



Description bibliographique : **Science et nature, par la photographie et par l'image, n°75, mai-juin 1966**

Source : Paris - Muséum national d'histoire naturelle/Direction des bibliothèques et de la documentation

Les textes numérisés et accessibles via le portail documentaire sont des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public ou pour lesquelles une autorisation spéciale a été délivrée. Ces dernières proviennent des collections conservées par la Direction des bibliothèques et de la documentation du Muséum. Ces contenus sont destinés à un usage non commercial dans le respect de la législation en vigueur et notamment dans le respect de la mention de source.

Les documents numérisés par le Muséum sont sa propriété au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

Les reproductions de documents protégés par un droit d'auteur ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

Pour toute autre question relative à la réutilisation des documents numérisés par le MNHN, l'utilisateur est invité à s'informer auprès de la Direction des bibliothèques et de la documentation : patrimoinedbd@mnhn.fr

Science

et
Nature

PAR LA PHOTOGRAPHIE ET PAR L'IMAGE



CHELMON ROSTRATUS
FAMILLE DES
CHAETODONTIDÉS

(Kodachrome Pecolato)

N° 75 - MAI-JUIN 1966
3 F. (38 F. B.)

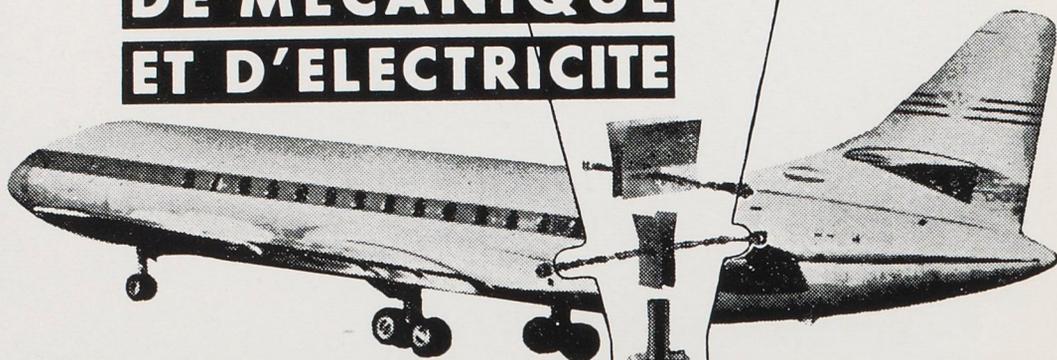
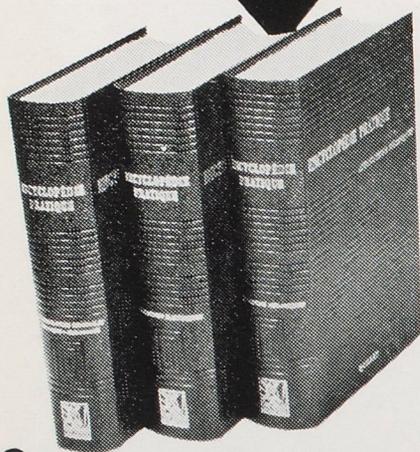
au



même de la technique

avec

L'ENCYCLOPEDIE PRATIQUE DE MECANIQUE ET D'ELECTRICITE



Rédigée pour vous,

Sous la direction de Monsieur Henri Desarces, Ingénieur des Arts et Manufactures, par une élite de techniciens et de praticiens, qui vous feront bénéficier de leurs connaissances scientifiques et professionnelles et de l'expérience acquise au cours de leur carrière. Suivant la méthode autodidactique QUILLET, claire et simple, qui permet de comprendre vite et bien grâce à son enseignement par l'image.

Vous découvrirez dans ces 3 volumes

- Le moyen d'acquérir des connaissances étendues et approfondies pour tous les professionnels qui ont l'ambition de se perfectionner afin d'améliorer leur situation matérielle. A tous ceux qui s'intéressent aux tout derniers progrès de la technique, elle fournit l'explication lumineuse d'une foule de problèmes de prime abord obscurs et compliqués.
- L'anatomie des machines. Des modèles démontables en couleurs, articulant tous les organes mécaniques et électriques d'une machine, présentant d'une façon vivante son agencement et son fonctionnement.
- Des renseignements techniques immédiats. De la plus simple installation électrique au fonctionnement complexe des turbo-alternateurs de 75 000 K.V.A. Du poste de télévision au radar. Du moteur de voiture à l'utilisation de l'énergie nucléaire.
- Les méthodes les plus modernes, au service des toutes dernières créations de l'industrie. Depuis la guerre, des réalisations considérables, des matériaux, des noms nouveaux frappent chaque jour vos yeux et vos oreilles : Cybernétique, Électronique, Électro-métallurgie, Radioactivité, Détection électrique, etc... vous trouverez l'explication de ces sujets passionnants dans cet ouvrage, ainsi que les renseignements qui vous permettront de démonter un moteur, d'installer votre éclairage domestique, de suivre la tarification de vos compteurs et les caprices de votre téléphone.
- Un guide pratique, quotidien, pour vos travaux de mécanique et d'électricité.

3 forts volumes

artistiquement reliés
sous couverture extra-
rigide vert foncé
format 20 x 28

3 818 pages

7 316 photos, schémas,
coupes, abaques, plans gra-
phiques, diagrammes, etc...

nombreuses illustrations
in-texte en typographie
hors-texte en héliogravure

Des hors-texte couleurs en
offset

Des modèles démontables
en couleurs.

$$Z_x = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{C + j\omega C}}$$

LES SCIENCES A VOTRE PORTÉE

BULLETIN DE COMMANDE S. N.

Je soussigné, déclare acheter un exemplaire de **L'ENCYCLOPÉDIE PRATIQUE DE MÉCANIQUE ET D'ÉLECTRICITÉ** en 3 volumes que je m'engage à payer (*)
C.C.P. Paris 91.01

a) au comptant: 292 F; b) 297 F en 3 versements mensuels de 99 F; c) à terme:
306 F en 9 versements mensuels de 34 F; 320 F en 16 versements mensuels de 20 F.

