se dégagent des travaux de LABROUE et LASCOMBES (1972).

CONCLUSIONS

Les organismes alpins vivant près de la surface du sol subissent en phase de déneigement d'importantes variations microclimatiques de nature hygrothermiques assurant le passage d'un environnement à paramètres subconstants à un environnement à paramètres oscillants dans lequel s'effectuent leurs cycles végétatifs, la stabilité microclimatique ne se rétablissant qu'en période nivale. On perçoit donc au niveau des cycles hygrothermiques annuels la présence de deux phases de transition (finnivale et prénivale) alternant avec un régime estival de courte durée et un régime hivernal de longue durée.

Cette étude nous a permis de définir quelques facteurs édaphoclimatiques d'action directe (ou caractères synthétiques du milieu) caractérisant deux groupements végétaux à *Salix herbacea*. Les résultats obtenus (3) justifient amplement la poursuite et la généralisation de ce type d'étude car de nombreuses variations locales des facteurs du microclimat, notamment en relation avec la microtopographie, sont encore à élucider.

BIBLIOGRAPHIE

- BARBERO, M. (1972). — *Etudes phytosociologiques et écologiques comparées des végétations orophiles alpines, subalpines et mésogénnes des Alpes Maritimes et Ligures*. Thèse Doct. Etat. Fac. Sci. Marseille, 2 vol., 418 p.
- BARRY, J.P. (1960). — Contribution à la phytogéographie du Massif de la Vanoise (Savoie). *Rev. Gen. Bot.*, 67, 257-297.

(3) Les tableaux complets de résultats et les diagrammes et courbes non publiés ici peuvent être consultés au laboratoire de Mycologie du Département de Biologie végétale, de l'Université de Claude Bernard, Villeurbanne.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- CARBEIENER, R. (1966). — Relations entre cryoturbation, solifluxion et groupements végétaux dans les Hautes Vosges. *Æcol. plant.*, 1, 4, 335-367.
- CLAUDIN, J. et GENSAC, P. (1973). — Carte de la végétation et conditions écologiques de la région du col de Chavière (Parc National de la Vanoise). *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, 3, 27-41.
- DE BACKER, S. (1951). — Techniques d'étude des microclimats en écologie terrestre. *Ann. Biol.*, 27, 4, 137-148.
- DELPECH, R. (1972). — Recherches poursuivies en 1970 sur les alpages du versant sud du Massif de la Vanoise. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, 2, 187-201.
- DOMMERMUES, Y. et MANGENOT, F. (1970). — *Ecologie microbienne des sols*. Masson & C^{ie}, Paris, 736 p.
- DUCHAUFOUR, Ph. (1970). — *Précis de pédologie*. Masson & C^{ie}, Paris, 481 p.
- DUCHAUFOUR, Ph. et GILOT, J.C. (1966). — Etude d'une chaîne de sols de l'étage alpin (Côté du Galibier) et ses relations avec la végétation. *Æcol. Plant.*, 1, 253-274.
- FAHEY, B.D. (1973). — An analysis of diurnal freeze-thaw and frost heave cycles in the indian peaks region of the Colorado front range. *Arct. Alp. Res.*, 5, 3, 269-281.
- FUKUOKA, Y. (1973). — Soil temperature variation influenced by precipitation and its mechanisms. II. Relation between heat exchange and aridity index. *Jap. Progr. Climatol.*, 11, 41-50.
- GENSAC, P. (1970). — Carte litho-morphologique du Parc National de la Vanoise (feuille de Moutiers 1/100 000). *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, 1, 13-24.
- GENSAC, P. (1972). — Les pelouses alpines du Parc National de la Vanoise. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, 2, 35-48.
- GENSAC, P. et ROTHE, B. (1974). — Carte de la végétation de la réserve de la Grande Sassièrre. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, 5, 77-103.
- GHAFOURI, H. (1968). — *Etude des caractéristiques hydrodynamiques et thermiques des sols de quelques écosystèmes du Midi de la France*. Thèse Doct. Spéc. Fac. Sc. Montpellier, 77 p.
- GRUBER, M. (1975). — Les groupements des combes à neige des Pyrénées ariégeoises et catalanes. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 111, 1-2, 49-63.
- GUINOCHE, M. (1938). — *Etudes sur la végétation de l'étage alpin dans le Bassin Supérieur de la Tinée* (Alpes-Maritimes). Thèse Doct. Etat, Lyon, 458 p.
- KOHNKE, H. (1968). — *Soil physics*. McGraw Hill Book Company, New York, 224 p.
- KÖRSCHENS, M., WENDLING, U. et FELGNER, G. (1974). — Vergleichende Untersuchungen zur Bestimmung der Bodenfeuchte nach verschiedenen Methoden. *Arch. Acker - u - Pflanzenbau u - Bodenk.*, 18, 2-3, 155-165.
- LABROUE, L. et LASCOMBES, G. (1972). — L'évolution de la végétation et des sols au Pic du Midi de Bigorre (Hautes-Pyrénées). L'étage alpin supérieur. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 108, 1-2, 9-37.
- OZENDA, P. (1955). — La température, facteur de répartition de la végétation en montagne. *Ann. Biol.*, 31, 5-6, 51-68.
- PEGUY, Ch.P. (1973). — Etude sur la variabilité des précipitations de semestre froid en Vanoise. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, 3, 9-25.
- PEGUY, Ch.P. (1974). — Etude sur la variabilité de l'enneigement en Vanoise. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, 5, 41-55.
- RETZER, J.L. (1974). — *Alpine soils*. Dans Arctic and alpine environments, édité par J.D. Ives et R.G. Barry, Methuen, London, 999 p.
- RICHARD, L. (1973). — Contribution à l'étude des facteurs climatiques de l'avant pays en Haute-Savoie. *Ann. Cent. Univ. Savoie*, 1, 65-77.

GROUPEMENTS VÉGÉTAUX À *Salix herbacea*

- SERVE, L. (1972). — *Recherches comparatives sur quelques groupements végétaux orophiles et leur relation avec la dynamique périglaciaire dans les Pyrénées orientales et la Sierra Nevada*. Thèse Doct. Spéc. Biol. vég. Perpignan, 341 p.
- SLAVIK, B. (1974). — *Ecological studies 9: Methods of studying plant water relations*. Springer, Verlag Berlin, 449 p.
- VINAY, R. (1973). — *Contribution à l'étude écologique du Massif de la Grande Chartreuse*. Doct. Spéc. Grenoble, 68 p.
- WELLER, G., CUBLEY, S., PARKER, S., TRABANT, D. et BENSON, C. (1972). — The tundra microclimate during snow - melt at Barrow, Alaska - Arctic, 25, 4.

GENTIANA SCHROETERI WETTST.
DANS LE PARC NATIONAL DE LA VANOISE,
HYBRIDE NOUVEAU POUR LA FLORE FRANÇAISE

par André TROTTEREAU (1)

Résumé. — Le rare hybride *Gentiana* × *schroeteri* Wettst. est découvert *inter parentes* dans les Alpes de Savoie. L'auteur étudie à cette occasion les deux espèces parentes : *G. ramosa* Hegetschw. et *G. campestris* L. ssp. *campestris*, au point de vue taxonomique, nomenclatural, historique, chorologique et écologique, au niveau régional.

Zusammenfassung. — Der seltene Bastard *Gentiana* × *schroeteri* Wettst. wurde *inter parentes* in den Savoyer Alpen entdeckt. Der Verfasser studierte bei dieser Gelegenheit die beide Eltern : *G. ramosa* Hegetschw. und *G. campestris* L. ssp. *campestris*, durch einen taxonomischen, nomenklaturalen, historischen, chorologischen und ökologischen Gesichtspunkt.

GENTIANA RAMOSA Hegetschw.

a) *Nomenclature et systématique.*

Gentiana ramosa Hegetschw. = *Gentianella ramosa* (Hegetschw.) Y. Holub. = *G. obtusifolia* Rchb. = *G. murbekii* Wettst. = *G. compacta* Hegetschw. Le nom *G. murbekii* a peut-être été le plus adopté autrefois, sans doute en raison de la renommée de von WETSTEN qui, outre ses recherches sur le genre *Gentiana*, a revu un certain nombre de grands herbiers pour ce genre en y notant ses observations. Le binôme *G. ramosa*, donné par HEGTSCHWEILER, en plus de sa priorité a l'avantage de bien rendre compte de l'aspect général de la plante très ramifiée dès le collet. Notons que la section *Endotricha* Fröl. à laquelle appartient cette espèce a été érigée par certains systématiciens, il y a peu d'années, en genre (*Gentianella* Moench) passant ainsi d'une section infragénérique au rang générique avec les désaccords qu'entraîne souvent ce genre de changement taxonomique. Le genre *Gentianella* correspond maintenant aux espèces

(1) Société Botanique de France, 364, rue de Vaugirard, Paris (15°).

sans appendices entre les lobes et à gorge généralement ciliée. On peut remarquer toutefois que deux Flores récentes (celle de HESS, LANDOLT et HIRZEL 1972 pour la Suisse, et celle de VILMORIN et GUINOCHET 1975 pour la France) ne reconnaissent pas le genre *Gentianella*. Ces deux ouvrages, ainsi que celui plus ancien de HEGER (1927), donnent de bonnes descriptions de *G. ramosa*.

Comme chez la plupart des espèces de cette section, le nombre chromosomique de *G. ramosa* est $2n = 36$, déterminé récemment par K.N. VASUDEN (FAVARGER *in litt.*) sur une plante récoltée à Mattmark en Suisse. Cette gentiane est facilement identifiable au milieu de populations de *G. campestris*, autre parent de *G. schroeteri*, par ses fleurs pentamères lilas clair ou très clair, son calice à dents assez étroitement linéaires et relativement longues séparées par de petits sinus arrondis (peu visibles sur la plante séchée), ses tiges très rameuses dès la base, nombreuses, un peu étalées, prenant souvent l'aspect d'une touffe. Comme pour *G. campestris*, il existe une forme à fleurs blanches (var. *lactiflora* Ronniger).

b) Historique et chorologie.

Gentiana ramosa paraît avoir été mentionné pour la première fois en France par R. DE VILMORIN et C. GUINET (1951) dans un compte rendu d'excursion au col et au glacier des Evettes. Dans la récente Flore de France de GUINOCHET et VILMORIN (1975), *G. ramosa* est citée des Hautes-Alpes où nous n'en connaissons aucune localité; par contre celle découverte aux Evettes en Haute-Maurienne par l'un des auteurs n'est pas citée. En 1958, nous avons revu cette espèce aux Evettes aux alentours du col du même nom et sur la moraine rive gauche du glacier, sous le col de l'Ouille du Midi. En 1964, au cours de la Session extraordinaire de la Société botanique de France, C. LERREDDE en a montré une petite localité près de la Duis, peu avant l'endroit où le sentier des sources de l'Arc monte brusquement vers les moraines; nous l'y avons revu l'année suivante. Plus récemment, E.J. BONNOT en a repéré une belle population sur les pelouses rocheuses du Roc de Pareis, vers 2 600 m. Enfin, en 1974, nous trouvons une nouvelle localité dans les limites du Parc en montant au refuge du Carro, et là en grande quantité sur une vaste surface qui va approximativement du Sud au Nord depuis le lieudit « le Montet », vers 2 400 m, jusque vers la base de l'aiguille de Gontière, et de l'Ouest à l'Est de la base de l'Ouille de Reys jusque vers l'Ouille des Patriotes, avec une plus grande abondance sur les pentes de Plan-Sec vers 2 450 m. Il est possible que l'espèce puisse se trouver dans cette région dans d'autres localités qui ne paraissent pas avoir reçu encore la visite des botanistes: l'Ouille de Trièves par exemple et les pentes de la rive droite du glacier des Evettes. L'aire totale de *G. ramosa* s'étend sur les Alpes centrales, le Valais et certaines parties du Piémont. Dans la partie Sud-Est des Grisons, cette gentiane est en contact avec *G. engadinensis* Wettst., espèce voisine mais bien caractérisée, plus rare que *G. ramosa*. En ce qui concerne la situation géographique de *G. ramosa* en France, on peut dire que cette espèce, de même que d'assez nombreuses autres qui font la richesse floristique de la Savoie sud-orientale, fait

partie de celles qui au post-glaciaire ont réimmigré des massifs de refuge des régions de piémont italien épargnées par les glaciations et situées à l'Est et au Sud des Alpes Graies françaises. L'aire de *G. ramosa* déborde donc un peu sur le versant savoyard de la ligne de faite, qui ici se confond avec la frontière administrative, et comme nombre d'espèces réimmigrées elle est restée au voisinage des cols et dépressions altitudinales dont le rôle biogéographique a été mis en évidence par de nombreux auteurs. Elle voisine par endroit avec *Senecio uniflorus* dont l'histoire est similaire.

c) *Ecologie.*

Gentiana ramosa est une orophyte à large amplitude altitudinale fréquentant les zones subalpine, alpine et nivale depuis 1 700 m dans les Grisons jusqu'à 3 000 m à Zermatt où elle est assez commune sur les terrains acides. Elle est fréquente sur les pentes bien exposées parfois substeppiques. HEGI (1927) la donne comme une compagne très caractéristique de l'association de la fétuque bigarrée (*Festuca varia*) sur toute l'étendue de son aire. En Haute-Maurienne, dans la vaste surface délimitée plus haut et que nous nommons par commodité localité de Plan-Sec, nous la trouvons avec d'autres acidiphiles souvent à tendance photoxérophile dans un paysage de prairies assez dégradées. Les mesures de pH faites à Plan-Sec varient de 5 à 5,5. Sur toutes ces pentes de la rive droite de l'Arc tournées généralement au Sud, l'exposition, les conditions pédologiques et l'aridité se modulant en fonction de la topographie, nous trouvons *G. ramosa* avec des espèces qui, soit comme caractéristiques, soit comme compagnes, appartiennent aux alliances du *Nardion*, du *Festucion variae* et du *Caricion curvulae*. C'est dire que les phytocénoses de transition constituent une grande partie de cette végétation hétérogène tout en restant dans les *Caricetea curvulae*. Parmi les espèces relevées nous trouvons : *Carex curvula*, *Nardus stricta*, *Festuca halleri*, *Lychnis flosjovis*, *Dianthus cartusianorum*, *Potentilla grandiflora*, *Buplerum stellatum*, *Androsace carnea*, *Ajuga pyramidalis*, *Gentiana kochiana*, *G. campestris*, *Campanula barbata*, *Phyteuma hemisphericum*, *Achillea nana*, *Senecio incanus*, *S. uniflorus*, *Hieracium glaciale*, etc. Plusieurs espèces de l'*Androsacion vandellii* sont également présentes en tant que chasmophytes préférentielles ou obligatoires avec *Achillea erba rota*, *Rhodiola rosea*, *Primula pedemontana*, etc. A Zermatt nous avons trouvé *G. ramosa* au-dessus de Sunegga dans des pelouses sèches vers 2 400 m, à composition floristique très proche de celle décrite ci-dessus avec rochers à *Androsace vandellii*.

Nous avons revu plusieurs années de suite la localité de Plan-Sec découverte en 1974. En 1975, *G. ramosa* y était partout invisible au milieu du mois d'août. Très abondante en 1976 à la même époque par milliers de pieds, elle était à nouveau absente en 1977. Il s'agit là d'un comportement en rapport avec les conditions climatiques différentes de chaque année. Il est pourtant certain que ces gentianes bisannuelles ont dû apparaître à la fin de l'été ou au début de l'automne avant le commencement de la diapause hivernale, bouclant ainsi leur cycle complet l'année suivante.

Ces faits confirment une fois de plus qu'en altitude, à défaut de

pouvoir prospecter certaines localités d'espèces bisannuelles intéressantes à différentes dates de l'été, il est nécessaire de les explorer au moins deux années de suite avant de conclure sûrement à l'absence de ces espèces.

GENTIANA CAMPESTRIS L. ssp. CAMPESTRIS

Cet autre parent de *G. schroeteri* est en mélange avec *G. ramosa* dans la localité de Plan-Sec. Notons à propos de *G. campestris* que certains auteurs tels que HEGI (1927) et FOURNIER (1936) considèrent cette espèce comme calciphile. D'autres comme GUINOCHET (1970) et OBERDORFER (1949) la placent dans les groupements baso-acidiphiles des *Nardetalia*. En Vanoise et dans les Alpes Graies françaises, nous connaissons cette espèce dans des groupements divers liés à des conditions écologiques différentes en ce qui concerne le substrat. *Gentiana campestris* est polymorphe, ce qui a fait reconnaître deux sous-espèces et d'assez nombreuses variétés ou races locales décrites par plusieurs auteurs. Dans une note à paraître, nous ferons la recension des taxons infraspécifiques du genre *Gentiana* présents dans la dition.

La population de cette espèce à Plan-Sec possède des différences morphologiques avec ce que les auteurs classiques considèrent comme le type de *G. campestris* ssp. *campestris*. Nous sommes ici très probablement en présence d'écotypes d'origine édaphique. Mais seule l'expérimentation pourrait confirmer s'il s'agit de simples accommodats au milieu ou s'il s'agit bien d'une variation génétique en liaison avec l'habitat. Si c'est le cas, nous aurions une population de cette espèce formant un écodème phénotypiquement distinct au sens que plusieurs auteurs de langue anglaise, dont WALTER et BRIGGS (1969), donnent à ce type de population. Il paraît possible que dans la localité de Plan-Sec l'écotypie puisse avoir été favorisée par un certain isolement dû à la topographie locale.

GENTIANA SCHROETERI Wettst.

Les deux mentions de cet hybride que nous connaissons dans la littérature sont celle de la *Flore des Grisons* de BRAUN-BLANQUET et RÜBEL (1934 : « Alp da Pontresina 2 100 m, Isla Persa 2 600 m, récolté par RÜBEL et déterminé par R. von WETTSTEIN »), et celle de la *Flore* de HEGI (1966) avec l'indication suivante : « *G. campestris* L. subsp. *campestris* (L.) × *G. ramosa* Hegetschw. (= *G. schroeteri* Wettst.) : im Berninagebiete ». Nous n'avons pu trouver la diagnose originale de cet hybride. Dans sa belle monographie de la section *Endotricha* Froel., von WETTSTEIN (1896) n'en fait pas mention bien qu'il signale divers hybrides. L'*Index Kewensis* ignore *G. schroeteri*. Rien non plus à ce sujet dans l'ouvrage capital de SCHROETER : *Das Pflanzenleben der Alpen* (1926). Les recher-

ches menées au Muséum de Paris et au Conservatoire de Botanique de Genève, où von WETTSTEIN a séjourné, n'ont pas donné de résultats, de sorte que l'on peut se demander si le binôme a bien été validement publié. Nous avons trouvé plusieurs fois l'hybride à Plan-Sec entre les parents. Les caractères foliaires ne permettent guère de reconnaître *G. schroeteri*. Mais l'identification reste facile grâce à la morphologie très différente des dents calicinales des parents dont l'hybride possède le plus souvent une forme bien intermédiaire. *G. schroeteri* a très fréquemment des fleurs pentamères et tétramères. La couleur est aussi intermédiaire entre le lilas très clair de *G. ramosa* et le violet de *G. campestris*, de sorte qu'il est parfois possible de repérer l'hybride à quelques mètres de distance. Certains exemplaires pourraient être le résultat de croisements en retour vers l'un des parents, mais l'on sait que des croisements expérimentaux sont nécessaires pour pouvoir être affirmatif à ce sujet, d'autant que le phénomène de dominance peut rendre l'hybridation en retour presque entièrement récessive vers l'espèce dominante qui ici serait *G. campestris*. Le pollen des hybrides est normal et confirme pour une part la possibilité d'introgression des phénotypes nouveaux vers les caractères spécifiques de l'un des parents.

Comme c'est souvent le cas, on trouve diverses anomalies qui marquent l'hybridité; par exemple sur un même calice les dents peuvent être inégales et plus ou moins proches de celles de l'un ou l'autre parent, sur un même spécimen on peut observer des fleurs de coloration différentes, le caractère rameux dès la base peut être plus ou moins marqué, etc.

De nouvelles observations de la localité de Plan-sec pourraient se révéler des plus intéressantes.

BIBLIOGRAPHIE

- BRAUN-BLANQUET, J. et RÜBEL, E. (1932-1934). — Flora von Graubünden. *Ver. Geobot. Inst. Rübel*, Heft 7.
- FOURNIER, P. (1936). — Les quatre flores de la France.
- GUINOCHET, M. et VILMORIN, R. de (1975). — Flore de France, fasc. 2. Editions du C.N.R.S., Paris.
- HEGI, G. (1927). — *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. Vol. V, 3^e partie.
- HESS, H.E., LANDOLT, E. et HIRZEL, R. (1967). — *Flora der Schweiz*, vol. 3, Basel.
- OBERDORFER, E. (1949). — *Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland*.
- SCHRÖETER, C. (1926). — *Das Pflanzenleben der Alpen*. Zurich.
- VILMORIN, R. de et GUINET, C. (1951). — Excursion botanique au col et au glacier des Evettes. *Bull. Soc. bot. France*, 98, 99-100.
- WALTERS, M. et BRIGGS, D. (1969). — *Les Plantes: variations et évolution*. Hachette édit. (traduction française).
- WETTSTEIN, R. von (1896). — Die europäischen Arten der Gattung *Gentiana* aus der Sektion *Endotricha* Froel. *Denkschr. Akad. Wiss., math. nat. Kl. Wien*, 64, 309-382.

RECHERCHES PRÉLIMINAIRES SUR LA COMPOSITION MINÉRALE DES PLANTES D'ALPAGES

par René DELPECH (1) et Guy DENUDT (2)

Introduction	60
I. — Méthodes de travail	61
II. — Résultats	62
A) Remarques générales sur la variabilité des résultats	62
B) Etude des résultats par élément (cendres, K, Na, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Zn, Mn)	65
C) Etude de quelques équilibres minéraux	71
D) Différences observées au sein d'une même communauté végétale. Conséquences pratiques	72
E) Caractéristiques analytiques minérales globales de quelques fourrages de Haute-Maurienne	74
Conclusion	75
Bibliographie	76

Résumé. — Des analyses d'échantillons végétaux prélevés dans des communautés homogènes ont permis d'explorer la variabilité inter- et intra-spécifique de la composition minérale de 128 espèces des alpages de Haute Maurienne. Ces analyses ont porté sur les cendres, solubles et insolubles, ainsi que sur 9 éléments (K, Na, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Zn, Mn).

En dépit d'une très grande variabilité des résultats selon les espèces, les stades phénologiques et les milieux, on a pu mettre en évidence le rôle important que jouent plusieurs espèces qui concentrent certains éléments dont elles enrichissent le fourrage.

Les résultats soulignent également la carence généralisée des fourrages de cette région en phosphore et en sodium. Ils attirent l'attention sur l'intérêt que présentent, sur le plan de la nutrition animale, des espèces considérées jusqu'à présent comme non ou peu fourragères.

(1) Laboratoire de Botanique et Ecologie végétale, Institut National Agronomique Paris-Grignon, 16, rue Claude Bernard, F 75231 Paris Cédex 05.

(2) Laboratoire d'Ecologie des prairies, Faculté des Sciences agronomiques, Université catholique de Louvain, B 1348 Louvain la Neuve (Belgique).

Summary. — Chemical analysis of plant samples, cut in homogeneous communities, permitted to explore inter- and intraspecific variability of mineral composition of 128 species in mountain pastures of Haute Maurienne. The analysis concern ashes, soluble and insoluble, and 9 elements (K, Na, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Zn, Mn). In spite of a very large variability of results, according to species, phenology and localities, we have shown the important part of many species which concentrate certain elements, enriching the forage. The results show also the generalized deficiency in P and Na of local forages. They draw attention to the interest that present species held before to be little or non fodder plants.

INTRODUCTION

La connaissance de la composition minérale des plantes composant le fourrage consommé par les herbivores, domestiques ou non, sur pied au pâturage ou sous une forme de conservation (foin ou autre) est d'une grande importance pratique. Les éléments minéraux jouent en effet un double rôle fondamental dans la nutrition animale. D'une part, ils interviennent comme constituants de l'organisme et particulièrement du squelette, ce rôle étant dévolu principalement au calcium, au phosphore et au magnésium. D'autre part, ils exercent des fonctions qui peuvent être très diverses suivant les éléments considérés : régulation du pH et des équilibres osmotiques internes (cas du sodium), transporteurs d'oxygène (cas du fer et du manganèse), catalyseurs enzymatiques et constituants hormonaux (pour les oligoéléments surtout). Les carences, comme les excès et, plus généralement, les déséquilibres minéraux, peuvent engendrer chez l'animal des désordres plus ou moins graves, parfois même mortels, ainsi que divers accidents (tétanie, fractures, anémie, stérilité, etc...) ou, moins spectaculairement, des déficiences au niveau de la croissance ou de la production (JACQUOT *et al.*, 1958; LEROY, 1965; PERIGAUD *et al.*, 1972).

Si d'assez nombreuses études ont été réalisées sur la composition minérale des fourrages, très peu, jusqu'à présent, ont porté sur la composition des plantes constituant les fourrages, mises à part les espèces cultivées dans les régions de basse ou moyenne altitude. En particulier fort peu de données concernent la composition des plantes des prairies semi-naturelles permanentes et encore moins celle des plantes d'alpages. A part une étude ancienne de MAUME (1940) sur les composants d'une prairie de fauche de moyenne altitude du Sud du Massif Central, nous devons signaler les travaux de HEDIN et KERGUELEN (1960), LAMBERT *et al.* (1973), PERIGAUD et DE MONTARD (1974) et surtout DENUDT (1975) qui a notamment étudié la composition minérale de quelques espèces d'alpages des Alpes Rhétiques (Grisons, Suisse).

C'est pour combler les lacunes de nos connaissances sur la composition minérale des plantes d'alpages que nous avons entrepris, à partir de 1976, des échantillonnages et analyses systématiques en Vanoise.

I. — MÉTHODES DE TRAVAIL

A) CARACTÈRES DES STATIONS ÉTUDIÉES.

Dans une première étape nous nous sommes limités à la Maurienne où 13 stations diversement exploitées (prés de fauche, pâturages à bovins ou/et ovins), d'altitudes comprises entre 1700 et 2350 m, de pentes, d'expositions et de substrats variés (schistes lustrés, gneiss, calcaires triasiques, gypses, éboulis, moraines, alluvions) ont fait l'objet de prélèvements : col de la Madeleine, Bessans, Bonneval, Vallonbrun, Mont Cenis, Le Coetet, Bellecombe, la Rocheure.

B) RÉCOLTE ET CONDITIONNEMENT DES ÉCHANTILLONS.

Dans chaque station, un relevé phytosociologique complet comportant la notation des stades phénologiques et de l'abondance relative des espèces a été réalisé.

Nous avons ensuite prélevé un certain nombre d'individus des espèces les plus fréquentes en coupant les plantes aux ciseaux un peu au-dessus du niveau du sol de manière à obtenir, pour chaque espèce, une quantité de matériel végétal frais comprise entre 30 et 50 g.

Un échantillon moyen du fourrage, d'environ 200 à 250 g, a également été prélevé par coupe et mélange d'un certain nombre de poignées d'herbe prises au hasard dans la station. Un échantillon de l'horizon superficiel du sol a aussi fait l'objet de prélèvement.

Les échantillons végétaux, placés espèce par espèce dans des sacs plastiques ouverts, ont été mis à sécher à l'étuve à basse température (60°).

Au total 280 échantillons ont été prélevés et analysés, portant sur 128 espèces, dont 27 Graminées, 15 Légumineuses et 24 Composées.

C) MÉTHODES ANALYTIQUES (DENUDT, 1975).

Les analyses ont été effectuées au Laboratoire d'Ecologie des prairies de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Louvain (Belgique).

Les cendres ont été dosées sur un gramme de matière végétale sèche préalablement broyée et minéralisée à 450° en présence de HNO_3 . Après lavage et filtration nous déterminons les cendres insolubles essentiellement formées de SiO_2 .

- Sur le filtrat, complété à 100 cc, sont effectuées diverses analyses :
- par spectrophotométrie de flamme pour K et Na (Na : 589 nm, K : 766 nm),
 - par colorimétrie au metavanadate d'amomnium pour P,
 - par spectrophotométrie d'absorption atomique pour Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn (Ca : 459 nm, Mg : 209 nm, Fe : 144 nm, Cu : 280 nm, Zn : 83 nm, Mn : 199 nm).

D) EXPRESSION DES RÉSULTATS.

Les résultats analytiques sont exprimés en quantités d'éléments purs (et non en oxydes) par rapport à la matière sèche végétale. Les éléments majeurs (P, K, Ca, Mg, Na) sont exprimés en mg par 100 g de matière sèche végétale. Les oligoéléments (Fe, Cu, Zn, Mn) sont exprimés en ppm (ou mg par kg).

A partir des teneurs élémentaires des échantillons, divers rapports ont été calculés, en particulier les rapports P/Ca, K/Mg et $\frac{K + Na}{Ca + Mg}$ qui présentent une grande importance pour la nutrition minérale des animaux. Ont été également calculés les pourcentages de chaque élément par rapport à la somme des éléments dosés pour chaque échantillon.

II. — RÉSULTATS

Compte tenu de la masse considérable de données obtenues (plusieurs milliers), il est indispensable de classer les résultats et nous ne présenterons ici que les plus significatifs. Après une vue d'ensemble permettant de dégager quelques faits généraux, nous exposerons les caractéristiques relatives à chaque élément.

A) REMARQUES GÉNÉRALES SUR LA VARIABILITÉ DES RÉSULTATS.

1. Importance de la variabilité des résultats.

Un premier fait se dégage lorsqu'on considère l'ensemble des résultats, c'est l'extrême variabilité de la composition minérale de plantes qui appartiennent cependant toutes à une même formation végétale : la pelouse alpine ou subalpine. Suivant les éléments considérés, l'écart entre les valeurs extrêmes observées est compris entre 6,3 fois la valeur la plus faible (pour Na) et 43,5 fois cette valeur (pour Ca). Calcium mis à part,

COMPOSITION MINÉRALE DES PLANTES D'ALPAGES

les variations sont plus importantes pour les oligoéléments (Fe, Zn, Mn) que pour les macroéléments (K, Na, Mg, P).

Au niveau des rapports entre éléments, les écarts sont encore plus importants puisqu'ils oscillent entre 30 fois la valeur la plus faible pour le rapport K/Mg et 57 fois cette valeur pour le rapport (K + Na)/(Ca + Mg). On ne saurait trop souligner l'importance de ces faits quant à leurs conséquences sur l'équilibre minéral de la ration alimentaire des animaux suivant la composition floristique quantitative du fourrage consommé.

Ce sont les Graminées qui sont les moins minéralisées et qui présentent les teneurs minimales pour la plupart des éléments, Fe et Mn exceptés. Par contre, les teneurs les plus élevées en éléments minéraux se rencontrent chez certaines espèces « diverses » ainsi que chez le Lotier corniculé.

TABLEAU I
Variabilité interspécifique de la composition minérale.
Valeurs extrêmes observées

Eléments	Espèces	Localités	Valeurs
1) Valeurs maximales			
Cendres sol.	<i>Lotus corniculatus</i>	Bellecombe	23,34 % MS
Cendres tot.	" "	"	23,66
K	<i>Leontodon hispidus</i>	Mont-Cenis	3985 mg/100g MS
Na	<i>Colchicum autumnale</i>	Bessans	38 -
P	<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	Mont-Cenis	391 -
	<i>Taraxacum officinale</i>	"	381 -
Mg	<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	Le Coetet	1514 -
Ca	<i>Lotus corniculatus</i>	Bellecombe	8420 -
Fe.	<i>Acinos alpinus</i>	Le Coetet	1200 ppm
Zn	<i>Phyteuma betonicaefolium</i>	Mont-Cenis	431 -
Mn	<i>Polygonum bistorta</i>	Bonneval	556 -
$\frac{K + Na}{Ca + Mg}$	<i>Festuca rubra</i>	Mont-Cenis	5,16
K/Mg	<i>Phleum pratense</i>	" "	23,17
P/Ca	<i>Festuca violacea</i>	Bellecombe	0,9
2) Valeurs minimales			
Cendres sol.	<i>Festuca paniculata</i>	Le Coetet	1,85 % MS
Cendres tot.	<i>Poa alpina</i>	Mont-Cenis	2,31
K	<i>Onobrychis montana</i>	Le Coetet	562 mg/100g MS
	<i>Brachypodium pinnatum</i>	"	569 -
Na	<i>Geum montanum</i>	Bellecombe	6 -
P	<i>Poa alpina</i>	Mont-Cenis	34 -
Mg	" "	" "	55 -
Ca	<i>Avenochloa pubescens</i>	La Rocheure	193 -
	<i>Festuca violacea</i>	Bellecombe	198 -
Zn	<i>Dactylis glomerata</i>	Col de la Madeleine	10 ppm
	<i>Campanula rhomboidalis</i>	Mont-Cenis	10 -
Fe	<i>Leontodon pyrenaeicus</i>	Bellecombe	30 -
Mn	<i>Gentiana verna</i>	La Rocheure	16 -
$\frac{K + Na}{Ca + Mg}$	<i>Lotus corniculatus</i>	Bellecombe	0,09
K/Mg	<i>Laserpitium halleri</i>	Le Coetet	0,95
P/Ca	<i>Plantago media</i>	Col de la Madeleine Bessans	0,019

Le phénomène contraire s'observe pour les rapports (K + Na)/(Ca + Mg), K/Mg et P/Ca qui sont les plus élevés chez les Graminées, alors que ce sont des Légumineuses et des espèces « diverses » qui présentent les valeurs les plus faibles (tabl. I).

2. Variabilité intraspécifique.

A côté d'une variabilité générale très importante, nous observons une variabilité intraspécifique qui n'est pas négligeable, mais qui n'a évidemment pu être constatée que chez des espèces pour lesquelles nous disposons d'un nombre suffisant d'échantillons (au moins 4) de provenances différentes (16 espèces au total). C'est ainsi que nous notons des écarts, par rapport aux valeurs les plus faibles, de 1,26 fois pour les cendres solubles, 5,4 fois pour K, 3,9 fois pour P, 2,4 fois pour Mg, 1,3 fois pour Ca, 4,6 fois pour Fe, 6 fois pour Zn, 5,5 fois pour Mn. Le calcium semble donc être l'élément le moins variable au niveau intraspécifique (tabl. II).

TABLEAU II

Variabilité intraspécifique de la composition minérale (Écart maximum observé : rapport de la valeur la plus élevée à la valeur la plus faible)

Cendres sol.	<i>Crepis conyzifolia</i>	2,26
Cendres ins.	<i>Trifolium pratense</i>	56
K	<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	6,4
Na	<i>Festuca violacea</i>	1,4
Mg	<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	3,4
Ca	<i>Festuca rubra</i>	2,3
	<i>Polygonum bistorta</i>	2,3
P	<i>Poa alpina</i>	4,9
Fe	<i>Trifolium badium</i>	5,6
	<i>Poa alpina</i>	5,2
Zn	<i>Festuca paniculata</i>	7
	<i>Crepis conyzifolia</i>	6,5
Mn	<i>Agrostis tenuis</i>	6,5
	<i>Onobrychis montana</i>	6,3

Les causes de cette variabilité intraspécifique sont multiples; les unes sont liées à la plante, les autres au milieu (KERGUELEN, 1960, 1962).

Parmi celles qui sont liées à la plante, la plus importante est certainement le stade de développement. Il est bien connu par exemple que les organes jeunes, en particulier les feuilles, sont plus riches en cendres solubles que les organes âgés, que les vieilles tiges sont plus riches en silice et les graines plus riches en phosphore. Étant donné l'année et l'époque à laquelle les échantillonnages ont été effectués (fin juillet 1976), la grande majorité des espèces se trouvaient au stade floraison et nous avons fait en sorte que les échantillons prélevés correspondent le plus souvent à ce stade afin d'obtenir des résultats comparables. Cependant, en raison des grandes différences d'altitude et d'exposition des stations

d'une part, de la phénologie particulière des espèces d'autre part, il n'a pas toujours été possible de respecter cette règle d'une manière absolue. C'est ainsi que les échantillons de *Dactylis glomerata* L., *Avenochloa pubescens* (Huds.) Holub, *Trisetum flavescens* (L.) P.B., *Trifolium pratense* L., *Trifolium badium* Schreb., *Tragopogon pratensis* L., *Polygonum viviparum* L. ont pu, suivant les stations, se trouver soit à l'état fleuri, soit à l'état fructifié. *Lathyrus pratensis* L., *Trifolium repens* L., *Achillea millefolium* L. se sont présentés soit au stade végétatif, soit au début de floraison. Par contre, certaines espèces ont été observées uniquement à l'état végétatif : *Calamagrostis varia* (Schrad.) Host., *Carex humilis* Leysser, *Taraxacum officinale* Weber. D'autres possédaient des fruits : *Anthoxanthum odoratum* L., *Briza media* L., *Bromus erectus* Huds., *Festuca gr. ovina* L., *Festuca paniculata* (L.) Schinz. et Thell., *Poa alpina* L., *Poa pratensis* L., *Sesleria albicans* Kit. pour les Graminées, *Onobrychis montana* D.C., *Trifolium alpinum* L., *Trifolium montanum* L. pour les Légumineuses, *Crepis pyrenaica* (L.) W. Greuter, *Elyna myosuroides* (Vill.) Fritsch, *Geum montanum* L., *Hypochaeris uniflora* Vill., *Laserpitium latifolium* L. et *L. halleri* Crantz, *Leontodon hispidus* L., *Phyteuma betonicaefolium* Vill., *Potentilla crantzii* (Crantz) Beck, *Primula veris* L., *Silene vulgaris* (Moench.) Garcke pour les espèces diverses.

Une autre cause de variabilité intraspécifique de la nutrition minérale qui ne peut être négligée, mais sur laquelle nous sommes très mal renseignés pour l'instant en ce qui concerne la flore des alpages, résulte de la diversité génotypique des populations, même à l'échelon local, en particulier chez certains taxons polymorphes (*Trisetum flavescens*, *Agrostis tenuis* Sibth., *Trifolium pratense*, *Alchemilla gr. vulgaris* L., *Silene vulgaris*, *Leontodon* spp., *Achillea millefolium*, *Leucanthemum vulgare* Lam., etc...).

Enfin, la diversité des caractéristiques du milieu (nature des sols, alimentation en eau, régime thermique influencé par l'altitude, l'exposition, effets du pâturage ou éventuellement de la fumure) intervient aussi pour expliquer la variabilité intraspécifique des résultats analytiques, mais ces causes interfèrent en partie avec les précédentes, ce qui fait qu'il n'est pratiquement pas possible de les séparer au niveau des échantillonnages sur le terrain, à moins d'accroître démesurément leur nombre pour en effectuer une analyse statistique, ce qui conduit à une autre impossibilité d'ordre matériel.

B) ETUDE DES RÉSULTATS PAR ÉLÉMENT.

