

MINISTÈRE  
DE LA QUALITÉ DE LA 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 VI

1975

**Cahiers du Parc National de la Vanoise**  
15, rue du Docteur-Julliand  
73000 - CHAMBÉRY — (France)



## SOMMAIRE

COMPOSITION DU COMITÉ SCIENTIFIQUE .....	5
LISTE DES COLLABORATEURS .....	7
B. KAISER. — <i>Etude géodynamique de versants dans le massif de la Vanoise : orientations et résultats récents</i> .....	9
Ch. P. PEGUY. — <i>Quelques aspects peu connus de la pluviométrie en Tarentaise</i> .....	41
P. GENSAC. — <i>Différents aspects de l'impact du tourisme hivernal sur le milieu</i> .....	63
R. DELPECH. — <i>Observations préliminaires sur les conséquences écologiques de l'abandon de l'exploitation pastorale</i> .....	69
J. ASTA, G. CLAUZADE et C. ROUX. — <i>Staurothele sapaudica</i> ASTA, CLAUZADE et ROUX species nova .....	89
M. ORLANDINI et C. BULARD. — <i>Principales caractéristiques de la germination des graines photosensibles de Pins; comparaison avec d'autres matériels</i> .....	95
P. BOVEY et P. GRISON. — <i>La Tordeuse grise (Zeiraphera diniana Gn) important ravageur des Mélézins alpins</i> .....	115
P. RAMBAUD. — <i>Le village dans la société urbaine</i> .....	141
D. LAMOURE. — <i>Agaricales de la zone alpine. Genre Omphalina (2<sup>e</sup> partie)</i> .....	153
J.C. DEBAUD. — <i>Influence de la température sur la croissance des mycéliums de Clitocybes alpins (Basidiomycètes - Agaricales)</i> . .....	167
J. BOURGOGNE. — <i>Supplément à l'inventaire des Macrolépidoptères et Pyralides du Parc de la Vanoise</i> .....	175



## COMPOSITION DU COMITÉ SCIENTIFIQUE DU PARC NATIONAL DE LA VANOISE

### *Président :*

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

### *Vice-Président :*

\*M. Philippe TRAYNARD, Professeur à l'Université de Grenoble, Vice-Président du C.A.F.

### *Secrétaire :*

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

### *Membres du Comité :*

- M. Maurice BARDEL, Ancien Directeur du Parc National de la Vanoise.  
M. Paul BARRUEL, Attaché au Museum National d'Histoire Naturelle.  
M. Roger BENOIST, Président de la Société d'Histoire Naturelle de la Savoie.  
M. Jean BOURGOGNE, Sous-Directeur au Museum National d'Histoire Naturelle.  
\*M. Clément BRESSOU, Membre de l'Institut, Secrétaire général du Conseil National de la Protection de la Nature.  
M<sup>lle</sup> 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 Forêts, Grenoble.  
M. Charles DEGRANGE, Professeur à l'Université de Grenoble.  
M. René DELPECH, Maître-Assistant à l'Institut National Agronomique, Paris.  
M. Philippe DREUX, Professeur à l'Université de Paris VI.

- M. François ELLENBERGER, Professeur à l'Université de Paris-Orsay.
- M. René FONTAINE, Ingénieur général honoraire du Génie Rural des Eaux et Forêts, Evian.
- M. Pierre GENSAC, Professeur au Centre Universitaire de Savoie, Chambéry.
- M. Paul GIDON, Professeur au Centre Universitaire de Savoie, Chambéry.
- M. Alain GILLES, Coordinateur des bureaux régionaux de Science et Technologie à l'Unesco.
- M. Jean GOGUEL, Directeur du bureau de Recherches Géologiques et Minières.
- M. Robert KÜHNER, Correspondant de l'Institut, Professeur à l'Université de Lyon.
- M. Philippe LEBRETON, Professeur à l'Université de Lyon.
- \*M. Claude LEVI, Directeur-Adjoint du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- M. Louis LLIBOUTRY, Professeur à l'Université de Grenoble.
- M. Jacques MANOURY, Conservateur chargé de la section des arts et traditions populaires à l'Inspection des musées classés et contrôlés, Palais du Louvre, Paris.
- M. Charles-Pierre PEGUY, Directeur de Recherche au C.N.R.S., Grenoble.
- \*M. Denys PRADELLE, Architecte-Urbaniste, Chambéry.
- M. Maurice REYDELLET, Directeur départemental des Services vétérinaires des Hautes-Alpes.
- M. Henri RICHARD, Ingénieur Agronome, Membre de l'Académie d'Agriculture.
- M. Paul VEYRET, Directeur de l'Institut de Géographie alpine, Grenoble.

---

\* Membres du Conseil d'Administration du Parc de la Vanoise.

## LISTE DES COLLABORATEURS DU VOLUME

Cette liste comprend, outre les auteurs ayant participé personnellement à certaines parties du volume et qui sont indiquées 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.

- \*J. ASTA, *Maître-Assistante à l'Université de Grenoble.*
- \*J. BOURGOGNE, *Professeur au Museum National d'Histoire Naturelle, Paris.*
- \*P. BOVEY, *Professeur émérite de l'Ecole polytechnique fédérale de Zürich.*
- \*C. BULARD, *Professeur au Laboratoire de Physiologie Végétale, Nice.*
- \*G. CLAUZADE, *Professeur à l'Ecole Normale d'Avignon.*
- \*J.C. DEBAUD, *Assistant à l'Université de Lyon.*
- \*R. DELPECH, *Maître-Assistant à l'Institut National Agronomique, Paris.*
- \*P. GENSAC, *Professeur au Centre Universitaire de Savoie, Chambéry.*
- G. GIRARD, *Technicienne à l'Université de Grenoble.*
- \*P. GRISON, *Directeur de la Station de Zoologie et de Biocénotique forestière de l'I.N.R.A., Versailles.*
- A. GUICHARD, *Aide-Technique à l'Université de Grenoble.*
- \*B. KAISER, *Assistante agrégée à l'Université de Paris VII.*
- \*D. LAMOURE, *Professeur à l'Université de Lyon.*
- M.C. NEUBURGER, *Assistante de Recherche à l'Université de Grenoble.*
- \*M. ORLANDINI, *Assistant à l'Université de Lyon.*
- P. OZENDA, *Professeur à l'Université de Grenoble.*
- \*Ch. P. PEGUY, *Directeur de Recherche C.N.R.S., ER30, Université de Grenoble.*
- A. PUPIER, *Dessinateur C.N.R.S., Université de Grenoble.*
- \*Cl. ROUX, *Laboratoire de Phytosociologie et de Cartographie, Université de Provence, Marseille.*
- R. ZANELLA, *Dessinateur C.N.R.S., Université de Grenoble.*



# ÉTUDE GÉODYNAMIQUE DE VERSANTS DANS LE MASSIF DE LA VANOISE : ORIENTATIONS ET RÉSULTATS RÉCENTS

par Brigitte KAISER (1)

I. — Domaine d'étude et thème de recherche .....	11
II. — Echelle d'étude et moyens d'investigation .....	15
III. — Les résultats de recherche pour les années 1971-1974 .....	21
Bibliographie .....	27

**Résumé.** — L'auteur qui travaille en géomorphologie dynamique sur « l'évolution quaternaire et le comportement actuel de quelques versants du massif de la Vanoise », précise ici son thème central d'étude (l'instabilité des versants) et les résultats escomptés (classification des versants, confrontation des facteurs structuraux et climatiques de leur différenciation, mise en évidence des mécanismes d'évolution pour des versants échantillons...). Il fait quelques propositions sur les méthodes et outils possibles de la géomorphologie dynamique en région de montagne (investigation directe légère, exploitation des dossiers techniques de génie civil, recensement des évolutions catastrophiques historiques ou actuelles...) et présente des résultats concrets correspondant à ses recherches en cours (cartes géomorphologiques, coupes de référence dans les dépôts quaternaires, données chiffrées sur le déplacement actuel des formations superficielles de versants...). Une bibliographie de 200 titres environ est jointe à l'article.

**Summary.** — In this article the author, who is currently doing research in dynamic geomorphology, in particular « The quaternary evolution and the present behaviour of certain slopes of the Vanoise mountain range », states her main topic of study (slope instability) and the results she expects to obtain (slope classification, a confrontation between the structural and climatic factors differentiating them, and a description of the evolutionary mechanisms related to selected slopes). Some suggestions are made for possible dynamic geomorphological procedures in studying mountainous areas (a direct investigation

(1) Maître-Assistante agrégée à l'Université de Paris 7. Laboratoire de Géographie physique de l'Université de Paris 7. Laboratoire associé du C.N.R.S. LA 141.

using light equipment, the use of geotechnic plans and files, the listing of historical or present day catastrophic movements...). Findings relating to the author's current research are then described (geomorphological maps, cuts in quaternary deposits to be used as examples, and data concerning the movement of superficial land slopes). A bibliography of approximately 200 references is included at the end of the article.

**Zusammenfassung.** — Im Rahmen der dynamischen Geomorphologie umfasst der Forschungsbereich des Verfassers Entwicklungsprozesse im Laufe des Quartärs und das jetzige Verhalten einiger Hänge im Vanoise-Massiv. Im vorliegenden Artikel werden der Schwerpunkt dieser Forschung (die Unbeständigkeit der Hänge), und die erzielten Ergebnisse (Klassifizierung der Hänge; Gegenüberstellung von strukturellen und klimatischen Faktoren, die sie voneinander unterscheiden; Feststellung von Entwicklungsprozessen an Hängen, die als Muster gelten dürfen) dargelegt. Es werden weiterhin einige Vorschläge unterbreitet, die im Gebirgsgelände anwendbare Methoden und Hilfsmittel der dynamischen Geomorphologie betreffen: Direkte Untersuchung der Beweglichkeit des Geländes unter Anwendung von leichten Werkzeugen; Ausnutzung der vom Amt für öffentliche Bauten zur Verfügung gestellten technischen Akten; Verzeichnis der heutigen und früheren Entwicklungsfälle katastrophaler Art; usw... Es werden ausserdem einige vom Verfasser schon erreichte konkrete Ergebnisse kurz beschrieben: geomorphologische Karten; aufschlussreiche Querschnitte durch Ablagerungen die auf das Quartär zurückzuführen sind; numerische Daten, die die jetzige Bewegung der Oberflächenbildungen an Hängen betreffen. Das Literaturverzeichnis zählt etwa zweihundert Titel.

Quelques années après la création du Parc National de la Vanoise les études géomorphologiques sur le massif de la Vanoise connaissent un regain de faveur et il serait heureux de pouvoir penser que ceci découle de cela.

Le dernier ouvrage d'importance « La Maurienne et la Tarentaise » de H. ONDE est ancien et ne traite jamais, à vrai dire, de la Vanoise comme d'un tout. Les premiers à avoir renoué avec l'exploration systématique du terrain sont, à notre connaissance, les étudiants et chercheurs de l'Institut de Géographie Alpine qui, sous la direction de P. VEYRET et R. VIVIAN, ont poursuivi depuis l'année 1968, et pendant une ou deux années chacun, des études glaciomorphologiques sur les différentes vallées du massif (2). Pour notre part, depuis l'été 1971, nous avons entrepris dans le cadre d'une thèse de doctorat d'Etat des travaux sur « l'évolution quaternaire et le comportement actuel de quelques versants du massif de la Vanoise ».

D'autres branches de la géographie physique, la climatologie en particulier, se penchent sur la Vanoise mais il demeure que dans le domaine des sciences de la nature ce sont la géologie et la botanique qui ont apporté les résultats les plus importants ces vingt dernières années. La lecture de travaux de doctorat suffit pour s'en convaincre : « Etude

(2) Cf. : Mémoires de maîtrise de Ph. ALPHONSE (1969), J.P. COLLICARD (1971), Y. PACCALET (1971), C. PONSON (1973), A. MARNEZY (1974).

géologique du pays de Vanoise » par F. ELLENBERGER, Paris, 1958 et « Contribution à l'étude de la zone houillère en Maurienne et en Tarentaise (Alpes de Savoie) » par J. FABRE, Paris, 1961; « Etudes écologiques sur les associations forestières de la Haute-Maurienne » par Ch. BARTOLI, Montpellier, 1966 et « Les forêts d'épicéa de Tarentaise » par P. GENSAC, Grenoble, 1967.

Toute analyse morphodynamique de versant vient donc à l'aval de ces recherches fondamentales sur le monde minéral et biologique. Elle doit se situer aussi par rapport aux études suscitées par l'équipement hydroélectrique et routier des Alpes du Nord qui peuvent, tout à la fois, alimenter une réflexion générale et en bénéficier.

Nous présentons ici les orientations majeures de notre recherche et quelques résultats récents issus d'une double démarche, fondamentale et appliquée. L'arrière plan méthodologique et technique est illustré par la bibliographie citée *in fine*.

## I. — DOMAINE D'ÉTUDE ET THÈME DE RECHERCHE

### A. — MASSIF ET PAYS DE VANOISE

Ayant mentionné le massif de la Vanoise comme domaine d'étude il ne nous semble pas inutile d'en préciser les contours car le vocable, très connu aujourd'hui, recouvre plusieurs réalités.

Dans son sens le plus limité et précis la Vanoise est d'abord un col : le COL DE LA VANOISE, le plus bas entre Arc et Isère moyens (2 515 m), au pied du sommet le plus élevé, la Grande Casse (3 852 m).

Paradoxalement, la Vanoise est aussi l'ensemble des hautes terres hétérogènes et discontinues, arêtes rocheuses et dômes glaciaires, qui de l'Aiguille de Pécelet à la Grande Motte séparent Maurienne et Tarentaise. H. ONDE en définit une partie comme « CHAÎNE DE VANOISE » (3). Une autre partie, englacée, est circonscrite sur les cartes topographiques sous l'expression de « GLACIERS DE LA VANOISE ».

Par extension le MASSIF DE LA VANOISE est un large domaine sis entre Arc et Isère, mais dont les limites, dans les textes comme sur les cartes, sont laissées à l'appréciation du lecteur.

Pour les géologues la ZONE DE VANOISE - MONT POURRI est une des bandes longitudinales qui découpent l'Arc alpin : marge interne de la zone

(3) H. ONDE, « La Maurienne et la Tarentaise », p. 81. « La chaîne de Vanoise se compose des bassins du ruisseau du lac de Tignes en amont du lac, du Doron de Champagny en amont du lac de la Plagne, de la moitié du bassin du même torrent en aval du lac de la Plagne, de la moitié de la Glière, de la Leisse en amont du ruisseau de la Vanoise » !



briançonnaise *sensu lato* dont l'équivalent externe est constitué par la zone houillère briançonnaise (4).

Pour le grand public, la Vanoise, même sous l'appellation de massif de la Vanoise, se confond avec le PARC NATIONAL DE LA VANOISE dont les bornes ne répondent évidemment pas à un critère d'organisation orographique mais expriment la bonne volonté des communes à céder telle ou telle portion de leur territoire.

Pour lever ces ambiguïtés nous proposons de considérer, ne fût-ce qu'à titre provisoire, le massif de la Vanoise comme *intersection* de deux ensembles :

- 1°) un ensemble orographique ceinturé par l'Arc et l'Isère,
- 2°) un ensemble géologique, celui des zones internes penniques métamorphiques (zone briançonnaise *sensu lato* à l'Ouest — c'est-à-dire zone de Vanoise - Mont Pourri et zone houillère —; zone piémontaise de la nappe des schistes lustrés et du massif du Grand Paradis à l'Est (fig. 1).

Cette définition a le mérite de la simplicité; elle englobe la plupart des acceptions du mot Vanoise; mais présente deux inconvénients :

— A l'Est, pour le géologue, elle isole arbitrairement les terres frontalières de rive droite de l'Isère.

— A l'Ouest, pour le topographe, elle tronque fâcheusement des portions de bassin-versant sur des critères d'appartenance aux zones subbriançonnaise ou ultra-dauphinoise (ainsi pour le bassin versant du Doron des Belleville).

Pour notre part, nous ne nous interdirons pas de retenir des versants-échantillons sur ces franges du massif.

## B. — LE THÈME DE RECHERCHE

Des préoccupations de géomorphologie dynamique appliquée à ce domaine de moyenne et haute montagne nous ont conduit à retenir *l'instabilité des versants* comme thème central de recherche.

Trois points doivent être soulignés :

1° Le versant considéré comme enveloppe d'un matériau se pose en objet privilégié de la géomorphologie dynamique, celle qui dépasse les oppositions de la géomorphologie structurale et de la géomorphologie climatique. En effet, les propriétés rhéologiques du matériau ainsi que sa résistance à l'ablation dépendent tant des données structurales (lithologie, fissuration) que des conditions bioclimatiques qui régissent, avec les précédentes, infiltration et ruissellement.

(4) F. ELLENBERGER, « Etude géologique du pays de Vanoise », p. 9 et 10. « Le pays de Vanoise est en gros l'homologue savoyard du pays briançonnais classique »... « Le pays de Vanoise est un lieu de transition, une charnière privilégiée. En première analyse on y voit la zone du Briançonnais (ou plutôt son prolongement un peu plus interne) devenir progressivement métamorphique sous les lambeaux de la nappe des schistes lustrés ».

La Vanoise, grâce à la complexité même de sa structure, favorise les comparaisons entre versants proches appartenant à des classes lithologiques différentes et pour lesquels l'ensemble des données climatiques actuelles ou anciennes peut, en première approche, être considéré comme identique. De façon complémentaire l'extension spatiale du massif et ses contrastes topographiques suggèrent de rechercher des gradients climatiques auxquels peuvent être confrontées les différences existant dans le modelé et la mobilité de versants, ou de portions de versant, sélectionnés sur chacun des axes climatiques définis.

De tels essais doivent permettre de préciser la part relative des « facteurs » climatiques et des « facteurs » structuraux dans la morphologie du massif.

2° Le Quaternaire récent, depuis 10 000 ans environ, est marqué dans les Alpes occidentales par les effets de la déglaciation. Au niveau des relations qui régissent l'équilibre d'un massif celle-ci a entraîné une modification considérable des conditions aux limites topographiques, hydrauliques et dynamiques. Bien qu'elle ait connu des récurrences glaciaires, cette période, jusqu'à l'Actuel, peut être considérée comme celle d'un réaménagement post-glaciaire, morphologique autant qu'hydrologique et biologique. Ce réaménagement est d'autant plus complexe qu'il s'est opéré dans un contexte climatique fluctuant.

3° L'instabilité n'est que l'expression de l'évolution active du versant par déformation ou rupture de ses matériaux constitutifs (roche en place ou altérites).

Les manifestations morphologiques en sont nombreuses, et variées dans leur géométrie, leur format : chaos de blocs éboulés, terrains boursofflés avec cicatrices d'arrachement, loupes de solifluxion...; elles ne nous intéressent pas pour elles-mêmes, mais replacées dans le cadre des processus évolutifs de versant.

Les processus, considérés comme la suite des actions suivies d'effet immédiat ou différé, appellent une reconstitution morphologique tant au niveau des modalités qu'au niveau chronologique. Pour des raisons fondamentales (un souci de simplification par le recours aux mécanismes de base), comme pour des raisons pratiques (le coût des datations absolues opposé à certaines informations gratuites sur le comportement actuel des versants), nous donnons la priorité à l'étude des *modalités d'action*. Ce choix n'exclut pas quelques références chronologiques précises par datation de tourbes, paléosols, ou encroûtements calcaires; il estompe la stratichronologie dont l'élaboration est rendue contestable en montagne par le poids des conditions locales.

## II. — ÉCHELLE D'ÉTUDE ET MOYENS D'INVESTIGATION

### A. — LA PLURALITÉ DES ÉCHELLES

Les objectifs que nous avons définis impliquent une étude menée simultanément à différentes échelles dont les apports s'éclairent mutuellement.

Nous pouvons situer approximativement les échelles spatiales suivantes :

- l'échelle de l'inventaire (5), échelle petite et moyenne du 1/200 000 au 1/20 000 environ;
- l'échelle de la monographie (6), échelle moyenne et grande échelle du 1/20 000 au 1/2 000 environ;
- l'échelle de la description des formes de détail, très grande échelle du 1/500 au 1/10 environ;
- l'échelle de l'analyse physique de l'échantillon, sans réduction, ou bien avec grossissement optique.

Pour le repérage dans l'ère quaternaire nous pouvons retenir à nouveau quatre catégories, caractérisées chacune par une durée possible d'observation et un certain degré de précision :

- l'« échelle » de vie de l'homme - individu ou société historique — bornée de un à mille ans environ pour notre région;
- l'« échelle » de vie des végétaux - individus ou groupement — de un à cinq cents ans environ;
- l'« échelle » de conservation du carbone 14, de — 40 000 à l'Actuel (7);
- l'« échelle » de conservation des pollens, utilisable pour tout le quaternaire.

Ces échelles se recoupent et se relaient (8).

(5) Exemple pour le massif de la Vanoise : Carte lithomorphologique du Parc National de la Vanoise (feuille de Moûtiers 1/100 000) par P. GENSAC, 1970 et Notice explicative de la carte écologique de Moûtiers - Parc National de la Vanoise 1/100 000, par P. GENSAC, 1972.

(6) Exemple pour le massif de la Vanoise. Carte de la végétation et conditions écologiques de la région du col de Chavière, par J. CLAUDIN et P. GENSAC, 1973 (carte au 1/20 000).

(7) Exemple pour la Vanoise : datation de faille sur le versant occidental de l'Aiguille Grive. Cf. : « Des failles d'âge quaternaire à Peisey », par J. GOGUEL. *Bul. Soc. Géol. France*, XI, 1969, 35-39.

(8) Exemple pour la Vanoise : au-dessus du Doron de Bozel le versant forestier qui s'étend au Nord de la Loze offre un cas d'étude possible sur un glissement saccadé, à partir des chroniques villageoises de la Nouve et de la Perrière sur le drainage du versant, et par l'analyse du comportement différentiel des jeunes et des vieux arbres.

De façon encore plus évidente que les précédentes elles supposent le concours de moyens d'investigation variés, plus ou moins onéreux, plus ou moins efficaces.

## B. — LES MOYENS D'INVESTIGATION

Nous ne prétendons pas dresser ici un tableau exhaustif des techniques et méthodes de la géomorphologie. Nous souhaitons simplement faire mention de quelques outils classiques, considérés comme « sûrs » et suggérer une éventuelle *discussion* sur le cas de certains autres, non spécifiques de la géomorphologie dynamique et dont l'utilisation est assez peu répandue encore par les tenants de cette discipline.

Les outils les plus classiques sont toujours la couverture régulière de photographies aériennes établie par l'I.G.N., les levés de terrain concernant formes et formations et les analyses simples de laboratoire (granulométrie...). Ils favorisent le stockage et l'analyse de l'information aux échelles moyennes du 1/25 000 au 1/5 000.

D'autres approches sont à considérer.

### 1° Pour la collecte d'images instantanées

Encadrant la couverture régulière I.G.N. deux types d'images originales sont à mettre au catalogue des études possibles; le bien fondé de leur utilisation en région de montagne n'est pas encore établi.

a) Nous citons tout d'abord des *documents existants* : documents de télédétection à distance élaborés à plusieurs centaines de kilomètres d'altitude et présentés sous la forme de photographies ou de bandes magnétiques.

Ils transcrivent l'intensité des radiations électromagnétiques émises par la terre et non absorbées par l'atmosphère; les longueurs d'onde différentes sont sélectionnées par des capteurs appropriés placés sur satellite. Ainsi fonctionne le « satellite de détection des ressources naturelles » E.R.S.T.1 muni d'un capteur à balayage multispectral. Les données relatives aux Alpes françaises sont transmises par la N.A.S.A. aux organismes français sous contrat. Elles permettraient, premièrement du fait de la petite échelle, de détecter les failles ou fissures de grande longueur; deuxièmement, grâce aux différentes tâches spectrales d'une même réalité de rechercher des glissements actuels ou anciens désignés par les caractères de forte humidité ou forte désagrégation des matériaux.

b) A l'autre bout de l'échelle existent les images de lame mince, lues au microscope polarisant.

Utilisées depuis fort longtemps en pétrographie les lames minces de roches révèlent la nature des minéraux, leurs agencements, leurs brisures

et altérations, tous susceptibles de guider le comportement mécanique de la roche en place. Est à prendre en considération aussi la micromorphologie, ou analyse de lames minces de « sols ». Sachant que certaines structures, à zoolithes par exemple, dont déjà reconnues comme caractéristiques de cryoturbation, nous supposons que la microstructure d'un sol mobile dans sa masse, sensiblement différente de celle d'un sol « fixé », évoluant par pédogénèse, migration latérale ou verticale de matières, est susceptible de fournir des indications complémentaires (sur le rôle des fines en particulier) à celles de la différenciation macroscopique en horizons pédologiques et de la sitométrie (9). Des échantillons prélevés à différentes profondeurs dans des matériaux fins modelés en loupe de solifluxion permettraient peut être d'établir des profils de comportement dynamique (10). De même peut être recherchée l'existence d'un type d'organisation particulier aux matériaux fins produits au cours d'une rupture catastrophique de versant (11).

## 2° Pour la collecte de données séquentielles

a) Parmi les *observations aériennes* celles effectuées depuis les satellites artificiels ont le mérite d'offrir une périodicité constante et courte (18 jours pour E.R.S.T.1). Souvent dénigrées au profit de vues prises d'avions troposphériques ou stratosphériques, elles présentent cependant un stock d'informations non négligeable, que traduisent mal les photographies tirées à petite échelle (E.R.S.T.1 retient un point d'information pour moins de un hectare de surface terrestre).

En région de montagne de telles données permettraient de suivre un agent morphogénétique essentiel : la neige.

La connaissance des étapes de l'enneigement, du déneigement, et de leur variabilité interannuelle conduirait à définir l'extension et la durée d'existence du domaine pour lequel il y a en hiver, et en première approche, uniformisation des actions morphogénétiques du simple fait de la mise en place d'une vaste « interface » commune sol-neige (cf. Domaine A de la figure 2). De façon complémentaire pourrait être défini statistiquement le degré de différenciation spatiale au moment du déneigement (ou de l'enneigement) et cernés des territoires pour lesquels la réduction de l'interface sol-neige conduit à des combinaisons spécifiques d'actions morphogénétiques (cf. : territoires 1, 2, 3, 4 de la figure 2).

b) *Au sol*, suivre l'évolution contemporaine d'un versant peut faire appel à des moyens simples ou « sophistiqués »; les uns relèvent de programmes d'action réalistes pour un chercheur « isolé », les autres de programme d'action industriel.

(9) Sitométrie : étude de la disposition des blocs et des pierrailles dans un matériel animé d'un mouvement de masse.

(10) Exemple d'étude possible : loupe du col de la Valette (2551 m); loupes au NE de la butte 2589,9 m du chaînon de Lanserlia.

(11) Exemple d'étude possible : masse éboulée du Val d'Enfer (Vallée des Belleville à Saint-Laurent-la-Côte).

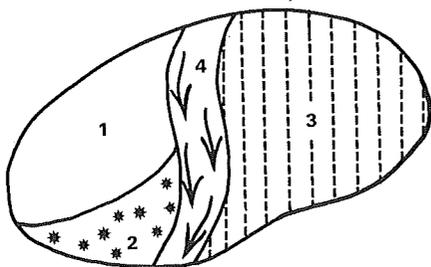


Fig. 2. — Limite du domaine A.

1. Territoire à déneigement durable et précoce.
2. Territoire à déneigement en tâches (action d'humidification et de dallage nival).
3. Territoire à déneigement tardif (fusion brutale et action de laves torrentielles consécutives à des précipitations liquides).
4. Territoire soumis à l'action des avalanches.

1. La connaissance du comportement actuel de versants en évolution spontanée rapide peut s'appuyer sur des *techniques légères* adaptées à des problèmes limités et précis : ainsi le marquage à la peinture, la prise de photographies pour la vision ordinaire ou stéréographique, la détermination d'alignement permettent de suivre une ouverture de fissure, le recul d'une tête de ravin, le déplacement de loupes de solifluxion...; une étape supplémentaire peut être franchie avec l'implantation dans un manteau d'altérites mobiles de repères, affleurant ou enfouis à faible profondeur, dont sont mesurés les déplacements différentiels linéaires et angulaires (12). Dans ce but nous avons adressé à la Direction du Parc National de la Vanoise une demande de mise en défends de trois parcelles expérimentales sur le chaînon de Lanserlia.

2. La connaissance quantitative du comportement actuel des versants longs soumis à des glissements lents repose essentiellement sur les *surveillances industrielles* dont les moyens sont les suivants :

— sondages mécaniques et mesures de petite géophysique : pour déceler en profondeur des terrains aquifères, des amas de glace fossile ou régénérée, des limites de terrain (roche en place-couverture) susceptibles de jouer le rôle de surfaces de glissement, ou pour apprécier l'état de désagrégation du matériau (13);

— mesures de hauteurs piézométriques (14), de pression interstitielle, et détermination des circulations d'eau à l'aide de traceurs;

— mesures, *in situ* et au laboratoire, permettant d'établir la loi rhéologique du matériau (15);

— mesures de déplacements, en surface et en profondeur, à l'aide de repères topographiques et inclinométriques (16).

(12) Cf. : Outillage mis au point par F. MORAND au laboratoire de biogéographie de l'École Normale Supérieure de Saint-Cloud et présenté par P. BIROT, in *Zeitschrift für Geomorphologie*, Supplément 9, 1970, p. 37-41.

(13) Exemple : Mesure effectuée par le Laboratoire de Géotechnique de Grenoble au versant du Siboulet en rive droite de l'Isère (Moutiers).

(14) Exemple : Mesure effectuée par l'E.D.F. au versant de Malgovert en rive gauche de l'Isère (Sééz).

(15) Exemple : Mesure effectuée par l'Équipement au versant de la Combe de l'Ouille en rive gauche de l'Arc (Modane).

(16) Exemple : Mesures effectuées au versant de Malgovert et au versant de la Combe de l'Ouille.

Pour un versant donné, la gamme complète des mesures précédemment citées est rarement utilisée. Dans tous les cas on note une grande absence : la mesure météorologique. Or les observateurs formulent parfois des rapprochements entre mobilité du versant et volume des précipitations; ils se fondent alors sur les données de la station météorologique la plus proche sans que soit tentée auparavant, sur la base de quelques années de mesure, une mise en corrélation des précipitations stationnelles et des précipitations sur le versant (exemple : Malgovert).

*Il y a là une lacune à combler* et nous considérons que dans certains cas les surveillances industrielles devraient être enrichies d'appareils météorologiques, peu coûteux relativement à l'ensemble des dépenses déjà effectuées, et sans lesquels ne peut être menée d'étude satisfaisante sur les relations entre mouvements du sol et devenir de l'eau précipitée.

c) Les mesures géodésiques entreprises par les instituts géographiques nationaux permettent de mettre en évidence l'existence de *mouvements verticaux — ou horizontaux — d'ensemble*. Ainsi pour les massifs cristallins des Alpes suisses, françaises et italiennes les travaux effectués sur cinquante ou quatre-vingts ans suivant les pays indiquent tous, avec une forte probabilité, des vitesses de surrection concordantes d'une dizaine de centimètres par siècle (17). La technique actuelle du laser permet d'obtenir des mesures très précises. Pour nous, le problème est de savoir s'il existe une relation entre ces mouvements d'ensemble et les mouvements différentiels d'instabilité de versant dont la vitesse est d'un ordre de grandeur bien supérieur.

## C. — LA DÉMARCHE

Nous adoptons pour le massif de la Vanoise l'étude alternée à moyenne et grande échelle, appuyée par la couverture complète de photographies aériennes et les rapports monographiques.

Cette démarche apparaît dans le plan de travail suivant :

1° Parcours du terrain et utilisation des photographies aériennes pour un inventaire et une classification des versants perçus comme unités de paysage (cf. : Mission des années 1971-1974).

2° Etudes monographiques centrées sur la dynamique des versants (cf. : Mission 1973-1974).

Les versants sont choisis comme représentants des classes précédemment définies et l'objectif de telles études est double :

a) Tester la validité de la classification générale et l'affiner au niveau de la *hiérarchie* des unités morphodynamiques.

(17) Cf. J.H. LEVALLOIS (1973), « Sur la mise en évidence d'un mouvement de surrection des massifs cristallins alpins ». *Bull. Inf. Inst. Géog. Nat.* (p. 12-15).

b) Apporter une information supplémentaire sur les *processus d'évolution*. Dans ce but, les travaux peuvent porter globalement ou de façon préférentielle sur les points suivants :

— reconstitution des séquences morphogénétiques par les méthodes classiques de l'analyse morphologique (y compris celles des datations relative ou absolue);

— mise en valeur des relations décelables par des observations non répétées entre instabilité de versant et données structurales d'une part, entre mobilité de versant et couvert végétal d'autre part;

— identification du comportement actuel de quelques versants-échantillons, par l'exploitation des dossiers techniques de travaux publics et l'investigation directe sur le terrain.

### 3° Enquête systématique à l'échelle du massif.

Au niveau fondamental, elle peut concerner quelques traits du paysage morphologique ou végétal susceptibles d'être rapprochés d'une instabilité de versant :

— les alignements de fractures ou fissures;

— les grandes « ouvertures » de la pelouse au niveau de certains abrupts développés sur formations superficielles — ou gypse —. Leur origine peut être climatique (réenneigement) ou mécanique directe (cisaillement - recouvrement);

— les « grands pierriers festonnés » appelés parfois rapidement « glaciers-rocheux »; ils peuvent dans leur genèse concilier action mécanique glaciaire et action mécanique non glaciaire (éboulement par exemple...);

— les versants et soubassements gypseux.

A un niveau plus appliqué les recensements peuvent porter :

— sur les glissements de terrain déclenchés, réactivés ou fixés par l'intervention humaine manifestée sous quelques formes que ce soit (tranchée, irrigation, drainage...);

— sur les mouvements de matériaux, mouvement individuel ou de masse ayant porté atteinte au déroulement normal des activités en montagne.

### III. — RÉSULTATS DE RECHERCHE POUR LES ANNÉES 1971-1974

Nos résultats s'insèrent dans le cadre précédemment décrit et peuvent être rapidement présentés.

#### A. — RÉSULTATS AYANT FAIT L'OBJET DE DÉVELOPPEMENTS

1° *Un relevé géomorphologique au 1/20 000 du secteur de Moutiers 7/8 Modane 3* (à paraître dans « Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise »).

Le terrain centré sur la cuvette de Pralognan et axé sur les vallons respectifs des Prioux, des Glières, et du ruisseau de la Vanoise est géologiquement un domaine charnière, un des plus complexes du massif, tant par la variété lithologique que par le style des déformations tectoniques. Il nous a été possible de reconnaître les traits les plus utiles pour nous, faciès lithologiques et systèmes de discontinuités — plans stratigraphiques et de schistosité, diaclases et fractures — grâce aux indications détaillées données sur le terrain par F. ELLENBERGER et ses élèves B. GOFFÉ et G. URBANO-GOFFÉ. Nous pensons que dans ce secteur le cloisonnement des unités physionomiques, et même la variété des unités morphodynamiques, sont commandés par les faits structuraux : ceux-ci ont guidé de façon différentielle tant l'érosion glaciaire (18) que le réaménagement post-glaciaire dû aux agents internes (décompression) et externes (neige - eau liquide). Ainsi, au-delà d'un certain seuil thermique, la macrogélivation dépend plus de l'état de fissuration de la roche que de l'intensité du froid.

Matériaux et agents d'évolution actuels permettent d'opposer deux grandes catégories de versants :

— les versants à « étages morphogénétiques », découpés en tranches altitudinales (ex. : la retombée occidentale du Dôme de Chasseforêt).

— les versants fonctionnant comme une unité morphodynamique du sommet au fond de vallée — sinon au talweg (ex. : versant oriental du Roc de la Pêche).

2° une carte géomorphologique au 1/6 000 du chaînon de Lanserlia.

3° un article de présentation sur des « épisodes morphodynamiques quaternaires du chaînon de Lanserlia » (à paraître dans « Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise »). Cette étude à grande échelle répond à deux objectifs :

a) Avoir un domaine et une carte de référence sur les chaînons calcaires et leurs produits de démolition matérialisés par les grands

(18) Ex. : Sous les glaciers de la Vanoise les cirques d'altitude dont la répartition semble obéir à des variations dans l'orientation et le pendage des plans de schistosité autant qu'à des différences pétrographiques stricto-sensu.

pierriers. A Lanserlia l'analyse de détail permet de reconnaître des actions mécaniques glaciaires et périglaciaires (pour le transport lent des débris) et des actions mécaniques non glaciaires (pour la fourniture et l'étalement brutal des débris); pour ces dernières deux hypothèses peuvent être présentées : ou bien une détente de versant, ou bien un fait de néotectonique.

b) Eprouver la recherche interdisciplinaire de géomorphologie dynamique et d'écologie végétale. Dans le domaine supra-forestier, crêtes et versants de Lanserlia offraient sur une tranche altitudinale comprise entre 2 300 et 2 900 m, et pour des expositions allant de NW à SE, une grande variété de groupements végétaux et de milieux morphodynamiques dont les relevés et la cartographie ont été effectués en parallèle par L. AMANDIER (19) et J. GASQUEZ (20) d'une part, nous même d'autre part.

4° un article sur « Faciès locaux et provinciaux du temps en France les 17 et 28 mars 1972. Etude comparée ». (B. KAISER, Information Géographique, mai-juin 1974). Cet essai, mené à partir des documents météorologiques courants, pose, sur un exemple concret, le problème des échelles et des limites en climatologie descriptive et dynamique. Il souligne l'importance des types de situation aérologique sur la différenciation spatiale du temps au sol, et par là, prépare des choix pour d'éventuelles implantations stationnelles et des études de corrélation entre stations anciennes et postes nouveaux.

## B. — RÉSULTATS RÉSUMÉS ICI

Ils s'appuient sur des observations personnelles de terrain, et sur des rapports écrits ou oraux concernant l'évolution actuelle des versants.

### 1° Formes et formations quaternaires

La classification des versants (cf. § 2-1) suppose la reconnaissance préalable des formes et formations de versant. Les cartes géologiques anciennes, sous l'appellation de « Glaciaire » témoignent mal de la diversité des dépôts quaternaires.

Aussi nous avons recherché quelques bonnes coupes de référence afin de distinguer dans leur structure, les formations morainiques strictes des autres. Elles nous ont permis de reconnaître :

a) l'importance des éboulements ou glissements anciens, encore actifs ou non.

— En Maurienne, par exemple, l'éboulement bien connu de la Madeleine tranché par une coupe nouvelle perpendiculaire à la coupe

(19) L. AMANDIER : chercheur au Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques de Montpellier.

(20) J. GASQUEZ : chercheur au laboratoire de Malherbologie de l'I.N.R.A., Dijon.

naturelle de l'Arc dévoile la structure cataclastique des matériaux.

- En Tarentaise, dans la vallée des Allues, sous la Tougnète, le glissement des Grandes Combes est marqué en haut de versant par des fissures dans la formation superficielle et la roche en place; en bas de versant les coupes exécutées pour la construction de la station du Mottaret en 1972 montrent l'enfouissement des alluvions récentes du Doron des Allues sous les apports « solifluants » de versant.

b) l'épaisseur variable et l'hétérogénéité des matériaux observés sous les talus d'éboulis.

- Certaines coupes, comme celle qui tranche le cône du Colliouroe à Pralognan ou celle qui entaille les débris des Plates de la Daille en rive droite de la haute Isère, montrent les relais latéraux et verticaux — donc chronologiques pour ceux-ci — entre mouvements de masse et mouvements individuels, soit de façon simplificatrice entre éboulement et éboulis. Ces derniers, lorsqu'ils sont développés à partir d'éléments calcaires ou quartzitiques offrent le plus souvent une structure de groize litée.
- D'autres coupes, comme dans la chaîne du Mont Pourri, celle pratiquée par la route d'accès à la piste du Grand Col sous la pointe des Arandelières, montrent un mince dallage de gros géofracts sur un manteau de moraine à fines et gros blocs. Dans ce cas l'éboulis est superficiel et il y a convergence de forme entre le profil concave d'un tablier d'éboulis et celui d'une moraine (mince ?) de versant.
- À Pralognan il est intéressant de mettre en relation les dépôts de pente fins et grossiers du cône de Colliouroe avec les accumulations « deltaïques » du fond de cuvette auquel il se rattache topographiquement (Le Plan) et dont une coupe récente (1974) a révélé sur 6 mètres la succession de galets, d'argiles et dépôts sommitaux grossiers. L'épaisseur de la lentille d'argile plastique (1 mètre) est un gisement possible pour l'analyse pollinique.

c) l'impact des épisodes climatiques inscrit, en dehors du modelé, dans les caractéristiques des dépôts eux-mêmes.

Nous mentionnons ici trois cas significatifs :

- des dépôts de nature différente superposés sur une même verticale.

Un exemple est fourni en rive droite de l'Arc par la coupe de Lanslebourg montrant des dépôts fluviaux ou deltaïques fins (galets, sables et limons) très bien lités, épais d'une douzaine de mètres et recouverts sur quatre à cinq mètres par une formation hétérométrique à structure non ordonnée (moraine remaniée ?).

- des dépôts fortement cryoturbés, témoins des effets d'une phase froide.

En Maurienne deux coupes sont exemplaires : celle de la sablière de Bramans taillée dans les alluvions anciennes de l'Arc, en fond de vallée donc; celle qui à Modane-Fourneaux, agrandie par la bretelle d'accès à la future autoroute du Fréjus avant d'être détruite par elle, révèle sur plusieurs mètres de haut et de large

un dépôt de pente quartzitique dont les débris gélifractés, concassés granulométriquement de la pierraille (10-7 cm) au sable fin, sont affectés de guirlandes de cryoturbation très bien dessinées dans les dépôts les plus fins.

- des dépôts indurés par des ciments calcaires :

Dans la région de Pralognan nous avons repéré des encroûtements à des altitudes variées, interstratifiés dans des formations très différentes de l'une à l'autre; 2 100 m : cimentation en surface d'un épandage fluvioglaciaire récent au Nord des Aiguilles de l'Arcellin; 1 800 m, Rocher des Fattes : lambeau de brèche cimentée formant une crête étroite reposant sur la roche en place; 1 450 m : présence de « marogne » ou poudingue très résistant dans les alluvions lacustres ou deltaïques du Plan de Pralognan.

Les progrès récents dans le domaine des datations et genèse des croûtes calcaires laissent envisager d'utiliser ces dépôts comme repères chronologiques ou paléoclimatiques.

Au total il apparaît que l'identification génétique des dépôts quaternaires est rendue délicate en montagne du fait :

- de la pluralité des agents de livraison et transport susceptibles de se succéder à brève échéance sur une même unité spatiale (succession saisonnière de la neige et des eaux pluviales, du gel et du dégel; alternance décennale ou séculaire d'actions glaciaires et périglaciaires...).

- de la discontinuité spatiale et temporelle des phénomènes catastrophiques (déjection torrentielle, coulée boueuse, éboulement...).

- de l'importance des recouvrements superficiels (éboulis), décapages (lavage des fines) et remaniements internes (solifluxion, glissement en masse).

Globalement nous soulignons le caractère *polygénique* des formes et formations quaternaires, même si certains agents sont pour certains lieux et certaines époques prépondérants.

## 2° Evolution actuelle des versants

Nous avons exploité des archives provenant de divers organismes (E.D.F., Equipement, O.N.F.); les informations relatives à l'évolution actuelle des versants sont partielles et d'intérêt inégal. Retenons :

- a) Quelques aspects quantitatifs des déplacements de matériaux.

- en rive gauche de la vallée de l'Isère, face à Bourg Saint Maurice, le versant de la forêt de Malgovert est un des mieux surveillés des Alpes. Sur 1 450 m de longueur et 700 m de dénivellation verticale il supporte, par l'intermédiaire de massifs d'ancrage, deux conduites forcées. Celles-ci, trois ans après leur mise en service, durent être dotées de joints mobiles pour permettre des détensionnements et l'annulation des contraintes provoquées par le déplacement différentiel des massifs d'ancrage solidaires du versant affecté d'un mouvement de masse. Le dispositif d'auscultation progressivement mis en place par E.D.F. depuis quatorze ans a permis

de mesurer l'instabilité du versant : le mouvement affecte une tranche épaisse de terrain (30 m minimum de Houiller disloqué avec couverture morainique), délimitée par une discontinuité cinématique; le déplacement est d'environ 7 cm par an pour le repère de surface le plus mobile.

— En rive gauche de la vallée de l'Arc sur le versant non stabilisé de la forêt de Modane le secteur particulièrement actif de la Combe de l'Ouille a fait l'objet d'investigations topographiques et géodésiques de la part des Ponts et Chaussées : éboulis schisto-quartzitiques et mica-schistes démantelés sont affectés de vitesses atteignant localement 80 cm en 5 ans.

— En rive droite de la vallée des Belleville, sur une frontière tectonique marquée par l'abondance des gypses et des cargneules, le glissement dit de Saint Laurent la Côte (Val d'Enfer) est suivi depuis sa naissance brutale en 1969; il est d'ampleur kilométrique et évolue rapidement : des vitesses de déplacement de l'ordre du mètre par jour et un ravinement de l'ordre de 10 mètres d'amplitude en un mois ont été observées dans la masse glissée.

b) Quelques aspects qualitatifs de l'état des eaux et de leurs effets géomorphologiques.

*La neige* en Vanoise, comme souvent en montagne, reste mal connue, même si en quelques points exceptionnels elle fait l'objet de mesures continues (21). Quelques postes météorologiques de vallée, à relevés quotidiens, donnent la part relative des précipitations solides dans le total mensuel. Les totalisateurs d'altitude font eux l'amalgame. Durée et épaisseur du manteau neigeux sont appréciés, suivant un réseau plus ou moins lâche, pour les besoins de l'exploitation hydroélectrique.

Le rôle morphologique direct du manteau neigeux s'exprime par les avalanches et la reptation de la neige. Les premières sont bien connues aux alentours des lieux habités et sont répertoriées dans la mesure du possible par les gardes-moniteurs du Parc National de la Vanoise, pour la totalité du massif. Les plus spectaculaires restent celles de l'hiver 1969-70 qui fut marqué par des précipitations fortes mais non exceptionnelles.

Les effets morphologiques indirects de la neige sont la protection thermique et la libération d'eau.

*L'eau liquide* est estimée à l'échelle du massif par les relevés pluviométriques et les mesures de débit des torrents. Pour ceux-ci subsistent deux inconnues :

- la part de l'eau de fonte de la neige et celle de l'eau de pluie,
- la part des eaux de ruissellement et celles des sous-écoulements.

Pour les besoins des stations de sport d'hiver des recherches et des surveillances de sources ont été effectuées (vallon des Belleville, Vallon des Allues, cuvette de Tignes par exemple). Elles montrent la précarité des ressources en eau du fait de l'intermittence saisonnière, de la *varia-*

(21) Ex. : Implantation d'un nivomètre à faisceau radioactif à Bissorte, en rive gauche de l'Arc.

*bilité dans les cheminements*, et de la vulnérabilité aux pollutions pastorales et touristiques. Les explorations entreprises de part et d'autre de la crête de la Tougnète, entre les Allues et les Belleville, ont montré l'existence d'une dissymétrie hydrologique (sources plus nombreuses et à plus fort débit sur le versant ouest), pour laquelle facteurs structuraux (pendage ouest) et climatiques (exposition aux vents d'ouest d'un chaînon NS) peuvent une fois encore combiner leurs effets; dans cette voie pourrait être engagée une étude comparée des mouvements de terrain sur les deux versants.

Le rôle morphologique de l'eau liquide est complexe, à l'image de sa répartition dans et sur le versant.

L'importance des eaux d'infiltration est à ce point reconnue, que le principal outil dans la lutte contre l'instabilité des versants est le drainage, superficiel ou profond (cf. : versant de Malgovert). Notons que le reboisement, parfois pratiqué pour limiter l'érosion torrentielle et les crues rapides, parce qu'il favorise l'infiltration, peut jouer dans un sens contraire à cette recherche de stabilité.

L'antinomie n'est cependant pas totale entre les différents modes d'action des eaux. Des observations de détail montrent qu'un même matériau peut être, à peu de distance, modelé en loupes de solifluxion et en ravines, et qu'une cicatrice d'arrachement peut être la première gouttière qui favorise le ravinement (cf. : versant SE du Roc de la Valette). L'exemple mauriennais récent des actions érosives dues aux pluies orageuses des 11 et 12 août 1973 montre sur 1 500 mètres de versant — entre le Roc Burel et le fond de la vallée à Lanslevillard — les relais entre ravinement, petites coulées et étalement de laves torrentielles à gros blocs.

Moins étudiés, les relais dans le temps nous semblent tout aussi importants à définir, ainsi le rôle préparatoire des agents de fin de printemps (neige - gel - dégel) sur le comportement des sols face aux actions pluviales d'été.

La Vanoise reste un domaine privilégié d'étude; champ encore largement inexploré par les voies nouvelles de la recherche géomorphologique qui reposent plus que les anciennes sur la systématique et la quantification au niveau de la description, sur le recours aux processus ponctué de datations absolues en ce qui concerne « l'explication ».

Ce n'est pas un domaine simple : la complexité géologique comme l'ampleur des variations climatiques quaternaires (et tertiaires) permet d'y poser presque toutes les questions de l'analyse géomorphologique (des plus originales : les paléosols métamorphisés, aux plus classiques : puissance et limites de l'érosion glaciaire).

Pour notre part, nous nous attachons à la reconstitution des actions évolutives sur les versants pour l'époque du Post-Glaciaire. Sur l'ensemble du massif nous cherchons à hiérarchiser les facteurs climatiques et structuraux dans la différenciation des versants, et pour quelques versants-échantillons nous souhaitons mettre en évidence le jeu des mécanismes physique « de base » dont la combinaison est à l'origine des multiples formes et modelés.

Le foisonnement des problèmes n'est pas propre à la géomorphologie; les autres sciences naturelles y furent, et y sont, confrontées. Aussi l'une des orientations, sinon solutions, modernes consiste-t-elle en recherches pluridisciplinaires autour de points de convergence. C'est dans cette optique que nous avons déjà libellé certains thèmes particuliers d'étude : « Instabilité de versant et données structurales », « Mobilité de versant et couvert végétal ». Il est bien évident que d'autres thèmes pluridisciplinaires naissent d'interrogations non géomorphologiques. Tous, s'ils sont bien structurés, peuvent, à long terme, faire de la Vanoise un lieu de confrontation remarquable.

N.B. — Nous remercions P. BIROT, F. ELLENBERGER et J. GOGUEL qui ont lu une première version de cet article et nous ont aidé tant pour des rectifications immédiates que pour une meilleure vision des travaux à venir.

## BIBLIOGRAPHIE

Sont présentés ici les rubriques de la *géomorphologie* et des *disciplines connexes*. Certaines publications sont relatives à la Vanoise; les autres offrent un intérêt comparatif, d'information ou de méthode, pour l'étude des régions de montagne.

### A. — VANOISE, MAURIENNE ET TARENTEISE, ÉTUDES GÉNÉRALES

- ANONYME (1968). — *Le Parc National de la Vanoise*. Chambéry, Imprimeries Réunies. (180 p.) [ouvrage collectif].
- BILLET, J. (1964). — Un remarquable terrain de recherches pour une politique d'aménagement de la montagne: la Haute-Maurienne. *R.G.A.*, Grenoble (p. 43-73).
- BLANCHARD, R. (1943). — *Les Grandes Alpes Françaises du Nord*. Grenoble, Arthaud. 2 vol. (700 p.).
- ONDE, H. (1938). — *La Maurienne et la Tarentaise. Etude de géographie physique*. Grenoble, Arthaud (623 p.).
- PREAU, P. (1964). — Le Parc National de la Vanoise, banc d'essai d'une politique d'aménagement de la montagne. *R.G.A.*, Grenoble (p. 393-437).
- JAIL, M. (1969). — La Haute-Maurienne. Recherches sur l'évolution et les problèmes d'une cellule intra-alpine. *R.G.A.*, Grenoble (p. 85-146).

### B. — GÉOMORPHOLOGIE

#### 1. Géomorphologie générale

- BERTRAND, G. et DOLLFUS, O. (1973). — Essai d'analyse écologique de l'espace montagnard. *L'espace géographique*. Paris, Doin (p. 165-170).

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- BIROT, P. (1968). — *Précis de géographie physique générale*. Paris, Armand Colin (340 p.).
- BIROT, P. (1970). — Etude quantitative des processus érosifs agissant sur les versants. Mise au point des travaux récents effectués en Europe Occidentale. *Ztschr. Geomorph.*, Supplementband 4. Berlin-Stuttgart (p. 10-43).
- CHORLEY, R.J. Editor (1971). — *Introduction to fluvial processes* Londres, Methuen (218 p.).
- CHORLEY, R.J. Editor (1972). — *Spatial analysis in geomorphology*. London, Methuen (393 p.).
- CHORLEY, R.J. (1967). — Models in geomorphology, in CHORLEY, R.J. and HAGGET, P. *Models in geography*. London, Methuen (p. 57-96).
- DYLIK, J. (1964). — Eléments essentiels de la notion de périglaciaire. *Biul. Perygl.*, n° 14. Lodz (p. 111-132).
- KIRKBY, M.J. and CHORLEY, R.J. (1967). — Throughflow, overland flow and erosion. *Bull. Ass. Int. Hydr. Sc.*, septembre 1967. Mlle G. TISON (p. 5-26).
- LEOPOLD, L.B., WOLMAN, M.G., MILLER, J.P. (1964). — *Fluvial processes in geomorphology*. San Francisco et Londres, W.H. Freeman (522 p.).
- PISSART, A. (1970). — Les phénomènes physiques essentiels liés au gel, les structures périglaciaires qui en résultent et leur signification climatique. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 93 (p. 7-49).
- RAPPORTS DE LA COMMISSION POUR L'ÉTUDE DES VERSANTS. Union géographique internationale.
- 1<sup>er</sup> rapport (1956). Amsterdam. 1956 (155 p.).
- 2<sup>e</sup> rapport (1960). Zeitschrift für Geomorphologie, Supplement 1. Berlin (240 p.).
- 3<sup>e</sup> rapport (1963). Neue Beiträge zur internationalen Hangforschung. Göttingen (293 p.).
- 4<sup>e</sup> rapport (1964). Zeitschrift für Geomorphologie, Supplement 5. Berlin (238 p.).
- 5<sup>e</sup> rapport (1966). L'évolution des versants. Université de Liège.
- 6<sup>e</sup> rapport (1970). Zeitschrift für Geomorphologie, Supplement 9. Berlin.
- ROUGERIE, G. (1954). — Méthode d'étude expérimentale des phénomènes d'érosion en milieu naturel. *Rev. Géomorph. Dyn.*, Paris (p. 220-227).
- SOUCHEZ, R. (1966). — Réflexion sur l'évolution des versants sous climat froid. *Rev. Géogr. Ph. Géol. Dyn.*, Paris (p. 317-334).
- SYMPOSIUM INTERNATIONAL DE GÉOMORPHOLOGIE. Liège, 1971 (1972). — *Etude de la dynamique des processus périglaciaires par l'expérimentation en laboratoire et la mesure de la dynamique sur le terrain*. Liège, Vaillant Carmane (339 p.).
- TECHNIQUES DE TERRAIN POUR L'ÉTUDE DES VERSANTS ET DE LA DYNAMIQUE FLUVIALE (1967). N° spécial pour le congrès de New-Dehli, 1968 [Recueil d'articles]. *Rev. Géomorph. Dyn.*, Paris (p. 145-188).
- TRICART, J. (1965). — *Principes et méthodes de la géomorphologie*. Paris, Masson (496 p.).
- TRICART, J. (1967). — *Le modelé des régions périglaciaires*. Paris, S.E.D.E.S. (512 p.).
- TRICART, J. et CAILLEUX, A. (1962). — *Le modelé glaciaire et nival*. Paris, S.E.D.E.S. (508 p.).
- YOUNG, A. (1972). — *Slopes*. Edinburgh, Oliver and Boyd (288 p.). [680 titres bibliographiques].

WASHBURN, A.L. (1973). — *Periglacial processes and environment*. London, Edward Arnold (320 p.).

## 2. Erosion et modèles des régions de montagne

- BRAVARD, Y. (1969). — Géomorphologie et Quaternaire en Tarentaise. Etat actuel des connaissances. *R.G.A.*, Grenoble (p. 571-593).
- CLARAZ, J. (1957). — Une région de contact entre massifs centraux et région intra alpine: le bord droit de la Tarentaise, d'Aime à N.-D. de Briançon. *R.G.A.*, Grenoble (p. 43-91).
- ATTI DEL XXI<sup>e</sup> CONGRESSO GEOGRAFICO ITALIANO. Verbania 1971 (1974). — Vol. II, 1. Le calamita naturali nelle Alpi. A cura di J.B. CASTIGLIONI, Novara (333 p.).
- GABERT, P., FREY, F., MAUDHUY, N. et MAUDHUY, J. (1971). — Quelques aspects des modelés supra forestiers dans les flyschs des montagnes de l'Embrunais occidental. *Colloque interdisciplinaire sur les milieux naturels supra forestiers des montagnes du bassin occidental de la Méditerranée*. Perpignan, 1971. Perpignan (p. 71-87).
- GALIBERT, G. (1965). — *La haute montagne alpine; l'évolution actuelle des formes dans les hauts massifs des Alpes et dans certains reliefs de comparaison*. Thèse. Toulouse, F. Boisseau (406 p.).
- GIRARDIN, P. (1905). — Les phénomènes actuels et les modifications du modelé dans la Haute Maurienne. *Bull. Soc. Géogr.* (juillet 1905). Paris (p. 1-20).
- GODARD, A. (1965). — *Recherches de géomorphologie en Ecosse du Nord-Ouest*. Thèse Publication de la Faculté des Lettres de l'Université de Strasbourg. Paris, Les Belles Lettres (701 p.).
- GUITER, V. (1972). — Une forme montagnarde: le rock-glacier. *R.G.A.*, Grenoble (p. 467-487).
- JAHN, A. (1964). — Slopes morphological features resulting from gravitation. *Ztschr. Geomorph.*, Supplement 5. Berlin p. 59-72).
- JULIAN, M. (1966). — Les montagnes du Haut Var, esquisse morphologique. *Méditerranée*. Gap, Ophrys (p. 185-206).
- MONJUVENT (1973). — L'érosion sur les Alpes françaises d'après l'exemple du massif du Pelvoux. *R.G.A.*, Grenoble (p. 107-120).
- MOUGIN, P. (1914). — *Les torrents de la Savoie*. Grenoble, Imprimerie Générale (1 251 p.).
- MOUGIN, P. (1931). — *La restauration des Alpes*. Paris, Imprimerie Nationale (584 p.).
- RAPP, A. (1960). — Recent development of mountain slopes in Kärkevagge and surroundings, North Scandinavia. *Geogr. Ann.*, 42. Stockholm (p. 65-200).
- ROUGERIE, G. (1965). — Mobilisation des débris et pertes de substance dans la région du Ballon d'Alsace. *Rev. Géogr. Est*. Nancy (p. 483-497).
- SCHWEIZER, G. (1968). — Der Formenschatz des Spät-und Postglazials in den Hohen Seealpen. Aktual geomorphologische Studien im oberen Tinéetal. *Ztschr. Geomorph.*, Supplementband 6. Berlin. Stuttgart (167 p.).
- SERVE, L. (1972). — *Recherches comparatives sur quelques groupements végétaux orophiles et leurs relations avec la dynamique périglaciaire dans les Pyrénées orientales et la Sierra Nevada*. Thèse pour le Doctorat de spécialité (Sciences biologiques, mention écologie). Perpignan (329 p.).
- SLAYMAKER, O. et McPHERSON, H.J. Editor (1966). — *Mountain geomorphology; geomorphological processes in the Canadian cordillera*. Vancouver, Tantalus Research Limited (274 p.).

## PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- SOUTADE, G. et BAUDIÈRE, A. (1970). — Végétation et modelés des hauts versants septentrionaux de la Sierra Nevada. *Ann. Géogr.*, Paris (p. 709-736).
- TRICART, J. et al. (1961). — Mécanismes normaux et modelés des hauts versants dans l'évolution des versants du bassin du Guil. *Ztschr. Geomorph.*, Berlin (p. 277-301).
- VEYRET, P., VIVIAN, R., RICQ, M., LOUP, J., JAIL, M., VEYRET, G. (1973). — Le centre de recherches sur la haute montagne alpine de Grenoble. *R.G.A., Grenoble* (p. 19-30). [Recherches en morphologie, glacio-morphologie, climatologie et hydrologie, géographie humaine].
- VEREY, P. (1971). — Processus de l'érosion et de l'accumulation glaciaires en action. Observation sur certains glaciers en crue du massif du Mont-Blanc (étés 1968-70). *R.G.A., Grenoble* (p. 155-170).
- VIVIAN, R. (1975). — *Les glaciers des Alpes occidentales. Etude géographique; l'emprise de la glaciation actuelle et ses fluctuations récentes; le rôle des eaux; l'aménagement du paysage montagnard par les glaciers.* Thèse de Doctorat d'Etat. Grenoble, Imprimerie Allier (513 p.).
- WHALLEY, W.B. (1974). — Origin of rock-glaciers. *J. Glac.*, Cambridge (p. 323-324).