Nom Prénoms

Domicile, rue Département

Ville A livrer au domicile - à l'emploi (*)

Profession Adresse de l'emploi

(*) Rayer les mentions inutiles • Date Signature

BON gratuit S. N.
de documentation
sur les trois volumes de

**L'ENCYCLOPÉDIE
PRATIQUE
DE MÉCANIQUE
ET D'ÉLECTRICITÉ**

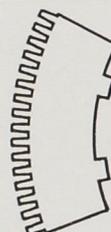
Nom

Prénoms

Domicile, rue

Ville

Département



Découper simplement ce bulletin ou ce bon et l'envoyer à la

LIBRAIRIE ARISTIDE QUILLET

SOCIÉTÉ ANONYME D'ÉDITION AU CAPITAL DE 3 960 000 FRANCS

LA MAISON DES ENCYCLOPÉDIES

278, boulevard Saint-Germain — PARIS (VII^e)



REVUE DE LA SOCIÉTÉ DES AMIS DU MUSÉUM

publiée sous le patronage et avec le concours du
MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

.....

SOMMAIRE

Les Laminariales des côtes de France, par J.-M. FAVRE et D. DUVIARD	2
Le deuxième Salon de l'Aquariophilie, par J. ARNOULT	11
La propagation des spores dans l'air - Utilisation d'un capteur - Mesures, par Ch. ZAMBETTAKIS	19
Gravimétrie et géologie, par Ph. OLIVE	37
Les Œufs d'oiseaux marins indicateurs de pollution par résidus d'insecticides et autres pesticides, par Dr N.W. MOORE et J.O'G. TATON	47

REVUE BIMESTRIELLE

ABONNEMENTS

1 an ★ 6 numéros

FRANCE ET U. F.. 15 F.

ÉTRANGER 18 F

BELGIQUE 227 fr b.

Librairie des Sciences - R. STOOPS
76, Coudenberg - BRUXELLES
C. C. P. 674-12

CANADA & USA.. \$ 4.57

PERIODICA, 5112, Av. Papineau,
MONTREAL - 34

ESPAGNE..... 160 pts

Librairie Française, 8-10, Rambla
del Centro - BARCELONE

Librairie Franco-Espagnole, 54, ave-
nida José Antonio - MADRID

CHANGEMENT D'ADRESSE

Prière de nous adresser la
dernière étiquette et joindre
0,40 francs en timbres.

COMITE DE PATRONAGE :

Président : M. Roger HEIM, membre de l'Institut ; MM. les Professeurs
Maurice FONTAINE, membre de l'Institut, Directeur du Muséum National
d'Histoire Naturelle ; Théodore MONOD, membre de l'Institut ; Edouard-
Marcel SANDOZ, membre de l'Institut ; Henri-Victor VALLOIS.

COMITE DE LECTURE :

MM. les Professeurs Jacques BERLIOZ, Lucien CHOPARD, Yves LE GRAND,
M. Jean-François LEROY, M. Georges BRESSE, Inspecteur général des
Musées d'Histoire Naturelle de Province.

Directeur-Editeur : André MANOURY

Comité de Rédaction : Georges TENDRON - Irène MALZY

Rédaction : MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, 57, rue Cuvier, Paris 5^e - GOB. 26-62

Administration : 12 bis, Place Henri-Bergson, PARIS 8^e — LAB. 18-48

C.C.P. « Science et Nature » 16494-71

Jean-Michel FAVRE

Assistant
à la Faculté
des Sciences d'Orsay.

et

Dominique DUVIARD

Licencié
ès Sciences Naturelles.

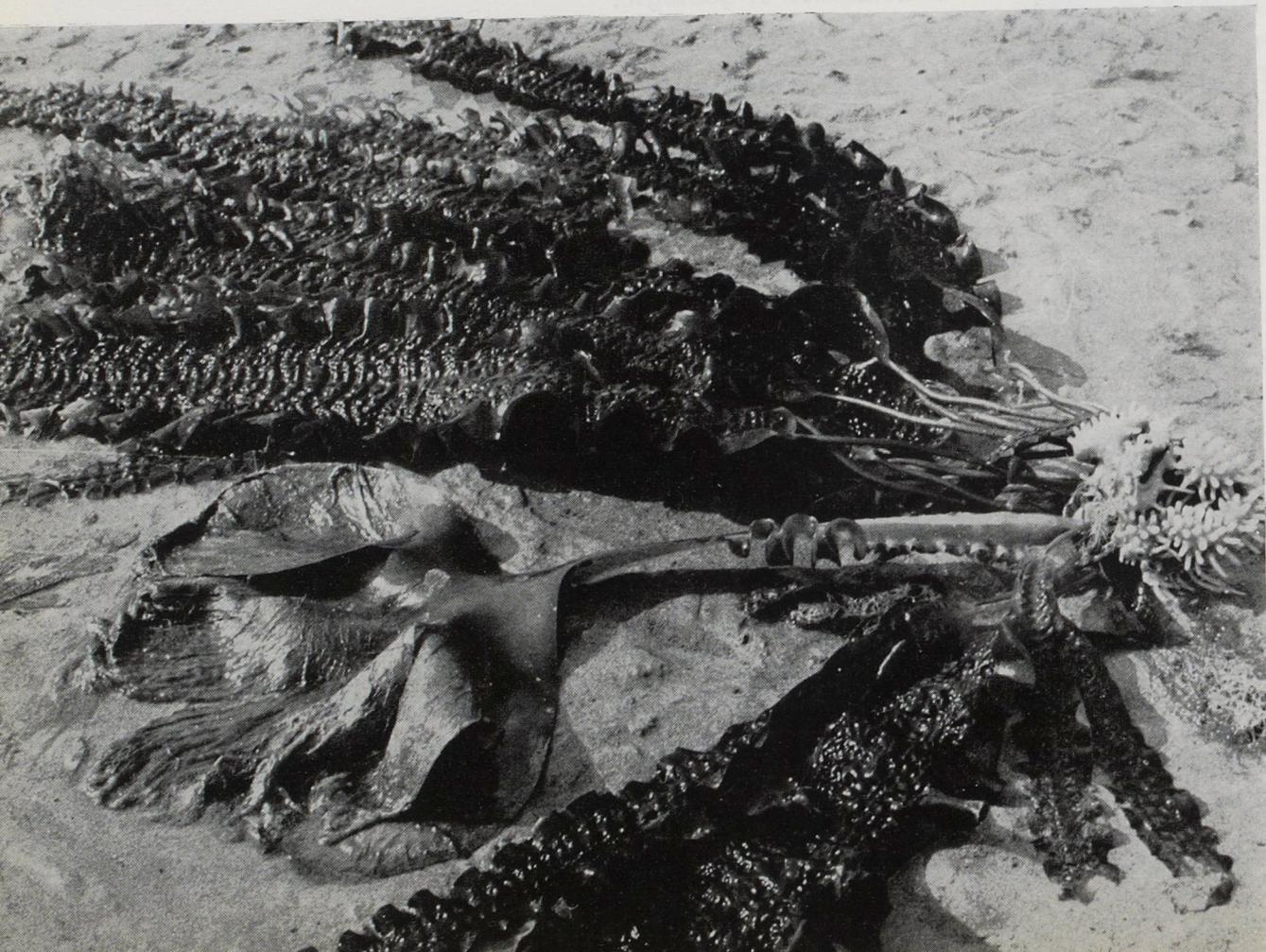
On oppose souvent les THALLOPHYTES (Algues et Champignons essentiellement) aux ARCHÉGONIÉS, ou encore — grosso modo — les Végétaux Inférieurs aux Végétaux Supérieurs. Cette distinction repose sur des raisons dont l'exposé n'est pas le but du présent article.