1. Cendres solubles.

a) Graminées.

Elles sont en moyenne plus pauvres en cendres solubles que les Légumineuses et espèces diverses. Les teneurs sont comprises entre 1,83 % MS (*Poa alpina*, Mont Cenis) et 7,94 % (*Deschampsia coespitosa*,

Bessans). Les basses teneurs ($< 2,5\%$) correspondent généralement à des espèces précoces échantillonnées en graines (*Poa alpina*, *Festuca paniculata*) ou à des espèces de valeur fourragère faible ou nulle (*Molinia coerulea*, *Brachypodium pinnatum*, *Nardus stricta*).

b) *Légumineuses*.

La variation est beaucoup plus grande puisque les teneurs oscillent entre $3,06\%$ (*Trifolium alpinum*, Bellecombe) et $23,34\%$ (*Lotus corniculatus*, Bellecombe). Certaines espèces, surtout calcicoles, présentent des teneurs relativement élevées ($> 10\%$ MS) : *Anthyllis alpestris*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium badium*, *Trifolium thalii*.

c) *Espèces diverses*.

La variation est également importante : $2,51\%$ (*Carex humilis*, Lanslevillard) à $15,38\%$ (*Leontodon autumnalis*, Lanslevillard). Des teneurs élevées ($> 10\%$ MS) s'observent pour *Taraxacum officinale*, *Silene vulgaris*, *Laserpitium latifolium*, *Chaerophyllum hirsutum*, *Leontodon hispidus*, *L. autumnalis*, *Plantago atrata*.

2. Cendres insolubles.

Les Graminées et Cypéracées sont en moyenne plus riches en cendres insolubles que les plantes d'autres familles.

a) *Graminées*.

Les valeurs minimale ($0,14\%$ MS) et maximale ($2,08\%$) s'observent curieusement chez la même espèce (*Deschampsia coespitosa*) dans deux prairies de fauche. La plus faible correspond à une situation à caractère nettement plus hygrophile et à un stade phénologique moins avancé.

b) *Légumineuses*.

Les valeurs de ce paramètre sont en moyenne beaucoup plus faibles que chez les Graminées (minimum $0,01\%$ MS pour *Trifolium pratense* à la Rocheure, maximum $0,6\%$ pour *Trifolium repens* au Mont Cenis). Ceci tient peut être au fait que le rapport feuilles/tiges est beaucoup plus élevé chez les Légumineuses que chez les Graminées. Or les tiges sont généralement bien plus riches en silice que les feuilles.

c) *Espèces diverses*.

Les valeurs sont ici beaucoup plus variables : $0,01\%$ pour *Tragopogon pratensis* à la Rocheure à $1,74\%$ pour *Carex humilis* à Lanslevillard. *Achillea millefolium*, *Carex sempervirens*, *Carex humilis* présentent des valeurs systématiquement élevées ($> 0,7\%$), alors que certaines Ombellifères (*Astrantia major*, *Bupleurum ranunculoides*, *Carum carvi*, *Pimpinella major*), Composées (*Hypochaeris uniflora*, *Leontodon autumnalis*, *Tragopogon pratensis*, *Hieracium prenanthoides*) et quelques autres

espèces (*Cerastium fontanum* ssp. *triviale*, *Polygonum viviparum*) sont pauvres en cendres insolubles (< 0,25 %).

3. Potassium.

Dans l'ensemble, les teneurs en potassium sont inférieures à celles que l'on observe en plaine (DENUDT, 1975).

a) Graminées.

Les plantes de cette famille sont généralement riches en potassium. Mais on note cependant des variations importantes: 569 mg/100 g MS pour *Brachypodium pinnatum* au Coetet, 2 415 mg pour *Dactylis glomerata* à Bessans. *Phleum pratense*, *Festuca rubra*, *Dactylis glomerata* et *Deschampsia coespitosa* présentent des teneurs élevées (> 1 800 mg) alors que *Molinia coerulea*, *Brachypodium pinnatum*, *Nardus stricta*, *Avena versicolor* ont des teneurs faibles (< 1 000 mg).

b) Légumineuses.

L'éventail des teneurs est au moins aussi ouvert que pour les Graminées puisqu'il s'étale entre 673 mg pour *Anthyllis alpestris* et 2 861 mg pour *Trifolium repens* au Mont Cenis. *Lathyrus pratensis*, *Trifolium pratense*, *Vicia cracca* présentent des teneurs systématiquement élevées (> 1 500 mg).

c) Espèces diverses.

L'écart est très important entre les valeurs extrêmes: 510 mg pour *Chaerophyllum hirsutum* au Coetet, 3 985 mg pour *Leontodon hispidus* au Mont Cenis. *Achillea millefolium*, *Cerastium fontanum* ssp. *triviale*, *Heracleum sphondylium*, *Silene vulgaris*, *Taraxacum officinale* présentent des teneurs élevées (> 1 500 mg).

4. Sodium.

Les très faibles teneurs en cet élément des plantes des alpages ne permettent pas d'établir un classement. Nous pouvons seulement mentionner les teneurs minimale (6 mg/100 g MS pour *Geum montanum* à Bellecombe) et maximale (38 mg pour *Colchicum autumnale* à Bessans) observées.

5. Calcium.

a) Graminées.

La teneur minimum (193 mg) est notée pour *Avenochloa pubescens* à la Rocheure, la teneur maximum (705 mg) pour *Festuca rubra* à Bonneval. La variabilité que présentent les plantes de cette famille pour cet élément est donc relativement restreinte et nous pouvons dire que les Graminées sont dans l'ensemble assez pauvres en calcium.

b) *Légumineuses.*

La richesse relative en calcium de la plupart des Légumineuses est bien connue et se trouve confirmée par nos résultats. Le minimum (749 mg) est observé pour une espèce strictement acidophile : *Trifolium alpinum* au Mont Cenis. Le maximum, très élevé (8 420 mg), concerne *Lotus corniculatus* sur gypse à Bellecombe. *Trifolium badium*, *Trifolium thalii* et *Anthyllis alpestris* présentent également des teneurs élevées (> 2 500 mg).

c) *Espèces diverses.*

Leur variabilité pour cet élément est intermédiaire entre celle des Légumineuses et celle des Graminées : minimum pour *Carex humilis* à Lanslevillard (334 mg), maximum pour *Polygonum bistorta* à Bonneval (3 631 mg). *Leontodon hispidus*, *Chaerophyllum hirsutum*, *Laserpitium halleri* présentent des teneurs élevées (> 2 000 mg). Les Cypéracées (*Carex humilis*, *C. sempervirens*, *Elyna myosuroides*) ainsi que *Tragopogon pratensis* s'apparentent aux Graminées par leurs basses teneurs (< 1 000 mg).

6. Magnésium.

a) *Graminées.*

Leur variabilité pour cet élément est un peu plus élevée que pour le calcium. Le minimum (55 mg/100 g) est noté pour *Poa alpina* au Mont Cenis, le maximum (311 mg) pour *Agrostis tenuis* au Coetet. *Dactylis glomerata*, *Deschampsia coespitosa* et surtout *Agrostis tenuis* présentent des teneurs plus élevées que les autres Graminées.

b) *Légumineuses.*

Leur variabilité pour le magnésium est sensiblement moins grande que pour le calcium. Mais les Légumineuses sont dans l'ensemble nettement plus riches en magnésium que les Graminées. Les teneurs les plus basses (135 mg) s'observent pour *Trifolium alpinum* acidophile. Les plus élevées (604 et 653 mg) sont notées chez *Trifolium thalii* et *Trifolium pratense*.

c) *Espèces diverses.*

C'est dans ce groupe, éminemment hétérogène, que l'on observe la variabilité la plus grande pour les teneurs en magnésium qui s'échelonnent entre 106 mg pour *Carex humilis* à Lanslevillard et 1 514 mg pour *Chaerophyllum hirsutum* au Coetet dans la zone des cargneules, roches riches en magnésium. Comme pour le calcium, les trois Cypéracées sont les plus pauvres ainsi que *Tragopogon pratensis* (teneur < 235 mg). Parmi les espèces relativement riches en magnésium se trouvent notamment des Composées (*Taraxacum officinale*, *Hypochaeris uniflora*, *Crepis pyrenaica*, *Leontodon hispidus* et *L. autumnalis*), des Ombellifères (*Chaero-*

COMPOSITION MINÉRALE DES PLANTES D'ALPAGES

phyllum hirsutum, *Astrantia major*, *Laserpitium halleri*) et quelques autres espèces (*Potentilla crantzii*, *Plantago atrata* et surtout *Prunella grandiflora*).

7. Phosphore.

La teneur en phosphore des végétaux est beaucoup moins variable que celle d'autres éléments.

a) Graminées.

Dans nos échantillonnages elles constituent le groupe le plus pauvre en phosphore. La teneur minimum (34 mg/100 g MS) est observée pour *Poa alpina* au Mont Cenis, la teneur maximum (196 mg) pour *Poa chaixii* à Vallonbrun. *Anthoxanthum odoratum*, *Avenochloa pubescens*, *A. versicolor*, *Briza media*, *Bromus erectus*, *Festuca paniculata*, *Molinia coerulea* sont particulièrement pauvres (< 120 mg).

b) Légumineuses.

Nettement plus riches que les Graminées dans l'ensemble : minimum 125 mg pour *Trifolium pratense* à Lanslevillard, maximum 278 mg pour *Oxytropis campestris* à Bellecombe. *Trifolium thalii*, *Trifolium badium*, *Lathyrus pratensis* sont également riches en phosphore (> 200 mg).

c) Espèces diverses.

La variabilité de ce groupe est plus élevée : minimum 75 mg pour *Carex sempervirens* à Bonneval, maximum 381 mg pour *Taraxacum officinale* au Mont-Cenis. *Carex humilis* est également pauvre en phosphore (< 110 mg), alors que *Laserpitium halleri*, *Leontodon autumnalis*, *Crepis aurea* sont riches en cet élément (> 240 mg).

8. Fer.

Avec le fer nous abordons les oligoéléments pour lesquels de grandes précautions doivent être prises lors des prélèvements d'échantillons afin d'éviter leur contamination par des impuretés provenant de la terre ou des déjections animales. C'est ainsi qu'il n'est pas certain qu'il faille accorder une confiance absolue à la teneur maximale de 210 ppm trouvée pour *Poa alpina* au Mont Cenis alors que tous les autres résultats concernant les Graminées, y compris ceux relatifs à cette espèce, se situent dans la fourchette 40-130 ppm. Mis à part *Avenochloa pubescens* qui présente des teneurs basses (40 à 50 ppm) et *Deschampsia coespitosa* des teneurs relativement élevées (70 à 130 ppm), les autres résultats ne diffèrent pas significativement entre eux.

Pour les Légumineuses les teneurs sont un peu plus élevées en moyenne et se situent entre 50 ppm (*Onobrychis montana* au Coetet et *Trifolium badium* à la Rocheure) et 280 ppm (*Trifolium pratense* au Mont-Cenis).

Chez les espèces diverses, des teneurs très élevées, qu'il y a peut être lieu de mettre en doute, ont été trouvées pour deux Labiées : *Prunella grandiflora* (680 ppm) et *Acinos alpinus* (1 200 ppm) au Coetet. Les autres résultats sont compris entre 30 ppm (*Leontodon pyrenaicus*) et 350 ppm (*Alchemilla* gr. *vulgaris* au Mont-Cenis).

9. Cuivre.

Les analyses pratiquées ne montrent pas de quantités de cuivre décelables dans la plupart des cas. 39 espèces présentent au moins une fois des traces de cet élément. Ce sont principalement des Graminées. Parmi elles, *Agrostis tenuis* contient systématiquement des traces de cuivre et *Silene vulgaris* deux fois sur quatre. Nous rappelons à ce propos que des carences en cuivre avaient déjà été décelées chez les ruminants en Savoie (LAMAND *et al.*, 1973).

10. Zinc.

Les teneurs constatées pour cet élément sont dans l'ensemble assez faibles par rapport à celles observées dans d'autres régions (DENUDT, 1975).

a) Graminées.

La plus basse teneur s'observe chez *Dactylis glomerata* (10 ppm) à Lanslevillard, la plus élevée chez *Festuca paniculata* au Coetet (210 ppm). Il paraît difficile d'établir un classement des espèces pour cet élément dont les teneurs sont trop variables. Seule *Festuca violacea*, avec le Dactyle présente systématiquement des basses teneurs (< 40 ppm).

b) Légumineuses.

La teneur minimum (11 ppm) s'observe pour *Onobrychis montana* au Coetet, la teneur maximum (119 ppm) pour *Trifolium badium* au Mont-Cenis. Un classement des espèces ne semble pas possible ici non plus.

c) Espèces diverses.

Le minimum (10 ppm) est noté chez *Campanula rhomboidalis* au Mont-Cenis, le maximum (431 ppm) étant détenu par une autre Campanulacée : *Phyteuma betonicaefolium*, au Mont-Cenis également. *Carex sempervirens*, *C. humilis* se distinguent aussi par leur basse teneur en zinc (< 50 ppm), *Potentilla aurea*, *P. grandiflora* et *Leontodon hispidus* par leur teneur élevée (> 65 ppm et le plus souvent > 110 ppm).

11. Manganèse.

Alors que les teneurs minimales pour cet élément dans les trois groupes : Graminées, Légumineuses, espèces diverses sont similaires (27 à 32 ppm), ils se distinguent très nettement par leurs teneurs maxi-

COMPOSITION MINÉRALE DES PLANTES D'ALPAGES

males, les Légumineuses étant systématiquement plus pauvres que les Graminées et les teneurs de loin les plus élevées caractérisant certaines espèces « diverses ».

a) Graminées.

C'est *Brachypodium pinnatum* (Le Coetet) qui, avec 32 ppm, présente la teneur la plus basse dans ce groupe. Le maximum s'observe pour *Anthoxanthum odoratum* (Mont-Cenis) avec 280 ppm. Parmi les espèces présentant de basses teneurs figurent aussi *Avenochloa pubescens*, *Briza media*, *Deschampsia coespitosa* et *Poa alpina* (< 75 ppm). Parmi celles dont la teneur est élevée (> 100 ppm), on note *Agrostis rupestris*, *Dactylis glomerata*, *Festuca paniculata*, *Molinia coerulea*, *Poa pratensis* et *Sesleria albicans*.

b) Légumineuses.

La plus basse teneur (27 ppm) caractérise *Onobrychis montana* à la Rocheure; mais cette espèce présente aussi paradoxalement la teneur la plus élevée à Lanslevillard. *Trifolium repens* et *T. badium* présentent systématiquement des basses teneurs (< 60 ppm).

c) Espèces diverses.

C'est *Polygonum viviparum* qui présente la plus basse teneur dans ce groupe (29 ppm à Bessans); mais, curieusement, la même « espèce » dose 140 ppm au Mont-Cenis. Des basses teneurs (< 75 ppm) sont observées systématiquement chez *Campanula scheuchzeri*, *Leontodon hispidus*, *Plantago atrata*, *Tragopodon pratensis*. Des teneurs élevées (> 95 ppm et le plus souvent > 110 ppm) sont notées par contre chez *Alchemilla gr. vulgaris*, *Laserpitium halleri*, *Potentilla grandiflora* et surtout *Polygonum bistorta* qui détient le record de la teneur en manganèse avec 556 ppm, ce qui confirme les résultats obtenus antérieurement par l'un de nous (DENUDT, 1975).

C) ÉTUDE DE QUELQUES ÉQUILIBRES MINÉRAUX.

1. Rapport K/Mg.

Les Graminées présentent de loin les valeurs les plus élevées de ce rapport. Le maximum (23) est noté chez *Phleum pratense* au Mont-Cenis. *Festuca rubra*, *Avenochloa pubescens* et *Sesleria coerulea* présentent aussi des valeurs élevées (> 17).

Les valeurs les plus faibles se trouvent chez des espèces diverses et quelques Légumineuses. La plus basse valeur a été trouvée chez *Laserpitium halleri* au Coetet (0,95). Des valeurs basses (< 2) s'observent également pour *Arnica montana*, *Gentiana lutea*, *Geranium silvaticum*, *Plantago atrata*, *Polygonum viviparum*, *Trifolium pratense*.

2. Rapport (K+Na)/(Ca+Mg).

Ce sont toujours les Graminées qui viennent en tête pour la valeur de ce rapport. La valeur maximum se trouve chez *Festuca rubra* au Mont-Cenis (5,1). *Festuca violacea*, *Avenochloa pubescens*, *Phleum alpinum* présentent aussi des valeurs élevées (> 4).

Les plus basses valeurs se rencontrent chez les Légumineuses et chez un certain nombre d'espèces diverses, principalement calcicoles. Le minimum est observé pour *Lotus corniculatus* à Bellecombe (0,09). *Anthyllis alpestris*, *Trifolium badium*, *T. thalii* et *Plantago media* présentent également des valeurs basses (< 0,2).

3. Rapport P/Ca.

Les Graminées sont aussi en tête pour la valeur de ce rapport. Le maximum (0,9) est observé pour *Festuca violacea* à Bellecombe. *Avenochloa pubescens*, *Festuca paniculata*, *Nardus stricta*, *Phleum pratense* présentent aussi des valeurs élevées (> 0,5). Il convient de rappeler que la valeur du rapport P/Ca est, plus que toute autre caractéristique minérale, très dépendante du stade de développement des plantes. C'est ainsi que l'on trouve la valeur de 1,4 pour des graines de *Festuca paniculata*. Or les graines sont pratiquement les seules parties de cette plante qui sont consommées par les ovins.

Les faibles valeurs de ce rapport se rencontrent chez des Légumineuses et des espèces diverses, notamment calcicoles. Le minimum absolu est observé pour *Plantago media* à Lanslevillard et à Bessans (0,02). D'autres valeurs basses (< 0,05) sont notées chez *Anthyllis alpestris*, *Trifolium badium*, *Crepis conyzifolia*, *Leucanthemum vulgare*, *Polygonum bistorta*, *Rhinanthus sp.*

D) DIFFÉRENCES OBSERVÉES AU SEIN D'UNE MÊME COMMUNAUTÉ VÉGÉTALE. CONSÉQUENCES PRATIQUES.

Plus que la variabilité générale et que la variabilité intraspécifique de la composition minérale qui viennent d'être sommairement analysées, le fait important qui doit être souligné réside dans les différences qui existent entre populations d'espèces différentes au sein d'une même communauté végétale. Pour chaque élément en effet, certaines espèces de la communauté présentent une teneur systématiquement plus élevée ou plus faible que la moyenne. Les premières, qui manifestent une aptitude particulière à extraire du sol l'élément considéré, jouent le rôle d'« accumulatrices » de cet élément (GERLOFF et al., 1966), ce qui entraîne deux conséquences importantes :

— elles contribuent à enrichir le fourrage en cet élément d'autant plus que leur fréquence dans la communauté est plus grande; or nous savons que cette fréquence peut être modifiée par certains traitements (DELPECH, 1975);

COMPOSITION MINÉRALE DES PLANTES D'ALPAGES

— elles contribuent aussi à terme à mettre cet élément sous des formes plus assimilables à la disposition des autres plantes de la communauté par l'intermédiaire de leur nécromasse (parties souterraines et aériennes mortes), ce qui renforce l'effet précédent.

Il est donc particulièrement intéressant de connaître, pour une communauté végétale pastorale déterminée, trois groupes de données :

- sa composition floristique quantitative, au moins approximative;
- les teneurs pour les différents éléments d'un échantillon du fourrage produit par cette communauté;
- les teneurs correspondantes de chaque espèce dont la fréquence dans la communauté n'est pas négligeable.

La connaissance de la composition de l'échantillon moyen permet, en se rapportant aux normes établies par les zootechniciens (JACQUOT et *al.*, 1958; GUEGUEN, 1962; LAMAND, 1971; PERIGAÜD et *al.*, 1972, entre autres), d'apprécier les insuffisances, excès ou déséquilibres minéraux du fourrage.

La connaissance des teneurs spécifiques permet de savoir quelles sont, pour la communauté considérée, les espèces enrichissantes ou appauvrissantes pour chacun des éléments.

Nous prendrons pour exemple le relevé n° 10 concernant une prairie de fauche à Bonneval (alt. 2 080 m).

1. Composition floristique de la communauté.

Graminées.		<i>Gentiana lutea</i>	1
<i>Festuca rubra</i>	2	<i>Veratrum album</i>	1
<i>Poa alpina</i>	1	<i>Trollius europaeus</i>	1
<i>Festuca paniculata</i>	1	<i>Leontodon autumnalis</i>	+
<i>Festuca gr. ovina</i>	+	<i>Polygonum bistorta</i>	+
<i>Briza media</i>	+	<i>Leucanthemum vulgare</i>	+
<i>Trisetum flavescens</i>	+	<i>Campanula rotundifolia</i>	+
<i>Dactylis glomerata</i>	+	<i>Geranium silvaticum</i>	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+	<i>Rumex arifolius</i>	+
<i>Deschampsia coespitosa</i>	+	<i>Gymnadenia conopea</i>	+
Légumineuses.		<i>Stachys monieri</i>	+
<i>Onobrychis montana</i>	3	<i>Cirsium acaule</i>	+
<i>Trifolium pratense</i>	+	<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	+
<i>Trifolium montanum</i>	+	<i>Tragopogon pratensis</i>	+
<i>Vicia cracca</i>	+	<i>Crepis conyzifolia</i>	+
<i>Trifolium repens</i>	+	<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	+
Espèces diverses.		<i>Crepis pyrenaica</i>	+
<i>Polygonum viviparum</i>	3	<i>Hypericum maculatum</i>	+
<i>Leontodon hispidus</i>	1	<i>Ranunculus montanus</i>	+
<i>Campanula rhomboidalis</i>	1	<i>Centaurea montana</i>	+
<i>Laserpitium latifolium</i>	1	<i>Centaurea uniflora</i>	+
<i>Silene vulgaris</i>	1	<i>Acinos alpinus</i>	+
<i>Carex sempervirens</i>	1	<i>Plantago atrata</i>	+
<i>Carlina acaulis</i>	1	<i>Crepis bocconi</i>	+
		<i>Helianthemum grandiflorum</i> ...	+

2. Composition minérale de l'échantillon moyen de fourrage prélevé dans cette prairie.

Cendres totales 6,55 % MS (dont : cendres solubles 5,75 %; insolubles 0,80 %).

K	1 435 mg/100 g MS	suffisant
Na	17 »	très insuffisant
Ca	1 218 »	en excès
Mg	246 »	suffisant
P	121 »	très insuffisant
Fe	60 ppm	suffisant
Zn	85 »	suffisant
Cu	non dosable	
Mn	10 ppm	très insuffisant
K/Mg	5,83 »	
K+Na/Ca+Mg .	0,99 »	insuffisant
P/Ca	0,099 »	très déséquilibré

3. Rapport, pour quelques espèces caractéristiques, entre leur teneur en un élément déterminé et la moyenne des teneurs de toutes les espèces de la communauté pour cet élément (« coefficient spécifique relatif » de LAMBERT et al., 1973).

a) Espèces enrichissantes en :

K	<i>Crepis conyzifolia</i>	1,85
Ca	<i>Polygonum bistorta</i>	2,07
Mg	<i>Gentiana lutea</i>	1,89
	<i>Polygonum viviparum</i> ...	1,86
P	<i>Chaerophyllum hirsutum</i> .	1,41
	<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	1,59
Fe	<i>Chaerophyllum hirsutum</i> .	1,71
Zn	<i>Crepis conyzifolia</i>	2,87
Mn	<i>Polygonum bistorta</i>	5,82

b) Espèces appauvrissantes en :

K	<i>Onobrychis montana</i>	0,58
	<i>Geranium silvaticum</i>	0,47
	<i>Festuca paniculata</i>	0,59
Ca	<i>Festuca paniculata</i>	0,16
Mg	<i>Festuca paniculata</i>	0,31
P	<i>Festuca paniculata</i>	0,57
	<i>Carex sempervirens</i>	0,57
Fe	<i>Plantago atrata</i>	0,54
Zn	<i>Polygonum bistorta</i>	0,32
Mn	<i>Gentiana lutea</i>	0,39

E) CARACTÉRISTIQUES ANALYTIQUES MINÉRALES GLOBALES DE QUELQUES FOURRAGES DE HAUTE-MAURIENNE.

Pour terminer cette étude, nous donnons la composition minérale globale de quelques échantillons moyens de fourrages récoltés en Haute-Maurienne au cours de la seconde quinzaine de juillet 1976 (tabl. III).

Ces résultats confirment les rares données antérieures acquises sur les foins d'altitude des Alpes françaises (ST-GOBAIN, 1953; HEDIN et KERGUELEN, 1960; BESSON et al., 1962; RICHARD, 1962, 1964; MAHOU, 1965), à savoir qu'à côté de la carence généralisée en sodium bien connue des éleveurs et à laquelle il est extrêmement facile de remédier par la distribution de sel aux animaux ou de « pierres à lécher » dans les

COMPOSITION MINÉRALE DES PLANTES D'ALPAGES

pâturages, il existe aussi une grave carence en phosphore des fourrages qui appelle impérativement des mesures appropriées (fumures phosphatées, condiments minéraux) si l'on désire maintenir les animaux en bon état sanitaire et de production.

TABLEAU III

Composition minérale globale de quelques échantillons de fourrage des prairies et alpages de Haute Maurienne

LOCALITES	cendres solubles	cendres insol.	cendres totales	K mg/100g	Na mg/100g	Ca mg/100g	Mg mg/100g	P mg/100g	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm
Col de la Madeleine (pacage) alt. 1700 m	3,85 ‰MS	0,81 ‰MS	4,66 ‰MS	1148	15	1051	271	141	75	54	118
Bessans (pré de fauche) alt. 1740 m	8,48	0,04	8,52	1778	20	1501	197	194	120	32	48
Bonneval (pré de fauche) alt. 2080 m	5,75	0,80	6,55	1435	17	1218	246	121	60	85	10
Le Coetet (pré de fauche) alt. 2020 m	5,73	0,63	6,36	803	13	1475	420	148	60	64	112
La Rocheure (pâturage ovins) alt. 2230 m	5,41	1,44	6,85	1300	16	1080	151	159	90	54	96
Mont-Cenis (pré de fauche) alt. 2100 m	7,20	0,66	7,86	1815	17	1410	341	128	60	74	194
Bellecombe (pâturage bovins + ovins) alt. 2350 m	8,25	0,78	9,03	1539	16	1993	318	170	120	85	146
Limites inférieures admises par les nutritionnistes				pas	150	600	200	400	50	50	50
Commentaires					toujours très carencé	toujours en excès		toujours très carencé	ja-mais car.		

CONCLUSION

Ces premières investigations montrent l'intérêt qui s'attache à la connaissance, non seulement de la composition chimique globale de l'herbe ou du foin, mais également au niveau de chaque espèce composant le fourrage. Il serait évidemment souhaitable de poursuivre ces échantillonnages et analyses afin, d'une part d'obtenir des informations sur des espèces qui n'ont pu être encore étudiées à ce point de vue, d'autre part et surtout d'explorer plus complètement la variabilité de la composition des plantes en fonction des variations du milieu et des populations végétales, donc des groupements végétaux.

D'ores et déjà nous pouvons affirmer que les indications figurant dans la littérature relativement à la valeur fourragère des espèces prairiales et pastorales devront être largement révisées à la lumière des données analytiques obtenues et à venir, données qu'il y aurait intérêt à compléter par une expérimentation zootechnique. Il faut en tout cas souligner dès maintenant le rôle important que peuvent jouer, sur le plan de la nutrition minérale des animaux, plusieurs espèces « diverses » qui, même en faible proportion, apportent des quantités relativement importantes de certains éléments minéraux indispensables, en raison de leur aptitude particulière à les extraire du sol.

Texte remis pour publication en décembre 1977.

BIBLIOGRAPHIE

- BESSON, J.J., DELPECH, R. et RICHARD, H. (1962-1963). — Fertilisation des alpages; rendements bruts; enrichissement de l'herbe en azote et en phosphore; examens floristiques. *Bull. Fed. Fr. Econ. Mont.*, nlle série, 13, 593-619.
- DELPECH, R. (1975). — *Contribution à l'étude expérimentale de la dynamique de la végétation prairiale*. Thèse Doct. Etat, Univ. Paris Sud (Orsay), 114 p., 45 tab. et fig.
- DENUDT, G. (1975). — *Essai de caractérisation de la flore et de la végétation prairiale à l'aide des teneurs minérales*. Thèse, Univ. Cath. Louvain, 2 vol., 139 p., tab. et ann.
- GERLOFF, G.C., MOORE, D.G. & CURTIS, J.I. (1966). — Selective absorption of mineral elements by native plants of Wisconsin. *Plant and Soil*, XXV, 3, 393-405.
- GUEGUEN, L. (1962). — Composition minérale de l'herbe. *Fourrages*, 10, 53-62.
- HEDIN, L. et KERGUÉLEN, M. (1959-1960). — Recherches sur la production fourragère au Lautaret et son amélioration. *Bull. Fed. Econ. Alp.*, nlle série, 10, 733-830.
- JACQUOT, R., LE BARS, H. et SIMONNET, H. (1958). — *Données générales sur la nutrition et l'alimentation*. Baillière, Paris, 472 p.
- KERGUÉLEN, M. (1960). — Aspects des variations de la composition de quelques fourrages en fonction des espèces, des stades de végétation, des conditions de sol et de fertilisation. *Ann. Amel. Plantes*, 10, 2, 177-236.
- KERGUÉLEN, M. (1962). — Valeur minérale de l'herbe (oligoéléments); influence du sol et de la fumure sur la composition minérale. *Fourrages*, 10, 63-70.
- LAMAND, M. (1971). — Diagnostic des carences en oligoéléments chez l'animal. *Ann. Nutr. Alim.*, 25, 379-410.
- LAMAND, M., PÉRIGAUD, S. et BELLANGER, J. (1973). — Carences en oligoéléments chez les ruminants de France. Eléments d'enquête recueillis. I. Dans la pratique vétérinaire. *Ann. Rech. Vétér.*, 3.
- LAMBERT, J., DENUDT, G. et VAN OUDENHOVE, C. (1973). — Aspects écologiques et phytosociologiques de l'analyse minérale des herbages. *Rev. de l'Agriculture* (Bruxelles), 26, 4, 893-908.
- LEROY, A.M. (1965). — *Elevage rationnel des animaux domestiques*, t. 1, Alimentation. 2^e éd. Hachette, Paris, 333 p.
- MAHOU, A. (1965). — *La prairie en milieux difficiles*. Soc. Nat. Scories Thomas, 79 p.
- MAUME, L. (1940). — Contribution à l'étude de la composition chimique des plantes fourragères. *Ann. Agron.*, 10, 1, 15-55.
- PÉRIGAUD, S., BELLANGER, J. et LAMAND, M. (1972). — Les oligoéléments dans les foins en France. *Fourrages*, 52, 11-37.
- PÉRIGAUD, S. et DE MONTARD, F. (1974). — Influence de quelques facteurs naturels et des facteurs d'intensification sur la composition en oligoéléments des fourrages de prairies permanentes. Publ. Centre Rech. Agron. Clermont Ferrand, ronéo, 56 p.
- RICHARD, H. (1961-1962). — Chronique de la montagne de Lalley. Compte rendu des résultats des premières applications d'engrais minéraux. *Bull. Fed. Fr. Econ. Mont.*, nlle série, 12, 405-416.
- RICHARD, H. (1964). — Fertilisation des alpages. 5^e Congrès mondial des fertilisants, Zurich, 24, 1-3.
- SAINT GOBAIN (1953). — *Agriculture, prairies et alpages en régions accidentées*, 80 p.

AGARICALES DE LA ZONE ALPINE
GENRE *CORTINARIUS* FR.
SOUS-GENRE *TELAMONIA* (FR.) LOUD.

SUITE (1)

par M^{lle} Denise LAMOURE (2)

Résumé. — Cette partie est consacrée aux petits Cortinaires hygrophanes de couleur très sombre sans odeur remarquable; 14 espèces dont 3 nouvelles ont été récoltées dans l'arc alpin, en Vanoise principalement.

Summary. — Detailed study of 14 species of small dark hygrophanous Cortinarius, collected in the Alps, chiefly in Vanoise. Description of 3 new species.

Zusammenfassung. — Detaillierte Studie von 14 kleinen dunkeln hygrophanen Cortinarius, die in der alpine Stufe (Alpen, Vanoise) gesammelt wurden. Beschreibung von 3 neuen Arten.

VI. — ESPÈCES DE COULEUR SOMBRE
ET SANS ODEUR REMARQUABLE

LISTE ALPHABÉTIQUE DES ESPÈCES.

<i>Cortinarius bresadolae</i> Schultz	85
<i>Cortinarius caesionigrellus</i> Lamoure nov. sp.	82
<i>Cortinarius comatus</i> Favre	79

(1) Voir « Première partie » dans « Travaux Scientifiques du Parc National de la Vanoise », VIII-1977, 115-146.

(2) Département de Biologie Végétale, Laboratoire de Mycologie associé au C.N.R.S. Université Claude Bernard, Lyon I, 43, bd du 11 Novembre 1918, F 69 621 Villeurbanne.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

<i>Cortinarius diasemospermus</i> Lamoure nov. sp.	99
<i>Cortinarius fallax</i> Lamoure nov. sp.	96
<i>Cortinarius gausapatius</i> Favre	80
<i>Cortinarius inops</i> Favre	86
<i>Cortinarius levipileus</i> Favre	91
<i>Cortinarius minutulus</i> Favre	93
<i>Cortinarius pauperculus</i> Favre	94
<i>Cortinarius rusticellus</i> Favre	81
<i>Cortinarius scotoides</i> Favre	92
<i>Cortinarius subtilior</i> Favre	98
<i>Cortinarius tenebricus</i> Favre	89

AVANT-PROPOS.

Dans cette partie consacrée à l'étude particulièrement difficile des petits Cortinaires hygrophanes bruns ou noirâtres, la liste des récoltes que nous citons pour chaque espèce ne comporte pas toutes les souches que nous avons cueillies (il reste dans nos cartons une quantité de notes inexploitées très supérieure à celle utilisée pour cette première mise au point), car nous n'avons retenu que les récoltes les plus sûrement déterminées, celles dont l'étude avait porté sur un lot de nombreux exemplaires de tous âges n'ayant pas trop souffert des conditions climatiques, souvent extrêmes en zone alpine, qui détériorent le voile télamonique, voile qui par sa texture, sa couleur, la disposition de ses restes chez l'adulte est un des rares caractères pouvant en l'occurrence avoir un peu plus d'intérêt que la couleur du chapeau toujours très sombre ou celle des lames, très souvent sombres elles aussi dans ce groupe. En outre, faute de temps, en Laponie surtout, nous avons souvent sacrifié l'étude de ces petites espèces à celles d'autres Agaricales.

Nous tenons à attirer l'attention du lecteur sur ces lacunes, car la liste des récoltes donnera une idée très incomplète de la répartition des espèces dans les régions que nous avons l'habitude d'explorer.

CLÉ D'ORIENTATION POUR LA DÉTERMINATION DES *Telamonia* FIGURANT DANS CETTE PUBLICATION.

1. Chapeau mècheux ou fibrilleux	2
2. Mèches bien individualisées	3
3. Mèches hérissées sur le chapeau et sur le stipe <i>C. comatus</i>	
3'. Mèches non hérissées, stipe non squarreux. <i>C. gausapatius</i>	
2'. pas ces caractères	4
4. mycélium basilaire bleuté, lames bleutées à l'origine; chapeau longtemps fibrilleux de gris sur fond sombre; sp. 8-9 × 4-5, 5 μ	<i>C. caesionigrellus</i>
4'. pas ces caractères, sp. grandes	<i>C. rusticellus</i>

1'. Chapeau pratiquement glabre	5
5. arête stérile par des poils cylindracés ou claviformes <i>C. inops</i>	
5'. arête fertile	6
6. chapeau franchement noirâtre	7
7. stipe très noircissant à la base	8
8. spores très courtes 6-7 × 4,5-5,5 μ .. <i>C. scotoïdes</i>	
8'. spores plus grandes	<i>C. levipileus</i>
7'. stipe non noircissant	9
9. lames ocracées très vives presque orangé	<i>C. minutulus</i>
9'. lames non très vives	10
10. lames très claires	<i>C. bresadolae</i>
10'. lames très sombres	<i>C. tenebricus</i>
10''. lames bleutées à l'origine et mycélium basilaire bleuté, voir aussi (4)	<i>C. caesionigrellus</i>
6'. chapeau brun marron foncé non noirâtre	11
11. stipe noircissant à la base	12
12. spores subamygdaliformes et lames purpurines à l'origine	<i>C. diasemospermus</i>
12'. pas ces caractères	<i>C. fallax</i>
11'. stipe non noircissant	13
13. stipe, chapeau et lames pratiquement concolores	<i>C. pauperculus</i>
13'. stipe bien plus pâle que le chapeau surtout à la base	<i>C. subtilior</i>

Cortinarius comatus Favre

J. FAVRE, 1955, p. 129

DESCRIPTION.

Chapeau 6-12 mm; conico-campanulé à mamelon aigü très étiré, ne s'étalant pas; imbu très sombre: brun noirâtre Mu. 7.5 YR 3/2 2/4 3/4, tout hérissé à l'œil nu de méchules brun jaunâtre terne un peu plus pâle que le fond; déshydraté reste très sombre, à peine plus jaunâtre Mu. 7.5 YR 4/6 5/4.

Stipe 12-18 × 1-2 mm sous les lames, × 2-3 mm à la base; très sombre presque concolore au chapeau, recouvert sur les deux-tiers inférieurs par un épais fibrillum brunâtre très bouffant, aggloméré en méchules non apprimées rendant le pied squarreux, l'anneau est très en relief, souvent incomplet et irrégulier car lui aussi fait de mèches dressées. Sur la coupe longitudinale, le cortex apparaît très brun noir à la base, brun moyen sous les lames.

Lames longtemps cachées par les bords du chapeau, moyennement serrées, très sombres presque concolores Mu. 7.5 YR 4/4.

Pas d'odeur remarquable.

Spores 8-10 (11) \times 5-6 μ , assez larges, elliptiques obtuses, densément et finement ponctuées verruqueuses. Basides tétrasporiques. Arête des lames fertile.

Structure du chapeau (étudiée en coupe radiale) les mèches dressées sont faites d'agglomération d'hyphes \times 5-8 μ , à paroi brune incrustée, provenant de la couche superficielle; hypoderme sub-parenchymateux, paroi des hyphes très brune et très incrustée d'énormes emplâtres brun sombre qui se retrouvent aussi aux hyphes de la chair piléique.

Trame des lames très sombre : hyphes à paroi brune portant d'énormes incrustations et des amas extrahyphiques très réfringents.

HABITAT ET RÉCOLTES.

Nous n'avons pas trouvé souvent ce petit Cortinaire si facilement reconnaissable à son chapeau haut et conique, tout hérissé, et à son pied squarreux.