## C. — GÉOLOGIE

### 1. Manuels et ouvrages généraux

- AUBOIN, J., BROUSSE, R., LEHMAN, J.P. (1967-68). — *Précis de géologie.* Paris, Dunod.
1. *Pétrologie* (712 p.).
  2. *Paléontologie, stratigraphie* (480 p.).
  3. *Tectonique, morphologie, globe terrestre* (550 p.).
- DEBELMAS, J. « Editor » (1974). — *Géologie de la France.* Paris, Doin (544 p.).
- ROUTHIER, P. (1969). — *Essai critique sur les méthodes de la géologie (de l'objet à la méthode).* Paris, Masson (204 p.).

### 2. Etudes régionales sur les Alpes occidentales

- DEBELMAS, J. (1970). — Guides géologiques régionaux, Alpes Savoie et Dauphiné. Paris, Masson (213 p.).

### *Etudes sur la Vanoise*

- ELLENBERGER, F. (1958). — Etude géologique du pays de Vanoise. Mémoire de la carte géologique de France. Paris, Imprimerie Nationale (561 p.).
- ELLENBERGER, F. (1963). — La Vanoise, un géanticlinal métamorphique. Livre à la mémoire du professeur FALLOT. Mémoire hors-série Soc. Géol. France. Paris (p. 383-393).
- ELLENBERGER, F. (1966). — Le Permien du pays de Vanoise. *Atti del symposium sul Verrucano.* Pise, 1965 (p. 170-211).
- ELLENBERGER, F. et SALIOT, P. (1967). — Tectonique « pennique » à découvert : le grand pli couché de Vanoise septentrionale (Savoie) et ses structures de détail surimposées. *C.R. Ac. Sc.* (p. 1569-1572).
- FABRE, J. (1961). — Contribution à l'étude de la zone houillère en Maurienne et en Tarentaise (Alpes de Savoie). Mémoires du bureau de recherches géologiques et minières n° 2. Paris, Technip (315 p.).

- GENSAC, P. (1970). — Carte lithomorphologique du Parc National de la Vanoise (Feuille de Moûtiers au 1/100 000). *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*. Tome I (p. 14-24).
- GOFFE, B., GOFFE-URBANO, G.H. et SALIOT, P. (1973). — Sur la présence d'une variété magnésienne de ferrocapholite en Vanoise (Alpes françaises). Sa signification probable dans le métamorphisme alpin. *C.R. Ac. Sc.* (p. 1965-1968).
- GOFFE, B. et GOFFE-URBANO, G.H. — Association minéralogique des bauxites du Dogger de la Vanoise. Leur signification dans le métamorphisme régional. *Pétrologie* (sous presse).
- GOFFE, B. (1975). — *Etude structurale et pétrographique du versant occidental du massif paléozoïque de Chasseforêt (Vanoise méridionale)*. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle. Orsay (110 p.).
- GOGUEL, J. (1969). — Des failles d'âge quaternaire à Peisey (Savoie). *Bull. Soc. Géol. France* (p. 35-39).
- MORET, L., ELLENBERGER, F. et GIDON, P. (1967). — Géologie du Parc National de la Vanoise. Le Parc Nat. Vanoise. Chambéry, Imprimeries Réunies (p. 33-45).

#### *Etudes sur les régions limitrophes*

- ANTOINE, P. (1971). — La zone des brèches de Tarentaise entre Bourg-Saint-Maurice (Vallée de l'Isère) et la frontière italo-suisse. Thèse, Grenoble (367 p.).
- ANTOINE, P. (1972). — Le domaine pennique externe entre Bourg-Saint-Maurice (Savoie) et la frontière italo-suisse (bilan des connaissances actuelles sur ce secteur de la zone des brèches de Tarentaise). *Géol. Alp.*, Grenoble (p. 5-40).
- BARBIER, R. (1948). — Les zones ultradauphinoise et subbriançonnaise entre l'Arc et l'Isère. Mémoire pour l'explication de la carte géologique de France. Paris, Imprimerie Nationale (291 p.).
- BORDET, C. (1961). — Recherches géologiques sur la partie septentrionale du massif de Belledune (Alpes françaises). Paris, Imprimerie Nationale (218 p.).
- CABY, R. (1964). — Etude géologique du bord interne de la zone briançonnaise et de la bordure des schistes lustrés entre Modane et la Vallée Etroite (Savoie, Valais). *Trav. Lab. Géol.*, Grenoble (p. 131-186).
- LEMOINE, M. (1971). — Données nouvelles sur la série du Gondran près Briançon (Alpes Cottiennes). Réflexions sur les problèmes stratigraphiques et paléogéographiques de la zone piémontaise. *Géol. Alp.*, Grenoble (p. 181-201).
- RAGUIN, E. (1930). — Haute Tarentaise et Haute Maurienne (Alpes de Savoie). Mémoire de la carte géologique de France, Paris (120 p.).

#### 3. Travaux de synthèse sur les Alpes

- BARBIER, R., BLOCH, J.P., DEBELMAS, G., ELLENBERGER, F., FABRE, J., FEYS, R., GIDON, M., GOGUEL, J., GUBLER, Y., LANTEAUME, M., LATREILLE, M., LEMOINE, M. (1963). — Problèmes paléogéographiques et structuraux dans les zones internes des Alpes occidentales entre Savoie et Méditerranée. Livre à la mémoire du professeur FALLOT. Mémoire hors-série Soc. Géol. France, Paris (p. 331-377).

## PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- BOCQUET, J. (1974). — Etudes minéralogiques et pétrologiques sur les métamorphismes d'âge alpin dans les Alpes françaises. Thèse de doctorat d'état. Grenoble (489 p.). [Bibliographie de 650 titres environ].
- CABY, R. (1973). — Les plis transversaux dans les Alpes occidentales : implications pour la genèse de la chaîne alpine. *Bull. Soc. Géol. France*, Paris (p. 624-634).
- DEBELMAS, J. et LEMOINE, M. (1970). — The Western Alps : paleogeography and structure. *Earth Sc. Rev.* (p. 221-256).
- DEBELMAS, J. (1972). — A propos de quelques hypothèses récentes sur la genèse de l'Arc Alpino-Apenninique. *Rev. Géogr. Phys., Géol. Dyn.*, Paris (p. 229-243).
- LEVALOIS, J.H. (1973). — Sur la mise en évidence d'un mouvement de surrection des massifs cristallins alpins. *Bull. inf. Inst. Géogr. Nat.* (p. 12-15).
- SALIOT, P. (1972). — Des roches, des pressions et des températures. *Science, progrès, découverte* (p. 28-34).
- SALIOT, P. (1973). — Les principales zones de métamorphisme dans les Alpes françaises. Répartition et signification. *C.R. Ac. Sc.*, Paris (p. 3081-3084).
- VAN BEMMELLEN, R.W. (1973). — Geodynamic models for Alpine type of orogeny (Test-Case II: the Alpes in Central Europe). *Tectonophysics*, 18 (p. 33-79).

## D. — GÉOLOGIE APPLIQUÉE, MÉCANIQUE DES ROCHES. MÉCANIQUE DES SOLS

### 1. Manuels et ouvrages généraux

- CAQUOT, A. et QUERISEL, J. (1966). — *Traité de mécanique des sols*. Paris, Gauthier-Villars (506 p.).
- GOQUEL, J. (1967). — *Application de la géologie aux travaux de l'ingénieur*. Paris, Masson (374 p.).
- LETOURNEUR, J. et MICHEL, R. (1971). — *Géologie du génie civil*. Paris, Armand Colin (728 p.).
- MATTAUER, M. (1973). — *Les déformations des matériaux de l'écorce terrestre*. Paris, Hermann (493 p.).
- RAMSAY, J.G. (1967). — *Folding and fracturing of rocks*. New York, Mac Graw-Hill (568 p.).
- TALOBRE, J. (1967). — *La mécanique des roches et ses applications*. Paris, Dunod (444 p.).
- VERDEYEN, J., ROISIN, V. et NUYENS, J. (1968). — *Mécanique des sols*. Presses Universitaires de Bruxelles. Paris, Dunod (508 p.).
- ZARUBA, Q. et MENCL, V. (1969). — *Lanslides and their control*. Amsterdam, Elsevier (205 p.).

### 2. Thèses, articles et recueils spécialisés

- ANTOINE, P., BIAREZ, J., DESVARREUX, P. et MOUGIN, J.P. — Les problèmes posés par la stabilité des pentes dans les régions montagneuses. *Tr. Lab. Géol. Grenoble*, Grenoble (p. 5-24).
- AVENARD, J.M. et TRICART, J. (1960). — Technique de travail et idées de recherche. Application de la mécanique des sols à l'étude des versants. *Rev. Geomorph. Dyn.*, Paris (p. 146-156).

- BARBIER, R. (1970). — Le rôle de la géologie dans l'urbanisme en montagne *Revue Urbanisme*, n° 116 (p. 26-29).
- BARBIER, R. (1974). — Le symposium national « sol et sous-sol et sécurité des constructions » (Cannes, 25-27 octobre 1973). *R.G.A.*, Grenoble (p. 395-402).
- BARFETY, J.-Cl., GIDON, M., MONTJUVENT, G. (1970). — Extension et importance des glissements superficiels aux abords méridionaux de Grenoble. *Géol. Alp.*, Grenoble (p. 17-22).
- BEAUJOINT, N. et MARTIN, A. (1966). — Observation du comportement d'un talus naturel. Comptes rendus du 1<sup>er</sup> congrès international de mécanique des roches. Lisbonne, 1966. Vol. II (p. 147-151). Lisbonne, Bertrand. [Présentation du versant de Malgovert, en rive gauche de l'Isère].
- BOMBARD, J. (1968). — Une approche des problèmes posés par l'étude des mouvements de terrain. Essai méthodologique. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Grenoble (272 p.).
- BORDET, Cl. (1959). — Les modes de circulation de l'eau dans les terrains cristallins (d'après les observations en galerie). Congrès et colloque de l'Université de Liège, t. 14 (p. 61-94).
- BORDET, P. (1963). — Déformations anciennes, récentes et actuelles dans les massifs cristallins externes des Alpes françaises. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, Grenoble (p. 173-198).
- VIII<sup>e</sup> CONGRÈS DES GRANDS BARRAGES. Edimburg (1964). Question 28 : Propriétés physiques et mécaniques du rocher in situ. — Paris, Gauthier-Villars (1131 p.).
- I<sup>er</sup> CONGRÈS INTERNATIONAL DE MÉCANIQUE DES ROCHES. Lisbonne, 1966.  
 — Thème 2 : description des roches et des massifs rocheux en vue de leur comportement physique et mécanique.  
 — Thème 3 : propriétés des roches et des massifs rocheux.  
 — Thème 4 : contraintes naturelles des massifs rocheux.  
 — Thème 6 : talus naturels et talus d'excavation, Lisbonne, Bertrand, 3 vol., 795 p., 697 p. et 691 p.
- II<sup>e</sup> CONGRÈS DE LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DE MÉCANIQUE DES ROCHES. Belgrade, 1970.  
 — Thème 1 : propriétés intrinsèques des massifs rocheux, vol. 1.  
 — Thème 2 : déformabilité des massifs rocheux, vol. 1.  
 — Thème 3 : la résistance mécanique des massifs rocheux, vol. 2. Belgrade, Privedni Pregled, 4 vol., 579 p., 903 p., 638 p. et 649 p.
- VII<sup>e</sup> CONGRÈS INTERNATIONAL DE MÉCANIQUE DES SOLS ET DES TRAVAUX DE FONDATION. Mexico, 1969.  
 1<sup>re</sup> séance : Caractéristiques, contraintes, déformations et résistance compte tenu de l'influence du temps, vol. 1.  
 5<sup>e</sup> séance : stabilité des talus naturels et des fondations de remblai, vol. 3. Mexico, Ingramex. 4 vol., 455 p., 701 p., 613 p. et 340 p.
- DESVARREUX, P. (1970). — Recherche d'une méthode d'étude des mouvements de terrains et application pratique. Thèse de docteur ingénieur. Grenoble (162 p.).
- JAIL, M. et VIVIAN, R. — Les glissements de terrain et les éboulements dans les Alpes françaises du Nord en 1970. Etude physique et problèmes posés par ces phénomènes. *R.G.A.*, Grenoble (p. 473-502).
- JORDA, M. (1970). — Le glissement de terrain de Prads. *R.G.A.*, Grenoble (p. 193-209).
- MAZENOT, P. (1971). — Quelques observations sur le mode de déformation d'un massif rocheux fracturé : le verrou du lac de la Girotte. *La Houille Blanche*, n° 1, 1971. Paris (p. 65-69).

- MORET, L. (1956). — Les éboulements de terrains en montagnes, Grenoble. Revue « *Les Alpes* » (49 p.).
- MULLER, L. (1964). — Application of rock mechanics in the design of rock slopes. — State of stress in the earth's crust. An international Conference held in Santa Monica California. June 1963. Elsevier, New-York, London, Toronto (p. 575-605).
- USSELMANN, P. (1971). — Relations entre divers facteurs et caractéristiques mécaniques de formations superficielles meubles affectées par des mouvements de masse d'après l'étude d'échantillons provenant de quelques versants français. *Rev. Géomorph. Dyn.*, Paris (p. 49-70).

E. — CLIMATOLOGIE. NIVOLOGIE. GLACIOLOGIE

1. Ouvrages généraux

- GARNIER, M. (1967). — *Climatologie de la France. Sélection de données statistiques*. — Mémorial de la Météorologie Nationale, n° 50. Paris (294 p.).
- GEIGER, R. (1965). — *The climate near the ground*. Cambridge, Massachussets, Harvard University Press (611 p.).
- LLIBOUTRY, L. (1964 et 1965). — *Traité de glaciologie. Tome I : glace, neige, hydrologie nivale. Tome II : glaciers, variation du climat. Sols gelés*. Paris, Masson (1040 p.).
- PEGUY, Ch. P. (1970). — *Précis de climatologie*. Paris, Masson (468 p.).
- QUENEY, P. (1936). — Recherches relatives à l'influence du relief sur les éléments météorologiques. Thèse, Paris (102 p.).

2. Travaux sur les Alpes.

- A.N.E.N.A. (1973). — Les avalanches dans les Alpes françaises. *Neige et avalanches*.
- BALSEINTE, R. (1955). — La pluviosité en Savoie. *R.G.A.*, Grenoble (p. 299-355).
- BENEVENT, E. (1926). — *Le climat des Alpes françaises*. Paris, Chiron (435 p.).
- BOISVERT (1955). — La neige dans les Alpes françaises. *R.G.A.*, Grenoble (p. 347-434).
- CONGRÈS INTERNATIONAUX DE MÉTÉOROLOGIE ALPINE [tenus tous les deux ans de 1950 à 1974].
- CORBEL, J. (1963). — Glaciers et climats dans le massif du Mont-Blanc. *R.G.A.*, Grenoble (p. 321-360).
- DAVID, P., HEYER, L., PAHAUT, E., PLAS, J. et REY, L. (1971). — Bilan des mesures au col de Porte, Isère (hiver 1969-1970). *La Météorologie* (janvier 1971) (p. 69-98).
- DOUGUEDROIT, A., de SAINTIGNON, M.F. (1970). — Méthode d'étude de la décroissance des températures en montagne : exemple des Alpes françaises du Sud. — *R.G.A.*, Grenoble (p. 453-472).
- 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. *R.G.A.*, Grenoble (p. 205-217).
- JAIL, M. (1966). — Recherches sur les variations thermiques le long d'un adret. Etude statistique et dynamique. *R.G.A.*, Grenoble (p. 233-255).

- JAIL, M. (1966). — Températures et types de temps le long d'un adret. R.G.A., Grenoble (p. 443-457).
- LOUP, J. (1966). — Les précipitations annuelles dans les Alpes françaises du Nord. R.G.A., Grenoble (p. 255-287).
- PENA ALVAREZ (1971). — Une expression synthétique du régime annuel du gradient thermique moyen. R.G.A., Grenoble (p. 533-541).
- REY, L. (1971). — La neige en Chartreuse. Enneigement, précipitations et températures hivernales mesurées au col de Porte (1320 m) de 1960-61 à 1969-70. *La Météorologie* (p. 53-67).
- VIVIAN, R. (1971). — Les variations récentes des glaciers dans les Alpes françaises (1900-1970); possibilités de prévision. R.G.A., Grenoble (p. 229-242).

### 3. Travaux sur la Vanoise

- BUCHOT, C. (1969). — *Etude du manteau neigeux en Haute Tarentaise*. Monographie de la météorologie nationale, n° 66. Paris (39 p.).
- FAVRE, J.A. (1903). — Observations sur les glaciers du massif de la Vanoise, pendant l'été de 1903. *Ann. Club Alp. Fr.*, Paris (p. 37-47).
- FOURNO, J.P. (1974). — Détermination de l'épaisseur du glacier de Gébroulaz par prospection sismique. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise, IV*, 9-40.
- GIRARDIN, P. (1903). — Rapport sur les observations glaciaires en Maurienne, Vanoise et Tarentaise (21 août-24 septembre 1903). *Ann. Club Alp. Fr.*, Paris (p. 7-33).
- JAIL, M. (1969). — Un remarquable effet de Lombarde: les chutes de neige de Paques 1969 en Haute Maurienne. R.G.A., Grenoble (p. 613-621).
- JAIL, M. et LOUP, J. (1972). — Lombardes et avalanches. R.G.A., Grenoble (p. 643-646) [étude des 19 et 20 février 1972 en Haute Maurienne].
- LOUP, J. et LOVIE, C. (1967). — Sur la fréquence des avalanches en Haute Tarentaise. R.G.A., Grenoble (p. 587-604).
- PEGUY, Ch.P. (1973). — Etude sur la variabilité des précipitations de semestre froid en Vanoise. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*. Tome III (p. 9-25).
- PEGUY, Ch.P. (1975). — Etude sur la variabilité de l'enneigement en Vanoise. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*. Tome V (p. 41-55).
- VIVIAN, R. — *Fiches des glaciers français*. R.G.A., Grenoble.
- (1968) — Le glacier des sources de l'Arc (collaboration de M. JAIL).  
 — Le glacier du Mont-Pourri (collaboration de Y. BRAVARD).  
 — Le glacier des sources de l'Isère (collaboration de J. GABBERO).  
 — Le glacier des Evettes (collaboration de M. JAIL).
- (1969) — Le glacier de la Grande Motte (collaboration de M. JAIL).  
 — Le glacier du Mulinet (collaboration de M. JAIL).  
 — Le glacier de Gébroulas (collaboration de M. CHINAL).  
 — Le glacier de Chavière (collaboration de M. CHINAL).  
 — Le glacier de Lepena.
- (1970) — Le glacier de Chasseforet (collaboration de Ph. ALPHONSE).
- (1971) — Les glaciers du groupe des Volnets (collaboration de J.P. COLLICARD).
- (1973) — Les grands groupes glaciaires: les glaciers de la Vanoise (collaboration de G. BOCQUET).
- (1974) — Les glaciers de la face S.W. du massif de la Grande Casse (collaboration d'Y. PACCALET).

F. — ÉTUDE DE LA VÉGÉTATION ET DES SOLS

1. Manuels et ouvrages généraux

- BIROT, P. (1965). — *Les formations végétales du globe*. Paris, S.E.D.E.S. (508 p.).  
FOURNIER, P. (1961). — *Les quatre flores de France*. Paris, Le Chevallier (1105 p.).  
LEMÉE, G. (1967). — *Précis de Biogéographie*. Paris, Masson (358 p.).  
OZENDA, P. (1964). — *Biogéographie végétale*. Paris, Doin (374 p.).  
DUCHAUFOUR, Ph. (1970). — *Précis de Pédologie*. Paris, Masson (482 p.).

2. Travaux sur les Alpes

- BRAUN-BLANQUET, J. (1954). — La végétation alpine et nivale des Alpes françaises. Etude botanique de l'étage alpin. VII<sup>e</sup> congrès international de botanique. Paris (p. 26-96).  
DOBREMEZ, J.P. et VARTANIAN, M.C. (1974). — Climatologie des séries de végétation des Alpes du Nord. *Doc. Cart. Ecol.*, XIII (p. 29-48).  
FAVARGER, Cl. et ROBERT, P.A. (1962). — *Flore et végétation des Alpes*. I. Etage alpin (293 p.). II. Etage subalpin (301 p.). Neuchatel, Delachaux et Niestlé.  
FOURCHY, P. (1952). — Ecologie du Mélèze, particulièrement dans les Alpes. *Ann. Ec. Nat. E. et F.* (p. 1-132).  
GUINOCHET, M. (1938). — Etude sur la végétation de l'étage alpin dans le bassin supérieur de la Tinée. Thèse Lyon (458 p.).  
LABORATOIRE DE BIOLOGIE VÉGÉTALE DE GRENOBLE (1974). — Carte de la végétation potentielle des Alpes nord-occidentales (partie française). 1/400 000. Notice rédigée par DOBREMEZ, J.F., OZENDA, P., TONNEL, A., VIGNY, F. avec la collaboration de P. GENSAC, G. PAUTOU et RICHARD L. *Doc. Cart. Ecol.*, XIII (p. 9-27). [Bibliographie de 99 titres].  
OZENDA, P. (1954). — La température, facteur de répartition de la végétation en montagne. Colloque sur les régions écologiques du globe. Paris, C.N.R.S. (p. 295-312).  
OZENDA, P. (1966). — Perspectives nouvelles pour l'étude phytogéographique des Alpes du Sud. *Doc. Cart. Vég. Alpes*, IV (p. 1-198).  
RICHARD, L. (1966). — L'Aune vert : relations entre la répartition, la biologie et l'écologie d'une espèce subalpine et de son groupement. Thèse de doctorat d'état. Grenoble.  
RICHARD, L. (1967). — L'aire de répartition de l'Aune vert (*Alnus viridis* Chaix). *Doc. Carte Vég. Alpes*, V (p. 81-113).  
RICHARD, L. (1968). — Ecologie de l'Aune vert (*Alnus viridis*) : facteurs climatiques et édaphiques. *Doc. Carte Vég. Alpes*, VI (p. 107-158).  
RICHARD L. (1970). — La végétation des zones froides de l'étage montagnard (cirques de la Plagne et de St Même en Chartreuse). *Ann. Centre Ens. sup. Chambéry* (p. 69-80).

## 3. Travaux sur la Vanoise et le domaine périphérique

- BARTOLI, Ch. (1961). — Aperçu d'ensemble sur les groupements forestiers de la Haute-Maurienne. *Bull. Soc. Bot. France*, Paris (p. 70-79).
- BARTOLI, Ch. (1966). — Etudes écologiques sur les associations forestières de Haute-Maurienne. Thèse, Montpellier (321 p.). *Ann. Soc. For.*, XXIII-3 (p. 433-751).
- BARTOLI, Ch. (1967). — Carte phytosociologique des forêts de la Haute-Maurienne (1/75 000). *Doc. Carte Vég. Alpes*, V (p. 63-79).
- BARRY, J.P. (1960). — Contribution à la phytogéographie du Massif de la Vanoise (Savoie). *Rev. Gén. Bot.*, Paris (p. 257-297).
- CLAUDIN, J. (1970). — Sol et végétation de l'étage alpin sur roche acide dans la région du col de Chavière. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle. Grenoble (104 p.).
- 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*, III (p. 27-41).
- DELPECH, R. (1970). — Contribution à l'étude de quelques prairies et alpages du massif de la Vanoise. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, I (p. 39-74).
- FLORENCE, J. (1970). — Dendroclimatologie en Maurienne (Savoie). — *Oecol. Plant.* (p. 365-393).
- GENSAC, P. (1967). — Les forêts d'Epicéa de Tarentaise. Recherche des différents types de Pessières. *Rev. Gén. Bot.*, Paris (p. 425-528) [Mémoire présenté pour le Doctorat ès-Sciences Naturelles à Grenoble].
- GENSAC, P. (1967). — Feuille de Bourg Saint Maurice et de Moûtiers. Les groupements végétaux au contact des Pessières de Tarentaise. *Doc. Carte Vég. Alpes*, V (p. 7-61). [Mémoire présenté pour le Doctorat ès-Sciences Naturelles à Grenoble].
- GENSAC, P. (1968). — Les groupements forestiers de l'étage collinéen en Tarentaise moyenne et supérieure. *Ann. centre Ens. sup. Chambéry* (p. 103-122).
- GENSAC, P. (1969). — Les sols sur gypse en Moyenne Tarentaise. Description, caractères physicochimiques. *Bull. Ass. Fr. Et. Sol* (p. 57-67).
- GENSAC, P. (1972). — Les pelouses alpines du Parc National de la Vanoise. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise* (p. 35-48).
- GENSAC P. (1972). — Notice explicative de la carte écologique Moûtiers Parc National de la Vanoise 1/100 000. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, II (p. 49-71).
- GENSAC, P. (1973). — Particularités de l'étage subalpin dans le massif de la Vanoise. *Bull. Soc. Bot. France*, Paris (p. 397-406).
- GENSAC, P. (1974). — Catalogue écologique des plantes vasculaires du Parc National de la Vanoise et des régions limitrophes. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, IV (p. 1-232).

## 4. Lichénologie

- ASTA, J., CLAUZADE, G. et ROUX, Cl. (1973). — Etude de quelques groupements lichéniques saxicoles et calcicoles du Parc National de la Vanoise. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, III (p. 73-104).
- ANDREWS, J.T. and WEBBER, P.J. (1964). — A lichenometrical study of the northwestern margin of the Barnes Ice Gap: a geomorphological technique. *Geogr. Bull.*, Ottawa (p. 80-104).

- BELLONI, S. (1973). — Ricerche lichenometriche in Valfurva e Nella Valle di Sola. *Boll. com. glaciol. ital.*, n° 21, Torino (p. 19-33).
- MATTHEWS, J.A. (1973). — Lichen growth on an active medial moraine, Jotunheim, Norway. *Glac. Jour.*, Cambridge (p. 305-313).
- OZENDA, P. et CLAUZADE, G. (1970). — *Les lichens : étude biologique et flore illustrée*. Paris, Masson.
- REGER, R.D. and PEWE, T.L. (1969). — Lichenometric dating in the Central Alaska Range. Pewé T.L. editor: *The periglacial environment, past and present*. Montréal, Mac Gill Queen's University Press (p. 223-247).
- SOUCHON, C. (1971). — *Les lichens*. Paris, P.U.F. (124 p.).

## G. — ÉTUDES PLURIDISCIPLINAIRES SUR LE QUATERNAIRE

### 1. Références diverses

- BIROT, P. (1965). — Critère des déformations tectoniques quaternaires. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, Paris (p. 185-195).
- BOURDIER, F. (1961-1962). — Le bassin du Rhône au Quaternaire. Géologie et Préhistoire. Paris, Edition du C.N.R.S. Thèse. Paris, 2 vol. (364 et 297 p.).
- BOURDIER, F. (1967). — *Préhistoire de France*, Paris, Flammarion (413 p.).
- CHALINE, J. (1972). — *Le Quaternaire. L'histoire humaine dans son environnement*. Paris, Doin (342 p.).
- COLLOQUE INTERDISCIPLINAIRE SUR LES MILIEUX NATURELS SUPRA-FORESTIERS DES MONTAGNES DU BASSIN OCCIDENTAL DE LA MÉDITERRANÉE (1971) (organisé au nom de la Société Botanique de France par BAUDIERE A. et SOUTADE G.). Perpignan, Atelier de duplication du Centre Universitaire de Perpignan.
- ELHAI, H. (1964). — *Biogéographie des paysages végétaux au Quaternaire en Europe Occidentale*. Paris, C.D.U. (121 p.).
- FAIRBRIDGE, R.W. (1970). — World paleoclimatology of the quaternary. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, Paris (p. 97-104).
- FLINT, R.F. (1971). — *Glacial and quaternary geology*. New-York and London, Wiley (890 p.).
- FURON (1972). — *Éléments de paléoclimatologie*. Paris, Vuibert (216 p.).
- GUILLIEN, Y. (1962). — Néoglaciale et tardiglaciaire : géochimie, palynologie, préhistoire. *Ann. Géogr.*, Paris (p. 1-35).
- INQUA (1973). — Le Quaternaire, Géodynamique, Stratigraphie et Environnement. Travaux français récents. Supplément au *Bull. Ass. Fr. pour Etude Quat.* (239 p.).
- LUMLEY, H. de (1969). — Les civilisations préhistoriques en France. Corrélations avec la chronologie quaternaire. Etudes françaises sur le quaternaire. VIII<sup>e</sup> congrès international de l'INQUA. Supplément au *Bull. Ass. Fr. pour Etude Quat.*
- LE ROY LADURIE (1967). — *Histoire du climat depuis l'an mil*. Paris, Flammarion (381 p.).
- PALÉOCLIMATOLOGIE DU QUATERNAIRE (1969). — Recueil d'articles n° spécial de *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, Paris (p. 247-380).
- RICHMOND, G.M. (Editor) (1965). — Glaciation of the Alps. INQUA Proceedings of the 7<sup>e</sup> congress. Boulder, University of Colorado Press (177 p.).

## 2. Publications spécialisées sur la Palynologie et les datations au $C^{14}$ (dans les Alpes principalement).

### Palynologie

- BECKER, J. (1950). — Etude palynologique des tourbes flandriennes des Alpes françaises. Mémoire du Service de la Carte Géologique d'Alsace et de Lorraine (61 p.).
- COUTEAUX, M. (1970). — Documents nouveaux pour l'histoire Holocène de la végétation en Oisans. *Doc. Carte Vég. Alpes*, VIII (p. 115-129).
- HEIM, J. (1967). — Recherches sur les relations entre la végétation actuelle et les spectres polliniques récents en Europe occidentale. Thèse, Louvain.
- LEMÉE, G. (1951). — L'histoire forestière et le climat contemporains des lignites de Savoie et de la tourbe würmienne d'Armoy d'après l'analyse pollinique. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, Grenoble (p. 167-180).
- PATZELT, G. (1973). — Die postglazialen Gletscher- und Klimaschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen); mit 6 Pollendiagramme von BORTENSCHLAGER S. *Ztschr. Geomorph.*, Supplement 16. Berlin, Stuttgart (p. 25-72).
- VAN CAMPO, M. et al. (1969). — Végétations würmiennes en France. Données bibliographiques. Hypothèse. *Études françaises sur le Quaternaire*. Supplément à *Bull. Ass. Fr. pour Et. Quat.*

### Datation au $C^{14}$

- BOCQUET, A., COLARDELLE, EVIN, J., ROCHETTE, P. et USELLE, J.P. (1973). — Un Méléze fossile dans le Sud de la Chartreuse. *R.G.A.*, Grenoble (p. 571-582).
- DELIBRIAS, G. (1972). — Validité et interprétation des âges  $C^{14}$ . Colloque sur les méthodes et tendances de la stratigraphie. *Mémoires du B.R.G.M.* n° 77 (p. 957-962).
- HANNS, C. (1973). — Conséquences morphologiques de nouvelles datations au  $C^{14}$  dans le sillon alpin près de Grenoble. *R.G.A.*, Grenoble (p. 179-201).
- MONTJUVENT, G. (1969). — Nouvelles datations absolues dans les formations quaternaires du sillon alpin méridional. *R.G.A.*, Grenoble (p. 554-555).

## H. — TECHNIQUES DE TÉLÉDÉTECTION ET REPRÉSENTATION DES PHÉNOMÈNES NATURELS

### 1. Télédétection et photo-interprétation

- ACTES DU II<sup>e</sup> SYMPOSIUM INTERNATIONAL DE PHOTO-INTERPRÉTATION. Paris, 1966 (1967). Paris, Edition Technip.
- BAUDOIN, A., DECAE, A., DEMATHIEU, P. (1972). — La détection à distance à l'I.G.N. *Bull. Inf. Inst. Géogr. Nat.*, n° 19 (p. 1-16).
- CABAUSSEL, G. (1967). — Photo-interprétation et synthèse écologique. Essai d'application à la feuille de Grenoble au 1/100 000. *Doc. Carte Vég. Alpes*, V (p. 127-172).

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- CARRÉ, J. (1971-1972). — *Lecture et exploitation des photographies aériennes*.  
Tome 1 : Lecture des photographies (213 p.).  
Tome 2 : Exploitation des photographies (212 p.). Paris, Eyrolles.
- DISHAW, H.E. (1967). — Massive Landslides. *Photogrammetric Engineering*, Victoria, Canada (p. 603-608).
- GUY, M. (1969). — La détection à distance. Progrès récents de la photogéologie. — *Annales des Mines*, Paris (p. 29-72).
- PAUL, S. (1973). — *Télé-détection et stéréophotogrammétrie dans les sciences de la terre*. Doin, Paris (360 p.).
- PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE : Panorama intertechnique (1965). Paris, Gauthiers Villars (239 p.).
- LA TÉLÉDÉTECTION DES RESSOURCES TERRESTRES AU C.N.E.S. (1973). — [Recueils d'articles]. *La Recherche Spatiale*, vol. II, n<sup>os</sup> 4 et 5 (p. 1-22) et (p. 1-27).

2. Cartographie.

- ANTOINE, P. et LETOURNEUR, J. (1973). — Aperçu et réflexions sur les cartes géotechniques. Leur utilité pour l'aménagement de la montagne. *R.G.A.*, Grenoble (p. 231-245).
- CABAZAT, Ch. (1970). — Les cartes de localisation probable des avalanches. *Bull. Inf. Inst. Géogr. Nat.* (p. 20-27).
- LA CARTOGRAPHIE GÉOMORPHOLOGIQUE. TRAVAUX DE LA R.C.P. 77 (1971). — Mémoires et documents. Nouvelle série, volume 12. Paris, Edition du C.N.R.S. (267 p.).
- OZENDA, P. (1963). — Principes et objectifs d'une cartographie de la végétation des Alpes à moyenne échelle. *Doc. Cart. Vég. Alpes*, I (p. 5-18).
- PÉGUY, Ch.P. et EQUIPE DE RECHERCHE E.R. 30. — Cartes climatiques détaillées de la France (1/250 000). Gap (1971); Nice (1973); Valence (1974). Gap, Ophrys.
- SANEJOUAND, R. (1972). — La cartographie géotechnique en France. Ministère de l'équipement et du logement. Laboratoire central des Ponts et Chaussées (95 p.).

PHOTOGRAPHIES 1, 2, 3

Quelques signes de l'instabilité des versants

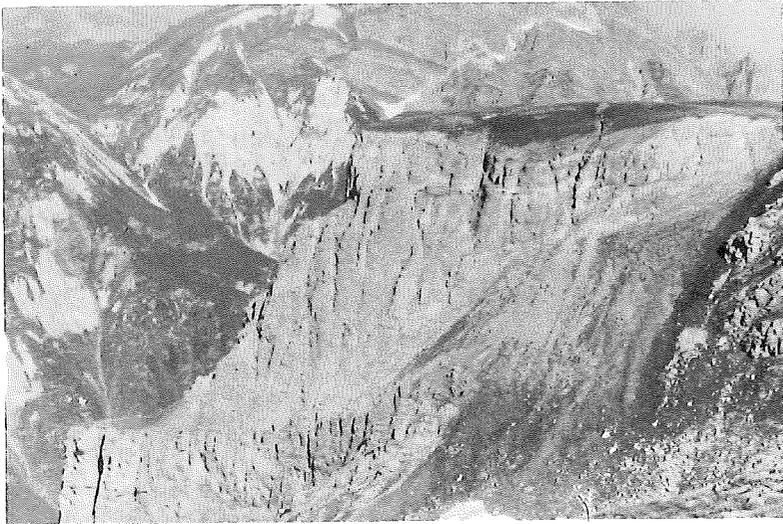


PHOTO 1. — Secteur de Pralognan. Le plateau calcaire du Roc de La Valette est marqué par de grandes fissures de détente secondairement exploitées par les eaux courantes. Le dernier éboulement d'importance se produisit en 1957 depuis la face nord-ouest.

(Cliché B. Kaiser, juillet 1971).



PHOTO 2. — Versant de rive gauche de l'Arc au-dessus de Modane-Fourneaux vers 1150 m d'altitude. La poussée du terrain s'exprime ici par les lézardes du mur de soutènement. A quelques centaines de mètres de là la Porte Monumentale de l'ancien tunnel ferroviaire du Fréjus s'est effondrée dix ans après sa mise en service.

(Cliché C. Kaiser, juillet 1973).

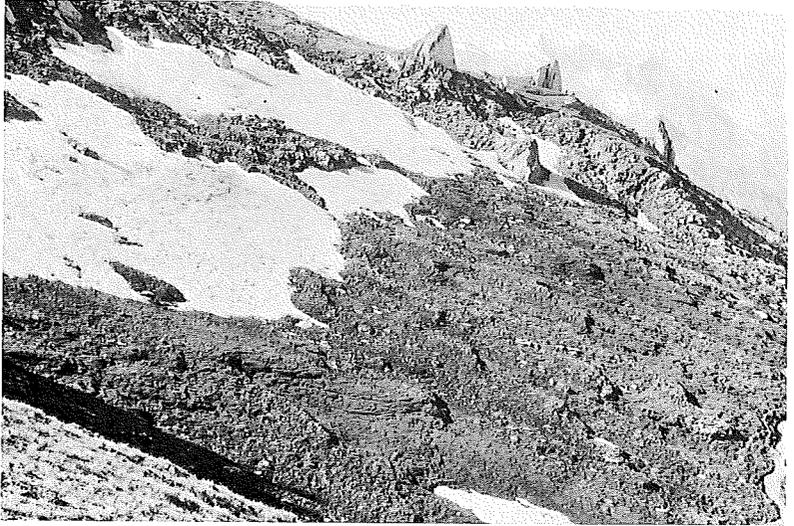


PHOTO 3. — Secteur de Pralognan, col de La Valette vers 2 500 m d'altitude. La déformation superficielle des altérites riches en schistes phylliteux donne naissance à un modelé en « loupes de solifluxion ».

(Cliché B. Kaiser, juillet 1971).

PHOTOGRAPHIES 4, 5  
*Coupes dans les dépôts quaternaires*



PHOTO 4. — Sablière de Lanslebourg en rive droite de l'Arc: dépôts fluviatiles ou deltaïques à sédimentation entrecroisée recouverts d'éléments hétérométriques à structure de coulée boueuse (moraine remaniée ?).

(Cliché C. Kaiser, juillet 1973).



PHOTO 5. — Carrière De Bernardi vers 1150 m d'altitude en rive gauche de l'Arc au-dessus de Modane: dépôts quartzitiques cryoturbés; les lits sombres correspondent à des sables très fins. L'ensemble est recouvert par des colluvions grossières disposées parallèlement au versant.

(Cliché C. Kaiser, juillet 1973).

PHOTOGRAPHIES 6, 7, 8

Episode érosif dû aux pluies orageuses des 11 et 12 août 1973 en Haute Maurienne.

(Clichés B. Dumont).



PHOTO 6. — Ravinement dans les cônes d'éboulis au pied des parois de schistes lustrés du Fond de Burel.

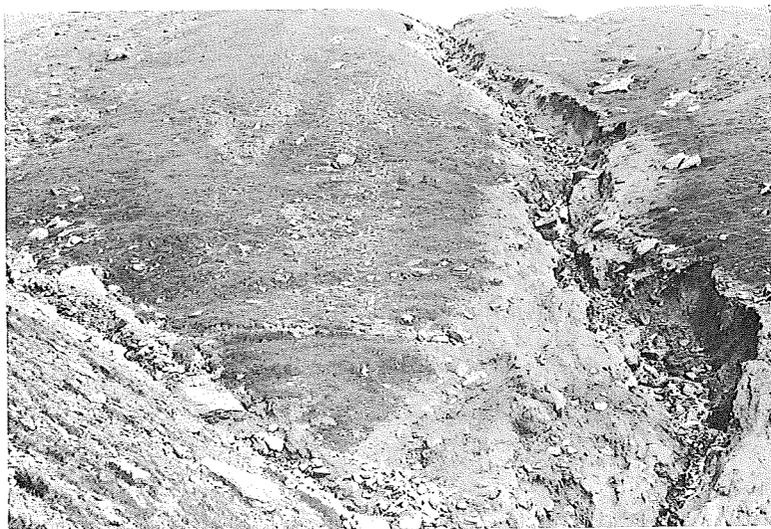


PHOTO 7. — Incision linéaire profonde de 1,50 à 2 mètres dans les dépôts morainiques. Le sentier de « la Pierre aux pieds » fut coupé (tiers inférieur gauche de la photo).

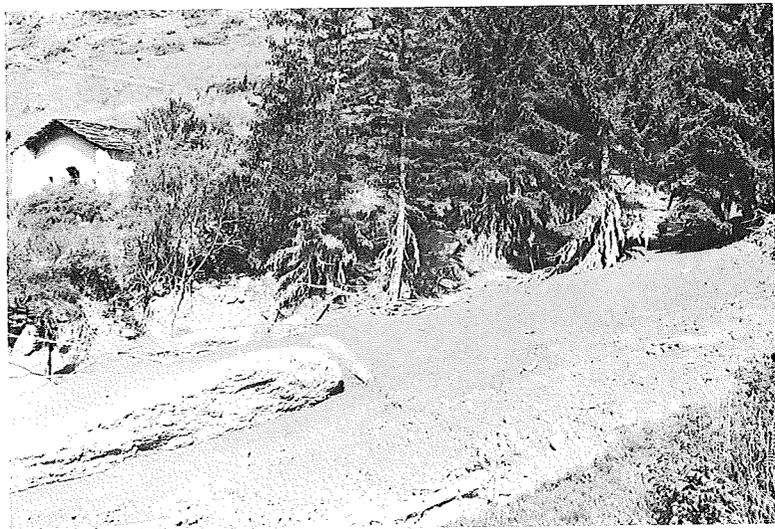


PHOTO 8. — En amont de Lanslevillard, épandage d'une lave torrentielle au débouché du ravin de Burel dans la vallée de l'Arc. La hauteur maximum atteinte par la coulée de boue est inscrite sur les branches des arbres; la hauteur propre du dépôt est de un mètre environ. La circulation routière vers le col de l'Iseran fut suspendue.

## QUELQUES ASPECTS PEU CONNUS DE LA PLUVIOMÉTRIE EN TARENTEISE

par Ch. P. PEGUY (1)

**Résumé.** — L'étude porte sur quatre stations pluviométriques de la Tarentaise dont les données sont satisfaisantes. La variabilité interannuelle des précipitations, étudiée antérieurement pour le semestre novembre-avril, l'est ici pour la partie complémentaire de l'année. Une étude plus fine montre que les jours pluvieux ou non-pluvieux tendent à se grouper en séquences non-aléatoires. L'un des traits les plus remarquables du climat tarin est la fréquence élevée des fortes séquences de jours secs en fin d'hiver.

**Abstract.** — The statistical analysis of rainfall data is carried out for four raingauges of the Tarentaise-Valley. At the scale of the month, the interannual variability is here computed for the warm season (may to october). At the daily-scale, the dry/or rainy sequencies are manifestly not-aleatories. The long sequencies of dry days are very frequent at the end of the winter.

Deux notes précédemment parues dans les *Travaux... du Parc* — tome III, p. 9-25 et V, p. 41-56 — présentaient l'application de méthodes statistiques originales aux précipitations de la saison froide (novembre-avril) en Vanoise et à l'épaisseur du manteau neigeux. Ce nouveau travail en est, d'une double manière, le complément. D'une part, ces mêmes techniques ont été appliquées à la période chaude de l'année (mai-octobre). D'autre part, l'on s'est efforcé de descendre à un niveau d'analyse plus fin en prenant en compte les réalités pluviométriques quodidiennes, ou celles regroupant les données d'un petit nombre de jours consécutifs. Aussi, un dépouillement systématique des données pluviométriques journalières a-t-il été fait pour un petit nombre de stations, dépouillement dont le caractère ingrat ne doit pas être caché mais dont nous pensons montrer néanmoins l'intérêt. L'étude des « séquences sèches », c'est-à-dire des périodes de  $n$  jours consécutifs sans précipitations, a été entre autres abordée : il s'agit là d'un domaine pratiquement vierge, dont la méthodologie était à mettre totalement au point.

(1) Directeur de Recherche C.N.R.S. - E.R. 30 — C/O Biologie Végétale, B.P. 53, 38041 Grenoble Cédex.

En contre-partie de cet approfondissement, une limitation spatiale s'est révélée inévitable : il ne sera question dans ces pages que de la Tarentaise. Des séries pluviométriques satisfaisantes — pouvant dépasser 35 ans — y existent à Sainte Foy-le Miroir, Pralognan et Bozel. Bourg Saint Maurice, où les observations n'ont commencé qu'en 1947, offre la garantie d'être une station synoptique de la Météorologie Nationale. La Maurienne fera l'objet d'un travail ultérieur, qui pourra s'appuyer sur les données de trois bonnes stations, Bonneval, Aussois et le Thyl.

Rappelons enfin que la totalité des stations pluviométriques dont nous ferons état dans l'un et l'autre de ces travaux sont situées dans la zone périphérique du Parc, et non dans celui-ci proprement dit. L'E.D.F. exploite dans le Parc, ou aux abords immédiats de celui-ci, une quinzaine de nivo-pluviomètres totalisateurs qui ne donnent de valeurs, comme on le sait, que pour des années hydrologiques entières. Quant aux implantations récentes effectuées dans le Parc même par certains chercheurs (notamment M. GENSAC), elles apporteront à la Climatologie de la montagne une contribution de grand poids, mais non justiciables des méthodes statistiques dont le principe repose, comme on le sait, sur l'existence de longues « séries ».

## 1. — LA PLUVIOSITÉ DU SEMESTRE CHAUD EN ANNÉE MOYENNE

On rappellera tout d'abord que nulle part, sauf sur leurs extrêmes bordures méridionales, les Alpes françaises ne présentent d'organisation saisonnière franche des précipitations, ceci du moins si l'on se place au niveau d'information que constituent les totaux pluviométriques moyens mensuels. Presque partout, le semestre mai-octobre totalise à peu près la moitié des précipitations de l'année entière, et si l'on isole les trois mois consécutifs les moins arrosés dans cet ensemble du semestre chaud — ce qui pourrait constituer un « été » au sens touristique — l'on constate que ces trois mois secs représentent toujours environ le quart des précipitations annuelles. Autant dire qu'il n'y a pas d'été — ou qu'il faut le définir autrement. Il faut aller jusque dans les Alpes maritimes pour voir les précipitations des trois mois secs consécutifs que nous avons définis, représenter moins de 20 % du total annuel, et en valeur absolue moins de 200 mm de précipitations.

Par rapport à ces références extérieures peu différenciées, les nuances locales qui apparaissent dans notre domaine d'études ne sont que plus significatives. Pralognan offre une remarquable concentration des précipitations en saison chaude, qui l'apparenterait aux stations plus septentrionales de Chamonix ou de Taninges. Moûtiers et Pomblière par contre, stations les moins arrosées pour l'année entière, sont aussi celles pour lesquelles la saison chaude voit s'esquisser une très légère sécheresse relative.

Notre tableau I donne sur ce point les données essentielles.

TABLEAU I

*Les précipitations de semestre chaud en Tarentaise  
et pour quelques stations de comparaison (année moyenne)*

	(1) <sub>mm</sub>	(2) <sub>mm</sub>	(3)	(4) <sub>mm</sub>	(5)
Taninges	1414	763	48	367	26
Chamonix	1261	662	52	321	25
Ste Foy	1096	521	48	249	23
Bourg Saint Maurice	946	428	45	208	22
Pomblières	779	365	47	168	22
Moutiers	892	402	44	187	21
Pralognan	1081	568	53	277	26
Bozel	884	424	48	207	23
Bourg d'Oisans	973	481	49	207	21
St Etienne de Tinée	994	472	47	190	19

(1) : moyenne des précipitations annuelles.

(2) : moyenne des précipitations du semestre mai-octobre.

(3) : rapport (2)/(1) en %.

(4) : totaux des trois mois consécutifs les moins arrosés inclus dans le semestre mai-octobre.

(5) : le rapport (4)/(1) en %.

## 2. — LA VARIABILITÉ INTERANNUELLE DES PRÉCIPITATIONS

Mais, ici comme partout, les moyennes masquent une partie, parfois l'essentiel, d'une réalité constituée par une série d'années successives qui se suivent et ne se ressemblent pas.

L'approche de la variabilité interannuelle d'une variable climatique, menée ici à l'échelle du mois, suppose, comme on le sait, le *classement* préalable des données. Ce classement, limité au semestre chaud, est donné par notre tableau II, sur 37 années d'observations, pour la station de Sainte Foy-le Miroir. Les valeurs dont le rang de classement est de 19 sur 37 sont celles qui pour l'ensemble de la période ont été pour chaque mois dépassées une fois sur deux (médianes). Elles figurent sur la partie inférieure de la partie gauche du tableau et ont été reportées sur la première ligne de la partie droite. Tableau d'un type certes encombrant, mais dont il nous a paru utile que le lecteur ait pu prendre connaissance au moins une fois, ne serait-ce que pour mieux apprécier les informations plus condensées qu'on lui présentera par la suite.

TABLEAU II

*Précipitations mensuelles classées (Sainte-Foy - Le Miroir, 35 ans)*

rang	M	Jn	Jt	A	S	O
1	26	38	30	23	13	2
2	31	46	38	37	26	3
3	34	53	38	48	27	6
4	40	55	39	50	28	14
5	45	60	44	50	34	18
6	47	68	44	54	35	22
7	49	69	50	57	39	34
8	49	71	52	62	40	35
9	54	76	72	63	50	36
10	55	78	78	64	53	37
11	57	78	78	68	59	38
12	60	79	79	70	62	41
13	58	80	80	71	67	45
14	61	80	81	72	67	45
15	61	81	85	73	68	46
16	68	87	86	76	69	47
17	72	87	88	76	74	60
18	73	91	88	87	77	62
19	78	93	91	92	78	64

rang	M	Jn	Jt	A	S	O
19	78	93	91	92	78	64
20	78	94	91	93	79	66
21	79	99	93	99	82	74
22	79	105	95	109	83	75
23	83	106	110	114	84	80
24	87	110	110	115	93	81
25	88	113	118	119	96	82
26	89	116	120	122	98	88
27	90	119	120	125	106	89
28	92	120	122	136	107	91
29	97	122	125	139	108	92
30	99	125	127	141	115	93
31	100	150	128	146	128	94
32	100	151	130	153	130	106
33	109	155	132	157	131	129
34	111	162	137	157	145	138
35	120	171	140	160	168	157
36	147	191	148	161	170	159
37	151	204	195	168	170	222

L'examen des valeurs extrêmes montre tout de suite le contraste offert par les deux extrémités de la période, mai-juin d'une part, octobre de l'autre. Ce dernier mois a présenté en 37 ans trois totaux inférieurs à 10 mm, et trois autres par contre supérieurs à 150 mm (les extrêmes absolus étant de 2 et de 222 mm). Pour mai, les extrêmes absolus sont respectivement de 26 et de 151 mm, tandis que juin est le mois de l'année qui se trouve le mieux assuré de recevoir, en toutes circonstances, des précipitations déjà non négligeables (minimum absolu : 38 mm). Juillet offre des caractéristiques très voisines de juin.

La description statistique correcte de telles séries comporte usuellement le calcul de la moyenne arithmétique, de l'écart-type et du coeffi-

LA PLUVIOMÉTRIE EN TARENTAISE

cient  $\lambda$ . Ces valeurs, pour le semestre novembre-avril, ont déjà été présentées ici (*Travaux... du Parc*, tome III, p. 13). Un tableau plus complet (tableau III) regroupe ces paramètres pour l'ensemble des douze mois de l'année. On y a ajouté les estimations des déciles extrêmes  $D_1$  et  $D_9$ , ainsi que l'écart  $D_9 - D_1$ , souvent utilisé comme paramètre de dispersion. On notera que, ni en valeurs absolues, ni en valeurs relatives (coefficient de variation), la variabilité interannuelle des précipitations n'atteint en saison chaude les fortes valeurs qu'on lui avait connues en février.

TABLEAU III

*Moyennes et dispersion interannuelles des totaux mensuels de précipitation*

SAINTE FOY-LE MIROIR

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
$D_1$	40	17	14	27	42	55	45	50	33	17	28	25
moyenne	109	102	72	71	76	101	93	98	83	72	113	105
$D_9$	190	212	146	128	114	158	141	157	142	148	240	210
$D_9 - D_1$	150	195	132	101	72	103	96	107	109	131	212	185
$\sigma$	60	80	54	41	29	40	37	41	41	49	82	80

BOURG SAINT MAURICE

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
$D_1$	15	22	8	18	28	40	30	52	26	15	20	16
moyenne	92	99	61	55	55	77	76	96	67	57	103	101
$D_9$	182	215	135	94	88	135	125	148	116	106	228	210
$D_9 - D_1$	167	193	127	76	60	95	95	96	90	91	208	194
$\sigma$	67	82	53	32	24	36	35	39	36	43	89	83

PRALOGNAN

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
$D_1$	35	17	15	32	58	63	50	45	37	20	26	20
moyenne	89	94	68	76	88	105	98	104	93	80	97	90
$D_9$	162	192	142	128	127	155	155	167	166	145	188	182
$D_9 - D_1$	127	175	127	96	69	92	105	122	129	125	162	162
$\sigma$	51	73	54	35	28	36	38	51	52	55	68	66

Notre figure 1 donne pour trois stations (Ste Foy, Bourg St Maurice et Pralognan) les courbes de fréquences cumulées des précipitations mensuelles pour les quatre mois de mai, d'août, d'octobre et de novembre. Nous avons retenu novembre, à titre de comparaison, pour souligner le brutal accroissement de la variabilité qui se produit partout entre ces

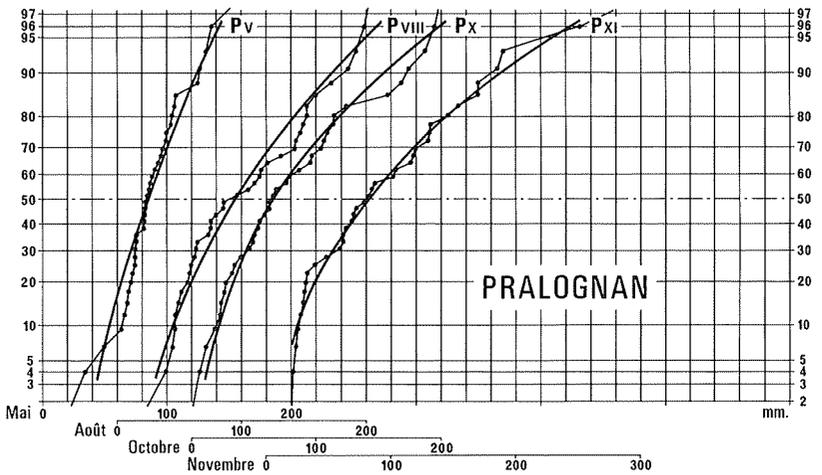
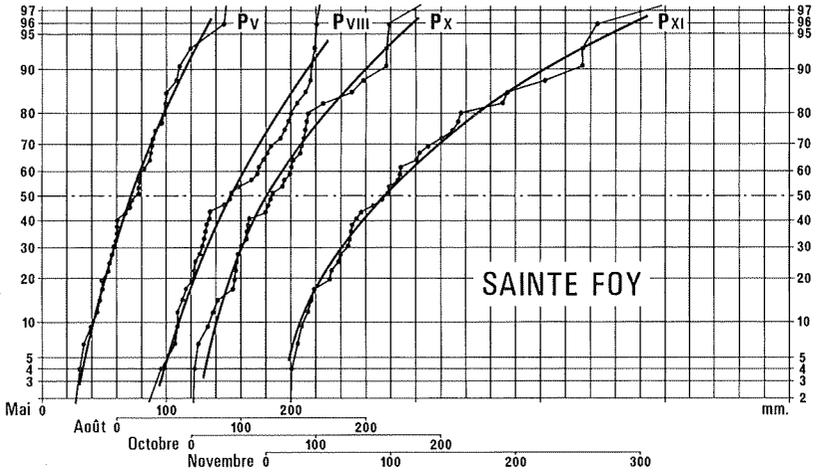
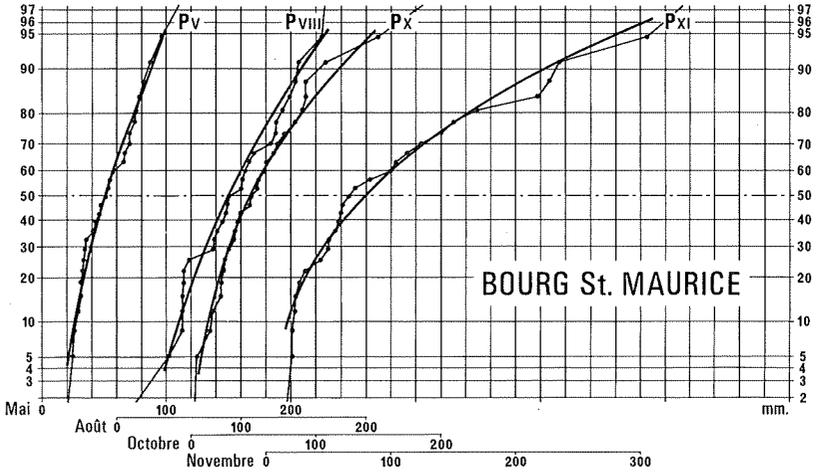


Fig. 1. — Courbes de fréquences cumulées des précipitations mensuelles pour quelques mois.

deux mois d'automne. La ligne brisée représente les fréquences « expérimentales », et la courbe leur ajustement selon une loi  $\Gamma$  incomplète : technique et présentation sont identiques à celles qui avaient été utilisées ici même (tome III, p. 15 et 16), pour les précipitations mensuelles de la période novembre-avril.

On a par ailleurs (fig. 2) exprimé le rythme saisonnier de cette variabilité interannuelle, les écarts-types de chaque mois étant portés sur l'axe vertical. Un tel rythme n'est évidemment pas le fait du hasard. L'année apparaît découpée en deux semestres, l'un à forte variabilité, débutant brutalement presque partout par un relèvement du  $\sigma$  en novembre et comprenant un second maximum en février, l'autre, — le semestre chaud — est formé de mois dont la variabilité interannuelle est faible. Les écarts-types des totaux mensuels, pour la période mai-octobre, sont ainsi d'un ordre de grandeur de 35 % à 40 % inférieur à ceux de la période novembre-avril. Si l'on se rappelle que les précipitations elles-mêmes ne sont, elles, que de 5 % à 10 % inférieures, on se rend compte qu'il y a bien diminution de la variabilité relative du phénomène.

On complètera l'étude de la variabilité interannuelle des précipitations en considérant, non plus les mois, mais l'année entière, dans le cadre traditionnel de l'« année hydrologique » allant du premier octobre

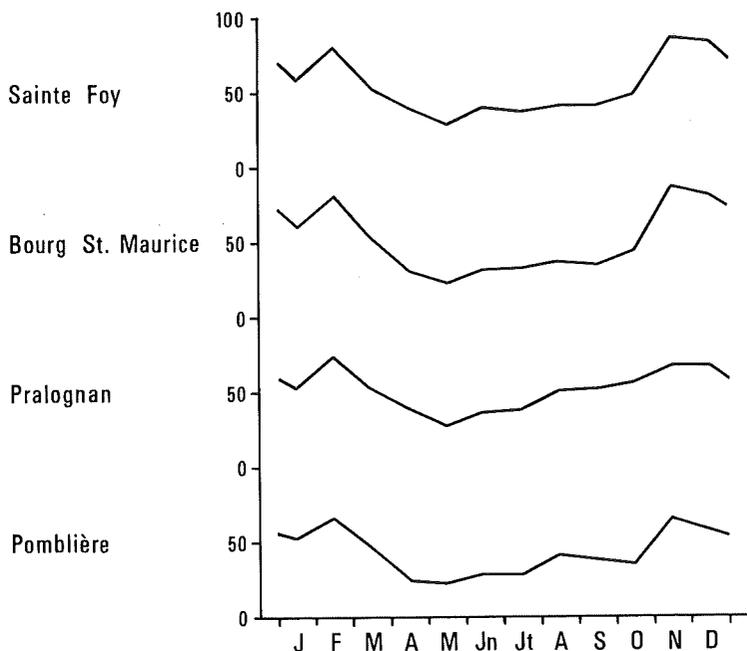


FIG. 2. — Le rythme saisonnier de la variabilité interannuelle des précipitations  
En ordonnée : écarts-types en mm.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

au 30 septembre suivant. La station de Moûtiers a été remplacée ici par celle de Pomblière qui retient tout de suite l'attention par une valeur insolite : 391 mm seulement reçus au cours des douze mois allant d'octobre 1948 à septembre 1949. C'est également dans ce cadre que l'on doit examiner les totaux des pluviomètres totalisateurs. Les séries ne portent malheureusement ici que sur une vingtaine d'années.

Cette variabilité portant sur l'année entière est souvent exprimée par le premier et le neuvième décile de la série. Rappelons encore une fois que ces déciles extrêmes donnent une estimation des années déjà gravement déficientes (pour le  $D_1$ ) ou excédentaires (pour le  $D_9$ ), mais dont la récurrence doit être considérée comme normale, selon un cycle bien entendu inconnu. Ils ne prennent pas en compte les extrêmes absolus dont la récurrence ne peut faire l'objet que d'hypothèses beaucoup plus fragiles.

Les valeurs obtenues sont les suivantes (on y a ajouté, pour comparaison, quelques valeurs relatives aux Alpes du Sud) : (tabl. IV).