A elles seules les Algues composent un uni-

vers, où l'on ne compte pas moins de onze classes différentes, divisions établies sur la couleur de ces végétaux, correspondant — comme on s'en est rendu compte par la suite — à des ensembles de pigments photosynthétiques différents.

L'observateur attentif de la Nature qui se

Fig. 1 - Laminaires échouées : *Laminaria saccharina*, *Saccorhiza bulbosa* (Ile d'Yeu 1965).

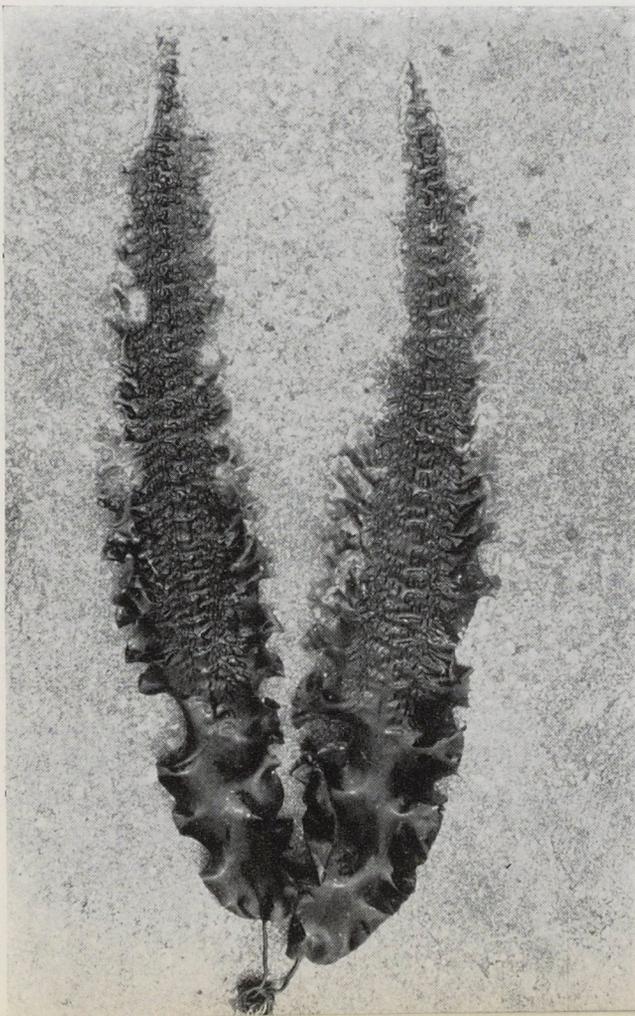


Les Laminariales des côtes de France

penche sur le monde « inférieur » des Algues, et plus particulièrement sur le « petit » groupe des PHAEOPHYCÉES, n'est pas sans éprouver quelque étonnement.

Le Taxonomiste divise en trois classes la division des PHAEOPHYCÉES, d'après leur cycle de reproduction : *Isogeneratae*, *Heterogeneratae*, *Cyclosporeae*.

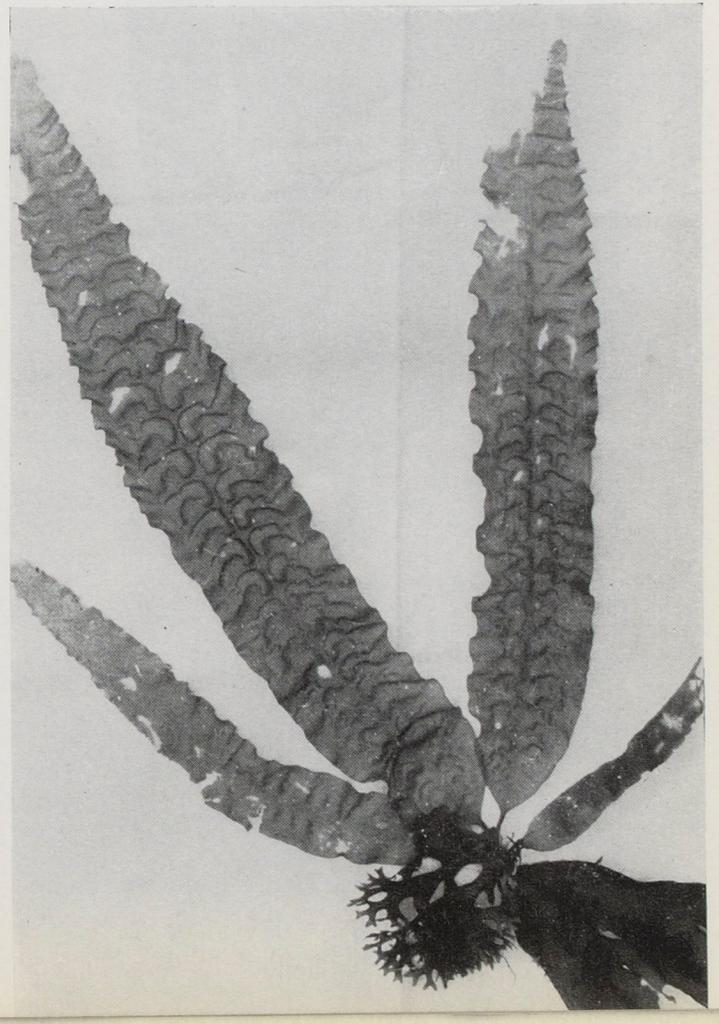
Fig. 2b - *Laminaria saccharina* : deux individus adultes.