Comme le signale J. FAVRE, il semble avoir une préférence pour les sols calcaires et les Saules nains qui y poussent.

Arc alpin.

- Vanoise : Lac des Assiettes, 2 500 m, *Salix retusa*, 18-8-62 (L. 62-17).
- Préalpes du Faucigny : Bas du Col d'Anterne, 2 200 m, *S. retusa*, *S. reticulata*, 14-9-63 (L. 63-133), *ibid.*, 6-9-58.
- Grisons : près de l'Albula Pass, N. 2 400 m, caniveau à *S. herbacea* entre les dolomies colonisées par *S. retusa* et *S. reticulata*, 18-8-73 (L. 73-37).

Cortinarius gausapatus Favre

J. FAVRE, 1955, p. 130

DESCRIPTION.

Chapeau 9-22 mm, conico-convexe, d'abord surélevé au disque mais non mamelonné même obtusément, puis convexe à plan-convexe; imbu de couleur sombre : brun foncé non noirâtre 7.5 YR 3/4 2.5/4, un peu plus clair à la marge par l'abondance des restes du voile; grossièrement pelucheux par des méchules brunâtres bien individualisées mais non hérissées; déshydraté, il reste sombre dans l'ensemble, mais les méchules paraissent plus pâles.

Stipe 12-22 (28) \times 2-4 mm, égal, abondamment voilé jusqu'à mi-hauteur (tout au plus !) par un épais fibrillum cotonneux brunâtre non apprimé, non membraneux, se terminant vers le haut assez irrégulièrement sans anneau ou bourrelet bien individualisé. Sous les lames, le stipe est plus soyeux. Sur la coupe longitudinale, le stipe apparaît d'abord farci d'une chair aérifère brunâtre pâle, puis il devient creux avec l'âge; le

cortex est brun moyen vers 7.5 YR 3/6 4/6, un peu plus sombre à la base. Le mycélium basilaire cotonneux blanc pur remonte parfois sur le stipe sur 1-2 mm.

Lames moyennement serrées, plutôt épaisses, très sombres brun marron, Mu. 7.5 YR 4/6 3/6, peu ventruées, échancrées au stipe.

Pas d'odeur remarquable.

Spores 9-10 (11) \times 5-6,5 μ , elliptiques ovoïdes, densément verruqueuses. Basides tétrasporiques. Arête des lames fertile.

L'étude anatomique des carpophores n'a pas été faite sur le frais.

HABITAT ET RÉCOLTES.

Cette espèce ne semble pas très répandue puisqu'aux trois récoltes de J. FAVRE nous n'en ajoutons que trois autres; notons cependant qu'elle semble inféodée à la partie supérieure de la zone alpine.

Arc alpin.

- Haute vallée de l'Arc: Plan des Evettes, 2 500 m, dans *S. reticulata*, 18-8-70 (L. 70-19); *ibid.*, 17-8-71 (L. 71-20); Plan des Eaux, 2 680 m, dans *S. herbacea*, 1-9-73 (L. 73-163).
- Grisons: Albula Pass, N. 2 400 m, dans *S. retusa* + *S. reticulata* colonisant les dolomies, 18-8-73 (L. 73-38).

Cortinarius rusticellus Favre

J. FAVRE, 1955, p. 146

DESCRIPTION.

Chapeau 9-18 mm, convexe, parfois obtusément mamelonné; imbu de couleur sombre brun noirâtre au disque Mu. 7.5 YR 2/2 2/3 et encore 3/4 à la marge qui perce sous un lâche fibrillum aérifère gris brunâtre très pâle, beige brunâtre vers 10 YR 8/4 8.5 YR 8.5/4 qui rend le chapeau tomenteux, puis avec l'âge s'apprime et devient imbu concolore sauf à la marge qui en est longtemps éclaircie.

Stipe 12-18 \times 2-3 mm, égal, *plus clair* que le chapeau tant à cause de l'épais fibrillum soyeux gris brunâtre qui le recouvre que du cortex brunâtre pâle sous les lames, de plus en plus sombre vers la base mais alors caché par les formations télamoniques; *zone annulaire* cotonneuse très bouffante et *chînures* en dessous. Sur la coupe longitudinale, on voit que d'abord farci d'une chair aérifère brunâtre pâle, le stipe devient creux avec l'âge.

Lames moyennement serrées, brunâtres assez foncées à l'origine puis ocracées ternes par les spores, vers 7.5 YR 5/6 4/6.

Pas d'odeur remarquable.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

Spores (10) $11-12,5 \times 6-7 \mu$, elliptiques obtuses, à ornementation grossière et saillante sur la coupe optique. Basides tétrasporiques. Arête des lames fertile.

Trame des lames : hyphes à paroi fortement incrustée.

Revêtement piléique : les hyphes superficielles n'ont jamais été observées en bon état : nous avons pu voir cependant que leur paroi brunâtre était finement incrustée; elles reposent sur des hyphes $\times 7-10$ (15) μ qui passent à des hyphes plus larges $\times 20-25 \mu$ à articles courts $\times 25-40 \mu$ formant un hypoderme sub-parenchymateux et à paroi grossièrement chargée d'amas pigmentaires.

HABITAT ET RÉCOLTES.

Semble préférer les endroits humides ou longtemps irrigués par la fonte des plaques de neige.

Arc alpin.

- Vanoise : Lac des Assiettes, 2 500 m, dans *Salix herbacea*, 10-9-69 (L. 69-231).
- Haute Vallée de l'Arc : Plan des Evettes, 2 500 m, dans *Salix reticulata* humide.
- Préalpes du Faucigny : Bas du Col d'Anterne, 2 100 m, dans *Salix herbacea humide*, 29-8-71 (71-69).

OBSERVATIONS.

Cette espèce se distingue de *gausapatius* par ses spores plus grandes et par son chapeau moins distinctement méchuleux et de *phaeopygmeus* par son voile non jaune doré mais seulement brunâtre.

Cortinarius caesionigrellus nov. sp.

Diagnose (3) : *Pileo 9-16 (22) mm lato, obtuse campanulato, margine abrupta, raro patente, udo obscuro ex atro murino, sed in juventute vestigiis pallide murinelli veli partim araneoso, quae in adultis sub specie eximiae ac tenuissimae texturae permanent in ambitu diuturnioribus. Stipite 11-19 \times 2-3 mm, aequali vel imo paulo latiore ac mycelio gausapato, laxo praedito, pulchre caeruleo vel e violaceo caeruleo, primum velo telamonioli pallide e gilvo murinello, fugaciore, demum vestigio anulari solum, saepe irregulari vel rupto, cincto, cortice sub lamellis brunneo pileo paulo pallidior, intus farcto aerifero, dein cavo. Lamellis mediocriter stipatis, parum ventricosis, obscurioribus, e purpureis badiisque brunneis,*

(3) Nous devons les diagnoses latines des espèces nouvelles à Monsieur H. ROMAGNÉSI : nous l'en remercions bien vivement.

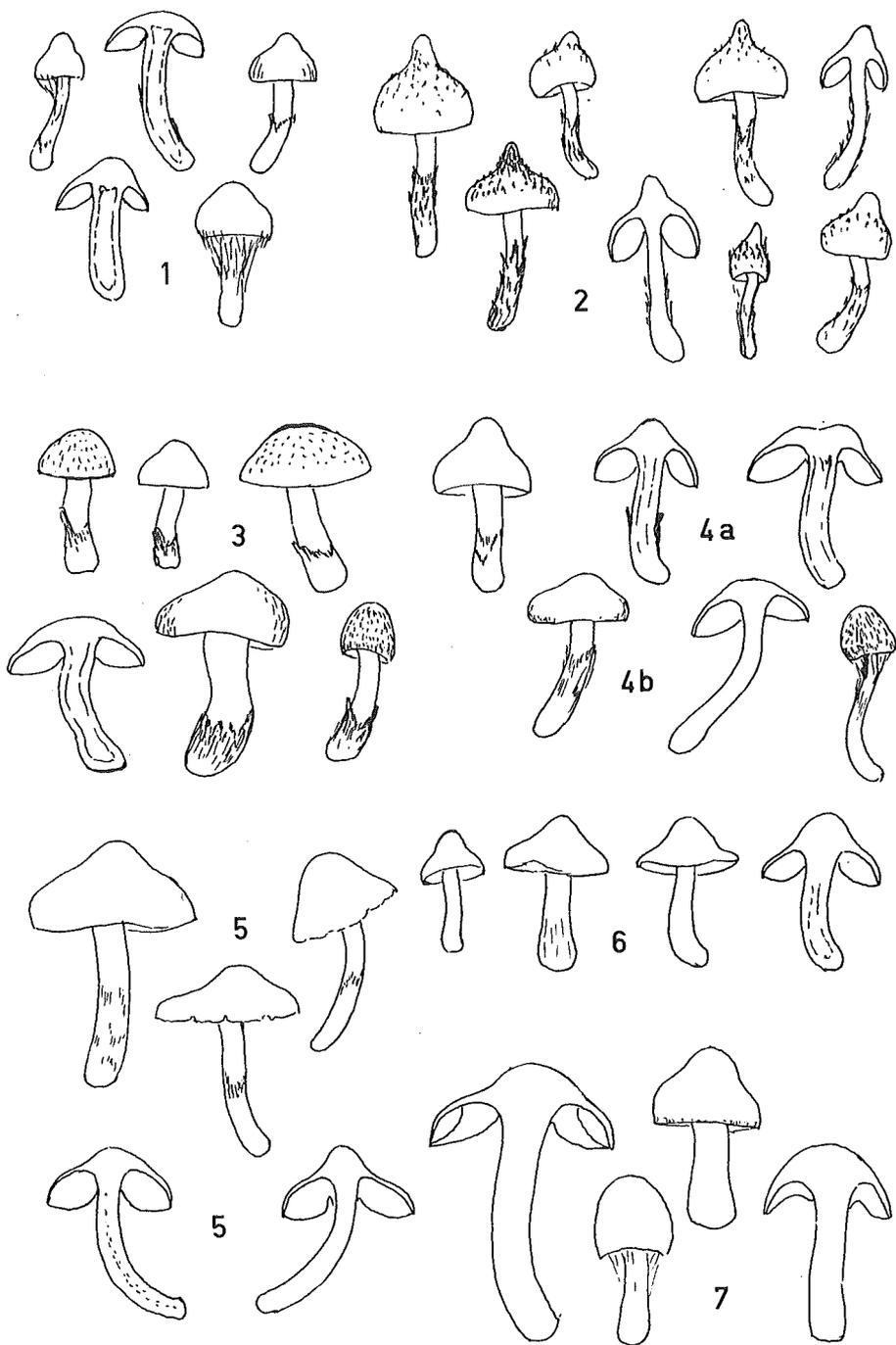


PLANCHE I
Carpophores, grandeur nature

1: *C. rusticellus*, L. 69-231. — 2: *C. comatus*, L. 62-17. — 3: *C. gausapatus*, L. 71-20. — 4: *C. caesionigrellus*, a: L. 71-51, b: L. 69-210. — 5: *C. minutulus*, L. 66-62. — 6: *C. scotoides*, L. 63-59. — 7: *C. bresadolae*, L. 70-61.

acie manifeste caesia, in juvenilibus totis e caesiis murinellis. Odore nullo. Sporis breviter ellipsoideis (7) 8-9 × (4) 4,5 — 5,5 (6) μ, humillime ornatis. Typus in Herb. D. Lamoure n° L. 71-51.

DESCRIPTION.

Chapeau 9-16 (22) mm, obtus subcampanulé, à bords longtemps retombants ne s'étalant que rarement; de couleur sombre quand imbu, *gris brun noirâtre* : Mu. 6.5 YR 2/4 3/4, 7.5 YR 2/2 2/4 3/4 3/6; cette couleur est franche chez les adultes devenus glabres, elle se perçoit en teinte de fond chez les jeunes dont le chapeau garde encore des *restes de voile grisâtre pâle* sous forme d'un lâche et subtil aranéum apprimé qui peut persister chez l'adulte, conférant alors au chapeau un *aspect grisailleux uniforme* très caractéristique. Ce voile est plus épais à la marge et y persiste plus longtemps si bien que même les chapeaux devenus glabres sont bordés d'un *liseré gris-clair*.

Stipe 11-19 × 2-3 mm, égal ou un peu élargi à la base qu'entoure un *mycélium* cotonneux lâche, d'une *belle couleur bleutée* ou *bleutée-violeté* : Mu. 7.5 PB 7/4. Le voile télamonique gris-beige pâle, évident chez les jeunes où il chausse le tiers ou la moitié inférieure du pied d'une guêtre soyeuse apprimée, est assez fugace et ne se retrouve chez l'adulte que sous forme d'une trace annulaire souvent irrégulière ou incomplète. Sous les lames, le cortex est brun, un peu plus pâle que le chapeau : vers Mu. 7.5 YR 4/4 4/6, 8.5 YR 5/6. Sur la coupe longitudinale, le stipe apparaît farci d'une chair aérifère, puis se creuse avec l'âge. Le cortex est nettement plus foncé dans la moitié inférieure.

Lames moyennement serrées, peu ventrues, plutôt sombres : brun chocolaté, lavé de purpurin : Mu. 7.5 YR 4/4, à *arête* franchement discoloré nettement *bleuté*; chez les tout jeunes, les lames sont entièrement *gris-brunâtre bleuté*.

Pas d'odeur remarquable.

Sporos courtement elliptiques : (7.5) 8-9 × (4) 4,5-5,5 (6) μ, à ornementation basse. Basides tétrasporiques. Arête des lames fertile.

Revêtement piléique : sous l'épicutis fait d'hyphes × 4-6 μ, on trouve quelques assises d'hyphes plus larges × 7-12 μ, à articles assez allongés; l'hypoderme n'est donc pas pseudoparenchymateux; les parois en sont fortement incrustées, beaucoup plus que celles de la chair.

HABITAT ET RÉCOLTES.

Ce petit *Telamonia* sombre semble inféodé au *Salix herbacea* des combes à neige et des coulées de solifluxion. Nous ne l'avons trouvé que dans la zone alpine supérieure où il peut croître en troupe nombreuse.

Arc alpin.

— Vanoise : sous le Col du Tambour, N. 2 400 m, 6-8-69 (L. 69-210);
Sous le Réchasse, 2 600 m, 10-9-70 (L. 70-84).

- Haute Vallée de l'Arc : sous le Glacier du Vallonnet, N. 2 300 m, 24-8-70 (L. 70-25); Derrière l'Ouille-des-Reys, N. 2 650 m, 22-8-71 (L. 71-51 et L. 71-55); le Pays-Désert, N.-W. 2 700 m, 21-8-71 (L. 71-48).
- Grisons : Env. du Col de Flüela, Cirque de Radünt, N. 2 450 m, 20-8-73 (L. 73-45). Sous le Col del Gajer, 29-8-66 (L. 66-86).

Montagnes scandinaves.

- Laponie suédoise : Njulla, N. 850 m, 5-8-74 (L. 74-29), spores un peu plus petites : $8-8,5 \times 4 \mu$.

OBSERVATIONS.

Cette petite espèce du *S. herbacea* est facile à reconnaître par la teinte bleutée des lames et du mycélium basilaire, et par le voile gris-pâle qui laisse longtemps sur le chapeau noirâtre une grisaille caractéristique.

Cortinarius bresadolae Schulz.

Chapeau 14-18 (25) mm, conico-campanulé, puis convexe obtus à chair épaisse au disque; imbu de couleur sombre : *gris-brun obscur* à composant *gris dominant* : Mu. 7.5 YR 3/2 4/4, sous une grisaille longtemps visible à l'œil nu, faite d'un très fin fibrillum aérifère soyeux apprimé qui disparaît avec l'âge, sauf à la marge où plus épais il persiste longtemps, y dessinant un *liseré très net* gris jaunâtre très pâle. La chair, très épaisse, est très pâle mais vire à l'air après la coupe au brunâtre moyen.

Stipe 14-16 \times 4-5 mm, trapu, subégal ou appointi, *très clair* de l'extérieur parce qu'abondamment voilé par un fibrillum soyeux apprimé gris-beige Mu. 10 YR 8/2 8.5/2 8.5/3; quelques exemplaires montrent en outre vers le tiers supérieur une zone annulaire étroite, un peu en relief, non membraneuse; la plupart du temps, ces restes télamoniques ne sont plus visibles. La couleur du cortex sous-jacent n'est bien perçue que sur la coupe longitudinale : il est très clair Mu. 10 YR 7/4 8/3, de même que la chair qui rend le pied plein; vers la base, cortex et chair sont un peu plus sombre vers 10 YR 6/4. A noter que tout comme celle du chapeau, la chair du stipe vire à l'air au brunâtre après la section.

Lames moyennement serrées, plutôt minces, de couleur *claire*, très longtemps argilacées jaunâtre : Mu. 2.5 Y 7/4, puis, avec les spores mûres, prenant une couleur jaunâtre un peu caca d'oie terne : Mu 10 YR 6/66/76/8 ou même 9 YR 5/10.

Pas d'odeur remarquable.

Spores 7-8 \times 4-5,5 μ , elliptiques verruculeuses. Arête fertile, au moins partiellement : quelques « poils » subcylindriques \times 6-8 μ ont été vus, mêlés aux basidioles, sur l'arête des lames de la récolte L. 70-61.

L'étude microscopique des revêtements et de la trame des lames n'a pas été faite sur le frais.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

HABITAT ET RÉCOLTE.

Une seule récolte a été faite : en Vanoise, sous le col de Chavière, N. 2 650 m, sur une croupe lichénisée, dans *Salix herbacea*, 4-9-70 (L. 70-61).

OBSERVATIONS.

Ce *Telamonia* a retenu notre attention

— par sa taille : c'était (avec *Dermocybe cinnamomeolutea*) un des plus grands champignons dans cette station de zone alpine supérieure à la limite du monde minéral des grands pierriers.

— par ses couleurs : en raison du contraste entre le chapeau brun-noirâtre, le stipe très pâle et les lames jaunâtres - caca d'oie, il nous est apparu alors comme une miniature de *C. bresadolae* (cf. nos notes descriptives : Bull. Soc. Linn. Lyon, 19, p. 89). Il diffère des carpophores de la plaine par l'absence d'odeur.

Cortinarius inops Favre

J. FAVRE, 1955, p. 136

DESCRIPTION.

Chapeau 13-25 mm, convexe obtusément mamelonné, imbu franchement *brun-noirâtre* ou *presque noir* : Mu. 5 YR 2/2 3/2; glabre à l'œil nu : chez l'adulte et même chez le jeune, il ne reste du voile superficiel qu'un léger fibrillum très lâche à la marge, grisâtre pâle, qui disparaît rapidement.

Stipe 25-35 × 2-3 mm, plutôt élancé, égal sauf à l'extrême base un peu renflée, souvent même *subnoduleuse*; remarquablement soyeux par un fibrillum aérifère gris beige ou gris perle, changeant selon l'incidence de la lumière : vers Mu. 5 YR 6/2, 7.5 YR 7/2, 10 YR 7/2 7/4, rendu apprimé sur toute la longueur du stipe, portant en surcharge une très légère trace annulaire grisâtre pâle, et parfois quelques vagues chinures qui ne se distinguent du voile soyeux que par leur aspect plus mat; avec l'âge et aux endroits froissés, le voile soyeux disparaît laissant voir le cortex bien plus pâle que le chapeau : imbu Mu. 10 YR 6/3 à mi-hauteur, encore plus pâle : 10 YR 5/4 6/4 en-dessous et sous les lames.

Lames moyennement serrées, ventruées échancrées, d'abord brunâtre terne, puis ocracées par les spores : en masse : Mu. 7.5 YR 5/4 4.5/4 4/4, à arête parfois (selon l'état) discolore : blanchâtre aérifère à l'œil nu, au moins sous la loupe.

Odeur nulle tant de l'extérieur qu'à la section.

Spores 8-9 × 5-6 (6,5) μ , courtes et larges, de *forme remarquable* : de profil, elles présentent une légère cambrure en creux ou au moins un replat au hile; de face, elles sont un peu obovales, malgré leur faible

élongation, puisque le maximum de largeur est très loin vers l'apex très obtus comme surbaissé; très ornées, elles sont grossièrement verruqueuses surtout à l'apex où les verrues saillent sur la coupe optique. Basides tétrasporiques.

Arête stérile par des poils simples, claviformes ou ampullacés $\times (8) 10-16 \mu$.

Revêtement piléique : Hyphes grêles $\times 3-5 \mu$, à paroi brune finement aspérulée reposant sur des hyphes plus larges, 8-10 (14) μ à articles assez courts mais non isodiamétriques, à paroi brune chargée d'incrustations souvent grossières. Pas d'hypoderme pseudoparenchymateux.

HABITAT ET RÉCOLTES.

La longue liste (fragmentaire !) qui suit montre combien ce petit *Telamonia* est répandu en Vanoise, en début de saison surtout, tant dans les tapis de *Dryas* que dans les Saulaies naines. Il nous semble préférer les sols neutres ou les compagnons mycorrhizogènes calcicoles, mais s'accommode aussi de *Salix herbacea*; nous ne l'avons trouvé que très rarement dans les vraies combes à neige.

Arc alpin.

- Vanoise : Moriond, N. 2 200 m, *Salix retusa*, 16-8-61 (L. 61-2); ibid., *S. retusa* + *S. reticulata*, 18-8-62 (L. 62-15); ibid., 22-8-65 (L. 65-37); sous l'entrée du Cirque du Dard, *S. retusa*, *S. reticulata*, d'innombrables récoltes, de 23-8-60 (L. 60-30) à 19-8-73 (L. 73-72); Cirque de l'Arcellin Supérieur, N. 2 300 m, *S. reticulata*, d'innombrables récoltes, 24-8-62 (L. 62-40)... 29-8-65 (L. 65-62); sous le Col du Tambour, N. 2 550 m, *S. herbacea*, *Alchemilla pentaphyllea*, 28-6-65 (L. 65-53); sous le Col de Chavière, N. 2 650 m, *S. herbacea*, 12-9-69 (L. 69-243); Plan alluvial du Vallonnet, sous le Glacier de la Patinoire, N. 2 500 m, *S. herbacea*, 8-9-69; Aiguille Grive, sous le Col du Grand Renard, NW. 2 300 m, *S. retusa*, *S. reticulata*, 11-8-70 (L. 70-1); sous le Col de Plan-Sery, N. 2 450 m, *S. retusa*, 13-8-70 (L. 70-7); Plan Sery, S. 2 500 m, *S. serpyllifolia*, 29-8-77, 12 lots de 10 à 15 carpophores examinés.
- Haute Vallée de l'Arc et région de l'Iseran : le Vallonnet (sur Bonneval), N.-W. 2 400 m, *S. retusa*, 24-8-70 (L. 70-27); sous le Col des Evettes, N. 2 500 m, *S. herbacea*, 27-8-73 (L. 73-114); derrière l'Ouille des Reys, N. 2 650 m, *S. herbacea*, 10-9-71 (L. 71-95); Ravin de la Cema 2 550 m, *S. herbacea*, *Alchemilla pentaphyllea*, *Gnaphalium supinum*, 26-8-73 (L. 73-106); Grand-Plan, 2 650 m, *S. herbacea*, 29-8-73 (L. 73-124).
- Grisons : Val Muragl, N. 2 600 m, *S. herbacea*, 14-8-73 (L. 73-15); haut Val Scarl, Costainas, N. 2 400 m, *S. retusa*, *Dryas*, 9-8-66 (L. 66-25); Val dal Botsch, 2 350 m, *S. serpyllifolia*, 22-8-66 (L. 66-59); ibid., 2 400 m, *S. herbacea*, 22-8-66 (L. 66-60).
- Tyrol : Oetztal, Obergurgl, *S. retusa*, 27-8-69.

Montagnes scandinaves.

- Laponie suédoise : Slåttatjåkka, N.-E. 950 m, *S. herbacea*, 14-8-72 (L. 72-66); Lullihatjärro, S. 640 m, *Dryas*, 16-8-67 (L. 67-79).

OBSERVATIONS.

Par ses spores courtes, très fortement ornées et par ses poils d'arête *C. inops* se distingue des nombreux petits Cortinaires hygrophanes noirâtres si abondants en zone alpine, tant dans les dryadaies que dans les combes à neige.

Plusieurs récoltes s'écartent du type par un caractère qui a depuis longtemps retenu notre attention : en coupe longitudinale, le stipe paraît farci d'une chair aérifère lavé de rosé-lilacin dans la moitié inférieure ou au moins au niveau du renflement noduleux basilaire; quelques minutes après la coupe, sur les exemplaires bien frais, on remarque que après exposition à l'air, la teinte rosée lilacine s'étend à toute une section; en outre, un coton mycélien dense et ras lavé de rosé-lilacin voire même franchement rose remonte parfois sur la base du stipe.

En l'état actuel de nos réflexions sur la valeur de ce caractère de coloration, tantôt subtil et fugace, voire inconstant à l'intérieur d'un même lot, tantôt évident et indiscutable pour tous les carpophores récoltés, nous ne prenons pas position sur la valeur de ce critère spécifique à lui accorder, car par tous les autres caractères macro et microscopiques, ces *Telamonia* se déterminent : *inops*.

La liste très fragmentaire qui suit donne une idée première de la fréquence de cette forme à stipe farci de rosé lilacin; on remarquera que sa répartition géographique n'est pas différente de celle du type avec lequel elle nous semble cohabiter; des observations plus fines sont maintenant nécessaires pour progresser vers la solution au problème posé.

Arc alpin.

- — Vanoise : Moriond, N. 2 200 m, *Salix retusa*, *S. reticulata*, nombreuses récoltes; sous l'entrée du Cirque du Dard, *S. retusa*, *S. reticulata*, nombreuses récoltes. Cirque du Petit Marchet, 2 400 m, *S. herbacea*, 1-9-67 (L. 67-119); sous le Col de Napremont, S. 2 300 m, *Dryas*, *S. reticulata*, 15-8-68 (L. 68-9), (L. 69-218); Plan de Bellecombe, 2 300 m, 30-8-73 (L. 73-131); Le Plan des Eaux, 2 680 m, *S. herbacea*, 1-9-73 (L. 73-156); le Pays-Désert, 2 600 m, *S. herbacea*, *Anthelia*, 21-8-71 (L. 71-46).

Montagnes scandinaves.

- Laponie suédoise : Slåttatjåkka, E. 1 100 m, *S. herbacea*, *S. polaris*, 13-8-74 (L. 74-75); Vakketjåkko, N.-E. 900 m, *S. herbacea*, *Gnaphalium supinum*, *Cassiope hypnoides*, *Stereocaulon*, 19-8-74 (L. 74-98).

Cortinarius tenebricus Favre

J. FAVRE 1955, p. 148

DESCRIPTION.

Chapeau 7-15 (24) mm, conico-campanulé puis convexe obtusément mamelonné, de couleur très sombre, noirâtre quand imbu : Mu. 5 YR 2/2 et alors très glabre à l'œil nu, comme satiné luisant; déshydraté il devient brun roussâtre foncé.

Stipe 18-25 × 2-3,5 (4) mm égal ou légèrement plus épais à la base, relativement élancé, pratiquement dépourvu de formations télamoniques; si très imbu, brunâtre uniforme mais pas noirâtre comme le chapeau, le plus souvent apparaissant sensiblement plus clair à cause du fibrillum gris beige soyeux très tendu apprimé qui le recouvre et qui selon l'incidence de la lumière le rend très brillant comme moiré; en coupe, le cortex et la chair imbue sont brunâtre-moyen sur presque toute la longueur, à peine plus sombre à la base mais non bistre noirâtre.

Lames moyennement serrées, en général deux systèmes de lamellules, les grandes lames ventruées-échancrées, de couleur sombre et terne : Mu. 7.5 YR 4/4 5/4.

Odeur nulle de l'extérieur et à la section.

Spores 9-10 × 5-6 μ, elliptiques obtuses, assez fortement verruqueuses.

Structure piléique : hyphes de l'épicutis × 4-6 μ, à paroi brun sombre chargée de plaquettes pigmentaires, reposant sur un hypoderme pseudo-parenchymateux à hyphes × 20-28 μ à articles courts, à paroi fortement pigmentée non incrustée; chair faite d'hyphes emmêlées, × 8-12 (15) μ à paroi brune uniformément pigmentée.

HABITAT ET RÉCOLTES.

A l'inverse de *C. inops* que nous avons récolté beaucoup plus souvent que J. FAVRE, *C. tenebricus* ne nous semble pas aussi répandu en Vanoise que dans les Grisons. Il semble indifférent au substrat.

Arc alpin.

- Vanoise : Plan alluvial sous le Glacier du Génépny, 2 300 m, dans *Salix retusa*, *S. arbuscula* à proximité, 21-8-62 (L. 62-22).
- Massif de l'Iseran : lac du Vallon, derrière l'Ouille des Reys, 2 700 m, coulées de solifluxion, *Salix herbacea*, 1-9-73 (L. 73-157); Sous le col de l'Iseran, 2 700 m, *Salix herbacea*, *Anthelia juratzkana*, 19-8-71 (L. 71-37 bis); Le Pays Désert, 2 600 m, *Salix herbacea*, 25-8-76 (L. 76-106) et (L. 76-108).

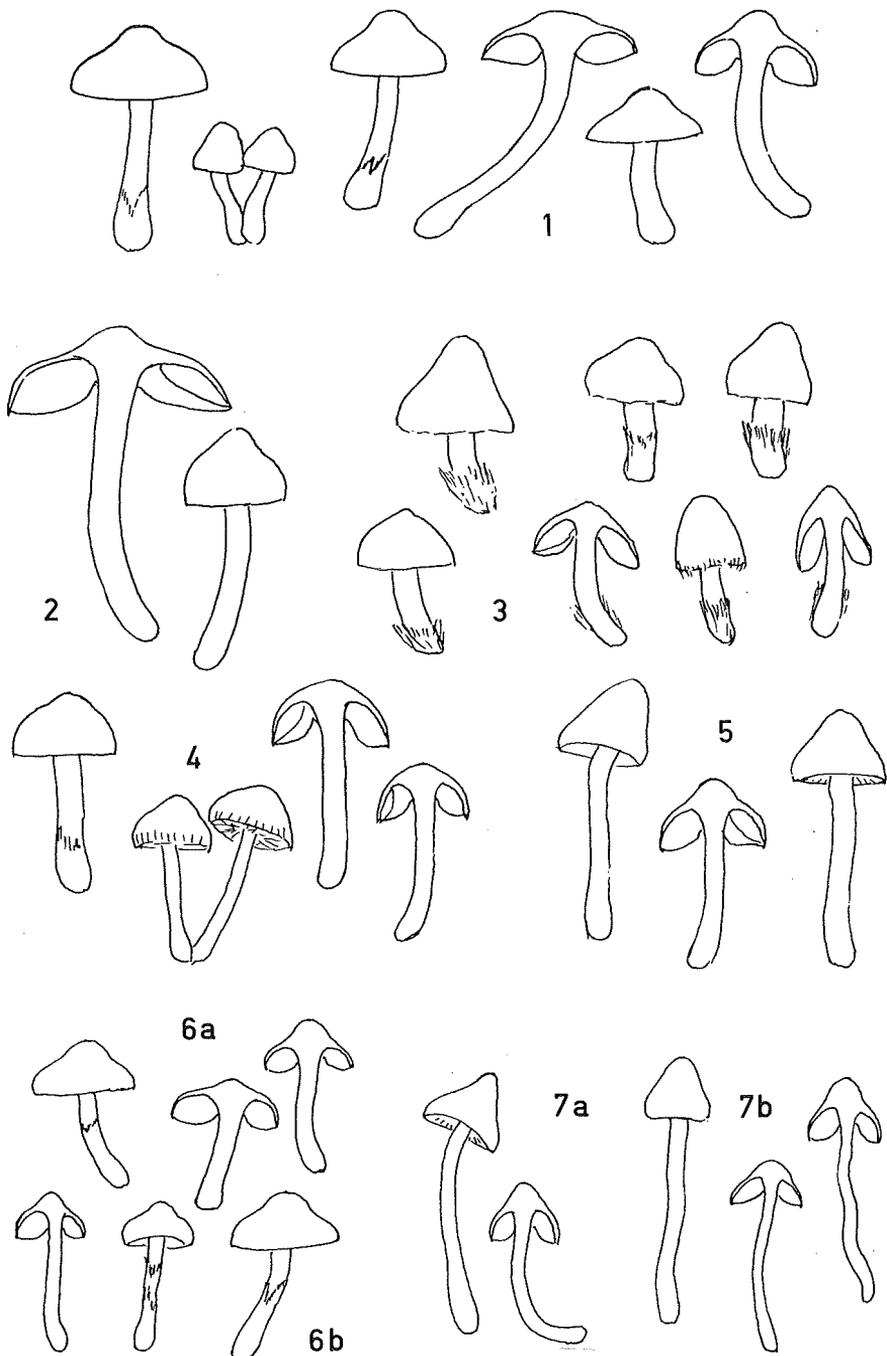


PLANCHE II
Carpophores, grandeur nature

1: *C. inops*, L. 71-98. — 2: *C. levipileus*, L. 69-221. — 3: *C. fallax*, L. 73-41. —
4: *C. pauperculus*, L. 70-22. — 5: *C. tenebricus*, L. 73-157. — 6: *C. diasemo-*
spermus, a: L. 67-85, b: L. 69-57. — 7: *C. subtilior*, a: L. 66-39, b: L. 71-27.

Cortinarius levipileus Favre

J. FAVRE, 1955, p. 137

DESCRIPTION.

Chapeau 8-25 (32) mm, conico-campanulé ou convexe obtusément mamelonné, imbu de couleur sombre brun-noirâtre : Mu. 5 YR 3/4 4/4, 6.5 YR 3/4, 7.5 YR 3/2 3/4, parfois jusqu'à 4/6 à la marge éclaircie par les restes d'un abondant fibrillum roussâtre aérifère alors qu'au disque et assez loin vers l'ambitus il est glabre satiné à l'œil nu; déshydraté, il devient franchement roussâtre : 6.5 YR 6/6; chair mince très sombre quand imbue.

Stipe 14-25 (32) × 2,5-3 (4) mm, égal, portant à mi-hauteur une légère trace annulaire apprimée blanchâtre et quelques chinures irrégulières en-dessous, très lâches, laissant voir le cortex brun sombre passant à bistre noirâtre à la base. Au-dessus de la zone télamonique, le cortex brunâtre transparait sous un lâche fibrillum soyeux tendu, satiné; stipe plein et remarquablement bistre noirâtre dans le tiers inférieur, non seulement par le cortex mais aussi par la chair.

Lames moyennement serrées, peu ventrues, assez épaisses, d'abord claires puis subconcolores au chapeau, à composant légèrement chocolaté sensible avant que l'ocracé des spores n'infléchisse la couleur en plus brunâtre : de 5 YR 3/3 à 7.5 YR 4/4 4/6.

Odeur nulle tant à la section que de l'extérieur.

Spores 9-10,5 (11) × 5-5,5 (6) μ , obtuses certes, mais l'apex n'est pas largement arrondi plutôt très légèrement étiré (on ne peut toutefois pas parler de tendance à être amygdaliforme), finement et densément verruqueuses. Basides tétrasporiques; arête fertile.

Structure piléique : les hyphes grêles de l'épicutis × 4-5 μ à paroi brune fortement incrustée reposent sur un hypoderme pseudoparenchymateux : hyphes à articles courts : 25-40 × 20-25 μ , à paroi fortement pigmentée.

HABITAT ET RÉCOLTES.

Ce *Telamonia* sombre, parfois solitaire ou par 3-5 carpophores, semble préférer les dryadaies ou les groupements à *Dryas* et *Salix retusa*. Nous ne l'avons pas rencontré jusqu'alors parmi *Salix herbacea*.

Arc alpin.

- Vanoise : au-dessus du Lac des Vaches, moraine remaniée, 2 400 m, *Dryas*, 8-9-69 (L. 69-221); Moraine de l'Epena, N. 2 200 m, *Dryas*, 31-8-77 (L. 77-332).
- Grisons : Murtaröl d'Aint, de 2 200 à 2 400 m, *Dryas*, *Salix retusa*, 11-8-66 (L. 66-32); Pass da Costainas, 2 300 m, *Salix serpillifolia*, 20-8-66 (L. 66-54); entre le Mont del Gajer et le Piz Mezdi, *Dryas*, 15-8-66 (L. 66-40).

OBSERVATIONS.

C. levipileus, *C. tenebricus* et *C. inops* sont parmi les *Telamonia* noirâtres de la zone alpine cités ici ceux qui ont extérieurement le plus de ressemblance par leur port, leur taille et leur couleur. Les caractères microscopiques d'*inops* : présence de poils stériles sur l'arête des lames, forme et ornementation des spores rendent son identification très facile. Pour distinguer *levipileus* de *tenebricus*, nous retiendrons que le stipe de *tenebricus* est de couleur presque uniforme alors que celui de *levipileus* bistre fortement avec l'âge à partir de la base; en outre les spores de *levipileus* sont un peu plus grandes et plus finement verruqueuses que celles de *tenebricus*.

Cortinarius scotoides Favre

J. FAVRE, 1955, p. 146

DESCRIPTION.

Chapeau 5-21 mm, conico-campanulé à conico-convexe, puis avec l'âge convexe plan, obtusément mamelonné, *pratiquement noir quand imbu* ou brun noirâtre : Mu. 10 YR 2/2, 7.5 YR 2/2; glabre à l'œil nu, satiné au disque alors que les bords sont souvent voilés par un lâche fibrillum apprimé, blanchâtre ou un peu roussi, puis avec l'âge il devient tout glabre; tout le chapeau reste sombre à l'état déshydraté mais devient plus brunâtre; chair sombre.

Stipe 16-23 × 2-3,5 mm, subégal, progressivement épaissi vers la base mais non claviforme, plus clair que le chapeau car sous les lames le cortex brunâtre pâle transparait sous un voile soyeux brun-grisâtre assez lâche, alors que dans la moitié inférieure le voile plus dense blanchâtre sale, beige grisâtre, cotonneux, apprimé, cache presque le cortex de la base du pied de couleur brun-bistre noirâtre, qui transparait avec l'âge quand le voile s'affaisse ou dans les endroits touchés; en coupe longitudinale, la *couleur bistre noirâtre de la base du pied* est frappante; avec l'âge, le stipe devient fistuleux.

Lames assez serrées ventruées près du stipe, sombres, d'abord ternes : Mu. 10 YR 5/4, puis ocracées par les spores mais jamais vives : Mu. 8.5 YR 4/4.

Odeur nulle tant de l'extérieur qu'à la section.

Spores 6-7 (8) × 4,5-5,5 μ , *courtement elliptiques*, assez fortement verruqueuses, à ornements bien distincts de face et saillants sur la coupe optique. Basides tétrasporiques; arête des lames fertile.