TABLEAU IV  
*Déciles extrêmes des totaux pluviométriques annuels*

Stations	Altitude	$D_1$	$D_9$	$D_9/D_1$
Sainte Foy	1250 m	830 mm	1390 mm	1.67
Bourg St Maurice	865 m	690 mm	1260 mm	1.83
Pralognan	1390 m	840 mm	1350 mm	1.61
Pomblière	510 m	570 mm	1000 mm	1.75

Totalisateurs	Altitude	$D_1$	$D_9$	$D_9/D_1$
Sur les Barmes	2480 m	1030 mm	1540 mm	1.50
Bailletta	2690 m	900 mm	1250 mm	1.39
Barne de l'Ours	2705 m	1020 mm	1370 mm	1.34
Fresse	2530 m	740 mm	970 mm	1.31
Entre le Lac	2160 m	930 mm	1460 mm	1.57
Notre Dame d'Août	2500 m	1180 mm	1740 mm	1.47

Stations de référence	Altitude	$D_1$	$D_9$	$D_9/D_1$
Abriès	1542 m	615 mm	1135 mm	1.85
Embrun	870 m	520 mm	880 mm	1.69
St Etienne de Tinée	1110 m	740 mm	1270 mm	1.72

Des courbes de fréquence cumulées peuvent être établies pour les années hydrologiques comme pour les mois, ou les groupes de mois, que nous avons déjà étudiés. Notre figure 3 présente ces courbes pour les quatre stations dont les  $D_1$  et  $D_9$  ont été donnés, ainsi que pour l'un des

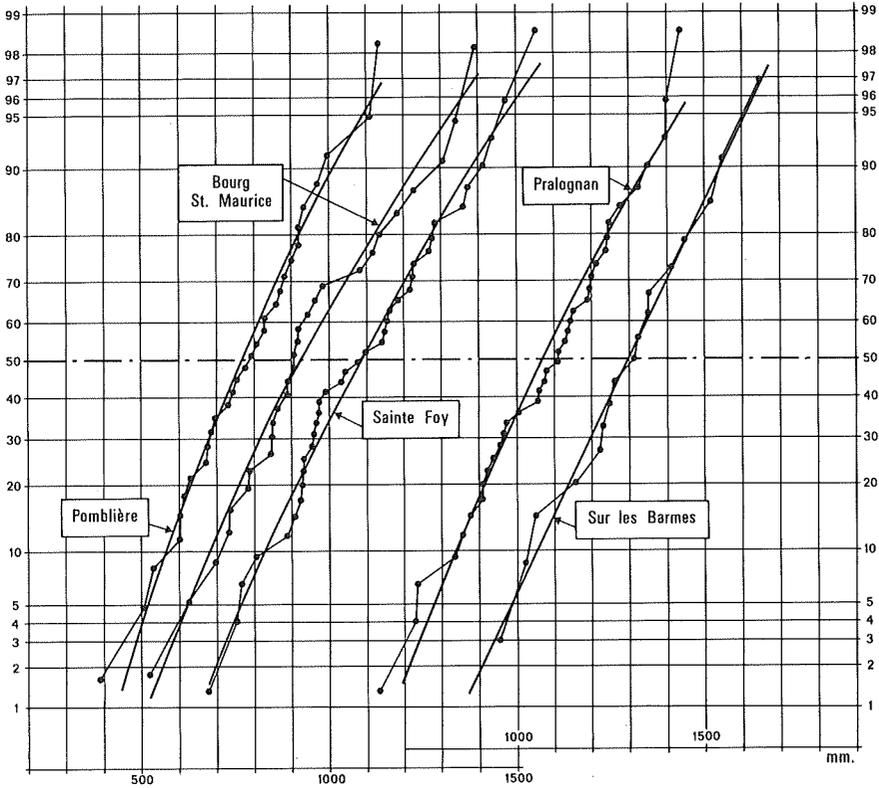


FIG. 3. — Fréquences cumulées des précipitations annuelles (années hydrologiques).

totalisateurs, celui de « Sur les Barmes » (2 480 m, rive droite de l'Isère supérieure). Les trois stations qui s'échelonnent le long de la vallée de l'Isère ont une même origine, chose rendue possible par l'accroissement général des valeurs avec l'altitude des stations. La courbe de Pralognan a dû faire l'objet d'un changement d'origine, sans quoi elle se serait pratiquement superposée à celle de Sainte-Foy, mais cette nouvelle origine sert également pour le totalisateur.

Pour chaque station, une ligne brisée représente les données brutes classées pour la période étudiée, la courbe lissée l'ajustement de celles-ci selon une loi  $\Gamma$  incomplète. On remarquera que la courbure des courbes théoriques relative aux quatre pluviomètres de vallée est nettement plus faible pour l'année que pour le mois, ce qui traduit une moindre dissymétrie de la série. On peut présumer que pour des totaux portant sur plusieurs années, la distribution tendrait vers une distribution gaussienne.

Mais il est surtout remarquable (et ceci a été vérifié pour les cinq autres totalisateurs) que les données fournies par ce type d'appareil ont une distribution apparemment gaussienne.

La position des données brutes classées par rapport à la droite théorique permet d'esquisser un commentaire des valeurs extrêmes. Du côté des années gravement déficientes, on notera que d'une à trois valeurs apparaissent nettement décalées par défaut. Partout, la valeur la plus faible correspond à l'année 1948-1949 — fâcheusement remarquable en France par la déficience de l'hydraulicité —. Le minimum absolu de 391 mm observé cette année-là à Pomblière est inférieur de quelque 70 mm, soit de 15 % environ, aux indications de l'ajustement. Il s'agit là de valeurs dont le caractère exceptionnel doit être souligné (2). Quant aux valeurs observées les plus élevées (plus de 1 400 mm à Pralognan, plus de 1 500 mm à Sainte-Foy), elles sont inférieures aux valeurs théoriques correspondantes. Nous croyons de ce fait qu'elles restent modestes, eu égard à la longueur des séries et à la pluviosité générale de la région.

On terminera cet examen des données annuelles en rapprochant les diverses discordances offertes par les séries des totalisateurs et celles des pluviomètres ordinaires. La variabilité interannuelle des résultats des totalisateurs est très anormalement faible : exprimée par le rapport  $D_9/D_1$ , cette variabilité se trouve inférieure à celle de l'Europe océanique (3). La distribution des données paraît gaussienne, ce qui, par comparaison avec toutes les courbes construites en partant de relevés quotidiens implique une erreur systématique par défaut affectant les années les mieux arrosées. Enfin, nous avons, par comparaison entre les totalisateurs et les pluviomètres de vallées, calculé un gradient moyen concernant toute la vallée de l'Isère supérieure, mais distinctement pour les valeurs des  $D_1$  et des  $D_9$ . Or les valeurs trouvées sont très différentes : 15,5 mm/100 m sur les  $D_1$  et seulement 9 mm/100 m pour les  $D_9$  : près de deux fois moins. Aucune hypothèse physique concevable ne nous paraît justifier que l'augmentation des précipitations avec l'altitude puisse diminuer ainsi les années où les précipitations sont précisément dans l'ensemble plus abondantes. Tous ces faits nous conduisent à penser que les résultats des totalisateurs doivent pécher par défaut, et cela à peu près proportionnellement aux quantités d'eau tombées. La chose avait été pressentie déjà par des géographes qui se fondaient sur la faiblesse des valeurs moyennes, ou par comparaison avec les données de l'hydrologie. L'analyse statistique des valeurs annuelles particulières renforce singulièrement cette hypothèse.

(2) C'est précisément en fonction de l'anomalie présentée par l'année hydrologique 1948-1949 que nous avons limité cette étude aux seules stations dans les données desquelles elle se trouvait incluse. La comparaison de la pluviosité en deux points dont un seul offrirait des données antérieures à 1949 devrait nécessairement se limiter aux seules années communes.

(3) Cf. la coupure BREST de la *Carte Climatique Détaillée de la France*.

## 3. — LES DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES JOURNALIÈRES

Des dépouillements de données pluviométriques quotidiennes ont été effectués pour 35 ans à Pralognan, pour 26 ans à Bourg-Saint-Maurice, pour 19 ans à Sainte-Foy. Trois objectifs retiendront successivement notre attention : les fréquences et l'organisation des périodes de  $n$  jours consécutifs sans précipitations (méthode inédite en 1974) ; la décomposition des régimes moyens en apports d'intensités données (PÉGUY et MOUNIER, 1968) ; l'estimation, enfin, des fréquences des précipitations journalières maximales selon la méthode du « gradex » (P. GUILLOT, 1968). Nos développements s'appuieront, selon les cas, sur l'une ou l'autre des stations. En ce qui concerne l'estimation des précipitations maximales, l'étude n'a porté que sur les mois d'été.

## 4. — LES « SÉQUENCES SÈCHES »

En dehors de cas extrêmes parfois cités à titre d'exemple, l'étude des « séquences sèches » a été jusqu'ici rarement entreprise sur le plan statistique.

Nous référant aux règles en usage chez les météorologues, nous définissons d'abord comme « jour de précipitation » tout jour ayant reçu des précipitations mesurables égales ou supérieures à 0,1 mm entre le relevé du jour et celui du lendemain. Tous les autres jours seront dès lors considérés comme « jours sans précipitations ». En fait, ce seuil de 0,1 mm/24 h paraît objectivement médiocre et laisser une trop grande place tant à l'incidence d'autres facteurs météorologiques (évaporation) qu'au coefficient personnel de l'observateur. Pour important qu'il soit, cet aspect de la question a été momentanément négligé.

Une convention doit être établie quant à la date à laquelle on rapportera l'ensemble d'une séquence sèche donnée. Des trois solutions théoriquement possibles — date initiale, date médiane, date finale — c'est cette dernière qui a été retenue. Bénéfiques (séchage du foin), ou funestes (épuisement des réserves en eau du sol, risques d'incendies en forêts), les conséquences d'une sécheresse prolongée sont en effet progressives pendant toute la durée de celle-ci et l'effet maximum du phénomène est atteint à la veille même du jour où les précipitations se produisent à nouveau. Chaque séquence sèche sera donc parfaitement définie par deux paramètres : sa durée et son terme. Enfin, dans un but d'homogénéisation des résultats, l'on retiendra comme seuils de persistance des multiples de 3 (6, 9, 12... jours consécutifs sans précipitation).

Une première expression, sommaire (fig. 4), est obtenue en choisissant arbitrairement l'un de ces seuils et en effectuant le décompte brut, mois par mois, des séquences sèches correspondantes, chacune d'elles

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

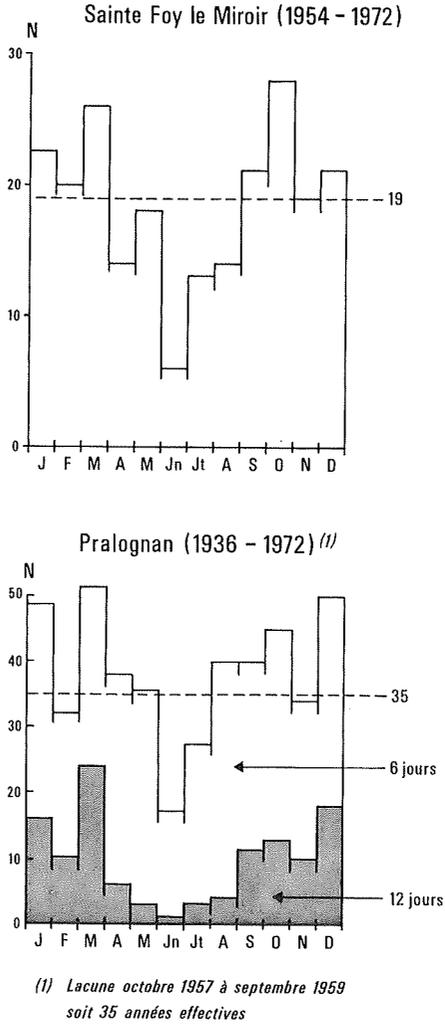


FIG. 4. — Totaux bruts par mois des séquences de jours consécutifs sans précipitation (Sainte Foy-le Miroir,  $n \geq 6$ ; Pralognan  $n \geq 6$  et  $n \geq 12$ ).

étant affectée au mois où elle se termine. On voit ainsi pour Sainte-Foy que les séquences sèches d'au moins six jours sont quatre fois moins fréquentes en juin qu'en octobre. D'octobre à mai, les séquences 6 jours sont revenues en moyenne, chaque mois, au moins une fois par an, tandis que d'avril à septembre, cette fréquence n'est jamais atteinte.

LA PLUVIOMÉTRIE EN TARENTEAISE

Cette division de l'année en deux semestres bien différenciés apparaît avec évidence dans les chiffres suivants (Sainte-Foy - Le Miroir) :

	N : Avril à septembre	Octobre à mars
$n \geq 16$	88	136
$n \geq 9$	32	79
$n \geq 12$	12	55

N : nombre brut (19 ans) des séquences sèches égales ou supérieures à  $n$  jours.

Le graphique établi sur 35 ans à Pralognan, présente une même répartition, encore que les minimums secondaires ici plus creusés de février et de novembre altèrent la simplicité du graphisme. La répartition saisonnière des séquences 12 jours, portée en dessous, accuse bien le maximum de printemps et surtout le minimum de juin (*un seul cas connu en 35 ans*).

Une seconde étape de l'étude des séquences sèches consiste à dénombrer, chaque mois, le nombre total des jours *inclus* dans une séquence d'au moins  $n$  jours. Une moyenne arithmétique est effectuée ensuite pour l'ensemble de la période d'observations. Ce décompte plus élaboré, assimilable à une intégration, prend en compte non seulement le nombre des séquences sèches, mais la durée de celles-ci. On ne peut malheureusement prendre qu'un seul seuil. Nous avons effectué ce calcul pour Pralognan (35 ans), en ramenant les mois à 30 jours.

	J	F	M	A	M	Jn	Jt	A	S	O	N	D
$n$	16	12	16	10	7	4	.7	9	12	15	13	17
$\Sigma n / \Sigma N$	.75	.61	.69	.52	.40	.23	.35	.46	.59	.70	.65	.77

La seconde ligne de ce tableau, qui donne le rapport des jours secs inclus dans une séquence d'au moins 6 jours au nombre total des jours sans précipitations du mois donne une indication sur la structure des séquences sèches et ce rapport offre une variation saisonnière des plus remarquables. En décembre et janvier, un jour sans précipitation, arbitrairement choisi, a trois chances sur quatre d'être inclus dans une période sèche d'au moins 6 jours. C'est dire la relative rareté de belles journées isolées, ou groupées seulement par deux. En juin, par contre, la proportion s'inverse : un jour donné sans pluie a moins d'une chance sur quatre de se trouver inclus, cette fois, dans six jours de beau temps. Une analyse de ce type doit converger avec celle des types de temps. Mais les rapports que l'on tire directement des lectures pluviométriques paraissent déjà riches d'enseignements pour tout ce qui touche les activités de plein air.

Une troisième étape, enfin, est franchie dans l'étude des séquences sèches par la construction d'un *calendrier de probabilités*, c'est-à-dire d'un graphique indiquant la probabilité qu'à un jour  $j$  donné de l'année d'être précédé par un nombre  $n'$  de jours consécutifs sans précipitations.

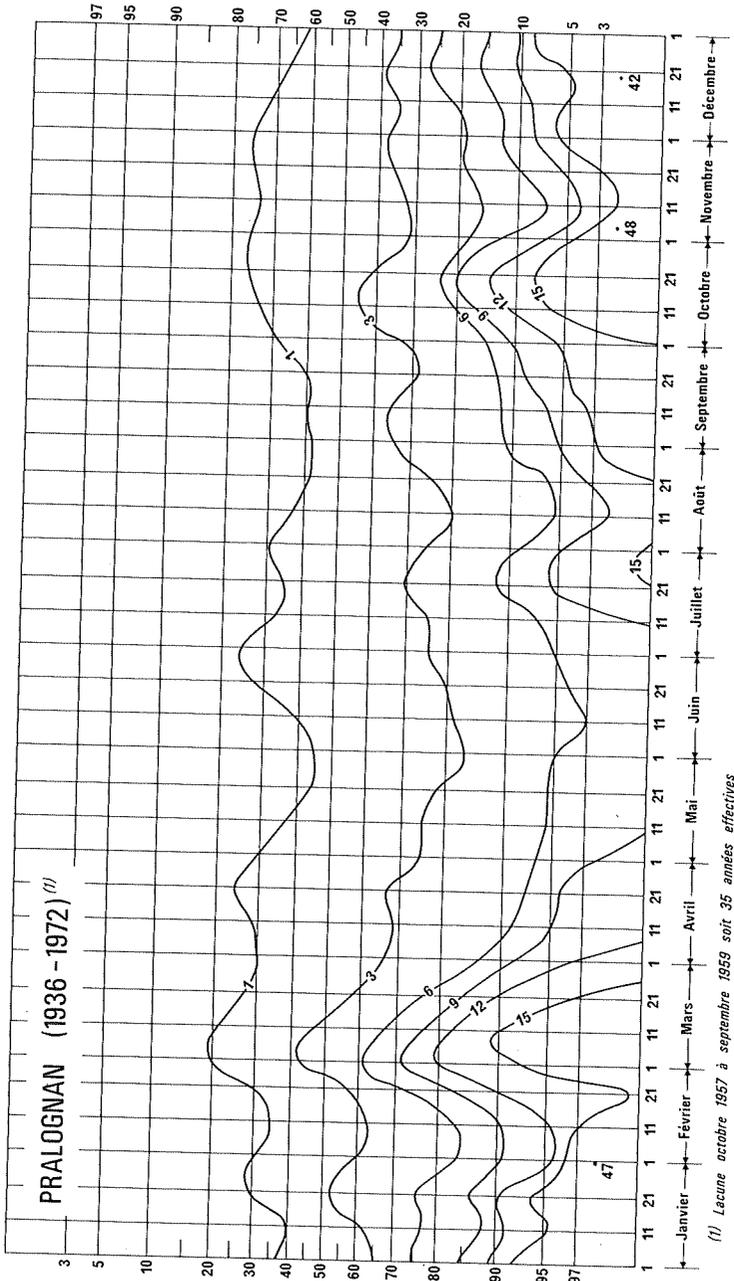


Fig. 5. — « Calendrier de probabilités ». Application à la persistance des jours consécutifs sans précipitations.

Un tel graphique (fig. 5) comporte un axe horizontal gradué en fonction du temps (ce qui permet de tenir compte de l'inégale durée des mois) et un axe vertical gradué selon une échelle de probabilité (gaussienne). Le dépouillement s'effectue en décomptant le nombre de jours sans précipitations qui *précèdent* des dates déterminées, par exemple de 10 jours en 10 jours. Les courbes ont été tracées pour  $n = 3$ ,  $n = 6$ ,  $n = 9$ ,  $n = 12$ ,  $n = 15$ . Quant à la courbe supérieure, elle indique la probabilité qu'a un jour quelconque d'être précédé d'un jour sec ( $n = 1$ ). Cette probabilité est pratiquement comparable à celle qu'a ce même jour d'être sec, sans tenir compte du caractère de la veille.

On voit tout de suite que cette courbe supérieure, liée à la fréquence des jours secs sans aucune condition de persistance de la sécheresse, offre des sinuosités peu marquées. Seules peuvent être déjà retenues les valeurs extrêmes de cette fréquence : au début de mars, un jour sur cinq seulement présentera des précipitations (alors neigeuses), tandis qu'à la fin de mai la proportion des jours pluvieux s'élève à plus de deux sur cinq, et s'approche même de un sur deux.

Les courbes qui expriment la probabilité d'occurrence de périodes sèches portant sur plusieurs jours présentent au contraire une organisation saisonnière nette dont les contrastes vont en s'affirmant au fur et à mesure que s'allonge la période considérée. La fin de février et la première quinzaine de mars sont la seule période de l'année où chaque jour a plus d'une chance sur deux d'être précédé de trois jours sans précipitations : cela veut dire en clair, que le touriste a une chance sur deux, à Pralognan, de se réveiller le matin avec la perspective d'avoir devant lui au moins trois jours de beau temps. Par contre, au début de juin, la probabilité d'occurrence de périodes sans précipitation d'au moins trois jours s'effondre à moins de 20 %. Pour des périodes plus longues, les probabilités d'occurrence disparaissent pratiquement pendant tout le semestre chaud tandis que des pointes de fréquences élevées apparaissent encore au début de mars, et à la fin d'octobre. Parmi les multiples comparaisons saisonnières que permettent de tels « calendriers de probabilité », retenons celle-ci qui nous paraît significative : *la probabilité d'avoir plus de douze jours consécutifs de beau temps au début de mars est la même que celle de voir se succéder seulement trois jours sans pluie au début de juin.*

Le graphique a été complété par le positionnement de trois points cotés : ils sont placés, en abscisses, aux dates terminales des trois plus longues séquences observées de jours consécutifs sans précipitation, en ordonnées, aux fréquences empiriques  $1/35$ , les cotes correspondant aux durées de ces séquences maximales, respectivement 48, 47 et 42 jours sans précipitations. Les séquences qui suivraient seraient, elles aussi, toutes placées en période froide. Au cours du semestre avril-septembre, la plus longue séquence connue de jours secs consécutifs atteint péniblement 21 jours. 14 séquences seulement atteignent ou dépassent 16 jours, contre 55 pour le semestre octobre-mars (valeurs brutes sur 35 ans). Il serait superflu de multiplier de tels exemples : sur une période de cette durée, les contrastes qui s'établissent pour tous les seuils de séquences sèches entre les deux moitiés que nous avons été amenés à distinguer dans l'année sont trop marqués pour pouvoir être fortuits.

5. — LES PRÉCIPITATIONS JOURNALIÈRES. — LA DÉCOMPOSITION DU RÉGIME PLUVIOMÉTRIQUE MOYEN EN « APPORTS D'INTENSITÉS DONNÉES »

Les « jours de précipitations » (c'est-à-dire où le pluviomètre a recueilli plus de 0,1 mm d'eau) sont légèrement plus nombreux, en année moyenne, pendant le semestre avril-septembre que pendant le semestre octobre-mars (78 contre 69) : légère entorse à la réputation du printemps et de l'été ! Mais surtout, ces jours de précipitations peuvent faire l'objet d'un classement en fonction de la hauteur des précipitations recueillies. A l'inverse de l'étude des fréquences sèches, sur la méthodologie desquelles nous avons dû nous attarder, il s'agit là d'un travail d'un type

TABLEAU V  
Nombre de jours de précipitations, par classes d'intensités  
(Bourg-Saint-Maurice, 1947-1972)

Répartition par classes des hauteurs d'eau journalières

Bornes, en mm.	0,1	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	mm	
Octobre	67	40	41	26	20	12	12	6	7	3	4	2	5	0	1	3		69,1
Novembre	76	37	46	31	21	20	20	8	13	9	10	8	10	3	3	6		
Décembre	79	45	34	31	29	17	16	4	10	9	7	7	9	4	6	7		
Janvier	80	35	47	40	18	23	14	11	5	4	5	12	9	6	3	6		
Février	87	34	34	39	21	7	15	10	9	13	6	9	5	11	1	10		
Mars	87	45	45	18	23	10	11	12	6	4	4	9	2	2	2	4		
Avril	87	50	53	30	21	18	16	6	3	4	2	8	7	0	0	1		78
Mai	119	56	78	38	21	15	10	9	3	6	3	4	1	2	0	0		
Juin	104	53	61	53	28	27	16	11	9	10	5	7	3	3	0	1		
Juillet	88	51	38	37	29	18	21	12	10	8	4	9	6	3	1	1		
Août	84	45	67	40	19	19	14	13	9	7	6	9	12	6	3	2		
Septembre	90	34	36	37	24	9	6	7	7	3	5	7	6	0	1	4		
Moyenne	40,3	20,2	22,3	16,1	10,5	7,5	6,6	4,2	3,5	3,1	2,3	3,5	2,9	1,5	0,8	1,7	147,1	

Ligne du bas et colonne de droite : nombre de jours de précipitations en année moyenne.  
Autres cases : nombre brut de cas. observés en 35 ans.

aujourd'hui classique (4) et nous nous bornerons à tirer les enseignements de l'analyse effectuée pour la seule station de Bourg-Saint-Maurice (1947-1972).

Notre tableau V donne le décompte des précipitations d'intensités données, mois par mois en valeurs brutes (35 ans), puis pour l'année

Bourg Saint Maurice

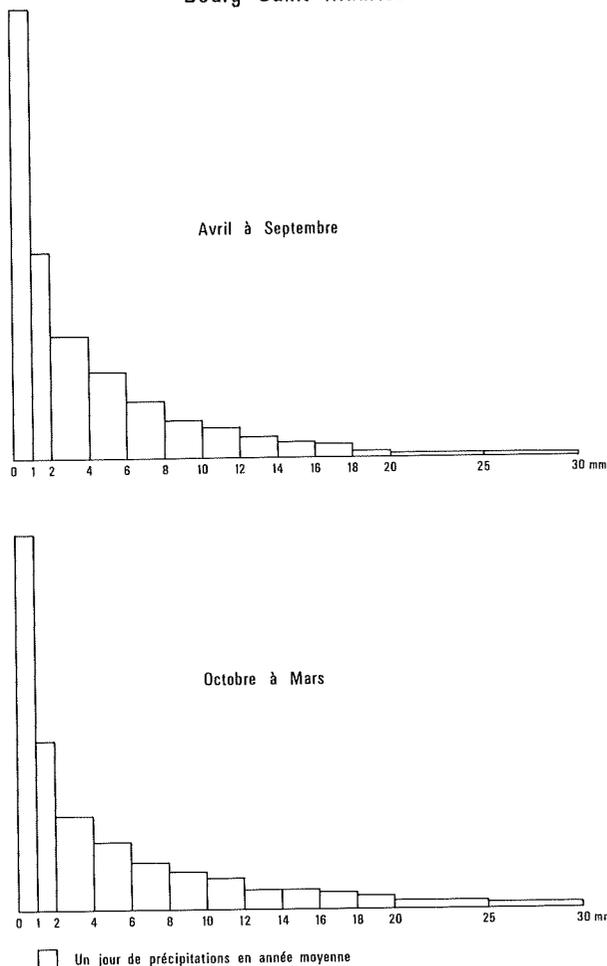


Fig. 6. — Histogramme des fréquences élémentaires des précipitations journalières.

(4) PÉGY & MOUNIER. — Une méthode de recherche climatique : l'analyse fréquentielle des précipitations tombées en 24 h. *Annales de géogr.*, 1968, p. 711-720. Cf. PÉGY, *Précis de Climatologie*, deuxième édition, Paris, 1970, p. 203-206 et 218-220.

entière en valeur moyenne (5). L'année commence en octobre pour matérialiser la distinction des deux semestres. L'exemple de Bourg-Saint-Maurice confirme la règle générale selon laquelle les précipitations les plus fréquentes sont des précipitations faibles, et ceci en toutes saisons. Sur 147 jours de précipitations que compte l'année moyenne, 60 reçoivent

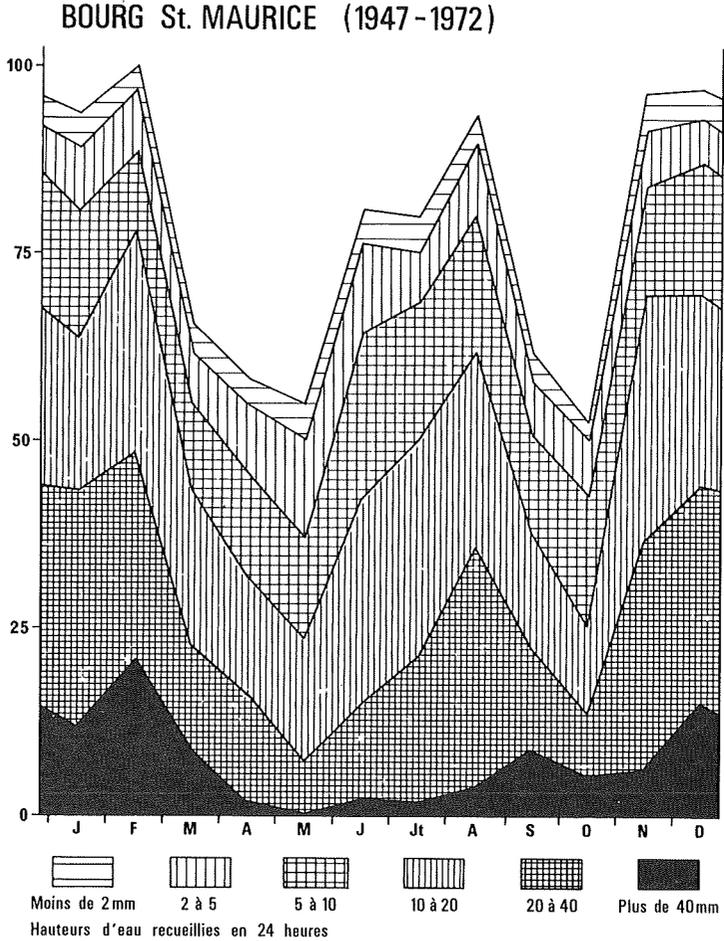


Fig. 7. — Décomposition du régime pluviométrique moyen en apports d'intensités données (Bourg Saint Maurice).

(5) Pour en rendre plus facile la présentation et la mise en page, le tableau présenté ici est légèrement simplifié par rapport au document de travail. Le dépouillement réel est effectué sur des tranches plus nombreuses : 0,1 à 0,5 mm; 0,6 à 1,0 mm; puis par tranches de un millimètre d'amplitude de 1 à 10 mm.

chacun moins de 2 mm, 83 moins de 4 mm, tandis que 30 seulement reçoivent plus de 10 mm en 24 heures, et 20 plus de 20 mm. Le caractère nettement dissymétrique de cette répartition apparaît sur les histogrammes des fréquences élémentaires des précipitations journalières présentés distinctement pour les deux semestres (fig. 6).

Mais la répartition par « classes » des jours de précipitations a surtout pour but de permettre de décomposer les totaux pluviométriques moyens de chacun des douze mois en « apports » correspondant chacun aux précipitations correspondant à une classe déterminée de précipitations journalières. Cela revient à effectuer de façon progressive la somme des précipitations du mois en ne retenant chaque fois que celles supérieures ou égales à une intensité journalière donnée. Les seuils retenus (fig. 7) sont de 2, 5, 10, 20 et 40 mm/24 h.

On note que si les courbes paraissent s'« emboîter » les unes dans les autres, ce qui résulte du principe même de leur construction, ni leur parallélisme, ni leur similitude ne sont totales. La chose est surtout nette pour le maximum humide de saison chaude où juin, bien arrosé, comporte fort peu de précipitations de fortes intensités, alors que celles-ci sont plus soutenues en automne.

## 6. — ESTIMATION DE LA RÉCURRENCE DES FORTES PRÉCIPITATIONS JOURNALIÈRES PAR LA MÉTHODE DU « GRADEX »

Des Ingénieurs d'Electricité de France (P. GUILLOT, GRARD, DUBAND, *passim*) ont montré que l'étude des probabilités d'occurrence des précipitations exceptionnelles devait être faite en ne considérant que les valeurs maximales présentées par chacun des douze mois des années successives. Les précipitations d'un jour donné étant en effet très fortement corrélées avec celles des jours immédiatement précédents, on élimine ainsi cet effet d'autocorrélation. De plus, et pour accroître la significativité des calculs, l'on se contente de regrouper les maximums de mois voisins dont on suppose qu'ils sont soumis à des conditions météorologiques de mêmes types.

Après classement, les valeurs sont reportées sur un papier de probabilité de Gumbel sur lequel les ajustements se font selon des droites (6). L'exemple traité a été fait en reprenant les données de Bourg-Saint-Maurice (fig. 8). L'ajustement permet de supposer que les deux valeurs qui viennent en tête (14,9 mm en septembre 1968, et 57,6 mm en août 1954) répondent bien aux hypothèses implicites par la distribution théorique, tandis que les trois suivantes paraissent au contraire légèrement élevées. Le *gradex* est l'angle que fait la droite d'ajustement avec l'axe portant l'échelle de probabilité : il s'exprime en « mm/u » en définissant :

$$u = -\log_e (-\log_e F(P)),$$

(6) La position des axes se trouve ici intervertie par rapport à la présentation utilisée dans les documents de l'E.D.F.

BOURG St. MAURICE (1947-1972)

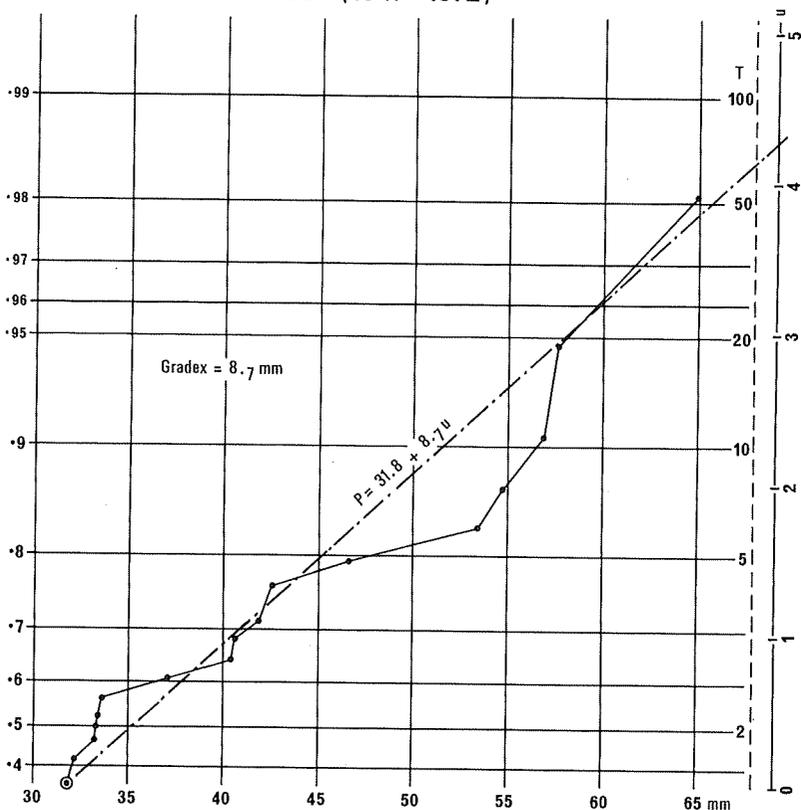


Fig. 8. — Distribution des maximums journaliers annuels de saison chaude (Bourg St Maurice).

$F(P)$  étant la probabilité de dépassement d'une précipitation journalière,  $P$ . Le « gradex » ainsi défini se trouve être d'autant plus élevé que la variabilité est forte, c'est-à-dire que des précipitations journalières très élevées deviennent envisageables.

Dans l'exemple traité, l'on est tout de suite frappé par la modestie des maximums. La précipitation journalière « maximale médiane », c'est-à-dire celle qui se trouve dépassée une année sur deux au cours de l'un ou l'autre des six mois chauds, est de 33-35 mm (7). Une année sur cinq,

(7) Nos données numériques laissent une « fourchette » tenant compte de l'écart existant entre la distribution empirique et la distribution théorique.

les précipitations dépassent 45-48 cm au cours de la même période. La plus forte valeur observée — 60,4 mm — peut-être raisonnablement considérée comme susceptible de revenir trois fois par siècle, et le « gradex » calculé, de 8,7 mm, impliquerait des précipitations journalières « séculaires » de 72 mm seulement environ. On reste très loin, en tout état de cause, des 202 mm tombés à Abriès le 13 juin 1957, lors de la catastrophe crue du Guil : il est vrai que la « période de récurrence » alors avancée par les spécialistes était de l'ordre du demi-millénaire ! Nul doute que cette modestie des maximums ne doive être rapprochée d'une certaine équirépartition des pluies, laissant peu de place entre elles pour de longues séquences sèches.

## CONCLUSION

L'« année moyenne » — celle dont BÉNÉVENT aimait à dire qu'elle était précisément celle qui ne se réalise jamais — présente partout, en Tarentaise, un minimum de mars et un maximum de juin. Tant pour les hauteurs d'eau que pour le nombre de jours de précipitations, le rapport entre les mois extrêmes est de l'ordre de 1 à 1,5. Régimes pluviométriques bien faiblement contrastés, si l'on se borne là.

L'étude de la variabilité des précipitations — tout en précisant les limites de ces régimes moyens — permet de pousser plus loin l'analyse, et cela à deux échelles : à l'échelle des années, qui se suivent et ne se ressemblent pas, certains seuils de fréquences sont précisés : la notion des quintiles et des déciles extrêmes complète utilement ici comme partout les enseignements des moyennes. A l'échelle des jours, nous voyons ceux-ci, non pas se succéder au hasard, mais se grouper en séquences, dont les caractères dépendent eux-mêmes de la saison envisagée. C'est même, croyons-nous, cette tendance pour les journées successives à se grouper plus ou moins bien en séquences, soit pluvieuses, soit non-pluvieuses, qui constitue, sur le plan des précipitations, la réalité saisonnière la plus saisissante.

La fréquence élevée des périodes de beau temps continu, en fin d'hiver, paraît constituer l'un des traits majeurs du climat tarin : gage précieux pour le succès de la saison hivernale. Quant aux très fortes anomalies positives des précipitations, nous avons vu (*Travaux... du Parc*, tome III, p. 13) que c'était également à la fin de l'hiver qu'elles étaient à redouter (d'où la forte variabilité des totaux mensuels de février). L'été par contre, s'il n'offre guère de place aux très longues périodes de beau temps, ne paraît pas offrir de gros risques d'abats d'eau exceptionnels (8).

*Manuscrit remis en décembre 1974*

(8) Le dépouillement et le traitement des données quotidiennes relatives à Bourg Saint Maurice et à Sainte Foy Tarentaise, dont il a été fait état ici, ont été effectués avec le concours de Mademoiselle Claire MARRET que nous tenons à remercier.



## DIFFÉRENTS ASPECTS DE L'IMPACT DU TOURISME HIVERNAL SUR LE MILIEU

par P. GENSAC (1)

**Résumé.** — Les stations de sports d'hiver modifient le milieu montagnard. Les différents aspects de cet impact sont analysés dans leur influence sur le milieu physique, biologique et humain.

Depuis 1960, les paysages montagnards ont été profondément modifiés par l'implantation du tourisme hivernal. Les stations de sports d'hiver existantes se sont développées, de nouvelles ont été créées, le réseau des remontées mécaniques et les pistes qui les entourent s'est considérablement étendu. Cette croissance spectaculaire a été accompagnée de profondes perturbations pour le milieu, et maintenant, il convient de faire le point pour juger des effets. En France, c'est certainement l'ensemble Haute-Tarentaise - Trois Vallées qui a été le terrain des opérations les plus importantes. La capacité touristique hivernale y dépasse 100 000 lits, la surface des champs de ski recouvre une surface de l'ordre de 200 km<sup>2</sup> soit le dixième de la surface totale couverte par la carte de l'impact des activités humaines Moûtiers - Parc de la Vanoise (GENSAC, 1974). Quand on connaît les bouleversements qu'entraîne l'installation d'une station, ces chiffres permettent de juger rapidement de l'influence que le tourisme hivernal peut avoir sur le milieu et ceci, pour la plus grande part, dans la zone périphérique du Parc National de la Vanoise dont une des conditions est de « rendre plus efficace la protection de la nature dans le parc » (Art. 3 de la loi du 22 juillet 1960). Nous avons donc essayé d'analyser les effets que le développement des sports d'hiver pouvait avoir sur l'environnement physique et biologique et principalement sur ce qui est actuellement le plus facilement observable, c'est-à-dire le paysage. Nul doute que dans l'avenir des effets à retardement que nous ne pouvons prévoir se manifesteront, et que des opérations de restauration et de protection seront entreprises et porteront leur fruit. Le tourisme hivernal vient également s'insérer parmi les activités humaines préexistantes et son action retentit dans leur domaine, ce qui nécessite une analyse particulière.

(1) Biologie végétale. Centre Universitaire de Savoie. B.P. 143. F73011 - Chambéry.

## 1. — IMPACT DES STATIONS ET DE LEURS ANNEXES

Sur l'emprise des stations et des installations annexes (accès, stations d'épuration, etc...) l'action sur le milieu présente un degré d'artificialisation maximum, c'est l'écosystème « urbs », selon l'expression de DUVERGNEAUD (1974) qui s'établit avec tous les aléas d'une situation écologique d'altitude élevée. Les habitats permanents traditionnels, dont l'implantation s'est faite empiriquement sous l'action du climat et du sol, sont largement dépassés en altitude. Les grosses agglomérations (Moûtiers, Bourg-Saint-Maurice) sont installées dans la vallée à 1 000 m au maximum, alors que les métropoles du ski se trouvent à partir de 1 500 m et ont l'espoir de pouvoir étendre leur limite jusqu'à 2 200 m (Val Thorens). Pour répondre à des conditions nettement plus rigoureuses, elles sont donc conduites à augmenter leur degré de protection, d'où leur artificialisation plus intense et plus agressive vis-à-vis du milieu naturel.

Les surfaces d'installation directement concernées sont faibles et dépendent dans une large mesure du degré « d'intégration » de la station. Pour les quatre stations les plus importantes, ont été rassemblés dans le tableau I les surfaces, le nombre de lits skieurs et la densité de ces lits.

TABLEAU I  
*Relations surface - nombre de skieurs dans les stations*

	Surface (km <sup>2</sup> )	N. lits Skieurs	Densité au km <sup>2</sup>
Courchevel	0,66	18 000	27 000
Val d'Isère	0,27	10 000	37 000
Tignes	0,38	15 000	39 000
La Plagne	0,25	13 000	52 000

Les urbanistes et les psychosociologues sont plus à même de discuter ces chiffres et des avantages ou désavantages respectifs des solutions adoptées dans les diverses stations. On peut cependant remarquer que l'on passe d'une station peu intégrée comme Courchevel, à une station très intégrée comme La Plagne en doublant pratiquement la densité des skieurs logés. Il est bien certain également qu'en s'élevant en altitude, on assiste obligatoirement à une réduction des surfaces constructibles. Dans ces surfaces, sont compris les parcs à voitures à l'air libre qui sont très vastes et d'un entretien délicat en hiver. La tendance actuelle à la construction de parcs souterrains pourraient amener une diminution apparente de l'artificialisation superficielle si toutefois leur réalisation permet le maintien de la végétation, ce qui ne semble pas être toujours le cas.

Les autres annexes des grandes stations sont localisées en dehors de leur propre périmètre.

**Les altiports** doivent se situer sur une surface relativement plane ou en pente régulière, peu accusée, pour permettre atterrissage et envol. La régularisation de ces pentes a été faite au bulldozer si bien que sur une étendue assez importante la végétation a disparu.

**Les stations d'épuration** sont une nécessité pour de telles concentrations humaines, d'autant plus que les effluents sont rejetés dans la partie supérieure des bassins versants et intéressent tout le réseau hydrographique inférieur. Cette nécessité s'est transformée en obligation légale depuis peu, mais, jusqu'à présent, il faut souligner qu'*aucune* station de Tarentaise ne possède de station d'épuration valable. Seule, en Maurienne, la petite station de Val Cenis est équipée dans ce domaine. Les rares installations effectuées n'ont pas un fonctionnement satisfaisant, ce fait n'étant que faiblement lié aux basses températures hivernales, mais résultant plutôt de l'alimentation saisonnière très irrégulière avec de grandes accélérations au moment des vacances de Noël et des fins de semaine. Ces problèmes semblent avoir été résolus pour les stations des Arcs et de La Plagne par la construction de stations d'épuration en plaine, à proximité d'habitats permanents (respectivement Bourg-Saint-Maurice et Aime-Macôt), assurant un volant d'alimentation pendant toute l'année et supprimant les inconvénients d'une installation d'altitude. Les autres métropoles du ski : Tignes, Courchevel, Val d'Isère, vont s'équiper prochainement suivant des procédés variables, le délicat problème de l'évacuation des boues restant posé.

**Le dépôt d'ordures** est l'annexe la moins esthétique d'une station, c'est pourtant celle qui, le plus souvent, s'offre au regard du touriste lors de son arrivée. Pour des raisons de facilité d'accès et parce que les routes sont tracées à proximité du fond de la vallée, propice au déversement des déchets, les dépôts sont installés aux abords des stations et en aval. Il en résulte une détérioration du site d'arrivée comme, par exemple, les gorges de la Daille pour Val d'Isère. Ces dépôts étant régulièrement l'objet d'incendie, ils dégagent des fumées nauséabondes et dangereuses pour la circulation routière. Le problème de l'évacuation des ordures constitue, avec l'élimination des eaux usées, un des points cruciaux de détérioration de l'environnement par les stations. Les solutions sont onéreuses et on peut espérer que l'équipement prévu des cantons de Bourg-Saint-Maurice et d'Aime résoudra en grande partie ce problème.

**Les difficultés d'accès** constituent également un des problèmes que les stations de sports d'hiver ont à résoudre. Non seulement elles sont dans l'obligation d'être reliées au réseau routier ordinaire par une route de montagne, mais celle-ci doit être constamment ouverte en hiver. Les normes des routes modernes, largeur, pente, nombre de lacets, imposent une construction provoquant de larges trouées dans le milieu naturel; la technologie employée crée d'importants talus en forte pente dont la remise en végétation est délicate; les couloirs d'avalanches, les torrents inévitablement traversés obligent à la construction d'importants ouvrages d'art. Tous ces éléments, souvent à la charge des collectivités locales, alourdissent considérablement le prix de revient de la station et laissent une empreinte très vive dans le paysage.

## 2. — IMPACT DE L'ÉQUIPEMENT DU DOMAINE SKIABLE

Alors que la station et ses annexes sont limitées dans l'espace et constituent des impacts de types ponctuels à forte intensité, le domaine skiable est à un moindre degré artificialisé mais sur une surface très supérieure. Remontées mécaniques et pistes agissent de façon linéaire que leur densité transforme très souvent en impact zonal.

**Les remontées mécaniques** nécessitent des travaux importants lors de leur construction. Une route d'accès doit mener à leur point le plus élevé permettant le transport du matériel nécessaire; chaque pylone, le départ et l'arrivée entraînent un ancrage des installations qui perturbe le milieu. Les dommages sur le sol s'arrêtent là pour les remontées portées: télésièges et télébennes; les téléskis exigent en plus un aplanissement de la piste de tractage, donc une intervention du bulldozer qui fait disparaître la végétation naturelle sur une dizaine de mètres de large au minimum, et ceci, le plus souvent, dans la direction de la ligne de plus grande pente, créant ainsi une zone très sensible à l'érosion par les eaux courantes. Les atteintes au paysage et à la végétation sont encore plus apparentes en zone forestière et il peut en résulter des risques importants dans les zones avalanches.

**Les pistes** nécessitent également des travaux importants dans le but d'assurer un parfait enneigement et une sécurité d'utilisation plus grande. Pour cela, il convient de supprimer les obstacles, aussi bien végétaux, les arbres, que topographiques, buttes, rochers, escarpements sur toute la longueur de la piste et souvent sur plus de 20 m de large. D'où de profondes perturbations dans le couvert végétal et également une augmentation considérable des effets de l'érosion. C'est pourquoi depuis 1968, plusieurs stations ont effectué des travaux de « reverdissement » dont les résultats sont variables suivant les méthodes employées et les conditions écologiques. Le plus souvent, ces travaux ont débuté sans étude préalable et ont conduit à des échecs, les semis de plantes comme le ray-grass ne correspondant pas aux conditions d'altitude. Après une plus longue évolution, on peut constater que l'espèce semée la mieux adaptée à occuper les places vides devient dominante sans correspondre nécessairement à une espèce abondante dans la région au niveau considéré. C'est ainsi que sur les pistes de Pralognan, seul *Dactylis glomerata* a persisté. Le but à atteindre est la colonisation des zones artificiellement reverdies par les espèces des pelouses avoisinantes et la stabilisation de ce peuplement. L'opération demandant une longue mise en œuvre ainsi que de sérieuses dépenses, il semblerait plus judicieux de réduire le plus possible les détériorations lors des premiers travaux afin de limiter les frais de restauration. Ces frais se trouveraient également réduits par une étude écologique préalable.

Les stations de sports d'hiver se sont insérées jusqu'à présent d'une façon brutale dans le milieu sans tenir compte des conditions que celui-ci imposait et de l'équilibre indispensable qu'il fallait maintenir en pays de montagne. Leur développement anarchique ne peut continuer sans per-

turber de façon définitive le milieu et sans y provoquer des conséquences catastrophiques. Il convient donc au plus tôt de définir, en fonction d'études pluridisciplinaires faisant intervenir des urbanistes, des sociologues, des géographes... et des écologistes, une politique permettant leur développement harmonieux.

### 3. — IMPACT SUR LES AUTRES ACTIVITÉS HUMAINES

Le tourisme hivernal intervient également d'une façon plus ou moins forte sur les activités humaines préexistantes. Il modifie ainsi le milieu économique et par là-même secondairement le milieu biologique. Cette action affecte tous les secteurs économiques et principalement ceux étroitement liés à l'environnement.

#### Répercussion sur les activités agricoles.

Ce secteur traditionnel est en rapide déclin. Les relations entre les stations de sports d'hiver et les alpages ont fait l'objet d'une étude récente de A. REFFAY (1974) et sa conclusion essentielle en ce qui nous concerne est que « la présence d'une station ne provoque pas mais accélère le déclin de l'agriculture de montagne dans un périmètre qui peut dépasser le cadre communal ». De nombreux éléments peuvent venir à l'appui de cette constatation démontrant que la symbiose ne s'est pas réalisée entre ces deux formes d'activité : la main d'œuvre commune ne concerne que de très faibles effectifs, l'attraction de fonctions plus rémunératrices dans les stations hivernales provoque plutôt un abandon du milieu d'agriculture, les pâturages marginaux sont abandonnés dès l'annonce de la création d'une station sur leur territoire comme à la Sassièr de Sainte-Foy, le déclin peut également se manifester par la diminution du nombre des transhumants sur les alpages non skiabiles comme à Val d'Isère. Ces faits se révèlent être assez inquiétants, même pour les stations, car l'agriculteur, l'alpagiste étant en quelque sorte le « jardinier de la montagne », l'environnement se trouve donc menacé d'une rapide dégradation. On peut craindre, par exemple, que la réduction des activités pastorales entraîne au voisinage des stations un développement des landes et des fourrés d'aunes verts favorables à l'écoulement des avalanches. Il y a donc là de nombreux effets en retour à prévoir et à contrôler.

Le secteur sylvicole est également touché par le développement des stations. Le tracé des pistes et des remontées mécaniques exigent une exploitation immédiate sur leur trajet et une diminution du domaine forestier. Si de telles coupes affectent le plus souvent des forêts peu productives puisque situées dans l'étage subalpin, on peut néanmoins souligner le rôle protecteur que joue cette zone forestière vis-à-vis des forêts inférieures. Ces couloirs peuvent également favoriser l'action des ouragans en facilitant et concentrant l'effet du vent. A Pralognan, en

1967, le vent, en même temps qu'il détruisait le centre de la forêt d'Issertan, point d'impact principal de l'ouragan, exerçait également son action tout le long de la trouée orientale pratiquée pour l'installation de pistes et remontées mécaniques. Les stations de sports d'hiver agissent également en ce domaine par distraction de la main-d'œuvre traditionnelle.

### Répercussions sur le tourisme estival

Si dans le secteur industriel local, le bâtiment mis à part, l'expansion des stations de sports d'hiver semble avoir peu d'influence, il n'en est pas de même pour le tourisme estival qui subit actuellement un rapide développement.

Par leurs structures d'accueil, par leurs centres de loisirs, les stations peuvent être favorables au tourisme estival, d'autant plus que le souci d'une rentabilisation les amène à pratiquer une politique de développement de cette forme de tourisme. Le ski sur glacier paraît insuffisant pour expliquer l'affluence en été dans des stations comme Val d'Isère et Tignes, la clientèle semble en grande partie différente et plutôt attirée par la découverte de la nature montagnarde, ce que traduit la participation très élevée aux sorties organisées par le Parc de la Vanoise ou aux « safaris-photos ». Et c'est pourquoi les stations peuvent avoir également un aspect négatif vis-à-vis du tourisme estival par les traumatismes qu'elles font subir au paysage. Si, en hiver, tout est masqué, dissimulé sous le manteau neigeux, en été, les plaies apparaissent. La montagne est sillonnée par les voies d'accès, les pistes, les trajets des remontées mécaniques, les paravalanches. L'architecture des bâtiments conçue pour la neige s'intègre mal aux paysages d'altitude estivaux. Malgré l'effort de restauration entrepris dans toutes les stations, leurs atteintes à l'esthétique nuisent au tourisme estival. Il reste donc, dans ce domaine, à prendre des mesures encore plus efficaces.

### BIBLIOGRAPHIE

- DUVIGNEAUD, P. (1974). — *La synthèse écologique*. Paris, Doin. 296 p.
- GENSAC, P. (1975). — Principes pour une cartographie de l'impact des activités humaines sur le milieu. Application à la carte de Moûtiers - Parc National de la Vanoise au 1/100 000. *Documents de cartographie écologique*, XIV, 1-15.
- REFFAY, A. (1974). — Alpages et stations de sports d'hiver en Haute Tarentaise. *Revue de géographie alpine*, LXII, 1, 41-73.

# OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES SUR LES CONSÉQUENCES ÉCOLOGIQUES DE L'ABANDON DE L'EXPLOITATION PASTORALE

par R. DELPECH (1)

Introduction .....	69
I. — Motivations du choix du thème .....	70
II. — Méthodes utilisées .....	71
III. — Premiers résultats concernant les alpages abandonnés comparés aux alpages très pâturés .....	72
IV. — Caractéristiques de l'expérimentation entreprise .....	79
V. — Propositions finales .....	87
Bibliographie .....	88

## INTRODUCTION

Si l'on met à part la découverte éventuelle de nouveaux taxons ou de nouvelles unités de végétation, ainsi qu'une meilleure connaissance de la distribution et de l'écologie des taxons ou unités existants, les inventaires réalisés jusqu'à présent dans le cadre du Parc, ne représentent pas une fin en soi. Mais ils constituent la « matière première » de recherches à caractère plus synthétiques, ou dynamiques, éventuellement plus appliquées, susceptibles de s'intégrer dans le cadre d'études pluridisciplinaires sur un thème commun. Celui qui nous a été proposé par la Direction du Parc et le Comité Scientifique nous paraît relever de ce genre de préoccupations et il est essentiel que d'autres disciplines que la nôtre interviennent si l'on veut valoriser pleinement de telles études. La porte est donc ouverte à des collaborations selon des modalités à définir.

(1) Institut National Agronomique - Laboratoire de Phytocénologie et d'Ecologie végétale, 16, rue Claude Bernard, 75231 Paris Cédex 05.

Cette affirmation de principe tient au fait que toutes les interventions — ou absence d'intervention — humaines sur le milieu naturel mettent obligatoirement en jeu des écosystèmes (2). Or un écosystème comprend toujours des végétaux et des animaux, macroscopiques et microscopiques, autotrophes ou hétérotrophes, la partie de l'atmosphère — ou de l'hydrosphère — dans laquelle ils vivent et le sol — ou le substrat — qui contribue à nourrir et éventuellement à fixer certains d'entre eux.

L'intérêt de l'étude d'un écosystème ne réside pas seulement dans sa description exhaustive — laquelle constitue un préalable obligatoire — mais aussi et surtout dans la connaissance de son fonctionnement et, plus particulièrement, de sa dynamique. L'analyse de cette dernière peut être conduite, soit dans les conditions entièrement naturelles et, sauf dans le cas de certains écosystèmes « pionniers », exige alors une très longue période d'observation (plusieurs décennies), soit dans des conditions expérimentales, en partie contrôlées, permettant d'isoler certains facteurs et de gagner du temps dans l'obtention de résultats. Néanmoins, même dans ce cas, il faut attendre en général *plusieurs années* pour observer des *résultats* pleinement significatifs et on ne saurait trop insister sur ce point, souvent méconnu en dehors des cercles de spécialistes.

Nous avons fait appel à ces deux méthodes, sans toutefois nous faire beaucoup d'illusions sur la portée de la première, étant donné le nombre des facteurs qui entrent en jeu et la complexité de leurs interactions dans chaque situation. Certaines ne sont d'ailleurs même pas connues actuellement.

## I. — MOTIVATIONS DU CHOIX DU THÈME

Si les montagnes pastorales européennes, et plus particulièrement les Alpes, ont été largement exploitées — et dans certains cas surexploitées — par l'homme et son bétail au cours des siècles passés, il n'en va plus de même aujourd'hui où l'on assiste à une régression de l'exploitation pastorale, liée à la dépopulation et à l'exode rural très important qui ont caractérisé les hautes vallées alpines depuis trois quarts de siècle (3). Cette régression touche inégalement les communes et, si certains secteurs sont presque totalement abandonnés, d'autres (tels que la haute vallée du Doron de Termignon et la vallée du Ponthurin à Peisey-Nancroix) sont encore l'objet d'une exploitation pastorale active. Il n'est d'ailleurs pas certain que cette régression soit partout irréversible, car on ignore par exemple si la transhumance, sous des formes

(2) Rappelons pour mémoire la définition qui en a été donnée par TANSLEY (1935) : « Système écologique fonctionnel, organisé sur le plan des échanges trophiques et énergétiques, composé d'une communauté structurée de végétaux et d'animaux (biocénose) et de son support abiotique (biotopie) ».

(3) Voir notamment à ce sujet : ONDE (1942); PREAU (1964).

modernisées — au moins dans la zone périphérique du Parc où elle est autorisée —, ne connaîtra pas parfois un regain de faveur.

Quoiqu'il en soit, si la surexploitation passée de certaines zones a pu être à l'origine de méfaits tels que l'érosion et l'appauvrissement des sols, la déforestation ou les inondations torrentielles, il semble bien que l'abandon total de l'exploitation par le bétail conduise aussi, dans certains cas, à d'autres inconvénients. C'est ainsi que l'abondance d'herbe longue, non exploitée, principalement sur certaines pentes exposées au Sud, favoriserait le départ des avalanches. Ailleurs, dans l'étage subalpin, l'abandon d'exploitation conduit assez rapidement à l'embroussaillage (fourrés d'Aune vert, lande à Rhododendron, etc.).

Il convenait donc de se pencher sur ce problème et d'examiner de plus près ce qui se passe lorsqu'on cesse toute intervention sur le tapis végétal. Ce problème est indissociable de l'analyse de l'action du bétail sur la végétation et sur le sol.

Enfin, dans le cadre du Parc et vu son statut, il faut garder présent à l'esprit les évolutions biologiques qui peuvent s'y manifester, en particulier les éventuelles modifications d'équilibre liées à l'accroissement des populations d'herbivores sauvages : chamois, bouquetin, lièvre, marmotte, qui sont peut-être susceptibles de prendre, dans certains secteurs, le relai des herbivores domestiques, mais dont l'action sur la flore et la végétation est encore très mal connue.

## II. — MÉTHODES UTILISÉES

Ainsi que nous l'avons dit, nous avons fait appel concurremment à deux méthodes de travail : observations dans les conditions naturelles, expérimentation.

### A. — OBSERVATIONS DANS LES CONDITIONS NATURELLES

Nous avons commencé, en juillet 1973, une prospection ayant pour but de localiser les alpages abandonnés et de caractériser les sites et végétations correspondants. Cette prospection a été basée, d'une part sur les résultats de l'enquête pastorale dans les Alpes françaises réalisée par le C.T.G.R.E.F. et l'I.N.E.R.M. de Grenoble, d'autre part sur des observations et informations recueillies sur place. Cette prospection a intéressé les communes de Champagny, Ste Foy-Tarentaise, Termignon et Aussois, et devra être poursuivie sur d'autres communes. En vue d'une comparaison, nous avons estimé utile de rassembler les informations se rapportant aux alpages — ou fraction d'alpages — recevant une forte charge en bétail, que nous avons eu l'occasion d'observer au cours de nos tournées dans le Parc.

## B. — EXPÉRIMENTATION

Deux expériences destinées, d'une part à suivre l'évolution du tapis végétal en l'absence de toute intervention humaine, d'autre part à tester l'effet de certaines fumures en régime de fauche, ont été installées sur des emplacements jusqu'alors soumis au pâturage en Haute Maurienne, dans la commune de Termignon, aux lieux-dits « Pensamen » et « Plan du Lac ». Ces expériences, dont les dispositifs et protocoles sont présentés ci-après, ont fait l'objet d'échantillonnages fréquentiels de la végétation et de coupes avec pesées. Il s'agit donc, pour l'instant, de simples constatations, ne permettant aucune conclusion, mais seulement une tentative d'interprétation des différences observées entre les traitements ou entre les emplacements.

### III. — PREMIERS RÉSULTATS CONCERNANT LES ALPAGES ABANDONNÉS

24 stations comprises entre les altitudes de 1 540 et 2 550 m (dont 13 à une altitude supérieure à 2 000 m) ont fait l'objet d'un inventaire de la végétation. La grande majorité se situe sur des pentes assez fortes (20 à 45 %), deux stations seulement présentant une pente nulle ou inférieure à 5 %. Le recouvrement du terrain par la végétation est variable, mais toujours (sauf dans un cas) supérieur à 70 % et le plus souvent supérieur à 85 %. Enfin le recouvrement des espèces ligneuses est extrêmement variable; souvent nul ou très faible, il peut atteindre dans certains cas 95 %. L'altitude (étage alpin, subalpin ou limite des deux) et le temps écoulé depuis la dernière exploitation sont sans doute les principaux facteurs expliquant cette variabilité de la couverture ligneuse.