La classe des Heterogeneratae est subdivisée en plusieurs ordres, dont celui des Laminariales.

« Heterogeneratae » signifie que, dans la vie d'une Algue de ce type, les phases sporophytiques (à $2n$ chromosomes) et gamétophytiques (à n chromosomes) sont nettement

Fig. 2a - *Laminaria saccharina* : quatre stades jeunes se développant en épiphytes sur *Chondrus crispus* ; on voit l'apparition progressive du godronnage.





séparées et surtout d'importance très inégale. Si les gamétophytes sont petits, filamenteux (*Laminaria*) voire unicellulaires (*Saccorhiza*), le sporophyte est, lui, imposant, puisque ce sont ses différentes formes que nous connaissons bien, pouvant atteindre plusieurs mètres le plus souvent.

On peut décrire plusieurs familles dans les Laminariales, chacune étant caractérisée par des individus au sporophyte de grande taille (fig. 1).

La famille des CHORDACÉES n'est représentée sur notre littoral que par un seul genre et espèce : *Chorda filum* (1). C'est un long ruban cylindrique pouvant atteindre huit mètres de long. L'Algue vit dans les eaux calmes, sur les fonds sableux où elle se fixe (sur une coquille, un gravier) par une zone discoïde.

La seconde famille, celle des LAMINARIACÉES au sens le plus restreint, regroupe plusieurs espèces du genre *Laminaria*. En dehors de *Laminaria saccharina* (fig. 2), à la fronde allongée et godronnée, on décrit plusieurs espèces à fronde large et digitée, dont les définitions varient selon les auteurs.

Nous nous en tiendrons aux espèces énumérées par la Station Biologique de Roscoff dans son Inventaire (2) : *Laminaria digitata*, *L. Hyperborea*, *L. Ochroleuca* (fig. 3 a, b, c).

La famille des PHYLLARIACÉES ne comporte, sur notre littoral, qu'une seule espèce : *Saccorhiza bulbosa*, à l'énorme sporophyte, dont la lame digitée s'épanouit à l'extrémité d'un stipe épais et fort, aplati, aux bords festonnés, et ancré au rocher par un volumineux bulbe, caractéristique. Elle peut mesurer cinq mètres (fig. 4).

Enfin, dans la famille des ALARIACÉES, se trouve placée *Alaria esculenta* (fig. 5) autrefois consommée par les Ecosais et les Danois, élégante fronde en lame de glaive, souvent déchiquetée. Le stipe porte de petites excrois-

(1) Il existe en fait une seconde espèce de *Chorda* : *Chorda tomentosa* qui est beaucoup plus rare que *Chorda filum*.

(2) Inventaire de la Flore Marine de Roscoff. Editions de la S.B.R. 1954 et Additif 1964.

Fig. 3a - *Laminaria digitata*.



Fig. 3b - *Laminaria hyperborea* : remarquer les nombreuses Rhodophycées épiphytes (*Rhodomenia*) fixées sur le stipe rugueux.

Fig. 3c - *Laminaria ochroleuca* (= *L. lejolissii*). Le stipe est rigide et conique comme chez *L. hyperborea*, mais lisse ; la fronde est de teinte beaucoup plus claire (Dessin imité de Sauvageau).

sances foliacées, spécialisées, comme nous le verrons, dans la production des spores.

Comme nous l'avons dit plus haut, le sporophyte est très important et peut atteindre des dimensions de l'ordre d'une dizaine de mètres. (Chez les Laminariales des côtes américaines du Pacifique, telle *Macrocystis*, le thalle diploïde mesure jusqu'à soixante mètres).

En dehors du cas de *Chorda filum*, qui appartient à une famille relativement primitive, chez laquelle on ne peut reconnaître différentes régions du thalle; celui-ci, dans les autres familles, est typiquement composé de trois zones : une partie intermédiaire, sorte de « tige », le STIPE, qui se prolonge vers le haut par une lame aplatie de forme variable suivant les espèces : la FRONDE, et vers le bas par des CRAMPONS de fixation au substrat (fig. 6). L'importance relative de ces différentes parties varie.