Structure piléique : Hyphes de l'épicutis × 4-6 μ , à paroi fortement incrustée de plaquettes brunes, reposant sur un hypoderme pseudoparenchymateux fait d'hyphes larges à articles courts subsodiamétriquement 20-25 × 18-20 μ , à paroi brun sombre uniformément pigmentée non incrustée; la chair sous-jacente est brunâtre plus claire.

HABITAT ET RÉCOLTES.

Ce petit *Telamonia* semble affectionner les endroits frais, puisqu'en Vanoise nous l'avons trouvé en abondance dans les tapis de *Salix retusa* colonisant les îlots délimités par les bras du torrent dans le Lac des Assiettes. Notons d'ailleurs qu'à la suite de changements de lit et d'alluvionnements, la topographie du plan alluvial a beaucoup changé au cours des dix dernières années et que nous n'y avons pas retrouvé cette espèce.

Arc alpin.

— Vanoire : Lac des Assiettes, 2 500 m, 26-8-63 (L. 63-59 et L. 63-60) : ibid. 28-8-67 (L. 67-110).

Cortinarius minutulus Favre

J. FAVRE, 1955, p. 13

DESCRIPTION.

Chapeau 9-14 mm, conique très surbaissé, conico-convexe avec un petit mamelon, puis à bords étalés; de couleur sombre : brun roux non noirâtre : Mu. 2.5 YR 2/3, passant à 5 YR 3/4 4/4 à la marge, Expo. 22 J, 52 F-H, 26 passant à 26 J-44 H au bord; glabre à l'œil nu, remarquablement soyeux. Déshydraté, il devient brun-jaunâtre. Chair sombre au disque, très mince ailleurs.

Stipe 16-22 × 1-2 mm, égal subconcolore au chapeau par le cortex imbu transparaisant sous un lâche fibrillum soyeux apprimé sous les lames, alors que la moitié inférieure est lâchement recouverte par un voile télamonique aérifère très subtil brunâtre pâle, vite affaissé, laissant une trace annulaire souvent incomplète à mi-hauteur et quelques vagues chinures en-dessous. Il est plein, puis fistuleux.

Lames peu serrées, ventrues sinuées, de couleur frappante *très vive* : ocracé à composant orangé : Mu. 6.5 YR 5/6, 7.5 YR 5/8 ou Expo. 56-63 D, 54-56 E.

Odeur nulle tant à la section que de l'extérieur.

Spores 9-10 × 5,5-6 μ, elliptiques plus ou moins ovoïdes, mollement ponctuées ruguleuses; arête fertile; basides tétrasporiques.

Structure piléique : les hyphes de l'épicutis × 4-5 μ, à paroi brune et incrustée des plaquettes pigmentaires reposent sur un hypoderme pseudo-parenchymateux, dont les hyphes à paroi brune × 25-30 μ ont des articles courts 30-50 μ; chair pigmentée, parois non incrustées.

HABITAT ET RÉCOLTES.

Ce petit *Telamonia* sombre à lames vives nous semble beaucoup moins répandu en Vanoise, et plus généralement dans les Alpes Occidentales,

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

que dans les Grisons où J. FAVRE l'a récolté 23 fois. En Vanoise, nous ne l'avons pas, jusqu'à ce jour identifié dans les combes à neige à *Salix herbacae*. Les deux stations que nous citons sont des stations de moyenne altitude, versant Nord, talus frais colonisés par *Salix retusa* et *Salix reticulata*. Dans les Grisons par contre, nous l'avons trouvé aussi dans les *Dryas*.

Arc alpin.

- Vanoise : Moriond, versant Glières, N. 2 200 m, 16-8-60 (L. 60-5); ibid. 16-8-61 (L. 61-6). Sous le Cirque du Dard, N. 2 300 m, 17-8-60 (L. 60-11).
- Grisons : Val dal Botsch, plusieurs récoltes de 2 200 à 2 550 m, 22-6-66 (L. 66-62) et (L. 66-63).

OBSERVATIONS.

Le seul petit *Telamonia* sombre qui puisse être comparé à *minutulus* par la couleur éclatante et gaie de ses lames est le *C. pulchripes* Favre dont nous avons parlé précédemment (LAMOURE, 1977, p. 124); mais le stipe de *minutulus* ne présente jamais de teintes vineuses, sensibles déjà de l'extérieur, et si frappantes sur la coupe longitudinale du stipe de *pulchripes*.

Cortinarius pauperculus Favre

J. FAVRE, 1955, p. 140

DESCRIPTION.

Chapeau 7-18 mm, conico-convexe puis convexe plan; imbu de couleur assez sombre mais moins noirâtre, plutôt d'un *beau brun assez chaud* : Mu. 5 YR 3/4 4/6, 6 YR parfois jusqu'à 7.5 YR 3/6; dans le jeune âge, il est très subtilement recouvert d'un lâche fibrillum apprimé aérifère blanchâtre sale qui *disparaît rapidement* et la marge d'abord aranéuse devient, elle aussi, *glabre*, et même striolée par transparence. Chair brune quand imbue, très mince sauf au disque.

Stipe 12-22 × 1,5-3 mm, égal ou très légèrement et progressivement épaissi vers la base, souvent chaussé d'un voile fibrilleux aérifère blanchâtre sale jusqu'à mi-hauteur, ou bien portant une zone annulaire assez nette où le fibrillum est plus dense et plus épais voire même en relief; en dessous on peut voir des chinures blanchâtres apprimées irrégulières sous les lames le cortex presque nu tendu de soyeux aérifère est brunâtre, à peine plus pâle que le chapeau. D'abord plein d'une chair brune, il devient fistuleux.

Lames moyennement serrées, minces, ventruées à arête concolore, sombres, ternes d'abord, puis l'ocracé des spores leur confère une belle couleur brun-sombre, subconcolore au chapeau : Mu. 7.5 YR 4/6 3/6 ou 6.5 YR 3.5/6.

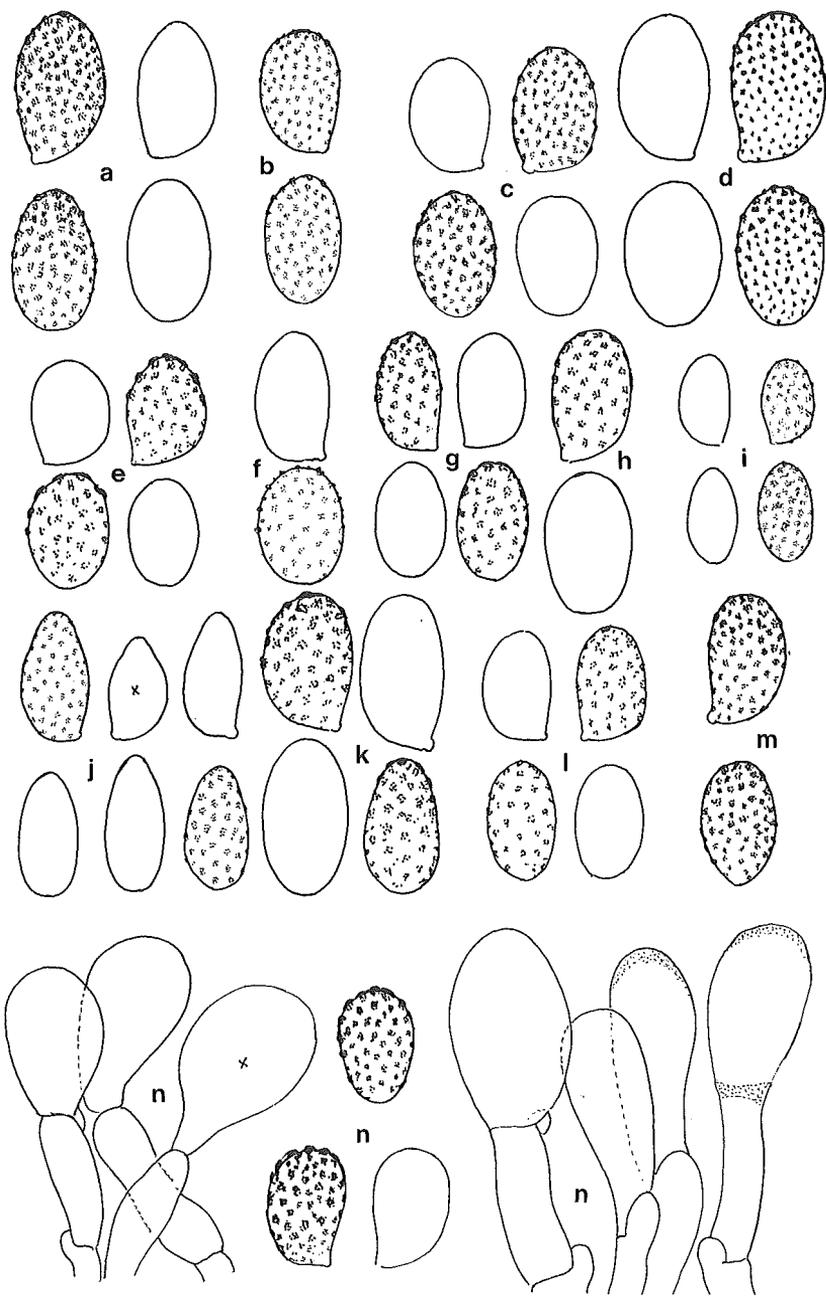


PLANCHE III
Spores, $\times 1200$

a: *C. gausapatus*, L. 71-20. — b: *C. comatus*, L. 62-17. — c: *C. caesionigrellus*, L. 71-51. — d: *C. rusticellus*, L. 69-231. — e: *C. scotoides*, L. 63-59. — f: *C. levipileus*, L. 69-221. — g: *C. tenebricus*, L. 73-157. — h: *C. minutulus*, L. 66-22. — i: *C. bresadolae*, L. 70-71. — j: *C. diasemospermus*, L. 69-111. — k: *C. fallax*, L. 73-41. — l: *C. pauperculus*, L. 70-22. — m: *C. subtilior*, L. 66-39. — n: *C. inops*, L. 71-98, spores et poils d'arête.
Nota: signe x: forme extrême exceptionnelle.

Odeur nulle tant de l'extérieur qu'à la section.

Spores 9-10 × 5,5-6 μ, elliptiques très obtuses à l'apex, assez fortement verruqueuses; basides tétrasporiques; arête fertile.

Structure piléique : les hyphes du voile éparses ici et là n'ont été vues que collapsées; les hyphes de l'épicutis × 4-5 μ, sont à paroi jaunâtre surchargée d'amas pigmentaires brun-jaunâtres, irrégulières, ne formant pas des plaquettes incrustantes mais plutôt des amas mous épiphyphiques; hypoderme non pseudo-parenchymateux mais distinct de la chair sous-jacente par ses hyphes larges : × 15-18 (20) μ, à articles courts mais non isodiamétriques.

HABITAT ET RÉCOLTES.

Ce *Telamonia* non noirâtre souvent cespiteux par 2-3 (5), croît généralement en troupe nombreuse parmi les Saules nains, et semble indifférent au substrat.

Arc alpin.

- Vanoise : Plan Sery, 2 500 m, dans *Salix serpillifolia*, 3-9-77 (L. 77 344).
- Haute Vallée de l'Isère, sous les sources de l'Isère, Prarion, 2 250 m, *Dryas* (plusieurs troupes de 100 carpophores environ), 22-8-70 (L. 70-22) et (L. 70-23).
- Massifs de l'Iséran, Le Pays Désert, 2 600 m; *Salix herbacea*, 25-8-76 (L. 76-353).
- Grisons, Col del Gajer, 2 600 m, *Salix retusa*, 15-8-66 (L. 66-35).

Cortinarius fallax nov. sp.

Diagnose. Pileo 6-16 mm lato, alte conico vel e conico convexo, haud mammoso nec expenso, unicolore, pulchre brunneo, non vero nigrello, adulto oculo nudo glabro, nisi ad marginem subtilissime interdum araneosam, aut initio dessicationis, praesertim juvenili aetate, subtiliter araneoso. Stipite saepe curto, 8-13 × 2-3 mm, interdum elatiore, nunquam vero gracili, pileo subconcolore, nisi inferne, ubi fit obscurior, etiamque nigellus; juvenili aetate atque in carpophoris densis *Salicum* tapetis conditis velo pallide fuscidulo eximio, copioso, vel laxissimo, specie vaginae laxae, inflatae, haud adpressae, ora superiore pubescenti, etiam fimbriata, in senioribus collabente, sed in tertia inferiore parte stipitis in fibrillum pallide brunneolum persistente; sub lamellis nudo, pileo concolore vel vix rubriore, pleno, carne imbuta sursum brunneola, deorsum e nigella fusca. Lamellis substipipatis, ventricosis, dein sinuatis rotundatis, potius obscuris. Odore veri similiter acido, Pelargonium in mentem revocante, inconstanti. Sporis 9-11,5 × 5-6 μ, ellipsoideis, verrucosis. In tapetis densis *Salicis* herbaceae in zona alpina superiore, in valliculis nivosis. Typus in Herb. D. Lamoure n° L. 73-41.

DESCRIPTION.

Chapeau 6-16 mm, conique élevé à conico-convexe, non mamelonné et ne s'étalant pas, imbu de couleur uniforme d'un beau marron assez foncé mais non noirâtre : Mu. de 5 YR à 6 YR 2/4 3/4 3/5; absolument glabre à l'œil nu sauf à la marge où peut persister un subtil fibrillum aranéeux gris-beige ou brunâtre pâle non jaunâtre; à la loupe, la surface du chapeau apparaît légèrement ruguleuse par le fibrillum superficiel imbu apprimé, ou bien il est subtilement aranéeux en début de déshydratation, dans le jeune âge surtout. Chair imbue brun assez sombre.

Stipe souvent trapu : 8-13 × 2-3 mm, parfois plus élancé mais jamais gracieux, en gros concolore au chapeau sauf à la base qui est plus sombre et qui devient franchement noirâtre tant parce que le cortex noircit que parce que le voile télamonique s'affaisse et s'apprime; dans le jeune âge et sur les carpophores enfouis dans les denses tapis de Saules, ce voile est tout à fait remarquable : abondant mais de texture très lâche, il chausse le tiers inférieur du stipe d'un étui lâche, bouffant, non apprimé, dont la limite supérieure n'est pas nette puisque non membraneuse mais au contraire toute ébouriffée voire effilochée; avec l'âge, ce voile s'affaisse mais persiste sur le tiers inférieur du stipe sous forme d'un fibrillum brunâtre pâle. Sous les lames, le cortex presque nu est d'un beau marron subconcolore au chapeau ou à peine plus rougeâtre. Le stipe est plein d'une chair imbue brunâtre en haut, brun sombre à bistre noirâtre à la base.

Lames assez serrées, ventrues puis arrondies sinuées, plutôt sombres Mu. 7.5 YR 4/6 4.5/6.

Odeur probablement acidule pélargoniée, mais légère, et perçue avec certitude sur trois seulement des cinq récoltes citées ici.

Spores (9) 10-11 (11,5) × 5-6 μ, elliptiques banales, verruqueuses; basides tétrasporiques; arête fertile.

Structure piléique : entre les hyphes hyalines collapsées du voile superficiel, apparaissent les hyphes de l'épicutis, × 4-5 (6) μ, à paroi brun-jaunâtre chargée d'incrustations pigmentaires brunes; pas d'hypoderme caractéristique, en tout cas non pseudoparenchymateux; hyphes de la chair à paroi brunâtre non incrustée.

HABITAT ET RÉCOLTES.

Nous n'avons jamais trouvé ce remarquable petit *Telamonia* que dans la zone alpine supérieure, dans les tapis denses de *Salix herbacea* des combes à neige où il apparaît en troupes souvent nombreuses et cespiteux par 2-3.

Arc alpin.

— Vanoise : sous le refuge du Grand-Bec, N. 2 600 m, 26-8-67 (L. 67-103); sous le Col de Chavière, 2 600 m; 12-9-69 (L. 69-241).

- Massif de l'Iseran : Le Pays Désert, NW 2 600 m, 25-8-76 (L. 76-322);
ibid. (L. 76-351).
- Sous le col du Stelvio (Italie), N. 2 600 m, 20-8-73 (L. 73-41).

DISCUSSION.

Nous avons nommé ce petit *Telamonia* brun sombre non noirâtre : « *fallax* » en souvenir des nombreuses méprises dont nous avons été victime à son sujet : ou bien croyant récolter *C. pauperculus* Favre pour n'avoir vu que son chapeau glabre d'un beau marron, nous devions découvrir que la base du stipe était noirâtre, que son voile télamonique était beaucoup plus bouffant et seulement développé au tiers inférieur, et que les spores étaient en moyenne sensiblement plus grandes que celles de *pauperculus*; ou bien nous nous disions, surtout à propos de récoltes à odeur acidule : si le voile était plus jaune, ce serait *phaecpygmeus* ! On se rappellera que d'autres *Telamonia* de la zone alpine ont aussi le pied qui bistre fortement à partir de la base, mais en simplifiant et en caricaturant, nous dirons qu'aucun ne présente d'aussi belles couleurs dans la gamme des teintes sombres que *pauperculus* et *fallax* qui sont d'un beau marron, sombre certes, mais non noirâtre, alors que *gausapatus*, *scotoïdes* et *levipileus* sont d'un brun plus noirâtre, voire franchement noirâtre; *gausapatus* de plus a le chapeau franchement méchuleux; quant à *scotoïdes*, la forme de ses spores si courtement elliptiques le met à part de tous les autres.

Quelle importance accorder à la faible odeur acidule pélargoniée parfois perçue, l'expérience à venir le précisera. Nous informons toutefois le lecteur que nous prenons toujours la précaution de débarrasser la base du stipe de la terre qui peut l'entourer car nous nous sommes aperçus que l'humus noir des combes à neige recouvert par *Anthelia juratzkana* sent souvent plus ou moins fortement acidule pélargonié.

Cortinarius subtilior Favre

F. FAVRE, 1955, p. 147

Chapeau 8-14 mm, conique puis campanulé convexe, très obtusément mamelonné, imbu d'un beau brun marron assez foncé mais non noirâtre : Mu. 6.5 YR 3/4.3/6; glabre, satiné sauf à la marge qui est aranéuse par des restes de voile blanchâtre.

Stipe 15-30 × 1,5-2 mm, égal, plutôt grêle, flexueux, beaucoup plus clair que le chapeau : brunâtre moyen vers le milieu : Mu. 10 YR 6/6, plus pâle sous les lames et surtout à la base qui est presque blanchâtre; soyeux par un lâche fibrillum aérifère très apprimé, tendu sur toute sa longueur, sans formations télamoniques typiques — annulaires ou en chinures — chez l'adulte; chez le jeune, en faisant varier l'incidence de la lumière, on décèle parfois quelques traces de voile éparses et irrégulières. D'abord plein farci, le stipe devient fistuleux.

Lames moyennement serrées, peu ventruées, de couleur terne, puis ocracées par les spores, Mu. 7.5 YR 4/6 5/6.

Pas d'odeur remarquable.

Spores 9-10,5 (11) \times 5,5-6,5 (7) μ elliptiques un peu cambrées, plutôt larges, assez fortement verruqueuses. Basides tétrasporiques. Arête des lames fertile.

Revêtement piléique : l'épicutis, altéré, n'a pu être observé dans des conditions convenables : il semble fait d'hyphes \times 3-5 μ , à paroi très pâle faiblement incrustée; il repose sur un hypoderme non pseudo-parenchymateux, fait d'hyphes larges : \times 10-20 μ , mais à articles non isodiamétriques, à paroi brune non ou peu incrustée.

HABITAT ET RÉCOLTES.

Ce petit *Telamonia* semble préférer les Saulaies naines à *Salix herbacea*, mais se montre capable de passer dans les pelouses neutrophiles et de s'y associer à *S. retusa*.

Arc alpin.

- Haute Vallée de l'Arc : Plan des Eaux, E. 2 680 m, talus de bosses de solifluxion à *S. herbacea* et *Anthelia*, 22-8-71 (L. 71-59); sous le Col des Evettes, N. 2 450 m, *S. herbacea*, 17-8-71 (L. 71-27); ibid. N. 2 300 m, *S. retusa*, 18-8-70 (L. 70-16).
- Grisons : sous le Col dal Gajer, E. 2 600 m, *S. herbacea*, 18-8-66 (L. 66-39).

OBSERVATIONS.

Par le port général de ce petit Cortinaire dû essentiellement au stipe élancé, flexueux portant un chapeau presque rond, et par référence à l'icône X, 4, nous avons cru pouvoir rapporter nos récoltes précitées à *C. subtilior* Favre, en dépit de faibles différences dans les mesures de spores qui dans l'ensemble sont un peu plus petites, mais ont la même forme que celles observées par J. FAVRE sur son unique récolte de la Sesvenna.

Cortinarius diasemospermus nov. sp.

Diagnose : Pileo 9-14 (18) mm lato, convexo, obtuse mammoso, udo pulchre badio, medio paulo obscuriore, glabro; levi, udo sericeo, transluciditate usque a 1 mm striato. Stipite 11-17 (22) \times 1,5-2 (3) mm, aequali, vellere brunneo, paulo pallidior quam pileo, vestito, basi excepta, ubi multo obscurior est, velo telamoniali fugaci ac subtili cincto, paucissima ac vix manifesta vestigia in superficie relinquente; primum farcto, dein fistuloso. Lamellis parum stipatis, crassis, primum obscurissime e violaceis

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

purpureisbe brunneis, post maturitatem sporis ochraceis. Odore subtili pelargonii. Sporis 9-10,5 × 5-6 μ, dense verrucosis, eximia forma, ad apicem extensis.

Typus in Herb. D. Lamoure n° L. 69-57.

DESCRIPTION.

Chapeau 9-14 (18 mm) convexe, obtusément mamelonné, imbu d'une belle couleur *brun marron sombre* : Mu. 5 YR 3/4, 6.5 YR 3/4, à mamelon un peu plus obscur vers 5 YR 2/4; glabre, lisse comme satiné quand imbu, à marge striolée par transparence sur 1-1,5 mm.

Stipe 11-17 (22) × 1,5-2 (3) mm, égal, soyeux par un très lâche fibrillum concolore tendu sur le cortex brun vers 7.5 YR 5/6 6/6 un peu plus clair que le chapeau sauf à la base où il est bien plus sombre : bistre noirâtre. Le voile télamonique est subtil, fugace et ne laisse pas de zone remarquable, seulement quelques vagues chinures plus mates que la surface soyeuse. D'abord farci, le stipe se creuse avec l'âge et devient fistuleux.

Lames peu serrées, épaisses, de couleur *sombre à composant violet-purpurin* surtout sensible chez les jeunes, puis devenant ocracée par les spores, de Mu. 7.5 YR 5/4 à 4/6.

Odeur de l'extérieur : *subtile, acidule pélagroniée*, plus nette à la section.

Spores 9-10,5 × 4,5-5,5 μ, finement mais densément verruqueuses, *de forme remarquable* pour un *Telamonia* : étirées à l'apex, très étroitement ovoïdes. Basides tétrasporiques. Arête des lames fertile.

Revêtement piléique : hyphes superficielles × 5-6 μ, à fines aspérités brun-jaune, reposant sur un hypoderme pseudoparenchymateux, fait d'articles à peine deux fois plus longs que larges : 35 × 20 μ parfois presque isodiamétriques : 25 × 20 μ. Les parois brunes sont incrustées de brun-jaune tout comme celles des hyphes de la chair sous-jacente.

HABITAT ET RÉCOLTES.

Cette espèce fréquente les pelouses alpines acides ou neutres où il s'inféode au *Salix herbacea*.

Arc alpin.

— Vanoise : Roc du Tambour, N.-W. 2 400 m, *S. herbacea*, 19-8-69 (L. 69-57).

— Tyrol : Oetzal, Obergurgl E. 2 100 m, *S. herbacea*, 28-8-69 (L. 69-111).

Montagnes scandinaves.

— Laponie suédoise : au bord du petit Lac du Raikenjira, près Låktatjåkka, 900 m, *S. herbacea*, 18-8-67 (L. 67-85).

OBSERVATIONS.

La forme de ses spores permet de distinguer ce *Telamonia* de tous les autres petits *Cortinaires bruns plus ou moins insignifiants*. Si on ajoute à ce caractère celui de la couleur des lames qui, à l'origine, c'est-à-dire avant qu'elles ne soient chargées de spores, a un composant violeté-purpurin non douteux, on dispose de quoi reconnaître cette espèce *discrète* et peu répandue.

ACCLIMATATION DE L'OMBLE DU CANADA
SALVELINUS NAMAYCUSH WALBAUM (SALMONIDAE)
DANS UN LAC DE HAUTE MONTAGNE
DU PARC NATIONAL DE LA VANOISE

par Jean-Pierre MARTINOT (1)

Introduction	104
I. — Caractéristiques du lac du Mont-Coua (2)	105
II. — Bio-écologie de l'Omble du Canada	118
III. — Conclusions	135
Bibliographie	136

Résumé. — Au cours des années 1976 et 1977 l'auteur a étudié l'évolution d'une population d'Ombles du Canada (*Salvelinus namaycush*) dans le lac du Mont-Coua (altitude 2 672 m) du Parc National de la Vanoise.

Les caractères morphométriques, physico-chimiques et biologiques du milieu ont été précisés. Différentes techniques (capture, marquage, otolithométrie,...) ont permis de montrer que les poissons introduits en 1963 s'étaient reproduits et que leur croissance était comparable à celle des sujets de même espèce dans leur aire de répartition naturelle au Québec.

Dans les conditions aussi sévères que celles du lac du Mont-Coua, l'Omble du Canada semble faire preuve de très grandes possibilités d'adaptation aux différents facteurs du milieu (température, oxygène dissous, nourriture,...). Les informations recueillies permettent d'envisager l'acclimatation de ce Salmonide dans des lacs de haute altitude naturellement dépourvus de population piscicole.

Summary. — During the years 1976 and 1977 the author has studied the evolution of a population of lake trout in the Mont-Coua lake (altitude 2 672 m) in the Vanoise National Park.

The morphometric, physico-chemical and biological characteristics of the

(1) Direction du Parc National de la Vanoise, 135, rue du Docteur Julliard, B.P. 105, 73003 Chambéry.

Le travail de laboratoire a été effectué pour partie au Centre Universitaire de Savoie, Département d'Ecologie, et à l'Université de Montréal, Département des Sciences Biologiques du Professeur E. MAGNIN.

(2) Nommé lac Moncoir sur les cartes de l'Institut Géographique National, antérieures à 1977.

environnement have been specified. Various techniques (capture, tag-flagging, and otolithometry) have enabled us to show that the fishes introduced into the lake in 1963 had bred satisfactorily and that their development was similar to that of the fishes of the same species in their natural range of distribution in the Quebec country.

In conditions as harsh as those of Mont-Coua lake, the lake trout seems to show remarkable dispositions of adaptation to the various ecological factors (temperature, dissolved oxygen and food). The collected information enable us to look as possible the future acclimatization of this *Salmonidae* in the high altitude lakes which are naturally deprived of any fish population.

Zusammenfassung. — Im Laufe der Jahre 1976 und 1977 hat der Autor die Entwicklung einer Population von *Salvelinus namaycush* im Mont-Coua-See (in einer Höhe von 2672 m) im Parc National de la Vanoise studiert. Die morphometrischen, physikalisch-chemischen und biologischen Merkmale des Milieus sind näher angegeben worden. Dank verschiedener Techniken (Fang, Markierung, Otolithometrie usw.) wurde gezeigt, dass die im Jahre 1963 eingeführten Fische sich fortgepflanzt haben und dass ihr Wachstum mit dem der Individuen derselben Gattung in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet in Quebec vergleichbar ist.

Unter so schwierigen Lebensbedingungen wie die im Mont-Coua-See scheint *Salvelinus namaycush* grosse Anpassungsmöglichkeiten an die verschiedenen Faktoren des Milieus (Temperatur, aufgelöster Sauerstoff, Nahrung) zu beweisen. Dank der eingezogenen Informationen ist es möglich, an die Akklimatisierung dieses *Salmonidae* in den hochgelegenen Seen, die keine natürliche Fischpopulation haben, zu denken.

INTRODUCTION

Le symposium tenu en Californie (1976) sur la gestion des lacs de haute montagne des Parcs nationaux a révélé à la fois la méconnaissance scientifique de ces milieux et l'attraction qu'ils exercent sur le public, tant par leur intérêt esthétique qu'haliéutique.

Les lacs de haute altitude, situés dans les Alpes entre 1 800 et 2 600 m selon la classification de PESTA (1929), ont connu en France après les travaux de DELEBECQUE à la fin du siècle dernier, puis ceux de LEGER dans les Alpes dauphinoises et de DUSSART dans les Alpes de Savoie, un réel désintérêt. C'est ainsi que dans le Parc National de la Vanoise, exception faite du mode de formation des lacs Long et Rond exposé dans l'ouvrage de DELEBECQUE (1898), nous n'avons jusqu'à ce jour aucune donnée concernant les quelques trente lacs situés à l'intérieur des limites du Parc.

Depuis une dizaine d'années un regain d'intérêt pour l'étude des lacs de haute altitude s'est manifesté : ainsi en témoignent les travaux de CAPBLANS, DECAMPS, LAVILLE dans les Pyrénées, ceux du C.T.G.R.E.F. et de BALVAY dans les Alpes, pour ne citer que quelques exemples. Il faut toutefois remarquer que dans la plupart des cas, l'écologie des populations piscicoles n'a pas été prise en considération.

Le lac du Mont-Coua (2 672 m) qui fait l'objet de notre étude, constitue par les conditions extrêmes du milieu un écosystème relativement

simple et présente la particularité d'être le lac français le plus élevé où l'on ait tenté l'acclimatation de l'Ombre du Canada : *Salvelinus namaycush*. Le lac Badet (2 569 m) des Pyrénées représenterait la seconde station d'altitude de ce Salmonide.

Un déversement de 750 alevins avait été fait au mois de septembre 1963 avec le concours du laboratoire d'Hydrobiologie lacustre de Thonon (I.N.R.A.) dans ce lac naturellement fermé et dépourvu alors de toute population piscicole.

Si la biologie de ce poisson est bien connue en Amérique du Nord, en France, à notre connaissance, seul CHIMITS (1970) a donné une liste des lacs pyrénéens où cette espèce a été introduite et quelques indications sur l'évolution de ces peuplements.

En 1974, lors du « Préinventaire du degré de pollution des lacs et des étangs de France », réalisé à la demande du Ministère de la Qualité de la Vie, Monsieur P. LAURENT, Directeur du laboratoire d'Hydrobiologie lacustre de Thonon nous a proposé d'étudier l'évolution de la population de ce Salmonide au lac du Mont-Coua.

Notre étude principale porte donc sur la bio-écologie de l'Ombre du Canada mais auparavant il nous a paru nécessaire de décrire le milieu très particulier dans lequel vivent ces poissons.

I. — CARACTÉRISTIQUES DU LAC DU MONT-COUA

Le lac du Mont-Coua est situé dans le Parc National de la Vanoise, sur la propriété du Saut (Commune de Méribel-les-Allues) à proximité du glacier de Gébroulaz. Il occupe une cuvette de surcreusement glaciaire sur substrat stéphano-permien, à la limite inférieure de l'étage nival (2 672 m). Le lac est entouré d'une pelouse très ouverte à *Carex curvula* avec prédominance d'affleurements rocheux (migmatites). Son alimentation est assurée par les eaux de fonte des névés du Grand Mont-Coua (3 014 m) et du Roc des Eaux-Noires (2 996 m), qui se rassemblent en un affluent principal à l'extrémité sud-est du lac. L'émissaire, au Nord-Ouest se déverse en une série de cascades dans le Doron des Allues, tributaire du Doron de Bozel, appartenant lui-même au réseau hydrographique de l'Isère.

A) MORPHOMÉTRIE DU LAC.

La carte bathymétrique du lac a été établie à partir d'une photographie aérienne de l'Institut Géographique National, agrandie au 1/1 000 et des résultats d'une série de sondages (fig. 1). Le lac a été quadrillé en matérialisant sur le terrain les lignes de sondage par des câbles espacés de 10 m, le long desquels ont été effectuées des mesures de 5 m en 5 m soit au total 456 points de sondage.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

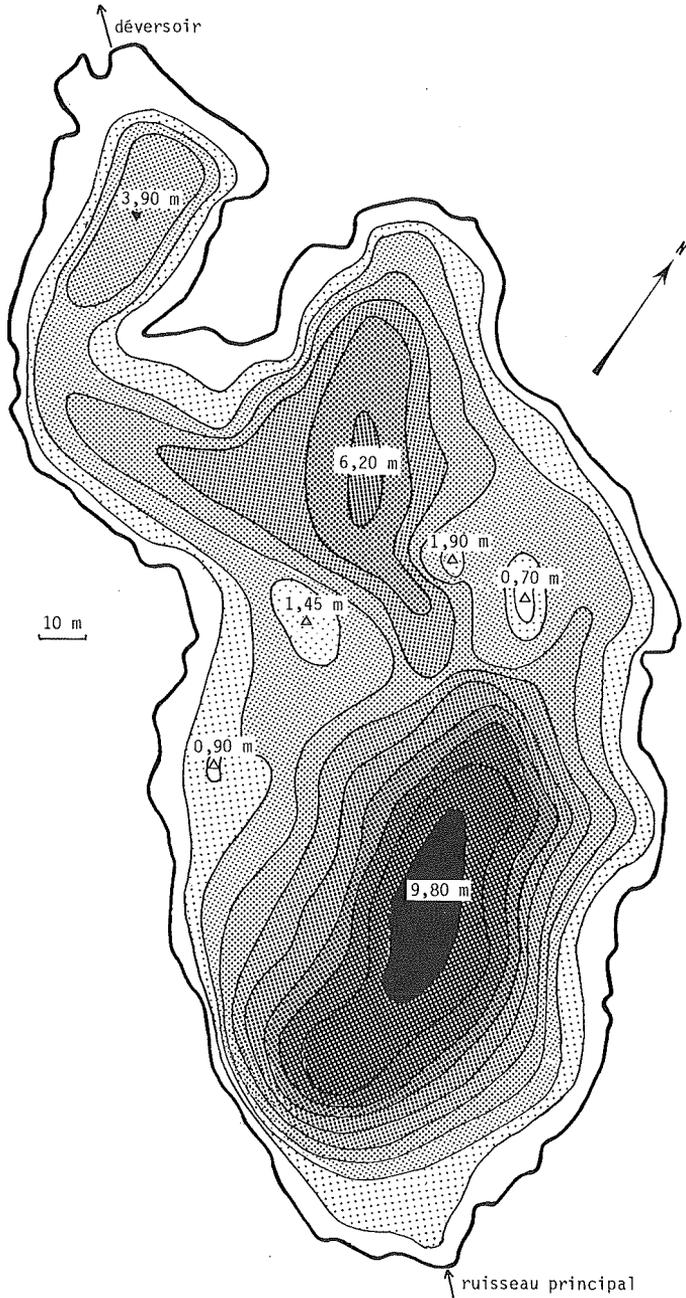


FIG. 1. — Carte bathymétrique du lac du Mont-Coua (équidistance des courbes : 1 m).

ACCLIMATATION DE L'OMBLE DU CANADA

Le plan d'eau comporte trois bassins ayant respectivement du Nord au Sud du lac : 3,90 m, 6,20 m et 9,80 m de profondeur. Les bassins sont orientés conformément aux bancs rocheux de la périphérie et sont séparés par des seuils de 2,70 m et 3,50 m de profondeur. La partie médiane du lac présente une série de hauts fonds. La surface a été évaluée à l'aide d'un planimètre polaire à 22 600 m², valeur qui diffère un peu de celle indiquée par le relevé cadastral (24 300 m²). Compte tenu des fluctuations de niveau (30 cm d'amplitude maximum), le volume moyen du lac est de 90 000 m³.

B) COUVERTURE DE GLACE ET ENNEIGEMENT.

Les observations portent sur trois années consécutives. En 1974-1975, le lac fut totalement enfoui sous la neige, du 28 septembre au 29 juin, soit durant 270 jours. L'hiver 1975-1976, moins rigoureux se traduisit par un dégel plus précoce à partir du 23 mai. Par contre, en 1977, le lac n'était que partiellement dégagé le 20 juillet et incomplètement gelé le 9 novembre. En conséquence, si la date de prise en glace et celle de la débacle varient de plus d'un mois, la durée d'enneigement pour ces trois périodes d'observation est de neuf mois. L'étude de la couverture de neige et de glace au cours d'un cycle annuel montre une évolution, illustrée pour la période 1975-1976 par la figure 2.

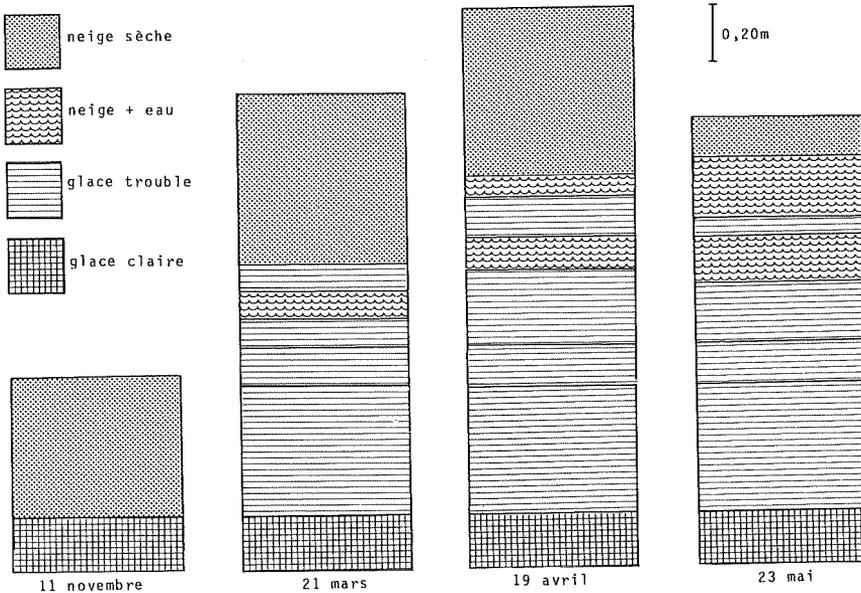


Fig. 2. — Evolution de la couverture du lac au cours de l'hiver 1975-1976.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

Le refroidissement automnal provoque une prise en glace claire et dure de la surface du lac depuis l'affluent. Les premières couches de glace peuvent atteindre de 10 à 20 cm. La neige qui tombe ensuite subit au cours de l'hiver une métamorphose interne par le jeu du gel et du dégel, elle est transformée en strates de glace trouble et de neige mouillée. A partir du mois de mars, il est fréquent de rencontrer sous la couche supérieure de neige sèche de l'eau captive. La hauteur totale de la couverture excède rarement 1,80 m à 2 m au cours de l'hiver, la neige étant le plus souvent accumulée en congères sur le pourtour du lac.

C) NATURE DES SÉDIMENTS (GRANULOMÉTRIE ET MATIÈRES ORGANIQUES).