Comparativement, 12 stations où la charge en bétail est encore élevée ont également donné lieu à un inventaire. Leur altitude est comprise entre 2 050 et 2 800 m; les pentes, sauf dans un cas, sont nulles, faibles ou moyennes (inférieures à 30 %), à toutes expositions sauf N et NW; le recouvrement par la végétation herbacée est presque toujours très élevé (supérieur à 90 %).

L'analyse et le traitement des données floristiques pour l'ensemble de ces 36 stations conduit aux résultats suivants :

1° **Le nombre moyen d'espèces** est plus élevé (45; extrêmes 21 et 78) dans les alpages abandonnés que dans les alpages très pâturés (35; extrêmes 12 et 49). Cette constatation ne saurait surprendre étant donné l'influence très sélective du broutage associé au piétinement : action

ABANDON DE L'EXPLOITATION PASTORALE

directe sur les plantes, indirecte par modification de la macroporosité et du régime hydrique du sol (LIETH, 1954; WALTER, 1960).

2° La distribution des espèces

— Certaines espèces ne se rencontrent que dans une seule catégorie d'alpages (abandonnés ou très pâturés) (tabl. I). Pour éliminer l'influence du hasard dans la distribution, nous n'avons mentionné que les espèces observées dans un cinquième au moins des relevés (fréquence  $\geq 0,20$ ) :

TABLEAU I

A — Alpages abandonnés			B — Alpages très pâturés		
Type biologique (*)	Espèces	Fréquence	Type biologique (*)	Espèces	Fréquence
H. scap.	<i>Carduus defloratus</i> L.	0,56	H. rep.	<i>Sagina saginoïdes</i> (L.) Karsten	0,58
H. scap.	<i>Chrysanthemum leucanthemum</i> L.	0,52	H. rep.	<i>Trifolium thalii</i> Vill.	0,50
H. scap.	<i>Hypericum maculatum</i> Crantz	0,40	Ch. rep.	<i>Sibbaldia procumbens</i> L.	0,33
H. cesp.	<i>Sesleria coerulea</i> (L.) Ard.	0,40	H. rep.	<i>Veronica serpyllifolia</i> L.	0,25
H. scap.	<i>Senecio doronicum</i> L.	0,36			
H. cesp.	<i>Festuca spadicea</i> L.	0,32			
H. rep.	<i>Anthyllis vulneraria</i> L. ssp. <i>alpestris</i> Asch et Gr.	0,32			
H. ros.	<i>Aster alpinus</i> L.	0,32			
H. scap.	<i>Euphorbia cyparissias</i> L.	0,28			
T.	<i>Linum catharticum</i> L.	0,28			
Ch. suff.	<i>Calamintha alpina</i> (L.) Lmk.	0,24			
nP.	<i>Juniperus communis</i> L. ssp. <i>nana</i> Syme	0,24			
H. scap.	<i>Pulmonaria azurea</i> Besser	0,24			
H. cesp.	<i>Poa violacea</i> Bell.	0,20			
H. rep.	<i>Alyssum montanum</i> L.	0,20			
H. scap.	<i>Bartsia alpina</i> L.	0,20			
Ch. suff.	<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	0,20			
H. scap.	<i>Scabiosa lucida</i> Vill.	0,20			

(\*) H. hémicryptophyte; cesp. cespiteux; rep. rampant; scap. érigé; ros. à rosette basale; Ch. chaméphyte; suff. suffrutescent; nP. nanophanérophite (ligneux); T. thérophyte; G. géophyte; b. à bulbe; rh. à rhizome; par. parasite.

— D'autres espèces se rencontrent dans les deux catégories d'alpages, mais avec une fréquence très différente (tabl. II, A et B) :

TABLEAU II

A — *Espèces significativement plus fréquentées dans les alpages abandonnés*

Type biologique	Espèces	Fréquence	
		Alpages abandonnés	Alpages très pâturés
H. scap.	<i>Bupleurum ranunculoïdes</i> L.	0,48	0,17
H. scap.	<i>Centaurea uniflora</i> L.	0,40	0,17
Ch. suff.	<i>Thymus serpyllum</i> L.	0,40	0,08
Ch. suff.	<i>Helianthemum grandiflorum</i> (Scop) Sch. et Thell.	0,36	0,17
H. scap.	<i>Trifolium montanum</i> L.	0,32	0,08
H. cesp.	<i>Avena versicolor</i> Vill.	0,32	0,08
H. scap.	<i>Phyteuma orbiculare</i> L.	0,28	0,08
H. rep.	<i>Prunella grandiflora</i> (L.) Scholler	0,24	0,08
T	<i>Rhinanthus</i> sp.	0,24	0,08

3° Si l'on établit les **spectres biologiques** (EMBERGER et SAUVAGE, 1968) correspondant aux ensembles A et B, on obtient le tableau suivant (tabl. III) :

Les alpages abandonnés se caractérisent par la proportion plus importante d'espèces ligneuses et suffrutescentes et par une très forte prédominance d'hémicryptophytes à port dressé, ainsi que par l'absence de géophytes. Les alpages très pâturés se caractérisent au contraire par la faible proportion de chaméphytes et la prédominance des espèces à port rampant et de celles à feuilles en rosette basale.

L'extension des espèces suffrutescentes dans les premiers pourrait s'expliquer par le fait que les jeunes pousses ne sont plus broutées. Les hémicryptophytes à port dressé sont généralement très sensibles au piétinement, tandis que ceux à port rampant ou à rosette foliaire basale échappent plus ou moins au broutage.

Nous attirons toutefois l'attention sur le fait que les listes précédentes et les valeurs correspondantes ne constituent que des indications *provisoires*, qui ne tiennent pas compte de la totalité des stations d'alpage inventoriées depuis 1967. En outre, l'échantillonnage réalisé n'est pas stratifié, les stations n'étant pas assez nombreuses. Nous estimons en effet qu'avant d'entreprendre un travail comparatif de cette envergure,

B — Espèces significativement plus fréquentes dans les alpages très pâturés

Type biologique	Espèces	Fréquence	
		Alpages très pâturés	Alpages abandonnés
H. cesp.	<i>Poa alpina</i> L.	1	0,28
H. ros.	<i>Plantago alpina</i> L.	1	0,52
H. cesp.	<i>Nardus stricta</i> L.	0,91	0,28
H. ros.	<i>Geum montanum</i> L.	0,91	0,28
H. ros.	<i>Alchemilla xanthochlora</i> Rothm.	0,75	0,28
H. rep.	<i>Galium anisophyllum</i> Vill.	0,75	0,40
H. ros.	<i>Viola calcarata</i> L.	0,67	0,12
H. rep.	<i>Potentilla aurea</i> L.	0,67	0,28
H. rep.	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	0,58	0,24
H. rep.	<i>Trifolium repens</i> L.	0,58	0,16
H. ros.	<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn	0,58	0,24
H. cesp.	<i>Phleum alpinum</i> L.	0,50	0,24
G. rh.	<i>Botrychium lunaria</i> (L.) Sw	0,50	0,20
H. rep.	<i>Cerastium arvense</i> L. <i>ssp. strictum</i> (Haencke) Gaud.	0,50	0,32
H. ros.	<i>Gentiana kochiana</i> Perr. et Song	0,50	0,24
H. ros.	<i>Plantago atrata</i> Hoppe	0,50	0,16
H. scap.	<i>Ranunculus montanus</i> Willd. (s. 1.)	0,50	0,24
H. ros.	<i>Crepis aurea</i> (L.) Cass.	0,41	0,04
H. ros.	<i>Gentiana verna</i> L.	0,41	0,08
H. ros.	<i>Leontodon hispidus</i> L.	0,41	0,16
G. par.	<i>Pedicularis cenisia</i> Gaud.	0,41	0,16
H. ros.	<i>Taraxacum officinale</i> Weber	0,41	0,04
H. rep.	<i>Veronica bellidioides</i> L.	0,41	0,12
H. cesp.	<i>Alopecurus gerardi</i> Vill.	0,33	0,04
G.b.	<i>Crocus albiflorus</i> Kit.	0,33	0,04
T. par.	<i>Euphrasia minima</i> Jacq.	0,33	0,16
H. scap.	<i>Ranunculus pyrenaicus</i> L.	0,33	0,08
H. scap.	<i>Trifolium badium</i> Schreb.	0,25	0,12
H. ros.	<i>Androsace obtusifolia</i> All.	0,25	0,08
H. cesp.	<i>Carex caryophyllea</i> Latour.	0,25	0,04
H. scap.	<i>Erigeron uniflorus</i> L.	0,25	0,04
H. rep.	<i>Polygala alpestris</i> Rchb.	0,25	0,08
H. ros.	<i>Primula farinosa</i> L.	0,25	0,04
Ch. rep.	<i>Selaginella selaginoides</i> (L.) Link.	0,25	0,08
Ch. suff.	<i>Veronica allionii</i> Vill.	0,25	0,08
H. rep.	<i>Cerastium fontanum</i> Baumg. <i>ssp. triviale</i> (Link.) J alas	0,17	0,04
H. scap.	<i>Erigeron alpinus</i> L.	0,17	0,04
H. scap.	<i>Gentiana punctata</i> L.	0,17	0,04

TABLEAU III

Types biologiques	A	B
	Alpages abandonnés	Alpages très pâturés
	%	%
Thérophytes	7	2,5
Hemicryptophytes érigés	43	14
crespiteux	14	12
rampants	14	26
en rosette	3,3	30,5
Géophytes à bulbe	—	2,5
à rhizome	—	2,5
parasites	—	2,5
Chaméphytes herbacés rampants	—	5
suffrutescents	14	2,5
Nanophanérophytes (ligneux)	3,5	—

il est nécessaire de disposer d'informations plus complètes et mieux réparties géographiquement, tant en ce qui concerne les alpages abandonnés, que l'ensemble des alpages du Parc et de la zone périphérique. En particulier des différences importantes doivent exister dans la catégorie des alpages abandonnés en fonction du temps écoulé depuis la dernière exploitation.

4° **Les espèces ligneuses** ont été rencontrées exclusivement dans les alpages abandonnés. Il s'agit, dans l'ordre des fréquences décroissantes, des espèces suivantes :

* <i>Juniperus communis</i> L. ssp. <i>nana</i> Syme	<i>Arctostaphylos uva ursi</i> (L.) Spreng.
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	<i>Picea abies</i> (L.) Karsten
<i>Alnus viridis</i> (Chaix) D.C.	* <i>Rhododendron ferrugineum</i> L.
* <i>Vaccinium uliginosum</i> L.	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull.
* <i>Dryas octopetala</i> L.	<i>Cotoneaster integerrimus</i> Medic.
<i>Pinus uncinata</i> Ramond	* <i>Loiseleuria procumbens</i> (L.) Desv.
* <i>Vaccinium vitis idaea</i> L.	<i>Salix appendiculata</i> Vill.
<i>Daphne mezereum</i> L.	

(Les espèces mentionnées par un astérisque sont seules présentes dans l'étage alpin).

5° **Analyse de mosaïques.** Dans deux cas (Champagny, Sainte-Foy - Tarentaise), les stations étudiées étaient formées d'une mosaïque de plages de végétation ligneuse ou semi-ligneuse au milieu de la végétation herbacée; une analyse séparée des éléments de la mosaïque (GOUNOT, 1969) a été effectuée. Les espèces ont été regroupées suivant leurs affinités phytosociologiques (GUINOCHET et DE VILMORIN, 1973; OBERDORFER, 1970), ce qui a permis d'obtenir les tableaux suivants (tabl. IV et V) :

ABANDON DE L'EXPLOITATION PASTORALE

TABLEAU IV

Alpage de « la Taillette » à Champagny-le-Haut (alt. 1 560 m)

A : plages de végétation herbacée,

B : plages dominées par l'Aune vert (« arcosse »)

Espèces caractérisant la classe des <i>Arrhenatheretea</i> Br. Bl. (2)	A	B		A	B
	(1)	(1)			
<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) Beauv. ex. J. et C. Presl.	2		<i>Rosa pendulina</i> L.		
<i>Carum carvi</i> L.	+		<i>Oxalis acetosella</i> L.		
<i>Pimpinella major</i> L.			Autres espèces		+
<i>Phleum pratense</i> L.	+				+
<i>Trifolium repens</i> L.	+		<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	+	
<i>Festuca rubra</i> L.	1		<i>Lotus corniculatus</i> L.	+	
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	1		<i>Plantago serpentina</i> (Magnol) Vill.	+	
<i>Plantago lanceolata</i> L.	+		<i>Euphrasia hirtella</i> Jord. ex Reuter	+	
<i>Achillea millefolium</i> L.	+		<i>Campanula scheuchzeri</i> Vill.	+	
<i>Galium mollugo</i> L.	2	+°	<i>Vincetoxicum hircundinaria</i> Med.	+	
<i>Dactylis glomerata</i> L.	2	+	<i>Carduus defloratus</i> L.	+	
<i>Ranunculus acris</i> L.	2	+	<i>Cerastium arvense</i> L. ssp.		
<i>Alchemilla xanthochlora</i> Rothm.	1	+	<i>strictum</i> (Haencke) Gand.	+	
<i>Veronica chamaedrys</i> L.			<i>Rumex scutatus</i> L.	+	
<i>Prunella vulgaris</i> L.	1	+	<i>Polystichum lonchitis</i> (L.) Roth.	+	
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i> L.	+	+	<i>Thesium alpinum</i> L.	+	
	+	+°	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	1	+°
Espèces caractérisant la classe des <i>Betulo-Adenostyletea</i> Br. Bl. (3)			<i>Hypericum maculatum</i> Grantz	2	+°
<i>Epilobium alpestre</i> (Jacq.) Krock.			<i>Euphorbia cyparissias</i> L.	+	+°
<i>Geranium silvaticum</i> L.	+		<i>Thymus serpyllum</i> L. (s. 1.)	+	+°
<i>Athyrium distentifolium</i> Tausch.	+	+	<i>Alchemilla alpina</i> L.	+	+
<i>Alnus viridis</i> (Chaix) D.C.	+	+	<i>Astrantia minor</i> L.	+	+
<i>Salix appendiculata</i> Vill.		4	<i>Veronica officinalis</i> L.	+	+
<i>Viola biflora</i> L.		1	<i>Fragaria vesca</i> L.	+	+
			<i>Ajuga reptans</i> L.		+
			<i>Galeopsis tetrahit</i> L.		+
			<i>Picea abies</i> (L.) Karsten		+

(1) Coefficients d'abondance — dominance

(2) Espèces prairiales

(3) Espèces des fourrés subalpins

Le coefficient de communauté floristique de JACCARD entre les deux relevés est de 0,35, ce qui indique une faible affinité floristico-sociologique. Or d'après les informations d'origine locale, il s'agit d'un alpage qui était autrefois dépourvu de ligneux. L'abandon d'exploitation et surtout d'entretien fait évoluer dans ce cas un groupement de la classe des *Arrhenatheretea* (apparenté à l'alliance du *Polygono-Trisetion*) vers un groupement

TABLEAU V

Alpage du Plan à Sainte-Foy-Tarentaise (alt. 2 100 m)

A : plages de végétation herbacée,

B : plages dominées par l'Airelle et le Genévrier nain

Espèces caractérisant la classe des <i>Caricetea curvulae</i> Br. Bl. (1)			Espèces caractérisant la classe des <i>Elyno-Seslerietea</i> Br. Bl. (3)		
	A	B		A	B
<i>Agrostis rupestris</i> All.	+		<i>Helianthemum grandiflorum</i> (Scop.) Sch. et Thell.	+	
<i>Campanula barbata</i> L.	+		<i>Carduus defloratus</i> L.	+	
<i>Gentiana kochiana</i> Perr. et Song.	+		<i>Gentiana verna</i> L.	+	
<i>Cerastium arvense</i> L. ssp. <i>strictum</i> (Haencke) Gaud.	+		<i>Polygala alpestris</i> Rchb.	+	
<i>Plantago serpentina</i> (Magnol) Vill.	+		<i>Dryas octopetala</i> L.	+	
<i>Geum montanum</i> L.	1	+	<i>Myosotis alpestris</i> F.W. Schmidt	+	
<i>Leontodon pyrenaicus</i> Gouan	1	+	<i>Phyteuma orbiculare</i> L.	+	
<i>Avena versicolor</i> Vill.	+	+	<i>Galium anisophyllum</i> Vill.	+	+
<i>Arnica montana</i> L.	+	+	Espèces caractérisant la classe des <i>Vaccinio-Piceeta</i> Br. Bl. (4)		
<i>Potentilla aurea</i> L.	+	+	<i>Vaccinium uliginosum</i> L.		3
<i>Nardus stricta</i> L.	r	+	<i>Juniperus communis</i> L. ssp. <i>nana</i> Syme		1
<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin.		+	<i>Rhododendron ferrugineum</i> L.		+
<i>Trifolium alpinum</i> L.		+	<i>Homogyne alpina</i> (L.) Cass.		+
<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.		+	<i>Vaccinium vitis idaea</i> L.		+
Espèces caractérisant la classe des <i>Arrhenatheretea</i> Br. Bl. (2)			Autres espèces		
<i>Trifolium repens</i> L.	1		<i>Briza media</i> L.		+
<i>Trifolium badium</i> Schreb.	1		<i>Pedicularis cenisia</i> Gaud.		+
<i>Crepis aurea</i> (L.) Cass.	+		<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	2	1
<i>Festuca rubra</i> L. (s. 1.) L.	3	+	<i>Lotus corniculatus</i> L.	1	+
<i>Trifolium pratense</i> L. ssp. <i>nivale</i> Sieb.	1	r	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	1	+
<i>Poa alpina</i> L.	1	+	<i>Bartsia alpina</i> L.	1	+
<i>Alchemilla xanthochlora</i> Rothm.	+	+	<i>Ranunculus montanus</i> Willd. (s. 1)	1	1
			<i>Polygonum viviparum</i> L.	+	+

(1) Pelouses alpines acidiphiles

(2) Espèces prairiales

(3) Pelouses alpines neutro-basiphiles

(4) Forêts et landes subalpines acidiphiles.

de la classe des *Betulo-Adenostyletea* (vraisemblablement ici l'association de l'Aune vert : *Alnetum viridis*). On remarque notamment la disparition de 12 espèces prairiales sous le couvert des Aunes et la régression importante de 4 autres, qui ne s'y maintiennent provisoirement que très disséminées, à l'état étioilé et strictement végétatif.

Le coefficient de communauté floristique de JACCARD n'est guère plus élevé que dans le cas précédent (0,40) et l'affinité floristico-sociologique entre les deux « éléments » de la végétation reste faible. L'évolution conduit ici d'un groupement de pelouse acidiphile vers un groupement d'arbrisseaux nains de la classe des *Vaccinio-Piceeta*. On remarque là encore la régression considérable des espèces prairiales et de pelouses.

#### IV. — CARACTÉRISTIQUES DE L'EXPÉRIMENTATION ENTREPRISE

La prospection, effectuée antérieurement sur la commune de Termignon, d'emplacements propices à une expérimentation (DELPECH, 1972) a été mise à profit pour retenir deux sites.

##### A. — CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

Sur le premier, situé au Plan du Lac (alt. 2 390 m), en bordure du « piémont » de Lanserlia, sur un pâturage communal, en terrain plat, une surface de 576 m<sup>2</sup> (24 × 24 m) a été enclose.

Le pH de l'horizon superficiel du sol est de 5. La végétation, à dominance de *Geum montanum* L., *Plantago atrata* Hoppe et *Nardus stricta* L., comporte 78 espèces. Elle présente des affinités certaines avec l'alliance alpine du *Caricion curvulae* Br. Bl., dont 8 espèces caractéristiques sont présentes (*Agrostis rupestris* All., *Euphrasia minima* Jacq., *Festuca halleri* All., *Hieracium glaciale* Reynier, *Minuartia sedoides* (L.) Hiern, *Phyteuma pauciflorum* L., *Senecio incanus* L., *Veronica bellidioides* L.). Elle diffère cependant très sensiblement de la pelouse alpine acidophile à *Carex curvula* All., cette dernière espèce étant d'ailleurs absente ici.

Le second site est situé à proximité et au Sud du chalet de Pënsamen (alt. 2 200 m) sur un pâturage privé à bovins. Le terrain est en légère pente (5 %), exposée au Sud, et la surface enclose est de 392 m<sup>2</sup> (28 × 14 m).

Le pH du sol en surface est de 5. La végétation, à dominance de *Nardus stricta* L. et *Geum montanum* L., comporte 62 espèces et se rattacherait plutôt à l'alliance subalpine du *Polygono-Trisetion* Br. Bl., dont elle possède 9 espèces caractéristiques (*Alchemilla xanthochlora* Roth., *Campanula rhomboidalis* L., *Campanula scheuchzeri* Vill., *Crocus albiflorus* Kit., *Poa chaixii* Vill., *Polygonum bistorta* L., *Silene dioica* (L.) Clairv., *Thlaspi alpestre* L., *Trifolium badium* Schreb.). Les espèces de l'alliance du *Nardion* Br. Bl. sont toutefois bien représentées avec : *Arnica montana* L., *Campanula barbata* L., *Gentiana kochiana* Perr. et Song., *Hieracium auricula* L., *Nigritella nigra* (L.) Rchb., *Phyteuma betonicae-folium* Vill., *Plantago alpina* L., *Ranunculus pyrenaeus* L. et en outre *Nardus stricta* L. dont les affinités sociologiques sont moins strictes.

Malgré deux espèces dominantes communes, la flore des deux sites diffère notablement puisque 38 espèces (sur 78) notées à Plan du Lac n'ont pas été observées à Pensamen et 22 espèces (sur 62) notées à Pensamen n'ont pas été observées à Plan du Lac, ce qui donne un coefficient de similarité floristique (JACCARD) de 0,40, donc assez faible.

## B. — DISPOSITIFS ET PROTOCOLES EXPÉRIMENTAUX

Les dispositifs installés comportent des parcelles de 25 m<sup>2</sup> (5 × 5 m) juxtaposées, par 2 (Pensamen) ou 3 (Plan du Lac) en bloc répétés 3 fois, séparés par des allées de 2 m de large avec des bordures de 2 m également. En outre une bande de 5 m de large sur toute la largeur du dispositif est réservée, sur laquelle aucune intervention n'est pratiquée.

Le protocole expérimental comporte :

— à Pensamen, 3 traitements :

témoin non fauché (bande réservée)

témoin fauché

fumure minérale PK (superphosphate potassique 25/35 à raison de 1 kg par parcelle annuellement, soit l'équivalent de 100 unités P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 100 unités K<sub>2</sub>O par ha et par an);

— à Plan du Lac, 4 traitements :

les mêmes que pour Pensamen, plus un traitement fumure organique et minérale, comportant 12 kg par parcelle de fumier de moutons (équivalent à 50 t/ha), tous les deux ans, associé au superphosphate triple (45 %), à raison de 750 g par parcelle annuellement (soit l'équivalent de 135 unités P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/an).

Les apports d'engrais ont lieu en fin d'été ou début d'automne (les premiers, sauf le fumier, ont eu lieu à l'automne 1972).

Les coupes (une par an) sont pratiquées au stade pleine floraison de *Geum montanum* L., à la faux ou à la motofaucheuse, suivant la quantité d'herbe récoltable.

## C. — MÉTHODE UTILISÉE POUR L'ANALYSE FRÉQUENTIELLE DE LA VÉGÉTATION DES PARCELLES EXPÉRIMENTALES

L'objectif principal de ces expériences étant l'étude de la dynamique de la végétation sous l'effet des traitements — ou en l'absence de traitement —, il était nécessaire d'avoir recours à une méthode quantitativement plus précise que celle utilisée pour les inventaires de reconnaissance des unités de végétation, consistant à affecter un coefficient d'abondance-dominance à chaque espèce sur la base d'une appréciation visuelle (méthode qui est d'ailleurs parfaitement suffisante pour cet objectif). En particulier, l'évaluation, avec une bonne approximation, de la fréquence de chaque espèce, était indispensable. Nous avons utilisé à cette fin, en

raison de sa commodité de mise en œuvre, une variante de la méthode élaborée au C.E.P.E. (4) par DAGET et POISSONET (1971) pour l'étude des formations herbacées denses, consistant à noter les espèces présentes à la verticale de points alignés distants de 20 cm. Deux segments de droite de 5 m de long sont matérialisés par un décimètre tendu au niveau du sol et disposé successivement suivant les deux diagonales des parcelles expérimentales. Les notations sont enregistrées sur des fiches quadrillées, spécialement préparées, à raison d'une colonne par point de lecture et d'une ligne par espèce. On obtient ainsi 50 points de lecture par parcelle, correspondant, dans les cas étudiés ici, à un total compris entre 115 et 254 « présences » spécifiques (soit respectivement des moyennes de 2,3 et 5 espèces par point de lecture). Les bandes non exploitées ont également fait l'objet d'un échantillonnage fréquentiel, mais à raison de 90 points de lecture pour Pensamen et 200 points pour Plan du Lac.

#### D. — CARACTÉRISTIQUES DE LA VÉGÉTATION DES PARCELLES EXPÉRIMENTALES

Il n'est évidemment pas possible de fournir pour le moment des résultats expérimentaux. Aussi nous sommes limités à mettre en évidence divers paramètres caractérisant la végétation des parcelles expérimentales. Ces paramètres sont rassemblés dans les tableaux VI à IX.

##### 1) Caractéristiques comparées des deux emplacements expérimentaux

Les deux sites de Pensamen et de Plan du Lac diffèrent notamment par la « densité » des espèces en un même point (nombre moyen d'espèces par point échantillonné). Elle est nettement plus élevée à Pensamen (4,45) qu'à Plan du Lac (2,7), alors que la richesse floristique aréale (nombre moyen d'espèces sur une surface de 25 m<sup>2</sup>) est assez comparable (37 espèces à Pensamen, 34 à Plan du Lac). Il s'agit là d'un « paramètre de structure » et la différence constatée peut s'expliquer par le fait que, pour un même recouvrement basal (100 %), la hauteur moyenne de la végétation au moment de l'échantillonnage était approximativement le double à Pensamen (10 à 12 cm environ) de ce qu'elle était à Plan du Lac (5 à 6 cm).

Les deux sites diffèrent également par la fréquence relative des Graminées et Légumineuses, plus élevée à Plan du Lac (40 % et 11 %) qu'à Pensamen (24,8 % et 6 % respectivement), le rapport étant inverse pour les espèces « diverses » (48,6 et 69 %).

On notera encore que les espèces à port rampant ou stolonifères sont beaucoup plus abondantes à Plan du Lac (43,7 %) qu'à Pensamen (24 %), alors que le rapport est inverse pour les plantes à rosette basale (20,4 % et 35,8 % respectivement). Ce fait, lié à la dominance d'*Agrostis tenuis*

(4) Centre d'Études Phytosociologiques et Ecologiques Louis EMBERGER à Montpellier (CNRS).

TABLEAU VI

Expérience de Pensamen : principales caractéristiques observées, analysées ou mesurées sur la végétation (1973)

Espèces dominantes (fréquence relative  $\geq 10\%$ ) dans chaque parcelle (25 m<sup>2</sup>) :

Témoins : Bloc N : *Nardus stricta* (18,2), *Geum montanum* (16,6),  
*Potentilla aurea* (15,8)  
 Bloc centre : *Plantago alpina* (26,1), *Nardus stricta* (15,3)  
 Bloc S : *Plantago alpina* (24,7), *Geum montanum* (10,3)  
 PK : Bloc N : *Nardus stricta* (24,6), *Geum montanum* (11,8)  
 Bloc centre : *Geum montanum* (19,8), *Potentilla aurea* (13,8),  
*Plantago alpina* (11,2)  
 Bloc S : *Plantago alpina* (24,7), *Geum montanum* (10,3)  
 Bande non exploitée : *Nardus stricta* (18,6).

	Témoins fauchés				Traitement PK				Bande non exploitée (70 m <sup>2</sup> )
	Bloc N	Bloc centre	Bloc S	Moyenne	Bloc N	Bloc centre	Bloc S	Moyenne	
Nombre d'espèces	37	36	33	35	40	37	34	37	45
Nombre moyen d'espèces par point de lecture	5	4,5	3,9	4,5	4,7	4,6	4	4,4	3
Graminées %	33,3	21,6	18,5	24,5	37,3	17,2	20,8	25,1	37,2
Légumineuses %	3,9	6,3	7,2	5,8	8,4	7,6	3	6,3	6,1
Espèces diverses %	62,8	72,1	74,3	69,7	54,3	75,2	76,2	68,6	56,7
Rendement matière fraîche kg	8,54	4,72	6,06	6,44	13,48	14,30	7,60	11,79	
(*)				± 3,16				± 5,84	

(\*) pour p = 0,95 ; 1 kg par parcelle = 0,4 t/ha.

ABANDON DE L'EXPLOITATION PASTORALE

TABLEAU VII

Expérience de Plan du Lac : Principales caractéristiques observées, analysées ou mesurées sur la végétation (1973)

Espèces dominantes (fréquence relative  $\geq 10\%$ ) dans chaque parcelle (25 m<sup>2</sup>) :

- Témoins : Bloc W : *Agrostis tenuis* (15,6), *Nardus stricta* (12,2), *Potentilla aurea* (12,2)  
 Bloc centre : *Geum montanum* (17,3), *Nardus stricta* (16,5), *Agrostis tenuis* (15), *Festuca rubra* (10,5)  
 Bloc E : *Potentilla aurea* (16,1), *Nardus stricta* (12,7), *Geum montanum* (11,4), *Agrostis tenuis* (10,7)
- PK : Bloc W : *Nardus stricta* (23,6), *Agrostis tenuis* (17,6)  
 Bloc centre : *Agrostis tenuis* (18,2), *Geum montanum* (13,4), *Festuca rubra* (11)  
 Bloc E : *Trifolium repens* (14,6), *Agrostis tenuis* (13,2), *Nardus stricta* (13,2), *Geum montanum* (12,6)
- Fu + P : Bloc W : *Nardus stricta* (25,4), *Agrostis tenuis* (17,8), *Geum montanum* (16,1)  
 Bloc centre : *Agrostis tenuis* (16,1), *Nardus stricta* (14,5), *Geum montanum* (12,9)  
*Trifolium repens* (12,1), *Potentilla aurea* (10,5)  
 Bloc E : *Agrostis tenuis* (14,5), *Trifolium repens* (10,5), *Plantago atrata* (10,5)
- Bande non exploitée : *Agrostis tenuis* (18,3), *Nardus stricta* (14,3), *Geum montanum* (14).

	Témoïn fauché				Traitement PK				Traitement Fu + P				Bande non exploitée (120 m <sup>2</sup> )
	Bloc W	Bloc cent.	Bloc E	Moyenne	Bloc W	Bloc cent.	Bloc E	Moyenne	Bloc W	Bloc cent.	Bloc E	Moyenne	
Nombre d'espèces	36	33	30	33	36	39	39	38	27	35	32	31	66
Nombre moyen d'espèces par point de lecture	2,3	2,7	3	2,7	2,6	2,5	3	2,7	2,4	2,5	3	2,6	2,9
Graminées %	33	44,4	34,2	37,2	46,6	41	41	42,9	49,2	38,7	33	40,3	44
Légumineuses %	7	9,8	11,4	9,4	9,2	10,2	14,6	11,3	8,5	14,5	16,5	13,2	7,2
Espèces diverses %	60	45,8	54,4	53,4	44,2	48,8	44,4	45,8	42,3	46,8	50,5	46,5	48,8
Rendement matière fraîche kg (1)	2,4	3,9	5,66	3,99 ± 2,74	4,91	4,80	10	6,57 ± 4,86	5,36	4,50	7,10	5,65	± 2,38

(1) pour p. = 0,95 ; 1 kg par parcelle = 0,4 t/ha.

TABLEAU VIII  
*Comparaison des caractéristiques essentielles de la végétation  
des expériences de Pensamen et Plan du Lac (1973)*  
(Moyennes tous traitements)

	Pensamen	Plan du lac
Nombre moyen d'espèces par parcelle (25 m <sup>2</sup> )	36	34
Nombre moyen d'espèces par point de lecture	4,45	2,7
Graminées %	24,8	40,1
Légumineuses %	6	11,3
Espèces diverses %	69,2	48,6
Hémicryptophytes érigés %	6,8	4,8
rampants %	24,1	43,7
en rosettes %	35,8	20,4
cespiteux %	23,8	25,1
Géophytes %	0,3	0,1
Thérophytes %	+	0,6
Rendement moyen en kg de matière fraîche	9,11	5,4

TABLEAU IX  
*Comparaison des caractéristiques de la végétation  
des bandes non exploitées*

	Pensamen (70 m <sup>2</sup> )	Plan du lac (120 m <sup>2</sup> )
Nombre d'espèces	45	66
Nombre moyen d'espèces par point de lecture	3	2,9
Graminées %	37,2	44
Légumineuses %	6,1	7,2
Espèces diverses %	56,7	48,8
Hémicryptophytes érigés %	18,3	6,7
rampants %	27,4	41,7
en rosettes %	22,2	25,7
cespiteux %	28,4	25,7
Géophytes %	0,4	0,3
Thérophytes %	+	+

Sibth. et accessoirement *Trifolium repens* L. à Plan du Lac, de *Geum montanum* L., *Plantago alpina* L. et *Plantago atrata* Hoppe à Pensamen paraît difficilement explicable pour l'instant. Indépendamment de conditions édaphiques un peu différentes, les modalités de pâturage antérieur (nature des animaux, charges, époques de pâturage) pourraient avoir exercé une influence non négligeable.

Enfin la production d'herbe est nettement plus importante à Pensamen (9,1 kg par parcelle en moyenne) qu'à Plan du Lac (5,4 kg par parcelle) ! Les Graminées productives sont d'ailleurs mieux représentées dans la première station (3,2 %) que dans la seconde (1,2 %).

## 2) Caractéristiques intrinsèques de chaque emplacement

A l'intérieur de chaque emplacement d'autres variations peuvent être mises en évidence, qui sont liées à des microhétérogénéités inévitables au niveau stationnel.

— Pour le site de Pensamen elles portent principalement :

- sur les espèces dominantes : *Nardus stricta*, *Plantago alpina*, ou *Geum montanum* suivant les parcelles;
- sur la fréquence des Graminées (17,2 % pour une parcelle à dominance de *Geum montanum* 37 % pour une parcelle à dominance de Nard);
- sur la fréquence des espèces « diverses » qui varie entre 54,3 % et 76,2 %;
- enfin la production qui oscille entre 4,72 kg et 14,3 kg d'herbe fraîche par parcelle.

— Pour le site du Plan du Lac, elles intéressent :

- la fréquence des Légumineuses comprise entre 7 et 16,5 % suivant les parcelles (influence de l'irrégularité du broutage antérieur ?);
- celle des espèces diverses oscillant entre 42,3 et 60 %;
- la production par parcelle comprise entre 2,4 et 10 kg d'herbe fraîche.

On remarque pour les deux emplacements un effet notable immédiat de la fumure phospho-potassique, sur le rendement brut en matière fraîche.

Les différentes mesures effectuées sur ces deux emplacements confirment donc, s'il en était besoin, l'extrême variabilité de composition et de productivité des pelouses alpines ou subalpines à l'échelle stationnelle.

## E. — ÉTUDE DE LA VÉGÉTATION AU NIVEAU DES ANCIENNES BOUSES

A titre d'information complémentaire, une analyse sommaire « micro-stationnelle » de la végétation aux emplacements des anciennes bouses a été réalisée sur les deux sites expérimentaux. Le tableau X met en évi-

TABLEAU X

Analyse de la végétation à l'emplacement des anciennes bouses

Espèces	Pensamen	Plan du Lac
Classe des <i>Arthenatheretea</i>	(a)	(a)
<i>Phleum alpinum</i> L.	3	4
<i>Poa alpina</i> L.	2	3
<i>Trisetum flavescens</i> (L.) Ry	2	
<i>Polygonum bistorta</i> L.	2	
<i>Campanula scheuchzeri</i> Vill.	1	+
<i>Alchemilla xanthochlora</i> Rothm.	+	1
<i>Poa chaixii</i> Vill.	1	
<i>Trifolium badium</i> Schreb.	1	
<i>Trifolium pratense</i> L. ssp. <i>nivale</i> Sieb.	+	
<i>Thlaspi alpestre</i> L.	+	
<i>Trifolium repens</i> L.	3	1
<i>Festuca rubra</i> L.	1	3
<i>Achillea millefolium</i> L.	1	
<i>Crepis aurea</i> (L.) Cass.		+
<i>Trollius europaeus</i> L.	+	
Classe des <i>Caricetea curvulae</i>		
<i>Geum montanum</i> L.		1
<i>Veronica bellidioides</i> L.		+
<i>Potentilla aurea</i> L.		+
<i>Hieracium auricula</i> L.		+
<i>Cerastium arvense</i> L. ssp. <i>strictum</i> (Haencke) Gaud.	+	+
<i>Nardus stricta</i> L.	+	+
<i>Phyteuma betonicaefolium</i> Vill.	+	
<i>Ranunculus pyrenaicus</i> L.	+	
Autres espèces		
<i>Polygonum viviparum</i> L.	+	+
<i>Galium anisophyllum</i> Vill.	+	+
<i>Ranunculus montanus</i> Willd. (s. 1.)	+	
<i>Euphrasia hirtella</i> Jord. ex Reuter	+	
<i>Trifolium thalii</i> Vill.		1
<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.		+
<i>Potentilla crantzii</i> (Crantz) G. Beck. ex. Fritsch.		+
<i>Plantago atrata</i> Hoppe		+
<i>Sagina saginoides</i> (L.) Karsten		+
$\Sigma$ coefficients d'abondance-dominance :		
Arthenatheretea	17	12
Caricetea curvulae	+	1
Autres	+	1

(a) Estimation visuelle traduite en coefficients d'abondance-dominance.

dence la très large prédominance des espèces prairiales (classe des *Arrhenatheretea*, particulièrement alliance du *Polygono-Trisetion*) au niveau de ces emplacements. Cette analyse montre donc l'influence profonde de la fumure d'origine animale sur la végétation et permet de prévoir ce que pourrait être sa composition par application de techniques telles que le parage (avec déplacement quotidien du parc) ou encore le « pachonnage » (5) qui ont pour effet d'accroître très sensiblement la densité des déjections animales sur les surfaces traitées, sans aller pour autant jusqu'à favoriser à l'excès les espèces nitrophiles des « reposoirs ».

## V. — PROPOSITIONS FINALES

Ainsi que nous l'avons dit, il n'est pas possible d'apporter une conclusion, même provisoire, à une étude qui exigera plusieurs années, en raison de la lenteur du déplacement des équilibres biologiques naturels.

L'expérimentation mise en place n'a, pour l'instant, que le mérite d'exister. Son intérêt dépendra essentiellement de la diversité des compétences qui voudront bien s'y intéresser. Il est plus que jamais indispensable de sortir du cadre trop étroit de l'expérimentation agronomique classique pour aborder résolument celui de l'expérimentation synécologique pluridisciplinaire. Celle-ci peut seule, à notre avis, faire progresser dans la connaissance des mécanismes (et non seulement des corrélations statistiques) qui caractérisent les phénomènes liés à la dynamique de la végétation. Une foule de problèmes restent posés, qui demandent la collaboration de spécialistes :

- évaluation des biomasses aériennes (et éventuellement souterraines),
- composition qualitative de ces biomasses,
- valeur fourragère de celles-ci,
- profils racinaires,
- évaluation des stocks de graines viables dans les horizons superficiels du sol,
- mécanismes d'autorenouvellement du tapis herbacé,
- évolution de la matière organique du sol (quantitativement et qualitativement),
- connaissance et évolution de la faune endogée et épigée,
- rôle des herbivores sauvages sur les surfaces soustraites au pâturage des herbivores domestiques,

etc...

Parallèlement, l'inventaire écologique des alpages devrait être poursuivi sur l'ensemble du massif (Parc et zone périphérique), en particulier

(5) Technique pratiquée dans certaines régions savoyardes (Tarentaise, Beaufortin) consistant à attacher chaque bête à un piquet pendant la nuit ou une partie de la journée).

la localisation des alpages abandonnés et la connaissance précise des dates d'abandon.

Texte remis pour publication en décembre 1973.

### BIBLIOGRAPHIE

- C.T.G.R.E.F. - I.N.E.R.M., 1968. — Enquête pastorale dans les Alpes françaises. V. Vallées internes; Tarentaise et Maurienne.
- DAGET, Ph. et POISSONET, J. (1971). — Une méthode d'analyse phytologique des prairies. *Ann. Agron.*, 22 (1), 5-41.
- DELPECH, R. (1972). — Recherches poursuivies en 1970 sur les alpages du versant sud du massif de la Vanoise. *Trav. Scient. Par Nat. Vanoise*, II, 187-201.
- EMBERGER, L. et SAUVAGE, Ch. (1968). — Les types et le spectre biologique. In « Relevé méthodique de la végétation et du milieu ». C.N.R.S., 66-87.
- GOUNOT, M. (1969). — Méthodes d'études quantitatives de la végétation. Masson, Paris, 314 p.
- GUINOCHET, M. et DE VILMORIN, R. (1973). — *Flore de France*, fasc. 1. C.N.R.S., 366 p.
- LIETH, H. (1954). — Die Porenvolumina der Grünlandböden und ihre Beziehungen zur Bewirtschaftung und zum Pflanzenbestand. *Z. Acker u. Pflanzenbau*, 98, 453-460.
- OBERDORFER, E. (1970). — Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süd Deutschland. 3<sup>e</sup> éd., E. Ulmer, Stuttgart, 987 p.
- ONDE, H. (1942). — L'occupation humaine dans les grands massifs savoyards. Arthaud, Grenoble.
- PRÉAU, P. (1964). — La zone périphérique du Parc National de la Vanoise. Démographie, emploi, situation agricole. I.N.E.R.M., Grenoble, 155 p.
- TANSLEY, A.R. (1935). — The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, (16), 3, 284-307.
- WALTER, H. (1960). — Einführung in die Phytologie. Bd III. Grundlagen der Pflanzenverbreitung. 1 Teil. Standortlehre. E. Ulmer, Stuttgart, 566 p.

## STAUROTHELE SAPAUDICA ASTA, CLAUZADE ET ROUX SPECIES NOVA

par J. ASTA (1), G. CLAUZADE (2) et C. ROUX (3)

**Résumé.** — Connu jusqu'ici seulement de trois stations du Parc National de la Vanoise (Savoie), d'où son nom, *Staurothele sapaudica* sp. nov. est un lichen orophile, saxicole, calcicole et aquatique, caractéristique du *Staurotheletum solventis*, relativement voisin de *Staurothele ventosa* (Massal.) Syd. dont il se distingue non seulement par son écologie, mais encore par son thalle brun sale, continu, ses périthèces plus petits (0,2 - 0,4 mm) d'abord complètement enfoncés dans la roche, puis très légèrement saillants, à pyrénium entier, noir, mais à involucrellum très réduit (au plus 400  $\mu$  de diamètre) peu ou pas enfoncé dans le thalle, ses algues hyméniales la plupart très allongées (3-14  $\times$  1-3  $\mu$ ), jamais arrondies, et ses spores (24-48  $\times$  14-20  $\mu$ ) nettement murales, incolores, puis rosées, mais jamais brunes.

**Summary.** — Up to the present, only known in three stations of the National Park of Vanoise (Savoie) — which explains its name —, *Staurothele sapaudica* sp. nov. is an orophilous, saxicolous, calcicolous and aquatic lichen which is typical of *Staurotheletum solventis* and closely related enough *Staurothele ventosa* (Massal.) Syd. It is distinguishable from which, not only by its ecology, but also by its dingy brown, continuous thallus, its more little (0,2  $\times$  0,4 mm), first deeply immersed in the rock and then a very little salient perithecia, with a black complete wall, but a very reduced (at best 400  $\mu$  for the diameter) involucrellum which is little or not immersed in the thallus, its hymenial and never round algae, the most of them being very long (3-14  $\times$  1-3  $\mu$ ), and its spores which are first colourless and then rosy but never brown and manifestly muriform (24-48  $\times$  14-20  $\mu$ ).

**Zusammenfassung.** — Bis jetzt, nur bekannt in drei Standorten des Nationalparks von Vanoise (Savoie) — was erklärt über ihre Name — *Staurothele sapaudica* ist eine in Hochgebirge zu finden, auf Felsen wachsende, kalkhaltige und wasserhaltige Flechte, die charakteristisch für *Staurotheletum solventis* und eine nahe genug verwandte Gattung der *Staurothele ventosa* (Massal.) Syd. ist. Sie unterscheidet sich nicht nur durch ihre Ökologie, sondern auch durch 1) ein schmutzbraunes, ununterbrochenes Lager, 2) kleinere Perithezien (0,2-

(1) Maître-Assistante au Laboratoire de Biologie Végétale, Domaine Universitaire, 38041 Grenoble.

(2) Professeur, Ecole des Hautes-Férailles, 84300 Cavaillon.

(3) Laboratoire de phytosociologie et de Cartographie, Université de Provence, Marseille.

0,4 mm) die zuerst tief in das Gestein eingesenkt dann sehr leicht vorsprungen sind, 3) eine vollständige, schwarze Peritheciwand aber, 4) mit wenig gewachsenem (am besten 400  $\mu$  Diameter), ein bischen oder nicht in dem Lager eingesenktem Invollucrellum, 5) niemals gerundete, am meisten sehr lange Hymenialalgen (3-14  $\times$  1-3  $\mu$ ) and 6) zuerst farblose und dann rosige aber niemals braune und wirklich mauerförmige Sporen (24-48  $\times$  14-20  $\mu$ ).

**Riassunto.** — Conosciuto fino a oggi solamente da tre stazioni del Parco Nazionale della Vanoise (Savoia) — da cui il nome — *Staurothele sapaudica* sp.n. è un lichene orofilo, saccicolo, calcicole ed acquatico, caratteristico dello *Staurotheletum solventis*, relativamente vicino di *Staurothele ventosa* (Massal.) Syd. da cui si distingue non solamente dalla sua ecologia, ma anche dal suo tallo bruno sporco, continuo, dai suoi periteci più piccoli (0,2 - 0,4 mm), prima completamente conficcati nella roccia, poi molto leggermente sporgenti, col pyrenium intero, nero ma coll'invollucrellum molto ridotto (al massimo 400  $\mu$  di diametro) poco conficcato o no nel tallo, dalle sue alghe imeniali, la maggior parte molto allongate (3-14  $\times$  1-3  $\mu$ ), mai globulose, e dalle sue spore (24-48  $\times$  14-20  $\mu$ ), nettamente murali, incolori poi rosee, ma mai brune.

Parmi les caractéristiques du *Staurotheletum solventis*, association de lichens, que nous avons récemment décrite (1973) et qui colonise les roches calcaires inondées aux étages subalpin et alpin des Alpes et des Pyrénées, figure un *Staurothele* relativement voisin de *Staurothele ventosa* (Massal.) Syd., que nous n'avions pu identifier lorsque nous avons étudié cette association au cours de l'été 1971, dans le Parc National de la Vanoise.

Aussi l'année suivante avons-nous récolté un abondant matériel de ce lichen, dont une partie a été communiquée à M<sup>me</sup> JANEX (Paris). Celle-ci en a réalisé une étude anatomique et ontogénique précise et nous a communiqué les résultats essentiels, ce pourquoi nous lui exprimons ici notre vive gratitude.

D'après cette étude et nos propres observations, il semble bien s'agir d'une espèce nouvelle dont le nom indique le pays d'origine, la Savoie, et dont nous donnons ci-après la diagnose :

Thallus endolithicus, continuus, fuscoluridus, nigrogrisea angustissima (0,1 mm) linea non semper limitatus.

Perithecia fere sphaerica (0,2 - 0,4 mm) primum in petra (calcaria) immersa, deinde leviter emergentia.

Pyrenium integrum, atrum, 200-400  $\mu$  diametro.

Invollucrellum atrum, in thallum parum vel haud penetrans, pulvino (200-400  $\mu$  diametro) minutum non sulcato parumque deplanato, circum saepius conspicuum ostiolum.

Paraphyses maturitate invisibiles, sed periphyses vulgo infra ostiolum conspicuae.

Hymenium I flammeorubescens.

Hymeniales algae frequentissimae, bacilliformes, pleraeque longissimae (3-14  $\times$  1-3  $\mu$ ), rectae, raro curviores, nunquam rotundae.

Asci cylindrico-clavati (140-160  $\times$  40-45  $\mu$ ) quorum paries ad summum modeste constanterque incrassata est.

Sporae octonae (raro senae) primum hyalinae, deinde roseae, nunquam fuscae, distincte murales, ellipsoidales vel leviter extremo acutae (24-48  $\times$  14-20  $\mu$ ).

Hab.: Gallia, Sapaudia, Parc National de la Vanoise (2 100 - 2 400 m altitudine), ad rupes calcarias, madefactas, Species *Staurotheleto solventis* propria. Holotypus in herbario C. Roux.

STAUROTHELE SAPAUDICA

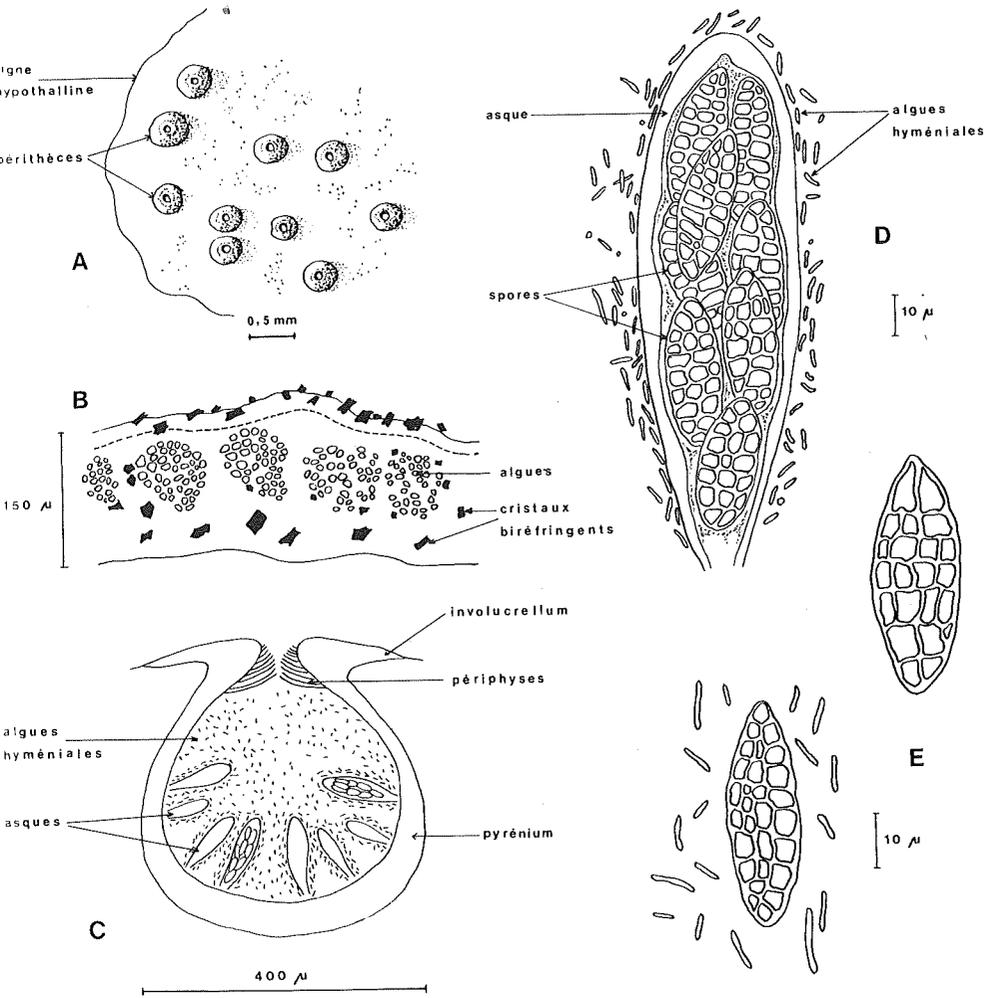


FIG. 1. — *Staurothele sapaudica* ASTA, CLAUZADE et ROUX.

A : Aspect général; B : Coupe schématique du thalle; C : Coupe méridienne schématique d'un périthèce; D : Asques avec spores et algues hyméniales; E : Spores isolées et algues hyméniales.

Ainsi *Staurothele sapaudica* semble-t-il bien caractérisé morphologiquement et anatomiquement par les particularités suivantes :

1 — Thalle crustacé, endolithique, continu d'un brun sale pas très foncé, limité ou non par une ligne gris noirâtre très étroite (0,1 mm).

2 — Périthèces à peu près sphériques (0,2 - 0,4 mm) d'abord presque complètement enfoncés dans la roche (calcaire), puis très légèrement saillants (rarement plus du tiers de la hauteur).

3 — Pyrénius entier, noir, de 200 à 400  $\mu$  de diamètre.

4 — Invollucrum noir, peu ou pas enfoncé dans le thalle, réduit à un bourrelet de 200 à 400  $\mu$  de diamètre, non sillonné et un peu aplati, autour de l'ostiole qui est le plus souvent très apparent.

5 — Pas de paraphyses visibles à maturité, mais des périphyses en général distinctes immédiatement au-dessous de l'ostiole.

6 — Gelée hyméniale devenant rouge orangé avec une solution saturée de KI contenant environ 13 g par l de I.

7 — Algues hyméniales bacilliformes, la plupart très allongées (3-14  $\times$  1-3  $\mu$ ), droites, rarement un peu incurvées, très abondantes, jamais presque sphériques.

8 — Asques (140-160  $\times$  40-45  $\mu$ ) en forme de massue, à paroi modérément et progressivement épaissie vers le sommet.

9 — Spores par 8, rarement par 6, d'abord incolores puis rosées, jamais brunes, nettement murales, ellipsoïdales ou légèrement aiguës à l'une des extrémités (24-38  $\times$  14-20  $\mu$ ).

Au point de vue écologique, il s'agit d'un lichen saxicole, calcicole, orophile et aquatique, qui, comme on l'a vu, est caractéristique du *Staurotheletum solventis*.

Quant à sa répartition géographique, elle se réduit jusqu'ici à trois stations du Parc National de la Vanoise : Torrent de la Glière (2 100 m); petit torrent situé entre le Cirque de l'Arcelin et le Cirque du Dard (2 100 m); rochers humides à l'W du torrent du Vallonet, dans le vallon de la Rocheure (2 400 m).

Le tableau suivant met en évidence les différences existant entre *Staurothele sapaudica* et *S. ventosa*.

STAUROTHELE SAPAUDICA

TABLEAU I

Comparaison entre *Staurothele sapaudica* et *S. ventosa*

		<i>Staurothele sapaudica</i>	<i>Staurothele ventosa</i>
Thalle	Couleur	brun sale	blanc ou gris verdâtre
	Aspect	continu	continu ou très finement fendillé
Périthèces	Dimensions	0,2 — 0,4 mm	0,4 — 0,6 mm
	Pruinosité	recouverts d'une pruine grisâtre	non pruneux
	Rapports avec le substrat	d'abord complètement enfoncés dans la roche puis légèrement saillants (au plus un tiers de la hauteur)	saillants (la moitié de la hauteur)
	Involucellum	peu développé (diamètre maximum : 400 $\mu$ ) peu ou pas enfoncé dans le thalle	bien développé (diamètre maximum : 720 $\mu$ ) nettement enfoncé dans le thalle
Algues hyméniales		3 — 14 x 1 — 3 $\mu$ jamais presque sphériques	3 — 9 x 2 — 3 $\mu$ parfois presque sphériques
Spores	Couleur	incolores puis rosées, jamais brunes	brunes à la fin
	Dimensions	24 — 48 x 14 — 20 $\mu$	21 — 35 x 14 — 21 $\mu$
Ecologie		Saxicoles, calcicoles, orophiles	
		aquatique, caractéristique du <i>Staurotheletum solventis</i>	ni aquatique, ni hygrophile : sur les sommets rocheux exposés
Répartition géographique		Parc National de la Vanoise	Carpates, Alpes, Jura. En France, connu au Reculet (Ain)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ASTA, J., CLAUZADE, G. et ROUX, C. (1973). — Etude de quelques groupements lichéniques saxicoles et calcicoles du Parc National de la Vanoise. *Travaux scient. du Parc Nat. de la Vanoise*, III, p. 73-104.

ZSCHACKE, H. (1934). — *Epigloeaceae, Verrucariaceae und Dermatocarpaceae*, RABENHORST's *Kryptogamen-Flora*, 9. Bd. *Die Flechten*, 1. Abt., 1. teil., Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H., Leipzig.



# PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE LA GERMINATION DES GRAINES PHOTOSENSIBLES DE PINS ; COMPARAISON AVEC D'AUTRES MATÉRIELS

par M. ORLANDINI (1) et C. BULARD (2)

**Résumé.** — Dans cette mise au point on trouve analysées et décrites les principales acquisitions obtenues sur la germination des semences photosensibles de Pins : l'intervention des régions spectrales actives, l'interférence lumière-température, l'activité de différents facteurs chimiques et d'hormones sont envisagées. Pour l'interprétation des faits on s'est constamment référé au modèle considéré comme classique : *Lactuca sativa* var. « Grand Rapids ».

**Summary.** — This review analyses the principal characteristics concerning the germination of photosensitive Pine seeds. The main points treated are : the efficiency of several spectral zones, the interaction of light and temperature, the activity of chemical factors and hormones. The results obtained are tentatively interpreted by comparison with a well known material : *Lactuca sativa* « Grand Rapids », considered as a reference for Dicotyledons photosensitive seeds.

**Zusammenfassung.** — In dieser Zusammenstellung wurden die wesentlichen Kenntnisse vom Keimen des lichtempfindlichen Samens verschiedener Kiefern analysiert und beschreiben : das Einwirken aktiver Spektralgebiete, die gleichzeitige Interferenz von Licht und Temperatur, die Wirkung verschiedener chemischer Faktoren und Hormonen werden in Betracht gezogen. Bei diesen deutenden Erwägungen wurde ständig auf das klassische Modell der *Lactuca sativa* « Grand Rapids » Bezug genommen.

**Riassunto.** — In questa rivista si trovano analizzati e descritti i principale acquisti attenuti sulla germinazione delle semi photoblastici dei Pini : l'intervento delle regioni spettrali attive, l'interferenza della luce e della temperatura, l'attività dei differenti fattori chimici e d'ormone, sono esaminati. Per l'interpretazione dei fatti si siamo costantemente riferiti al modello considerato come classico : *Lactuca sativa* « Grand Rapids ».

(1) Assistante. Laboratoire de Physiologie végétale, Nice.

(2) Professeur. Laboratoire de Physiologie végétale, U.E.R.S.P.C.N.I. Parc Valrose, 06034 Nice Cedex.

Chez beaucoup d'espèces du genre *Pinus*, les semences présentent à leur maturité des difficultés de germination. A côté de véritables dormances que seul un long traitement de stratification peut éliminer (Woody Plant Seed Manual), il existe de nombreux cas de photosensibilité positive. Ce sont ces derniers exemples auxquels nous nous attacherons dans cette publication. Leur étude présente un intérêt certain car ils constituent une sorte de « modèle » d'un type particulier dans le cadre général de la photosensibilité des semences. C'est ce que nous essaierons de montrer en établissant une comparaison avec d'autres matériels typiques qu'il n'est pas possible d'ignorer bien qu'ils soient parfois très éloignés tant sur le plan morphologique que systématique. C'est ainsi que nous nous référerons bien souvent aux études effectuées sur les semences de *Lactuca sativa* var. « Grand Rapids », monstre sacré de la physiologie de la germination.

Sans vouloir réaliser une revue exhaustive sur la germination des semences de *Pinus*, nous avons été amenés, dans un but évident de synthèse, à regrouper l'ensemble des résultats obtenus par nous-mêmes et beaucoup d'autres auteurs sur la photosensibilité des différentes espèces de *Pinus*, qu'elles soient ou non d'origine alpine.

Nous rappellerons à l'occasion certaines acquisitions concernant le phytochrome qui nous ont paru indispensables à la compréhension des faits. Pour une plus ample information de nombreuses mises au point récentes pourraient être consultées : ROLLIN, 1970, 1972; BORTHWICK, 1972 a et b; MOHR, 1972.

## I. — ACQUISITIONS CLASSIQUES SUR LA PHOTOSENSIBILITÉ DES SEMENCES

CASPARY, dès 1860, reconnaît l'influence de la lumière sur la germination. KINZEL en 1913, 1920 montre que, pour 964 espèces testées, 70 % manifestent un caractère de photosensibilité. A la suite de nombreux travaux nous savons maintenant que le comportement des semences vis-à-vis de la lumière permet de les classer en trois catégories :

- les semences à « photosensibilité positive » dont la germination est induite par la lumière blanche;
- les semences « apparemment non photosensibles », capables de germer indifféremment à la lumière ou à l'obscurité;
- les semences dites à « photosensibilité négative » dont la germination est retardée ou inhibée par la lumière blanche.