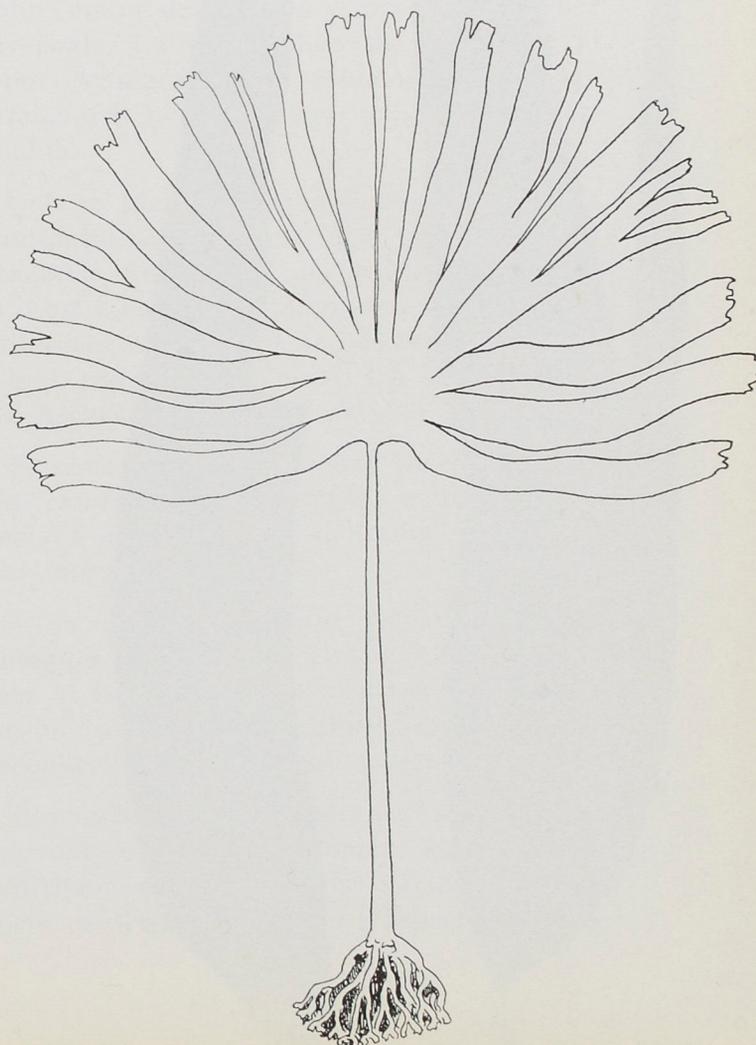
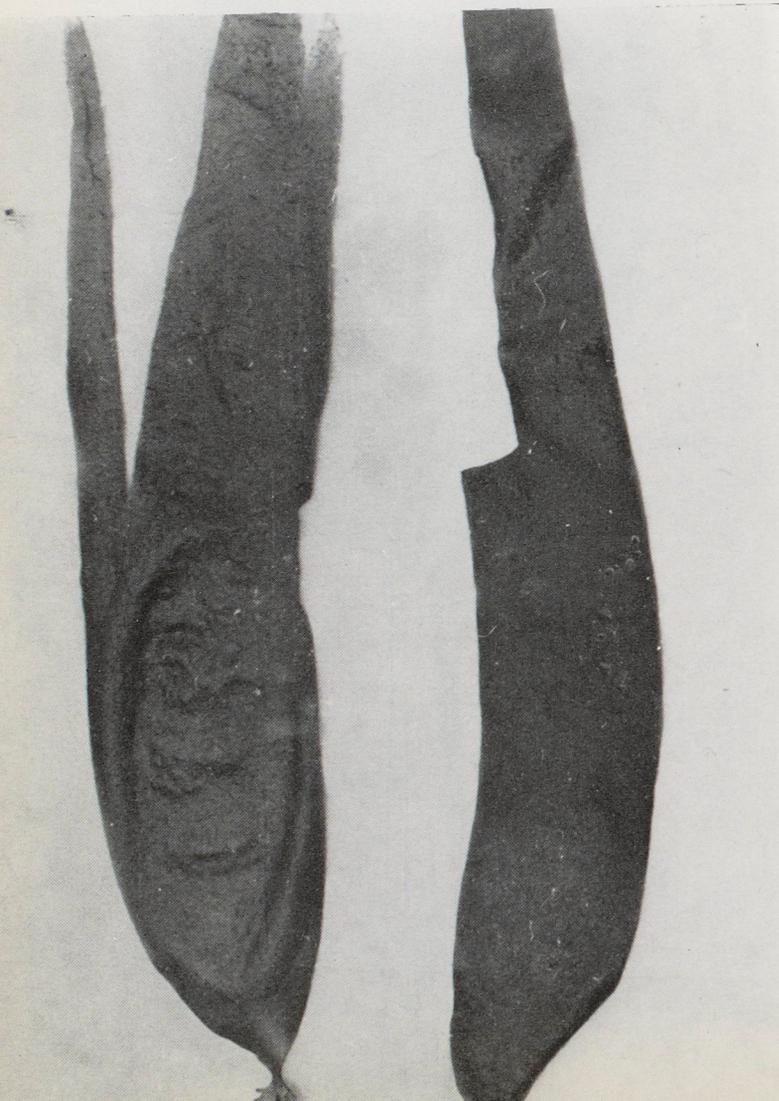




Fig. 4a - *Saccorhiza bulbosa* : individu adulte (le pied donne l'échelle). Noter la partie gaufrée du stipe, localisation préférentielle des sores.

Fig. 4b - *Saccorhiza bulbosa* : deux exemplaires jeunes montrant leur fronde entière.



Les tétrasporanges se trouvent en général à la surface de la fronde sous forme de petits bouquets de saccules ovoïdes, les sores (fig. 7). Le plus généralement ils s'y distribuent au hasard et aucune région frondale ne semble plus favorisée. Pourtant sur *Saccorhiza bulbosa* on peut remarquer une tendance à la concentration des sores sur la partie latérale ondulée du stipe. Cette évolution trouve son terme chez *Alaria esculenta* : les sores se trouvent en effet uniquement sur les lames secondaires qui sont fixées sur le stipe à la base de la lame principale.

Il y a là un exemple caractéristique d'une certaine spécialisation du thalle.

Cette spécialisation, comme nous allons le voir, est d'ailleurs beaucoup plus profonde et atteste le niveau élevé de l'organisation des Laminaires.

Un premier exemple illustrant cette organisation est le mode de croissance en longueur. On le désigne habituellement sous le nom de « croissance intercalaire ». On peut constater en effet qu'il existe, chez les Laminariales, un certain nombre de cellules assurant à elles seules la croissance longitudinale de l'Algue. Ce méristème est situé au niveau