Des analyses granulométriques ont été entreprises pour étudier la texture des sédiments. Des carottes prélevées non loin de la périphérie à l'aide de tubes de 4 cm de diamètre ont montré à l'analyse une relative uniformité du substrat composé en moyenne, de 3 % de sables grossiers, 5 % de sables fins, 12 % de limons grossiers, 27 % de limons fins et 53 % d'argiles.

Les dosages des matières organiques des sédiments ont été effectués par perte au feu à 550 °C au four à moufle. Ils donnent une valeur de 10 % de matières organiques incorporées aux sédiments. Cette teneur élevée traduit le ralentissement des processus de décomposition sur le fond en relation avec la température de l'eau et le déficit en oxygène durant la période hivernale. De semblables constatations ont été faites par GIANI et LUCAS (1974), pour les sédiments du fond du lac de Port-Bielh (Pyrénées).

D) PHYSICO-CHIMIE DES EAUX.

Les prélèvements ont été effectués à la verticale du point le plus profond, à l'aide d'une bouteille de Friedinger. En été, ils ont été réalisés à partir d'une embarcation pneumatique, pendant la période hivernale au travers des couches de glace perforées à l'aide d'une tarière fournie par le laboratoire de glaciologie du C.N.R.S. de Saint-Martin-d'Hères.

1. Transparence.

Elle a été déterminée à l'aide du disque de Secchi (disque blanc de diamètre standard de 30 cm). La transparence est en fait très variable. A la fin du mois de juillet 1976, lors d'une métamorphose massive de diptères Chironomides, nous avons noté une diminution très importante de ce facteur : le disque n'était plus visible à 3,40 m de profondeur. A d'autres périodes la transparence ainsi mesurée atteint 9 m, soit pratiquement le fond du lac.

2. Température.

Des profils thermiques ont été tracés aux différentes périodes de l'année (fig. 3). Dès la prise en glace et jusqu'à la débacle il s'établit une stratification thermique croissante en profondeur. La température est alors voisine de 0° sous la glace et de 3 °C au fond du lac. Au dégel une circulation d'eau se produit et une stratification thermique inverse s'établit peu à peu. La température maximum de surface enregistrée durant l'été 1977 a été de 10 °C, pendant la même période, la température du fond n'excède généralement pas 5 °C.

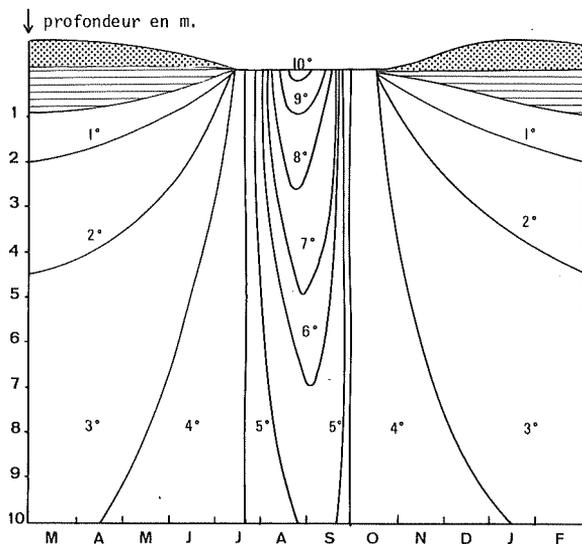


Fig. 3. — Evolution des profils thermiques au cours de l'année 1977-1978. (Inspiré de CAPBLANCQ et LAVILLE).

3. Oxygène dissous.

L'oxygène dissous a été dosé par la méthode de Winkler. En fin d'été, la teneur en oxygène dissous dépasse la valeur de saturation. Le 2 septembre 1976, la teneur atteignait 9,55 mg O₂/l en surface et 10,31 mg O₂/l au fond, soit respectivement 111 et 116 % de la valeur de saturation. En hiver, la situation est bien différente. Nous l'avons constaté une première fois le 20 avril 1976 avec une teneur de 12,25 mg O₂/l en surface dans une eau à une température voisine de 0 °C, la teneur en oxygène tombait à 7,20 mg O₂/l à 4 m de profondeur et 2 mg O₂/l au fond du lac. Après l'été particulièrement sec de 1976, qui en haute altitude, s'est traduit par la fonte de la quasi totalité des névés, le lac n'était pratiquement plus alimenté à la fin du mois de septembre. Le long hiver qui suivit allait donner des résultats encore plus faibles consignés dans le tableau I.

TABLEAU I

*Teneur en oxygène (en mg/l) des eaux du lac du Mont-Coua
durant l'hiver 1976-1977*

(Les valeurs indiquées sont les moyennes obtenues à partir de 2 ou 3 échantillons à chaque profondeur).

Date	Oxygène dissous en mg./l		
	En surface sous la glace	à 4 m de profondeur	à 9 m de profondeur
1-11-1976	10,36	9,87	5,00
27-02-1977	8,16	2,31	0,13
30-05-1977	9,57	0,80	0,00
19-06-1977	9,41	0,80	0,02

4. Conductivité électrique.

Les mesures ont été effectuées en laboratoire à partir de différents prélèvements. La conductivité est de 34 micro-Siemens en moyenne dans toute la masse d'eau en période estivale. En hiver, elle augmente jusqu'à atteindre 50 micro-Siemens au voisinage du fond. Par ailleurs, l'eau captive entre les couches de glace a une conductivité qui atteignait 174 micro-Siemens en avril 1976, ce qui témoigne d'une concentration ionique plus élevée.

5. pH.

Les différentes méthodes de mesure employées indiquent un pH voisin de la neutralité (6-7,5).

6. Sels dissous.

La minéralisation des eaux étant très faible, les résultats de dosages de différents ions sont souvent en-dessous des limites de fiabilité des méthodes utilisées. Il en est ainsi pour les nitrites avec des teneurs de 0,002 mg/l, pour l'ammoniaque 0,004 mg/l, pour le phosphore total 0,01 mg/l. La teneur en silice, bien que faible, augmente progressivement de la surface vers le fond, surtout durant la période hivernale, ce qui pourrait s'expliquer par la mort et la sédimentation de diatomées. Par contre, les teneurs en nitrates ne sont pas négligeables : 0,10 mg/l. Les teneurs relativement fortes en calcium (4,3 à 10 mg/l) et en sulfates (4 à 7 mg/l) peuvent s'expliquer par le lessivage des terrains triasiques (gypse) qui affleurent en amont. Les eaux de l'affluent principal, sont, en effet, chargées en sulfates et en calcium.

E) FLORE ET FAUNE DU LAC DU MONT-COUA.

1. Phytoplancton.

Le lac étant dépourvu de macrophytes, un premier inventaire du phytoplancton a été fait à partir de prélèvements effectués à l'aide d'un filet de 64 μm de vide de maille, tiré verticalement dans la partie la plus profonde du lac et horizontalement à une profondeur de 2 m dans les principaux bassins.

Les déterminations suivantes ont été faites par madame P. LAURENT du laboratoire d'Hydrobiologie lacustre de Thonon (I.N.R.A.).

<i>Dinobryon sociale</i>	<i>Chrysophyceae</i>
<i>Peridinium</i> sp.	<i>Dinophyceae</i>
<i>Ceratium hirundinella</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Staurastrum gracile</i>	<i>Zygophyceae</i>
<i>Synedra acus</i>	<i>Diatomées</i>
<i>Surirella</i> sp.	<i>Diatomées</i>
<i>Meridion circulare</i>	<i>Diatomées</i>
<i>Cyclotella glomerata</i>	<i>Diatomées</i>
<i>Amphora ovalis</i>	<i>Diatomées</i>
<i>Navicula</i> sp.	<i>Diatomées</i>

Nous avons constaté, par ailleurs, le nombre élevé de frustules de Diatomées à la superficie des carottes de sédiment prélevées durant l'hiver.

2. Zooplancton.

Le zooplancton a été recueilli dans les mêmes conditions que le phytoplancton à l'aide d'un filet de 200 μm de vide de maille. L'analyse des prélèvements du 28 août 1975, faite par G. BALVAY, du laboratoire d'Hydrobiologie lacustre de Thonon, donne une première indication sur les espèces d'Entomostracés présentes à cette période de l'année et leur abondance relative.

<i>Chydorus sphaericus</i>	20 % environ
<i>Cyclops</i> sp.	80 % environ
<i>Eucyclops</i> sp.	1 % environ.
<i>Diaptomus</i> sp.	

Les *Cyclopidae*, facilement identifiables par leur taille, ont été observés tout au long de l'année y compris durant la saison hivernale.

3. Invertébrés benthiques.

L'examen de l'horizon supérieur des carottes recueillies pour l'analyse granulométrique a révélé la présence de nématodes, d'oligochètes et de tardigrades.

A la face inférieure des pierres, la planaire *Crenobia alpina* a été recueillie en de nombreux exemplaires, de même qu'a été notée la présence de différentes espèces de larves de trichoptères à fourreaux. Il faut mentionner à propos de ces insectes, l'observation suivante : en forant au printemps la couche de glace afin d'en déterminer la stratification et d'effectuer différents prélèvements, une apparition de nymphes de trichoptères s'est produite. Le phénomène observé pour la première fois, le 23 mai 1976, s'est répété le 19 juin 1977 et n'a, semble-t-il, pas été mentionné jusqu'ici (F. VAILLANT, comm. pers.). Le trichoptère a été déterminé par M. le Professeur BOTOSANEANU de l'Université de Bucarest comme appartenant à l'espèce *Acrophylax zerberus*, espèce holarctique, apparemment non encore signalée en France.

L'émergence normale des nymphes se produit lors de la rupture de la couche de glace, ce que nous avons pu constater le 21 juin 1977 au lac situé sous le glacier de l'Arpont (2 666 m).

A l'occasion des forages mentionnés plus haut, il a été possible de déterminer :

- le temps moyen mis par les nymphes, une fois parvenues sur la glace, pour effectuer leur mue imaginale (un peu plus de six minutes);
- le nombre d'insectes apparus, grâce aux exuvies abandonnées à proximité de l'orifice (plus de trois cents) deux heures après le forage.

L'accouplement suit immédiatement la mue nymphale. Les adultes meurent dans les jours qui suivent.

Après un fort coup de vent, le 23 juillet 1976, plusieurs centaines d'exuvies, de nymphes et d'imagos de diptères *Chironomidae* ont été recueillies en surface du lac. Leur détermination par B. SERRA-TOSIO a montré la présence de deux espèces appartenant respectivement aux genres *Paracladius* et *Procladius*. *Paracladius alpicola* (Zetterstedt) est une espèce holarctique, non signalée jusqu'ici en France et dont l'écologie est peu connue (cf. B. SERRA-TOSIO, Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise, IX, 1978). La seconde espèce appartient à un genre dont la révision est actuellement en cours et dont le statut spécifique ne peut encore être précisé.

La présence sporadique de l'hémiptère *Arctocorisa carinata* espèce boréo-alpine, relativement fréquente dans les mares de haute altitude serait en relation avec les migrations de cet insecte, consécutives à l'assèchement des milieux aquatiques qui constituent son biotope habituel (observations en septembre 1977).

4. Poissons.

Etant donné l'altitude du plan d'eau, la structure de l'émissaire qui franchit en une cascade d'une dizaine de mètres le verrou glaciaire, il faut rappeler qu'avant l'introduction de septembre 1963 ce lac était totalement dépourvu de population piscicole. Le cours supérieur du Doron des Allues est d'ailleurs lui-même exempt de poissons en raison notamment de la turbidité importante des eaux qui traversent les moraines du glacier de Gébroulaz.



PHOTO 1. — Lac du Mont-Coua (2 672 m), situé à proximité du glacier de Gébroulaz et entouré d'une pelouse très ouverte à *Carex curvula* avec prédominance d'affleurements rocheux (migmatites).



PHOTO 2. — Si les dates de prise en glace et celle de la débacle varient de plus d'un mois, la durée d'enneigement pour les trois périodes d'observation a été de neuf mois.

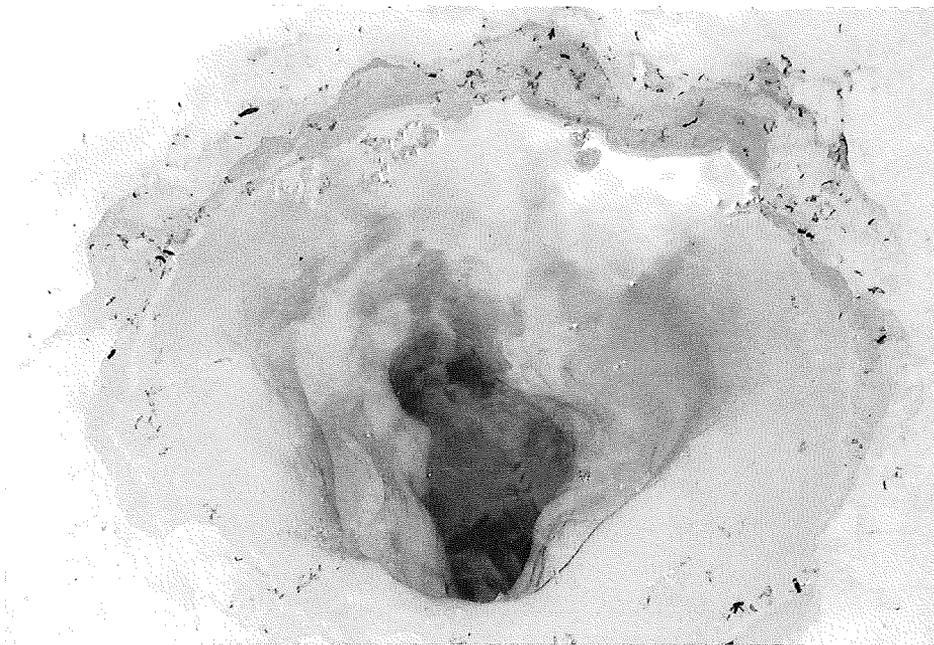


PHOTO 3. — Apparition de nymphes de Trichoptères. Le phénomène observé pour la première fois en mai 1976, s'est répété en juin 1977 et n'a semble-t-il, pas été mentionné jusqu'ici (F. VAILLANT, *comm. pers.*).

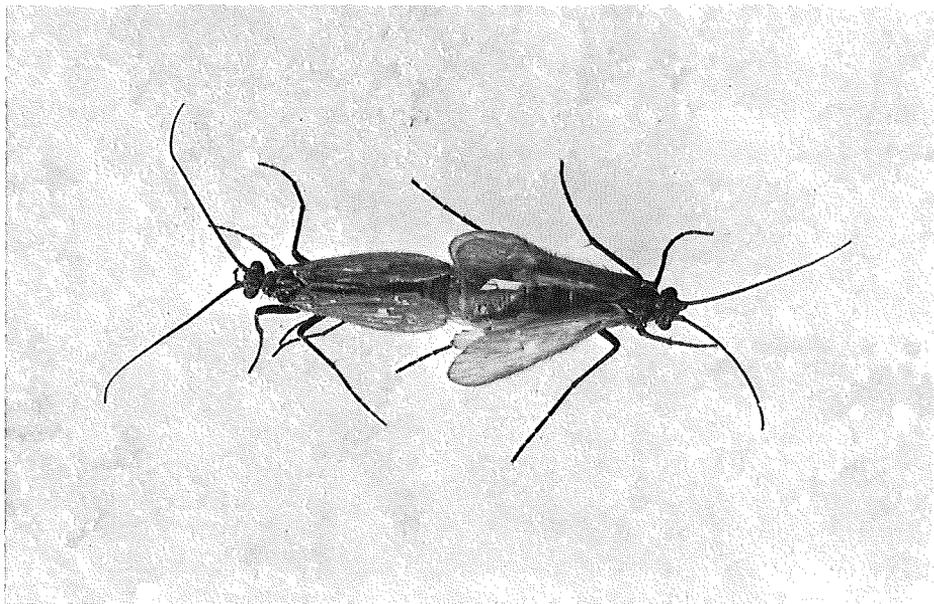


PHOTO 4. — Accouplement de Trichoptères : *Acrophylax zerberus*. (6 mn en moyenne après l'apparition des nymphes).

F) DISCUSSION.

La majorité des introductions d'Omble du Canada ont été effectuées dans les Pyrénées et dans les Alpes françaises à partir d'alevins et de « truitelles » issus d'œufs provenant de frayères de lacs de l'Ontario. Nous avons donc comparé les caractéristiques du lac du Mont-Coua à celles des lacs à *Salvelinus namaycush* de cette province. De nombreuses données ont été empruntées à N.V. MARTIN (1976) qui a analysé les paramètres physiques et chimiques d'un millier de lacs où cette espèce est naturellement présente et ceux de quatre mille autres lacs où l'espèce fait défaut.

1. Altitude.

Dans la province de l'Ontario *S. namaycush* se rencontre essentiellement dans les lacs situés en tête de bassin hydrographique. Leur altitude toutefois n'excède pas 520 m et les trois quarts d'entre eux sont situés entre 300 et 450 m.

2. Morphométrie.

— L'Omble du Canada fréquente les lacs les plus étendus, la superficie de la moitié d'entre eux dépasse 200 hectares. Seulement 14 % des lacs où cette espèce est présente ont moins de 40,5 hectares. Le plus petit lac à population autochtone de *S. namaycush* de l'Ontario (4,4 hectares) est environ deux fois plus grand que le lac du Mont-Coua.

— Les lacs à *S. namaycush* sont également les plus profonds, 6 % seulement de ces lacs ont moins de 15 m. Le lac le moins profond, étudié par N.V. MARTIN avait une profondeur de 4,90 m, il semble cependant qu'un minimum de 13 à 14 m soit requis et que le lac du Mont-Coua se situe vers la limite inférieure exigible.

— *S. namaycush* occupe les lacs ayant une zone littorale d'importance relativement restreinte (inférieure à la moitié du volume du lac). Si l'on considère que la zone littorale s'étend jusqu'à 6 m de profondeur nous constatons qu'au lac du Mont-Coua, elle occupe 70 % du volume du lac. Par ailleurs, la distinction d'une zone littorale rocheuse et d'une zone « littori profonde », recouverte de sédiments fins, établis par CAPBLANCO et LAVILLE (1968) dans les lacs Pyrénéens, s'applique à ceux de Vanoise, comme le lac Blanc de Termignon, le lac de la Plagne, ainsi qu'au lac du Mont-Coua. Cependant, dans ce dernier lac, la zone de transition se situe à une profondeur de deux à trois mètres seulement.

3. Conditions climatiques et enneigement.

Situés sous des latitudes moyennes semblables aux nôtres, les lacs de l'Ontario, malgré leurs altitudes faibles sont soumis aux rigueurs du climat Nord-Américain (moyenne de janvier dans cette province entre

— 18 et — 23 °C), la persistance de la couche de neige et de glace est de 6 mois en moyenne. Par ailleurs, la structure stratifiée de la couverture de glace observée au lac du Mont-Coua notamment au mois de mars est comparable à celle notée par PECHLANER (1966) au Gossenköllesee. Sur une épaisseur totale de 153 cm, cet auteur a relevé : 13 cm de glace claire, 54 cm de glace trouble, en quatre couches, 34 cm de neige boueuse en trois couches, 52 cm de neige sèche, et observé que malgré l'épaisseur et l'opacité de cette couverture de neige et de glace, l'obscurité dans le lac n'était pas complète. De même CAPBLANCQ et DECAMPS (1972) estiment qu'une couche de neige et de glace de 1,60 m laisse pénétrer seulement 0,8 % de l'éclairement de surface. Néanmoins, cette luminosité serait suffisante pour que les poissons puissent se nourrir de Copépodes d'après BREET et GROOT in PECHLANER (1966).

4. Physico-chimie.

a) *Transparence*. L'Ombre du Canada se rencontre dans les lacs ayant les eaux les plus claires. Toutefois les lacs canadiens dont la plupart sont bordés de forêts ont des eaux brunes chargées en tanin; 60 % ont une transparence comprise entre 3 et 6 m. Au lac du Mont-Coua malgré les variations enregistrées, ce facteur ne saurait donc être limitant.

b) *Température et oxygène*. Mc CAULEY et TAIT in MARTIN (1976) ont montré que le thermopréférendum des jeunes Ombles du Canada se situe en laboratoire à 11,7 °C. En période de stratification estivale *S. namaycush* quitte les eaux de surface lorsque la température dépasse 12 à 15 °C pour se réfugier dans les couches à 9,5 °C. Rappelons que de tels seuils de températures n'ont jamais été enregistrés au cours de l'été 1977. D'autre part, le minimum de concentration en oxygène dissous toléré par *S. namaycush* en période de stratification estivale est de 4 à 5 mg/L (MARTIN, 1952). Les teneurs enregistrées au lac du Mont-Coua durant l'été sont donc satisfaisantes. En hiver le fait que la teneur en oxygène dissous diminue sous la couverture de glace a été signalé par divers auteurs, dont CAPBLANCQ et LAVILLE (1968). Cependant, les valeurs extrêmement faibles, voire nulles au sein de la masse d'eau et au fond du lac, durant l'hiver 1977, laissaient craindre une importante mortalité de la population piscicole : le « Winter Kill » des auteurs Nord-Américains, COOPER and WASHBURN in ERICHSEN (1964). GIBSON et FRY (1954) ont étudié le comportement de *Salvelinus namaycush* à différentes températures et pressions d'oxygène; ils n'ont toutefois, pas effectué d'expérience au-dessous de 8 °C et de ce fait nous ne connaissons pas les exigences physiologiques de cette espèce aux températures relevées au cours de l'hiver 1977.

c) *pH*. De façon générale les lacs à Ombre du Canada sont plus acides que les autres lacs : 86 % ont un pH compris entre 6 et 7,4. Néanmoins, *S. namaycush* est éliminé lorsque l'acidité devient inférieur à 5,5° par suite de rejets industriels. Au lac du Mont-Coua ce facteur n'est pas limitant.

d) *Sels dissous*. Les concentrations en sels dissous ainsi que la dureté totale et l'alcalinité totale sont en grande majorité faibles dans les lacs à *S. namaycush*; la plupart d'entre eux ont donc une productivité moins forte que les lacs où cette espèce n'est pas représentée. Au lac du Mont-Coua la concentration en sels dissous est faible, mais non négligeable comparée aux valeurs trouvées dans un lac ultra-oligotrophe, MALUEG in BALVAY (1978).

5. Plancton.

Bien qu'il soit impossible de relier par une corrélation nette la productivité en poisson à la plus ou moins grande densité de plancton (IVLEV et MOYLE in LAGER et VIBERT (1961), divers auteurs ont montré l'importance du zooplancton pour l'alimentation des stades jeunes de l'Ombre du Canada.

Le premier aperçu sur le zooplancton du lac du Mont-Coua confirmerait la pauvreté du nombre d'espèces représentées dans les lacs du Parc National de la Vanoise, pauvreté prouvée par l'étude préliminaire des crustacés entomostracés, TÉTART (1970).

6. Invertébrés benthiques.

Nous citerons parmi les invertébrés benthiques fréquents dans les lacs québécois et susceptibles de fournir une alimentation aux Ombles du Canada des Ephéméroptères, Trichoptères, Diptères et en moindre importance des Plécoptères, Hémiptères, Coléoptères, Gastéropodes et Pélécy-podes (MAGNIN et coll., 1978). Lorsqu'on s'élève en altitude beaucoup de ces invertébrés ne sont plus représentés; ainsi au lac de Port-Bielh (2 285 m), dans les Pyrénées, CAPBLANCO, DECAMPS, LAVILLE (1972) ne signalent plus que des Chironomides, Oligochètes, Mollusques et Mégalo-ptères. Le lac du Mont-Coua illustre mieux encore le second principe de THIENEMANN (1925) selon lequel plus un milieu est spécialisé plus il est pauvre en espèces avec, dans le cas présent, des Chironomides, des Trichoptères, des Planaires...

7. Poissons.

A la différence du lac du Mont-Coua de nombreuses espèces de poissons sont représentées dans les lacs de l'Amérique du nord au côté de *S. namaycush*. La plupart sont d'ailleurs des proies potentielles pour cette espèce. Nous citerons parmi les familles les plus courantes: les *Salmonidae* dont plusieurs truites, ombles, corégones et l'éperlan, les *Catostomidae* (Meuniers), *Esocidae* (Brochets), *Gadidae* (Lotte), *Percidae* (Dorés, Perchaudes), *Cottidae* (Chabots), *Gastéroteidae* (Epinoches), *Cyprinidae* (Cyprins) et *Clupeidae* (Aloses).

II. — BIO-ÉCOLOGIE DE L'OMBLE DU CANADA

A) MATÉRIEL ET MÉTHODES.

Nous avons capturé 94 Ombles du Canada au lac du Mont-Coua dont 13 en 1976 et 81 en 1977. La figure 4 montre l'histogramme de fréquence des tailles de ces individus.

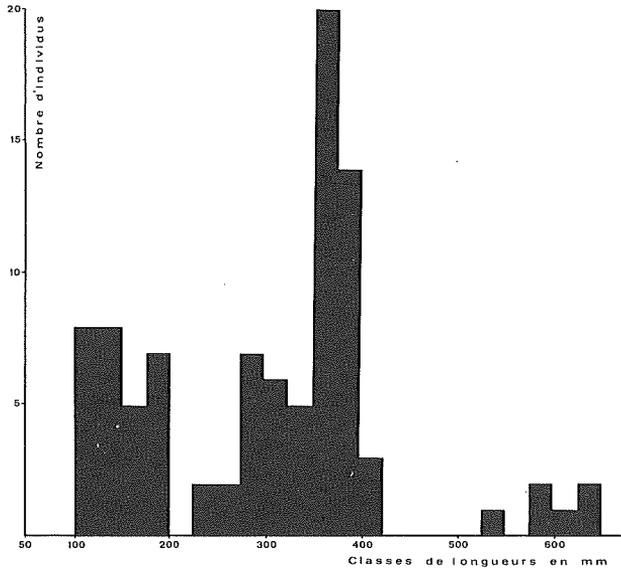


FIG. 4. — Histogramme de fréquence des tailles des Ombles du Canada capturés au lac du Mont-Coua en 1976 et 1977.

1. Critères taxonomiques.

A partir des critères taxonomiques établis par VLADYKOV (1954), nous avons tout d'abord déterminé l'espèce de *Salmonidae* introduite au lac du Mont-Coua. Cette précaution s'imposait en raison des possibilités d'hybridation entre diverses espèces du genre *Salvelinus* : *S. alpinus* ou « Omble Chevalier », *S. fontinalis* ou « Saumon de fontaine » et *S. namaycush* ou « Omble du Canada ». Trois critères principaux ont été retenus :

— Le rapport : longueur de la tête / longueur standard (3) exprimé en pourcentage. Pour *S. namaycush*, ce rapport est supérieur à 22 et

(3) Cf. paragraphe mensurations p. 120.

atteint 24. Pour les autres espèces ce rapport est inférieur à 22. Les mensurations de 73 individus donnent un rapport moyen de 24,03 (erreur $\pm 0,13$).

— Le nombre des *caeca* pyloriques : *S. namaycush*, se distingue des autres espèces par un nombre très élevé de *caeca* (de 108 à 173), alors que *S. alpinus*, par exemple, n'en possède qu'une quarantaine. Les individus examinés possédaient entre 112 et 135 *caeca*.

— La disposition des dents implantées sur la langue. Chez *S. namaycush* ces dents sont disposées en rangées parallèles, alors qu'elles forment des rangées convergentes chez les autres espèces.

La population piscicole du lac du Mont-Coua est donc bien constituée par une seule espèce : *Salvelinus namaycush* (WALBAUM 1792) Omble du Canada ou touladi. Nous n'avons pas suivi VLADYKOV qui range cette espèce dans le genre *Cristivomer*, genre qui a été mis en synonymie avec le genre *Salvelinus* par MORTON et MILLER (1954) in SPILLMANN (1961).

2. Modes de capture.

Après avoir essayé différentes méthodes de capture (pêche électrique, verveux...), nous avons utilisé des filets monofilament en nylon du type araignée (filet reposant sur le fond dont la ralingue inférieure est constituée d'une corde à âme plombée et la ralingue supérieure d'une corde flottante). Le tableau II indique les caractéristiques de ces filets, les nombres respectifs de poissons capturés, ainsi que leur taille et le pourcentage des sujets morts dans les filets au cours des opérations de marquage.

TABLEAU II

Efficacité des filets de pêche utilisés au lac du Mont-Coua au cours de l'été 1977

Caractéristiques des filets	Nombre de sujets capturés	Longueurs totales extrêmes mm.	Longueurs totales moyenne mm.	% Mortalité
Mailles de 10 mm Long. 30 m Haut. 75 cm	38	118 - 539	251	13 %
Mailles de 27 mm Long. 30 m Haut. 65 cm	20	279 - 397	353	30 %
Mailles de 50 mm Long. 50 m Haut. 1,75 m	21	172 - 646	358	9,5 %

Comme le font remarquer LAGLER et VIBERT (1961), lorsque différents filets sont utilisés simultanément, chacun d'eux opère avec une certaine sélection. Il nous est apparu qu'il était nécessaire de relever fréquemment les filets, surtout au début de la nuit, pour diminuer la mortalité. Les données du tableau II, colonne de droite, montrent que le filet à mailles de 27 mm a provoqué une mortalité importante (environ 30 %

des individus capturés) ce filet a donc été rapidement abandonné. Par contre, le filet à mailles de 50 mm s'est révélé efficace. Mais le filet le plus opérationnel est cependant celui à mailles de 10 mm de diamètre. Il permet de capturer des poissons de différentes tailles et se montre également peu préjudiciable, les sujets moyens et gros étant retenus uniquement par les dents.

3. Mensurations et poids.

Sur les individus capturés nous avons procédé à un certain nombre de mensurations.

- Longueur totale LT : de la pointe du museau à l'extrémité du lobe inférieur de la nageoire caudale.
- Longueur standard LF : de la pointe du museau à la naissance des rayons de la nageoire caudale.
- Longueur de la tête Lt : de la pointe du museau à l'extrémité postérieure de l'opercule.

Toutes ces dimensions étant exprimées en millimètres (fig. 5).

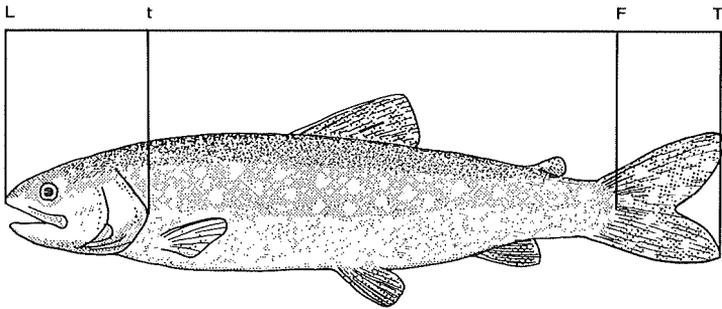


FIG. 5. — Omble du Canada : *Salvelinus namaycush*.

Les individus capturés ont été également pesés : soit PT, le poids total du poisson frais et pour les individus matures; Pg, le poids des gonades, exprimé en grammes.

Nous avons ensuite calculé l'équation de régression donnant le logarithme du poids en fonction du logarithme de la longueur totale : $\log PT = \log a + b \log LT$ (Les paramètres a et b ont été calculés à partir de l'ajustement de la fonction puissance $PT = aLT^b$).

4. Coefficient de condition.

La relation qui existe entre la longueur et le poids d'une espèce, reflète le métabolisme général du poisson, et permet de juger le résultat d'une introduction dans un lac donné. Nous avons calculé le coefficient de

condition à partir de la formule utilisée par SIMARD et GUIBERT (1974) pour l'Ombre du Canada.

$$K = \frac{PT 10^6}{LT^3}$$

5. Méthode de détermination de l'âge : Otolithométrie.

Il est reconnu par de nombreux auteurs que les otolithes apparaissent plus fiables que les écailles, pour la détermination de l'âge des poissons, en particulier pour les sujets âgés : BENECH (1975). Dans le cas particulier de *S. namaycush*, l'étude comparée de l'âge déterminé par scalimétrie et par l'étude des otolithes confirme cette opinion, DUBOIS et LAGUEUX (1968). Nous avons retenu cette technique de détermination de l'âge des poissons qui a, de plus, l'avantage de permettre des comparaisons avec les publications récentes : SIMARD et MAGNIN (1972); GELINAS et GOUIN (1975); MAGNIN, CLÉMENT et LEGENDRE (1978).

Les otolithes (sagitta), prélevés par dissection sont conservés à sec. On les examine après abrasion directement à la loupe binoculaire dans de l'huile de clou de girofle. L'otolithe présente un noyau entouré d'une large zone opaque qui correspond à la première période de croissance rapide. La zone étroite et hyaline qui lui fait suite est interprétée comme le premier *annulus* correspondant à la croissance ralentie durant la période hivernale. Une alternance de zones opaques et larges et de zones

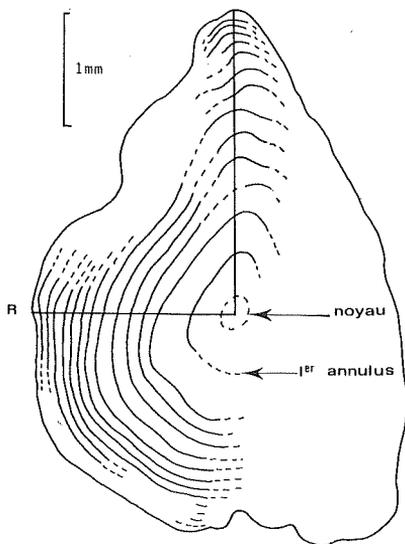


FIG. 6. — Dessin d'otolithe effectué à la chambre claire. On peut observer que le sujet âgé de 13 ans a commencé une nouvelle zone de croissance estivale.

claires et étroites s'observe ainsi jusqu'à la périphérie. Les otolithes, avec leurs *annuli* caractéristiques sont dessinés sur des fiches à l'aide d'une chambre claire. Les dessins permettent de déterminer directement l'âge du poisson et de calculer sa taille lors de la formation des différents *annuli*. Cette dernière estimation se fait en utilisant la relation mathématique qui existe entre la longueur totale LT du poisson et le rayon R de l'otolithe. Du point de vue pratique, il n'a pas été possible de prendre le plus grand axe de l'otolithe pour mesurer le rayon R: les *annuli* n'étant pas toujours distincts selon cette orientation. Le rayon a été mesuré sur l'axe perpendiculaire au précédent, à partir du centre de l'otolithe et jusqu'au bord le plus distal (fig. 6).

Nous avons constaté que l'un des deux otolithes prélevés était parfois difficile à interpréter au niveau des *annuli* ou était difforme. Ces cas semblent plus fréquents, chez les Ombles du lac du Mont-Coua que chez les sujets provenant de lacs du Québec, (A.M. CLÉMENT, comm. pers.) et il nous semble difficile d'apporter une explication.

6. Analyse des contenus stomacaux.

Des contenus stomacaux ont été prélevés et conservés dans un liquide fixateur pour être ensuite examinés à la loupe binoculaire. Le comptage des organismes présents dans ces prélèvements, lorsque les proies étaient représentées en très grand nombre pour une espèce déterminée, a été fait par extrapolation du poids égoutté de 100 individus d'une espèce au poids total des individus de l'espèce considérée. Bien que les poissons puissent sélectionner leurs proies, l'analyse des contenus stomacaux constitue un moyen supplémentaire d'investigation pour établir l'inventaire des invertébrés présents dans le lac.

7. Reproduction.

Dans les quelques cas où des poissons en âge de se reproduire ont été sacrifiés, le poids des gonades a été déterminé et le rapport gonosomatique (poids des gonades rapporté au poids total du corps) a été calculé. Ce critère permet, selon SIMARD et GUIBERT (1974), de préciser la période de reproduction. Nous avons déterminé également le nombre d'œufs de sujets femelles.

8. Méthode d'évaluation de la population.

Une méthode simple en théorie consiste à capturer un certain nombre d'individus d'une population donnée, à marquer ces sujets, puis après les avoir réintroduits dans le milieu, à pratiquer de nouvelles captures. Au cours des pêches successives sont capturés des poissons marqués et des poissons non marqués, diverses formules permettent ensuite d'estimer le nombre le plus probable d'individus de la population.

La formule de PETERSEN (in LAGLER et VIBERT, 1961) comporte les paramètres suivants :

- m : nombre de poissons marqués à la suite de la première pêche;
- r : nombre de poissons marqués et capturés à nouveau;
- n : nombre de poissons non marqués, capturés à la seconde pêche.

La population est : $P = mn/r$.

Une plus grande précision peut être obtenue lorsque l'on pratique des pêches successives en marquant et en réintroduisant à chaque fois les poissons dans le lac. On utilise alors les formules de SCHNABEL (1938) et ESCHMEYER (1943) qui comportent les paramètres suivants :

- M_t : nombre de poissons marqués présents au début du jour t ;
- C_t : nombre de poissons capturés au jour t ;
- R_t : nombre de poissons marqués et capturés à nouveau au jour t .

La formule de SCHNABEL donne $P = \Sigma C_t \cdot M_t / \Sigma R_t$.

Celle modifiée par ESCHMEYER donne $P = \Sigma C_t \cdot M_t^2 / \Sigma M_t \cdot R_t$.

Il faut préciser que la méthode suppose qu'entre les pêches successives, la population ne s'est pas modifiée et que le comportement des individus marqués n'est pas affecté. L'opération a donc été effectuée dans un temps relativement court du 9 au 26 septembre 1977.

Afin d'échantillonner sur la plus grande partie du lac, nous avons tendu les filets par rotation sur toute la zone périphérique. De plus, étant donné les dimensions relativement restreintes du plan d'eau, les poissons ont été relâchés en des points différents de leur lieu de capture, afin d'éviter des reprises systématiques et de sous-estimer la population. La figure 7 représente les emplacements des filets et les sites où les poissons ont été relâchés.

Les poissons ont été marqués, sur les conseils de P. LAMARQUE, Directeur du Laboratoire de méthodologie des inventaires de Biarritz (INRA), à l'aide d'« étiquettes » pour saumon. Ce sont des marques en plastiques avec lettres et numéros de référence individuels. Les étiquettes sont implantées à l'aide d'une aiguille hypodermique sur le dos du

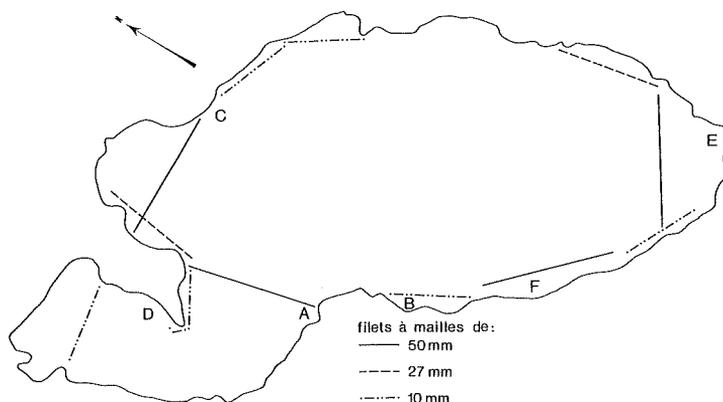


FIG. 7. — Emplacements des différents filets et sites où les poissons marqués ont été relâchés (A, B, C...).

poisson, légèrement en arrière de la nageoire dorsale. Il est préconisé pour faciliter l'opération de pratiquer sous anesthésie à l'aide du MS 222. La température de l'eau étant inférieure à 3 °C et l'activité du poisson très ralentie, nous n'avons pas utilisé d'anesthésique, afin de diminuer les causes de mortalité, bien que CUERRIER *in* LAGER et VIBERT (1961) ait montré la résistance particulière de l'espèce. Cinquante deux individus ont été ainsi marqués, porteurs des marques RFL 9001 et suivantes.