Les auteurs, s'attachant surtout à l'étude des Dicotylédones ont, par la suite, pris les semences de *Lactuca sativa* var. « Grand Rapids » comme modèle de germination à photosensibilité positive, choix qui, sur le plan théorique, ne semble pas a priori particulièrement judicieux. Ces semences sont en effet des fruits secs indéhiscent (akènes) et non simplement des graines. L'intérêt de ce matériel réside en revanche dans sa très grande

homogénéité, la sensibilité élevée qu'il présente vis-à-vis de différents facteurs et la possibilité d'une exploitation génétique.

Toutes ces raisons font qu'il nous paraît indispensable avant d'aborder l'analyse physiologique des graines de Pins, de rappeler les caractéristiques bien connues de ce matériel.

#### A. — DONNÉES PHYSIOLOGIQUES

Analysant l'action de la lumière sur la germination de ces akènes, FLINT et McALISTER (1935-1937) observent l'effet inducteur de la lumière rouge clair (R) et l'action antagoniste du rouge lointain (RL). Cette réaction n'apparaît que sous certaines conditions de température. D'une façon générale la photosensibilité s'accuse avec l'élévation de température entre 20 et 30 °C, des différences existant entre les lots de différentes origines.

Une étude approfondie effectuée en 1954 par BORTHWICK, HENDRICKS, TOOLE et TOOLE permet d'établir les points importants suivants caractéristiques de la photosensibilité positive; les études ont été effectuées à une température constante de 23 °C.

— Pour les semences convenablement imbibées la germination est induite par une courte irradiation de rouge clair, le maximum de réaction étant acquis pour les longueurs d'onde comprises entre 640 et 670 nm (max. à 660 nm). La germination ainsi induite par le rouge clair est inhibée par une exposition ultérieure au rouge lointain entre 720-750 nm (max. à 730 nm).

— La réversion R - RL peut être répétée plusieurs fois; le résultat dépend du dernier traitement lumineux subi par les semences.

— Dans une séquence d'éclairement R - RL la dernière irradiation n'est efficace que si la période intercalée entre les deux expositions, — période obscure —, ne dépasse pas certaines limites. Le temps d'échappement ou « escape time » des auteurs de langue anglaise est la période de temps nécessaire et suffisante entre deux expositions successives R et RL pour réduire de 50 % l'efficacité du dernier traitement. Ce temps d'échappement est de 8 heures chez *Lactuca sativa* var. « Grand Rapids ».

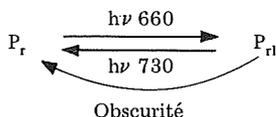
— Lors de l'imbibition des semences la sensibilité à la lumière R augmente au cours des dix premières heures; l'optimum alors atteint se maintient jusqu'à 20 heures; on assiste ensuite à une diminution de la sensibilité. Parallèlement on note une évolution inverse des réactions du matériel pour les radiations antagonistes RL.

L'observation de tous ces faits conduit ces auteurs à postuler l'existence d'une réaction photoréversible entre deux formes d'un même pigment; l'une inactive absorbant principalement les radiations rouges ( $P_r$ ) (3), l'autre active absorbant le rouge lointain ( $P_{rl}$ ) (4), avec des

(3)  $P_r$  ou  $P_{660}$ .

(4)  $P_{rl}$  ou  $P_{730} = P_{rl}$ , des auteurs de langue anglaise.

maximums situés respectivement à 660 et 730 nm. Ils proposent en outre l'hypothèse d'une conversion thermique à l'obscurité de la forme active en la forme inactive. La photo-réaction présidant à la germination de ces semences peut être schématisée de la façon suivante.



Cette réaction intervient dans de nombreux phénomènes liés à la morphogenèse et au développement : floraison, croissance des cotylédons et des feuilles, élongation des tiges, germination des spores de fougère, ainsi que dans de nombreux autres cités par BORTHWICK (1972 a, b), MOHR (1972) et ROLLIN (1970).

## B. — DONNÉES SPECTROPHOTOMÉTRIQUES

Les hypothèses précédentes ont été confirmées grâce à l'isolement du pigment responsable appelé phytochrome et à son étude en spectrophotométrie *in vitro*. La photoconversion est obtenue. Le premier spectre d'absorption du pigment *in vivo* établi par BUTLER et coll. (1959) confirme pour les deux formes les maximums envisagés. Dans les années plus récentes grâce à la mise au point d'appareils permettant la spectrophotométrie *in vivo*, les observations ont porté principalement sur le phytochrome de plantules étiolées, évitant ainsi l'interférence avec la chlorophylle. Sur ces matériels l'étude de la photoconversion montre en particulier la « conversion obscure » c'est-à-dire la possibilité d'obtenir à l'obscurité, après irradiation R, la réaction  $P_{ri} \rightarrow P_r$ .

L'analyse spectrophotométrique des semences est rendue difficile par la présence des téguments pouvant constituer un écran. Utilisant les embryons de concombre MANCINELLI et TOLKOWSKY (1968) mettent en évidence une étroite relation entre le contenu en phytochrome et la germination.

La mise au point par SPRUIT (1970) d'un spectrophotomètre beaucoup plus sensible que ceux utilisés jusqu'alors, pour lequel la limite de détectabilité des variations des densités optiques est de  $2.10^{-4} \Delta$  ( $\Delta A$ ) (5), permet à BOISARD, SPRUIT et ROLLIN (1968), MALCOSTE (1969), MALCOSTE, BOISARD, SPRUIT et ROLLIN (1970), KENDRICK, SPRUIT et FRANKLAND (1969), SPRUIT et MANCINELLI (1969) de révéler la présence du pigment dans un grand nombre de semences. Pour ces études sont utilisées des semences à photosensibilité négative (*Nemophila insignis*), ou apparemment non photosensibles (*Amarantus* et Cucurbitacées). Le phytochrome s'y présente au début de l'imbibition et avant toute irradiation sous sa forme active ( $P_{ri}$ ), ce qui permet aux auteurs d'expliquer la germination de ces semences à l'obscurité.

(5)  $\Delta (\Delta A)$  = Différence de différence d'absorption.

## C. — LE PROBLÈME DES RADIATIONS BLEUES

Depuis la réalisation du premier spectre d'absorption *in vitro* (BUTLER, HENDRICKS et SIEGELMAN, 1964) on sait qu'il existe pour chaque forme, outre la zone principale déjà citée absorbant dans le R ( $P_r$ ) ou le RL ( $P_{rl}$ ), un second maximum cette fois dans le bleu. Les maximums se situent pour  $P_r$  et  $P_{rl}$  respectivement à 365 et 400 nm.

L'effet des radiations de la « zone bleue » du spectre a donc retenu l'attention de différents chercheurs étudiant la germination.

Chez *Lactuca sativa* var. « Grand Rapids », BORTWICK et coll. (1954) ont pu obtenir un effet inducteur ou dépresseur dans le bleu selon les traitements antérieurement subis par les semences :

- une activation de la germination aux longueurs d'onde comprises entre 410 et 500 nm et pour les mêmes temps d'imbibition que le R;
- un effet inhibiteur au contraire à ces mêmes longueurs d'onde : soit pour un temps d'imbibition supérieur à 48 heures, soit après une irradiation R inductive.

Dans les deux cas il faut 100 fois plus d'énergie que dans le R ou le RL pour obtenir le même effet. L'action des courtes longueurs d'onde interprétée dans le cadre du phytochrome dépend donc de l'état du pigment au début de l'irradiation. C'est ainsi que l'action de la lumière bleue devient similaire à celle du RL si un traitement susceptible d'établir un haut niveau de  $P_{rl}$  l'a précédée (EVENARI et coll., 1957, WAREING et BLACK 1958, GWYNN et SCHEIBE 1972). Il est remarquable de constater que chez les semences à sensibilité négative ou non photosensibles, qui possèdent du phytochrome sous la forme  $P_{rl}$ , ces mêmes radiations bleues provoquent toujours un effet comparable au RL.

Malgré cet ensemble de résultats apparaissant cohérents, beaucoup de problèmes subsistent en ce qui concerne l'influence des radiations bleues sur la germination. Les longueurs d'onde efficaces sont souvent sans rapport avec les maximums du spectre d'absorption. Grâce à la spectrophotométrie *in vivo* on a pu montrer que la région proche de 400 nm induit un état photostationnaire ( $P_{rl}/P_r$ ) de 35 à 50 % (HILLMAN, 1967 a et b).

Pour expliquer cette nécessité d'une énergie élevée on a invoqué la possibilité de l'intervention préalable d'un autre système pigmentaire, de nature encore inconnue, en relation directe avec le phytochrome. Dans ces interprétations il ne faut pas négliger non plus le rôle d'écran que peuvent jouer les téguments principalement à ces longueurs d'onde.

## D. — STIMULATION CHIMIQUE ET ACTION DES RÉGULATEURS DE CROISSANCE

On sait depuis fort longtemps (GASSNER, 1915) qu'il est possible de remplacer partiellement le besoin de lumière de beaucoup de semences photosensibles en les plaçant sur des solutions de nitrates, nitrites ou

de substances possédant un groupement — SH. MAYER et POLJAKOFF-MAYBER (1963) présentent les résultats obtenus pour quelques Dicotylédones, y compris la laitue « Grand Rapids ». Récemment des théories biochimiques ont été proposées pour expliquer ce mode de stimulation (HENDRICKS et TAYLORSON, 1972 et 1974).

Nous possédons par ailleurs de nombreux travaux concernant le mode d'action de régulateurs de croissance tels que gibbérellines et cytokinines. Chez la laitue « Grand Rapids » et chez beaucoup d'autres espèces, les gibbérellines remplacent totalement le besoin de lumière, tandis que les cytokinines n'induisent qu'une germination partielle ou même très faible (MAYER et POLJAKOFF-MAYBER, 1963, EVENARI et NEUMANN, 1958, WAREING et SAUNDERS, 1971, KAHN, HEIDT, WATERS, ANOJULU et ANDERSON, 1971, Van STADEN, 1973).

Dans une étape ultérieure, les auteurs ont pensé que l'effet d'une irradiation rouge pourrait se traduire par une production d'hormone de type gibbérelline. Les résultats ont été très hétérogènes : négatifs (HABER et TOLBERT, 1959; IKUMA et THIMANN, 1960), positifs (KÖHLER, 1966). Dans le dernier cas une augmentation de la teneur en gibbérelline était perceptible pour des irradiations de 1 à 4 heures. Plus récemment Van STADEN (1973) propose qu'une interconversion des cytokinines induite par le R soit à l'origine des événements biochimiques conduisant à l'élongation de la radicule.

## II. — PHOTOSENSIBILITÉ DES GRAINES DE PINS

### A. — IRRADIATIONS ROUGE CLAIR ET ROUGE LOINTAIN

Dès 1961 NYMAN met en évidence l'intervention du système phytochrome au cours de la germination de *Pinus silvestris* L. Grâce à l'analyse approfondie effectuée par cet auteur (1963), nous pouvons maintenant considérer cette espèce, comme le type des Gymnospermes photosensibles, au même titre que *Lactuca sativa* pour les Dicotylédones.

#### 1. Etude sur *Pinus silvestris*

NYMAN retrouve sur ce matériel un certain nombre de caractéristiques déjà signalées chez la laitue.

— Pour des expériences effectuées à 25 °C, l'induction de la totalité des graines est obtenue par une seule irradiation R de faible énergie appliquée à la 6<sup>e</sup> heure d'hydratation. Une irradiation de 350  $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ , pendant 30 minutes est largement saturante.

— Le RL donné immédiatement après le R annule l'induction de la germination provoquée par ce dernier; l'effet du RL est indépendant du

niveau d'énergie appliqué en R à condition que ce dernier ait été saturant.

— Comme chez *Lactuca sativa* la réversibilité répétée R-RL est obtenue. A l'issue d'une irradiation R l'inhibition provoquée par RL est maximale pour une période d'obscurité de 1 à 2 heures interposée entre les deux expositions; elle diminue ensuite progressivement avec l'accroissement de la durée de la période obscure (50 % à 24 h); elle disparaît vers 48 heures.

— Pendant les premières heures d'imbibition la sensibilité au R et au RL croît parallèlement. Pour le R elle décroît après la 12<sup>e</sup> heure, alors qu'elle demeure stationnaire pour RL.

— La photosensibilité des semences de *P. silvestris* est une caractéristique génétique qui se rencontre donc chez cette espèce quelle que soit son origine géographique (NYMAN, 1963; HOFFER, 1964; KOPCEWICZ, 1972). On peut cependant mettre en évidence des différences d'ordre quantitatif selon les provenances. C'est ainsi que NYMAN sur un échantillonnage de semences de diverses origines récoltées en Suède montre que les provenances les plus nordiques conduisent toujours à des pourcentages de germination plus faibles à l'obscurité.

## 2. Les autres espèces photosensibles

La photosensibilité a par la suite été mise en évidence chez d'autres espèces du genre *Pinus* (6) :

- P. banksiana* Lam. (CORTET, 1964)
- P. densiflora* Sieb. et Zucc. (HASEGAWA et FURUKAWA, 1955)
- P. Laricio* Poiret (ORLANDINI, non publié)
- P. muricata* D. Don. (HOFFER, 1964)
- P. nigra* Arn. (ORLANDINI et MALCOSTE, 1972)
- P. palustris* Mill. (MCLEMORE et HANSBROUGH, 1970)
- P. pumilio* Haenke (ORLANDINI, 1974)
- P. salzmanni* Dun. (PACE, 1969)
- P. strobus* L. (TOOLE et coll., 1962)
- P. taeda* L. (TOOLE et coll., 1962)
- P. thunbergii* Parl. (HASEGAWA et FURUKAWA, 1955)
- P. virginiana* Mill. (TOOLE et coll., 1961).

## 3. Etude sur *P. banksiana*, *P. nigra* et *P. pumilio*

Grâce à l'utilisation d'un illuminateur spectral permettant de sélectionner des longueurs d'onde précises (bande passante  $\pm 2,5$  nm) et d'expérimenter une gamme très importante d'énergies (BIANCO, 1970), nous avons montré qu'une faible énergie est requise à 660 nm. Pour différentes espèces (*P. banksiana* 1972, *P. nigra* et *P. pumilio* 1974)

(6) La nomenclature botanique des espèces citées est conforme aux travaux de GAUSSEN (1960) dans le cas des espèces que nous avons nous mêmes utilisées.

la germination est obtenue en totalité pour une seule irradiation de courte durée (5 mn) et de faible énergie (0,5 à 2 Wm<sup>-2</sup>) à condition que les semences aient été préalablement imbibées au moins 3 heures (*P. banksiana*) ou 5 heures (*P. nigra* et *P. pumilio*). La sensibilité aux radiations R demeure constante pour des semences imbibées beaucoup plus longtemps, tout au moins jusqu'à 48 heures. Une irradiation consécutive de RL assure la réversion. Nous avons vérifié sur *P. banksiana* que le niveau de réversion obtenu par RL croît avec l'énergie appliquée jusqu'à la saturation. Le tableau I (colonnes 1A et 2A) présente les différences de sensibilité de ces espèces aux expositions R et RL; il permet une comparaison avec *P. silvestris*. Il faut noter que les énergies utilisées par les auteurs pour obtenir une germination totale dépasse toujours largement le seuil de saturation. La figure 1 présente les réactions des trois espèces à une énergie d'irradiation croissante.

Le mode de réaction de ce matériel rappelle donc beaucoup celui antérieurement décrit pour la laitue « Grand Rapids ». Il est donc caractéristique de la plupart des semences de Phanérogames à photosensibilité positive. Les quelques variantes relevées à propos des Pins peuvent être

TABLEAU I

Energies d'irradiation utilisées par les auteurs :

- en rouge clair pour induire la germination maximale (1 B) ou 50 % de celle-ci (1 A);
- en rouge lointain, après une irradiation inductive de rouge clair pour inhiber totalement la germination (2 B) ou 50 % (2 A) de celle-ci.

Espèces	Energie en 10 <sup>2</sup> Jm <sup>-2</sup>				T° de Germin.	Observation
	Germination		Inhibition			
	50 % 1 A	Totale 1 B	50 % 2 A	Totale 2 B		
<i>Pinus silvestris</i> L. Nyman 1963	0,1	10		63	25°C	imbibition 3 h. à 12 h.
<i>Pinus palustris</i> Mill. McLEMORE & HANSBROUGH 1970	0,6	94	22	345	22,5°C	imbibition 12 h.
<i>Pinus banksiana</i> Lamb. ORLANDINI & BULARD 1972	0,15	3	18	21-27	24°C	imbibition 3 h.
<i>Pinus nigra</i> Arn. ORLANDINI 1974		6		90	24°C	imbibition 5 h.
<i>Pinus pumilio</i> Haenke ORLANDINI 1974	0,3	6		42	24°C	imbibition 5 h.

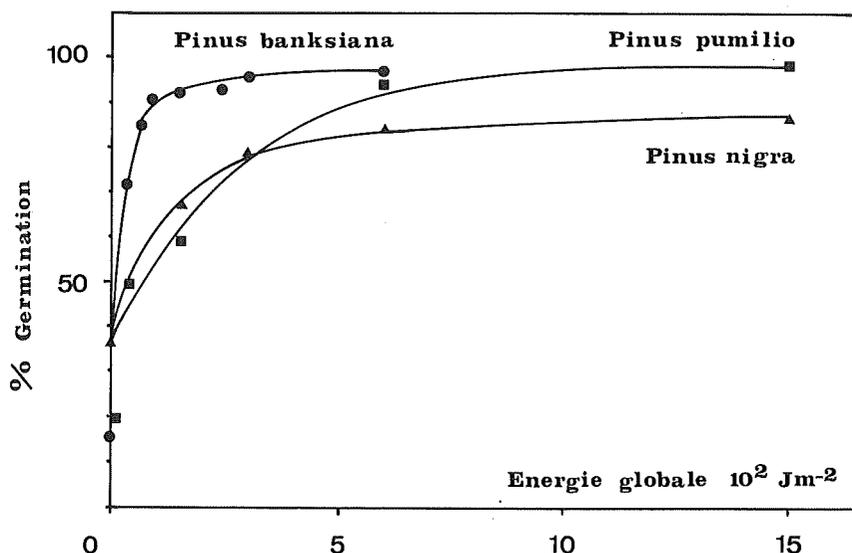


FIG. 1. — Influence de l'énergie d'irradiation ( $\text{Jm}^{-2}$ ) dans le rouge sur le pourcentage de germination des graines imbibées de trois espèces de Pins.

Le rouge ( $660 \pm 2,5 \text{ nm}$ ) est dispensé pendant 5 minutes. Le temps d'imbibition est de 3 heures *Pinus banksiana*, de 5 heures *Pinus nigra*, *Pinus pumilio*. Expériences effectuées en janvier 1971 *Pinus banksiana*, en juin 1971 *Pinus nigra*, en février 1974 *Pinus pumilio*.

mises en rapport avec la lenteur des réactions de ces Gymnospermes. Il existe cependant des différences importantes qui méritent d'être signalées. Elles concernent les réactions de ce matériel « à sec », c'est-à-dire celles obtenues sur des graines n'ayant pas été préalablement imbibées.

#### 4. Photosensibilité « à sec »

Alors que chez *Lactuca sativa* var. « Grand Rapids » il n'est pas possible d'obtenir la photoréaction sur des semences non imbibées, cette possibilité existe pour les graines de Pins. Elle fut mise en évidence par NYMAN, 1963. Les graines soumises à un prétraitement « à sec » (7) en lumière blanche fluorescente ou R sont imbibées immédiatement après le traitement lumineux. Les pourcentages relevés sont de l'ordre de 55 % en lumière blanche (4 000 lux pendant 24 heures) et 70 % en lumière R ( $350 \mu\text{Wm}^{-2}$  pendant 4 heures). Une irradiation R d'énergie identique

(7) Appelé préirradiation par NYMAN.

est très largement saturante pour des semences ayant subi une hydratation préalable.

Les trois espèces *P. banksiana*, *P. nigra* et *P. pumilio* manifestent elles aussi une sensibilité indéniable au R (660 nm) dispensé en préirradiation. La figure 2 montre que *P. banksiana* est de beaucoup l'espèce la plus sensible. En fonction de différentes études et en particulier de celle de HSIAO et VIDAVER (1971) sur *Lactuca sativa* « Grand Rapids », il semble logique de chercher une explication à ce comportement dans une différence de la teneur en eau du matériel :

8 % d'eau par rapport au poids sec pour *P. banksiana* contre 6 et 6,6 % respectivement pour *P. nigra* et *P. pumilio*.

Pour les trois espèces, il faut toujours, pour obtenir le même effet, fournir une énergie beaucoup plus élevée pour les semences sèches que pour les semences imbibées. La figure 3 le démontre pour *P. banksiana*.

Une autre caractéristique de ces semences de Pins photosensibles est l'augmentation extrêmement rapide de la sensibilité au R avec le tout début de l'imbibition : le pourcentage de germination est de 16 % à l'obscurité; il s'élève à 29 % pour des graines irradiées à sec (5 minutes  $1 \text{ Wm}^{-2}$ ) puis immédiatement imbibées; il atteint 61 % quand le début de l'irradiation (5 minutes  $1 \text{ Wm}^{-2}$ ) coïncide avec le début de l'imbibition.

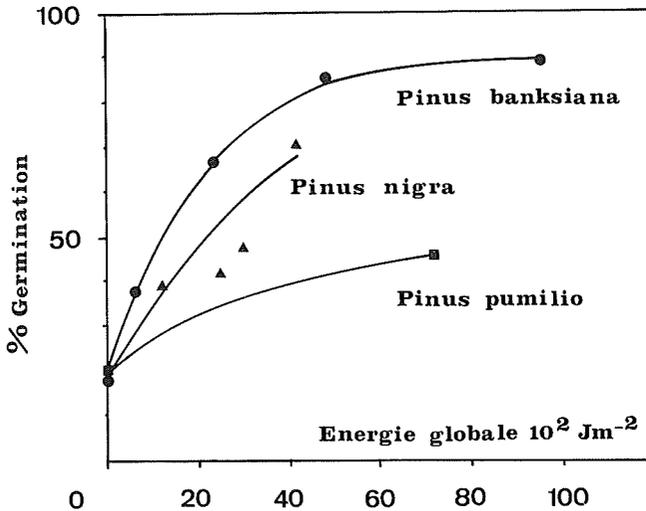


FIG. 2. — Influence d'une préirradiation rouge ( $660 \pm 2,5 \text{ nm}$ ) sur le pourcentage de germination des graines de trois espèces de Pins.

L'imbibition débute immédiatement après la fin de l'éclairement. Expériences effectuées en janvier 1971 *Pinus banksiana*; en juin 1971 *Pinus nigra* et en mai 1973 *Pinus pumilio*.

GERMINATION DES GRAINES PHOTOSENSIBLES DE PINS

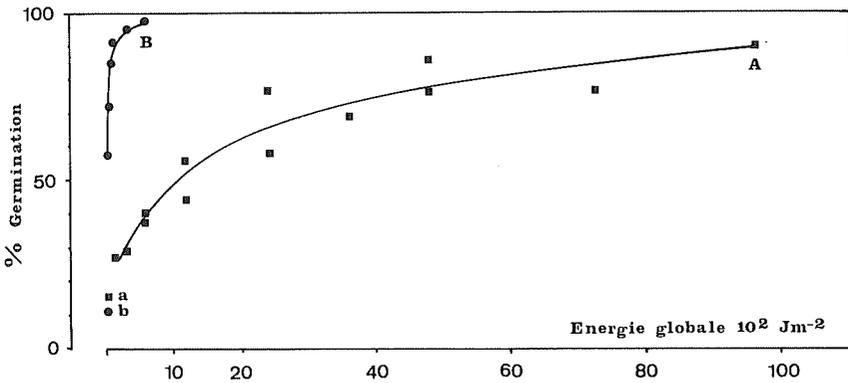


Fig. 3. — Influence de l'énergie d'irradiation rouge 660 nm appliquée en pré-irradiation (A) ou après imbibition de 3 heures (B) sur *Pinus banksiana*. Les témoins à l'obscurité de A et de B sont représentés respectivement en a et b. Expériences effectuées respectivement en décembre 1970 et janvier 1971.

B. — INTERACTIONS TEMPÉRATURE-LUMIÈRE

Cette interaction a été envisagée par NYMAN chez *P. silvestris*. Si au cours de l'irradiation R, ou R suivie de RL, la température varie entre +5 et +25 °C les résultats obtenus sont indépendants de ces variations. Si à la suite d'une irradiation inductive R, appliquée après 6 heures d'imbibition à 25 °C, les graines sont portées pendant 24 à 72 heures à 35 °C on observe une légère action dépressive sur la germination de l'ordre de 10 à 15 %. Dans les mêmes conditions une température de 40 °C inhibe fortement la germination. Les réactions non photochimiques succédant à un éclaircissement de R dépendent donc nettement de la température, mais leurs conditions optimales de température se situent dans une large gamme entre 15 et 25 °C. La sensibilité à la température est donc bien moindre que chez *Lactuca sativa*. Beaucoup d'autres Pins photosensibles comme *P. banksiana*, *P. nigra* et *P. pumilio* se comportent de la même manière.

Pour d'autres espèces on a signalé des modalités d'interaction différentes entre ces deux facteurs. *P. virginiana* Mill. (TOOLE et coll., 1961) présente une sensibilité élevée au facteur température. Pour des essais soumis à une irradiation R on note des différences importantes dans les pourcentages de germination à 20 °C (8 %) et à 25 °C (62 %). Mais même à cette dernière température la germination totale du lot n'est pas acquise; elle n'est obtenue que si l'imbibition s'effectue à plus basse température (5 °C pendant 28 heures). Chez d'autres Pins (TOOLE et coll., 1962) pour obtenir le même effet il faut appliquer un très long traitement d'imbibition à 5 °C (16 jours pour *P. strobus*, 70 jours pour

*P. taeda*) et soumettre ensuite les semences à l'irradiation R. Pour les trois espèces citées et en fonction de la durée du traitement à 5 °C on constate que la sensibilité du matériel aux radiations R et RL évolue en sens inverse : elle s'accroît vis-à-vis du R, elle diminue vis-à-vis du RL; parallèlement le temps d'échappement décroît lui aussi. Ces variantes dans la sensibilité aux irradiations ne permettent pas de distinguer les graines photosensibles de Pins d'autres semences, en particulier des Dicotylédones, où il semble exister pour certaines espèces des modalités de comportement analogues (tabl. II).

TABLEAU II

Protocole d'imbibition et énergies d'irradiation utilisés par les auteurs :  
 — en rouge clair pour induire la germination maximale (1 B) ou 50 % de celle-ci (1 A);  
 — en rouge lointain, après une irradiation inductive de rouge clair pour inhiber totalement la germination (2 B) ou 50 % (2 A) de celle-ci.

Espèces	Energie en 10 <sup>2</sup> Jm <sup>-2</sup>				T° de Germin.	Prétraitement
	Germination		Inhibition			
	50 % 1 A	Totale 1 B	50 % 2 A	Totale 2 B		
<i>Lactuca sativa</i> L. BORTHWICK & coll. 1954	0,2		6		20°C	imbibition 16 h. à 20°C
<i>Lepidium densiflorum</i> L. TOOLE & coll. 1955	0,06		1,8		25°C	imbibition 48 h. à 15°C
<i>Lepidium virginicum</i> L. TOOLE & coll. 1955	14		0,3		25°C	imbibition 48 h. à 15°C sur 0,2 % KNO <sub>3</sub>
<i>Arabidopsis thaliana</i> L. SHROPSHIRE & coll. 1961	15		0,1-1		25°C	imbibition 48 h. à 2°C sur 10 <sup>-3</sup> M. KNO <sub>3</sub>
<i>Pinus virginiana</i> Mill. TOOLE & coll. 1961	10	28,8	10	72	25°C	imbibition 28 h. à 5°C
<i>Pinus strobus</i> L. TOOLE & coll. 1962		57,6		288	25°C	imbibition 16 j. à 5°C
<i>Pinus taeda</i> L. TOOLE & coll. 1962		14,4		72	25°C	imbibition 70 j. à 5°C

## C. — IRRADIATIONS BLEUES

NYMAN en 1963 chez *P. silvestris* essaye l'influence de la lumière bleue, en courtes irradiations d'énergie constante ( $100 \text{ mJ.cm}^{-2}$  c'est-à-dire  $100 \mu\text{W.cm}^{-2}$  pendant 1 000 s). Celle-ci paraît avoir peu d'action sur la germination entre 400 et 450 nm soit en action directe (stimulation), soit après un éclairage de R saturant (inhibition).

Utilisant des filtres d'absorption à large bande passante dont le maximum se situe à 470 nm, KOPCEWICZ (1972) étudie l'effet d'irradiation de longue durée pendant 4 ou 7 jours en lumière bleue. Les pourcentages de germination relevés pour ces deux temps sont respectivement de 25 et 39; par comparaison le taux de germination atteint en R est de 91 %.

Chez *P. banksiana* et *P. pumilio* (ORLANDINI, 1974) les radiations bleues et proches U.V. aux longueurs d'onde comprises entre 360 et 495 nm provoquent une activation générale de la germination à condition d'être dispensées sous une énergie 100 fois supérieure à celle habituellement utilisée en R. On possède encore une preuve supplémentaire de la parenté d'action entre R et bleu chez *P. pumilio*. Au cours d'irradiations séquentielles où soit le bleu, soit le proche U.V. interviennent avant ou après le RL la réversion Bleu-RL ou U.V.-RL est en effet observée. Les résultats obtenus à 360 nm sont particulièrement nets. Il est intéressant de constater que cette longueur d'onde correspond précisément au maximum d'absorption de la forme  $P_r$  dans le bleu (BUTLER et coll., 1964; MUMFORD et JENNER, 1966). Les autres zones d'activité, en particulier celle à 420 nm, sont d'une interprétation plus délicate. Nous retrouvons là des difficultés d'explication déjà signalées à propos des Dicotylédones.

## D. — DONNÉES SPECTROPHOTOMÉTRIQUES

TOBIN et BRIGGS sont les premiers à analyser par spectrophotométrie *in vivo* le phytochrome des graines de Pins en 1969 chez *P. palustris*. Le spectre de différence réalisé grâce au Biospect 61 permet d'observer une apparition rapide du pigment en relation avec l'hydratation. Ce phénomène n'est pas affecté par de basses températures ( $0^\circ\text{C}$ ), il n'est pas non plus modifié par des substances telles que la cycloheximide ou le cyanure. Ces auteurs pensent en outre que le phytochrome des Gymnospermes absorberait à de plus courtes longueurs d'onde que celui des Angiospermes. Ceci fut confirmé plus tard par GRILL et SPRUIT (1972) sur *P. silvestris*. Les maximums d'absorption des deux formes se situeraient à 656 nm ( $P_r$ ) et 715 nm ( $P_{r1}$ ).

Une étude approfondie par spectrophotométrie bichromatique *in vivo* a été réalisée sur les graines de *P. nigra* par ORLANDINI et MALCOSTE (1972) utilisant l'appareil mis au point au laboratoire de photobiologie

de Rouen par LARCHER (1971). Les résultats obtenus permettent d'expliquer la principale originalité du comportement physiologique du matériel : sa photosensibilité à sec.

— Le phytochrome se rencontre dans les graines non imbibées entièrement sous la forme  $P_1$ .

— Les phototransformations  $P_1 \rightleftharpoons P_{11}$  peuvent être mises en évidence.

— La  $\Delta (\Delta A)_{800}^{730}$  observée est assez élevée. Elle est de l'ordre de  $1,1 \cdot 10^{-3}$  lorsque la mesure s'effectue sur des graines dont on a pris la précaution de supprimer les téguments.

— La teneur en eau de 6 % qui est celle de ces semences non imbibées est donc suffisante pour permettre la phototransformation. Ces observations viennent à l'appui des premières indications apportées dans ce sens par TOBIN et BRIGGS (1969). GRILL et SPRUIT (1972) ont confirmé ces résultats en utilisant *P. silvestris*.

— Au cours de l'imbibition à l'obscurité à 24 °C, s'observe une augmentation rapide du phytochrome total (sous la forme  $P_1$ ). La  $\Delta (\Delta A)$  (fig. 4 A) atteint des valeurs de  $3,7 \cdot 10^{-3}$  après 15 minutes,  $6,8 \cdot 10^{-3}$  après 3 heures,  $9 \cdot 10^{-3}$  après 6 heures et  $15,6 \cdot 10^{-3}$  après 20 heures. Cette dernière valeur très élevée demeure constante pendant un temps très long, jusqu'à la 96<sup>e</sup> heure. A partir de la 100<sup>e</sup> heure une lente diminution de la teneur en pigment apparaît; elle se poursuit encore vers la 216<sup>e</sup> heure pour laquelle on observe une  $\Delta (\Delta A)$  de  $6,8 \cdot 10^{-3}$ . Comme chez *P. palustris* l'augmentation très rapide de la quantité de phytochrome détectable au cours de l'imbibition est en faveur d'une hydratation des molécules pré-existantes.

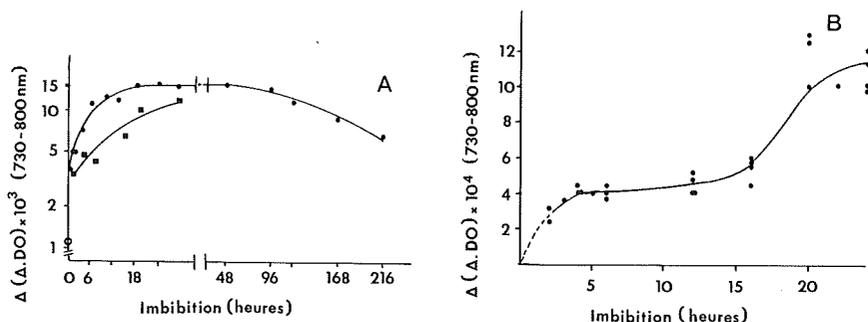


Fig. 4 A. — Evolution de la teneur en phytochrome au cours de l'imbibition à l'obscurité chez *Pinus nigra* (d'après ORLANDINI et MALCOSTE, 1972).

● à 24 °C

■ à 0 °C

○ représente la teneur en phytochrome des graines sèches.

Fig. 4 B. — Evolution du contenu de  $P_{\text{total}}$  au cours du temps d'incubation à l'obscurité dans les akènes de Laitue « Reine de Mai ». Analyse à 2 °C (d'après BOISARD, SPRUIT et ROLLIN, 1968).

## GERMINATION DES GRAINES PHOTOSENSIBLES DE PINS

— La conversion obscure normale  $P_{r1} \rightarrow P_r$  est observée à 24 °C après une irradiation de R. Ce phénomène est dans ce cas particulièrement rapide, 50 % du  $P_r$  est réapparu dans les 20 minutes qui suivent l'irradiation. Comme chez les Dicotylédones (réceptacle d'artichaut et racine de panais) la conversion s'effectue sans perte de la photoréversibilité indiquant une stabilité du phytochrome total ( $P_{tot}$ ).

— Ainsi toutes ces observations spectrophotométriques font donc apparaître que le pigment existe initialement en totalité et de façon constante sous sa forme  $P_{r1}$ . Ceci permet de comprendre le mode d'action des radiations R, bleues et proche U.V. sur ce matériel.

Dans le cadre des semences à photosensibilité positive il n'existe pas d'autres points de comparaison, en particulier chez les Dicotylédones. Nous possédons en revanche des résultats à propos de semences germant directement à l'obscurité, dont la germination est inhibée par une irradiation prolongée en RL. Le type en est la variété de laitue « Reine de Mai » (fig. 4 B). BOISARD, SPRUIT et ROLLIN (1968) ont pu montrer que le pigment dans ces graines imbibées à l'obscurité est présent essentiellement sous la forme  $P_{r1}$ . C'est à cette forme, considérée alors comme stable, que le phytochrome fait retour à l'obscurité après une irradiation RL. Détectable dès 4 heures d'imbibition, le phytochrome total reste d'abord à un niveau constant jusqu'à 16 heures d'imbibition, puis sa teneur augmente très rapidement par la suite jusqu'à 25 heures. Signalons que la germination est achevée après 48 heures d'imbibition.

## E. — STIMULATION CHIMIQUE ET ACTION DES RÉGULATEURS DE CROISSANCE

L'effet positif des nitrates à des concentrations de l'ordre de 100 mg/l à 1 g/l a été mis en évidence sur plusieurs espèces pour les graines maintenues à l'obscurité : *Pinus salzmanni* (PACE, 1969), *Pinus silvestris* (HOFFER, 1964), *Pinus banksiana* (CORTET, 1964). Des pourcentages de germination élevés sont obtenus (jusqu'à 70 et 85 %) mais on n'atteint pas la germination totale du lot.

Pour les mêmes espèces les résultats relevés avec la thiourée sont voisins des précédents, bien que souvent moins spectaculaires. Les concentrations efficaces se situent entre 500 mg/l et 5 g/l.

CORTET (1964) et PACE (1969) ont montré en outre que l'effet des nitrates ou de la thiourée s'ajoutent à celui du R.

Dans l'ensemble ces observations sont donc en accord avec celles déjà signalées pour les Dicotylédones et en particulier pour la laitue « Grand Rapids ». Il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit de l'influence des régulateurs de croissance : gibbérélines et cytokinines, expérimentés dans une gamme étendue de concentrations.  $GA_3$  d'une part, la kinétine d'autre part, se sont révélés inefficaces sur la germination à l'obscurité de *Pinus silvestris*, *P. banksiana*, *P. salzmanni*, *P. thunbergii*, *P. densiflora* (CORTET,

1964; HOFFER, 1964; PACE, 1969). L'essai simultané des deux types de substances ne conduit en outre à aucune amélioration. L'action de ces régulateurs n'apparaît pas non plus après application d'une irradiation R non saturante. L'essai d'autres gibbérellines GA<sub>4</sub>, GA<sub>7</sub>, GA<sub>9</sub> souvent nettement plus efficaces que GA<sub>3</sub> sur les processus de germination a conduit à des résultats également négatifs (PELLEGRIN, 1970). Nous possédons cependant un exemple d'une stimulation induite sous l'influence de GA<sub>3</sub> chez *Pinus silvestris*; mais elle est faible (de 20 à 45 %) et des doutes subsistent quant aux précautions prises en ce qui concerne l'éclaircissement des graines pendant les premières 24 heures (GROVER, 1962).

Il faut donc considérer que contrairement à ce qui se passe chez les Dicotylédones, les gibbérellines ou les cytokinines ne parviennent pas à remplacer l'effet du R sur la germination. S'agit-il seulement d'un obstacle lié à la pénétration à travers les téguments? Cette hypothèse semble difficile à retenir à la suite des observations de WESTING (1959) effectuées non plus sur des graines mais sur des plantules.

#### F. — ÉVOLUTION DU MATÉRIEL EN FONCTION DES CONDITIONS DE RÉCOLTE ET DE CONSERVATION

Les expériences effectuées sur des semences photosensibles, qu'il s'agisse de Dicotylédones ou de Gymnospermes, montrent de façon très générale un pourcentage de germination non négligeable à l'obscurité. Il existe donc au sein d'un même lot des semences nécessitant une induction lumineuse et d'autres qui germent directement à l'obscurité. Dans le cas des Pins photosensibles nous avons pu constater que les conditions de récolte et de conservation du matériel sont à l'origine de l'hétérogénéité constatée. Si on prend la précaution de faire ouvrir les cônes mûrs dans une enceinte *obscure*, à une température de l'ordre de 25 °C, on observe que les graines libérées alors sont en totalité dormantes, c'est-à-dire photosensibles à 100 %. Ces résultats, obtenus avec les graines de *Pinus salzmanni* (PACE, 1969), *P. silvestris* (HOFFER, 1964), *P. nigra* (ORLANDINI, 1974), sont évidemment à mettre en rapport avec leur photosensibilité reconnue « à sec ».

Chez les Pins nous avons également observé une évolution de la photosensibilité au cours de la conservation des semences. Ce phénomène est bien connu chez la laitue « Grand Rapids », matériel très sensible dont l'évolution est rapide. Pour ralentir cette évolution on a l'habitude de conserver les semences à 4 °C ou même à -20 °C. Chez les Pins, l'évolution est beaucoup plus lente. Un lot de *Pinus banksiana* conservé à 4 °C n'a pratiquement pas évolué en 6 ans. En revanche, un lot de *Pinus salzmanni* conservé à 20-24 °C dont la germination à l'obscurité était de 2 % en février 1966 est passé à 24 % en mars 1967. Le facteur température est donc de toute première importance pour contrôler cette évolution.

## CONCLUSION

A l'issue de cette étude qui rassemble un certain nombre de données concernant la photosensibilité des semences de Pins, il nous paraît utile de souligner quelques points essentiels :

— La photosensibilité positive, qui caractérise un nombre élevé d'espèces, présente une assez grande homogénéité au sein du genre. En outre, à notre connaissance, on n'y rencontre pas d'exemples de photosensibilité négative.

— Les caractéristiques de la photosensibilité positive, mises en évidence sur les graines *imbibées* de différents Pins, sont très voisines de celles signalées à propos du « modèle » classique *Lactuca sativa* var. « Grand Rapids », mise à part une beaucoup plus grande lenteur des réactions chez les Pins. Ces constatations permettent sans doute de généraliser à l'ensemble des semences à photosensibilité positive les résultats obtenus en spectrophotométrie *in vivo* (mais uniquement pour les semences imbibées).

— L'exemple considéré se singularise en revanche par certains caractères réellement originaux liés soit à la nature de son phytochrome (déplacement des maximums d'absorption vers de plus courtes longueurs d'onde), soit à ses propres réactions : la photosensibilité « à sec » et l'inefficacité des régulateurs de croissance : gibbérellines et cytokinines.

On peut espérer que dans l'avenir, ce matériel, dont les qualités expérimentales sont reconnues, sera davantage utilisé non seulement pour les études purement physiologiques mais encore lors de recherches biochimiques indispensables à la compréhension de la germination de semences photosensibles.

## BIBLIOGRAPHIE

- BIANCO, J. (1970). — Mise au point d'un monochromateur à arc au xénon et application. *D.E.A. de Biologie végétale*, Nice, 22 p.
- BOISARD, J. (1972). — Contribution à l'étude du métabolisme du phytochrome et ses propriétés *in vivo*. *Thèse d'Etat*, Rouen, 156 p.
- BOISARD, J., SPRUIT, C.J.P. et ROLLIN, P. (1968). — Phytochrome in seeds and an apparent dark reversion of  $P_r$  to  $P_{tr}$ . *Meded. Landbouwhogeschool Wageningen*, 17, 1-5.
- BORTHWICK, H.A. (1972 a). — History of Phytochrome. In: *Phytochrome*, Academic Press, 631 p.
- BORTHWICK, H.A. (1972 b). — The biological significance of phytochrome. In: *Phytochrome*, Academic Press, 631 p.

- BORTHWICK, H.A., HENDRICKS, S.B., TOOLE, E.H. et TOOLE, V.K. (1954). — Action of light on lettuce-seed germination. *Bot. Gaz.*, 115, 205-225.
- BUTLER, W.L., HENDRICKS, S.B. et SIEGELMAN, H.W. (1964). — Action spectra of phytochrome *in vitro*. *Photochem., Photobiol.*, 3, 521-528.
- BUTLER, W.L., NORRIS, K.H., SIEGELMAN, H.W. et HENDRICKS, S.B. (1959). — Detection, assay, and preliminary purification of the pigment controlling photoresponsive development of plants. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 45, 1703-1708.
- CORTET, Y. (1964). — Sensibilité des graines de *Pinus banksiana* Lamb. aux lumières rouge et rouge lointain. *D.E.S.* Dijon, 55 p.
- EVENARI, M., NEUMANN, G. et STEIN, G. (1957). — Action of blue light on the germination of seeds. *Nature*, 180, 609-610.
- EVENARI, M. et NEUMANN, G. (1958). — The influence of gibberellic acid, kinetin, on germination and seedling growth of lettuce. *Bull. Res. Council, Israël*, 6, 65-72.
- FLINT, L.H. et McALISTER, E.D. (1937). — Wavelengths of radiation in the visible spectrum promoting the germination of light sensitive lettuce seed. *Smithsonian Misc. Coll.*, 96, 1-9.
- GASSNER, G. (1915). — Über die Keimungsauslösende Wirkung der Stickstoffsalze auf lichtempfindliche Samen. *Jahrb. Wissen. Bot.*, 55, 259-342.
- GAUSSEN, H. (1960). — Les Gymnospermes actuelles et fossiles. Fasc. VI, Chap. XI. Généralités, Genre *Pinus*, 272 p. Toulouse.
- GRILL, R. et SPRUIT, C.J.P. (1972). — Properties of phytochrome in Gymnosperms. *Planta*, 108, 203-213.
- GROVER, R. (1962). — Effect of gibberellic acid on seed germination of elm, scotch pine, Colorado and white spruce. *Forest Sci. U.S.A.*, 8, 187-190.
- GWYNN, D. et SCHEIBE, J. (1972). — An action spectrum in the blue for inhibition of germination of lettuce seed. *Planta*, 106, 247-257.
- HABER, A.H. et TOLBERT, N.E. (1959). — Effects of gibberellic acid, kinetin, and light on the germination of lettuce seed. In : Photoperiodism and Related Phenomena in Plants and Animals (R.B. Withrow, ed.). *Am. Assoc. Adv. Sci.*, Washington, D.C., 197-206.
- HASEGAWA, M. et FURUKAWA, T. (1955). — The light germination of forest tree seeds. II. The effects of light illumination and low temperature on germination of Japanese black and red pine seeds. *J. Jap. Forest. Soc.*, 37, 6-7.
- HENDRICKS, S.B. et TAYLORSON, R.B. (1972). — Promotion of seed germination by nitrates and cyanides. *Nature*, 237, 169-170.
- HENDRICKS, S.B. et TAYLORSON, R.B. (1974). — Promotion of seed germination by nitrate, nitrite, hydroxylamine, and ammonium salts. *Plant Physiol.*, 54, 304-309.
- HILLMANN, W.S. (1967 a). — Physiology of phytochrome. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 18, 301-324.
- HILLMANN, W.S. (1967 b). — Blue light, phytochrome and the flowering of *Lemna perpusilla* 6746. *Plant Cell Physiol.*, 8, 467-473.
- HOFFER, C. (1964). — Etude physiologique de la dormance photolabile des graines de différentes espèces de conifères. *D.E.S.* Dijon, 66 p.
- HSIAO, A.I.H. et VIDAYER, W. (1971). — Seed water content in relation to phytochrome-mediated germination of lettuce seeds (*Lactuca sativa* L. var. Grand Rapids). *Can. J. Bot.*, 49, 111-114.
- IKUMA, H. et THIMANN, K.V. (1960). — Action of gibberellic acid on lettuce seed germination. *Plant Physiol.*, 35, 557-566.

- IKUMA, H. et THIMANN, K.V. (1963 a). — The activity of gibberellin «D» on the germination of photosensitive lettuce seeds. *Nature*, 197, 1313-1314.
- IKUMA, H. et THIMANN, K.V. (1963 b). — The role of seed-coats in germination of photosensitive lettuce seeds. *Plant Cell Physiol.*, 4, 169-185.
- KENDRICK, R.E., SPRUIT, C.J.P. et FRANKLAND, B. (1969). — Phytochrome in seeds of *Amaranthus caudatus*. *Planta*, 88, 293-302.
- KHAN, A.A., HEIT, C.E., WATERS, E.C., ANOJULU, C.C. et ANDERSON, L. (1971). — Discovery of a new role for cytokinins in seed dormancy and germination. *Search Agriculture*, 1, (9), 1-12.
- KINZEL, W. (1913-1920). — Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkeimung. Eugen Ulmer, Stuttgart, 2 vol., 170 et 187 p.
- KÖHLER, D. (1966). — Veränderungen des Gibberellin gehaltes von Salatsamen nach Belichtung. *Planta*, 70, 42-46.
- KOPCEWICZ, J. (1972). — Effect of coloured light irradiation on germination and endogenous growth regulator content in Scots pine (*Pinus silvestris* L.). *Bull. Acad. Polon. Sci., Sér. Sci. Biol.*, 20, 419-424.
- KOUKKARI, W.L. et HILLMAN, W.S. (1967). — Effects of temperature and aeration on phytochrome transformations in *Pastinaca sativa* root tissue. *Amer. J. Bot.*, 54, 1118-1122.
- LARCHER, G. (1971). — Etude théorique et mise au point d'un spectrophotomètre différentiel à deux longueurs d'onde de très grande sensibilité. *Nouv. Rev. Optique appliquée*, 2, 331-336.
- MALCOSTE, R. (1969 b). — Le phytochrome dans les graines du *Nemophila insignis*: étude par spectrophotométrie *in vivo*. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 269, 1415-1418.
- MALCOSTE, R., BOISARD, J., SPRUIT, C.J.P. et ROLLIN, P. (1970). — Phytochrome in seeds of some Cucurbitaceae: *in vivo* spectrophotometry. *Meded. Landbouwhogeschool. Wageningen*, 16, 1-16.
- MANCINELLI, A.L. et TOLKOWSKY, A. (1968). — Phytochrome and seed germination. V. - Changes of phytochrome content during the germination of Cucumber seeds. *Plant Physiol.*, 43, 489-494.
- McLEMORE, B.F. et HANSBROUGH, T. (1970). — Influence of light on germination of *Pinus palustris* seeds. *Physiol. Plant.*, 23, 1-10.
- MAYER, A.M. et POLJAKOFF-MAYBER, A. (1963). — The germination of seeds. Pergamon Press, 236 p.
- MOHR, H. (1972). — Lectures on photomorphogenesis. Springer-Verlag, 237 p.
- MUMFORD, F.E. et JENNER, E.L. (1966). — Purification and characterization of phytochrome from oat seedlings. *Biochem.*, 5, 3657-3662.
- NYMAN, B. (1961). — Effect of red and far-red irradiation on the germination process in seeds of *Pinus sylvestris* L. *Nature*, 191, 1219-1220.
- NYMAN, B. (1963). — Studies on the germination in seeds of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Stud. Forest. Suec.*, 2, 164 p.
- ORLANDINI, M. (1974). — Problèmes posés par la germination chez trois espèces de Pins. *Pinus banksiana* Lamb., *Pinus nigra* Arn., *Pinus pumilio* Haenke. Thèse de spécialité, Nice, 64 p.
- ORLANDINI, M. et BULARD, C. (1972). — Photosensibilité des graines de *Pinus banksiana* Lamb. *Biol. Plant.*, 14, 260-268.
- ORLANDINI, M. et MALCOSTE, R. (1972). — Etude du phytochrome des graines de *Pinus nigra* Arn. par spectrophotométrie bichromatique *in vivo*. *Planta*, 105, 310-316.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- PACE, D. (1969). — Contribution à l'étude de la germination chez *Pinus salzmanni* Dun. *D.E.S. Nice*, 64 p.
- PELLEGRIN, M.C. (1970). — Influence de cinq gibbérellines sur la germination de graines photosensibles. *D.E.A. de Biologie végétale, Nice*, 30 p.
- ROLLIN, P. (1970). — Phytochrome, photomorphogénèse et photopériodisme. *Masson, Paris*, 136 p.
- ROLLIN, P. (1972). — Phytochrome control of seed germination. In : *Phytochrome. Academic Press*, 631 p.
- SHROPSHIRE, W. Jr., KLEIN, W.H. et ELSTAD, V.B. (1961). — Action spectra of photomorphogenic induction and photoinactivation of germination in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Physiol.*, 2, 63-69.
- SEGELMAN, H.W. et BUTLER, W.L. (1965). — Properties of phytochrome. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 16, 383-392.
- SPRUIT, C.J.P. (1970). — Spectrophotometers for the study of phytochrome *in vivo*. *Meded. Landbouwhogeschool Wageningen*, 14, 1-18.
- SPRUIT, C.J.P. et MANCINELLI, A.L. (1969). — Phytochrome in Cucumber seeds. *Planta*, 88, 303-310.
- TOBIN, E.M. et BRIGGS, W.R. (1969). — Phytochrome in embryos of *Pinus palustris*. *Plant Physiol.*, 44, 148-150.
- TOOLE, E.H., TOOLE, V.K., BORTHWICK, H.A. et HENDRICKS, S.B. (1955). — Photo-control of *Lepidium* seed germination. *Plant Physiol.*, 30, 15-21.
- TOOLE, V.K., TOOLE, E.H., BORTHWICK, H.A. et SNOW, A.G. Jr. (1962). — Responses of seeds of *Pinus taeda* and *P. strobus* to light. *Plant Physiol.*, 37, 228-233.
- TOOLE, V.K., TOOLE, E.H., HENDRICKS, S.B. et BORTHWICK, H.A. et SNOW, A.J. Jr. (1961). — Responses of seeds of *Pinus virginiana* to light. *Plant Physiol.*, 36, 285-290.
- U.S. FOREST SERVICE (1948). — Woody-Plant Seed Manual. Miscellaneous. Publication n° 654. United States Government Printing Office, Washington D.C., 416 p.
- VAN STADEN, J. (1973). — Changes in endogenous cytokinins of lettuce seed during germination. *Physiol. Plant*, 28, 222-227.
- WAREING, P.F. et BLACK, M. (1958). — Similar effects of blue and infra-red radiation on light sensitive seeds. *Nature*, 181, 1420-1421.
- WAREING, P.F. et SAUNDERS, P.F. (1971). — Hormones and dormancy. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 22, 261-288.
- WESTING, A.H. (1959). — Effect of gibberellin on conifers : Generally negative. *J. Forest. U.S.A.*, 57, 120-122.

# LA TORDEUSE GRISE (*ZEIRAPHERA DINIANA* Gn) IMPORTANT RAVAGEUR DES MÉLÉZINS ALPINS <sup>(1)</sup>

par P. BOVEY et P. GRISON (2)

Introduction .....	115
I. — Description, répartition géographique et plantes-hôtes de <i>Z. diniana</i> .....	117
II. — Biologie et cycle évolutif .....	119
III. — Ecologie, dynamique des populations et facteurs de régulation ....	122
IV. — Importance économique .....	131
V. — Mesures de lutte .....	133
Bibliographie .....	134

## INTRODUCTION

Tous les habitants des hautes vallées alpines et les touristes qui les parcourent ou y séjournent régulièrement en été ne manquent pas d'être frappés par les spectaculaires dégâts qui s'y manifestent périodiquement en juin-juillet, deux à trois années consécutives à intervalles de 8-10 ans, par un brunissement plus ou moins accentué des Mélézins situés à une altitude supérieure à 1 000 - 1 200 m. Ces dégâts ont depuis longtemps retenu l'attention des forestiers et les plus anciennes citations qui s'y rapportent sûrement dans leurs archives remontent à 1810 pour la France, à 1820 pour la Suisse, bien avant que le forestier vaudois A. DAVALL (1857) ait établi pour la première fois, à la suite des observations qu'il fit en Valais durant l'importante pullulation des années 1856-58, la relation existant entre ce brunissement et la présence de cet insecte « assez peu connu des entomologistes » et « jamais encore cité dans les ouvrages

(1) Contribution N° 78 du Groupe de travail pour l'étude de la dynamique des populations de la Tordeuse grise du Mélèze (*Zeiraphera diniana*). Institut d'Entomologie de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich.

(2) Paul Bovey, professeur émérite de l'Ecole polytechnique fédérale de Zürich, 6 Breitloostrasse CH-8802 Kilchberg et Pierre Grison, directeur de la Station de zoologie et de biocénologie forestière de l'I.N.R.A. La Minière, 78000 Versailles.

forestiers », la Tordeuse grise du Méléze, improprement désignée à l'époque sous le nom de Pyrale grise du Méléze.

Depuis lors et jusqu'à la fin du dernier quart de siècle, la Tordeuse grise fit l'objet d'un certain nombre d'études d'inégale importance. A côté de notes sommaires, l'éminent forestier grison J. COAZ, qui fut inspecteur fédéral des forêts, rendit compte dans une intéressante publication (1894) des résultats d'une vaste enquête sur les apparitions de la Tordeuse grise en Suisse et dans les pays voisins (France, Autriche et Italie). Par ailleurs, plusieurs notes ou travaux parurent dès la fin du siècle dernier sous la plume des professeurs STANDFUSS (1894) et BADOUX (1922, 1937-38) de l'École polytechnique fédérale, des entomologistes suisses BARBEY (1927, 1933) et THOMANN (1923), des forestiers français MARCHAND (1869) et HENRY (1902). D'autre part, à la suite des deux dernières gradations, *Z. diniana* a fait l'objet en Autriche, de 1948-1966, de plusieurs publications de la part de nos collègues, les professeurs SCHIMITSCHEK et M<sup>me</sup> JAHN.

Le développement, dès 1924, d'une importante gradation occasionnelle sur les crêtes des Monts métalliques en Bohême et en Saxe devait pour la première fois attirer l'attention de cette Tordeuse comme ravageur de l'Épicéa. Cette gradation, échelonnée sur presque une décennie, et celles qui lui ont fait suite dans la même région (1965-67), dans les Monts géants (1934), en Slovaquie dans les Basses-Tatras et les Fatras (1956-59) ont donné lieu de 1929-1969 à une série de travaux (KOMAREK, PRELL, PFEFFER, SACHSSE, THEILE, GEILER & THEILE, BALTENS-WEILER, STOLINA, ČAPEK) qui ont apporté une intéressante contribution à la connaissance du cycle évolutif et du comportement de l'insecte sur cet hôte.

Si intéressante qu'ils fussent, ces divers travaux ne permettaient pas de pénétrer très avant dans l'explication des mécanismes complexes qui gouvernent la dynamique des populations de la Tordeuse, prémisses indispensables à la mise au point de mesures propres à en limiter ou à en prévenir les dégâts.

Préoccupées des incidences de ces ravages périodiques dans une région à vocation essentiellement touristique, les autorités des communes de la Haute-Engadine exprimèrent en 1948 le vœu que l'étude de ce problème soit reprise sur une base suffisamment large dans l'espoir d'aboutir à des résultats satisfaisants.

Après que le Service forestier du canton des Grisons eût entrepris en 1949 une première enquête statistique destinée à mettre au point une technique d'échantillonnage adéquate des populations larvaires et à préciser la répartition de la Tordeuse au point le plus bas d'une gradation, on fit appel, en vue du développement de ces recherches, à l'Institut d'entomologie de l'E.P.F.Z. dont le premier auteur assumait la direction de 1950 à 1972.

Commencées sur une base relativement modeste, ces recherches ont pu être progressivement développées par la constitution d'un groupe de travail auquel ont collaboré, avec l'Institut sus-mentionné, plusieurs instituts suisses ainsi que les services forestiers des cantons intéressés. Cette extension a été rendue possible grâce aux généreux appuis financiers du Fonds national suisse de la recherche scientifique, du Fonds pour l'encouragement des recherches forestières, des autorités de l'E.P.F.Z. et des

cantons intéressés. Nos travaux ont été facilités par la création d'une station d'Ecologie alpine installée à Zuoz (Engadine) dans des baraques mises à disposition par le Département militaire fédéral dont la générosité se manifeste par ailleurs chaque saison par le prêt de plusieurs véhicules à moteur. Exclusivement suisse au début, ce groupe de travail a pris dès 1958 un caractère international par l'association des services forestiers autrichiens, italiens et français à l'étude des mouvements de population de l'insecte dans l'ensemble de la chaîne alpine, dès 1962 par la collaboration d'une équipe de la Station de recherches de lutte biologique et de biocénologie, puis de la Station de zoologie et de biocénologie forestières de l'I.N.R.A., principalement pour l'étude des moyens biologiques de lutte à l'aide d'agents entomopathogènes.

Si le but immédiatement pratique pour lequel ces recherches ont été sollicitées n'a jamais été perdu de vue, elles ont cependant été conçues dans un cadre beaucoup plus large, comme contribution à une meilleure connaissance des facteurs qui gouvernent la dynamique des ravageurs forestiers, condition d'autant plus indispensable à l'amélioration des mesures de protection des forêts que la lutte chimique se heurte à des difficultés croissantes. A cet égard, *Z. diniana* constitue un objet d'études particulièrement favorable pour de telles recherches de base, du fait qu'il répond à deux critères propres à en assurer le succès. Dans les Mélézins alpins, cette Tordeuse est le seul phytophage important du Méléze et ses quelques concurrents pour la nourriture (Lépidoptères et Thenthredes) y fluctuent toujours à un niveau bas sans influencer son évolution dynamique. D'autre part, elle est un des rares ravageurs forestiers primaires qui, sur un espace relativement restreint, évolue selon plusieurs types de fluctuations qui peuvent ainsi être étudiés simultanément par un même groupe de travail. Il convenait de tirer profit de ces incontestables avantages et c'est la raison pour laquelle ces recherches, qui se poursuivent, ont pu être conduites sans interruption depuis 1949.

Si toutes les questions que soulève ce problème très complexe n'ont pu encore être résolues, d'importants progrès ont été réalisés dans la connaissance biologique et écologique de cet intéressant insecte et pour la compréhension de la dynamique de ses populations dont font état jusqu'à ce jour 78 publications de notre groupe de travail. La plupart étant en langue allemande, il nous est agréable de donner ici un bref aperçu de l'état actuel de nos connaissances sur ce problème à l'intention des biologistes et forestiers français.