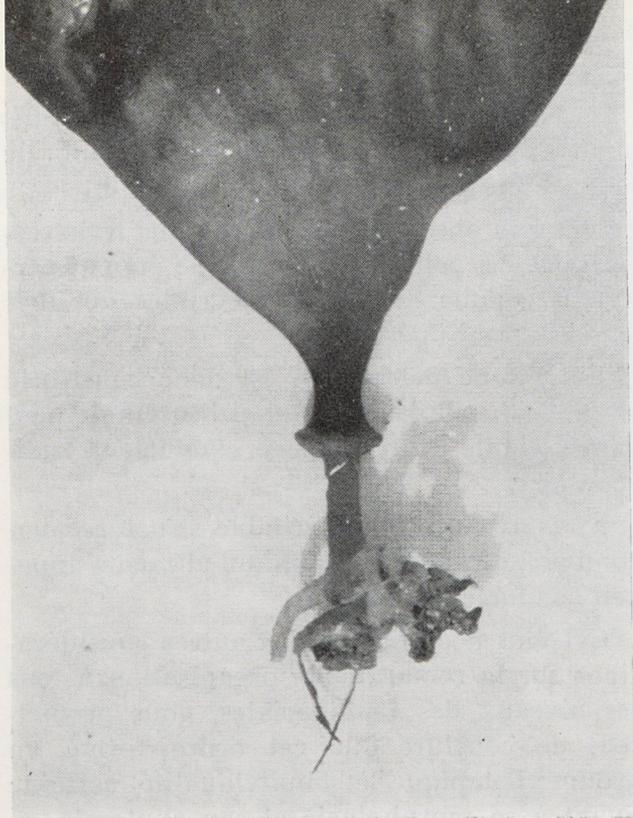


Fig. 4c - *Saccorhiza bulbosa* : stipe montrant le début de la formation de la « cloche ».

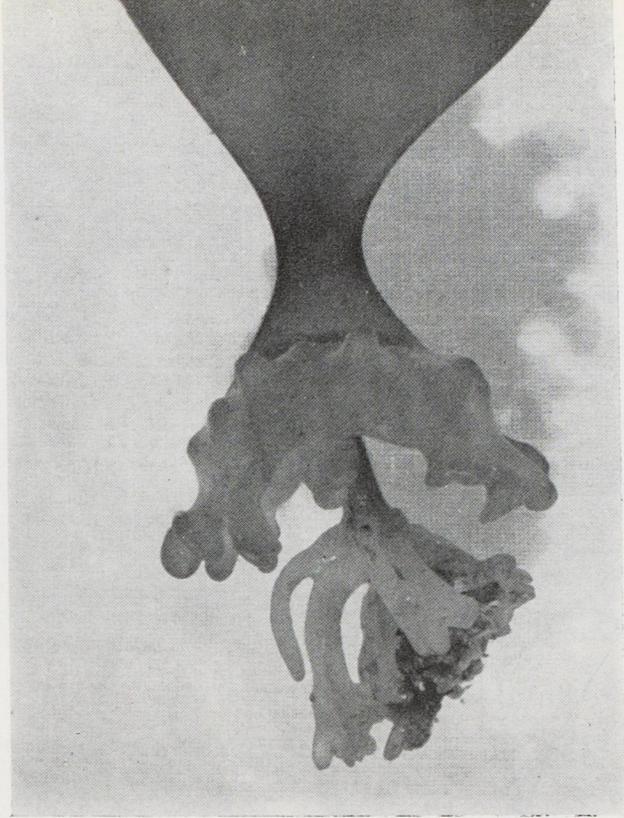


Fig. 4d - *Saccorhiza bulbosa* : la « cloche » est ici plus développée et commence à couvrir les crampons de la base du stipe ; devenue énorme elle formera le système d'ancrage chez l'adulte.

de la jonction stipe-fronde, d'où le nom d'intercalaire.

Les cellules méristématiques se divisent pour former d'un côté la lame, et de l'autre le stipe. On voit donc que le fonctionnement de ce méristème est polarisé.

Chez certaines espèces (*Laminaria saccharina*, par exemple), le méristème fonctionne de façon continue. On peut d'ailleurs observer, sur des individus d'une certaine taille, l'aspect usé, « décrépit », du sommet de la fronde, qui correspond aux parties âgées, par opposition aux régions proches du stipe, qui semblent plus « fraîches » et qui sont les plus jeunes.

Chez d'autres espèces (*Laminaria hyperborea*) il y a arrêt de fonctionnement du méristème en été. La croissance reprend en hiver et il se reconstitue ainsi chaque année une nouvelle fronde. Aussi n'est-il pas rare de trouver, au printemps, des Laminaires de ce type possédant deux frondes successives : l'ancienne, noirâtre, qui n'est pas encore totalement éliminée, et, au-dessous, la nouvelle encore plus ou moins partiellement digitée (fig. 8).

Dans ce cas, les Laminaires se présentent donc comme des plantes vivaces, à croissance hivernale. La polarisation du méristème et (pour certaines espèces seulement) son fonctionnement saisonnier sont tout à fait remarquables.

Encore plus remarquable est la structure anatomique des Laminariales. On y trouve un ensemble fonctionnel parfaitement organisé, et il est bien difficile de ne pas faire certains rapprochements et de ne pas remarquer certaines convergences entre les structures de ces Algues et celles des Plantes Supérieures.

Si nous faisons une coupe du stipe d'*Alaria esculenta* par exemple, nous pouvons, partant de l'extérieur, délimiter trois grandes zones :

— la première, étroite, est composée de quelques assises de petites cellules très serrées et bourrées de chloroplastes. Les cellules en contact avec le milieu extérieur sont recouvertes d'une épaisse cuticule.

Les assises les plus externes de cette zone peuvent se diviser activement selon un axe centripète et donner ainsi naissance à une sorte de tissu secondaire, d'aspect palissadi-