B) RÉSULTATS.

1. Croissance en longueur de *S. namaycush*.

Au Québec, MAGNIN et coll. (1978) ont constaté qu'il n'y avait pas de différences significatives dans la croissance entre mâles et femelles de cette espèce. Nous avons supposé qu'il en était de même au lac du

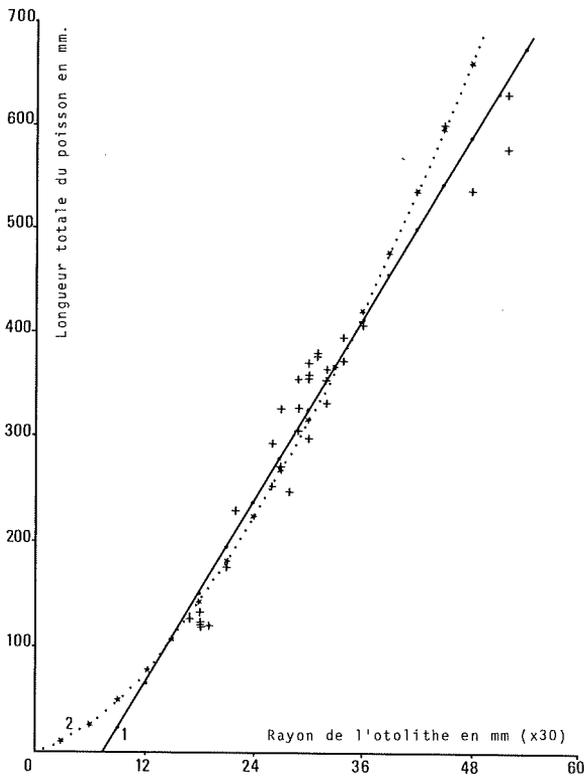


FIG. 8. — Relation entre le rayon de l'otolithe et la longueur totale du poisson.

Mont-Coua, notre échantillonnage d'individus adultes étant trop faible pour établir ce fait.

Les courbes (1) et (2) de la figure 8 expriment les relations arithmétique et logarithmique de la longueur totale (LT) du poisson, en fonction de la longueur (R) du rayon de l'otolithe.

La courbe (1) matérialisée par les points, a pour équation : $LT = -112,56 + 14,60 R$, avec comme coefficient de corrélation $r = 0,97$.

La courbe (2) matérialisée par les astérisques a pour équation : $\text{Log } LT = 0,178 + 1,570 \log R$, avec comme coefficient de corrélation $r = 0,96$.

Les deux équations permettent d'effectuer les rétro-calculs de la longueur des poissons, lors de la formation des divers *annuli*. Le tableau III donne les longueurs moyennes rétrocalculées, par les deux méthodes ainsi que les longueurs totales moyennes et extrêmes des sujets capturés aux différents groupes d'âges.

TABLEAU III
Croissance en longueur des *Salvelinus namaycush* du lac du Mont-Coua

Groupes d'âge	Effectif N	Longueurs totales observées LT	Longueurs observées extrêmes	Effectif N'	Longueurs totales rétrocalculées	
					LT ₁	LT ₂
I	7	123	118 - 132	33	61	75
II	1	176		27	161	152
III	3	244	231 - 253	26	231	217
IV	10	320	272 - 373	23	297	285
V	8	374	355 - 410	13	353	338
VI	1	398		5	368	333
VII	0			4	408	369
VIII	0			4	436	401
IX	0			4	465	435
X	0			4	493	468
XI	0			4	518	498
XII	0			4	542	529
XIII	3	604	579 - 632	4	567	561
XIV	2	592	539 - 646	1	525	521

Les spécimens les plus âgés que nous avons capturés avaient 13 ans en 1976 et 14 ans en 1977, ils correspondent donc aux alevins qui ont été introduits en septembre 1963. Leur taille de 539 à 646 mm, corrobore celle obtenue par le rétrocalcul. En examinant l'histogramme de fréquence des captures (fig. 4), on peut penser que les deux premiers modes (100-150 et 175-200 mm) correspondent aux poissons du groupe d'âges I et II. Les longueurs rétrocalculées pour ces deux groupes d'âges sont légèrement plus faibles, mais cela peut s'expliquer par le fait que les Ombles ont effectué une certaine croissance depuis la formation de leurs *annuli*.

Les deux méthodes de rétrocalcul donnent des résultats assez semblables, la relation logarithmique semble cependant meilleure, car il y a une allométrie de croissance entre LT et R (1.570 est significativement différent de 1). On peut donc schématiser ainsi la croissance de l'Ombre du Canada au lac du Mont-Coua : 15 cm à 2 ans, 30 cm à 4 ans, 50 cm à 10 ans et 60 cm à 14 ans.

2. Croissance pondérale.

A partir de 35 sujets, dont la longueur totale LT et le poids PT ont été déterminés, nous avons établi l'équation

$$PT = 4,516 \cdot 10^{-6} LT^{3,128}$$

soit sous forme logarithme : $\log PT = -5,342 + 3,128 \log LT$ avec un coefficient de corrélation $r = 0,998$ (courbe fig. 9).

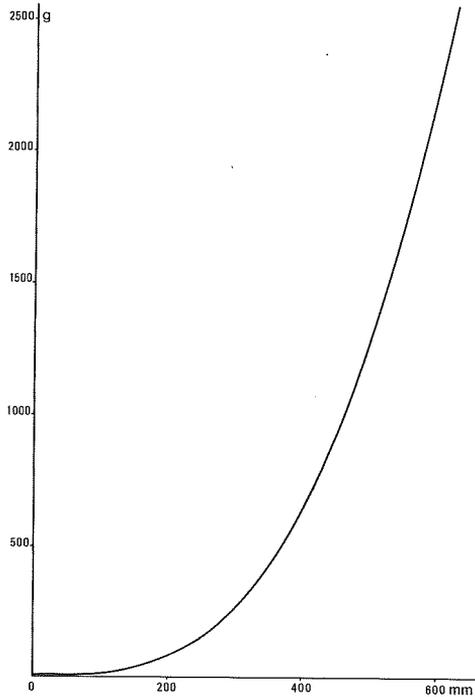


FIG. 9. — Courbe du poids en fonction de la longueur totale des poissons.

Cette équation permet notamment d'évaluer les poids moyens PT_1 et PT_2 des poissons aux différents groupes d'âges à partir des longueurs LT_1 et LT_2 obtenues par rétrocalcul (tableau IV).

Elle permet également d'estimer le poids des poissons que nous avons marqués et dont nous avons seulement mesuré la longueur totale.

Si la dispersion autour de la valeur moyenne de la longueur est relativement peu importante, celle autour du poids moyen est beaucoup plus forte. Ainsi, un individu du groupe d'âge V peut atteindre à la capture un poids compris entre 342 et 672 g. Une différence apparaît entre le poids à la capture et le poids calculé à partir de la taille du poisson lors de la formation du dernier *annulus*; ici également, il est permis



PHOTO 5. — Introduction dans le lac du Mont-Coua de 750 alevins
d'Ombles du Canada (*Salvelinus namaycush*) le 20 septembre 1963.

(Cliché M. BARDEL)

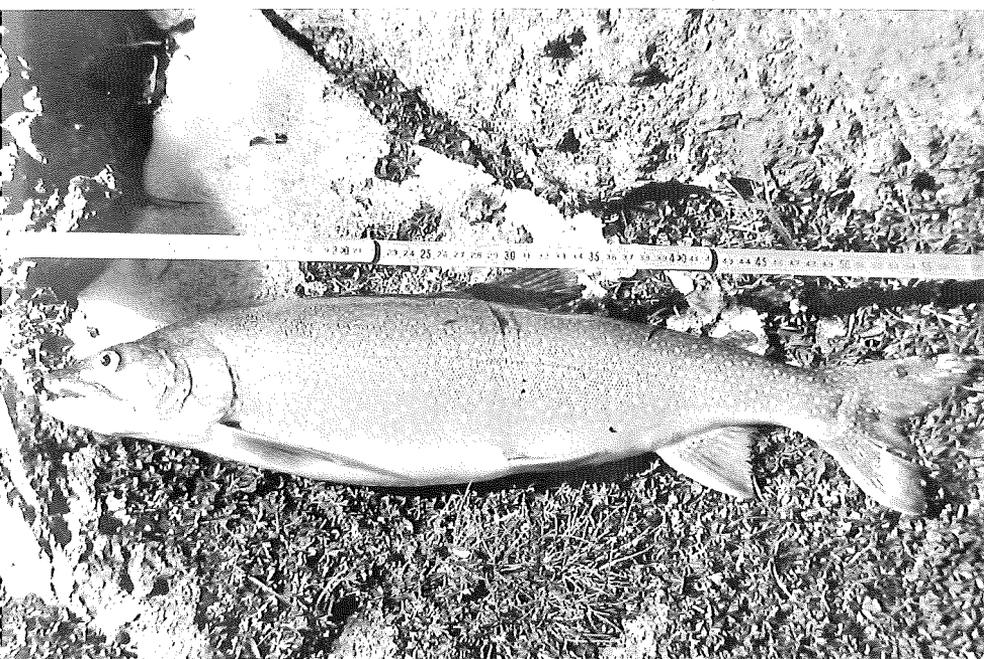


PHOTO 6. — *Salvelinus namaycush* capturé au lac du Mont-Coua le 24 juillet 1976.
Âgé de 13 ans, ce sujet mesurait 579 mm et pesait 1 908 g.

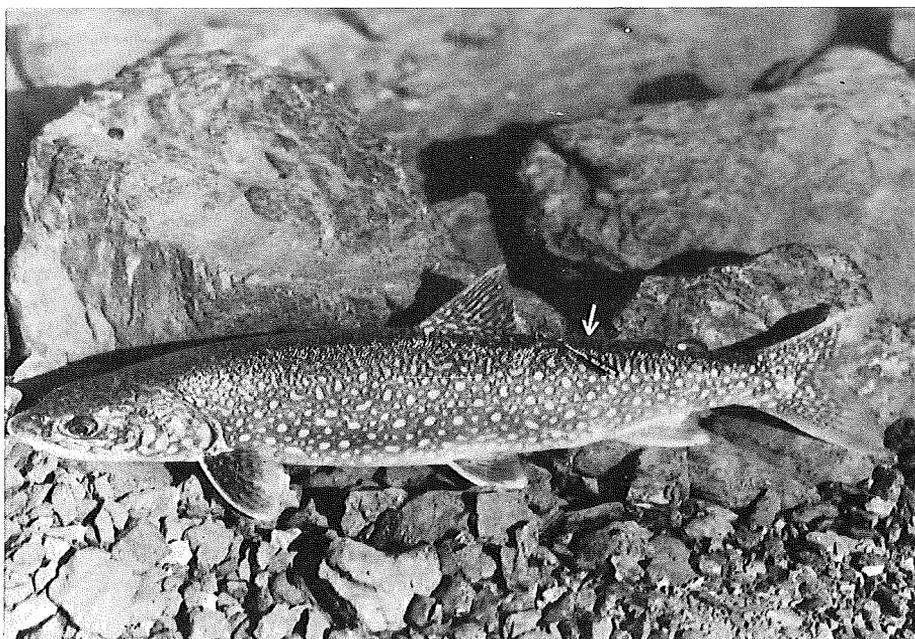


PHOTO 7. — Sujet marqué à l'aide d'une « étiquette » en septembre 1977, recapturé un an plus tard. Utilisé pour l'évaluation quantitative de la population, le système permet d'apprécier aussi la croissance des individus.



PHOTO 8. — Quelques-unes des 10 000 nymphes de Chironomide (*Procladius* sp.) dans le contenu stomacal d'un sujet de 13 ans (détermination B. SERRA-TOSIO).

ACCLIMATATION DE L'OMBLE DU CANADA

TABLEAU IV
Croissance en poids des *Salvelinus namaycush* du lac du Mont-Coua

Groupes d'âge	Effectif N	Poids déterminés PT	Poids extrêmes déterminés	Poids rétrocalculés	
				PT ₁	PT ₂
I	4	14	13-16	2	3
II	1	52		36	30
III	3	133	115-144	112	92
IV	10	327	195-518	246	216
V	8	511	342-672	423	369
VI	1	704		481	352
VII				665	485
VIII				818	629
IX				1000	812
X				1202	1021
XI				1403	1248
XII				1616	1498
XIII	3	2156	1908-2420	1861	1800
XIV	1	1410		2130	

de penser que la différence importante notée, surtout dans les classes d'âges inférieures correspond à la reprise de croissance en poids au cours de l'été.

En résumé, le poids des poissons du lac du Mont-Coua est de 30 g à 2 ans, 250 g à 4 ans, 1 200 g à 10 ans et 2 200 g à 14 ans.

3. Coefficient de condition.

Les poissons que nous avons examinés au lac du Mont-Coua avaient un coefficient de condition moyen, toutes classes d'âges et époques de capture confondues de 0,950. D'une façon générale, chez les individus immatures, le coefficient de condition moyen tendrait à croître avec l'âge. Nous avons, en effet, trouvé un coefficient de 0,825 pour la classe I, de 0,912 pour la classe d'âge III, de 0,965 pour la classe d'âge IV et de 0,974 pour la classe d'âge V. Soulignons que les coefficients de condition des individus des classes IV et V, capturés sous la glace, entre le 22 et 23 juillet 1977, n'étaient pas significativement différents et parfois même supérieurs à ceux des poissons des mêmes classes d'âges, capturés en septembre 1977. Cette constatation nous porte à croire que les poissons pris sous la glace ont dû se nourrir au détriment des Trichoptères dont la nymphose a eu lieu fin juin.

4. Régime alimentaire.

Le peuplement piscicole du lac du Mont-Coua est, comme il a été précisé, monospécifique, il n'y a pas de poissons fourrage. De plus, il n'a jamais été noté de cannibalisme, mais l'on ne peut exclure tout à fait cette hypothèse, car le nombre de contenus stomacaux examinés provenant de gros individus, est relativement faible. Chez les jeunes sujets en particulier, nous avons relevé la présence fréquente de Copépodes dans le tube digestif.

Lors des opérations de marquage, nous avons observé des poissons régurgitant des proies récentes, larves de trichoptères à fourreau et hétéroptères encore vivants (*Arctocorisa carinata*). Le fait le plus notable est la présence de nymphes de Chironomides dans les contenus stomacaux des poissons capturés entre le 23 et le 28 juillet 1976. Ainsi, un poisson de 2 420 g contenait 60 g de nymphes soit plus de 10 000 individus appartenant tous à une seule espèce : *Procladius* sp. A cette période tous les contenus stomacaux avaient la même composition et représentaient en moyenne 2,5 % du poids du corps du poisson.

Bien que de nombreux insectes, comme des diptères *Tipulidae* ou des lépidoptères *Zygaenidae* tombent à la surface du lac, il ne semble pas que cet apport exogène constitue une part importante dans l'alimentation des poissons.

5. Reproduction.

Nous pouvons constater, sur l'histogramme de la figure 10 représentant à la fois les fréquences de tailles et les groupe d'âges, qu'en 1977, un individu de 6 ans a pu être identifié et qu'au groupe d'âge V, correspond un mode prononcé. Etant donné les conditions particulières de notre population, ceci nous permet de déduire que non seulement les poissons introduits en 1963 se sont reproduits, mais qu'ils ont commencé à le faire dès l'âge de 8 ans et que la plupart ont frayé à 9 ans.

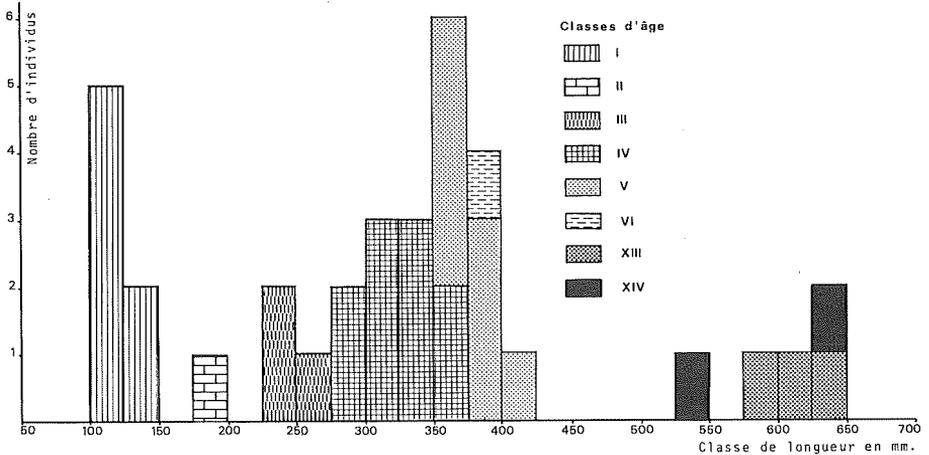


FIG. 10. — Histogramme de fréquence des tailles des Ombles du Canada capturés en 1977 avec les différentes classes d'âge.

Les gonades des femelles matures que nous avons examinées présentaient un développement asymétrique et chacune avait par conséquent un nombre d'œufs différent. A titre d'exemple, une femelle de 2 420 g contenait respectivement 2 775 et 1 850 œufs par ovaire. Les rapports gonosomatiques des femelles matures étaient de 5,5 % à la fin du mois de

juillet 1976. Nous savons, d'après SIMARD et GUIBERT (1974) que les gonades atteignent 10 % du poids du corps au moment de la reproduction, ce qui, selon les mêmes auteurs, situerait le frai vers la fin du mois de septembre.

6. Evaluation de la population.

Cette évaluation ne tient pas compte des poissons nés au printemps de l'année 1977 qui auraient une taille moyenne de 70 mm, d'après la méthode de rétrocalcul utilisée. Des individus de cette taille ont été repérés sous les blocs de la périphérie du lac, mais les filets employés ne nous ont pas permis de les capturer.

La méthode de PETERSEN donne comme nombre le plus probable $24 \times 39 / 6$ soit 156 individus, ce qui, avec un intervalle de confiance à 95 %, conduit à une population comprise entre 86 et 300 poissons. Avec les méthodes de SCHNABEL et ESCHMEYER, nous arrivons respectivement à des nombres de 183 et 179 poissons. Si l'intervalle de confiance reste important, car le nombre des poissons marqués recapturés est faible (6) un dénombrement direct en plongée nocturne réalisé avec FONTVIEILLE et ANGELIDES, avait toutefois donné un résultat comparable, soit environ 200 poissons. Nous possédons ainsi une première évaluation du résultat quantitatif de l'introduction faite en 1963 sur laquelle nous n'avions jusqu'ici aucune donnée.

Les prélèvements opérés (40 poissons) au cours de cette étude, représentent environ 18 % de la population et les sujets marqués 28 % de la population restante. En effet, compte tenu des estimations précédentes (marquage et comptage direct), la densité était de l'ordre de 100 poissons/ha en septembre 1977. La biomasse calculée à partir du nombre de sujets capturés (94 poissons, pratiquement la moitié de la population) et de leur poids respectifs, serait de 34 kg de poisson par hectare.

7. Structure de la population et répartition dans le lac.

En nous reportant aux histogrammes des figures 4 et 10, nous pouvons constater que les individus de 14 ans en 1977, d'environ 60 cm de longueur (les seuls matures actuellement) sont faiblement représentés. Ceci explique en partie, que les individus des groupes d'âges I, II, III sont également relativement peu abondants. Nous aurions donc, actuellement une population déséquilibrée au profit des groupes d'âges IV et V.

Le fait d'avoir pratiqué un échantillonnage sur la quasi totalité de la périphérie du lac, nous a permis de constater que la nuit les poissons sont répartis sur toute la périphérie, rares sont ceux observés ou capturés en pleine eau. En d'autres termes, la répartition serait agrégative la nuit en bordure du lac. De jour, par contre, nous n'avons jamais capturé de poissons aux filets et les plongées diurnes, n'ont jamais permis de les observer. Cette dernière remarque s'applique à d'autres lacs, comme ceux du Merlet, de la Plagne, ou le lac Blanc de Termignon, sans que l'on puisse apporter d'explication.

C) DISCUSSION.

1. Aire de répartition.

L'aire de répartition naturelle de *Salvelinus namaycush* s'étend, depuis le Nord des Etats-Unis (limites d'extension de la glaciation pléistocène), à travers le Canada, jusqu'en Alaska et aux Iles arctiques de Banks, les terres Victoria et de Baffin. Dans cette vaste zone, on remarque cependant, des régions où l'espèce est largement répandue et d'autres où elle est quasiment absente, bien que les conditions de milieu soient apparemment similaires (SCOTT et CROSSMANN, 1974).

A partir de son aire d'origine, l'espèce a été importée aux Etats-Unis, en Amérique du Sud, en Nouvelle-Zélande...

Les premières introductions en Europe, ont été faites à la fin du XIX^e siècle dans les lacs alpins de la Suisse, DELACHAUX (1901). En France, l'introduction de ce Salmonide remonterait à 1956 dans les lacs des Pyrénées où l'espèce a été depuis largement répandue, CHIMITS (1970). En Savoie, des essais d'acclimatation ont été tentés dans de nombreux lacs comme ceux du Bourget (1968) et du Mont-Cenis.

Nous donnons à titre d'indications, les principaux lacs alevinés dans le Parc National de la Vanoise et sa zone périphérique (BOULEY, com. pers.).

Août 1963 :

- lac du Chevril, 5 000 alevins;
- lac de la Sassièrè, 2 500 alevins;
- lac de Super-Tignes, 2 000 alevins;
- lac de l'Ouillette, 500 alevins.

Septembre 1963 :

- lac de la Plagne-de-Peisey, 5 000 alevins;
- lac de Chanrouge, 250 alevins;
- les lacs Long et Rond du Col de la Vanoise auraient eux aussi fait l'objet de déversements.

2. Croissance en longueur.

S'il est admis, en règle générale, que la température, fonction de la latitude ou/et de l'altitude, influence la croissance des poissons, il faut rappeler qu'elle n'est cependant pas le seul facteur à intervenir (MARTIN, 1966). Nous avons cherché à établir une comparaison entre la croissance des poissons introduits au lac du Mont-Coua et celle de populations autochtones en particulier celles localisées au Québec entre 50° et 55° de latitude nord, étudiées par MAGNIN et coll (1978).

Les courbes de la figure 11 montrent que la croissance en longueur des individus des deux milieux est similaire et que si cette croissance est un peu plus rapide durant les premières années au lac du Mont-Coua, la différence tend à s'estomper à partir de la classe d'âge VIII.

ACCLIMATATION DE L'OMBLE DU CANADA

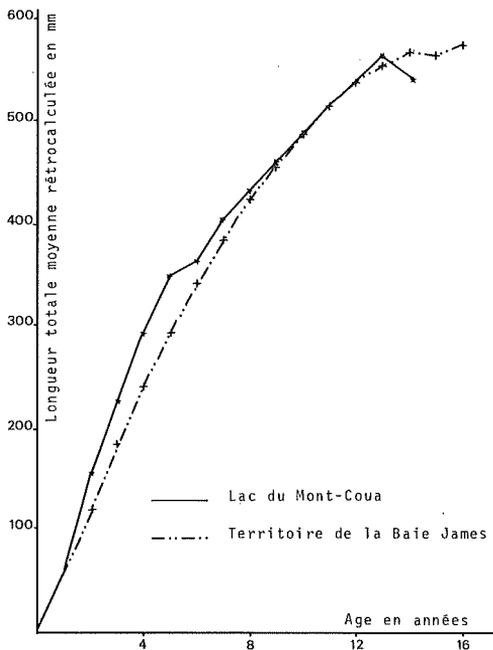


FIG. 11. — Croissance en longueur des Ombles du Canada au lac du Mont-Coua et dans le territoire de la Baie James (Québec).

Notons d'autre part que la longueur maximum de spécimens capturés à la Baie James (Québec) est de 1 m et que des poissons de plus de 45 ans ont été observés (MAGNIN, op. cit.). De plus, la longévité des *Salmonidae* dans les lacs de haute altitude peut dépasser 14 ans, alors que certains auteurs pensent que dans ces conditions la forme de la pyramide des âges est tronquée par une durée de vie raccourcie, ce serait le cas de *Salvelinus alpinus* et *Salmo trutta* (REISINGER et JACOBI in PECHLANER, 1966).

3. Coefficient de condition.

La « condition » du poisson est d'autant meilleure que le coefficient calculé, se rapproche de/ou dépasse 1. Il arrive dans les cas défavorables qu'elle n'excède pas 0,700, ce qui est fréquent avec *Salvelinus alpinus*, introduit dans les lacs de haute altitude (NILSON in PECHLANER, 1966). La condition varie selon l'âge et l'époque de l'année. Les truites arc-en-ciel *Salmo gairdneri* capturées au lac Merlet (2 391 m) le 23 avril 1977 avaient en moyenne, un coefficient de condition de 0,790.

Par contre, les coefficients de condition obtenus au lac du Mont-Coua pour *S. namaycush* entre juin et septembre sont proches de l'unité et

comparables à ceux des individus capturés dans les territoires de la baie James. A titre d'exemple pour les poissons immatures des classes IV et V nous avons enregistré un coefficient de 0,969 au Mont-Coua contre 0,967 au Québec (MAGNIN, op. cit.).

4. Régime alimentaire.

D'après SCOTT et CROSSMANN (1973) *Salvelinus namaycush* est un carnassier, à régime piscivore, à l'état adulte. Cependant MARTIN (1966), cite le cas de populations planctonophages à croissance lente.

Au lac du Mont-Coua, le milieu offert, contraint les poissons à s'alimenter épisodiquement, durant de brefs laps de temps où ils disposent d'une nourriture en quantité massive: émergence de nymphes de Trichoptères, de Chironomides, dont ils se gavent. Le reste du temps, benthos et plancton fournissent une alimentation de subsistance. Ce régime du tout ou rien, pourrait réduire la compétition alimentaire, ce qui expliquerait l'homogénéité relative des individus par classe d'âge, alors que dans d'autres milieux, la compétition induit de grandes variations individuelles. Dans le Nord du Québec BLEAKNEY in SCOTT et CROSSMANN signale également l'existence de populations d'Ombles du Canada aux estomacs « distendus » avec des larves et des pupes de moustiques. Cet auteur considère que cette alimentation est dictée par des conditions pauvres de milieu. Il est cependant, remarquable de constater que la croissance n'est pas affectée outre mesure par ce type d'alimentation et que le coefficient de condition reste satisfaisant durant tout l'été, alors que NILSON et SWARDSON (1968) ont enregistré en Suède: « une très mauvaise croissance dans les petits lacs exempts d'espèces de poissons fourrages ».

5. Reproduction.

DOTTRENS (1951) signale que l'espèce se reproduit spontanément au lac de barrage de Barberine (Suisse). En 1968 NILSON et SWARDSON écrivaient qu'aucune reproduction naturelle n'avait été observée jusqu'alors dans les lacs de Suède et d'après BOULEY (comm. pers.) en 1971, il en était de même pour les lacs de notre région. Dans ces derniers cas, cela ne signifiait pas que l'espèce était incapable de se reproduire, mais que l'âge de la maturité sexuelle n'était sans doute pas atteint. Nous avons depuis, constaté la reproduction en milieu naturel de *Salvelinus namaycush* non seulement au lac du Mont-Coua, mais également au lac de la Plagne de Peisey où nous avons capturé un individu d'âge I+ au mois d'août 1977. Au Québec, la maturité sexuelle de *S. namaycush* est atteinte vers 6 ans au lac l'Assomption (46° 30' de latitude nord) (SIMARD et GUIBERT, 1974) et à 12 ans à la Baie James entre 50 et 55° de latitude nord (MAGNIN et coll.). Les poissons introduits au lac du Mont-Coua se sont reproduits comme nous l'avons vu à partir de 8 ans, donc à un âge intermédiaire.

Comme chez la plupart des poissons, le nombre d'œufs est fonction

du poids, cependant dans le cas des sujets examinés, nous avons dénombré jusqu'à 190 œufs pour 100 g de poids frais, ce qui correspond à une fécondité plus élevée que celle des femelles du territoire de la Baie James (MAGNIN et coll., 1978), et du lac Supérieur (ESCHMEYER, 1954). L'asymétrie des gonades constatée sur les poissons matures du lac du Mont-Coua a également été observée par MAGNIN et coll. (1978) qui signalent que le nombre d'œufs dans chaque ovaire peut varier du simple au double. La période de frai la plus favorable est la deuxième quinzaine d'octobre, cependant des pontes précoces peuvent intervenir au début de ce même mois et certaines, se prolonger jusqu'en novembre (MARTIN, 1955). D'une façon plus générale SCOTT et CROSSMANN (1973) signalent des variations en fonction de la latitude : les pontes intervenant plus tôt dans le Nord du Canada (septembre) et plus tardivement dans le Sud (novembre). Au lac du Mont-Coua nous n'avons jusqu'à présent pas observé de poissons sur les zones de frayères, néanmoins, les individus adultes capturés en septembre 1977, s'ils n'avaient point encore frayé, (coefficient de condition ≥ 1) avaient une livrée de reproduction (nageoires plus rouges que d'ordinaire).

D'après MARTIN (1955 et 1957), RAWSON (1961), les frayères de cette espèce correspondent à des zones de blocs rocheux, anguleux, à l'exclusion de fonds constitués de sédiments fins. Nous pouvons donc supposer que les poissons du lac du Mont-Coua se reproduisent à proximité immédiate de la zone littorale.

CONCLUSION

En fonction des critères retenus par MARTIN (1976) comme caractéristiques des lacs à Omble du Canada dans l'aire d'origine de ce Salmonide, on aurait pu penser que le lac du Mont-Coua par sa situation en altitude, ses dimensions restreintes, ses conditions physico-chimiques et la pauvreté des espèces de sa faune, se révélerait un milieu peu propice à l'introduction de ce poisson.

Notre étude a révélé au contraire que les Ombles s'y étaient reproduits et que leur croissance en longueur et en poids étaient comparables à ceux de spécimens étudiés sur le territoire de la Baie James (Québec) par MAGNIN (1977) et MAGNIN et coll. (1978).

Ce Salmonide semble faire preuve d'importantes facultés d'adaptation vis-à-vis des conditions de milieu : acclimaté dans des lacs très peu minéralisés, il a été rencontré également dans les eaux marines de l'Arctique occidental canadien (BOULVA et SIMARD, 1968), mais c'est avant tout à la souplesse de son régime alimentaire qu'il doit son acclimatation aux conditions sévères du lac Mont-Coua. L'introduction des Salmonides indigènes (Ombles chevalier ou truite fario) dans un milieu semblable serait pratiquement vouée à l'échec; ALLEN *in* LAMOTTE et BOURLIÈRE (1975) a en effet constaté qu'en dessous de 7 °C, la croissance de la truite fario est considérablement ralentie même lorsqu'elle dispose d'une nourriture abondante.

Il paraît évident que dans des lacs situés à des altitudes plus faibles et dont les caractéristiques se rapprochent davantage des conditions optimales, le développement de l'Omble du Canada est beaucoup plus rapide comme en témoignent les sujets capturés dans les lacs suédois ou pyrénéens. Toutefois, il faut noter le taux de survie limité de cette espèce lorsqu'elle est introduite dans des lacs où sont déjà établies des populations d'autres Salmonides (DUBE, 1974). Ceci pourrait expliquer certains échecs enregistrés dans les Alpes, comme au lac du Mont-Cenis. De même, l'Omble du Canada est très sensible aux conséquences de l'eutrophisation, d'où sa disparition de nombreux lacs de l'Ontario. Il est possible que l'insuccès constaté au lac du Bourget soit dû à l'état trophique de ce plan d'eau.

Les possibilités d'étudier la dynamique d'une population non exploitée de *Salmonidae* sont considérées comme exceptionnelles (PHILIPPART *in* LAMOTTE et BOURLIÈRE) et justifient les recherches que nous avons entreprises au lac du Mont-Coua.

Du point de vue pratique, il serait souhaitable, en accord avec les propriétaires du lac, que l'interdiction de la pêche soit prolongée jusqu'à ce que les individus des classes d'âge IV et V actuelles parviennent à maturité.

Il nous a paru également que les communautés piscicoles dans les lacs de haute montagne sont davantage tributaires des disponibilités en nourriture que des conditions physico-chimiques. En conséquence, il nous semble que les recherches entreprises pour déterminer les potentialités de ces lacs devraient se consacrer en priorité à l'étude des invertébrés benthiques tel que les Chironomides dont le rôle fondamental a été mis en évidence par LAVILLE (1971).

Nous souhaiterions enfin, que les lacs de haute montagne ne soient pas considérés à des fins exclusives de pêche immédiate par la méthode du « Put and take » (dépôt et retrait) de toute façon peu compatible avec l'éthique d'un Parc National.

BIBLIOGRAPHIE

- BALVAY, G. (1978). — Un lac oligotrophe de haute montagne : le lac Cornu (Haute-Savoie). *Revue de Géographie Alpine*, **LXVI**, I, 31-41.
- BENECH, V. (1975). — Note sur la préparation des otolithes, plus particulièrement de ceux de l'anguille. *Ann. Hydrobiol.*, **VI**, 2, 173-178.
- BOULVA, J. et SIMARD, A. (1968). — Présence du *Salvelinus namaycush* (Pisces : Salmonidae) dans les eaux marines de l'Arctique occidental canadien. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **25**, 7, 1501-1504.
- CAPBLANCO, J. et LAVILLE, H. (1968). — Etude morphométrique et physico-chimique de neuf lacs du Massif de Néouvielle (Hautes-Pyrénées). *Ann. Limnol.*, **4**, 3, 275-324.
- CAPBLANCO, J., DECAMPS, H. et LAVILLE, H. (1972). — Sauver d'eux mêmes les lacs de montagne. *Sciences Progrès Découvertes*, n° 3450, 31-38.

- CHIMITS, P. (1970). — La pêche sportive dans le Parc National des Pyrénées. *Extrait Bull. Franç. Pisci.*, 237, 28 p.
- Centre Technique du Génie Rural des Eaux et des Forêts (1975). — Etude de la retenue de Chevril (Savoie). Station d'études hydrobiologiques d'Aix-les-Bains, 19 p.
- DELACHAUX, A. (1901). — L'acclimatation et l'élevage de l'omble chevalier américain dans un lac des Alpes. *Bull. Soc. Aquic. Pêche*, 13, 41-54.
- DELEBECQUE, A. (1898). — *Les lacs français*. Chamerot et Rennouard éd., Paris, 436 p.
- DOTTRENS, E. (1951). — *Les Poissons d'eau douce. I. Des Lamproies aux Salmonidés*. Delachaux et Niestlé, 181 p.
- DUBE, J. (1974). — La truite grise (*Salvelinus namaycush*, Walbaum). Rendement, problèmes d'exploitation, solutions proposées. Rapport préparé pour l'atelier de la faune aquatique, Service de la Faune du Canada. Shawinigan, 1974, 23 p.
- DUBOIS, A. et LAGUEUX, R. (1968). — Etude comparée de l'âge scalaire et de l'âge otolithique de la touladi (*Salvelinus namaycush*), lac Mistassini, Québec. *Le Naturaliste canadien*, 95, 907-928.
- DUMAS, J. (1976). — Dynamique et sédentarité d'une population naturalisée de Truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri* RICHARDSON) dans un ruisseau de montagne, l'Estibère (Haute-Pyrénées). *Ann. Hydrobiol.*, 7, 2, 115-139.
- DUSSART, B. (1952). — Contribution à l'étude des lacs de Savoie : le lac du Mont-Cenis. *Bull. franç. Pisci.*, 24, 164, 89-98.
- DUSSART, B. (1952). — Contribution à l'étude des lacs de Savoie : le lac de la Girotte. *Ann. Sta. Cents. Hydrobiol. Appl.*, 4, 379-392.
- ERICHSEN JONES, J.R. (1964). — Fish and River pollution. *Butterworths*, London, 203 p.
- ESCHMEYER, P.H. (1954). — The reproduction of lake trout in southern lake superior. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 84, 47-74.
- GÉLINAS, R. et GOUIN, H. (1975). — Rapport préliminaire sur la reproduction de l'omble de Fontaine (*Salvelinus fontinalis*) et du touladi (*Salvelinus namaycush*) du lac Edouard, Parc National de la Mauricie, 48 p.
- GHANI, N. et LUCAS, L. (1974). — Les sédiments d'un lac de haute montagne : structure, nature et peuplement. *Ann. Limnol.*, 10, 3, 223-244.
- GIBSON, E.S. et FRY, F.E.J. (1954). — The performance of the lake trout, *Salvelinus namaycush*, at various levels of temperature and oxygen pressure. *Canad. J. Zool.*, 32, 252-260.
- LAGLER, K.F. et VIBERT, R. (1961). — *Pêches continentales. (Biologie et aménagement)*, Dunod, Paris, 720 p.
- LAMOTTE, M. et BOURLIÈRE, F. (1975). — *Problèmes d'Ecologie : La démographie des populations de Vertébrés*. Masson, Paris, 443 p.
- LAVILLE, H. (1971). — Recherches sur les Chironomides (*Diptera*) lacustres du massif de Néouvielle (Hautes-Pyrénées). I. Systématique, écologie, phénologie. *Ann. Limnol.*, 7, 2, 173-332.
- LAVILLE, H. (1971). — Recherches sur les Chironomides (*Diptera*) lacustres du massif de Néouvielle (Hautes-Pyrénées). II. Communautés et production. *Ann. Limnol.*, 7, 3, 335-414.
- LÉGER, L. (1913). — Essai sur la mise en valeur piscicole des lacs alpins de haute altitude. *Ann. Univ. Grenoble*, 25, 3, 25 p.
- LÉGER, L. (1936). — *La thermique des lacs de haute montagne et les problèmes biologiques et économiques qu'elle soulève*. Imprimerie L. Martinet, Grenoble, 12 p.