## I. — DESCRIPTION, RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET PLANTES-HOTES DE *Z. DINIANA*

La Tordeuse grise du Méléze fut décrite pour la première fois en 1845 par l'entomologiste français A. GUÉNÉE sous le nom de *Sphaloroptera diniana*. Un an plus tard, les entomologistes allemand ZELLER et anglais

DOUGLAS décrivent respectivement sous les noms de *Grapholitha pini-colana* et *Poecilochroma occultana* deux tordeuses qui furent reconnues conspécifiques avec celle de GUÉNÉE, de même que *Tortrix griseana* nommée par HUEBNER (1796-99) sur la base d'une seule représentation douteuse du papillon et de ce fait invalidée. L'espèce a été par la suite rattachée à plusieurs autres genres (*Steganoptycha*, *Enarmonia*, *Epinotia*, *Eucosma*, *Semasia*) pour aboutir actuellement dans le genre holartique *Zeiraphera*.

Comme son nom l'indique, le papillon, qui mesure 18-20 mm d'envergure (Photo 1), est de coloration grise, avec à l'aile antérieure un champ basal, une bande oblique et une tache apicale plus foncés, ces dessins étant plus ou moins marqués suivant les individus.

*Z. diniana* est une espèce strictement paléarctique dont l'aire s'étend sur toute l'Europe moyenne et septentrionale, du versant sud de la chaîne alpine jusqu'à la limite de la forêt de conifères, puis par delà l'Oural jusqu'en Sibérie orientale et à Sakhaline.

MUTUURA & FREEMAN (1966) ont établi que ce que l'on avait désigné comme *Z. diniana* en Amérique du Nord est en réalité une espèce indigène, *Zeiraphera improbana* Walker, à répartition transcontinentale au Sud du Canada et au Nord des Etats-Unis.

Dans l'ensemble de son aire, *Z. diniana* est strictement inféodée aux conifères, mais les plantes-hôtes diffèrent suivant les régions. Dans les Alpes, elle attaque principalement le Mélèze d'Europe et l'Arolle ou Pin cembro, exceptionnellement le Pin de montagne et le Pin sylvestre, très rarement l'Epicéa. En Sibérie septentrionale et orientale, elle est un ennemi des Mélèzes sibérien et dahurien. Dans le Nord de l'Europe, notamment, elle a été observée sur les Pins en Finlande, au Danemark, en Suède et en Norvège, en Angleterre sur Pins et Mélèze, tandis qu'en Europe centrale, dans les montagnes du Harz, les Monts métalliques, les Monts géants, les Tatras et les Fatras, ses deux plantes-hôtes principales sont l'Epicéa et, où il est associé à ce dernier, le Pin de montagne.

Si quelques auteurs (KOMAREK, THOMANN) ont pressenti au début du siècle que le choix de la plante-hôte pouvait être lié à l'existence de races biologiques, de biotopes, la preuve en a été apportée dès 1954 dans le massif alpin (BOVEY & MAKSYMOW, 1959). On y reconnaît actuellement deux races qui ne se distinguent morphologiquement qu'à l'état de chenilles du dernier stade (5<sup>e</sup>) mais biologiquement par des particularités en relation avec la phénologie de leurs plantes-hôtes. Une première race que nous avons désignée sous le nom de « Forme du Mélèze » est assez strictement inféodée à cette essence. Abondamment répandue dans toute la chaîne alpine et en Sibérie, elle y est la plus importante du point de vue économique. Elle existe également à l'état latent dans une grande partie de l'avant-pays alpin et en Angleterre. Sa chenille du 5<sup>e</sup> stade est facilement reconnaissable à la coloration gris foncé à noirâtre de son corps avec une tête noir brillant (Photo 2 a). La seconde race est oligophage et vit aux dépens des Pins et de l'Epicéa. Dans les Alpes, elle est un ennemi important de l'Arolle, très occasionnel des autres Pins et de l'Epicéa, d'où le nom de « Forme de l'Arolle » que nous lui avons donné.

Elle apparaît aussi en Scandinavie, dans le Nord de l'Allemagne (3) et en Angleterre. Sa chenille du 5<sup>e</sup> stade est foncièrement différente de celle de la précédente au point que l'on pourrait croire avoir affaire à deux espèces. Son corps gris-jaunâtre avec deux bandes longitudinales latéro-dorsales claires porte une tête jaune orange à brun clair (Photo 2 b).

Dans les Alpes, où elles sont sympatriques, ces deux races sont interfécondes et durant la phase de culmination on peut observer des chenilles hybrides pouvant présenter tous les intermédiaires entre les types extrêmes de coloration, ces caractères de coloration étant de nature génétique, indépendants de la nutrition. Mais ces deux races y présentent une certaine autonomie en raison de l'éclosion plus tardive des œufs de la seconde, en relation avec le débourrement de l'Arolle, décalé de 8-10 jours par rapport à celui du Mélèze, — phénomène qui se répercute sur tout le cycle actif de l'insecte — et par le fait que les femelles pondeuses des deux races subissent très nettement une attirance sélective de leur plante-hôte principale.

Dans les montagnes d'Europe centrale, cette forme à chenilles claires attaque principalement l'Epicéa et le fait que le Mélèze n'y soit pas attaqué principalement atteste incontestablement son caractère racial. C'est elle seule qui est responsable des pullulations occasionnelles auxquelles nous avons fait allusion plus haut. On ignore encore pourquoi cette race est pratiquement un ennemi du Pin cembro (Arolle) dans les Alpes et de l'Epicéa en Europe centrale. S'il devait s'avérer que les affinités trophiques relèvent de facteurs endogènes, il conviendrait alors d'admettre l'existence de trois races biologiques.

Seule la « Forme du Mélèze » intéresse le forestier français. Nous n'avons pas connaissance que des dégâts de la « Forme de l'Arolle », très abondante et nuisible à la culmination de chaque gradation dans les forêts d'Engadine, aient été signalés des Alpes françaises. La suite de cet exposé se rapportera donc exclusivement à la « Forme du Mélèze ».

## II. — BIOLOGIE ET CYCLE ÉVOLUTIF

Dans l'ensemble de son aire, et quelle que soit la plante-hôte, *Z. diniana* est une tordeuse univoltine et ovo-hivernante.

Le cycle évolutif débute par la ponte qui s'échelonne en montagne de fin juillet à fin septembre début d'octobre (МАКСЫМОВ, 1959) en plaine de fin juin à août (GRAF, 1974), la majorité des œufs étant déposés en août-septembre dans le premier cas, en juin-juillet dans le second, pour les populations autochtones.

(3) Le type de *Grapholitha pinicolana* de ZELLER (1846) se rattache vraisemblablement à cette race.

L'œuf subit immédiatement un commencement de développement, toutefois assez rapidement interrompu par une diapause obligatoire qui intervient dans la nature au bout de 10 à 15 jours. L'œuf passe ensuite à l'état de repos toute la fin de l'été, l'automne et l'hiver pour reprendre son développement au printemps, la diapause étant rompue, dès que les conditions de température le permettent (BASSAND, 1965).

L'éclosion des jeunes chenilles se situe à l'époque du débourrement du Mélèze, plus ou moins tôt suivant les conditions climatiques locales et annuelles. Elle s'échelonne sur deux à trois semaines, de fin mars à mi-avril sur le Plateau suisse (500 m), en avril au pied de la chaîne alpine (800 m), de fin avril à début de mai dans les Alpes vers 1 200 m, en mai à 1 800 m et fin mai - début de juin à la limite supérieure de la forêt.

Cheminaut sur les rameaux, les chenilles néonées, longues de 1,2 mm, gagnent chacune l'extrémité d'un bourgeon court pour y pénétrer entre les aiguilles centrales qu'elles rassemblent au moyen de fils de soie avant de les dévorer (Photo 3). Lorsque le bourgeon s'épanouit, les aiguilles centrales constituent un fuseau très caractéristique (Photo 4) qui permet de repérer facilement la présence du ravageur. La possibilité d'installation des chenilles est liée à une coïncidence favorable entre la phénologie du Mélèze et la période de leur éclosion. Seules parviennent à s'installer celles qui éclosent lorsque les aiguilles des bourgeons courts mesurent de 6 à 18 mm (BALTENSWEILER, 1966). Plus tôt, elles ne peuvent pénétrer entre les aiguilles trop serrées et souvent recouvertes de résine; plus tard les aiguilles sont trop dures pour être entamées. Cette coïncidence, variable en fonction de l'altitude et du climat local, représente un facteur important pour le devenir d'une population (BOVEY, 1966).

Les trois premiers stades larvaires évoluent ainsi à l'intérieur d'un bourgeon court ou d'un faisceau d'aiguilles, en changeant 3-4 fois d'habitat. Lorsqu'elles atteignent le 4<sup>e</sup> stade, on les observe le plus souvent dans une sorte d'entonnoir formé par la base du dernier fuseau habité (Photo 5) dont elles ont dévoré l'extrémité et à partir duquel elles attaquent les bourgeons du voisinage entre lesquels elles tissent un lâche réseau soyeux. Quittant cet abri, les chenilles du 5<sup>e</sup> et dernier stade s'installent dans une toile secondaire le long de l'axe d'un rameau et y manifestent une grande voracité. Elles sont des consommatrices très gaspilleuses et les parties non dévorées des aiguilles, rassemblées par les toiles auxquelles adhèrent les excréments, se dessèchent et confèrent aux Mélèzes très attaqués cet aspect brunâtre si caractéristique.

Lorsqu'à la culmination d'une gradation les chenilles ont épuisé la capacité trophique d'un peuplement, on les voit, à la recherche de nourriture, cheminer en masse sur les branches et les troncs qu'elles recouvrent parfois de denses toiles qui brillent au soleil (Photo 6) ou se laisser choir sur la végétation du sous-bois. Elles y causent alors de graves dégâts en s'attaquant aux rajeunissements de conifères, Mélèzes, Arolles, Epicéas (Photos 7 et 8). Dans ce dernier cas, le fait que les grands Epicéas restent indemnes atteste qu'il s'agit d'attaques secondaires. Suivant les conditions locales et annuelles, la larve achève sa croissance en 39-60 jours et le stade nymphal dure de 25-36 jours. L'éclosion des

papillons a lieu principalement le matin, lorsque la température journalière s'élève à nouveau. Sous les conditions de la nature, le vol des papillons, l'accouplement et la ponte se manifestent principalement dès le crépuscule et jusqu'à la nuit noire. Ce rythme journalier de comportement, qui se maintient en laboratoire sous des conditions de température constante et d'éclairement alternatif, disparaît à la lumière ou à obscurité constantes. Par contre, il persiste sous des conditions de crépuscule constant durant trois jours, ce qui atteste l'existence d'un indicateur endogène du temps (MEYER, 1969). Une chute de température pendant la photophase déclenche une activité d'autant plus prononcée que l'on se rapproche du crépuscule et c'est sans doute à ce phénomène qu'il faut attribuer le fait que des papillons en plus ou moins grand nombre peuvent être observés dès le milieu de la journée ou en cours d'après-midi, volant autour de la cime des arbres-hôtes.

Si les papillons sont capables de migrations locales actives à la recherche de peuplements verts pour y déposer leurs œufs lors de la culmination des gradations, ils peuvent être véhiculés à d'assez grandes distances par voie passive, sous l'effet des courants aériens. Des piégeages lumineux et des observations effectués en diverses régions du Plateau suisse de 1971 à 1973 y ont enregistré, sous certaines conditions, la présence de nombreux immigrés provenant incontestablement des zones alpines de pullulation du ravageur, ce qu'attestait l'observation simultanée d'individus sur des glaciers ou leur capture dans des pièges installés sur des cols et des sommets alpins (BALTENSWEILER, 1972-1974). Ces immigrations peuvent conduire des papillons à de grandes distances; c'est ainsi qu'en 1946, lors d'une pullulation en Sibérie orientale, des papillons vivants de *Z. diniana* ont été observés sur la banquise à une distance de 500 à 700 km au Nord de la limite de la plante-hôte, *Larix gmelinii* (= *L. dahurica*) (FLOROV, 1952).

Durant le vol, les mâles sont attirés vers les femelles par une phéromone sexuelle qui a le même pouvoir attractif que le *trans-11-tétradécenyl-acétate* récemment synthétisé (RØELOFS *et al.*, 1971) et l'on a constaté que l'isomère *cis* agissait comme antagoniste de l'attractif spécifique (BENZ U. von SALIS, 1973). L'accouplement et la ponte qui lui fait suite se déroulent au crépuscule et jusque vers 22 à 23 heures. Dans la nature, la fécondité des femelles varie dans d'assez grandes limites en fonction des conditions climatiques locales et annuelles et, dans la zone des pullulations périodiques, de la position gradologique de la génération considérée. Sous des conditions optimales d'élevages en forêt, on a enregistré une ponte moyenne de 174 œufs par femelle, avec un maximum de 354 œufs (von SALIS, 1974), cette fécondité pouvant être réduite de moitié durant la phase de régression de la gradation (BALTENSWEILER, 1968 b).

Dans les Mélézins alpins, les femelles munies d'un oviscapte protractile, déposent leurs œufs, isolément ou en petits groupes, de préférence sous les lichens du genre *Parmelia* abondants sur les branches d'un âge supérieur à cinq ans, mais aussi dans les fentes de l'écorce ou sous d'autres abris (NÆGELI, 1929). Dans les Mélézins de plaine, où ces lichens sont rares ou absents, les œufs sont principalement localisés dans les fentes de l'écorce, dans les vieilles galles de *Dasyneura laricis* et dans

les bourgeons évidés par des larves de Curculionides (BALTENSWEILER, 1969; GRAF, 1974).

Dans les forêts mixtes de Mélèzes et d'Arolles, les femelles pondeuses subissent assez sélectivement l'attrance de leur plante-hôte préférentielle, ainsi qu'en témoignent deux séries d'essais de ponte où des femelles des deux races avaient à choix pour y déposer leurs œufs des rameaux feuillés de Mélèze, d'Arolle et d'Épicéa. De 61 à 91 % des œufs des deux formes ont été déposés sur la plante-hôte préférentielle. Il ressort d'essais en laboratoire (BENZ, 1969) que la ponte est stimulée par une nourriture sucrée, par l'insémination et la présence de rameaux verts de Mélèze. Sous l'action cumulative de ces trois groupes de facteurs, le stock d'œufs mûrs passe de 100 à 411 %. Dans les élevages, la stimulation résultant de la présence de rameaux verts peut être remplacée par celle de rameaux morts dont les aiguilles desséchées ont été fixées par un vernis (ALTWEGG, 1971). Il ressort de ces constatations que, dans la nature, les femelles pondeuses choisissent de préférence pour y confier leur ponte, quand elles en ont la possibilité, des rameaux avec aiguilles vertes. Cette particularité se traduit parfois de façon spectaculaire, la seconde ou la troisième année des dégâts, par un déplacement des zones avec brunissement caractéristique vers celles qui étaient restées vertes l'année précédente.

### III. — ÉCOLOGIE, DYNAMIQUE DES POPULATIONS ET FACTEURS DE RÉGULATION

Le caractère le plus frappant de l'évolution dynamique de *Z. diniana* dans les Mélézins alpins situés à une altitude supérieure à 1 200 - 1 300 m est l'apparition périodique de ses dégâts, 2-3 années consécutives à 8-10 années d'intervalle. Le dépouillement des archives forestières des régions considérées a permis de reconstituer l'histoire de ces pullulations presque depuis le début du XIX<sup>e</sup> siècle. Les résultats de cette enquête (fig. 1), qui traduisent encore quelques lacunes (BALTENSWEILER, 1962, 1964) font ressortir une remarquable périodicité des cycles de dégâts dans les cinq régions suivantes qui caractérisent l'optimum vital de l'insecte :

- Les hautes vallées des Alpes françaises (Briançonnais, Queyras, Isère, Vallées de l'Arc et de Chamonix) et le Haut-Piémont.
- Les hautes vallées du bassin valaisan du Rhône (Conches, Saas-Fée, Zermatt, etc.).
- L'Engadine dans le canton des Grisons.
- Les hautes vallées du Tyrol méridional (Val Venosta, Pustertal, etc.).

Les gradations s'y déroulent de la même façon. Les dégâts visibles se manifestent localement et plus ou moins intensément la première année pour s'étendre à l'ensemble des peuplements durant les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> années.

Mais il était important de connaître ce qui se passe entre les périodes de dégâts. Ces données fondamentales ont été fournies par la vaste

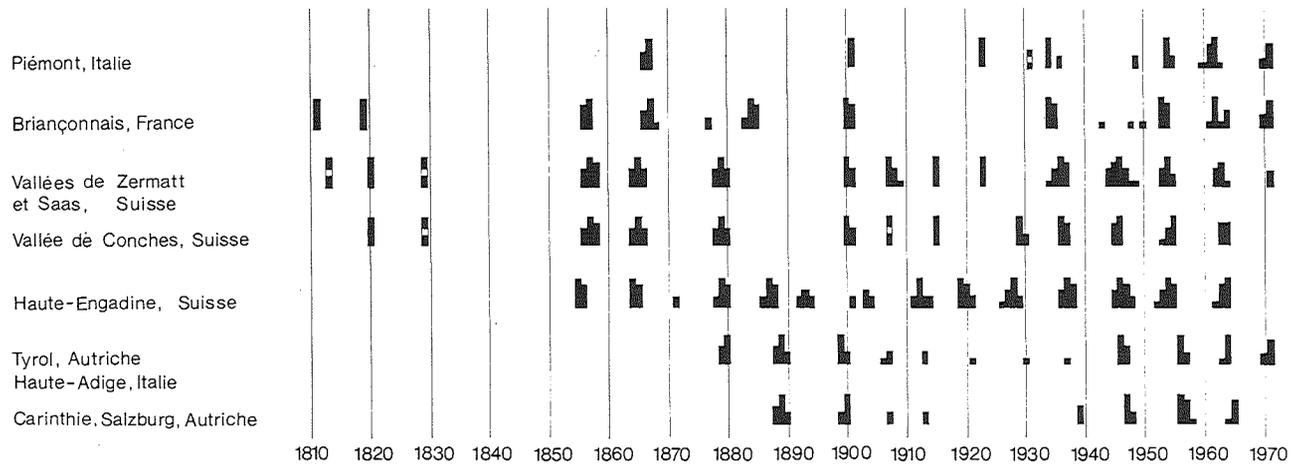


FIG. 1. — Pullulations de la Tordeuse grise du Méléze dans diverses régions de l'arc alpin, dès le début du XIX<sup>e</sup> siècle. La hauteur de chaque colonne noire rend compte de l'intensité relative des dégâts visibles. (D'après BALTENSWEILER, 1964).

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

enquête statistique des populations larvaires de *Z. diniana* poursuivie chaque année sans interruption dès 1949 en Haute-Engadine, dès 1966 dans l'ensemble de la chaîne alpine (AUER, 1961; AUER, 1949-1974, rapports internes). La figure 2 exprime de 1949 à 1973 les fluctuations de la population moyenne de la Haute-Engadine et montre que, dans les régions de l'optimum vital, les gradations s'y succèdent sans période de latence. A une phase de progression de 4-5 ans fait suite une phase de régression de même durée à laquelle succède immédiatement une nouvelle progression. Durant cette courte période de progression de 4-5 ans, on voit les populations passer d'une extrême rareté à une extraordinaire abondance, par exemple de 1 à 18,5 pour la progression de la première gradation étudiée (1949-1954), de 1 à 104 pour la progression de la gradation en cours (1967-1973). L'apparition des premiers dégâts se manifeste dès la 3<sup>e</sup> ou 4<sup>e</sup> année de la progression, lorsque la population moyenne a atteint 100 chenilles par kg de rameaux échantillonnés.

Les fluctuations de *Z. diniana* suivent un cours parallèle dans toutes les régions de l'optimum vital, mais elles n'y sont pas synchrones. Au

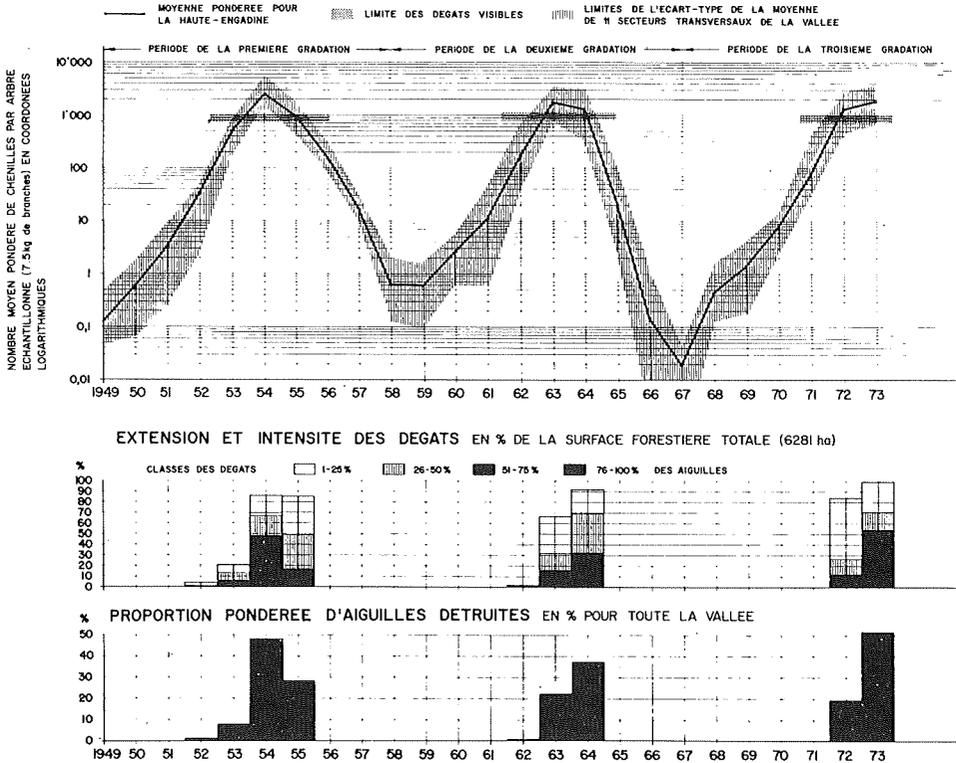


FIG. 2. — Evolution dynamique de la population moyenne pondérée de la Haute-Engadine de 1949 à 1973 et importance relative des dégâts. (D'après AUER, rapport interne 1973).

cours des 4 dernières gradations, on a assisté à un décalage progressif de chacune d'elles de l'Ouest à l'Est de l'Arc alpin, avec une différence de 2 à 3 ans entre les stations extrêmes du Briançonnais et du Tyrol oriental. Ainsi en 1965, alors que les premiers dégâts visibles apparaissaient dans cette dernière région, ils étaient terminés dans toutes les zones de l'optimum vital des Alpes françaises. Ces différences ne résultent pas d'influences réciproques des populations des diverses vallées alpines dont chacune évolue avec une assez large autonomie, bien que certains phénomènes d'immigration ne soient pas exclus. Elles sont historiques et la figure 1 montre que ce décalage s'est produit d'Est en Ouest pour la gradation de la décennie 1860-1870.

Durant la phase de culmination de chaque gradation, les densités larvaires les plus élevées se sont situées en Haute-Engadine vers 1800-1900 m d'altitude correspondant ainsi à l'optimum vital absolu pour la Tordeuse (AVER, 1961) (fig. 3). Au-dessus de 1900 m et jusqu'à la limite de la forêt, de même qu'au-dessous de 1800 m, jusque vers 1200 à 1300 m, la densité moyenne de la population diminue tout en restant supérieure au seuil de nuisibilité. A chacune des zones optimales font suite en leur voisinage, à plus basse altitude, des zones sub-optimales où les fluctuations sont encore cycliques, mais avec une progression plus lente et une période de dégâts décalée de 2-3 années et généralement réduite par rapport à celle de l'optimum. La crise peut même s'y produire au-dessous du seuil des dégâts visibles, ces derniers s'y manifestant ainsi de façon moins régulière. Sous l'effet de conditions spéciales, des dégâts

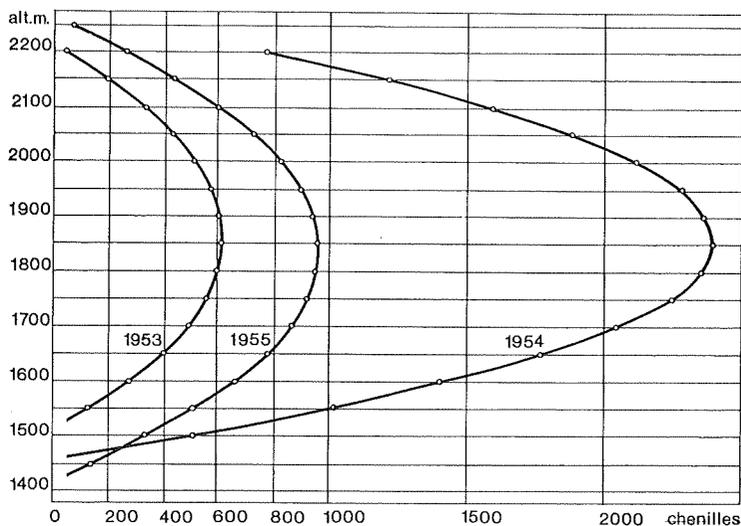


FIG. 3. — Densité relative des populations de la Tordeuse grise du Mélèze en Haute-Engadine, en fonction de l'altitude durant les trois années de la culmination de la gradation 1949/1959. (D'après AVER, 1961).

visibles peuvent apparaître sporadiquement dans ces régions jusque vers 900 à 1 000 m d'altitude.

Au-delà de ces zones sub-optimales, dans l'avant-pays alpin, les fluctuations que l'on y observe à l'état latent perdent leur caractère cyclique. Ainsi, dans les peuplements artificiels du Plateau suisse, à Lenzbourg près de Zurich (500 m), l'évolution dynamique de *Z. diniana* est caractérisée par des fluctuations irrégulières, sans grande amplitude, à une densité basse, toutefois supérieure à celle des populations du pessimum des gradations cycliques des zones d'altitude.

Hors de l'aire alpine, l'évolution dynamique de la Tordeuse n'est connue que par les dégâts qu'elle y a occasionnés. Par leur fréquence et leur étendue, ces dégâts sont particulièrement importants sur Mélèze en Sibérie où *Z. diniana* est considérée comme le plus grave ravageur forestier après le Bombyx du Pin (*Dendrolimus pini* L.). Des pullulations s'y sont manifestées sporadiquement dans presque tous les massifs importants de l'Asie septentrionale, de l'Oural à Sakhaline (ROZHKOV, 1970; PLESANOV & RAJGORODSKAJA, 1972). Si plusieurs de ces pullulations sont restées localisées dans diverses régions en l'espace d'un siècle (1856-1962), les ravages se sont étendus de 1966-1970 sur plusieurs millions d'hectares dans la partie centrale de la Sibérie, avec foyers locaux au Sud-Est et à l'Est du pays. Nous sommes ici dans le domaine des fluctuations du type temporaire. Il en est de même dans les forêts d'Épicéa de l'Europe centrale où 21 années de latence ont séparé les deux pullulations connues dans les Monts métalliques de Saxe et de Bohême, celle de 1924-1934 et celle de 1965-1967, alors qu'une seule gradation a été observée en Slovaquie (1956-1967). Relevons encore que deux pullulations se sont manifestées sur Pin sylvestre en 1903 au Danemark (BOAS, 1923) et en 1921 en Angleterre (MACDOUGALL, 1922).

Nos connaissances sur les facteurs qui, dans les diverses parties de son aire, gouvernent la dynamique des populations de *Z. diniana* sont encore fragmentaires. Seul le biotype du Mélèze a fait l'objet de recherches suivies dans les Alpes, principalement en Haute-Engadine et dans diverses stations d'un profil transversal jusqu'au Plateau suisse.

Si nous considérons la situation dans les régions d'altitude, le caractère remarquablement cyclique des gradations tient au fait que les générations larvaires retrouvent quantitativement et qualitativement au début de chaque gradation la même base trophique et que les conditions moyennes de climat y garantissent un accroissement constant des populations jusqu'à ce que puissent intervenir des facteurs de régulation dépendants de la densité. Cette situation résulte de l'action concomitante d'un ensemble de facteurs liés au climat, à savoir : une faible mortalité embryonnaire résultant d'une bonne élimination de la diapause (BASSAND, 1965), une satisfaisante coïncidence phénologique entre le débourrement du Mélèze et l'éclosion des chenilles, des conditions optimum de nutrition durant une phase gradologique au cours de laquelle le parasitisme et l'incidence de maladies infectieuses des chenilles restent limités.

Faible au début, le coefficient d'accroissement annuel des populations tend à augmenter au cours de la progression, pour passer par exemple, pour la population moyenne de la Haute-Engadine, de 3-4 à 14-16,5

en l'espace de quatre générations pour les trois gradations étudiées, ce coefficient pouvant atteindre localement un ordre de grandeur supérieur à 100, voire même 150 (AUER, 1950-1974). Dans ces conditions, la densité de population de chaque génération de la progression est plus ou moins étroitement dépendante de celle de la précédente. Mais les conditions climatiques locales et annuelles peuvent influencer le rythme de cet accroissement qui, dès la 3<sup>e</sup> ou 4<sup>e</sup> génération va conditionner le déroulement des dégâts. Un printemps sec et chaud tend à hâter le développement phénologique du Mélèze, à favoriser l'éclosion de l'ensemble des œufs et, grâce à une bonne coïncidence, l'installation des jeunes chenilles dans les bourgeons courts. De même, un mois de juillet sec et chaud, en harmonisant le microclimat de la végétation du sol dans les peuplements purs ou climaciques, limite la mortalité nymphale.

La régulation intervient sous l'action d'un complexe de facteurs biotiques variables dans le temps et l'espace. Dans la zone des dégâts périodiques, la concurrence pour la nourriture y joue un rôle important. La destruction des aiguilles avant que la totalité des chenilles aient achevé leur croissance entraîne une mortalité massive, accélérée parfois par une réaction physiologique qui conduit les chenilles affamées à la recherche de nourriture à tisser sur les branches, les troncs, les pierres et le sol, de très denses toiles.

Parallèlement, ou à la suite de la concurrence intraspécifique pour la nourriture, qui a comme conséquence une diminution de la vitalité et de la fécondité des survivants (GERIG, 1966, 1967; BENZ, 1974) interviennent avec une intensité variable d'autres facteurs biotiques qui vont accélérer la crise, amorcer et prolonger la période de régression. Les plus importants de ces facteurs sont la qualité de la nourriture, les parasitoïdes et prédateurs, associés occasionnellement, à la culmination de la gradation, à une virose spécifique des chenilles (Granulose).

Le brunissement plus ou moins généralisé des peuplements, qui normalement reverdissent en juillet-août, déclenche dans les parties endommagées des Mélèzes une série de réactions physiologiques qui se manifestent dès l'année suivante par des modifications quantitatives et surtout qualitatives de la nourriture, lesquelles ont fait l'objet de recherches récentes (BENZ, 1974). Ces modifications, d'une grande importance gradologique, sont multiples (4) et elles se traduisent :

- 1) par un débourrement plus tardif des bourgeons des branches endommagées l'année précédente, d'où peut résulter, sous conditions climatiques normales, une mauvaise coïncidence avec l'éclosion des chenilles;
- 2) une croissance ralentie des aiguilles qui restent courtes, d'où diminution de la base nutritive;
- 3) une diminution qualitative de la nourriture résultant d'une augmentation de la teneur en cellulose et en lignine des aiguilles,

(4) Certains indices laissent penser qu'une diminution de la valeur qualitative des aiguilles apparemment normales peut même se manifester sur des arbres qui ont supporté sans brunissement visible, durant plus d'une période de végétation, des populations voisines de la densité critique (BENZ, 1974).

d'une réduction de leur teneur en protéines et en phagostimulants, partant de leur digestibilité.

Ces phénomènes conjugués déclenchent une mortalité larvaire élevée, jusqu'à 80-90 %, au cours des deux années qui font suite aux dégâts généralisés, ainsi qu'une diminution de la fécondité des femelles survivantes, laquelle est en étroite corrélation avec le poids des chrysalides. Nous avons affaire ici à un phénomène de rétroaction (feed-back) qui, avec les autres facteurs biotiques, concourt largement au déterminisme de l'évolution dynamique cyclique de l'insecte dans la zone de l'optimum vital.

Sous conditions normales, la valeur nutritive des aiguilles en relation avec la nature des sols joue peut-être aussi un rôle. Ce problème est à l'étude et pourrait contribuer à expliquer pourquoi, en une région donnée, certains peuplements sont plus attaqués que d'autres (SCHMITSCHEK, 1963, 1966).

Tout au long de son développement préimaginal, *Z. diniana* est attaquée par une riche faune de parasitoïdes dont on a identifié jusqu'à maintenant dans les Alpes 68 espèces qui se rattachent à diverses sous-familles d'Ichneumonides, de Braconides et d'Eulophides parmi les Hyménoptères térébrants, ainsi qu'aux Diptères tachinides. Les recherches poursuivies en Haute-Engadine par BALTENSWEILER (1958), AESCHLIMANN (1969), RENFER (1974) et DELUCCHI & al. (1974) ont fait ressortir qu'une quinzaine de ces espèces jouent un rôle appréciable dans le complexe parasitaire de la Tordeuse. Les plus communes sont *Phytodietus griseanae* Kerr., *Diadegma patens* Townes, *Trichlistus pygmaeus* Cress., et *Phaeogenes osculator* Thunb. parmi les Ichneumonides, *Apanteles murinanae* Cap. & Zw. parmi les Braconides, *Elachertus argissa* Walk. et *Sympiesis punctifrons* Ths. parmi les Eulophides, toutes pratiquement monophages à partir d'une altitude moyenne, si bien que « le rôle des Lépidoptères associés au Mélèze en tant que réservoir de parasitoïdes de *Z. diniana* est relativement faible » (DELUCCHI & al., 1974).

Chacune de ces espèces parasitoïdes est très étroitement liée pour la ponte à un stade déterminé de l'hôte qui se trouve ainsi soumis durant tout son développement préimaginal à l'attaque de l'une ou l'autre d'entre-elles. Mais comme les plus actifs de ces auxiliaires sont assez strictement inféodés à *Z. diniana*, leur densité est étroitement liée à celle de leur hôte (5). Décimés par la concurrence inter-(coparasitisme) et intraspécifique (superparasitisme) consécutive à la raréfaction de ce dernier à la fin de chaque régression, les parasitoïdes n'ont pas la possibilité de reconstituer durant la trop rapide progression un stock suffisant avant que les populations de la Tordeuse grise atteignent le stade ultime de la capacité de la plante-hôte conduisant aux dégâts généralisés. Bien

(5) Sur les 68 parasitoïdes hyménoptères et tachinaires observés jusqu'à maintenant en Europe centrale, 29 ont été reconnus en Haute-Engadine capables de s'attaquer à d'autres lépidoptères associés au Mélèze, notamment aux Tordeuses *Spilonota laricana* Hein., *Exapate duratella* v. Heyd. et *Ptycholomoides aeriferana* H.-S., au Gelechide *Teleia saltuum* Z., au Coléophoride *Coleophora laricella* Hb. et à divers Géométrides, mais il s'agit pour la plupart d'espèces sans grande instance dans le complexe parasitaire de la Tordeuse grise (DELUCCHI & al., 1974).

que, sous ces conditions, le nombre des parasitoïdes primaires atteigne son maximum absolu à la culmination de chaque gradation, leur contribution à la destruction de l'hôte ne dépasse pas 10-20 %. Mais durant les trois générations suivantes, les parasitoïdes présents se trouvent confrontés à des populations de leur hôte de plus en plus réduites. Le parasitisme apparent augmente considérablement jusqu'à affecter une très forte proportion des stades préimaginaux de la Tordeuse. A la 3<sup>e</sup> ou 4<sup>e</sup> année de la régression, le nombre des parasitoïdes serait largement suffisant pour détruire tous les individus de l'hôte si tous pouvaient être découverts, mais l'existence d'un fort co- et superparasitisme permet la survivance d'une faible proportion des hôtes qui va permettre le départ d'une nouvelle progression.

Des recherches récentes (GRAF, 1974; DELUCCHI & al., 1975) ont mis en évidence le rôle de la prédation des œufs, exposés sur les branches durant plus de six mois, comme facteur de régulation des populations de la Tordeuse grise. En Haute-Engadine, on a reconnu l'importance prépondérante de deux acariens zoophages, *Balaustium murorum* Hermann (*Erythraeidae*) et *Bdella vulgaris* Hermann (*Bdellidae*), tandis que sur le Plateau suisse, à Lenzburg, les prédateurs les plus actifs ont été la punaise *Deraeocoris annulipes* H.-S. (*Miridae*) et des Neuroptères non identifiés. La prédation totale sur branchettes expérimentales fut de 30 % au minimum en Engadine (Madulain) et de 85 % à Lenzburg; elle est demeurée assez constante d'une année à l'autre dans chacune des deux localités, indépendamment de la densité des œufs des populations naturelles.

L'action prédatrice des fourmis rouges, représentées dans la forêt subalpine d'Arolle et de Mélèze d'Engadine par d'abondantes colonies de *Formica lugubris* Zett. associée localement à *Formica aquilonia* Yarrow (KUTTER, 1961) est insignifiante, parce que limitée au court temps où les chenilles sont librement exposées sur les branches, les troncs et le sol. De même, les oiseaux insectivores sont sans influence déterminante sur le déroulement de l'évolution dynamique de *Z. diniana*.

A la culmination de la gradation, l'action de la concurrence intra-spécifique pour la nourriture est parfois renforcée par celle de la granulose spécifique infectieuse dont l'efficacité varie cependant dans de grandes limites d'une gradation à l'autre et, pour une même gradation, d'une région à l'autre. Apparue épizootiquement en Engadine de 1953 à 1955 (MARTIGNONI, 1957) où elle y a causé une mortalité larvaire élevée, elle est restée à l'état endozootique, sans déclencher d'épidémie à la culmination des deux gradations suivantes (1962-1965, 1971-1974) et cela dans l'ensemble de la chaîne alpine (BENZ, 1962, 1964; SCHMID, 1973). Le fait que les gradations suivent un cours semblable avec ou sans épizootie virale montre que ce facteur ne joue pas un rôle indispensable dans le déterminisme de leur évolution cyclique.

Enfin, il n'est pas exclu que des facteurs endogènes de nature génétique interviennent dans cette évolution cyclique, ce que laissent supposer les modifications observées dans la composition des populations larvaires du biotype du Mélèze au cours de la gradation (BALTENSWELER, 1970; DAY & BALTENSWELER, 1972).

En résumé, dans les régions à évolution cyclique, l'action des composants climatiques est déterminante durant la progression de chaque gradation, tandis que les facteurs biotiques dépendants de la densité conditionnent la crise et la régression qui ramène les populations à un niveau très bas. A la suite de la restauration qualitative de la masse trophique et de l'extinction du parasitisme, ces faibles populations du pessimum retrouvent la possibilité d'amorcer immédiatement une nouvelle gradation et un nouveau cycle recommence.

Dans les régions à pullulations sporadiques séparées par une plus ou moins longue période de latence, ainsi en Europe centrale pour le biotype qui y attaque l'Épicéa, le déclenchement d'une gradation nuisible dépend de changements climatiques, de conditions favorables (étés frais, hivers froids, printemps régulièrement doux et pas trop secs) se manifestant durant plusieurs années consécutives (BALTEUS-WEILER, 1968).

Hors des zones des pullulations cycliques et sporadiques, l'insecte se maintient constamment à l'état latent dans la plus grande partie de son aire de répartition. Des recherches récentes effectuées sur le Plateau suisse, à Lenzbourg près de Zurich (500 m), durant trois années consécutives correspondant à la culmination de la gradation dans les Alpes suisses, ont mis en évidence l'existence d'un second vol de papillons faisant suite, en août-septembre, après une courte solution de continuité, à celui de la population autochtone qui se déroule en juin-juillet, deuxième vol qui résulte manifestement d'une immigration passive d'individus de la zone alpine, sous l'influence de conditions atmosphériques particulières.

Ces recherches ont d'autre part montré que la détermination et la régulation des fluctuations acycliques des populations du Plateau suisse obéissent à des lois différentes de celles qui régissent les fluctuations cycliques en altitude. Les facteurs dépendants de la densité, tels que parasitoïdes et prédateurs, concurrence intraspécifique, réaction du Mélèze aux dégâts, ne jouent ici aucun rôle. Bien que l'on y ait constaté une bonne adaptation de l'œuf, avec sa longue diapause, aux conditions climatiques locales et une coïncidence favorable entre le débourrement du Mélèze et l'éclosion des chenilles, l'action d'un complexe de facteurs de limitation a conduit durant trois générations (1970-1972) à un coefficient de destruction supérieur à 98 %. Les facteurs limitatifs y ont été les suivants : une fécondité moyenne plus faible qu'en altitude, une forte prédation des œufs, une mortalité élevée des larves du premier stade due à l'action des prédateurs et une adaptation suboptimale des larves survivantes à la nourriture, enfin une mortalité nymphale de l'ordre de 50 % à la suite d'une mauvaise adaptation des chrysalides aux conditions de sol de la forêt mixte feuillue du Plateau suisse. Une telle tendance à une mortalité intracyclique supérieure à 98 % devrait conduire à l'extinction de cette population et l'on peut se demander si sa persistance dans les peuplements artificiels de Mélèze de l'avant-pays alpin n'est pas due à cet apport périodique de populations allochtones provenant du domaine alpin durant les 3-4 années de la culmination de chaque gradation (GRAF, 1974).

#### IV. — IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

*Zeiraphera diniana* n'a d'importance économique que dans une partie très limitée de sa vaste aire de répartition, à savoir, celle où se manifestent des pullulations cycliques ou sporadiques.

Dans le domaine alpin, où la race du Méléze ravage périodiquement les Mélézins situés à une altitude supérieure à 1 200 - 1 300 m, de même qu'en Sibérie, elle y est l'un des plus importants ravageurs primaires de cette essence. A la suite de la destruction des aiguilles en juin-juillet, les arbres reverdissent aux dépens des réserves accumulées. Mais au printemps suivant, le nouveau feuillage est caractérisé par des aiguilles plus courtes et plus dures. Normalement, les arbres attaqués conservent leur vitalité, mais sur les sujets atteints d'un brunissement plus ou moins étendu, l'action du ravageur se traduit par une perte de croissance du bois de l'ordre de 50 à 90 % durant les deux années de dégâts généralisés, perte qui est aggravée par le fait que de tels arbres ne retrouvent un rythme normal de croissance que 2-5 années après le passage de la pullulation. Dans les cas les plus défavorables, l'arbre a à peine retrouvé une croissance normale que survient une nouvelle pullulation. La photo 9 reproduisant les coupes histologiques d'une partie du tronc de deux Mélézes de Haute-Engadine qui correspondent l'une à la période de dégâts de 1936-38, l'autre à celle de 1953-55 met bien en évidence l'ampleur et la variation de cette perte de croissance. Dans le premier cas, l'accroissement des cernes est resté faible au moins quatre ans après la phase de destruction des aiguilles, tandis que dans le second cas, concernant un sujet plus vigoureux, la croissance a repris un rythme normal au bout de quatre ans.

Rapportée à l'ensemble des peuplements de la Haute-Engadine durant la dernière période de dégâts, lesquels présentent une intensité variable, la perte moyenne de croissance a été estimée en 1972 à 16,24 % en 1973 et 1974, à 45 % de la moyenne de croissance d'une année sans dégâts visibles du feuillage (GEER, 1975).

Exceptionnellement, lorsque de grands gels surviennent durant l'hiver qui suit un brunissement généralisé des peuplements, l'affaiblissement physiologique qui en résulte peut affecter la vitalité des Mélézes au point d'en causer une mortalité plus ou moins forte. C'est ainsi que de grosses pertes ont été enregistrées dans les Alpes suisses à la suite des hivers 1887-88 (CÔAZ), 1911-12, 1926-27 (Rapports forestiers) et 1954-55 (AUER, rapport interne 1956). Il en est de même si une sécheresse survient durant la période de brunissement maximum, comme ce fut le cas en 1973-74 en Haute-Engadine, dans plusieurs peuplements particulièrement exposés.

Les ravages périodiques portent par ailleurs un grave préjudice à la fructification des Mélèzes. C'est ainsi qu'en Haute-Engadine, CAMPBELL (1955) n'a observé en l'espace de 35 années que 4 années avec production normale de graines. D'autre part, les dégâts causés par les chenilles affamées qui, à la culmination de chaque gradation, se laissent choir des grands Mélèzes complètement dépouillés de leurs aiguilles entraînent la déformation des cimes ou la mort de nombreux jeunes arbres (Mélèzes, Arolles, Epicéas) du sous-bois. Ces deux facteurs compromettent ainsi sérieusement le rajeunissement naturel de la forêt subalpine d'Arolle et de Mélèze, avec des conséquences à la fois économiques et écologiques. Enfin, le brunissement plus ou moins généralisé des Mélézins deux à trois années consécutives par décennie n'est pas sans incidences dans les vallées alpines à vocation touristique. Si l'on ne peut affirmer que ces dégâts affectent le mouvement touristique, il est hors de doute que ces forêts ravagées n'offrent pas un aspect agréable et que les promeneurs sont gênés par les innombrables chenilles et par les fils soyeux qu'elles tendent sur le trajet des chemins forestiers au moment de leur descente pour la myiophose.

En même temps que les Mélèzes sont ravagés par les chenilles foncées à tête noire, les Arolles de nos Alpes subissent les attaques des chenilles claires à tête jaune-orange. Mais comme ces attaques n'affectent que les pousses de l'année, les dégâts sont moins apparents et dans l'ensemble moins importants. Il n'en résulte qu'une perte de croissance qui n'a pas encore été appréciée.

Sur Epicéa en Europe centrale, l'importance économique de *Z. diviana* varie en fonction de la durée des gradations, sporadiques et très espacées. Lors de gradations courtes, telle celle de 1956-1959 en Slovaquie, les incidences se limitent à une perte de croissance du bois (ČAPEK, 1962) sans gravité pour la vitalité des peuplements, du fait que subsistent les anciennes aiguilles non attaquées.

Par contre, lors d'une longue gradation, comme celle des Monts métalliques de 1924-1932, les conséquences des dégâts successifs deviennent très graves. A la suite de la destruction répétée des aiguilles des pousses de mai et de la chute des vieilles aiguilles dont la durée de vie n'excède pas 6-8 ans, la limite est assez rapidement atteinte où la masse foliaire ne suffit plus à assurer une nutrition normale. La croissance en hauteur se trouve réduite — de l'ordre de 2,5 m après 5 années de dégâts (SACHSSE, 1933) — de même que la croissance en épaisseur du bois. Les couronnes devenant de plus en plus claires, le sol se recouvre d'une dense végétation, ce qui confère à la forêt un aspect inaccoutumé. Les peuplements s'affaiblissent progressivement et meurent, ce phénomène étant accéléré à la suite d'hivers rigoureux (1928-29). D'autre part, la destruction des cônes empêche les rajeunissements nouveaux, ce qui est d'autant plus grave que les dégâts sous couvert par les chenilles affamées provenant des grands arbres ont largement compromis ceux des années précédentes. L'ensemble de ces dégâts entraîne de graves perturbations dans les aménagements forestiers qu'il convient d'éviter en envisageant des mesures de lutte dès la 2<sup>e</sup> année du fléau (ČAPEK, 1961).

## V. — MESURES DE LUTTE

En raison de l'interdiction récente du D.D.T. doué d'une très bonne efficacité contre les chenilles de *Z. diniana* (AUER, 1974) et des dangers d'emploi généralisé des esters phosphoriques pour la faune aviaire (SCHIFFERLI, 1965; AUER, 1974) la protection chimique de vastes peuplements se heurte momentanément à de sérieuses difficultés. Si un produit de remplacement du D.D.T. rapidement dégradable et sans danger majeur pour les biocénoses et la santé publique peut être proposé, son emploi devrait être envisagé en applications aériennes l'année présumée d'apparition des dégâts visibles sur le Méléze, au plus tard dès la 2<sup>e</sup> ou 3<sup>e</sup> année de la pullulation sur l'Épicéa. A condition qu'il assure une réduction de population d'au moins 97-98 %, un tel traitement peut conduire sur le Méléze à la suppression totale de la phase de dégâts de la gradation considérée, sans toutefois altérer le cycle de l'évolution dynamique de l'insecte, ainsi qu'un grand essai, conduit en 1963, dans la vallée de Conches en Valais l'a démontré (AUER, 1974).

Sur de petites surfaces, pour la protection de peuplements de valeur ou de massifs à proximité d'hôtels ou de lieux de séjour, on pourrait recourir à un ester phosphorique peu toxique (type Malathion), un tel traitement localisé s'étant révélé sans dangers pour les oiseaux (BEER-PETERSEN & al., 1971).

Dans le domaine de la lutte biologique, l'étude des possibilités d'emploi de suspensions de virus de la Granulose spécifique des chenilles a montré que cet agent microbiologique ne peut assurer une protection suffisante des peuplements. Appliqué peu avant l'apparition des dégâts, le virus a une action trop lente pour prévenir ces derniers; appliqué 1-2 ans auparavant, durant la phase de progression de la gradation, il ne subsiste plus en quantité suffisante pour déclencher une épizootie durant la culmination, à la suite de son affaiblissement par les rayons ultra-violetts (BENZ, 1962; SCHMID, 1973). Par contre, une bonne suspension commerciale de *Bacillus thuringiensis* Berl. est susceptible de donner des résultats satisfaisants, mais le coût assez élevé de telles préparations en restreint actuellement l'emploi à la protection de surfaces limitées. Nous ne pouvons cependant pas négliger la « protection du paysage » forestier alpin, ainsi qu'en décida la commune de Montgenèvre en 1971 pour préserver la saison touristique estivale. Les résultats de l'expérience qui fut tentée cette année-là avec une préparation française de cet « insecticide biologique » et d'autres essais (SCHMID, 1974) permettent d'espérer qu'en opérant une telle application opportunément pendant deux années consécutives on puisse modifier le rythme naturel des cycles avec un effet largement bénéfique. L'expérimentation avec *Bacillus thuringiensis* mérite d'être poursuivie et il est à souhaiter que l'intérêt croissant que la pratique porte à cet agent microbiologique puisse conduire à une réduction de son prix de revient et à une amélioration qualitative des préparations commerciales.

Comme perspective d'avenir, la découverte récente du pouvoir attractif sur les mâles de *Z. diniana* du *trans-11-tetradecenylacétate*, qui

correspond probablement à la phénotype sexuelle spécifique, et celle du pouvoir antagoniste exercé sur cette dernière par l'isomère *cis*, offrent des perspectives d'emploi prometteuses pour la manipulation des populations de la Tordeuse, particulièrement intéressantes dans ce cas où l'on a affaire à un insecte évoluant en cycles dynamiques de courte durée. D'autre part, étant donné la richesse de la faune entomophage de *Z. diniana* (parasitoïdes et prédateurs), la possibilité d'un renforcement de son action durant la phase de progression de chaque gradation doit être recherchée par divers moyens, en particulier par une manipulation des populations de l'hôte et du milieu (Umwelt) en faveur des antagonistes les plus importants. En fait, on n'a pas encore cherché à appliquer, dans ce domaine forestier particulier, les principes de la « lutte intégrée » associant à la fois la lutte biologique, le respect des entomophages et la manipulation de l'environnement tendant à un enrichissement précoce du milieu en populations entomophages (AESCHLMANN, 1969).

Dans les Mélézins alpins, où la Tordeuse grise atteint si rapidement de très hautes densités de populations, il apparaît peu probable que l'on puisse améliorer la protection des peuplements par un renforcement de la faune aviaire à l'aide de la pose de nichoirs. Ainsi, dans un Mélézin montagnard du Briançonnais, 24 nichoirs sur 120 étaient occupés la 2<sup>e</sup> année après la pose par cinq espèces de mésanges, dont deux, la Mésange alpestre et la Mésange noire, ont vu ainsi leurs effectifs s'accroître. Il ne semble cependant pas que le taux de prédation, déjà faible en phase de culmination de la Tordeuse, puisse être notablement augmenté. Celui-ci dépend essentiellement des coïncidences phénologiques entre la période de nourrissage des jeunes et celle de l'apparition des chenilles, y compris les larves des espèces phytophages compagnes de la Tordeuse (LE LOUARN et SERVAIS, 1973).

Il en est de même dans le cas de ce ravageur forestier avec les Fourmis rouges, déjà abondamment représentés dans les Mélézins alpins (Engadine) par *Formica lugubris* Zett. et *F. aquilonia* Yarrow, par l'implantation de nouveaux nids, comme l'ont préconisé PAVAN (1959) et GOESSWALD (1965) en vue de créer des biocénoses forestières plus stables, ce qu'admettent les entomologistes russes SHAPIRO & MALISHEVA (1970).

En conclusion, toutes les tentatives d'intervention de l'Homme, combinées ou non, polyvalentes ou spécifiques, doivent chercher à compenser les insuffisances de la régulation naturelle. Il est évident que l'on s'attachera à trouver des moyens tendant à renforcer le rôle des agents biologiques afin de conserver dans le milieu forestier un équilibre aussi stable que possible.

## BIBLIOGRAPHIE

- AESCHLMANN, J.P. (1969). — Contribution à l'étude de trois espèces d'Eulophiles (Hymenoptera : Chalcidoidea) parasites de la Tordeuse grise du Mélèze, *Zeiraphera diniana* Guénéé (Lepidoptera : Tortricidae) en Haute-Engadine. *Entomophaga*, 14 : 261-320.

- AESCHLIMANN, J.P. (1973). — Efficacité des parasites Eulophiles de *Zeiraphera diniana* Guénéé (Lep., Tortricidae) en fonction de l'état de l'hôte. *Entomophaga*, 18 : 95-102.
- AUER, C. (1950-1974). — Ergebnisse der populationsstatistischen Untersuchungen über den Grauen Lärchenwickler (*Zeiraphera diniana* Gn.). *Rapports internes annuels de l'Institut d'entomologie de l'E.P.F.Z.*
- AUER, C. (1961). — Ergebnisse zwölfjähriger quantitativer Untersuchungen der Populationsbewegungen des Grauen Lärchenwicklers *Zeiraphera griseana* Hb. (= *diniana* Gn.) im Oberengadin (1949/1960). *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw.*, 37 : 174-263.
- AUER, C. & Al. (1974). — Ein Feldversuch zur gezielten Veränderung zyklischer Insektenpopulationsbewegungen. *Schweiz. Zeitschr. f. Forstw.*, 125 : 333-358.
- ALTWEGG, P. (1971). — Ein semisynthetisches Nährmedium und Ersatzsubstrate für die Oviposition zur von der Jahreszeit unabhängigen Zucht des Grauen Lärchenwicklers, *Zeiraphera diniana* Gn. (Lepidoptera, Tortricidae). *Z. ang. Ent.*, 69 : 135-170.
- BADOUX, H. (1922). — Quelques observations sur les dégâts causés récemment par la Pyrale grise du Mélèze. *J. for. suisse*, 73 : 1-6.
- BADOUX, H. (1937/38). — La Pyrale grise du Mélèze (*Semasia diniana* Guénéé). Ses apparitions et dégâts dans la forêt suisse. *J. for. suisse* 88 : 193-196, 232-237; 89 : 1-6, 25-28.
- BALTENSWEILER, W. (1958). — Zur Kenntnis der Parasiten des Grauen Lärchenwicklers (*Zeiraphera griseana* Hb.) im Oberengadin. Ihre Biologie und Bedeutung während der Gradation von 1949-1958. *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw.*, 35 : 277-315.
- BALTENSWEILER, W. (1962). — Die zyklische Massenvermehrung des Grauen Lärchenwicklers (*Zeiraphera griseana* Hb.) (Tortricidae, Lepidoptera) in den Alpen. *XI. Int. Kongress f. Entomologie, Wien 1960*, 2 : 185-189.
- BALTENSWEILER, W. (1964). — *Zeiraphera griseana* Hübner (Lepidoptera: Tortricidae) in the European Alps. A contribution to the Problem of Cycles. *Can. Ent.*, 96 : 790-800.
- BALTENSWEILER, W. (1966). — Influence of climate and weather on population age distribution and its consequence. *Proc. FAO Symposium on integrated pest control*, 2 : 15-24.
- BALTENSWEILER, W. (1968). — Zur Klärung der Massenvermehrung des Grauen Lärchenwicklers (*Zeiraphera griseana* Hb. = *diniana* Gn.) I. Massenvermehrungen in Mitteleuropa. *Schweiz. Zeitschr. f. Forstw.*, 117 : 466-491.
- BALTENSWEILER, W. (1968 b). — The cyclic population dynamics of the grey larch tortrix *Zeiraphera griseana* Hb. (= *Semasia diniana* Gn.). *Royal Ent. Soc. of London, Symposium 4: Insect abundance, Ed. T.R.E. Southwood*, pp. 88-97.
- BALTENSWEILER, W. (1969). — Zur Verteilung der Lepidopterenfauna auf der Lärche des schweizerischen Mittellandes. *Mitt. schweiz. Ent. Ges.*, 42 : 221-229.
- BALTENSWEILER, W. (1970). — The relevance of changes in the composition of larch bud moth populations for the dynamics of its members. *Proc. Adv. Study Inst. Dynamics Numbers Popul. (Oosterbeck)* : 208-219.
- BALTENSWEILER, W. (1972-1974). — Rapports internes de l'Institut d'entomologie de l'E.P.F.Z. sur les dégâts de la Tordeuse grise du Mélèze et le vol des papillons dans les Alpes.
- BALTENSWEILER, W. (1973). — Gehört der Graue Lärchenwickler *Zeiraphera diniana* (Guénéé, 1845) zu den Wanderfaltern? *Atalanta*, 4 : 193-199.

- BALTENSWELLER, W. & von SALIS, G. (1975). — Zur Dispersionsdynamik der Falter des Grauen Lärchenwicklers (*Zeiraphera diniana* Gn. Tortr.). *Z. ang. Ent.*, **77** : sous presse.
- BARBEY, A. (1927). — La Pyrale grise du Mélèze est polyphage. *J. for. suisse*, **78** : 247-248.
- BARBEY, A. (1933). — Où la Pyrale grise du Mélèze devient nuisible. *J. for. suisse* **84** : 279-281.
- BASSAND, D. (1965). — Contribution à l'étude de la diapause embryonnaire et de l'embryogénèse de *Zeiraphera griseana* Hübner (= *Z. diniana* Gn.) (Lepidoptera : Tortricidae). *Rev. suisse Zool.*, **72** : 429-542.
- BEJER-PETERSEN, B., HERMAONSEN, P.R. & WEIHE, M. (1972). — On the effects of insecticide sprayings in forest on birds living in nest boxes. *Dansk. Ornitol. For. Tidsskrift*, **66** : 30-50.
- BENZ, G. (1962). — Untersuchungen über die Pathogenität eines Granulosis-Virus des Grauen Lärchenwicklers *Zeiraphera diniana* Gn. *Agronomski Glasnik*, **5-7** : 566-574 (Yougoslavian Plant Prot. Symposium).
- BENZ, G. (1969). — Influence of mating, insemination and other factors on oogenesis and oviposition in the moth *Zeiraphera diniana*. *J. Insect Physiol.*, **15** : 55-71.
- BENZ, G. (1974). — Negative Rückkoppelung durch Raum- und Nahrungskonkurrenz, sowie zyklische Veränderung der Nahrungsgrundlage als Regelprinzip in der Populationsdynamik des Grauen Lärchenwicklers *Zeiraphera diniana* (Guénéé) (Lep. Tortricidae). *Z. ang. Ent.*, **76** : 196-228.
- BENZ, G. & von SALIS, G. (1973). — Use of synthetic sex attractant of larch bud moth *Zeiraphera diniana* (Gn.) in monitoring traps under different conditions and antagonistic action of *cis*-isomere. *Experientia*, **29** : 729-730.
- BOAS, J.E.V. (1923). — Befall auf Bergkiefer in Düneaufforstungen an der Westküste Jütlands. *Dansk. Forstzoologi (København)*.
- BOVEY, P. & MAKSYMOW, J.K. (1959). — Le problème des races biologiques chez la Tordeuse grise du Mélèze, *Zeiraphera griseana* (Hb.). *Vierteljahrsh. Naturf. Ges. Zürich*, **104** : 264-274.
- BOVEY, P. (1966). — Le problème de la Tordeuse grise du Mélèze dans les forêts alpines. *Bull. Murithienne, Soc. valaisanne Sc. nat.*, **83** : 1-33.
- CAMPELL, E. (1955). — Der Lärchen-Arvenwald. *Bündnerwald, Beiheft*, **5** : 14-26.
- CAPEK, M. (1961). — Die Uebersvermehrung des Grauen Lärchenwicklers *Z. diniana* Gn. an der Fichte im Bergmassiv Prasiva. *Lesn. Casopis*, **VII** : 260-271.
- CAPEK, M. (1962). — Ueber den Einfluss des Kahlfrasses von *Zeiraphera diniana* Gn. auf den jährlichen Zuwachs der Fichte. *Schweiz. Zeitschr. f. Forstw.*, **113** : 635-642.
- COAZ, J. (1894). — Ueber das Auftreten des Grauen Lärchenwicklers (*Steganoptycha pinicolana* Zell.) als Schädling in der Schweiz und den angrenzenden Staaten. *Karl Stämpfli & Co. Bern*. 1 br., 21 p.
- DAVALL, A. (1857). — *Tortrix pinicolana* Zell. Nouvelle phalène du Mélèze. *Schweiz. Forst-J.*, **8** : 197-204.
- DAY, K.R. & BALTENSWELLER, W. (1971). — Changes in proportions of larval colour-types of the larchform *Zeiraphera diniana* Gn. when reared on two media. *Ent. exp. & appl.*, **15** : 287-298.
- DELUCCHI, V., RENFER, A. & AESCHLIMANN, J.P. (1974). — Contribution à la connaissance des lépidoptères associés au Mélèze en Haute-Engadine et de leurs parasitoïdes. *La recherche agronomique en Suisse*, **13** : 435-451.