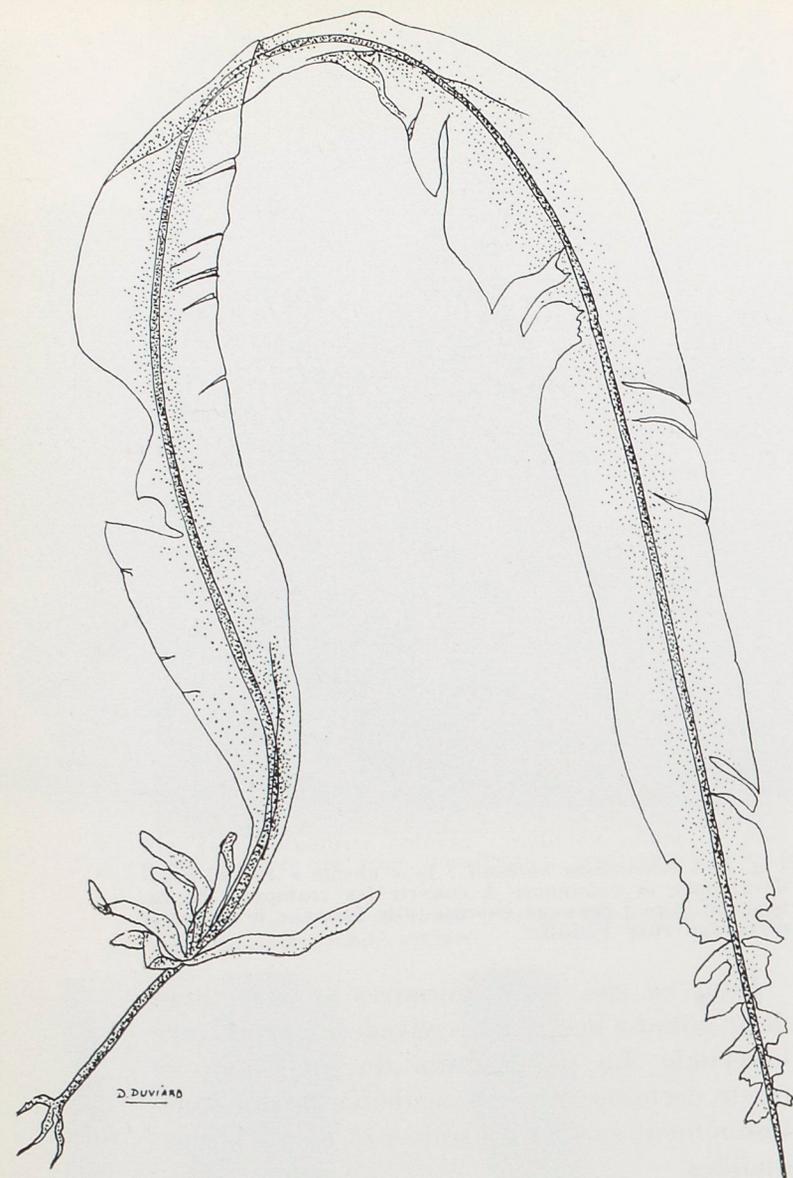


Fig. 5 - *Alaria esculenta*. D'après un individu récolté à Roscoff (1964).

que, qui, dans la grande majorité des espèces, contient des canaux mucifères.

Ce « pseudo-cambium » a reçu le nom de « méristoderme » ; c'est le principal élément assurant la croissance en épaisseur de l'Algue.

Cette première région apparaît donc comme composée de deux tissus : l'un « primaire », l'autre « secondaire ».

— Ensuite, nous trouvons un « tissu intermédiaire », zone assez épaisse, comprenant des cellules plus volumineuses que les précédentes.

— Enfin, au centre, une « zone médullaire » qui se présente comme un enchevêtrement de files cellulaires : les HYPHES.

Certaines de ces hyphes apparaissent comme des anastomoses entre les cellules du cortex interne qui se trouvent rapidement éti-

rées sous la pression du mucilage accumulé, d'où l'aspect particulier qui leur a valu le nom d'« hyphes en trompette » (fig. 9).

On a pu observer que les cloisons transversales de ces cellules en trompette étaient perforées comme de véritables cribles du liber des Plantes Supérieures.

Cette zone médullaire est donc constituée de files de cellules criblées et l'ensemble peut être assimilé à un appareil conducteur rudimentaire.

Nous avons là une véritable structure anatomique, avec tissus, cambium et même appareil conducteur.

Cet état de choses et les autres considérations sur la remarquable organisation à tous les niveaux des Laminariales, nous permettent de conclure que cet ordre forme un groupe botanique à l'individualité certaine quant à sa morphologie et son anatomie.

On retrouve cette originalité dans les particularités biologiques des Laminariales. A ce sujet, les genres *Laminaria* et *Saccorhiza* nous retiendront surtout.

Le « niveau » où l'on rencontre ces Thalophytes se situe juste au-dessous de la ceinture littorale des Fucales (*Pelvetia*, *Fucus*, *Ascophyllum*). La densité des populations est très variable et dépend de la nature du substratum.

Sur fond sableux, on rencontre parfois de très grandes *Laminaria saccharina* isolées : à l'île d'Hoedic (Morbihan), il nous fut possible de mesurer un thalle de plus de deux mètres cinquante de long sur quarante centimètres de large.

Lorsque le fond est caillouteux (comme la grève de Roscoff), les populations de *Laminaria saccharina*, découvrant à grande mer basse, sont très serrées.

Quant aux Laminariacées à lames digitées, elles demandent en général un substrat rocheux, et poussent à plus grande profondeur, ne découvrant que partiellement aux très grandes marées (fig. 10).

Le rôle des Laminaires dans la biocénose sublittorale est très loin d'être négligeable. Leurs frondes dressées verticalement sont un obstacle au déplacement d'eau en profondeur, et on peut parler d'un « microclimat »

Fig. 6 - *Laminaria saccharina* :
crampons de fixation à la base
du stipe ; remarquer la dichotomie
(Roscoff 1964).