- MAGNIN, E. (1977). — *Ecologie des eaux douces du territoire de la baie James*. Rapport du Laboratoire d'écologie de la Société d'énergie de la Baie James. Université de Montréal, 454 p.
- MAGNIN, E., CLÉMENT, A.M. et LEGENDRE, V. (1978). — Croissance, reproduction et régime alimentaire des touladis *Salvelinus namaycush* (Walbaum) du Nord du Québec. *Naturaliste Can.*, **105**, 1, 1-17.
- MARTIN, N.V. (1952). — A study of the lake trout, *Salvelinus namaycush* in two Algonquin Park, Ontario, lakes. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **81**, 111-137.
- MARTIN, N.V. (1955). — The effect of drawdowns on lake trout reproduction and the use of artificial spawning beds. *Trans. N. Am. Wild. conf.*, **20**, 263-271.
- MARTIN, N.V. (1957). — Reproduction of lake trout in Algonquin Park, Ontario. *trans. Amer. Fish. Soc.*, **86**, 231-244.
- MARTIN, N.V. (1966). — The signification of food habits in the biology, exploitation and management of Algonquin Park, Ontario, lake trout. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **95**, (4), 415-422.
- MARTIN, N.V. (1976). — The distribution and characteristics of Ontario lake trout lakes. *Fish and Wildlife Research Branch*, **97**, 30 p.
- NILSON, N.A. et SVÄRDSON, G. (1968). — Some results of the introduction of lake trout (*Salvelinus namaycush* Walbaum) into Swedish lakes. *Rep. Inst. Freshwat. Res.*, Drotting holm, **48**, 5-16.
- PECHLANER, R. (1966). — Salmonideneinsätze in Hochgebirgsseen undtümpel der Ostalpen. *Uerh. Internat. Verein. Limnol.*, **16**, 1182-1191.
- PESTA, O. (1929). — Der Hochgebirgssee der Alpen. *Die Binnengewässer*, **8**, 168 p.
- RAWSON, D.S. (1961). — The lake trout of lac la Ronge, Saskatchewan. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **18**, 3, 423-462.
- SCOTT, W.B. et CROSSMANN, E.J. (1974). — Les poissons d'eau douce du Canada. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, **184**, 1026 p.
- SERRA-TOSIO, B. (1978). — Les Diptères chironomidés du lac du Mont-Coua (Parc National de la Vanoise). *Trav. Sc. P. N. Vanoise*, **IX**, 141-145.
- SIMARD, A. et GUIBERT, F. (1974). — Age de la maturité sexuelle, rapport des sexes, rapport gonosomatique et relations longueur-poids chez le touladi, *Salvelinus namaycush* (Walbaum). *Ministère du tourisme, de la chasse et de la pêche, Service de la faune, Province de Québec*, **8**, 97-114.
- SIMARD, A. et MAGNIN, E. (1972). — Méthode de détermination de l'âge et croissance du touladi, *Salvelinus namaycush* (Walbaum), du lac l'Assomption et du lac Tremblanc, Québec. *Naturaliste can.*, **99**, 6, 561-578.
- SPILLMANN, Ch.-J. (1961). — *Faune de France*, 65. *Poissons d'eau douce*. Lechevalier, Paris, 303 p.
- Symposium on the management of high mountain lakes in California's National Parks. *California trout INC and Am. Fish. Soc.* 1976.
- TÉTART, J. (1970). — Crustacés Entomostracés du Parc National de la Vanoise. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, **I**, 139-141.
- THIENEMANN, A. (1925). — *Die Binnengewässer Mitteleuropas Bd. I. Eine Limnologische Einführung*. Stuttgart, 255 p.
- VLADYKOV, V.D. (1954). — Taxonomic characters of the Eastern north America chars (*Salvelinus* and *Cristivomer*). *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **11**, 6, 904-932.

ACCLIMATATION DE L'OMBLE DU CANADA

ANNEXE

TABEAU V

Mensurations et âge de sujets capturés au lac du Mont-Coua
au cours des étés 1976 et 1977

N° id	Groupes d'âge	LT	LF	Lt	$\frac{Lt}{LF}$	PT	K	R	Pg	R. gono
9	I	112	96	23	23,96	13	0,926			
72	I	118	98	22	22,45			18		
11	I	119	103	25	24,27	15	0,890	19		
71	I	120	104	22	21,15			18		
12	I	122	104	25	24,04	16	0,885			
83	I	123	103	28	27,18	14	0,753	19		
76	I	126	109	26	23,85	13	0,665			
13	I	132	115	27	23,48			19		
3	II	176	155	36	23,87	52	0,954	22		
4	III	231	205	47	22,92	115	0,933	22		
8	III	249	217	49	22,58	141	0,913	28		
61	III	253	218	56	25,68	144	0,889	26		
5	IV	272	243	55	22,63	195	0,969	27		
7	IV	295	260	59	22,69	240	0,935	26		
20	IV	300	259	61	23,55	256	0,948	30		
82	IV	304	264	60	22,72	236	0,840			
84	IV	307	260	62	23,84	259	0,900	29		
28	IV	329	288	68	23,61	370	1,039	27		
17	IV	330	288	67	23,26	340	0,946	29		
16	IV	335	289	68	23,53	410	1,091	32		
93	IV	358	312	73	23,40	450	0,980	29		
22	IV	373	322	76	23,60	518	0,998	30		
18	V	355	306	72	23,53			32		
26	V	359	311	75	24,12	426	0,921	30		
23	V	362	312	77	24,68	501	1,056	30		
94	V	367	330	75	22,72	472	0,8	32		
24	V	375	330	76	23,03	582	1,104	34		
21	V	380	325	75	23,08	517	0,942	31		
25	V	383	339	83	24,48	572	1,018	31	Pg	R. gono
27	V	410	359	89	24,79	672	0,975	36		
70	VI	398	348	85	24,42	704	1,116	34		
2	XIII	579	512	123	24,02	908	0,983	52	64	3,35
10	XIII	602	540	121	22,40	2140	0,981	45	18	5,51
1	XIII	632	570	128	22,45	2420	0,959	52	140	5,78
14	XIV	539	472	111	23,52	1410	0,900	48		
32	XIV	646								

LT : Longueur totale; LF : Longueur à la fourche; Lt : Longueur de la tête; PT : Poids total; K : Coefficient de condition; R : Rayon de l'otolith; Pg : Poids des gonades; R. gono : Rapport gonosomatique.

LES DIPTÈRES CHIRONOMIDÉS DU LAC DU MONT-COUA (PARC NATIONAL DE LA VANOISE)

par Bernard SERRA-TOSIO (1)

Résumé. — Capture, dans le lac du Mont-Coua, de nombreux individus de Chironomidés, appartenant seulement à deux espèces : *Paracladius alpicola* (Zett.) et *Procladius* sp. *Procladius* est consommé par le poisson Salmonidé introduit *Salvelinus namaycush* (Walbaum).

Summary. — Capture, in the Mont-Coua Lake (Vanoise national park) of many specimens of Chironomids. They belong to only two species : *Paracladius alpicola* (Zett.) and *Procladius* sp. *Procladius* is eaten by the Salmonid fish *Salvelinus namaycush* (Walbaum), which has been introduced in the lake.

Riassunto. — Cattura nel lago del Mont-Coua (Parco Nazionale della Vanoise) di numerosi individui di Chironomidi. Appartengono soltanto a due specie : *Paracladius alpicola* (Zett.) e *Procladius* sp. *Procladius* è mangiato dal Salmonide introdotto *Salvelinus namaycush* (Walbaum).

Le lac du Mont-Coua (anciennement appelé lac Moncoir), situé à 2 672 m d'altitude dans la partie orientale du Parc National de la Vanoise (Alpes de Savoie), est difficile d'accès. Avant la création du Parc et jusqu'en 1963, ses eaux étaient dépourvues de toute population piscicole. A cette date, on y introduisit un Salmonidé originaire du Canada : *Salvelinus namaycush* (Walbaum). Ce poisson a fait l'objet de recherches de la part de J.P. MARTINOT (Inspecteur Attaché Scientifique au Parc National de la Vanoise). Ce dernier a notamment insisté sur la nourriture offerte à *Salvelinus namaycush* par le milieu. Dans le cadre de cette étude, J.P. MARTINOT a capturé des imagos et des nymphes de Diptères Chironomidés dont il a bien voulu me confier l'identification.

(1) Laboratoire de Zoologie, Domaine Universitaire, 38400 Saint-Martin-d'Hères, France.

Matériel.

Deux prélèvements de Chironomidés ont été examinés :

— une récolte faite à la surface du lac du Mont-Coua, le 22-7-1976. Elle se présente sous la forme d'une véritable purée flottante d'imagos et de nymphes de Chironomidés, poussée et accumulée par le vent dans les anses calmes sur les bords du lac;

— un contenu gastrique extrait d'une femelle de *Salvelinus namaycush* pêchée le 23-7-1976 dans le lac du Mont-Coua. Son volume approximatif est de 120 ml. Il est composé exclusivement de nymphes de Chironomidés.

Résultat des déterminations.

1) *Surface du lac.* Deux espèces seulement de Chironomidés étaient présentes à l'état de nymphes et d'imagos dans le prélèvement de surface :

— *Paracladius alpicola* (Zett.) (Chironomidés Orthoclaadiinés), très largement dominant;

— *Procladius* sp. (Chironomidés Tanypodinés), moins abondant que le premier.

2) *Contenu gastrique.* Il était composé à 100 % de nymphes de Chironomidés, à la fois non matures (téguments encore mous et clairs) et matures (téguments fermes et sombres). Toutes appartenaient au genre *Procladius* et sans doute à la même espèce que précédemment.

Etude taxonomique de *Paracladius alpicola*.

L'identification de cette espèce a été faite grâce à la publication de HIRVENOJA (1973).

1) *Précisions sur les spécimens examinés.*

Les coefficients AR et LR et le nombre de sensilles Sz sur le premier article du tarse des pattes postérieures de cet animal se présentent comme suit chez six individus ♂ pris au hasard :

	AR	LR	Sz
individu n° 1	1,92	0,77	4-3
individu n° 2	1,76	0,72	9-8
individu n° 3	1,84	0,72	9-10
individu n° 4	1,75	0,73	8-7
individu n° 5	1,74	0,72	10-11
individu n° 6	1,74	0,71	7-1

Chez les imagos ♀ examinés, la valeur du coefficient LR est en moyenne de 0,65 et le nombre de sensilles Sz tourne autour de 25.

Enfin, chez les nymphes, la position des trois soies thoraciques *h* est tout à fait normale; les « *pedes spurii* B » (PB, cf. HIRVENOJA, 1973, p. 92, fig. 42) sont présents sur le segment abdominal II et absents sur le segment III; les cornes prothoraciques sont assez réduites.

2) Remarques sur l'identification.

On connaît actuellement en Europe trois espèces de *Paracladius* Hirvenoja (= *Paratrichocladus* Thienemann), genre de Chironomidés proche de *Cricotopus*. Elles sont très voisines les unes des autres et par conséquent difficiles à séparer. L'une de ces espèces, *Paracladius alpicola* (Zetterstedt), a une répartition holarctique. Les deux autres, *Paracladius conversus* (Walker) et *Paracladius quadrimodosus* Hirvenoja, ont une répartition paléarctique : la première se rencontre dans de nombreuses régions d'Europe (y compris en France), alors que la seconde n'est actuellement connue que de Suède.

Les principaux caractères distinctifs de ces espèces sont les suivants :

— Imagos ♂ : l'ensemble constitué par *P. alpicola* + *P. quadrimodosus* se distingue de *P. conversus*, d'une part par le nombre de sensilles Sz sur le premier article du tarse de la patte postérieure, d'autre part par la valeur du coefficient LR. Le nombre de sensilles Sz est plus bas chez le groupe *P. alpicola* + *P. quadrimodosus* (4 à 10) que chez *P. conversus* (13 à 28); de même le coefficient LR est plus bas chez *P. alpicola* + *P. quadrimodosus* (0,66 à 0,73) que chez *P. conversus* (0,73 à 0,81).

On constate donc (cf. plus haut les précisions sur les individus examinés) que les spécimens du lac du Mont-Coua se rattachent plutôt au groupe *P. alpicola* + *P. quadrimodosus*, la seule exception étant constituée par le spécimen n° 1 qui présente un coefficient LR supérieure à 0,73 mais qui, par ailleurs, possède un nombre de sensilles Sz peu élevé.

La séparation entre les imagos ♂ de *P. alpicola* et les imagos ♂ de *P. quadrimodosus*, difficile, est basée sur la mesure du coefficient AR. Ce coefficient est relativement plus bas chez *P. alpicola* (1,40 à 1,87) que chez *P. quadrimodosus* (1,83 à 2,03).

La plupart des spécimens du lac du Mont-Coua ont un coefficient AR inférieur à 1,83. Ils se rapporteraient donc plutôt à *P. alpicola*.

— Imagos ♀ : les imagos ♀ de l'ensemble *P. alpicola* + *P. quadrimodosus* possèdent sur le premier article du tarse de la patte postérieure un nombre de sensilles Sz plus bas (13 à 24) que les imagos ♀ de *P. conversus* (49 à 55). De même, le coefficient LR est plus bas chez *P. alpicola* + *P. quadrimodosus* (0,61 à 0,65) que chez *P. conversus* (0,69 à 0,72). La distinction entre *P. alpicola* et *P. quadrimodosus* se ferait d'après le nombre de sensilles Sz sur le premier article du tarse de la patte postérieure (13 à 14 chez la première espèce, 20 à 24 chez la seconde).

Les individus ♀ trouvés au lac du Mont-Coua se placeraient donc nettement dans le groupe *P. alpicola* + *P. quadrimodosus*. Le nombre élevé de sensilles Sz (environ 25) les rattacherait plutôt à *P. quadrimodosus*. Je pense toutefois qu'il serait imprudent de conclure trop vite car, d'une part le nombre de spécimens examinés est faible, d'autre part on connaît mal encore l'amplitude de variation des caractères chez les trois espèces de *Paracladius* décrites actuellement.

— Nymphes : les nymphes de l'ensemble *P. alpicola* + *P. conversus* se distinguent de celles de *P. quadrimodosus* par la position des trois soies

thoraciques *h* qui précèdent la corne prothoracique (position groupée, dite « normale ») et par la présence d'une paire de « *pedes spurii* B » (tubercules PB) seulement sur le segment abdominal II et pas sur le segment III.

Les spécimens du lac du Mont Coua se rapportent plutôt à l'ensemble *P. alpicola* + *P. conversus*. Cependant, un individu, bien que n'ayant pas de tubercules PB sur le segment III, présente une soie *h* à position anormale, puisque cette soie se trouve très fortement déplacée vers l'avant. Cela le rapprocherait donc de *P. quadrimodosus*.

Enfin les nymphes de *P. alpicola* se distinguent de celles de *P. conversus* par les dimensions des cornes prothoraciques, qui sont relativement réduites chez la première espèce. C'est également le cas chez tous les spécimens du lac du Mont-Coua examinés.

En conclusion, je pense que la plupart des mâles, des femelles et des nymphes de *Paracladius* trouvés au lac du Mont-Coua doivent être attribués à l'espèce *P. alpicola*. Il n'est cependant pas impossible qu'il s'y ajoute des spécimens de *P. quadrimodosus*, mais cela serait à confirmer par une étude taxonomique plus poussée de l'ensemble de la population chironomidienne du lac. En tout état de cause, cette étude n'aboutirait peut-être pas à un résultat déterminant, car on connaît encore assez mal l'éventail de variation des caractères des trois espèces de *Paracladius* actuellement décrites.

Remarque écologique sur *P. alpicola*.

Selon HIRVENOJA (1973), *Paracladius alpicola* n'est connu de façon sûre que de Norvège, de Suède, d'Allemagne, d'Autriche et du Canada (Labrador). Cette espèce serait peut-être présente aussi en Roumanie et en Espagne. Elle n'avait, semble-t-il, jamais été signalée de France.

On sait que les larves et les nymphes de *Paracladius* habitent les eaux courantes et les lacs, mais les renseignements écologiques concernant chacune des trois espèces connues se réduisent à très peu de choses. Selon HIRVENOJA (1973), dans les quelques lacs de Suède où ont été rencontrés *P. alpicola* et *P. quadrimodosus*, on constate une préférence de la première espèce pour la zone profonde, tandis que la seconde habitait plutôt la zone littorale.

En conclusion, sur les deux espèces de Chironomides rencontrées au lac du Mont-Coua (*Paracladius alpicola* et *Procladius* sp.), une seule (*Procladius* sp.) semble avoir été consommée par le Salmonidé introduit, *Salvelinus namaycush*, alors que toutes deux abondaient à la surface du lac au moment des observations. La prise de nourriture de ce poisson ne peut donc s'être faite en surface, au détriment des nymphes de Chironomides prêtes à se métamorphoser en adultes. Elle n'a pu se faire qu'en profondeur, à des endroits peuplés exclusivement en *Procladius*, puisque le seul contenu gastrique examiné ne contenait que des nymphes de *Procladius*, les unes matures (sombres), les autres non matures (claires).

En fait, ce bref aperçu sur le peuplement chironomidien du lac du Mont-Coua soulève plus de questions qu'il ne peut en résoudre : si l'on veut comprendre le rôle exact tenu par les Chironomides dans la nour-

DIPTÈRES CHIRONOMIDÉS DU LAC DU MONT-COUA

riture de *Salvelinus namaycush*, il serait indispensable d'envisager une étude précise des espèces de Chironomidés présentes dans le lac, de leur répartition selon la profondeur et de leur cycle.

AUTEURS CITES

- HIRVENOJA, M. (1973). — Revision der Gattung *Cricotopus* Van der Wulp und ihrer Verwandten (Diptera, Chironomidae). *Ann. Zool. Fenn.*, **10**, 1-363.
- MARTINOT, J.P. (1978). — Acclimatation de l'Ombre du Canada: *Salvelinus namaycush* Walbaum (Salmonidae) dans un lac de haute montagne du Parc National de la Vanoise. *Trav. Sc. P. N. Vanoise*, **IX**, 103-140.

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DES DESMIDIÉES
DU PARC NATIONAL DE LA VANOISE.
LACS DU LAIT ET LAC BLANC DE TERMIGNON

par Pierre BAÏER (1)

Résumé. — Les premières recherches algologiques entreprises dans trois lacs du Parc National de la Vanoise ont permis de recenser 192 Desmidiées dont une variété nouvelle et 19 autres Chlorophycées.

Summary. — The first algological researches undertaken in three lakes of the Vanoise National Reserve have enabled the counting of 192 Desmidiées including a new variety and 19 other Chlorophyceae.

A notre connaissance, les lacs du Parc National de la Vanoise n'ont jamais été l'objet de recherches algologiques. Une première récolte faite par J. TÉTART le 23 juillet 1970 au lac du Lait nous permit de dénombrer 53 espèces de Desmidiées et 7 espèces de Chlorococcales. Au cours des étés 1976 et 1977, Ch. DEGRANGE effectua plusieurs prélèvements dans la même station ainsi que dans le lac Blanc de Termignon et quelques milieux avoisinants.

Le lac du Lait (altitude 2 180 m, superficie 1,60 ha) situé au Sud des chalets de Pra-Bouchet, est un lac tourbière dont les Sphaignes et les Carex ont envahi la plus grande partie de la cuvette et la zone libre est colonisée par un *Potamogeton*.

Les dates, méthodes et résultats des prélèvements effectués dans cette station sont les suivants :

— 23 juillet 1970 : récolte faite au filet à plancton de 40 micromètres de maille; 53 Desmidiées et 7 espèces accessoires Chlorococcales ont été dénombrées; prélèvement répertorié 41 dans la liste systématique.

— 9 juillet 1976 : trois prélèvements ont été effectués au filet troubleau parmi les Carex, les Sphaignes et les Mousses (température de l'eau 16,4 °C à 20 cm de profondeur, pH 6,5); 64 taxons ont été répertoriés; récoltes indiquées TPL dans la liste systématique.

(1) 22, rue du Docteur Calmette, Grenoble.

A proximité de la station précédente, une petite tourbière à Sphaignes et à Hypnacées d'une superficie d'environ 120 m², située au sommet d'un monticule (altitude 2 200 m) a fait l'objet de plusieurs prélèvements.

— 13 septembre 1977 : deux prélèvements ont été faits, l'un par « expression » de Sphaignes, l'autre au niveau du fond (température de l'eau 14,4 °C à 20 cm de profondeur, pH 6,4); 29 et 31 espèces de Desmidiées ont été déterminées; récoltes répertoriées PL.

Deux autres prélèvements ont été effectués, l'un dans la Cariçaie (température de l'eau 14 °C, pH 6,9) par grattage des tiges de Carex, l'autre dans la tourbière (pH 5,3) par « expression » de Sphaignes; 46 et 31 espèces ou variétés de Desmidiées ont été ainsi recueillies; prélèvements répertoriés L2 et L3 dans la liste systématique.

Le lac Blanc de Termignon (altitude 2 246 m, superficie 2,07 ha, profondeur 8,80 m) comporte une petite Cariçaie sur sa rive Nord-Est; deux récoltes y ont été faites le 13 septembre 1977 par grattage de Carex et « expression » de Sphaignes permettant de recueillir 66 espèces de Desmidiées et 10 espèces accessoires; prélèvements répertoriés LB.

Enfin, une tourbière à Hypnacées, située à proximité du village de Termignon (altitude 1 280 m) s'est révélée très pauvre: 5 taxons de Desmidiées et 2 de Protococcales ont été dénombrés; récolte répertoriée T/U.

Dans la liste systématique, en plus du repérage des stations, nous avons adopté pour indiquer la fréquence des espèces dans les différentes récoltes les conventions suivantes :

- (ccc) espèce très abondante dans la récolte,
- (c) espèce trouvée 1 à 4 fois par préparation,
- (ac) espèce trouvée 8 à 10 fois dans la récolte,
- (r) espèce identifiée 3 fois environ dans toute la récolte,
- (rr) espèce rare ou accidentelle dans la récolte.

ÉTUDE SYSTÉMATIQUE

Ordre des Chlorococcales

Famille des Oocystacées.

— *Eremosphaera viridis* de Bary, dans la plupart des récoltes (photo 1).

Famille des Scenedesmacées.

- *Coelastrum cambricum* Arch. fréquent dans L1-L2.
- *Scenedesmus bijugatus* α *seriatus* Chodat.
- *Scenedesmus acutiformis* Schr. (PL) et (LB).
- *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb (LB) (L1) (L2) (planche I, 1).

- *Scenedesmus hystrix* Lagh (LB).
- *Scenedesmus oahunensis* (Lemm) GM. Smith (LB) (planche I, 2).
- *Scenedesmus tennispina* Chodat (L3).

Famille des Hydrodictyacées.

- *Pediastrum Boryanum* (Turp.) Menegh (L1).
- *Pediastrum Boryanum* (Turp.) Menegh var. *regulosum* G.S.W. (L1) (TPL).
- *Pediastrum Boryanum* (Turp.) Menegh var. *longicorne* Racib. (L3) (r).
- *Pediastrum Braunii* Wart. (L1) (L2) (PL) (TPL).
- *Pediastrum tetras* (Ehr.) Ralfs. (TPL) (PL).
- *Pediastrum duplex* Meyen (PL2) (rr).

Famille des Chlorococcacées.

- *Tetraëdron siamensis* (X. G.S.W.) Wille (TPL) (c).
- *Tetraëdron trigonum* (Naeg.) Hansg. (TPL) (c).
- *Tetraëdron lunula* Wille (L1) (rr).

Ordre des Zygnematales

Famille des Mésoteniacées.

— *Mesotaenium macrococcum* Roy et Bisset (L1) (rr). Une seule cellule pour 10 préparations. Algue de $L = 34 \times 17$.

— *Spirotaenia trabecula* A. Braun (L1). $L = 135 \times 23$ cellules 5 fois plus longues que larges, fusiformes, graduellement atténuées du centre vers les extrémités qui sont toujours arrondies et tronquées. Chloroplastes nombreux (6) en général ne faisant qu'un demi-tour. Les cellules sont généralement réunies par deux dans une gaine muscilageuse.

— *Spirotaenia truncata* Archer (L1) (rr) (planche I, 3). Deux cellules de 42×9 et 50×12 . $L = 4 \times 1$.

— *Cylindrocystis Brebissonii* Meneg - dans plusieurs récoltes (c). Dimensions variables suivant les récoltes (moyenne : $51,5 \times 16,6$). Cellules cylindriques à marges parallèles, bouts hémisphériques. Les plastes sont toujours étoilés avec un pyrénioïde central, vue apicale circulaire.

— *Netrium digitus* (Ehr) Itz et Rothe. Certainement l'espèce la plus commune dans toutes les récoltes.

— *Netrium digitus* (Ehr) Itz et Rothe var. *lamellosum* (Breb) grönb. (LB) (c) $L = 162 \times 40,5$ striction = 38,8.

— *Gonatozygon Brebissonii* De Bary (LB) (L1) (L2) (c) a (cc). $L = 149 \times 4,86$ cellule très allongée.

Famille des Desmidiacées.

- *Closterium abruptum* W. et W. (L1) (cc). L = 141,3; l = 16,8.
- *Closterium acutum* Breb. (PL) (c). L = 143,2; l = 5,5.
- *Closterium acutum* Breb. var. *linea* (Perty) W. et W. (TPL) (c) (planche I, 4). L = 114,5; l = 3,55; bouts = 1,52. Diffère du type par rapport L/l = 30 et partie centrale rectiligne à marges parallèles.
- *Closterium cynthia* De Not. (LB) (r). L = 96; l = 12.
- *Closterium Dianae* Ehr. (L2) (c). L = 169,2; l = 15,6.
- *Closterium Dianae* Ehr. var. *arcuatum* (Breb) Rabenh. (TPL) (c) L = 140; l = 14,3; bouts = 5,8. Diffère du type par sa taille, sa courbure plus prononcée et ses bouts tronqués obliquement.
- *Closterium gracile* Breb. (TPL) (LB) (c). L = 25 à 40 fois la largeur; L = 200 à 241; l = 5 à 6,3.
- *Closterium intermedium* Ralfs (LB) (c). L = 370; l = 24; bouts = 9,3; 8 à 10 stries.
- *Closterium juncidium* Ralfs (TPL) (rr). L = 225; l = 8,35; bouts = 5,3; 6 stries.
- *Closterium kützingii* Breb. (TPL) (c). L = 334,6; l = 17,5; bouts = 3,3; 12 stries.
- *Closterium lunula* (Müll) Ralfs (LB) (c) (planche I, 5). L = 510; l = 92,6; bouts = 24,1. Grande cellule dont les plastes sont en 8 bandes parsemées de nombreux pyrenoïdes.
- *Closterium parvulum* Näg. (LB) seulement dans la Cariçaie. L = 104; l = 10,5; bouts = 3-4.
- *Closterium striolatum* Ehr. (L1) (LB) (c). L = 360; l = 21,55; bouts = 9,1.
- *Penium margaritaceum* (Ehr.) Breb. (TPL) (ac) (photo 2). L = 132; l = 20,6; bouts = 12,4. Cellules cylindriques ou légèrement fusiformes avec ceintures de croissance - membrane jaune-brun-clair ornée de granules disposés en ligne non droite dans le sens de la longueur.
- *Penium polymorphum* Perty. (L3) (PL) (cc). L = 54; l = 20,4; bouts arrondis.
- *Pleurotaenium eugeneum* (Turn.) W. et W. (TPL) (r). L = 629; l = 38; bouts = 29,6. Cellules de L = 17 à 20 × 1. Chaque demie cellule, au niveau de l'isthme, présente toujours une forte ondulation suivie d'une deuxième plus légère. La membrane présente des pores visibles même sur les cellules pleines. Les pôles sont ornés de 10 à 12 tubercules. Plastes en bandes (4). Signalés en Allemagne, en Grande-Bretagne et en Suisse.
- *Pleurotaenium trabecula* (Ehr.) Näg. dans toutes les récoltes effectuées dans les Cariçaies (c). L = 468; l = 33,8; isth = 27,1.
- *Tetmemorus Brebissonii* (Menegh.) Ralfs var. *minor* De Bary. (L1) (c). L = 62,5; l = 19,2. Diffère du type par sa taille plus petite.
- *Tetmemorus granulatus* (Breb.) Ralfs (L1) (cc) (LB) (c) (planche I, 6). L = 178; l = 35; isth = 32.
- *Euastrum abruptum* (Nordst.) *fa. minus* W. et G.S.W. (L1) (c).

L = 26,5; l = 16,5; isth = 5,2. KRIEGER dans le « Kryptogamen-Flora » donne le nom de *E. denticulatum* (Kirchn) Gay. nom conservé aussi par IRÉNÉE-MARIE : *E. abruptum*.

— *Euastrum affine* Ralfs (PL) (rr). L = 117; l = 61; isth = 17; 1 pol = 26,6. Se distingue de *E. humerosum* par le nombre de protubérances disposées en deux rangées 4 + 2 pour *E. affine* et 3 + 2 pour *E. humerosum*.

— *Euastrum ansatum* Ehr. (L1) (TPL) (LB) toujours (c). L = 88; l = 42; isth = 12.

— *Euastrum ansatum* (Ehr.) var. *dideltiforme* Ducell. (L1) (r). L = 87,5; l = 44; isth = 10; 1 pol = 19,5; ép. = 32,5 (planche I, 7).

— *Euastrum bidentatum* Nägeli (LB) (ac). L = 52; l = 32; isth = 10; incision apic. = 5,2. Espèce de forme pyramidale tronquée avec ornementation du centre : 3 à 5 granules et un granule aigu de chaque côté de l'incision apicale qui est linéaire et profonde (jusqu'à 8 μ).

— *Euastrum bidentatum* (Näg.) var. *speciosum* (Boldt.) Schm. (TPL). L = 51,3; l = 36; isth = 10,2; ép. = 24. Diffère du type par l'ornementation centrale et le tour plus anguleux.

— *Euastrum binale* (Turp.) Ehr. var. *hians* W. West (L3) (ac). L = 16; l = 14; isth = 2,6; ép. = 6,2. De même dimension que le type sauf l'isthme et l'épaisseur qui sont plus faibles.

— *Euastrum binale* (Turp.) Ehr. type (TPL) (L3) (cc). L = 16,6; l = 14,4; isth = 4,25; ép. = 10,1. Petite espèce sans incision apicale - sommets à angles droits portant comme de petites épines - centre de l'hémisomate occupé par une protubérance souvent importante.

— *Euastrum didelta* (Turp.) Ralfs (PL) (L1) (c) (photo 3). L = 84,03; l = 42,16; isth = 12,10.

— *Euastrum dubium* (Näg) var. *ornatum*. Wol. (L1) (rr). L = 36; l = 24; isth = 6,5; 1 pol = 14,8.

— *Euastrum elegans* (Breb.) Kütz. (c) à (cc) dans toutes les récoltes. L = 28-34; l = 19-23; isth = 5,6-6,5; ép. = 10,5-12,5. Dans (L2) des formes à hémisomate normal et l'autre immature.

— *Euastrum gemmatum* Breb. (LB) (c). Nombreuses formes tératologiques. L = 52,6; l = 38,8; isth = 8,4; 1 pol = 21,6; ép. = 22,2.

— *Euastrum humerosum* Ralfs (PL) dans les Sphaignes (c). L = 108; l = 65; isth = 16,2; 1 pol = 31,5; ép. = 43.

— *Euastrum insigne* Hass. (PL) (L3) (c). L = 112,5; l = 59,4; isth = 17,7; 1 pol = 31,6.

— *Euastrum insulare* (Wittr.) Roy. (L3) (PL) (c) à (cc). L = 25; l = 18,2; isth = 5,2; 1 pol = 13. Espèce à membrane nue et sans protubérance centrale, vue de profil l'hémisomate est elliptique à sommet légèrement aplati, se trouve généralement dans des détritrus organiques.

— *Euastrum montanum* W. et G.S.W. (PL) (c) L = 22,3; l = 17,05; isth = 5,7; 1 pol = 12,2.

— *Euastrum oblongum* (Grev.) Ralfs (L1) (LB) (c). Toujours dans les Cariçaies. L = 151-165; l = 66-70; isth = 21-22,5; inc. apic. = 9-10,5.

- *Euastrum pectinatum* Breb. (L1) (L2) (TPL) (c). L = 64; l = 43; isth = 12.
- *Euastrum pectinatum* (Breb.) var. *brachylobum* Wittr. (LB) (r) (planche I, 8). L = 68-70; l = 47-51; isth = 10-13,6; l pol = 29,5. Cellule à trois lobes par hémisomate; l'incision apicale fait totalement défaut; lobes latéraux légèrement émarginés, membrane plus épaisse aux angles.
- *Euastrum pinnatum* Ralfs (PL) (cc). L = 104-123; l = 52-59; isth = 15-18; l pol = 36-40; ép. = 33-38. Espèce de forme générale rectangulaire, caractérisée par ses 5 lobes séparés par des sinus profonds. Membrane ponctuée et très épaisse aux angles.
- *Euastrum pulchellum* Breb. (L2) (ccc) (LB) (ac) (TPL) (c). L = 36; l = 23,9; isth = 5,2; incis. pol = 18,7.
- *Euastrum subalpinum* Messik (TPL) (PL) (c). L = 17-18; l = 14-14,5; isth = 3,9-4,5; apex = 10,5-11,0. Cellule de L = 1 1/3 l. Espèce voisine de *E. insulare*. Ornementation: 8 granules sur le tour - l'apex est délimité par deux petites épines.
- *Euastrum sublobatum* Breb. (PL) essor. sphaignes (c). L = 25; l = 18; isth = 8; apex = 12.
- *Euastrum verrucosum* (Ehr.) (L1) (LB) dans Cariçaie (r) (photo 4). L = 97-107; l = 68-78; isth = 19-22; l pol = 33-38.
- *Euastrum verrucosum* (Ehr.) var. *alatum* Wolle (LB) (ac). L = 81-83; l = 71-73,5; isth = 17-21; l pol = 36-40. Diffère du type par ses sinus fermés qui s'ouvrent au fond et se referment en dehors en forme de bec d'oiseau de proie.
- *Micrasterias denticulata* Breb. (L1) (LB) (ac). L = 224; l = 198; isth = 25; l pol = 63.
- *Micrasterias papillifera* Breb. (LB). L = 131; l = 117,3; isth = 18,2; l pol = 37,4.
- *Micrasterias pinnatifida* (Kütz) Ralfs (c) à (cc) dans toutes les récoltes. L = 66; l = 70; isth = 15; l pol = 49.
- *Micrasterias rotata* (Grev.) Ralfs (L1) (TPL) (LB) (ac) à (acc) (photo 5) L = 272; l = 240; isth = 34; l pol = 51. Dans la récolte du 23 juillet 1970 jusqu'à 27 cellules par préparation ont été dénombrées.
- *Micrasterias thomasiana* Arch. (L1) (c). L = 232; l = 212; isth = 30,2.
- *Actinotaenium cucurbita* (De Bary) Teiling. (TPL) (c). L = 16-19; l = 11-13; isth = 7,2-8,6.
- *Actinotaenium cucurbita* (De Bary) Teiling (L3) (LB1) (cc). L = 40; l = 20; isth = 15,5.
- *Cosmarium abruptum* Lund. (L2) (r). L = 18; l = 14,2; isth = 4,5; ép. = 9,2.
- *Cosmarium adoxum* (W. et W.) var. *denticulatum* G.S. West (TPL) (L2). L = 8; l = 8; isth = 2; ép. = 3,2-3,5. Très petite cellule de L = 1. Sommets droits ayant 3 granules. Angles des sommets avec les marges latérales en angle droit. Marges latérales ayant 1 granule vers la base.
- *Cosmarium amoenum* Breb. (PL2) (c). L = 48,8; l = 23,5; isth = 18,2.

— *Cosmarium amoenum* Breb. var. *mediolaeve* Nordst (L3) (c). L = 40; l = 24,1; isth = 17,2. Se distingue du type par son centre dépourvu de granules et par la rangée double de granules de chaque côté de l'isthme.

— *Cosmarium angulosum* Breb. (PL2) (r). L = 16,3; l = 14,4; isth = 4,6; ép. = 7,6. Petite cellule à hémisomates presque hexagonaux. Membrane lisse et sans protubérance.

— *Cosmarium Blytii* Wille (LB) (rr). L = 13,5; l = 12; isth = 5. A comparer avec *C. humile*. Se distingue par son contour plus arrondi, ses crénelures non aigües et sa protubérance du centre qui a 4 granules au lieu d'un seul.

— *Cosmarium boeckii* Wille (LB2) (r). L = 36,6; l = 32,4; isth = 7,9; ép. = 18,1.

— *Cosmarium Botrytis* Menegh. (LB) (ar). L = 85; l = 58; isth = 18,5.

— *Cosmarium Botrytis* (Menegh) var. *mediolaeve* W. West (LB) (c). Diffère du type par le sommet faiblement concave, ses granules disposés en séries concentriques diminuant de taille vers le centre. Centre nu. En vue apicale, il est bien visible que les sommets sont également nus. Dimensions un peu plus faibles que dans le type L = 67,5; l = 57,2; isth = 17,4.

— *Cosmarium connatum* Breb. (L) (LB) (planche I, 9). L = 65; l = 43; isth = 34.

— *Cosmarium contractum* Kirch. (TPL) (c). L = 44,5; l = 29,7; isth = 7,7; ép. = 22,8.

— *Cosmarium crenatum* Ralfs (L1) (T/V) (c). L = 26-28; l = 21-22; isth = 9-9,8.

— *Cosmarium Debaryi* (Arch.) (TPL) (L2) (LB) (c) dans ces récoltes. L = 109; l = 52; isth = 34; ép. = 1.

— *Cosmarium depressum* (Näg) Lund. (TPL) (LB) (r). L = 40; l = 41; isth = 14; ép. = 19.

— *Cosmarium difficile* Lüttk. (L1) (TPL) (c). L = 30; l = 18; isth = 5,5; ép. = 10,5.

— *Cosmarium difficile* (Lüttk) var. *dilatatum* Borge (TPL) (L2) (LB) (ar). L = 29,1; l = 17,8; isth = 4,6. Cellule dont la forme générale est un hexagone irrégulier. Diffère du type par l'hémisomate plus large du haut que du bas, et les scrobicules plus faciles à observer.

— *Cosmarium difficile* (Lüttk) var. *sublaeve* Lüttk (L2) (ac). L = 28; l = 17,6; isth = 5; ép. = 11. Diffère du type et de la var. *dilatatum* par les marges latérales qui convergent vers le sommet qui est rétus. Ornementation : 3 rangées de granules, une à l'apex, une centrale et une à la base.

— *Cosmarium elegantissimum* Lund. (LB) (r). L = 48; l = 22.

— *Cosmarium elegantissimum* (Lund.) var. *simplicus* West et G.S. West (TPL) (cc). L = 57,5; l = 23,6; isth = 22,2. Diffère du type par l'ornementation : membrane ornée de gros granules aplatis disposés en

sept séries longitudinales de chacune sept granules visibles de front par hémisomate.

— *Cosmarium globosum* Bulnh. (L1) (TPL) (ac) (LB) (cc). L = 30,3; l = 23,7; isth = 19,2 en vue apicale : circulaire.