- DELUCCHI, V., AESCHLIMANN, J.P. & GRAF, E. (1975). — The regulating action of eggs predators on the populations of *Zeiraphera diniana* Guénée (Lep. Tortricidae). *Mitt. schweiz. Ent. Ges.*, 48: sous presse.
- FLOROV, D.N. (1942). — The Larch Tortricid (*Steganoptycha diniana* Gn. var. *desertana* Caradja) in eastern Siberia (en russe). *Bull. Inst. Sc. biol. geogr.*, 9: 169-207 (Irkutsk).
- GEER, G. (1975). — Der Einfluss des Grauen Lärchenwicklers (*Zeiraphera diniana* Gn.) auf den Holzzuwachs der Lärche (*Larix decidua* Mill.) im Oberengadin. *Thèse n° de l'Ecole polytechnique fédérale de Zürich*.
- GEILER, H. & THEILE, J. (1966). — Zur Problematik des erneuten Massenauf-tretens vom Grauen Lärchenwickler (*Zeiraphera diniana* Guénée, 1845) an Fichte im oberen Erzgebirge. *Archiv f. Forstw.*, 15: 1195-1205.
- GERIG, L. (1966). — Ergebnisse über Fütterungsversuche am Grauen Lärchen-wichlers (*Zeiraphera griseana* Hb. = *diniana* Gn.) *Z. ang. Ent.*, 58: 139-143.
- GERIG, L. (1967). — Physiologische Untersuchungen am Grauen Lärchenwickler *Zeiraphera diniana* Gn. (= *Z. griseana* Hb.) während einer Periode der Massenvermehrung. *Z. ang. Ent.*, 59: 187-211.
- GOESSWALD, K. (1965). — Stellung der Waldameise (Gattung *Formica*) in der Lebensgemeinschaft des Waldes. *Collana Verde*, 16: 117-132 (Actes de la 2<sup>e</sup> Réunion internationale du «Groupe de travail *Formica rufa*» de la C.I.L.B., Würzburg 1963).
- GRAF, E. (1974). — Beitrag zur Biologie des Grauen Lärchenwicklers, *Zeiraphera diniana* Gn. (Lep. Tortricidae) im schweizerischen Mittelland. *Z. ang. Ent.*, 76: 233-251, 347-379.
- GRISON, P., MARTOURET, D. & AUER, C. (1971). — La lutte microbiologique contre la Tordeuse du Mélèze. La lutte biologique en forêt. *Ann. Zool. Ecol. anim.* n° hors série: 91-121.
- HENRY, E. (1902). — La Pyrale grise (*Tortrix pinicolana*) et les Mélèzes. *Fle des jeunes naturalistes*, 32: 125-131.
- JAHN, E. (1948). — Das Massenauf-treten des Grauen Lärchenwicklers, *Grapho-litha (Semasia) diniana* in Oesterreich in den Jahren 1946-1947. *Anz. f. Schädlingskunde*, XXI: 49-51.
- JAHN, E. (1958). — Zusammenfassender Bericht über das Massenauf-treten des Grauen Lärchenwicklers in den Jahren 1954-57. *Cbl. ges. Forstw.*, 75: 77-105.
- KOMAREK, J. (1929). — Der Lärchenwickler (*Grapholitha diniana*) als Fichten-vernichter. *Verh. Int. Kongr. Forstl. Versuchsanstalten, Stockholm*, 664-667.
- KUTTER, H. (1961). — Bericht über die Sammelaktion schweizerischer Walda-meisen der *Formica rufa*-Gruppe 1960/61. *Schweiz. Zeitschr. f. Forstw.*, 112: 788-797.
- LE LOUARN, H. & SERVAIS, B. (1973). — Problèmes de coïncidence phénologiques observés dans le Mélèzin. *Revue de Zool. agric. Pathol. végétale*, n° 4: 121-128.
- MACDOUGALL, R.S. (1922). — Insect and Arachnid Pests of 1921. *Trans. Highland & Agric. Soc. of Scotland*, 34: 166-172.
- MAKSYMOW, J.K. (1959). — Beitrag zur Biologie und Oekologie des Grauen Lärchenwicklers *Zeiraphera griseana* (Hb.) (Lepidoptera, Tortricidae) im Engadin. *Mitt. Schweiz. Anst. f. forstl. Versuchsw.*, 35: 277-315.
- MARCHAND, M.L. (1869). — Mission forestière en Autriche. 1 br. *Arbois*.

- MARTIGNONI, M. (1957). — Contributo alla conoscenza di una granulosa di *Eucosma griseana* (Hübner) (Tortricidae, Lepidoptera) quale fattore limitante il pullulamento dell'insetto nella Engadina alta. *Mem. Ist. svizzero ricerche forestali*, 32 : 371-418.
- MEYER, D. (1969). — Der Einfluss von Licht- und Temperaturschwankungen auf Verhalten und Fekundität des Lärchenwicklers, *Zeiraphera diniana* Gn. (Lep. Tortricidae). *Rev. suisse Zool.*, 76 : 93-141.
- MUTUURA, A. & FREEMANN, T.N. (1966). — The north-american species of the genera *Zeiraphera* Tr. (Olethreutidae). *J. of Res. of Lep.*, 5 : 153-176.
- NAEGELI, W. (1929). — Die Eiablage des Grauen Lärchenwicklers (*Grapholitha diniana* Gn.). *Mitt. schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchsw.*, XV : 295-304.
- PAVAN, M. (1959). — Attività italiana per la lotta biologica con Formiche del Gruppo *Formica rufa* contro gli insetti dannosi alle Foreste. *Collana Verde n° 4* : 79 p.
- PFEFFER, A. (1930). — Zaviječ modřinovy *Enarmonia* (*Epinotia*, *Steganoptycha*) *diniana* Gn. (*pinicolana* Z.). *Lesnická pracé*, IX : 1-24.
- PLESHANOV, A.S. & RAJGORODSKAYA, J.A. (1972). — Détermination de l'aire de la Tordeuse grise du Méléze (*Zeiraphera diniana*) sur le territoire de l'U.R.S.S. *Zoologitschiskij Jurnal*, 51 : 751-752. (Irkoutsk) (en russe).
- PRELL, H. (1930). — Der Graue Lärchenwickler (*Enarmonia diniana* Gn.) als Grossschädling im Sächsischen Fichtenwald. *Tharandt. Forstl. Jahrbuch*, 81 : 49-92.
- ROELOFS, W.L., CARDE, R., BENZ, G. & von SALIS, G. (1971). — Sex attractant of the larch bud moth found by electroantennogram method. *Experientia*, 27 : 1439-39.
- RENFER, A. (1974). — Caractéristiques biologiques et efficacité de *Phytodietus griseanae* Kerrich (Hym. Ichneumonidae) parasitoïde de *Zeiraphera diniana* Gn. (Lep. Tortricidae) en haute montagne. *Thèse n° 5278 de l'Ecole polytechnique de Zürich, fédérale*.
- ROZHKOV, A.S. (1970). — Pests of Siberian Larch. 1 vol. traduit du russe. Jerusalem. *Zeiraphera diniana* Gn. : 246-249.
- SACHSSE, H. (1933). — Der graue Lärchenwickler im Erzgebirge. *Sudeten Forst- und Jagdzeitung*, 3 : 25-29; 4 : 43-44, 5 : 54-56; 6 : 66-68; 7 : 72-74.
- VON SALIS, G. (1974). — Beitrag zur Oekologie des Puppen- und Falterstadiums des Grauen Lärchenwicklers *Zeiraphera diniana* Gn. *Thèse n° 5265 de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich. Aku-Fotodruck*.
- SCHIFFERLI, A. (1966). — Auswirkungen einer Insektizid-Aktion gegen den Grauen Lärchenwickler auf die Vogelwelt im Goms (Oberwallis). *Orn. Beob.*, 63 : 25-40.
- SCHIMITSCHEK, E. & JAHN, E. (1952). — Die Massenvermehrung des grauen Lärchenwicklers, *Grapholitha* (*Semasia*) *diniana* Gn. in Nordtirol in den Jahren 1946-47. *Zbl. ges. Forst- u. Holzw.*, 71 : 238-239.
- SCHIMITSCHEK, E. (1966). — Ueber Ursachen der Befallbereitschaft für Nadel-fresser der Lärche in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet. *Centralbl. f. d. ges. Forstw.*, 83 : 1-23.
- SCHIMITSCHEK, E. (1969). — Grundzüge der Waldhygiene. 1 vol. Parey, Hamburg und Berlin, 167 p.
- SCHMID, A. (1973). — Beitrag zur mikrobiologischen Bekämpfung des Grauen Lärchenwicklers *Zeiraphera diniana* (Gn.). *Thèse n° 5045 de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich*.

- SHAPIRO, V.A. & MALISHEVA, M.S. (1970). — Zur Begründung von Methoden integrierter Forstschutzmassnahmen gegen Laub- und Nadelfressende Schädlinge. *Dtsch. Akad. Landw. Berlin. Tagungen n° 110* : 51-57.
- STANDFUSS, M. (1894). — Bemerkungen über *Steganoptycha pinicolana* Z. und einige gleichzeitig mit dieser an Lärche und Arve beobachtete Insekten. 1 br. 20 p. *Buchdruckerei Michel u. Bucher, Bern*.
- STOLINA, M. (1957). — La pullulation de la Tordeuse grise du Méléze dans les peuplements d'Épicéas des Basses-Tatras et des Grandes-Fatras (en tchèque). *Lesn. Casopis*, 13 : 425-427.
- THEILE, J. (1967). — Zur Massenvermehrung des grauen Lärchenwicklers *Zeiraphera diniana* Gn. (Lepidoptera, Tortricidae) in Fichtenbeständen des Erzgebirges (Situation 1966). *Archiv Forstw.*, 16 : 831-835.
- THOMANN, H. (1929). — Der graue Lärchenwickler (*Semasia diniana* Gn.). *Jahresb. naturf. Ges. Graubünden, N.S.*, 67 : 3-45.



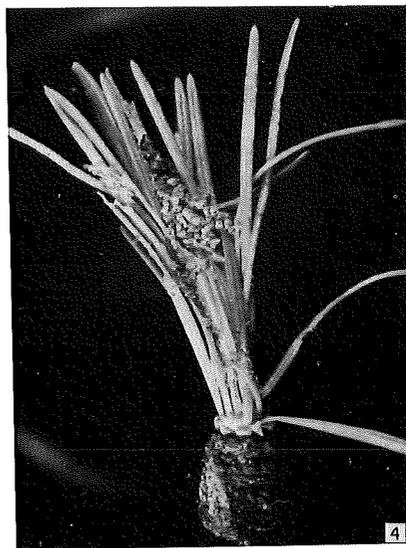
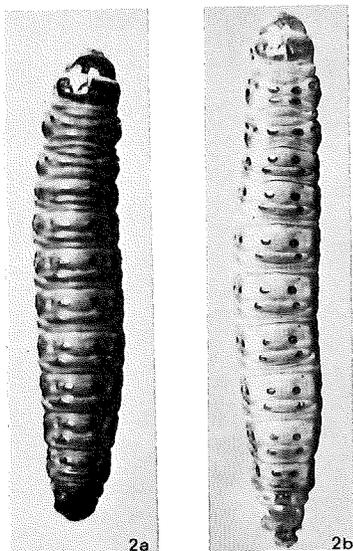
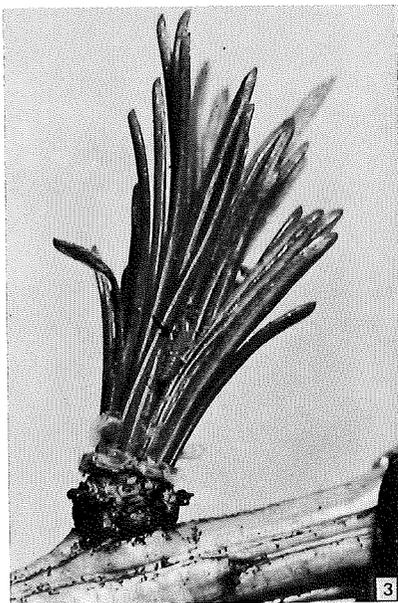
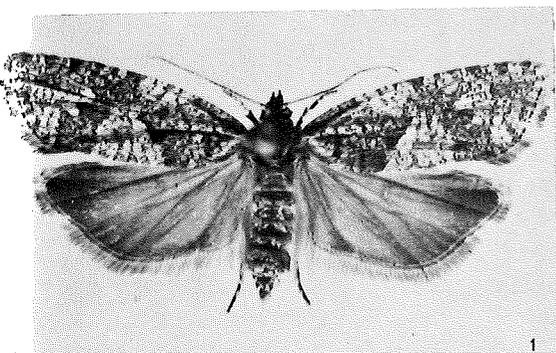


PHOTO 1. — Papillon de la Tordeuse grise du Mélèze (Photo P. BOVEY).

PHOTO 2. — Chenille du 5<sup>e</sup> stade de *Z. diniana*. 2a: race du Mélèze — 2b: race de l'Arolle (Photo P. BOVEY).

PHOTO 3. — Chenille du 1<sup>er</sup> stade installée au milieu du bouquet d'aiguilles d'un rameau court (Photo P. BOVEY).

PHOTO 4. — Dégâts de la chenille du 3<sup>e</sup> stade (Photo P. BOVEY).

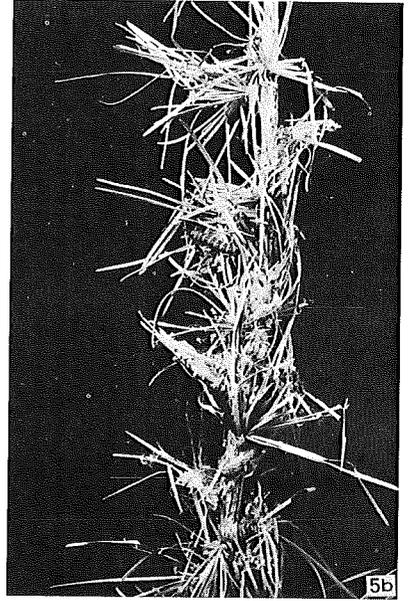
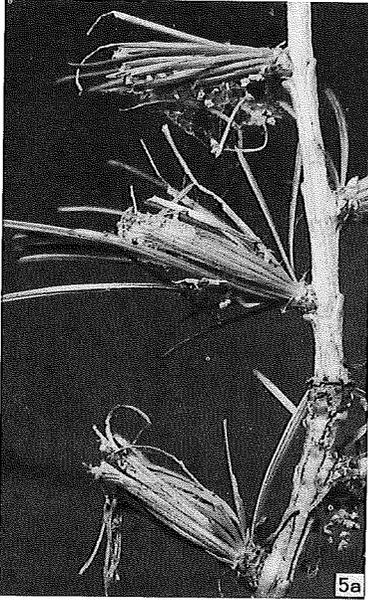


PHOTO 5. — Dégâts des chenilles des 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> stade. 5a : Restes des fuseaux d'aiguilles transformés en « entonnoirs » par les chenilles du 4<sup>e</sup> ou du 5<sup>e</sup> stade — 5b : Dégâts des chenilles du 5<sup>e</sup> stade installées dans une toile sur le rameau. Remarquer le gaspillage de la nourriture (Photos P. BOVEY).

PHOTO 7. — Dégâts des chenilles claires à tête jaune-brun sur l'Arolle. Les aiguilles tendres du bourgeon terminal ont été complètement dévorées, celles de l'année précédente, trop dures sont indemnes. (Photo P. BOVEY).

PHOTO 8. — Dégâts secondaires des chenilles de la race du Mélèze sur un jeune Epicéa situé sous un grand Mélèze complètement ravagé. (Photo G.A. GEER).



PHOTO 6. — Mélèze complètement dépouillé de ses aiguilles avec dense toiles sur le tronc tissées par les chenilles affamées. (Photo P. BOVEY).

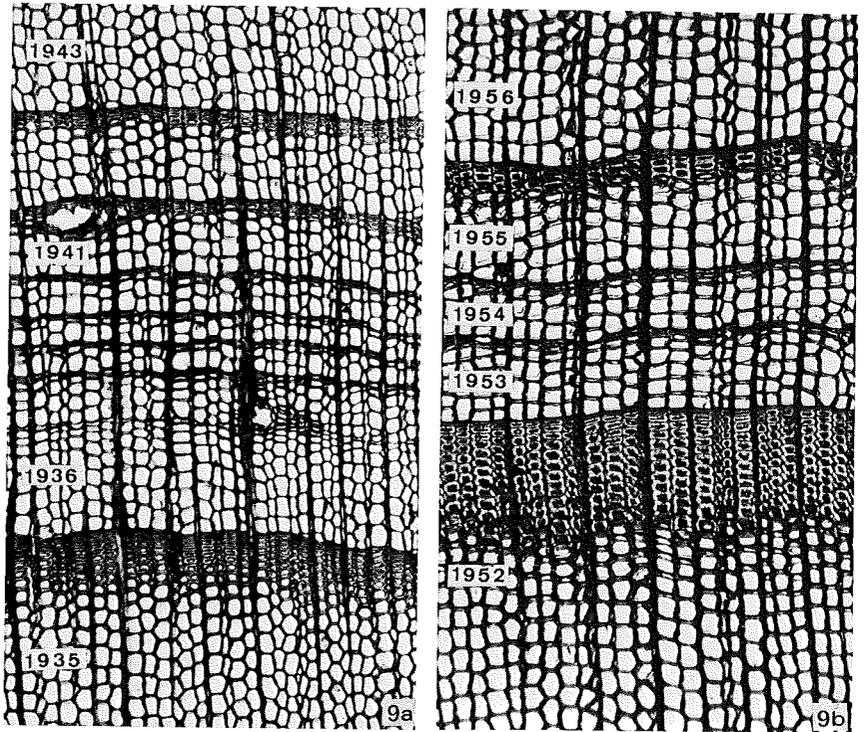


PHOTO 9. — Coupes histologiques dans deux troncs de Mélèze en Haute-Engadine, correspondant, la première à gauche, à la période de dégâts 1936-1938, la seconde à droite à celle de 1953-54. (Explications dans le texte) (Photos G.A. GEER).

## LE VILLAGE DANS LA SOCIÉTÉ URBAINE

par P. RAMBAUD (1)

La publicité immobilière et touristique s'empare de plus en plus du village et de la nature. A supposer que l'un et l'autre ne soient pas seulement des mots « payants » pour promoteurs avertis, ne faut-il pas y voir comme un signe des temps ? Qu'est-ce que le village ? De nombreuses études cherchent à préciser ses caractères fondamentaux, peut-être partout identiques en leur essentiel. Qu'est-ce qui définit un village précis ? Cette question renvoie de la généralité vers l'originalité, des éléments communs au « secret » qui constitue tel village. Secret, le terme suggère qu'une réalité sociale fortement individualisée distingue un groupe de son voisin ou de son semblable. Il suggère aussi qu'il y a comme une réalité impénétrable par la science seule. L'analyste, qu'il soit urbaniste, sociologue ou économiste, voit l'histoire et l'avenir du village autrement que ne les vivent les villageois. Les attentes et les craintes de ceux-ci sont différentes des satisfactions que viennent y chercher les citadins.

Tous ces points de vue sont constitutifs du village, mais son originalité apparaît surtout dans ses moments de crise quand il oscille entre la destruction et la création d'un nouveau mode de vie où s'ajustent des permanences fondamentales et la nécessaire modernité. Un village peut mourir quand il est trop peuplé ou ne l'est pas suffisamment, quand il manque d'emplois productifs ou n'a que de faibles possibilités de consommation, quand la nature subitement est trop agressive ou que les contraintes parentales obligent les individus à la dispersion pour affirmer leur identité. Un autre chemin permet d'appréhender le village. Quel sens a-t-il dans la société contemporaine, généralement définie par ses traits industriels et urbains ? Modèle du passé auquel se réfèrent ceux que la civilisation technicienne a par trop exclus de ses avantages ou modèle d'un futur auquel travaillent ceux qui insistent sur la créativité des groupes et sur le pluralisme des possibilités. Lire, déchiffrer le village à travers les requêtes ou les manques de la société contemporaine, c'est faire réapparaître, sous l'accumulation d'un passé souvent alourdi de graves difficultés, sa signification pour aujourd'hui.

Nous choisissons à dessein, sans qu'ils soient exclusifs d'autres, quatre problèmes communs à toutes les sociétés industrialisées. Premier dans la

(1) Ecole Pratique des Hautes Etudes VI - Paris.

conscience la plus revendicative, le problème des *rappports des hommes avec la nature*, de l'espace disponible pour chacun et tel que chacun le souhaite. La densité humaine est, en ville, un multiplicateur des rapports sociaux mais aussi des anomalies, jusqu'à l'encombrement. Le rapport personnel à la nature, condition d'une perception esthétique, y est souvent défiguré par les médiations techniques dominatrices. En second lieu, *la division du travail et la parcellisation des tâches* entraînant un émiettement croissant des fonctions et des rôles. Dans la vie quotidienne, rien qui soit apte à rassembler chacun du psychologique au politique au travers de l'économique autour d'un modèle unifiant d'existence. En troisième lieu, conséquence de la division du travail, *l'échange* est développé à l'infini, du moins ses possibilités sinon sa réalité; échange d'objets, de marchandises, plus qu'échange entre sujets, qu'il s'agisse d'information, d'enseignement même. Le ciment intersticiel n'est-il pas souvent la solitude? Enfin, dernier thème, celui de *la mobilité* qui, au-delà de ses formes professionnelle, géographique, sociale ou culturelle, découpe le temps en une série de cycles se chevauchant sans interférer vraiment, qui détruit les permanences. Car le temps professionnel et le temps familial sont scindés sinon opposés, le temps de la fête et celui du marché sont antinomiques; au total, une mémoire collective qui connaît bien des difficultés à se constituer.

Quelle forme d'existence sociale le village dévoile-t-il, qui ne soit pas un retour en arrière mais une signification donnée aux requêtes laissées pour compte par la ville et l'industrie en collusion? Il ne faut pas oublier que les villageois veulent aussi supprimer les disparités entre ville et campagne, que des systèmes sociaux entendent abolir ces distances. Dominé hier par le seigneur, aujourd'hui par les capitaux urbains ou des modèles politiques importés, le village peut-il avoir un sens pour une civilisation tout entière du mouvement? La réponse doit être cherchée par un détour. Sans renier son identité, le village a su s'adapter à des systèmes sociaux très différents et cette plasticité lui vient sans aucun doute de ce qu'il est le projet collectif d'un groupe d'hommes, même si en apparence il n'est qu'un simple rassemblement de micro-projets semblables et différents.

## 1. — LE VILLAGE, FORME DE RAPPORTS DES HOMMES ET DE LA NATURE

Même déserté par les agriculteurs, conquis par des citadins, reconquis par d'anciens villageois, le village témoigne d'une manière dont les hommes utilisent des techniques pour traduire certaines valeurs à travers un type de rapport avec la nature. Il n'y a plus guère de nature naturelle, c'est-à-dire qui n'ait pas déjà été de quelque manière aménagée par les hommes modifiant sans cesse l'ensemble des équilibres physiques et biologiques. L'action des hommes est donc toujours un réaménagement, un nouvel aménagement guidé par d'autres finalités servies par des moyens techniques de plus en plus puissants. La remontée mécanique qui fait franchir au skieur un dénivellement n'est pas en symbiose avec la nature; elle

a souvent détruit un système végétal, donc biologique, qui réagit en chaîne. On a pendant longtemps parlé du « sentiment de la nature »; puis la terminologie a paru mièvre quand la nature a semblé dominée, maîtrisée par la technique. L'abandon des mots a suivi une césure dans la réalité sociale, césure à l'allure d'une plaie. Les étapes franchies par les villageois eux-mêmes méritent rappel; leur cycle n'est pas achevé.

Le village a d'abord eu, en montagne notamment, une politique de protection contre la nature, contre ses agressions mal prévisibles. La maison est la synthèse de cette politique protectrice, la maison qui s'identifiait à tout le système économique agraire. Le hasard a pendant longtemps servi d'explication à tout l'inattendu. Il été remplacé par des techniques matérielles, des rites religieux, des justifications pour rendre l'austérité, voir la pauvreté, acceptables. Pourtant ce « fatalisme » a laissé émerger une seconde phase, celle de l'adaptation réciproque des groupes humains et de la nature. Cette seconde phase n'a pas succédé à la première, elle lui est comme interne. Il en va de même pour la troisième qui est celle de la domination de la nature par la culture technique. Alors le village fonde une autre politique à l'égard de la nature, sans renier les précédentes. A partir de ce stade, de cette psychologie collective transformée, les villageois savent admirer leur espace; la beauté est devenue esthétique; ils perçoivent la nécessité de protéger la nature. Ce raccourci psychique résume les lourdes mutations opérées par la ville et l'industrie. La nature devient de plus en plus objet d'une politique économique. Et le village dans sa topographie, comme dans ses techniques ou ses rites exprime ces trois moments des rapports des hommes avec la nature, rapports utilitaires d'abord, mais aussi relations esthétiques.

Le rapport esthétique est une relation éminemment personnelle, celle où le sujet s'exprime et se reconnaît. La toponymie villageoise, agraire en son essentiel, signifie une telle emprise des hommes sur l'espace. Beaucoup de lieux-dits, la petite butte, un pan de terre déforesté, portent nom d'homme le plus souvent, de celui qui y a résidé ou les a travaillés. La richesse sémantique permet de découvrir une minutieuse organisation sociale qui n'a rien laissé à l'écart. Des symboles collectifs fortement individualisés traduisent la solidité du droit foncier local. Le parcellaire agraire, jugé maintenant anti-économique, faisait bénéficier chaque propriétaire des différents micro-climats ou d'une qualité pédologique observée par les générations successives. Il y a là le témoignage d'une emprise humaine qui atteignait, en son ordre, une grande perfection contre l'insécurité et pour l'égalité notamment. Un nom de famille peut se lire, avant remembrement tout au moins, sur des centaines de parcelles; les délimitations en sont-elles aussi personnelles, anthroponymiques, comme le sont les conflits pour l'accaparement de la terre ?

Groupes de hameaux, sous-groupes familiaux unis par les successions, connaissance du terroir, tout cela c'est « notre » pré ou « notre » terre, c'est-à-dire un système cohérent aux dimensions multiples, une solidarité dans le temps qui se traduit en un émiettement de l'espace, émiettement apparent seulement, car familles et espaces n'existent pas les uns sans les autres. La toponymie dense et variée exprime la somme de travail investi, a complexité de l'organisation. Cet indice est un des meilleurs

introduceurs à la connaissance du village. La densité des noms ouvre à la densité sociale, à celle des conflits notamment. Ph. ARBOS a signalé l'importance du phénomène dans la vie pastorale et l'enquête serait à poursuivre. Le cadastre ne fait pas abstraction de ces réalités, lui qui est le complément de l'état civil. L'abondance de la toponymie résume l'énergie du travail humain et des intérêts concurrents, bref de la valeur, affective y compris, donnée à tel ou tel espace. Ici, la mémoire collective a un support fondamental, reconstruit sans cesse son espace, un espace d'abord vécu qui s'identifie à des individus et consolide leur individualité. A cause de cela, le village n'est-il pas irremplaçable pour assurer l'occupation du sol et la protection des équilibres biologiques ?

Mais dans l'espace villageois, il y a une hiérarchie affective, déterminée par l'économie et par l'investissement en travail. Les terres proches du village n'ont pas la même « valeur » que le lointain pâturage; celui-ci d'ailleurs tolère des dénominations moins personnelles, moins précises aussi. L'organisation de l'espace semble obéir à une loi du désencombrement progressif. Liée aux moyens de se protéger contre les aléas naturels, elle traduit aussi une volonté d'égaliser les chances de chacun. Mais les rapports précis entre les groupes et l'espace (l'espace, ce sont aussi les vents, le ciel, etc...) ne sont pas uniquement économiques. Toute une société avec l'ensemble de ses dimensions s'y exprime et d'abord l'initiative individuelle ou collective, une société rassemblée, serrée dans le village et dispersée dans le terroir. Un double rythme, de concentration de l'habitat et d'expansion pour le travail agraire, fait que l'espace disponible est vaste, diversifié sans être désuni. Le contraste est évident avec l'habitat urbain dont l'espace étroit n'a d'extension possible souvent que verticale, dont le champ professionnel est d'abord une concentration de force de travail. La division de l'espace signifie et implique la division du travail; elle entraîne la disjonction des statuts et des rôles. La densité géographique et sociale interdit souvent l'initiative individuelle; l'encombrement contraste avec la minutieuse organisation villageoise. La densité sociale comporte une nécessaire division du travail; celle-ci engendre une forte solidarité mais aussi de nombreuses anomalies. La ville et le village fonctionnent sur des modèles d'existence quotidiens différents, en partie déterminés par des types de rapports entre les hommes et la nature. Le système agraire en est un des symboles les plus expressifs, car il est un ensemble cohérent d'éléments physiques, de techniques, de choix économiques, d'habitudes culturelles, souvent de résidus politiques. Il mériterait des analyses multiples pour déceler comment une société crée, protège ou détruit son espace.

## 2. — UN MODÈLE D'EXISTENCE QUOTIDIENNE

Organisme complexe, silencieux et fondé sur un substrat d'histoire que souvent d'ailleurs il ne connaît pas, le village est un réseau d'objets et de symboles sur lesquels s'appuient la mémoire collective et toutes les activités. Non pas qu'il n'y ait pas aussi, comme en ville, une certaine



Deux manières de se protéger contre la nature.





division du travail social. L'artisan n'est pas toujours agriculteur. L'usine proche a souvent introduit un deuxième emploi, complémentaire et antagoniste. L'hôtellerie et ses annexes de loisir ont récemment implanté parfois un petit capitalisme rural avec salariat et amorce de classes sociales de type industriel. Mais au-delà de ces diversités, un modèle d'existence persiste, ancien et capable d'adaptations successives, le modèle familial. Il ne s'agit pas ici d'opposer la famille patriarcale et la famille conjugale, mais de reconnaître comment la famille est la trame sur laquelle s'élabore toute l'organisation sociale ou presque.

La famille est d'abord groupe économique, de production et de consommation. Pour le travail agraire, elle a un rôle décisif qui permet de nombreuses variations selon les possibilités internes et les propositions extérieures. Quand le tourisme favorise la croissance d'un petit capitalisme, celui-ci est souvent parental, sinon directement familial; une nièce, un cousin ont priorité sur le marché de l'emploi salarié. Mais le modèle familial se diffuse loin au-delà de l'économie. La politique locale se règle sur des solidarités ou des antagonismes familiaux. Les associations volontaires, sportives par exemple, se construisent plus aisément à partir de ces liens, comme si ceux du libre choix consolidaient ceux de la nature. Pratiques et croyances religieuses s'inscrivent souvent aussi dans le modèle familial ou bien encore celui-ci s'imprime en elles pour leur donner une configuration qui distingue des groupes au double titre quasi identique de la famille et de la religion, comme il en allait de l'économie ou de la politique. Toute une anthroponymie sociale recoupant celle de l'espace offre les signes qui révèlent l'organisation du village.

Ce modèle familial fonctionne comme un creuset où s'élaborent collectivement des conduites, où des traditions sont maintenues et réinterprétées, où des initiatives trouvent leur inspiration. Il est commun à l'ensemble du village et chaque famille à partir de lui produit ses propres créations particulières. L'unicité du modèle et la diversité, jusqu'à l'opposition, des réalisations constituent un groupe solidaire et conscient de son originalité face au reste de la société, toujours un peu considérée comme « étrangère ». La solidarité postule une hiérarchie, même si périodiquement celle-ci est remise en cause. Une remarquable omniprésence des liens personnels enserre les rapports de dépendance et propose un réseau de sécurité qui a nom voisinage et entraide, chacun étant conscient qu'il peut avoir besoin de recevoir d'autrui le service qu'il lui rend aujourd'hui. On n'insistera jamais assez sur le voisinage comme fondement de la vie sociale, voisinage traversé et préformé par le modèle familial. Ce voisinage est aussi l'organisation sur laquelle se fonde la commune politique. On comprendra de même comment et pourquoi les canaux d'information, la pédagogie, l'apprentissage passent par les exemples vécus qui sont la preuve immédiate de ce qui est possible, qui nourrissent et contrôlent les projets nouveaux. En définitive, à travers le modèle familial, tous les rapports sociaux, qu'ils soient économiques ou politiques, solidaires ou conflictuels, gardent un caractère de rapport personnel où chacun se sait engagé avec son histoire connue, archivée dans la mémoire collective. La division du travail, telle que l'industrie notamment l'a instaurée, n'a guère entamé encore ce modèle d'existence quotidienne qui tient sous son emprise toutes les dimensions de la vie sociale. Probable-

ment y a-t-il là une des originalités les plus décisives pour la définition du village.

De ce rassemblement parfois fort ambigu, la maison est le symbole social. En elle chacun cherche à satisfaire les besoins fondamentaux : se protéger, travailler, se nourrir, vivre ensemble, besoins évidemment définis de façon spécifique par chaque étape de civilisation. Elle est un symbole du rapport au milieu naturel, non seulement par ses matériaux, mais par ses techniques qui proviennent d'une accumulation du passé ou d'une acculturation étrangère. Il convient de souligner l'adaptation, en montagne surtout, de la maison aux possibilités géographiques et économiques. Capital de techniques locales le plus souvent, la maison traduit une conception du beau et de la simplicité, des valeurs sociales qui facilitent la vie collective toujours tendue entre la sauvegarde du secret et les contacts avec l'extérieur. Car la maison est construite selon le modèle familial multidimensionnel, c'est-à-dire affectif, économique, religieux et autres. C'est ce que signifie l'expression « appartenir à telle maison ». L'appartement urbain n'est jamais chargé d'une telle signification. De la maison villageoise à l'appartement il y a, pour ainsi dire, toute la distance du total au parcellaire.

Des études pluridisciplinaires seraient de grande utilité pour déchiffrer toutes les significations incluses et ordonnées dans la maison. P. DEFFONTAINES, en géographe, en a dressé une première typologie. De la psychanalyse à l'économie et au politique, à travers la psychologie et l'esthétique, la maison est un symbole social; elle révèle et cache à la fois une société tout entière, ses projets et ses refus. G. BACHELARD a bien décrypté certains sens inapparents de la maison. A un autre point de vue, B. KERBLAY a montré comment l'isba exprime les transformations économiques et politiques de la société soviétique. La maison perpétue des techniques et des finalités. Elle permet d'analyser comment un groupe a aménagé son milieu naturel. Jamais la nature n'est seule à avoir une influence déterminante; un village a toujours plusieurs choix, malgré des nécessités souvent fort contraignantes. Agrégat d'images et de conduites, stock de techniques, enchevêtrement de modèles que des apports extérieurs modifient et enrichissent, un village a choisi un ordonnancement précis de cet ensemble et là est son originalité. Celle-ci est particulièrement intéressante à analyser quand le village cumule l'agriculture, l'industrie et le tourisme. Des strates recèlent alors les différents réaménagements et les acculturations successives, appliqués au modèle permanent. La vieille maison, un temps abandonnée, devenue résidence secondaire pour le temps qui lui est dévolu mais première par l'investissement affectif, est un symbole des évolutions en cours et une forme de parade contre les abus de la société industrialisée ou les insatisfactions laissées par la société urbaine. Malgré sa pérennité, elle ne parvient pas facilement à guider une transformation du village qui ne soit pas un démantèlement.

Dans les sociétés industrielles, des techniques de plus en plus puissantes, mais encore mal maîtrisées, sont souvent accusées de « donner congé à l'homme », de l'empêcher d'affirmer son identité, de l'écarteler entre des statuts de travailleur, de père de famille, de citoyen politique, de consommateur, etc..., sans véritable synthèse qui serait réalisation de soi par soi-même. Que l'on ne s'y trompe pas, la civilisation industrielle



La maison, symbole des rapports avec la nature.



La maison, synthèse d'une économie.



Un processus de démantèlement du village.



A quelles conditions un travail est-il créatif ?





ne reviendra sans doute pas au modèle familial qui définit le village. Celui-ci ne sera pas à lui seul la totalité de la société de demain. Modèle familial et village réalisent, mais à leur manière qui n'est pas exclusive, certaines dimensions par trop laissées pour compte. A l'opposé des tâches parcellaires et des dépendances salariales, le village, agraire notamment, est le lieu où des hommes se trouvent engagés dans leur travail comme producteurs responsables. A certaines conditions, dont la première est mesurée par la productivité, ils trouvent dans leur travail des formes d'épanouissement, plus que dans le non-travail en tout cas. Ne peut-on pas d'ailleurs expliquer par là la réticence des villageois à l'égard des vacances ? C'est que le travail représente un projet global ou s'inscrit dans une telle perspective. Dans le modèle familial, propriété, gestion, responsabilité, revenu du travail, rapport producteur-consommateur sont unifiés, en tout cas moins scindés qu'ils ne le sont dans le travail industriel ou urbain. Les travailleurs découvrent et vivent un certain sens de la communauté oscillant toujours entre un optimum d'individualisation et un optimum de socialisation. C'est l'absence de tout cela que recouvre l'anonymat à travers lequel le villageois critique la ville, lui opposant la possibilité d'être soi-même et d'être reconnu comme tel, d'avoir une identité sociale au-delà de l'isolement, d'avoir une possibilité de décider par soi-même de ce qu'il veut. Là aussi, l'illusion ne doit pas cacher la réalité; le village n'est pas nécessairement créateur en ce sens. Il pose seulement certaines conditions à cette possibilité. La foule solitaire pour être moins nombreuse n'y est pas moins présente; sa disparition suppose l'échange.

### 3. — L'ÉCHANGE VILLAGEOIS

La division du travail de type industriel et à diffusion urbaine a multiplié les possibilités d'échange, échange de marchandises plus qu'échange entre sujets. En ce domaine aussi le village tente de garder encore quelque originalité et c'est peut-être cette forme de communication réinventée que la ville commence à rechercher passionnément. On a beaucoup parlé de l'échange urbain, institutionnalisé et spécialisé, fonctionnel et impersonnel. Au village et en ville, les canaux de communication sociale diffèrent, dont dépendent des échanges spécifiques. On a souvent analysé cette forme d'échange villageois appelée endogamie où s'unissent des traditions fondées sur une longue connaissance réciproque des familles et des terres, où chaque individu est solidement situé dans une lignée. Inutile aussi de rappeler les fonctions de l'entraide, nécessaire et attendue, échange de « services » qui confond intérêt personnel et altérité, où l'objet n'est en définitive que le faible support d'une réciprocité imposée par le voisinage et les difficultés quotidiennes. Le village, c'est ce réseau parental, cette trame d'entraide qui sont à eux-mêmes leur propre justification, autant défense de soi que soutien d'autrui. L'un et l'autre combinés aboutissent, aujourd'hui encore, à la commune politique gérée par l'assemblée générale des citoyens, comme en Suisse par exemple, ou à la coopérative communale d'utilisation de matériel agricole

comme en France, ou au moçhav israélien à la fois communauté municipale et coopérative économique.

Mais la ville a surtout ouvert le village sur l'extérieur en l'intégrant à un processus complexe d'échange dominé par la circulation des marchandises, des hommes aussi avec le risque permanent de les transformer en simple force de travail. La marchandise, objet de l'échange, n'est jamais une pure et simple chose. Avec elle circulent des attitudes, des comportements, des gestes et des signes qui l'enserrent dans un système social où des significations multiples sont partagées entre les acteurs en présence. Trois temps collectifs rassemblés dans des espaces spécifiques peuvent servir d'exemples pour connaître signifiés et signifiants au travers de la marchandise. Le marché hebdomadaire dans la petite ville voisine est le premier de ces symboles sociaux où se réalisent des échanges. Il faut avoir circulé dans un autocar bondé de patoisants encombrés de paniers et de sacs pour saisir combien l'échange de marchandises est occasion de rencontre, de discussion, plus que de véritables profits. La richesse de l'énergie sociale dépensée contraste avec la pauvreté des objets commercés. C'est l'hebdomadaire local parlé, une sorte d'audio-visuel racontant et représentant la durée écoulée entre deux démarches en ville. La croissance de la voiture individuelle tue progressivement le discours de l'autocar; la valeur marchande attribuée au temps raréfie les échanges qu'englobaient l'achat ou la vente de tel ou tel produit de faible valeur économique le plus souvent. Le marché, c'est un cycle de significations périodiquement reparlées, c'est un temps collectif d'échanges multiples, condition de la vie sociale. Repère pour le temps, il l'est aussi pour l'espace; le marché implique, sous une topographie particulière, une circulation entre le village et la ville. Espaces et rythmes hebdomadaires contribuent à organiser la vie psychologique et sociale du village.

Avec des cycles plus longs, les foires sont aussi des moments et des modes d'intense communication. Leur rythme est saisonnier, directement fonction de l'avancée des travaux; foire de printemps pour l'achat du cheptel, foires d'été pour la vente; foires d'automne pour établir l'équilibre de ce qui peut être « gardé » l'hiver compte tenu des besoins et de la récolte engrangée. Les marchandises échangées ne sont plus celles du marché. C'est la production principale, en montagne le bétail, qui est vendue. Les objets achetés sont de toute autre valeur que ceux du marché; ce sont presque des investissements comparés à l'alimentation ramenée une fois par semaine. La foire, c'est un échange marchand d'abord; c'est une mise en contact des villageois entre eux; c'est surtout un échange entre les villageois et « les autres ». La foire est un apprentissage de l'économie et du politique véhiculés par les marchands venus de loin. Echange d'affrontement où le village perçoit sa rigide dépendance à l'égard du marchand plus que du marché, puisque tout en lui est rapport personnel et la foire l'est éminemment jusqu'à en avoir des traits festifs. Des études seraient nécessaires pour mieux comprendre comment à travers l'échange de marchandises le village s'exprime, se construit, solidaire et solitaire, l'un déterminé par l'autre, comment il sait doter la marchandise de sens qui contribuent à organiser sa vie quotidienne. Et la question se pose de savoir si une femme de la ville fait son marché comme celle du village en lui imprimant autant de significations sociales. Une autre ques-

tion : qu'attend un touriste de la « marchandise » villageoise, nature ou objet ?

Troisième moment collectif avec sa topographie propre, celui de la fête où le village manifeste toute sa capacité de création. Dans la fête, les objets échangés sont surtout un support de communication sociale du village tout entier ou de sous-groupes. Elle est rassembleuse de la vie quotidienne au-delà des conflits et des dispersions pour le travail; elle affirme l'identité, la personnalité du village et celle de chacun par le fait même. Distraction, représentation de la collectivité, liberté, jeu, parole et silence, la fête demeure, bien que le tourisme par exemple tende à lui donner d'autres significations à usage externe et plus utilitaires. La fête peut être parcellaire et rassembler une famille, un sous-groupe. Elle est totale quand la collectivité instaure un échange généralisé; la fête patronale en est la forme la plus typique. L'une est l'autre peuvent être à la fois religieuses ou laïcisées. Dans cette perspective, il faudrait analyser les fonctions du bal, les transformations de sa topographie, ses syncrétismes acculturés. Il est aussi échange entre villages. Déplacé du café dans la salle des fêtes, le bal exprime les mutations du village.

La topographie et la toponymie des « cafés » sont une manière de connaître le village, ses lieux d'échange, mais surtout ce qui est échangé, le contenu de la communication. D'abord, il n'y a pas que le café officiel, public, déclaré au fisc. La multiplicité des petits cafés qui se créent selon les besoins sociaux d'un moment, à un tournant de la route, dans une ferme ou plutôt autour d'une personne à forte hospitalité ou d'un personnage-relais, les innombrables « chez... », affichés et surtout secrets, sont un quadrillage efficace du village. Le café est le lieu consacré à la parole, à l'information entre hommes surtout. Ici, une opinion se fait ou se défait; la politique se dessine ou se critique. L'échange y est égalitaire; un indice : généralement on ne se quitte pas sans que chacun ait « payé sa tournée ». A la marchandise on surimpose d'autres fonctions et significations. Avec la mairie, l'église, le café forme la trilogie topographique qui définit tout village. On circule de l'un à l'autre aux grands moments de l'année ou de la vie. Le rassemblement religieux dominical ou festif se termine au café. Le café est encore le lieu de passage obligé le soir à la fin du travail à l'usine ou après une journée sur les pistes. Tout se passe comme s'il y avait besoin d'un rassemblement, d'une réunification parlée avant de pénétrer à nouveau dans le village, pour commenter aussi les divisions du travail introduites par l'usine ou le tourisme. Avec ce dernier, le café remplit d'autres fonctions. Des cafés nouveaux sont juxtaposés aux anciens que les villageois se réservent toujours, car pour eux l'échange entre sujets l'emporte sur l'échange des objets.

#### 4. — VILLAGE ET MOBILITÉ

Temps et espaces de l'échange villageois, dont nous n'avons donné ici que des exemples, forment pour ainsi dire des cercles ou des cycles qui se recoupent tous : cycle religieux et cycle du travail, cycle marchand

et cycle festif, cycle politique et cycle civil. A l'endroit de leur recoupe-  
ment, le village se rassemble même si le cycle ne concerne qu'un sous-  
groupe. La mort est peut-être un de ces moments sociaux les plus chargés  
de sens. Chaque famille délègue une représentation; croyants et incroyants  
sont réunis à l'église; la tombe refermée, le café réunit les participants;  
on cesse le travail pour accompagner celui qui quitte le village. L'entre-  
croisement des cycles permet à chacun de sortir de sa solitude. Ainsi  
dans une fête, il y a toujours plusieurs fêtes, dans un geste plusieurs  
gestes, dans une marchandise plusieurs sens. Autant de moments qui  
unifient la personnalité de chacun ou l'homogénéité du groupe au-delà  
de ses divisions et de ses conflits. Apparemment immobile, le village est  
finalement doté d'une grande mobilité.

Inutile d'insister sur les formes de la mobilité: professionnelle avec  
les changements d'emploi; géographique avec l'émigration qui longtemps  
a semblé définitive mais qui avec la modernisation du village devient  
pendulaire et à longue périodicité; sociale avec la hausse de niveau de  
vie et la mutation des groupes d'appartenance; culturelle enfin avec les  
apports incessants et considérables de la société urbaine à travers le  
journal et la télévision, la foire et la politique. Nous l'avons vu, cette  
mobilité ne semble pas émietter le temps et les individus à la manière  
de la mobilité urbaine. Des cycles à contenus multiples interfèrent qui  
créent l'unité du village et en elle celle de chaque villageois. Ici, les  
repères d'espace et de temps ont une fixité commune à tous, condition  
de la vie collective et facilité pour la vie personnelle. Le temps profes-  
sionnel et le temps familial ne sont pas opposés. De ces permanences  
il faut sans doute chercher une de ces origines dans le modèle familial  
d'existence. Il est aussi ce qui contribue le plus à donner au village sa  
plasticité, sa capacité à s'adapter à des situations nouvelles sans se renier.

Le village est partout une forme de vie sociale organiquement consti-  
tuée. En son essentiel, il est défini par deux éléments: une pluralité  
d'exploitations familiales associées, leur totalité intervenant de quelque  
manière dans la gestion de chacune en particulier. Quand sur un terri-  
toire coexistent des fermes isolées et autonomes, il n'y a pas village;  
quand un « ensemble » est tout entier créé du dehors, qu'on doit lui  
inventer un nom, qu'il est le moyen pour une société financière d'accroître  
ses profits, il n'y a pas village, même si une radio intérieure à la  
station guide à chaque instant le client, forme ironique de la communi-  
cation sociale. Par contre, le fonds commun agraire permet toutes les  
adaptations à des systèmes sociaux différents; il facilite les extensions  
requisées par l'industrie ou le tourisme. Cette association familiale du  
travail a donné lieu à des nombreuses variations à travers le temps, de  
la féodalité au capitalisme ou au socialisme, car elle est une unité,  
une synthèse de vie avec ses lois sociales et génétiques, son économie  
et sa politique. Ainsi le village est un phénomène protéiforme, mani-  
festant sa créativité dans le parler et les coutumes, dans le travail et la  
fête. Nous manquons d'études démontrant que plus la mémoire collec-  
tive du village est dense et bien structurée plus sa capacité d'initiatives  
collectives ou individuelles est grande. La vérification de l'hypothèse  
aiderait à mieux situer le rôle du village dans les sociétés industrialisées;  
elle exprimerait comment et pourquoi chaque village est une création

populaire originale. De la vie pastorale à la vie agricole, puis à ses compléments industriel et touristique, le village se crée sans cesse. Analysé avec précision, ce processus révélerait les conditions et les possibilités du village de demain; il montrerait comment une organisation sociale spécifique place sous sa puissante emprise des activités économiques changeantes.

Hier le village était un groupe d'hommes dont la cohérence était assurée par les liens de parenté. Il était un système économique collectif avec des ateliers de travail individuels mais coordonnés. Il était aussi une unité politique conquise sur les féodaux, préservée contre les empiètements de l'extérieur, gérée par l'assemblée générale. Au total, une volonté commune, même si elle était souvent conflictuelle, soutenue par une forte culture locale et une précieuse mémoire collective. Quand la civilisation place au centre de ses projets l'individu et la technique industrielle, le village est comme désorganisé, pendant un temps du moins. Le groupe ne sait plus jouer son rôle et chacun ne sait plus collaborer au geste collectif. Tout semble se passer comme si la mémoire collective ne fonctionnait plus. Qu'une occasion stimulante se présente et les acteurs joueront à nouveau leur rôle ou même un rôle nouveau. A une condition : que la matrice sociale dont nous avons résumé quelques éléments ne soit pas détruite. Si la société industrielle et urbaine recherche le pluralisme social dont le village serait une forme, elle doit d'abord reconnaître la valeur de cette expérience ancienne. Elle doit aussi le vouloir non comme témoin du passé ou comme folklore, mais comme un acte de création permanent. Une politique du village ne peut être réalisée par le seul village; il lui faut le consentement de la société globale. Les villages mochaviques israéliens sont exemplaires en ce sens et témoignent de cette capacité d'adaptation qui constitue la véritable mobilité collective.

\*  
\*\*

Les perspectives proposées nécessitent des analyses qui requièrent la collaboration de tous ceux que préoccupent l'écologie et la société de demain. Ce n'est pas être passéiste que de chercher le sens qu'une société peut se donner d'elle-même en développant une forme d'organisation villageoise. Synthèse de vie sociale, hiérarchisée et finalisée, entre une nature et des hommes, entre des techniques et une culture populaire, entre une mémoire collective et des initiatives individuelles, tel peut être le village. En prolongement, en complément ou en critique de la ville ou de l'usine, il présente un modèle où l'anonymat est facile à détruire, où les relations ne sont pas émiettées à l'excès par la division du travail et des rôles, où une psychologie commune connaît bien l'originalité de son statut. Le village est un espace collectif à la dimension de chaque individu. Poussée à la limite de ses possibilités et de ses inconvénients, la société urbanisée saura peut-être le ré-inventer. Une telle politique suppose que l'on ne se contente pas de coloniser ce qui en lui est témoin du passé. Elle réclame que l'on ne projette pas en lui seulement les avatars d'une société aux prises avec une croissance mal maîtrisée.

**BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIVE**

- ARBOS, Ph. (1927). — La vie pastorale dans les Alpes françaises. Etude de géographie humaine, Paris, A. Colin, 718 p.
- BERQUE, J. (1955). — Structures sociales du Haut-Atlas, Paris, P.U.F., 470 p.
- DEFONTAINES, P. (1972). — L'homme et sa maison, Paris, Gallimard, 251 p.
- DESROCHE, H., en coll. avec GAT, Z. (1973). — Opération mochav. D'un développement des villages à une villagisation du développement, Paris, Cujas, 429 p.
- DESROCHE, H. et RAMBAUD, P. (éd.) (1971). — Villages en développement. Contribution à une sociologie villageoise, Paris, La Haye, Mouton, 411 p.
- DURKHEIM, E. (1967). — De la division du travail social, 8<sup>e</sup> éd., Paris, P.U.F., 416 p.
- FRIEDMANN, G. (1966). — Sept études sur l'homme et la technique, Paris, Gonthier, 217 p.
- KERBLAY, B. (1973). — L'isba d'hier et d'aujourd'hui. L'évolution de l'habitation rurale en U.R.S.S., Lausanne, Ed. L'Age d'Homme, 247 p.
- L'AUBRAC. — Etude ethnologique, linguistique, agronomique et économique d'un établissement humain, Paris, Ed. du C.N.R.S., T. 1, 1970, 310 p.; T. 2, 1971, 314 p.; T. 3, 1972, 330 p.; T. 4, 1973, 297 p.
- LEFÈVRE, H. (1970). — La révolution urbaine, Paris, Gallimard, 249 p.
- PEZEU-MASSABUAU, J. (1972). — La notion d'emprise sur le milieu géographique : l'exemple japonais, *Annales, Economies-Sociétés-Civilisations*, 1, pp. 97-121.
- RAMBAUD, P. (1974). — Société rurale et urbanisation, 2<sup>e</sup> éd. augmentée, Paris, Ed. du Seuil, 349 p.
- RAPOPORT, A. (1972). — Pour une anthropologie de la maison, Paris, Dunod, 208 p.
- ROBERT, J. (1939). — La maison permanente dans les Alpes françaises du Nord. Etude de géographie humaine, Tours, Arrault, 519 p.
- STAHL, H.H. (1944). — Définition et typologie des communautés villageoises, *Revista Fundațiilor Regale*, XI, 8, pp. 319-337 (en roumain).
- USHIOMI, T. (1962). — La communauté rurale au Japon, trad. du japonais, Paris, P.U.F., 154 p.

## AGARICALES DE LA ZONE ALPINE GENRE *OMPHALINA* (2<sup>e</sup> partie) <sup>(1)</sup>

par D. LAMOURE (2)

**Résumé.** — Etude détaillée de 6 espèces d'*Omphalina* gris-brun noirâtre; description de 2 espèces nouvelles : *O. trigonospora* et *O. sphaerospora*.

**Summary.** — Detailed study of 6 species of dark grey-brown *Omphalina*; description of 2 new species : *O. trigonospora* and *O. sphaerospora*.

Dès nos premières investigations en zone alpine vers les années 1962 et 1963, nous avons récolté quelques petites *Omphalina* très sombres (gris-brun foncé, noirâtre) et, nous référant à l'ouvrage de J. FAVRE, nous avons reconnu son *O. obatra* et l'*O. umbratilis* var. *minor* ss. Möller.

Au fil des années et au hasard des cueillettes, nous avons vite acquis la conviction qu'il y avait dans cet ensemble plusieurs autres espèces, car nos hésitations à « mettre l'un de ces noms » sur telle ou telle récolte ne pouvaient pas seulement venir de ce que nous étions déroutée par une *variabilité* de caractères pouvant être considérés comme spécifiques.

Aux difficultés d'étude de ces petits carpophores noirâtres, s'ajoutait, jusqu'à ces deux dernières années, le manque de connaissances sur les *mycéliums*. Les spores de toutes les espèces de ce groupe germaient difficilement, surtout en semis clair, et nous avons été longtemps privée de l'aide que nous auraient apporté dès le début de nos errements des réactions d'interfertilité ou d'interstérilité entre haplontes. Mais, au cours des étés 73 et 74, nous avons eu la possibilité de faire mettre (3) à germer

(1) Voir : Travaux Scientifiques du Parc National de la Vanoise V, 1974, 149-164.

(2) Département de Biologie Végétale, Laboratoire de Mycologie associé au C.N.R.S., Université Claude-Bernard, Lyon I, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, 69621 Villeurbanne.

(3) Grâce à une subvention du C. Scientifique du Parc National de la Vanoise (contrats 3/73 et 4/74) nous avons pu être accompagnée en Vanoise par notre collaboratrice technique Marie-Claude FERRAT qui a réalisé sur place tous les semis clairs.

les spores en les faisant se projeter directement sur le milieu nutritif convenable, et, en supprimant ainsi l'étape intermédiaire de leur dépôt sur lame de verre et l'envoi de la sporée sur lame au lieu de récolte jusqu'au laboratoire, nous avons constaté que les spores germent très bien. Nous avons pu alors disposer d'haplontes à tester pour les quelques 90 souches mycéliennes des récoltes 73 et 74; nous les avons confrontés entre eux, ainsi qu'avec les rares survivants des essais difficiles des années antérieures. Les réactions d'*interfertilité entre haplontes* de souches différentes nous ont alors confirmé l'appartenance à la même espèce des carpophores dont ces haplontes sont issus. Plusieurs entités spécifiques se sont alors imposées, toutes *interstériles*.

On retrouve les noms de plusieurs de ces espèces dans les travaux ayant trait à la flore mycologique de la zone alpine de l'arc alpin ou des régions périarctiques. Mais il ne nous semble pas opportun de faire ici une longue discussion critique et détaillée des diverses publications où il a été question de ces *Omphalina*. Depuis trop longtemps en effet, une énorme confusion règne dans l'interprétation de *O. obscurata* Kühner, *O. obatra* Favre, *O. lundellii* Pilat, *O. velutipes* Orton, *O. umbratilis* var. *minor* ss. Möller, et nous avons le regret de dire que lorsqu'un auteur se contente d'écrire l'un de ces noms dans une liste de récoltes alpines ou arctiques, nous ne pouvons plus savoir de quel champignon il s'agit!

En un sens, ces confusions peuvent s'expliquer par l'absence chez ces *Omphalina* de caractères macroscopiques ou anatomiques frappants et surtout par le fait qu'elles ont un caractère *commun écrasant*: celui de la couleur très sombre = « noirâtre » de toutes les parties du carpophore. Mais nous pensons malgré tout que c'est faute d'avoir minutieusement et surtout *comparativement* étudié leurs récoltes que plusieurs auteurs en arrivent à écrire des synonymies surprenantes: ainsi, pour ne citer que les plus récents, G. GULDEN et M. LANGE (1971, p. 8) « In our opinion, there is only one species which answers to the several descriptions. The name *O. rustica* (Fr.) should be preferred, with *O. obscurata* Kühn., *O. lundellii* Pilát, *O. obatra* Favre, *O. velutipes* Orton as synonyms, as also *O. umbratilis* var. *minor* in the concept of several authors ».

Nous remettons en cause aujourd'hui les conclusions de ces auteurs, car nous sommes parvenue à distinguer certaines des espèces injustement confondues. Les réactions d'*interstérilité* sur lesquelles s'appuie notre reconnaissance d'entités spécifiques confèrent certes à notre position une garantie d'objectivité; mais comme elles nous ont incitée à rechercher minutieusement par quels caractères morphologiques macro- ou microscopiques peuvent être reconnues les espèces que nous réhabilitons ici ou que nous présentons comme nouvelles, nous devons attirer l'attention du lecteur sur quelques points importants concernant nos méthodes d'études.

En raison de la *variabilité des carpophores* sous l'influence du rude climat de la zone alpine, nous avons examiné et *décrit* un grand nombre de récoltes comprenant chaque fois de nombreux carpophores de tous âges avant de nous sentir capable de tracer un portrait de l'espèce.

Nous sommes très consciente de la difficulté que chacun éprouve à *apprécier la couleur* de ces petites espèces, car elle se situe dans une gamme étroite de coloris très ingrats gris-brun noirâtre, avec dominante de l'un ou l'autre des composants; il faut déceler cette dominante, et pour *l'exprimer* nous nous sommes astreinte à un choix rigoureux des termes au moment de la description des carpophores frais, car les codes de couleurs ne sont pas d'un grand secours: le choix y est limité et difficile pour ces coloris à la fois foncés et rabattus.

Nous avons longtemps cru que la *pilosité du stipe* pouvait être un excellent caractère pour reconnaître *O. velutipes* (= *O. umbratilis* var. *minor* ss. Möller) parmi les autres petites *Omphalines* noires. Ces poils sont la plupart du temps hyalins, et par le sec, le pied apparaît alors hispide blanchâtre; mais ils peuvent s'altérer, se collapser, et alors l'aspect macroscopique de la surface du pied est changé... voire méconnaissable. *O. obscurata* et *O. obatra* ont un pied pratiquement glabre, mais avec l'âge et les intempéries, des bouts libres d'hyphes du cortex, primitivement apprimés, peuvent se redresser et rendre le pied « scabruscule » sous la loupe...

C'est incontestablement par la forme et les dimensions des spores que plusieurs des espèces présentées ici peuvent se reconnaître, à condition de prendre un certain nombre de précautions. En effet, la forme des spores projetées sur lame de verre nous est apparue très variable chez ces *Omphalina*, et pour mieux apprécier cette variabilité, tant pour un même carpophore que d'une récolte à l'autre, nous avons dessiné et mesuré un grand nombre de spores par sporée (la lame ayant recueilli les spores projetées étant utilisée pour l'observation). C'est aussi sur une lame de sporée que nous avons pratiqué la coloration au Giemsa révélant le nombre des noyaux dans les spores projetées. *Toutes les espèces étudiées ici sont à hyphes bouclées et à basides tétrasporiques.*

Ont des spores uninucléées : *O. obatra* Favre, *O. velutipes* Orton.