— *Cosmarium globosum* (Bulnh.) var. *subaltum* Messik. (L3) (PL) (ac). L = 36,9; l = 23,0; isth = 17,8 (planche I, 10).

— *Cosmarium granatum* (Breb.) var. *alatum* Jacobs. (L1) (L2) (TPL) (ac). L = 33,6; l = 23; isth = 5,6.

— *Cosmarium Hammeri* (Reinsch) var. *protuberans* West et West (L1) (cc). L = 26; l = 10; isth = 6; ép. = 14.

— *Cosmarium Holmiense* Lund. var. *attenuatum* Gutw. (T/V) (ac). L = 53,5; l = 30,3; isth = 14,5; ép. = 22,0; l pol = 22. Cellule plus rectangulaire que le type.

— *Cosmarium Holmiense* Lund. var. *integrum* Lund. (LB2) (r). L = 46; l = 28; isth = 14.

— *Cosmarium hornavanense* Gutw. var. *Dubiovanum* (Lützk) Rôž (L2) (c) (photo 6). L = 71; l = 53; isth = 18,2.

— *Cosmarium humile* (Gay) Nordst - dans toutes les récoltes (ac) à (c). L = 13,4; l = 12,5; isth = 4,2; ép. = 8,5.

— *Cosmarium humile* (Gay) Nordst var. *glabrum* Gutw. (L1) (L2) (ar). L = 15,8; l = 15,2.

— *Cosmarium impressulum* Elfv. var. *crenulatum* (Näg.) Krieg. (TPL) (L2) (c). L = 28; l = 19,6; isth = 5,5; ép. = 12. Espèce ayant 8 ondulations bien marquées par hémisomate.

— *Cosmarium impressulum* Elfv. var. *suborthogonum* Racib. (T/V) (c). L = 18; l = 14,4; isth = 3,7; ép. = 10,5. Petite espèce ayant 6 ondulations sur le tour de chaque hémisomate.

— *Cosmarium Lundellii* Delp. var. *ellipticum* West (LB) (c). L = 53,3; l = 39; isth = 15,5.

— *Cosmarium margaritatum* (Lund.) Roy. et Bisset. (TPL) (c). L = 95; l = 73; isth = 25.

— *Cosmarium margaritatum* (Lund.) Roy. et Bisset. fa. *minor* Bold (L1) (LB) (r) (TPL) (c). L = 56; l = 43; isth = 14. Se distingue du type par sa petite taille.

— *Cosmarium margaritatum* (Lund.) Roy. et Bisset. fa. *subrotundata* W. et G.S. West (TPL) (LB) (c) (photo 7). L = 88,4; l = 70,2; isth = 26.

— *Cosmarium margaritifera* Menegh. (TPL) (L2) (r). L = 54-59; l = 47-52; isth = 14-15; ép. = 27-29.

— *Cosmarium moniliforme* (Turp.) Ralfs var. *panduriformis* Heimerl. (L2) (LB) (ac). L = 23,5; l = 16,2; isth = 12. Chaque hémisomate est une petite sphère ayant un plaste et un pyrénioïde. Variété plus petite que le type mais à isthme très large.

— *Cosmarium obtusatum* Schm. (c) à (cc) dans toutes les récoltes. L = 52 à 55; l = 43,5-46; isth = 15-17; ép. = 24-26,5.

— *Cosmarium ochtodes* Nordst (L2) (LB) dans Cariçaie (c). L = 93; l = 65; isth = 25.

- *Cosmarium ochtodes* Nordst var. *amoebum* W. et West (LB) (c). L = 85,81; l = 65,1; isth = 19,55 (moyenne sur 15 cellules).
- *Cosmarium ornatum* Ralfs (L1) (r). L = 34-36; l = 34-37; isth = 11,5.
- *Cosmarium pachydermum* Lund. (L1) (L2) (TPL) (c) à (cc). L = 94; l = 70; isth = 30.
- *Cosmarium pachydermum* Lund. var. *aethiopicum* W. et G.S. W. (TPL) (cc). L = 91-103; l = 70,5-77; isth = 29-33; ép. = 41-43,5. Se distingue du type par la faible épaisseur de sa membrane et une très fine ponctuation entre les scrobicules qui ornent la cellule (détail visible sur les cellules vides).
- *Cosmarium phaseolus* Breb. (L2) (c). L = 30; l = 25,2; isth = 6,1.
- *Cosmarium phaseolus* Breb. var. *elevatum* Nordst (LB) (ac). L = 28,3; l = 26,4; isth = 10,4.
- *Cosmarium portianum* Arch. (cc) dans Cariçaie (r) dans les autres récoltes. L = 37; l = 27,5; isth = 10.
- *Cosmarium pseudopyramidatum* Lund. (L3) (ac). L = 50,4; l = 32,8; isth = 9,3; ép. = 18,6; bouts = 12,5.
- *Cosmarium pseudoretusum* Duce! var. *inaequalipellicum* (W. et W.) Krieg. (L1) (TPL) (c) (photo 8). L = 28-30; l = 22-23,5; isth = 7-9; ép. = 10-12.
- *Cosmarium quadratum* Ralfs (TPL) (L) (LB) (ac) (c). L = 64; l = 37; isth = 21,6; ép. = 28,5.
- *Cosmarium quadrum* Lund. (L2) (LB2) (r). L = 88,4-83; l = 70,2-68; isth = 26-24.
- *Cosmarium quasillus* Lund. (L1) (T/V) (r). L = 64; l = 52; isth = 15,5; ép. = 38.
- *Cosmarium rectangulare* Grün. (TPL) (L2) (LB) (r) à (c). L = 44,4; l = 31,5; isth = 8; ép. = 20.
- *Cosmarium Regnellii* Wille. var. *pseudoregnellii* Krieg et Gerlof. (TPL) (ac). L = 14,4; l = 13,3; isth = 4,5; ép. = 7,2. Espèce trouvée dans plusieurs lacs de haute montagne : Belledonne, Oisans.
- *Cosmarium sphagnicolum* W. et G.S.W. toutes les récoltes (c) à (r). L = 10,7; l = 12,6; isth = 5,7; ép. = 5,1.
- *Cosmarium sportella* Brebiss. (T/V) (ac). L = 48; l = 41; isth = 13,5; ép. = 25; bouts = 19.
- *Cosmarium sportella* Breb. var. *subnudum* W. et G.S.W. (L1) (LB) (T/V) (ac). L = 64; l = 43; isth = 14.
- *Cosmarium subcostatum* Nordst (LB) (r). L = 35; l = 30,5; isth = 8.
- *Cosmarium subcostatum* Nordst var. *minor* W. et G.S.W. (TPL) (L2) (LB) (ac). L = 26,7; l = 24,3; isth = 8,1.
- *Cosmarium subcrenatum* Hantzsch. (LB2) (T/V) (ac). L = 26,5; l = 24; isth = 8,2.
- *Cosmarium subdeplanatum* Schm. (TPL) (ac). L = 44,5; l = 37,6; isth = 14,5; ép. = 24.

- *Cosmarium subprotumidum* Nordst (LB1) (r). L = 28; l = 23,6; isth = 7,8.
- *Cosmarium subtransiens* Croasd. (TPL) (L2) (ac). L = 19,4; l = 16; isth = 4,8; ép. = 10.
- *Cosmarium subtumidum* Nordst (L2) (LB) (c) (planche I, 11) dans Caricaie. L = 43,5; l = 31; isth = 8,5.
- *Cosmarium subundulatum* Wille (TPL) (PL) (T/V) (r) à (rr). L = 55,2; l = 40,7; isth = 15,9; ép. = 29,5.
- *Cosmarium tetragonum* (Näg) Arch. var. *ornatum* Krieg (LB) (c). L = 44,2; l = 25; isth = 7,8; ép. = 16,3. Distribution = Allemagne (Bavière), Alpes françaises, Amérique du Nord.
- *Cosmarium tetraophthalmum* Breb. (L1) (L2) (TPL) (LB) (c). L = 109; l = 77; isth = 26.
- *Cosmarium tinctum* Ralfs (TPL) (ac). L = 15,6; l = 11,4; isth = 6,8; ép. = 8,3.
- *Cosmarium trilobulatum* Reinsch. var. *minutum* Förster (PL) (cc). L = 12,5; l = 11,0; isth = 3,0; ép. = 7,2.
- *Cosmarium undulatum corda* (L2) (cc). L = 52; l = 41; isth = 13,5.
- *Cosmarium undulatum corda* var. *minutum* Wittr. (LB) (r). L = 24,5; l = 19,6; isth = 5,3. Se distingue du type par sa petite taille, la longueur ne dépasse pas 30 µm.
- *Cosmarium venustum* (Breb) Arch. var. *Basichondrium* (Nordst) Krieg. et Gerl. (TPL) (PL) (cc) à (c) (photo 9). L = 37; l = 28; isth = 7; ép. = 15,6; l pol = 16. Petite cellule à membrane fortement ponctuée et ayant un pore central.
- *Xanthidium antilopaeum* (Breb) Kütz (LB) (L2) (c).
Avec épines : L = 83-85; l = 81-86; isth = 18-19; ép. = 34-37.
Sans épines : L = 57-59; l = 51-53,5; isth = 18-19; ép. = 34-37.
- *Arthrodesmus octocornis* Ehr (L1) (L2) (LB) (TPL) (c) (planche I, 12). L = 33; l = 30; isth = 7.
- *Arthrodesmus bifidus* Ehr. var. *latidivergens* West (LB) (c). Sur épines L = 15; l = 13,7; isth = 5,0.
- *Staurodesmus Boergeseni* (Messik) Croasd. (L3) (ac) (planche I, 13). Signalée en Suisse et au Labrador. L = 14; l = 17; isth = 7,5; épines l = 6. Petite plante à sinus peu marqué. Hémisomate trapézoïdale ayant aux deux angles des épines divergentes.
- *Staurodesmus connatus* (Lund.) Thomasson (PL2) (c). L = 17-23,5; l = 16,5-20,6; isth = 4,5-5,8.
- *Staurodesmus convergens* (Ehr.) Teil. (L1) (LB) (TPL) (c) à (ac). L = 36-42; l = 46-52,5; isth = 8,5; ép. = 21-22.
- *Staurodesmus convergens* (Ehr.) Teil. var. *Laportei* Teiling. (LB2) (L2) (c) (photo 10). L = 42; l = 45; isth = 10,5. Diffère du type par la forme de l'hémisomate plus ovale et deux épines opposées.
- *Staurodesmus crassus* (West) Florin (L3) (c). L = 18,4; l = 20; isth = 10,2. Distribution : Scandinavie, Finlande, Irlande, Grande-Bretagne. Petite cellule à sommets convexes, marges latérales convexes donnant à la demi-cellule une forme de triangle. Sinus peu marqués.

— *Stauroidesmus dejectus* (Breb.) Teiling. (TPL) (L2) (PL2) (LB) (c) dans les Cariçaies généralement (c). L = 30; l = 32; isth = 6. Cellule à constriction profonde, sinus presque rectangulaires, arrondis à l'isthme. Cellule de L = 1. Sommets des hémisomates droits ou légèrement convexes. Vue apicale triangulaire.

— *Stauroidesmus Diekiei* (Ralfs) Lillier (L1). L = 25-27; l = 36-38; isth = 5,4-5,7.

— *Stauroidesmus Dickiei* (Ralfs) Lill. var. *circularis* (Tur.) Croas (LB) (c). L = 31-32; l sur épines 36-38,5; isth = 10.

— *Stauroidesmus extensus* (Borge) Teiling (PL) (TPL) (L3) (ac) à (c). Distribution : Europe, Amérique du Nord. L = 13,4; l = 12,5; isth = 6,8. Avec les épines : L = 19,8; l = 20; cellules de L = 1.

— *Stauroidesmus Incus* (Breb) Teil. (L3) (PL) (r) (c). L = 22,6. l = 24,3; isth = 5,6; ép. = 7,2.

— *Stauroidesmus isthmus* (Heimerl.) Croas. (L3) (c) (planche I, 14). L = 18,9; l = 20,1; isth = 6,7; ép. = 8.

— *Stauroidesmus mamillatus* (Nordst) Teiling (LB) (c). L = 21; l = 26,2; isth = 5,3.

— *Stauroidesmus mamillatus* (Nordst) Teil. var. *maximus* (W. West) Teil. (LB) (c). L = 26; l sans épines = 24; avec épines = 32; isth = 6; long. de l'isth = 7. Petite cellule à constriction profonde, l'isthme est cylindrique, et de face prend une forme rectangulaire.

— *Stauroidesmus O'. Mearii* (Arch.) Teiling (L3) (c). Distribution : Europe, Amérique du Nord, Japon. Ancienne désignation : *Staurastrum O'. Mearii* Archer. L = 15,3; l = 15,4; isth = 7,1. Petite algue, se distingue par sa vue apicale triangulaire à côtés concaves, les épines des angles sont droites, fortes et pointues et en plan sont nettement divergentes.

— *Stauroidesmus pachyrhynchus* (Nordst) Teiling (PL2) (c). Distribution : Zone arctique, Amérique du Nord (planche I, 15). L = 31-38; l = 33-37; isth = 8,8-10,2. Cellule à constriction profonde, à sinus presque rectangulaire et aigus au fond, sommets arrondis, marges latérales droites, à membrane plus épaisse aux angles. Vue apicale triangulaire.

— *Stauroidesmus phimus* (Turner.) Thomas. var. *occidentalis* (West) Teil. (PL2) (c). L = 16; l = 18; isth = 8.

— *Stauroidesmus sellatus* Teil. (PL2) (c). Distribution : Suède, Finlande, Grande-Bretagne, Nouvelle-Zélande, Afrique. Avec épines : L = 28; l = 29,7; isth = 5,6; ép. = 8.

— *Stauroidesmus spencerianus* (Mask) Teiling (L1) (r). L = 29; l sur épines = 46; isth = 9.

— *Stauroidesmus subpygmaeus* (W. West) Croas var. *subungulatus* (West) Teil. (LB1) (ac) (photo 11). L = 47,51; l = 39-40,5; isth = 8,1-10.

— *Stauroidesmus triangularis* (Lugerh.) Teil. var. *subhexagonus* (West) (L3) (ac). L = 15; l = 14; isth = 7.

— *Staurastrum alternans* Breb. (TPL) (LB) (r) à (c) (planche I, 16). L = 26,2; l = 26,5; isth = 7,7.

— *Staurastrum avicula* Breb. (TPL) (r). L = 32; l = 35; isth = 9,4.

— *Staurastrum brachiatum* Ralfs (TPL) (L3) (PL) (c) à (cc). L = 27,5-38,5; l = 26-51; isth = 7-11,5.

— *Staurastrum capitulum* Breb. (L1) (LB) (r) à (ac). L = 31; l = 25,6.

— *Staurastrum controversum* Breb. (TPL) (L3) (PL) (c). L = 30,3; l = 51,6; isth = 10,4.

— *Staurastrum crenulatum* (Näg.) Delp. (LB) (L1) (c). L = 23; l = 23; isth = 6.

— *Staurastrum crenulatum* (Näg.) Delp. var. *britannicum* Messik (LB) (c). L = 36,8; l = 38; isth = 11,2 (photo 12).

— *Staurastrum dilatatum* Ehr. (TPL) (LB) (cc) (planche I, 17). L = 28,2; l = 32; isth = 8,2.

— *Staurastrum furcatum* (Ehr.) Breb. (TPL) (r). Sans les appendices : L = 21,5-22,5; l = 18-19; isth = 7,3. Avec les appendices : L = 27-28,6; l = 35-37. Petite cellule à constriction profonde; sinus acuminés s'élargissant à angle droit à l'extérieur. Hémisomates ovales ou dans certains cas circulaires; marges dorsales et latérales de même courbure. Angles latéraux se prolongeant en appendices courts et gros à extrémités bifides; généralement moins longs que ceux des angles. Vue apicale toujours triangulaire, à côtés légèrement concaves, traversés de part et d'autre par les appendices latéraux insérés intramarginalement; angles aigus prolongés par les appendices angulaires dont les pointes se projettent l'une sur l'autre.

— *Staurastrum furcatum* (Ehr.) Breb. var. *pisciforme* Turner (TPL) (L1) (L3) (c). L = 38,2; l = 31,3; isth = 10,8. Cellules à constriction profonde et à sinus moins ouverts que dans le type. Les appendices sont terminés par des épines doubles, plus longues et des granules aigus entourent les angles latéraux.

— *Staurastrum furcatum* (Ehr.) Breb. var. *vanoisii* var. *nov.* (planche I, 18 et photos 13 et 13 bis). Petit lac du Lait sur Termignon, altitude 2 200 mètres, 2 récoltes donnant en abondance cette variété. Récoltes (PL). Les dimensions sont constantes. Sans appendices : L = 26-27; l = 25-26,5; isth = 6,8-7,5. Avec appendices : L = 32-33,5; l = 29-31.

Frère IRÉNÉE-MARIE dans la flore du lac St-Jean décrit une variété proche de celle-ci, *St furcatum* var. *spinatum* I.M. présentant une différence : l'épine de l'appendice latéral est convergente alors que dans *vanoisii* les épines divergent toujours. Cellules de L égale à l à constriction profonde, diffère du type par les sommets généralement rétus émarginés. Autre différence : la vue apicale toujours triangulaire à côtés légèrement concaves et rétus entre les 2 groupes d'épines, les angles se terminent par une forte épine simple, alors que dans les autres variétés et le type elle est double.

Je dédie cette variété aux Chercheurs et Scientifiques du Parc National de la Vanoise.

Diagnose : *Cellula longitudine latitudini aequalis, alte constricta. A typo differt angulis retusis atque marginatis, desuper visa semper triangula, lateribus paulum concavis atque retusis. Anguli in robustam simplicemque spinam desinant, ea vero in aliis varietatibus typoque duplex est.*

- *Staurastrum furcigerum* Breb. (PL) (ac). Sans épines L = 36; avec appendices L = 61; l = 31; avec appendices 53-55.
- *Staurastrum Heimerlianus* Lütken (TPL) (PL) (r) à (c). L = 19,2-20,3; l = 24-27,5; isth = 6,6-9,1.
- *Staurastrum Hystrix* Ralfs (L3) (c). L = 24; l = 24; isth = 7,8.
- *Staurastrum inconspicuum* Nordst (LB) (c) (L3) (c). L = 14,5; l = 13; isth = 6,3.
- *Staurastrum iotanium* Wolle (LB) (c). L = 17,6; l = 16,2; isth = 3,6.
- *Staurastrum Lunatum* Ralfs (LB) (r) (planche I, 19). Sur épines : L = 31; l = 40; isth = 7,2.
- *Staurastrum margaritaceum* (Ehr.) Menegh. (c) dans toutes les récoltes L = 25-28; l = 25-36; isth = 8,8-9,3.
- *Staurastrum Meriani* Reinsch (LB) (ac). L = 42,6; l = 26; isth = 15,6.
- *Staurastrum muticum* Breb. (LB) (cc). L = 38; l = 38; isth = 9,6.
- *Staurastrum orbiculare* Ralfs var. *angulatum* Kaiser (LB) (ac). L = 34,8; l = 32,4; isth = 14,3.
- *Staurastrum orbiculare* Ralfs var. *depressum* Roy. et Bisset. (LB) (cc). L = 30,1; l = 30,1; isth = 10,4.
- *Staurastrum paradoxum* Meyen. (TPL) (LB) (ac). Sur appendices L = 42,2-43,5; l = 59-62; isth = 8,8.
- *Staurastrum paradoxum* Meyen. var. *parvum* W. West (L1) (L2) (c). L = 26-19,2; l = 24-23,4; isth = 4,1-5,4. Se distingue par sa petite taille.
- *Staurastrum polymorphum* Breb. (L1.2.3) (TPL) (PL) (c). L = 24; l = 30; isth = 8,6. Hémisomates de formes très diverses.
- *Staurastrum protectum* West et G.S. West (L1) (TPL) (LB) (cc) à (ac) (photo 14). L avec épines = 29-32; sans épines = 27-28; isth = 8,8. l avec épines = l sans épines = 29,7-30,5. Cette espèce est fréquente dans les Cariçaies.
- *Staurastrum pseudopisciforme* Eich. et Gutw (L1) (c). Sans les épines : L = 27; l = 28 - avec épines : L = 36; l = 38.
- *Staurastrum quadrangulare* Breb. (PL) (r). L sans épines = 26,3; avec épines = 31,2. l sans épines = 27,7; avec épines = 32,2; isth = 11,1.
- *Staurastrum senarium* (Ehr.) Ralfs (PL) (c). L = 35; l = 30; isth = 10,5.
- *Staurastrum sexangulare* Lund. (TPL) (r). L = 27,5; l = 32,4; isth = 11,3.
- *Staurastrum simonyi* Heim. (TPL) (L3) (PL) (cc) (planche I, 20). L = 22,5; l = 22,5; isth = 7,5.
- *Staurastrum subcruciatum* Cook et Wills (LB) (cc). L = 30; l = 34; isth = 8,1.
- *Staurastrum teliferum* Ralfs toujours (c) dans toutes les récoltes sur épines. L = 41; l = 36 - sans épines L = 35; l = 28; isth = 11.
- *Staurastrum tetracerum* Ralfs (TPL) (c). Petite cellule plane de

dimensions fort variables. L avec appendices = 26-32; l avec appendices = 19-31; isth = 4,7-7,2.

— *Staurastrum vestitum* Ralfs (LB) (L2) (cc). L = 32-34,5; l = 46-59; isth = 11-14.

— *Spondylosium pulchellum* Arch. (TPL) (PL) (ccc) (planche I, 21). Cellules en longs filaments. L = 10,6-11; l = 9,0-9,3; isth = 2,7-3,3; ép. = 5,1-5,5.

— *Spondylosium pulchellum* Arch. var. *bambusinoïdes* (Witt.) Lund. (PL) (c). L = 12,8-15,1; l = 10,5-13,0; isth = 3,3-4,1; ép. = 5,2-6,5. Diffère du type par les sommets plus allongés et plus dégagés et les bases concaves.

— *Sphaeroszma excavatum* Ralfs (TPL) (cc). L = 13,6; l = 12,1; isth = 6,6; ép. = 5,2.

— *Teilingia granulata* (Roy. et Biss.) Bourr. (TPL) (PL) (L3) (LB) (c) (planche I, 22). Espèce (c) dans les Cariçaises, (r) dans les autres récoltes. L = 8,63; l = 11,31 (moyenne sur 40 cellules).

— *Desmidiium swartzii* C.A. Agardh. (TPL) (L1) (LB) (c) à (cc). Longs filaments de cellules triangulaires en vue apicale. L = 14-16; l = 36-38.

— *Bambusina moniliformis* (Ehr.) Teiling (TPL) (L3) (LB) (T/V) (cc). Ancien nom *Gymnozyga moniliformis* Ehr. Cellules en forme de barillets. L = 26-29,5; l = 23-26,5; bouts = 16-17.

— *Hyalotheca dissiliens* (Smith) Breb. (TPL) (L1.2) (LB) (c) à (ccc). Cellules en longs filaments, entourés généralement d'une gaine muscila-gineuse. Pour chaque cellule : L = 14,6; l = 21,3.

Cette liste appelle les commentaires suivants :

Parmi les Chlorophycées accessoires de l'ordre des Chlorococcales, *Pediastrum Braunii* est une espèce caractéristique des Alpes et des régions polaires. Cette algue décrite pour la première fois en 1862 des marais tourbeux de St-Moritz (Engadine), a été retrouvée par CHODAT au lac de Champex (Suisse) et au Grand St-Bernard. LAGERHEIM (1900) l'a signalée à l'île aux Ours et BORGE (1911) au Spitzberg.

Nous avons trouvé cette espèce à plusieurs reprises dans des lacs de montagne du Dauphiné : lac de la Fare dans le massif des Rousses, lac Punay, lac Fourchu dans le massif du Taillefer...

En ce qui concerne les Desmidiées dont la grande majorité des espèces peuple uniquement les eaux acides et les tourbières à Sphaignes, le petit nombre de stations prospectées ne nous permet pas de dégager les caractéristiques du peuplement des milieux humides du Parc National de la Vanoise; néanmoins, le recensement de 192 espèces dont une variété nouvelle doit être un encouragement à poursuivre ces recherches.

BIBLIOGRAPHIE

ALLORGE, P. et LEFÈVRE, M. (1925). — Algues de Sologne. Sess. extraord. en Sologne. *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, LXXII, 28 p.

- BAÏER, P. (1957). — Une tourbière du Dauphiné « le Luitel ». *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 104, 20 p., 38 fig.
- BOURRELLY, P. (1966). — *Les algues d'eau douce*, t. 1 : *Les Algues Vertes*, 511 p., 117 pl., Boubée édit.
- BOURRELLY, P. (1972). — Une espèce méconnue, « *Scenedesmus oahunensis* ». *Revue Algo. Nelle. Ser.*, X, 4.
- 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.
- BROOK, A.J. (1959). — The published figures of the Desmid. *Staurastrum paradoxum* (1). *Revue Algo. Nelle. Ser.*, IV, 4, 81 fig.
- CHODAT, R. — *Scenedesmus*, étude génétique, de systématique expérimentale et d'hydrobiologie. *Revue d'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.
- 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.
- 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.
- GRÖNBLAD, R., GERALD, A., PROWSE and M. SCOTT, A. (1958). — Sudanese Desmids I, *Acta. Bot. Fennica*, 58, 82 p., 29 pl.
- GRÖNBLAD, R., GERALD, A., PROWE and M. SCOTT, A. (1962). — Sudanese Desmids II, *Acta. Bot. Fennica*, 19 p., 4 pl.
- 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.
- IRÉNÉE-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 tératologie des Desmidiées*. Paris, Lechevalier Edit.
- MESSIKOMMER, E. (1963). — Beitrag zur kryptogamenflora der schweiz katalog der schweizerischen. Desmidiaceen nest Angaben Über deren Ökologie und geographisch verbreitung Band 14 Helt 1.
- PASCHER, A. (1915). — Die Süßwasser flora Mitteleuropas - Heft 5 Chlorophyceae III - tetrasporales - protococcales. Iena Verlag von Gustav Fischer.
- PRESCOTT, G.W., HANNAH T., CROASDALE and VINYARD, W.C. (1977). — A synopsis of North American Desmids. Part II, Desmidiaceae Placodermae. Sect. I et II. Public. of Tres. Synopsis was supported by the Nation. Sciences Foundation, 279 p. + 413 p., 147 pl.
- RALFS, J. — The British Desmidiaceae. *Hist. Nat. Classica XXVIII* read. de 1848, 2^e edit. J. Cramer D. 3301 Lehre.

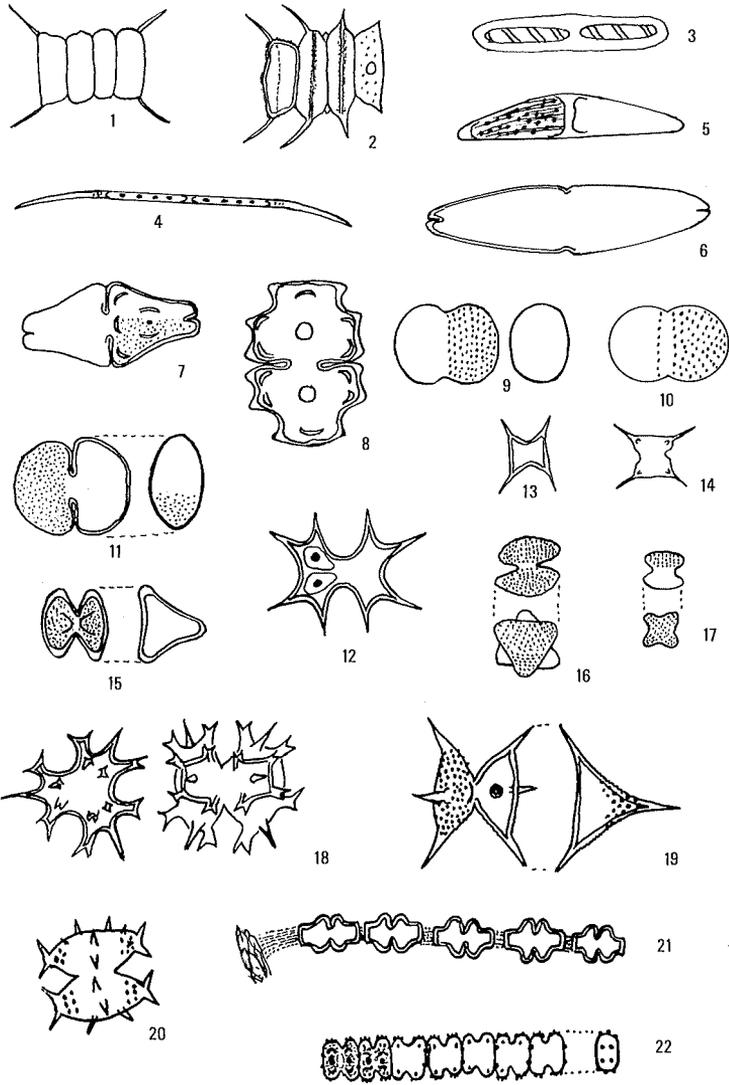
PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- RŮŽIČKA, J. (1973). — Die Zieralgen der Naturshutzgebietes « Rez à binee » (süd böhemem) Preslia, Praha 45.
- SKUJA, H. (1976). — Priehsdardi-Latvizas Alguflorai IV Bibl. phycologiaica. Band 26, 85 p., 119 fig.
- TEILLING, E. (1967). — The desmid Genus *Staurodesmus*. A taxonomic study. *Ark. För. Bot.*, Band 6 ur 11, 467-629, 31 pl.
- THOMASSON, By Kuno. (1973). — *Actinotaenium-cosmariium*, and *staurodesmus* in the plankton of Rotorua Lake-Swensk. *Bot.*, 20 p.
- WEST, W. et WEST G.S. — *A monograph of British Desmidiaceae*, vol. 1 à 5, 1904-1923, vol. 5 by N. Carter, Ray. Soc.

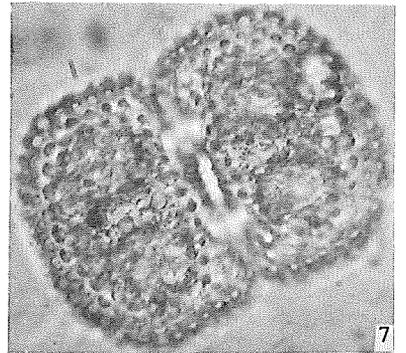
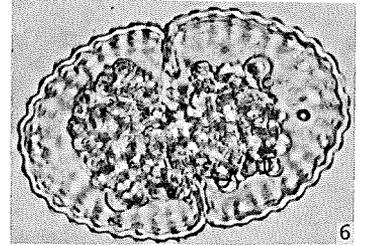
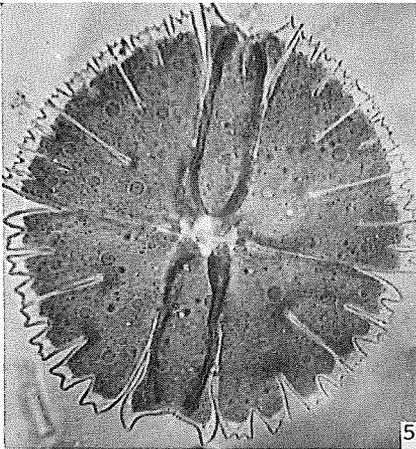
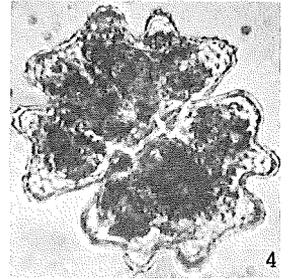
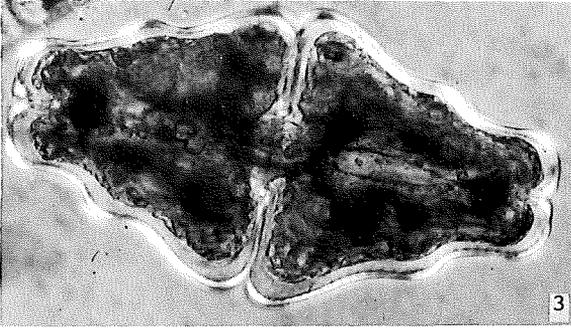
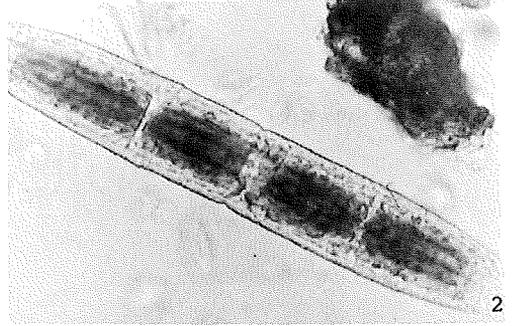
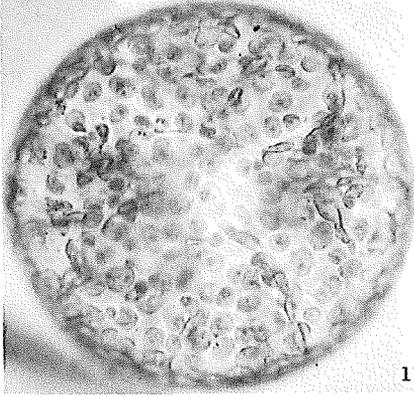
PLANCHE I

1. — *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb. (× 370).
2. — *Scenedesmus oahunensis* (Lemm) GM. Smith (× 370).
3. — *Spirotaenia truncata* Archer (× 200).
4. — *Closterium acutum* Breb. var. *linea* (Perty) W. et W. (× 375).
5. — *Closterium lunula* (Müll) Ralfs (× 225).
6. — *Tetmemorus granulatus* (Breb.) Ralfs (× 200).
7. — *Euastrum ansatum* (Ehr.) var. *dideltiforme* Duceil. (× 225).
8. — *Euastrum pectinatum* (Breb.) var. *brachylobum* wittr. (× 300).
9. — *Cosmariium connatum* Breb. (× 200).
10. — *Cosmariium globosum* (Bulnh.) var. *subaltum* Messik. (× 425).
11. — *Cosmariium subtumidum* Nordst (× 425).
12. — *Arthrodesmus octocornis* Ehr.
13. — *Staurodesmus Boergesnii* (Messik) Croasd. (× 425).
14. — *Staurodesmus isthmus* (Heimerl.) Croasd. (× 425).
15. — *Staurodesmus pachyrhynchus* (Nordst) Teiling (× 250).
16. — *Staurastrum alternans* Breb. (× 250).
17. — *Staurastrum dilatatum* Ehr. (× 250).
18. — *Staurastrum furcatum* (Ehr.) Breb. var. *vanoisii* var nov. (× 600).
19. — *Staurastrum Lunatum* Ralfs (× 400).
20. — *Staurastrum simonyi* Heim. (× 600).
21. — *Spondylosium pulchellum* Arch. (× 700).
22. — *Teilingia granulata* (Roy. et Biss.) Bourr. (× 600).

CONNAISSANCE DES DESMIDIÉES



PARC NATIONAL DE LA VANOISE



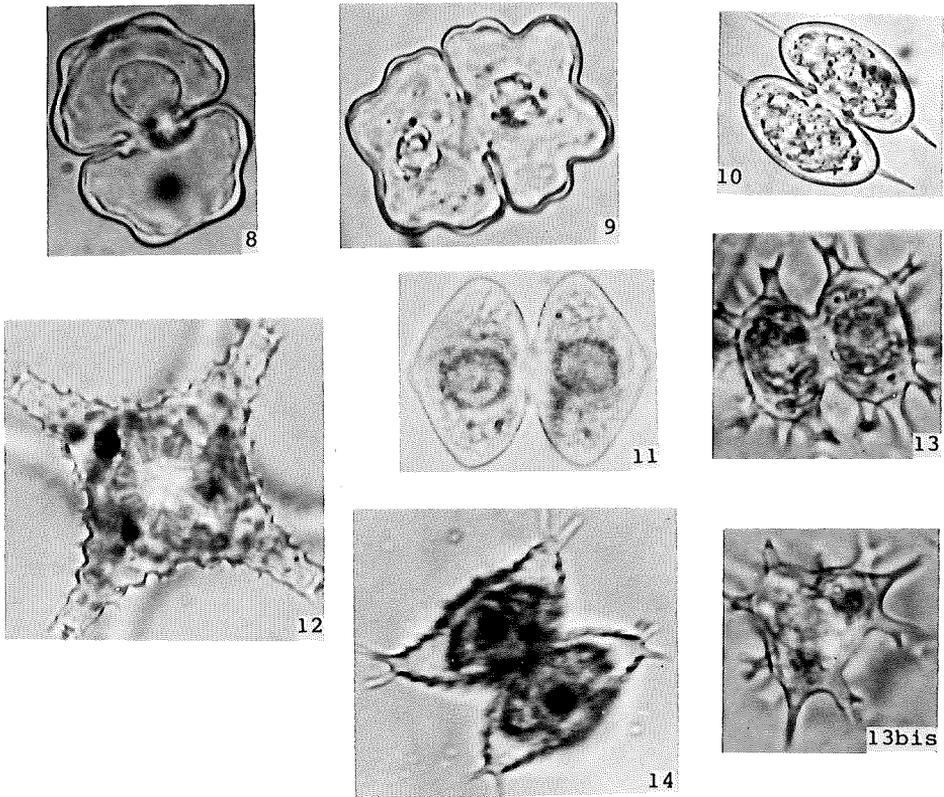


PLANCHE II

1. — *Eremosphera viridis* de Bary.
2. — *Penium margaritaceum* (Ehr.) Breb.
3. — *Euastrum didelta* (Turp.) Ralfs.
4. — *Euastrum verrucosum* (Ehr.).
5. — *Micrasterias rotata* (Grev.) Ralfs.
6. — *Cosmarium hornavanense* Gutw. var. *Dubiovanum* (Lüttk).
7. — *Cosmarium margaritatum* (Lund.) Roy et Bisset fa. *subrotundata* W. et G.S. West.
8. — *Cosmarium pseudoretusum* Ducl. var. *inaequalipellicum* (W. et W.) Krieg.
9. — *Cosmarium venustum* (Breb) Arc. var. *Basichondrum* (Nordst) Krieg et Gerl.
10. — *Staurodesmus convergens* (Ehr.) Teil. var. *Laportei* Teiling.
11. — *Staurodesmus subpygmaeus* (W. West) Croas var. *subungulatus* (West).
12. — *Staurastrum crenulatum* (Näg.) Delp. var. *britannicum* Messik.
13. — *Staurastrum furcatum* (Ehr.) Breb. var. *vanoisii* var. nov.
- 13 bis. — id. vue apicale.
14. — *Staurastrum protectum* West et G.S. West.

IMPRIMERIE LOUIS-JEAN

Publications scientifiques et littéraires

TYPO - OFFSET

05002 GAP - Téléphone 51-35-23 -

Dépôt légal 598-1978