Ont des spores binucléées : *O. sphaerospora* Lamoure, *O. trigonospora* Lamoure, *O. obscurata* Reid.

Précisons que les proportions entre spores uni- et binucléées au sein d'une même sporée varient avec les récoltes (voir plus loin à propos de *O. trigonospora*) et qu'il est donc nécessaire d'avoir coloré un grand nombre de sporées pour apprécier avec certitude la valeur de ce caractère.

### *Omphalina velutipes* Orton

Favre, 1955, p. 50 ut *Omphalia umbratilis* (Fr.) Gill.

var. *minor* (Fr.) ss Möller  
Illustr. D.L. pl. I, d; fig. 1, b

#### DESCRIPTION

Chapeau 7-14 (22 mm), plan-convexe puis étalé: plan nettement ombiliqué; imbu de couleur uniforme gris-brunâtre foncé avec un compo-

sant bistre-olivâtre-noirâtre vers Mu. 10 YR 2/4 3/2 parfois 4/3; striolé par transparence; glabre à l'œil nu sauf dans l'ombilic qui est distinctement bien que finement méchuleux; déshydraté il passe à gris-beige Mu. 10 YR 6/4 7/2.

Stipe 10-22 × 1-1,5 mm, égal ou légèrement dilaté à la base; de couleur sombre quand imbu: concolore au chapeau, même plus foncé à la base qui en outre montre un subtil effet bleu-vert obscur; très finement velouté à l'œil nu sur toute sa longueur; de fins trichoides blancs (ou au moins un duvet mycélien blanc pur) hérissent souvent la base du stipe. C'est sur les exemplaires légèrement déshydratés que l'hispidité rase du stipe est la plus frappante et que la teinte verdâtre de la base du pied tranche le mieux sur le gris-brunâtre du haut du stipe.

Lames moyennement serrées (1 parfois 2 systèmes de lamellules); arquées décurrentes — parfois assez longuement —; de couleur sombre mais moins que le chapeau et le stipe, du moins vues de face: vers Mu. 10 YR 6/3; arête concolore puis devenant noirâtre.

Odeur de l'extérieur: nettement acidule pélargoniée.

Spores 8-9 × 5-5,5 μ, elliptiques à extrémité très obtuse de profil, souvent obovales de face, le maximum de largeur étant près du sommet; uninucléées (Giemsa) mais dans une même sporée le nombre de spores à 2 noyaux peut ne pas être négligeable.

Basides tétrasporiques; arête fertile.

Revêtement piléique fait d'hyphes × 5-8 (10 μ) à très grossières incrustations brunes et à bouts libres souvent groupées en faisceaux.

Cortex du stipe: hyphes grêles × 4-6 μ, à paroi brune zébrées de plaquettes brunes; bouts libres plus ou moins développés, souvent clavés et recourbés en pipe et alors à paroi dépourvue d'incrustations.

Boucles présentes au pied des basides et à toutes les cloisons des hyphes du carpophore.

#### HABITAT ET RÉCOLTES

Espèce très répandue en zone alpine moyenne et supérieure, sur l'humus noir des petites dépressions, sur les tranchées des caniveaux, avec *Salix herbacea*; peut-être rencontrée très haut, dans les combes à neige à *Polytrichum norvegicum*, sur les coulées de solifluxion à *Anthelia*.

— Arc alpin

Vanoise: le Plan des Bois, W. 2 100 m, 20-8-62 (L. 62-19); ibid. 25-8-62 (L. 62-41\*) (4); sous la Réchasse, W. 2 650 m, 28-8-67 (L. 67-104); Cirque du Petit-Marchet, 2 400 m, 19-8-69 (L. 69-49); ibid. 6-9-69 (L. 69-205); Plan du Vallonnet sous le glacier de la Patinoire, 2 600 m, 6-9-73 (L. 73-210\*); Les Esserandes, N. 2 300 m, 4-9-73 (L. 73-201\*).

Massif de l'Iseran: Ruisseau de la Cema, S. 2 700 m, 2-9-74 (L. 74-131\* et L. 74-138\*); Ruisseau des Reys, S. 2 700 m, 1-9-73 (L. 73-147\*). Plan des Eaux, S. 2 650 m, 1-9-73 (L. 73-143\*). Le Pays Désert,

(4) Toutes les souches marquées d'un astérisque sont interfertiles.

W. 2 800 m, 8-9-74 (L. 74-167\*). Haute-Maurienne : Plan des Evettes, 2 500 m, 27-8-73\*.

Préalpes du Faucigny : Col d'Anterne, 2 300 m, 14-9-63 (L. 63-136).

Grisons : Val Champagna, 2 800 m, 14-8-73 (L. 73-14); Umbrail Pass, 20-8-73.

Tyrol : Oetzal, Obergurgl, N. 2 100 m, 28-8-69 (L. 69-112\*).

— Montagnes scandinaves

Norvège : Hardanger : env. de Geilo : Prestholtseter, E. 1 350 m, 2-8-72 (L. 72-7); env. de Finse, 1 500 m, 20-8-64 (L. 64-114\*); Raggsteindal, 1 300 m, 28-8-67 (L. 67-17).

Jotunheimen : Spiterstulen, 1 100 m, 16-8-64 (L. 64-109\*).

Svartisdal 800 m, 7-8-64 (L. 64-14).

Suède : Laponie, Slättatjåkka, 1 050 m, 18-8-74 (L. 74-61\*).

#### OBSERVATIONS

Nous renvoyons au travail de J. FAVRE (1955, p. 51) pour ce qui est de la discussion concernant la comparaison de ses récoltes alpines avec l'*O. umbratilis* var. *minor* au sens de MÖLLER : Nous partageons entièrement l'opinion de J. FAVRE et nous avons la certitude d'avoir récolté le même champignon que lui, mais comme nous le reconnaissons aussi dans la diagnose que P.D. ORTON donne de son *Omphalina velutipes*, nous avons adopté ce dernier nom, car l'espèce et la variété friésiennes sont bien mal connues.

P.D. ORTON décrit le pied « sometimes paler at base or apex... ». Nous n'avons jamais remarqué que le cortex du stipe soit plus pâle à la base; par contre, nous y avons signalé la présence d'un duvet mycélien blanc pur qui l'éclaircit considérablement.

#### *Omphalina trigonospora* sp. nov.

Illustr. D.L. pl. I, e; fig. 1, e

*Diagnose.* — *Pileo convexo, modice umbilicato, udo transluciditate striatulo, cinereo-fuligineo, sicco cinereo-fusco. Stipite obscuro, fuligineo. Lamellis cinereis, modice adnatis-subdecurrentibus. Sporis notabilis, 8-11 × 5,5-7 μ binucleatis.*

*Typus* L. 73-149.

#### DESCRIPTION

Chapeau 8-17 (22 mm), d'abord convexe subhémisphérique, puis à bords s'étalant et alors se déprimant en un ombilic étroit et peu profond; gris brun assez foncé quand imbu : Mu. 7.5 YR 2/4 - 8.5 YR 3/4 passant à 10 YR 4/4 entre les stries (certains exemplaires très striés peuvent en être bicolores !); glabre à l'œil nu, finement et densément ruguleux sous

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

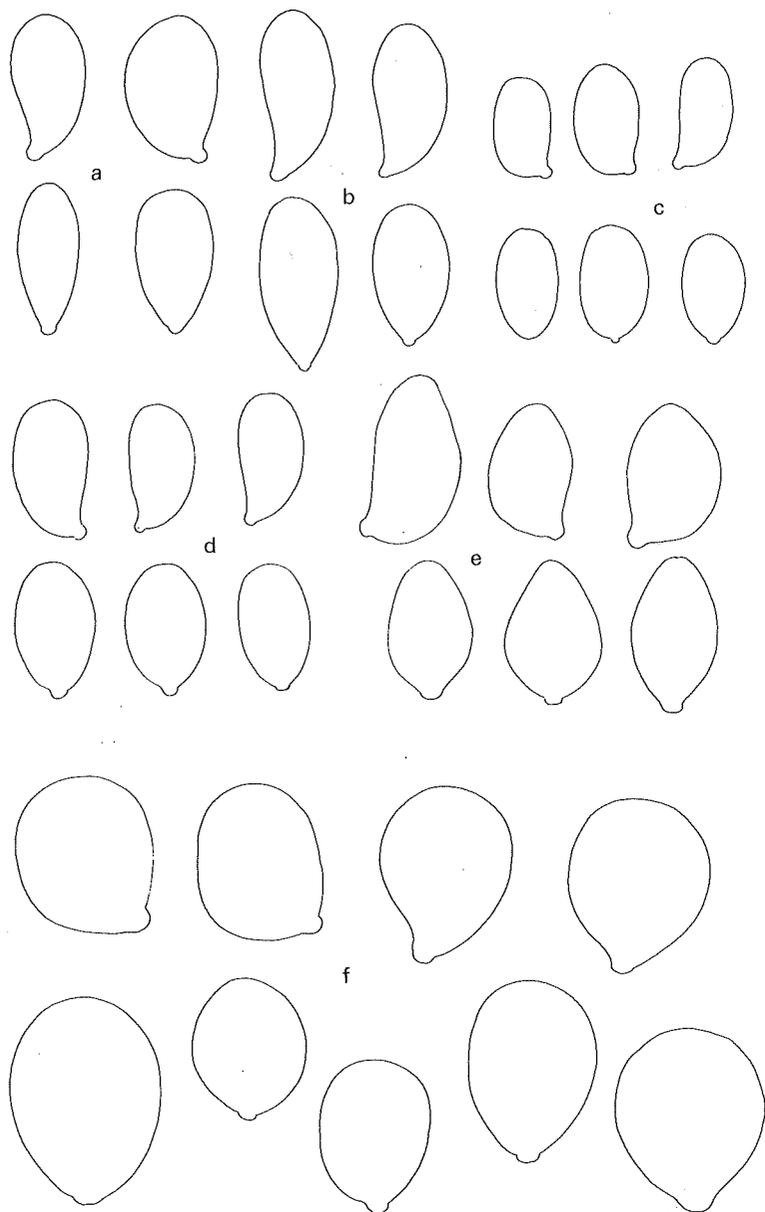


PLANCHE I. — Spores  $\times 2000$ .

a et b: *O. obscurata*; c: *O. obatra*; d: *O. velutipes*; e: *O. trigonospora*;  
f: *O. sphaerospora*.

la loupe, pouvant être méchuleux dans l'ombilic; déshydraté gris-brunâtre moyen Mu. 10 YR 4/4.

Stipe 16-30 × 1,5-2,5 mm, égal, élastique non cassant; très sombre, brun bistre, vers Mu. 7.5 YR ou 10 YR 2/2, devenant bistre noir avec l'âge et ce, du sommet vers la base; glabre à l'œil nu; sous la loupe on voit une très fine hispidité rase.

Lames espacées, larges, minces, légèrement arquées-décurrentes, parfois subtriangulaires; gris-brunâtre moins foncé que le pied Mu. 1.5 Y 5/4 - 10 YR 6/3 6/4.

Odeur de l'extérieur et au froissement légèrement pèlargoniée.

Spores projetées de forme très curieuse: très étirées au sommet, sublosangiques de face, presque triangulaires de profil, 8-11 × 5,5-7 μ. La plupart ont 2 noyaux.

	1 noyau	2 noyaux	davantage
73-149	18	84	3
id. 2° sporée	12	88	
65-12	42	73	8
72-59	3	96	2
72-99	22	67	7
id. 2° sporée	13	78	7
66-105	17	103	3
69-51	25	126	3

Basides tétrasporiques. Arête fertile.

Revêtement du chapeau: hyphes × 7-10 μ, à paroi brune très grossièrement incrustée.

Revêtement du pied: hyphes × 4-6 μ, à paroi finement incrustée, à bouts libres souvent redressés et clavés, à paroi brune, non incrustée.

Boucles présentes au pied des basides et à toutes les cloisons des hyphes du carpophore.

#### HABITAT ET RÉCOLTES

Sur la terre nue, ou parmi des mousses rases, plus rarement parmi *Salix herbacea*, sur terre anthéliée.

— Arc alpin

Vanoise: Dans le Cirque du Petit-Marchet, 2 400 m, 10-8-65 (L. 65-12\*); Ibid., 19-8-69 (L. 69-51); sous la Réchasse, N. 2 550 m, 4-9-74 (L. 74-146\*); Plant d'Amont, sous le Grand Bec, NW 2 300 m, 15-9-66 (L. 66-105\*); Plan du Vallonnet, sous le Glacier de la Patinoire, 2 500 m, 6-9-73 (L. 73-204\* et L. 73-208\*).

Massif de l'Iseran: Ruisseau des Reys, S. 2 670 m, 1-9-73 (L. 73-149\*), type.

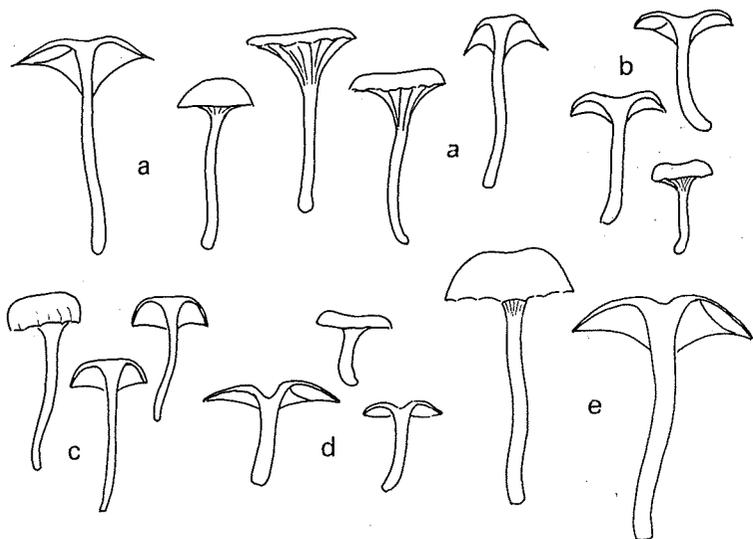


FIG. 1. — Carpophores, grandeur nature.  
 a: *O. obscurata*; b: *O. velutipes*; c: *O. obatra*; d: *O. sphaerospora*; e:  
*O. trigonospora*.

— Montagnes scandinaves

Laponie suédoise : Slåttatjåkka, E. 1 100 m, 14-8-72 (L. 72-59\*); Tjatjen-  
 jäsketjåkka, E. 1 100 m, 22-8-72 (L. 72-99\*).

OBSERVATIONS

Macroscopiquement, cette espèce est difficile à cerner : à cause de son pied finement hispide — au moins sous la loupe — on peut la prendre pour une *velutipes* peu typique, c'est-à-dire de couleur pas assez bistre olive et à pied pas assez pubescent. Mais à l'observation des spores projetées, toute ambiguïté est levée : au moins 70 % des spores d'une même sporée ont un sommet étiré et des contours presque anguleux, alors que la spore de *velutipes* est très obtuse et a des contours de courbure très régulière; enfin, après coloration, ces spores apparaissent, dans leur grande majorité, binucléées.

*Omphalina obatra* (Favre) Orton

Favre, 1955, p. 46 - Illustr. D.L. pl. I c, fig. 1, c

DESCRIPTION

Chapeau 6-10 (12) mm, convexe puis plan convexe, à peine déprimé au disque et à bords très retombants, à marge souvent crénelée; imbu,

de couleur très sombre : brun obscur : Mu. 7.5 YR 3/2, 8.5 YR 3/3 passant à 10 YR 4/4 entre les stries; déshydraté: gris beige, vers Mu. 10 YR 7/4 7/6; glabre, mat à l'œil nu quand imbu; sous la loupe distinctement bien que finement rugueux; chair très mince.

Stipe 10-18 × 0,8-1 mm, élancé grêle, progressivement atténué vers la base où il est d'un brun moyen Mu. 10 YR 6/5 plus clair qu'à mi-hauteur où sa couleur brun sombre: vers Mu. 7.5 YR 3/4 présente le maximum d'intensité; il est glabre à l'œil nu quand imbu, et alors sous la loupe très légèrement rugueux longitudinalement; en début de déshydratation, il peut apparaître légèrement scabre sous la loupe; il n'y a ni coton mycélien, ni trichoïdes à la base; il est plein, de couleur uniforme quand imbu, mais déshydratée, la chair gris-beige contraste avec le cortex plus sombre.

Lames franchement espacées, ou semblant telles en raison de leur forme: elles sont subtriangulaires décourantes, mais à arête peu arquée, et on ne voit bien que les (9) 11-13 grandes lames entre lesquelles il y a une lamellule plus étroite; elles sont un peu plus claires que le chapeau et le pied: gris-brunâtre moyen Mu. 10 YR 5/3 5/4, 1.5 Y 6/3 6/4; elles foncent avec l'âge et l'arête devient noirâtre.

Spores elliptiques banales 7-8 (9) × (3,5) 4-5 μ; pour un carpophore donné, la sporée est très homogène, mais le rapport longueur/largeur est très variable d'une récolte à l'autre: de 1,53 à 2,12 (rapport calculé sur les extrêmes pour des spores de souches interfertiles). Les spores projetées sont dans leur grande majorité uninucléées (Giemsa) mais les spores binucléées ne sont pas assez rares pour passer inaperçues.

Basides tétrasporiques; arête fertile.

Odeur nulle, à la section comme de l'extérieur.

Revêtement piléique: hyphes × 6-8 μ à paroi brune, aspérulées sur la coupe optique, finement ponctuées de face par des incrustations brunes de petite taille; quelques bouts libres apprimés × 10-12 μ, à extrémité étirée mais obtuse.

Revêtement du pied: hyphes × (3) 4-6 μ, brunes, finement aspérulées; bouts libres non clavés, apprimés, à extrémité parfois légèrement plus large jusqu'à × 7-10 μ.

#### HABITAT ET RÉCOLTES

Cette petite *Omphalina* brun-noir apparaît, parfois en troupe nombreuse, sur la terre noirâtre ou les alluvions fines des petites dépressions, parmi des mousses rases, parfois avec *Salix herbacea* mais pas toujours. Nous l'avons récoltée jusque très haut « à la limite du monde minéral » dans de petites dépressions qui ne sont pas déneigées tous les ans, mais elle peut aussi se rencontrer plus bas, par exemple vers 2 200 m en Vanoise, mais toujours là où le tapis végétal est peu dense. De toutes les *Omphalines* « noires » dont nous traitons ici, elle nous semble la moins strictement acidiphile.

— Arc alpin

Vanoise: Sous la Réchasse, N. 2 700 m, 15-9-71 (L. 71-114\*); Lac des Assiettes, 2 500 m, 22-8-62 (L. 62-28); Ibid., 27-8-74 (L. 74-110\*);

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

Moriond NW 2 200 m, 20-8-60 (L. 60-20); Arcellin Supérieur, NW 2 300 m, 4-9-74 (L. 74-145\*); Col de Plan Sery, 12-10-74 (L. 74-173\*).

Massif de l'Iseran : près du Col de l'Iseran, N 2 750 m, 19-8-71 (L. 71-31\*); Plan des Eaux, S. 2 650 m, 1-9-73 (L. 73-144\*); Prariond, W 2 300 m, 8-9-74.

Haute-Maurienne : Plan des Evettes, 2 500 m, 23-3-73\*.

Grisons : sous le Col dal Gajer, NW 2 600 m, 17-8-73 (L. 73-27\*); Albula Pass, N. 2 400 m, 18-8-73 (L. 73-33\*).

OBSERVATIONS

J. FAVRE ne mentionne pas dans sa diagnose p. 46 que l'arête des lames de son *O. obatra* est plus sombre que les faces; mais dans ses notes inédites on peut lire à propos d'une de ses récoltes : « lames bistres à arête plus sombre ». Nous avons remarqué maintes fois que le liseré noirâtre bordant l'arête des lames est surtout évident sur les carpophores adultes, voire âgés, où il est fait de vieilles basides collapsées à contenu et à paroi brun sombre.

A. BRESINSKY (1966, p. 13) admet que « *O. velutipes* Orton (*O. umbratilis* var. *minor*) et *O. obatra* (Favre) Orton puissent être identiques à *O. lundellii* ». Il nous semble très douteux que l'espèce des environs d'Abisko, présentée p. 27 par PILÁT et NANNFELDT (1954), soit *obatra*. Nous ne retrouvons les caractéristiques de l'espèce de FAVRE ni dans le port, ni dans les spores (fig. 11 et 12) ni dans l'habitat de l'espèce de PILÁT. Nous pensons par contre avoir récolté *O. lundellii* Pilát dans des sphaignes en août 1974, justement dans les environs d'Abisko (Suède); mais l'étude de ces récoltes n'est pas suffisamment avancée pour que nous en disions davantage.

De toutes les petites *Omphalina* « noires » présentées ici, *O. obatra* est celle dont la couleur d'ensemble est la plus riche en composant brun (on sait que J. FAVRE ne percevait pas le rouge, ce qui explique qu'il n'ait pas noté ce caractère); elle se remarque aussi par ses lames triangulaires et par le fait que la base du stipe est souvent assez claire.

*Omphalina obscurata* Reid  
= *Omphalia obscurata* Kühner nom. nud.

in YEN HSUN CHU 1949, p. 130  
Illustr. D.L. pl. I a; fig. 1 a

DESCRIPTION

Chapeau 7-14 (18) mm, le plus souvent convexe, subhémisphérique puis plan-convexe ne s'étalant pas (ou très rarement!), à peine déprimé au centre, à bords souvent crénelés; imbu de couleur très sombre: brun-noir fuligineux Mu. 7.5 YR 3/2, 10 YR 3/2, très strié par transparence (les interstries peuvent être jusqu'à 7.5 YR 4/4-5/4) glabre à l'œil nu; sous la loupe ruguleux par un fibrillum inné concolore imbu; déshydraté

il passe à gris-brun encore assez foncé et devient très subtilement tomenteux, voire hispidule : sous la loupe quelques mèches tendent à se relever.

Stipe 9-16 × 1-1,5 mm, égal, élastique non cassant, brun-noirâtre au moins aussi sombre que le chapeau, parfois davantage : vers Mu. 10 YR 2/2; glabre à l'œil nu et sous la loupe aussi.

Lames peu serrées, parfois franchement espacées; un peu arquées, très largement adnées, légèrement décurrentes; gris-brunâtre moins foncé que le stipe : vers Mu. 10 YR 4/3-4/4, jusqu'à 5/3 (de face), à arête devenant noirâtre avec l'âge.

Odeur de l'extérieur et au froissement : faible ou nulle.

Spores projetées 7,5-9 (11) × 4,5-6,5 μ assez variables en dimensions sur une même sporée mais de forme relativement constante : oblongues, à profil caractéristique avec l'apicule légèrement déjeté; binucléées (Giemsa) en majorité — moins de 10 % n'ont qu'un noyau, quelques-unes en ont 3 ou 4.

Basides tétrasporiques, arête fertile.

Revêtement piléique : hyphes × 5-9 μ, à paroi brune et grossièrement incrustées de pigment brun.

Revêtement du pied : hyphes × 4-6 μ à très grossières incrustations brun noir.

Boucles présentes au pied des basides et aux cloisons des hyphes du carpophore.

#### HABITAT ET RÉCOLTES

Sur une terre nue noirâtre, parmi *Salix herbacea*, parfois parmi des mousses rases ou des écailles de lichens.

##### — Arc alpin

Vanoise : Cirque du petit-Marchet, 2 400 m, 1-9-74 (L. 74-129\*).

Massif de l'Iseran : Petit-Plan (sous le Col, versant Tarentaise), N. 2 650 m, 25-8-73 (L. 73-101\*); ibid. 2-9-74 (L. 74-141).

Grisons : Sous le Col Mezdi, N. 2 600 m, 15-8-66.

##### — Montagnes scandinaves

Norvège : Jotunheimen, env. de Krossbu, sous le Boverbreen, 15-8-64 (L. 64-102); 13-8-64 (L. 64-90); Hardanger, env. de Finse, 1 450 m, 26-7-74 (L. 74-13); Raggsteindal, crête de Resestölskuåan, 1 300 m, 28-7-67 (L. 67-18).

Suède : Laponie : Slåttatjåkka, E. 900 m, 14-8-67 (L. 67-67); ibid., N. 1 100 m, 16-8-72 (L. 72-74).

#### OBSERVATIONS

L'espèce typifiée par D.A. REID correspond sûrement à l'*Omphalia obscurata* décrite par R. KÜHNER en 1949. Nous apportons à la connais-

sance de cette espèce une donnée supplémentaire : les spores projetées (issues de basides tétrasporiques) sont presque toutes binucléées. Cet état des spores mures explique ce que YEN HSUN CHU (1949) avait vu par coloration de jeunes germinations : avant que n'apparaisse le tube germinatif, la spore, dit-il, « est en général binucléée ». Nous avons examiné le type d'*O. obscurata* de D.A. REID et par coloration au Giemsa y avons vu des spores binucléées.

***Omphalina sphaerospora* sp. nov.**

Illustr. D.L. pl. 1 f; fig. 1, d

*Diagnose.* — *Pileo convexo modice umbilicato, obscuro, fuligineo, margine striatula. Stipite pileo concolore. Lamellis modice confertis, late adnatis-subdecurrentibus, obscurissimis. Sporis breviter ellipsoideis, 10-12 × 9-11 μ, binucleatis. Typus* L. 73-145.

DESCRIPTION

Chapeau 10-17 mm, plan, légèrement convexe par les bords retombants souvent irréguliers, à ombilic étroit et peu profond; imbu de couleur très sombre, noirâtre Mu. 10 YR 2/2-3/2 à peine plus clair à la marge qui est striolée par transparence; glabre à l'œil nu et sous la loupe; chair très mince.

Stipe 7-9 × 1,5-2 mm, parfois excentré, noirâtre, concolore au chapeau : Mu. 10 YR 3/2 glabre à l'œil nu et sous la loupe; sur quelques exemplaires le mycélium blanc a déposé un léger tomentum sur la base du stipe.

Lames peu serrées, étroites, assez épaisses, largement adnées, à peine décurrentes; les lamellules sont très irrégulières et certaines sont si étroites qu'elles ne sont plus que des plis ! La couleur est des plus sombres, franchement noirâtre.

Spores (8) 10-12 (13) × (7) 9-11 μ; de forme tout-à-fait remarquable : elles sont très courtes, souvent obovales, mais aussi très alourdis à la base et alors à profil curieux avec l'apicule comme remonté sur la face interne; les dimensions extrêmes indiquées entre parenthèses sont fréquemment enregistrées sur une même sporée, mais la forme des spores est assez constante, et il n'y a pas de variation notable du rapport longueur/largeur. La coloration au Giemsa des spores projetées révèle que si les spores — pour la plupart — contiennent 2 noyaux, le nombre de spores uninucléées n'est pas négligeable.

	1 noyau	2 noyaux	davantage
73-309	14	89	1
73-145	26	73	1
74-157	33	76	8

Basides tétrasporiques; arête fertile.

Odeur au froissement et à la section : acidule pélargoniée.

Revêtement piléique : hyphes  $\times 5-8 \mu$ , à grossières incrustations brun foncé.

Revêtement du stipe : hyphes grêles  $\times 4-6 \mu$ , nettement incrustées de brun-foncé, à bouts libres non renflés, à peine ampullacés et plus ou moins apprimés.

Boucles présentes au pied des basides et à toutes les cloisons des hyphes de carpophore.

#### HABITAT ET RÉCOLTES

Sur la terre nue, ou le fin limon et l'humus noir des petites dépressions, parmi de petites mousses rases et *Salix herbacea*.

Vanoise : Cirque des Nants, N. 2 500 m, 7-9-74 (L. 74-157).

Massif de l'Iseran : Le Plan des Eaux, S. 2 700 m, 1-9-73 (L. 73-145), *type*.

Col du Petit St-Bernard : versant italien, 26-9-73 (L. 73-309).

#### OBSERVATIONS

Les spores subsphériques et binucléées sont un des caractères remarquables de cette espèce qui par ailleurs se reconnaît macroscopiquement à son port trapu et ses lames très sombres, étroites et assez épaisses. Elle nous semble occuper une situation intéressante dans la série de transition entre les *Phaeotellus* et les autres *Omphalina* noires.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BRESINSKY, A. (1966). — Beitrag zur Kenntnis der Pilzflora im subarktischen Bereich der Torne-Lappmark. *Zeitschrift für Pilzkunde*, 32, 1-26.
- FAVRE, J. (1955). — Les champignons supérieurs de la zone alpine du Parc national suisse. In : Résultats des recherches scientifiques entreprises au Parc National suisse. *Lüdin. Liestal*, 33, 1-212, 11 pl.
- GULDEN, G. et LANGE, M. (1971). — Studies in the macromycetes Flora of Jotunheimen, the Central Mountain Massif of South Norway. *Norwegian Journal of Botany*, 18, 1, 1-46.
- LANGE, M. (1955). — Macromycetes, Medd. om Gronland. (Reitzel, Kobenhavn, 147, part II, 1-69.
- LANGE, M. (1957). — Macromycetes. Medd. om Gronland. (Reitzel, Kobenhavn, 147, part III, 1-125.
- MÖLLER, F.H. (1945). — Fungi of the Faeroës. Part I, Basidiomycetes. (Munksgaard, Copenhagen, 1-125.
- ORTON, P.D. (1960). — New check list of British Agarics and Boleti - Part III : Notes on genera and species of fungi in the list. *Trans. Brit. mycol. Soc.*, 43, 159-439.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

- PILAT, A. et NANNFELDT, J.A. (1954). — Notulae ad cognitionem Hymenomycetum Lapponiae Tornensis (Sueciae). *Friesia*, V, 1, 6-38.
- REID, D.A. (1958). — New or interesting records of british Hymenomycetes. *Trans. Brit. mycol. Soc.*, 41, 419-445.
- YEN HSUN CHU (1949). — Contribution à l'étude de la sexualité et du mycélium des Basidiomycètes saprophytes. *Annales de l'Université de Lyon*, 132 p.

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE  
SUR LA CROISSANCE DES MYCÉLIUMS  
DE CLITOCYBES ALPINS  
(BASIDIOMYCÈTES — AGARICALES)

par J.C. DEBAUD (1)

**Résumé.** — La croissance *in vitro* des mycéliums de *Clitocybes* de la zone alpine est encore à 4 °C comprise entre 10 et 35 % de la *croissance maximale* qui se situe vers 18 °C; elle est *nulle* à 30 °C, et cette température semble *létale* pour ces mycéliums alpins. L'ensemble des résultats est discuté en comparaison avec les conditions de l'habitat naturel.

**Summary.** — The mycelia of *Clitocybe* of alpine zone are rather well growing « *in vitro* » at 4 °C, even if 18 °C appears as the temperature allowing their « *maximal growth* ». No growth has been observed at 30 °C, and, more than that, this temperature seems to be lethal for these mycelia.

Les résultats présentés ici sont extraits d'une étude plus générale sur le comportement des mycéliums de *Clitocybes* alpins vis-à-vis des paramètres auxquels ils sont soumis (facteurs physiques et nutritionnels).

La température nous semblant l'un des facteurs les plus importants parmi ceux régissant les conditions climatiques de la zone alpine, nous avons choisi d'en étudier tout particulièrement l'influence sur la croissance mycélienne de ces champignons.

Notre étude a porté sur 24 souches de *Clitocybes* représentant 16 espèces différentes. Ces champignons ont été récoltés et déterminés par D. LAMOURE (1972) (tabl. I).

(1) Département de Biologie Végétale, Laboratoire de Mycologie associé au C.N.R.S., Université Claude-Bernard, Lyon I, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, 69621 Villeurbanne.

TABLEAU I

Liste des espèces étudiées	Année de récolte (*)	Lieu de récolte
<i>Clitocybe lateritia</i> Favre	1963	Vanoise
" " "	1969	"
" <i>subsalmonea</i> Lamoure	1969	"
" <i>catinus</i> (Fr.) Quélet	1968	"
" <i>costata</i> Kühner et Romagnési	1965	"
" <i>paropsis</i> (Fr.) Quél. ss. Bres.	1969	"
" " " " "	1970	"
" aff. <i>costata</i>	1970	"
" <i>pausiaca</i> (Fr.) Gill.	1967	Laponie suédoise
" <i>concava</i> (Scop. ex Fr.) Gillet	1963	Vanoise
" " " " "	1968	"
" <i>nuoljae</i> Lamoure	1967	Laponie suédoise
" <i>harmajae</i> Lamoure	1968	Vanoise
" <i>festiva</i> Favre	1966	Grisons
" " "	1970	Vanoise
" " "	1970	Vanoise
" <i>festivoides</i> Lamoure	1970	"
" " "	1970	"
" <i>serotina</i> Lamoure	1970	"
" " "	1970	"
" <i>marginella</i> Harmaja	1968	"
" " "	1970	"
" <i>gracilipes</i> Lamoure	1966	Grisons
" <i>candicans</i> (Pers. ex Fr.) Kummer	1970	Col Petit St. Bernard
var. <i>dryadicola</i> (Favre) Lamoure		

(\*) Les mycéliums ont été conservés à 4°; les expériences dont les résultats sont rapportés ici se sont déroulées de 1970 à 1972.

## I. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

Ces souches ont été cultivées à l'obscurité sur les milieux nutritifs de NOBLES (extrait de malt : 12,5 g, gélose : 15 g, eau distillée : 1 l) et de ODDOUX (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> : 0,5 g, MgSO<sub>4</sub>, 7 H<sub>2</sub>O : 0,5 g, asparagine : 0,5 g, hydrolysate de caséine : 1 g, extrait de malt : 8 g, glucose massé : 7 g, Béczyme Roche en solution (2) : 1 ml, gélose : 10 g, eau distillée : q.s.p. 1 l).

(2) La solution est obtenue en diluant le contenu d'une ampoule de Béczyme Roche dans 25 ml d'eau distillée.

Composition du Béczyme Roche, une ampoule de 2 ml contient :

riboflavine (phosphate) .....	4 mg	thiamine .....	10 mg
panthénol .....	6 mg	nicotinamide .....	40 mg
pyridoxine .....	4 mg	phénol .....	10 mg

CROISSANCE DES MYCÉLIUMS DE CLITOCYBES ALPINS

TABLEAU II

*Influence de la température sur la croissance mycélienne*  
 Diamètre des mycélium (en mm) après 3 semaines de culture  
 (diamètre de l'inoculum = 4 mm)

milieux de culture		milieu de ODDOUX					milieu de NOBLES				
souches	t°	4°	12°	18°	24°	30°	4°	12°	18°	24°	30°
<i>C. lateritia</i>	63-162	4	16	22	23	4	4	13	21	20	4
" "	69-10	4	15	20	16	4	4	12	17	15	4
" <i>subsalmonea</i>	69-45	4	33	40	44	4	4	22	38	21	4
" <i>catinus</i>	68-17	4	22	45	43	4	4	25	31	26	4
" <i>costata</i>	65-21	4	28	42	45	4	4	23	31	36	4
" <i>paropsis</i>	69-30	7	25	35	31	4	7	19	30	31	4
" "	70-103	4	35	45	45	4	4	24	40	40	4
" <i>aff. costata</i>	70-67	8	20	50	50	4	8	17	38	48	4
" <i>pausiaca</i>	67-62	12	37	45	34	4	9	31	44	31	4
" <i>concava</i>	63-11	8	40	50	26	4	9	27	45	15	4
" "	68-5	4	33	40	15	4	4	23	35	13	4
" <i>nuoljae</i>	67-64	8	35	65	74	4	8	33	65	70	4
" <i>festiva</i>	66-66	12	60	62	52	4	13	53	55	45	4
" "	70-93	13	45	60	56	4	13	42	58	50	4
" "	70-105	18	45	57	48	4	17	40	52	48	4
" <i>festivoides</i>	70-72	4	75	95	55	4	4	45	50	40	4
" "	70-100	10	44	95	46	4	9	55	75	45	4
" <i>harmajae</i>	68-12	4	15	38	35	4	4	21	43	25	4
" <i>serotina</i>	70-64	10	27	40	30	4	10	25	33	28	4
" "	70-91	11	22	31	21	4	11	15	19	15	4
" <i>marginella</i>	68-11	10	30	53	44	4	12	38	40	42	4
" "	70-99	16	50	56	68	4	15	35	70	70	4
" <i>gracilipes</i>	66-49	10	20	28	22	4	11	21	22	15	4
" <i>candicans</i> var. <i>dryadicola</i>	70-5	8	35	60	49	4	10	30	39	44	4

Nous avons utilisé le milieu de NOBLES car c'est un milieu de référence pour les études de croissance des champignons, ainsi que le milieu de ODDoux, beaucoup plus riche, qui s'est avéré mieux convenir aux *Clitocybes* étudiés. Ces milieux gélosés ont été coulés en boîte de Pétri. Les inoculums, prélevés à la marge de mycéliums âgés de 3 à 4 semaines, ont été découpés à l'emporte-pièce afin qu'ils aient tous les mêmes dimensions (diamètre 4 mm, hauteur 3 mm). Ils sont donc identiques en taille et en âge.

Une fois l'ensemencement réalisé, les boîtes ont été placées aux températures de 4°, 12°, 18°, 24° et 30 °C ( $\pm 1$  °C).

La croissance des mycéliums a été estimée par mesure de leur diamètre après 3 semaines de culture. Les résultats figurant au tableau II ont été obtenus en faisant la moyenne de 3 répétitions pour chaque essai.

## II. — RÉSULTATS

### 1° TEMPÉRATURE OPTIMALE DE CROISSANCE

Du fait de la faible croissance de certaines souches et également du fait de l'écart existant entre les températures auxquelles nous avons mené nos expérimentations, il n'est pas toujours possible d'indiquer une température optimale précise. Dans ce cas nous parlerons de zone optimale de température.

Les résultats exprimés en pourcentage de la croissance maximale pour chaque souche permettent de mieux définir la température optimale de croissance et surtout de mieux se rendre compte des écarts de croissance existant de part et d'autre de cette température (tabl. III).

Sur les 24 souches étudiées :

- 14 ont une température optimale de 18°,
- 8 ont une zone optimale de température comprise entre 18 et 24°,
- 2 ont une température optimale de 24°.

Plus de la moitié de ces souches ont donc une température optimale de croissance relativement basse.

La préférence de ces mycéliums pour une température faible est confirmée par la bonne croissance que l'on peut observer à 12° et même parfois à 4°, ainsi que par leur incapacité de se développer à des températures voisines de 30°.

### 2° CROISSANCE À 4°

A cette température nous avons pu noter une croissance pour 15 des 24 souches testées. C'est un résultat qui n'a que rarement été obtenu avec des Basidiomycètes. Pour ces espèces la croissance à cette température est comprise, selon le cas, entre 10 et 35 % de la croissance maximale qui a été enregistrée à 18°.

## CROISSANCE DES MYCÉLIUMS DE CLITOCYBES ALPINS

## 3° COMPARAISON DE LA CROISSANCE À 12° ET À 24°

Parmi les souches étudiées, nombreuses sont celles ayant une température optimale proche de 18°, il nous a donc semblé intéressant de comparer la croissance aux températures situées de part et d'autre de cet optimum.

Nous avons pour cela calculé la différence: [croissance à 24° - croissance à 12°] (croissances exprimées en % de la croissance maximale) (tabl. III).

TABLEAU III

*Influence de la température sur la croissance mycélienne*  
Résultats exprimés en pourcentage de la meilleure croissance  
pour chacune des souches

souches	t°	milieu de ODDOUX					milieu de NOBLES						
		4°	12°	18°	24°	30°	% 24 - % 12	4°	12°	18°	24°	30°	% 24 - % 12
<i>C. lateritia</i>	63-162	10	69	95	100	0	31	0	61	95	100	0	39
"	69-10	0	75	100	80	0	5	0	70	100	88	0	18
<i>C. subsalmonea</i>	69-45	0	75	91	100	0	25	0	57	100	55	0	- 2
" <i>catinus</i>	68-17	0	48	100	95	0	47	0	80	100	83	0	3
" <i>costata</i>	65-21	0	62	93	100	0	38	0	63	86	100	0	27
" <i>paropsis</i>	69-30	20	71	100	88	0	17	22	61	96	100	0	39
" "	70-103	0	77	100	100	0	23	0	60	100	100	0	40
" <i>aff. costata</i>	70-67	16	40	100	100	0	60	16	35	79	100	0	65
" <i>pausiaca</i>	67-62	26	82	100	75	0	- 7	20	70	100	70	0	0
" <i>concava</i>	63-11	16	80	100	52	0	- 28	20	60	100	33	0	- 27
" "	68-5	0	82	100	37	0	- 45	0	65	100	37	0	- 28
" <i>nuoljae</i>	67-64	10	47	87	100	0	53	11	47	92	100	0	53
" <i>festiva</i>	66-66	19	96	100	83	0	- 7	23	96	100	81	0	- 15
" "	70-93	21	75	100	93	0	18	22	72	100	86	0	14
" "	70-105	31	78	100	84	0	6	32	76	100	92	0	16
" <i>festivoides</i>	70-72	0	78	100	57	0	- 21	0	81	100	72	0	- 9
" "	70-100	10	46	100	48	0	2	12	73	100	60	0	- 13
" <i>harmajae</i>	68-12	0	39	100	92	0	53	0	48	100	58	0	10
" <i>serotina</i>	70-64	25	67	100	75	0	8	30	75	100	84	0	9
" "	70-91	35	70	100	67	0	- 3	57	78	100	78	0	0
" <i>marginella</i>	68-11	18	56	100	83	0	27	28	90	95	100	0	10
" "	70-99	23	73	82	100	0	27	21	50	100	100	0	50
" <i>gracilipes</i>	66-49	35	71	100	78	0	7	50	95	100	68	0	- 27
" <i>candidans var dryadicola</i>	70-5	13	58	100	81	0	23	22	68	88	100	0	32

Un certain nombre de souches ont une croissance importante à 12°, parfois même plus importante que la croissance à 24° : on obtient donc pour ces espèces préférant les températures faibles un chiffre négatif : c'est le cas de *C. pausiaca*, *C. concava*, *C. festiva*, *C. festivoïdes* et *C. serotina*.

D'autres espèces ont un comportement inverse : il s'agit de *C. catinus*, *C. aff. costata* et *C. nuoljae*.

#### 4° COMPORTEMENT DES SOUCHES À 30°

A cette température aucun des mycéliums de ces *Clitocybes* alpins ne s'est développé.

Il est curieux de remarquer que l'intervalle de température dans lequel la croissance est possible est beaucoup plus important en-dessous de l'optimum qu'en-dessus. L'écart entre la température optimale et la température maximale est faible, de l'ordre de 6° à 12°.

Des résultats similaires ont été obtenus par N. FRIES (1949) avec des espèces du genre *Mycena*. HUMPHREY et SIGGERS (1933) ont pour leur part remarqué que les champignons destructeurs du bois qu'ils avaient étudiés ne se développaient plus pour des températures supérieures de 6° à la température optimale, ceci pour les espèces ayant un optimum inférieur à 28°.

Ces *Clitocybes* sont donc capables de supporter des températures basses (inférieures de 14° ou 20° à leur optimum) alors qu'ils ne résistent pas à des températures pourtant peu supérieures à la température optimale. En effet, les souches qui ont subi pendant 3 semaines les températures extrêmes de 4° ou de 30° ont été ensuite placées à 18° et nous avons pu alors constater que, de toutes les souches ayant subi précédemment une température de 30°, aucune n'a montré un début de croissance, alors que toutes celles qui ne s'étaient pas développées à 4° ont repris une croissance normale au cours de cette deuxième phase.

### CONCLUSIONS - DISCUSSION

Les *Clitocybes* alpins étudiés ont une bonne croissance à des températures relativement basses (12° - 18°C), en tout cas nettement plus faibles que celles autorisant en général la croissance maximale de la plupart des Agaricales, exception faite des *Mycènes* étudiées par N. FRIES (1949).

Il nous semble possible d'établir une relation entre ces résultats obtenus en culture pure et les conditions de vie de ces champignons dans leur habitat naturel. La remarquable faculté de croissance de ces *Clitocybes* aux basses températures, peu fréquente chez les Agaricales, semble

CROISSANCE DES MYCÉLIUMS DE CLITOCYBES ALPINS

être une adaptation de ces espèces aux conditions climatiques de la zone alpine.

A défaut de relevés précis de la température des sols dans lesquels se développent ces mycéliums, nous avons tenu compte de l'exposition des lieux de récolte.

Les différentes espèces de Clitocybes peuvent alors être rangées en 2 catégories :

— dans un premier groupe nous avons placé les Clitocybes récoltés dans des endroits bien exposés, en général secs (pierriers par exemple). Ces champignons se trouvent associés aux Dryas et Hélianthèmes;

— dans un 2<sup>e</sup> groupe, nous avons placé les Clitocybes récoltés dans des endroits plus froids et plus humides exposés généralement au Nord (tabl. IV).

TABLEAU IV

	Espèces	Température optimale	Croissance à 4° C	Préférence 12°/24°
Stations bien exposées	<i>C. marginella</i>	18	+	
	"	24	+	
	<i>costata</i>	18-24		
	<i>catinus</i>	18-24		
	<i>subalmonea</i>	18-24		
	<i>lateritia</i>	18-24		
	"	18	+	
	<i>gracilipes</i>	18		
Stations plus froides	<i>C. serotina</i>	18	+	
	"	18	+	+
	<i>festiva</i>	12-18	+	
	"	18	+	
	"	18-24	+	+
	<i>festivoides</i>	18	+	
	"	18		+
	<i>concava</i>	18	+	
"	18		+	
	<i>pausiaca</i>	18	+	+

En examinant ce tableau, nous constatons qu'il existe une relation assez étroite entre les mesures effectuées au laboratoire et les conditions microclimatiques de l'habitat naturel des différentes espèces. Les souches récoltées dans les endroits froids et humides ayant en général un optimum à 18° sont également capables de pousser à 4° et se développent mieux à 12° qu'à 24°.

Il est intéressant de remarquer que la plupart des champignons se développant à 4° sont des espèces propres à la zone alpine ou du moins connues comme telles pour le moment (D. LAMOURE, 1972). Au contraire, les espèces ayant une température optimale relativement élevée se rencontrent aussi en zone sylvatique, à l'étage subalpin et en plaine : par exemple : *C. costata*, *C. catinus* et *C. subsalmonea*.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BACH, E. (1956). — The agaric *Pholiota aurea*. Physiology and ecology. *Dansk. Botan. Ark.*, 16, 220 p.
- DEBAUD, J.C. (1973). — Recherches sur les mycéliums de *Clitocybes* alpins en culture pure. Thèse Doct. de Spécialité. Université de Lyon.
- FRIES, N. (1949). — Culture studies in the genus *Mycena*. *Svensk. Botan. Tidskr.*, 43, 316-342.
- HUMPHREY, C.J., SIGGERS, P.V. (1933). — Temperature relations of wood-destroying fungi. *J. Agric. Res.*, 47, 997-1008.
- LAMOURE, D. (1972). — Agaricales de la zone alpine. Genre *Clitocybe*. *Travaux Scientifiques du Parc de la Vanoise*, 2, 107-152.

# SUPPLÉMENT A L'INVENTAIRE DES MACROLÉPIDOPTÈRES ET PYRALIDES DU PARC DE LA VANOISE

par J. BOURGOGNE (1)

**Résumé.** — De nouvelles prospections, ajoutant 134 espèces à l'inventaire de 1973, ont en outre fait découvrir, dans le Sud du Parc de la Vanoise, une série de Lépidoptères méridionaux qui n'y étaient pas connus.

**Summary.** — New investigations in the south of the Parc de la Vanoise adding 134 species to the list of 1973, have enabled to discover a series of southern Lepidoptera, up to now unknown in this region.

Depuis la publication du premier inventaire (tome III, 1973, p. 115-131), 134 espèces n'y figurant pas ont été découvertes dans le Parc de la Vanoise. Ces nouveautés proviennent presque toutes d'observations effectuées de 1972 à 1974, d'une part par M. P. LERAUT dans la région de Peisey-Nancroix, d'autre part par moi-même à Pralognan et surtout en Haute-Maurienne; mentionnons en outre les intéressantes découvertes de MM. R. BUVAT, J. BAROU et Y. de LAJONQUIÈRE.

Le nombre de Macrolépidoptères et Pyralides connus du Parc se monte ainsi à 642.

Les pentes de la rive droite de l'Arc, principalement dans la région d'Aussois, m'ont révélé l'existence de plusieurs espèces très peu connues en France — certaines nouvelles pour la Savoie — et d'éléments méridionaux dont la présence, assez surprenante en raison de la latitude, s'explique par le caractère méridional du biotope (pentes calcaires exposées au midi). Cette faune locale, d'altitude modérée (1 200 - 1 500 m), présente de frappantes analogies avec celles des Hautes-Alpes (Queyras ou Valouise, par exemple).

(1) Museum National d'Histoire naturelle, Laboratoire d'Entomologie générale et appliquée, 45 bis, rue de Buffon, 75005 Paris.

Les déterminations difficiles (*Eupithecia*, *Hoplodrina*, ...) ont été contrôlées par une étude de genitalia; pour les *Geometridae*, il a été fait appel à la compétence de M. C. HERBULOT, que je tiens à remercier vivement.

Les abréviations sont les mêmes que dans le premier inventaire, mais on y ajoutera : A = environs d'Aussois; SB = col du Petit Saint-Bernard; (PL) = observation Patrice LERAUT. Comme précédemment, l'indication de l'auteur a été omise lorsqu'il s'agit de mes observations personnelles.

### Zygaenidae

*Zygaena hilaris* Ochs. - A [40].

### Pyralidae

#### Phycitinae

<i>Acrobasis tumidana</i> Schiff. - N (PL).	<i>Divona dilucidella</i> Dup. - A (RB).
<i>A. consociella</i> Hb. - N (PL).	<i>Pempelia dilutella</i> Hb. - N (PL).
<i>A. noctuana</i> Hb. - N (PL).	<i>P. subornatella</i> Dup. - A.
<i>Eurhodope marmorea</i> Haw. - N (PL).	<i>Assara terebrella</i> Zk. - P, N (PL).
<i>E. suavella</i> Zk. - N (PL).	<i>Euzophera pinguis</i> Haw. - N (PL).
<i>Salebria obductella</i> Z. - N (PL).	<i>E. cinerosella</i> Z. - N (PL).
<i>S. semirubella</i> Scop. - N (PL).	<i>Homoeosoma sinuellum</i> Fab. - N (PL).
<i>Nephoteryx hostilis</i> Stph. - N (PL).	<i>Phycitodes ibnaevella</i> Hb. - N (PL).
<i>Selagia argyrella</i> Schiff. - N (PL).	<i>Vitula biviella</i> Z. - N (PL).
<i>Phycita spissicella</i> Fab. - N (PL)	<i>Ephestia kuehniella</i> Z. - N (PL).
[41].	<i>E. elutella</i> Hb. - N (PL).

### Crambinae

<i>Agriphila inquinatella</i> Schiff. - N (PL).	<i>C. pinella</i> L. - A, N (PL).
<i>Catoptria myella</i> Hb. - N (PL) [42].	

### Scopariinae

<i>Witlesia mercurella</i> L. - N (PL) [43].	<i>S. basistrigalis</i> Knaggs. - N (PL).
<i>W. centurionalis</i> Hb. - N (PL).	<i>S. cembrella</i> L. - N (PL).
<i>Scoparia dubitalis</i> Hb. - N (PL).	

### Pyraustinae

<i>Evergestis permundalis</i> Marion. - A.	<i>Udea fulvalis</i> Hb. - N (PL).
<i>Dolicharthria punctalis</i> Schiff. - A,	<i>Udea olivadis</i> Schiff. - N (PL).
N (PL).	<i>Pyrausta nigrata</i> (Scop. - N (PL)
<i>Haritala ruralis</i> Scop. - N (PL).	[44].

*Mecyna lutealis* Dup. - A.  
*M. flavalis* Schiff. - N(PL).

*P. Palealis* Schiff. - N (PL).

### **Pyralinae**

*Synaphe angustalis* Schiff. - N(PL). *Hypsopygia costalis* Fab. - N(PL).

### **Endotrichinae**

*Endotricha flammealis* Schiff. -  
N (PL).

### **Geometridae**

#### **Larentiinae**

*Venusia cambrica* Curt. - P, N(PL).

*Minoa murinata* Scop. - P.

*Entephria nobiliaria* H.S. - M, I(PL),  
SB (PL).

*E. contestata* Vorbr. - A. P(LV) [45].

*E. flavicinctata* Hb. - M.

*E. infidaria* Delah. - A.

*Anticlea derivata* Schiff. - P.

*Pelurga comitata* L. - N(PL).

*Coenotephria ocellata* L. - A.

*Chloroclysta siterata* Hfn. - N(PL).

*Hydriomena coerulea* Fab. - N(PL).

*Rheumaptera cervinalis* Scop. -  
N (PL).

*Eupithecia silenata* Assm. - P [46].

*E. dissertata* Pung. - V (Y. de La-  
jonquière) [47].

*E. extraversaria* H.S. - A.

*E. trisignaria* H.S. - P (E.P. Wilt-  
shire).

*E. albipunctata* Haw. - P (E.P. Wilt-  
shire).

*E. millefoliata* Rössler. - A.

*E. euphrasiata* H.S. - A.

*Perizoma affinitata* Stph. - A.

*P. bifasciata* Haw. - A.

*P. incultaria* H.S. - P, I(PL), SB  
(PL) [48].

*Scotopteryx octodurensis* Favre. -  
A, N(PL) [49].

*Catarhoe rubidata* Schiff. - N(PL).

*Epirrhoe galiata* Schiff. - A.

#### **Sterrhinae**

*Idaea typicata* Cn. - A [49].

*I. moniliata* Schiff. - N(PL).

*I. calunetaria* Stgr. - A.

*I. dilutaria* Hb. - A.

*I. humiliata* Hfn. - A.

*Cyclophora puppillaria* Hb. - N(PL).

*Scopula decorata* Schiff. - A.

*S. marginepunctata* Göze. - N(PL).

*Rhodostrophia vibicaria* Cl. - A.

#### **Ennominae**

*Semiothisa liturata* Cl. - A.

*S. carbonaria* Cl. - A (RB et J. Ba-  
rou) [50].

*Opisthograptis luteolata* L.-P.

*Alcis jubata* Thnbg. - N(PL).

*Cabera pusaria* L. - N(PL) [51].

*Gnophos obscurata* Schiff. - A, N  
(PL).

*Peribatodes secundaria* Esp. - N(PL).    *G. andereggaria* Lah.-SB (PL) [52].  
*Deileptenia ribeata* Cl. - V(P. Vi-    *Catascia dognini* Th.-Mieg. - A.  
gneau).

### **Geometrinae**

*Thetidia smaragdaria* Fab. - A.

### **Drepanidae**

*Drepana lacertinaria* L. - P.

### **Noctuidae**

#### 1. Quadrifides

*Porphyrinia polygramma* Dup. - A.    *Ectypa glyphica* L.-P.  
*Emmelia trabealis* Scop. - A.    *Lygephila lusoria* L.-A.  
*Nycteola revayana* Scop. - M.

#### 2. Trifides

### **Noctuinae**

*Agrotis cinerea* Schiff. - A.    *Ch. andereggii* Bdv. - A.  
*A. exclamationis* L.-A.    *Ch. multangula* Hb. - A.  
*Ochropleura renigera* Hb. - A.    *Noctua pronuba* L.-A.  
*O. forcipula* Schiff. - A.    *Opigena polygona* Schiff. - A.  
*O. candelisequa* Schiff. - A.    *Diarsia brunnea* Schiff. - A.  
*O. flammatra* Schiff. - A.    *Amathes triangulum* Hfn. - A [54].  
*O. musiva* Hb. - P, A.    *A. collina* Bdv. - P(E.P. Wiltshire).  
*Chersotis rectangula* Schiff. - A [53].    *Eurois occulta* L. - M.

### **Hadeninae**

*Heliophobus texturata* Alph. - V(Y.    *Xylomyges conspicillaris* L. - P.  
de Lajonquière) [55].    *Mythimna sicula* Tr. - A.

### **Cucullinae**

*Cucullia absinthii* L. - A.

### **Apatelinae**

*Cryphia raptricula* Schiff. - A.

### **Amphipyriinae**

- Autophila hirsuta* Stgr. - Bonneval (H. Stempffer).  
*Apamea lithoxyloae* Schiff. - A.  
*A. sublustris* Esp. - A.  
*A. ophiogramma* Esp. - P.
- Hoplodrina alsines* Brahm. - A.  
*H. blanda* Schiff. - A.  
*H. superstes* Ochs. - A.  
*H. respersa* Schiff. - A.  
*Caradrina selini* Bdv. - A.

### **Melicleptriinae**

- Chloridea peltigera* Schiff. - P.

### **Arctiidae**

- Celama subchlamydula* Stgr. - A [56]. *Ocnogyna parasita* Hb. - M (RB).

### **Lasiocampidae**

- Selenephera lunigera* Esp. - P [57].

### **Hesperiidae**

- Carterocephalus palaemon* Pall. - P.

### **Pieridae**

- Pieris brassicae* L. - N (PL).  
*P. rapae* L. - A, N (PL).  
*P. napi* L. - A, N (PL).
- Colias australis* Vty. - A.  
*Gonepteryx rhamni* L. - A.

### **Nymphalidae Satyrinae**

- Aphantopus hyperantus* L. - Champagne-le-Bas.

## **COMMENTAIRES**

40. Les deux races de *Zygaena fausta* ont été retrouvées en plusieurs exemplaires début août 1974 : celle sans anneau abdominal rouge aux environs du Fornet (à l'Est de Val d'Isère), prairies à 2 100 m d'altitude;

la race à anneau rouge ne m'est connue en Vanoise que des pentes de la rive droite de l'Arc, ayant été reprise, en compagnie de *Z. hilaris* défraîchi, en forêt (1 500 m) au-dessus de Sollières-Sardières.

41. *Hypochalcia lignella*, antérieurement cité, se rencontre en abondance en plein jour, dans les prairies d'altitude, au moins jusqu'à 2 500 m, qui dominent Aussois et Sardières : Roc des Corneilles, la Loza.

42. *Catoptria mytilella* existe aussi à Aussois, mi-juillet.

43. *Scoparona centuriella*, connu de Vanoise seulement de la région de Pralognan, a été observé en trois exemplaires, posé à même le sol, au Plan d'Amont (2 100 m) au-dessus d'Aussois (30-VII-1974).

44. *Pyrausta porphyralis*. Repris en un unique exemplaire, volant en plein jour, sur le sentier d'Aussois au col d'Aussois à 2 800 m (30-VII-1974).

45. *Entephria contestata*. Absent du Catalogue Lhomme; découvert en 1952 seulement en France, où il habite surtout les Alpes méridionales.

46. *Eupithecia silenata*. Très peu signalé de France (Vosges, Savoie) et absent du Catalogue Lhomme. Un exemplaire observé près de Pralognan, sous le Cirque du Génépy à 2 300 m.

47. *Eupithecia dissertata*. Egalement rare en France. Pris par M. Y. de LAJONQUIÈRE le 14-VII-1954 à Val d'Isère même.

*E. actaeata*, cité dans la liste de 1973, vient d'être pris à Aussois.

48. *Perizoma incultaria*. Non répertorié mais figuré (pl. I, fig. 16) en 1973; observé vers 2 300 m dans la montée du Cirque du Génépy, près de Pralognan, en trois exemplaires posés sur rochers abritant la plante nourricière, une Primevère d'altitude.

Le Catalogue Lhomme indique *Euphyia scriptura* Hb. de « Modane ».

49. Les noms génériques de *Phasiane* Dup. et *Sterrha* Hb. ont été récemment remplacés respectivement par *Scotopteryx* Hb. et *Idaea* Tr.

50. *Semiothisa carbonaria*. Connu de France par un seul exemplaire (Massif des Ecrins), a été découvert début juin 1972 par MM. R. BUVAR et J. BAROU au-dessus de Modane (l'Orgère) et près de Termignon.

51. *Hylaea fasciaria*. Contrairement à Pralognan (forme verte de l'Épicéa), la région d'Aussois renferme les formes rouge et brune des Pins.

52. *Gnophos andereggaria* Lah. Espèce alpine nouvelle pour la France, découverte (une ♀) en 1974 par M. P. LERAUT au col du Petit Saint-Bernard.

53. *Chersotis rectangula*. La capture d'un exemplaire à Aussois (1 500 m) étend beaucoup vers le Nord l'aire de l'espèce en France, connue jusqu'ici d'un très petit nombre de localités des Hautes-Alpes et de Haute-Provence.

54. *Amathes ditrapezium*, cité par erreur, est à rayer de la liste de 1973.

55. *Heliophobus texturata*. Espèce découverte en France à Val d'Isère même le 9-VII-1954 par M. Y. de LAJONQUIÈRE, par une unique ♀, qui semble être restée le seul exemplaire français connu jusqu'ici.

56. *Celama subchlamydula*. Aussois (1 ♀ le 13-VII-1974) semble représenter la limite septentrionale pour la France de ce *Nolinae* connu des Alpes méridionales.

57. *Selenephera lunigera*. Espèce rarement signalée, qui aurait dû figurer dans la liste de 1973 : deux mâles récoltés dans l'agglomération même de Pralognan, début août 1926; apparemment non revue depuis en Vanoise.

IMPRIMERIE LOUIS-JEAN  
*Publications scientifiques et littéraires*  
TYPO - OFFSET  
05002 GAP - Téléphone 51-35-23 \*  
Dépôt légal 60-1976