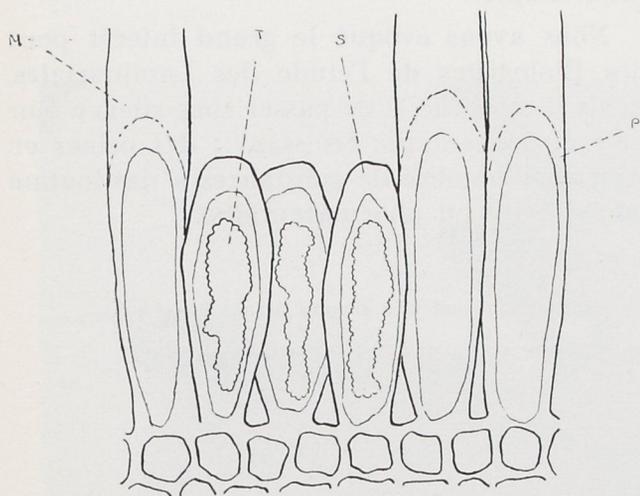
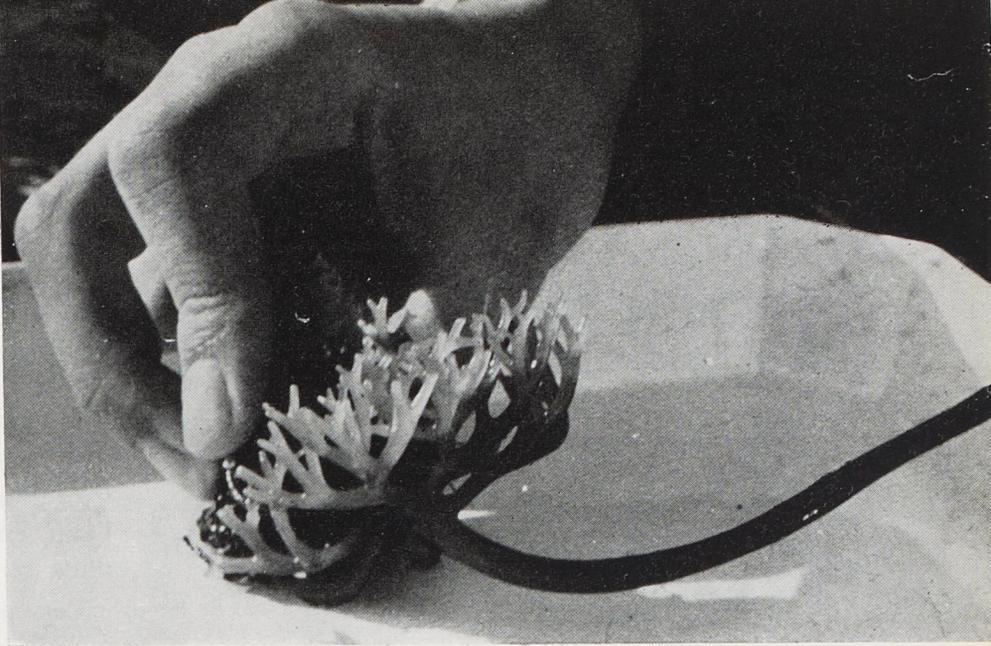
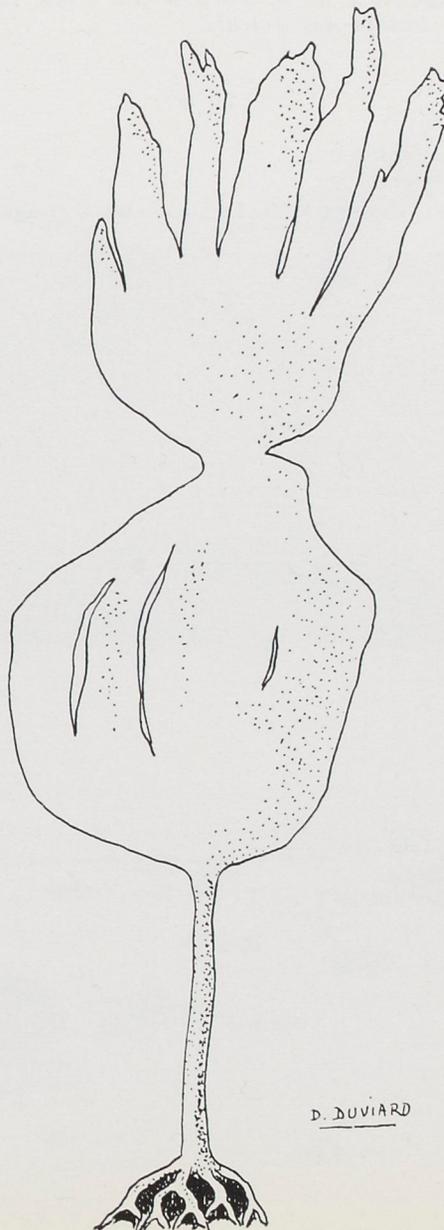


Fig. 7 - Coupe transversale au niveau de la cuticule de
Laminaria hyperborea montrant :

- les paraphyses (P), éléments stériles coiffés d'une
colonne mucilagineuse (M) qu'elles sécrètent ;
- les sporanges (S) contenant les tétraspores (T) ;
un groupe de sporanges constitue un sore.

marin des « forêts » de Laminariales (dont le thalle atteint plusieurs mètres de haut, ne l'oublions pas), qui n'est pas sans analogie avec celui de nos forêts terrestres : calme relatif du fluide environnant (accru encore par l'augmentation de la viscosité de l'eau mélangée à l'abondant mucus sécrété par ces Algues), diminution du rayonnement lumineux, par ombrage et par absorption de certaines radiations, propice à l'établissement de Rhodophycées, aux besoins spectraux différents ; celles-ci vivent en épiphytes particulièrement nombreux sur les stipes de *Laminaria hyperborea*.

Fig. 8 - Croissance saisonnière chez *Laminaria hyperborea*. D'après un individu récolté à Roscoff (1964).



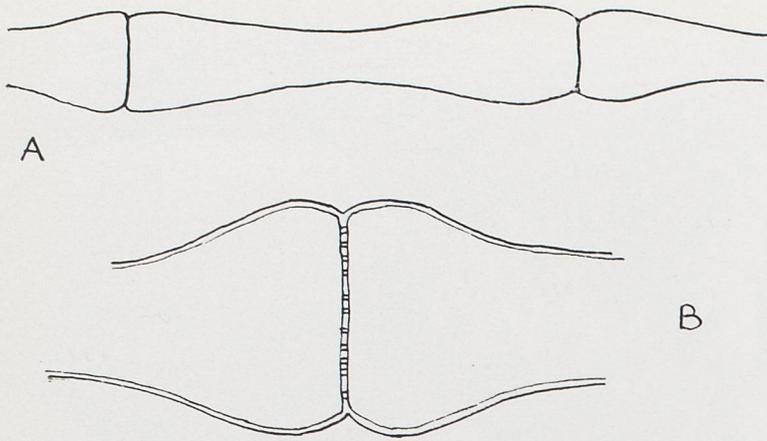


Fig. 9 - Schéma des hyphes en trompette chez *Laminaria* sp.

A. Vue d'ensemble d'une hyphe.

B. Détail de la cloison transversale criblée.

II Photographies de D. DUVIARD (Ile d'Yeu 1965, sauf fig. 6) 5 Dessins des Auteurs.

Le milieu ainsi créé fournit l'abri de nombreux Poissons (Crenilabre), d'Arthropodes marins (*Maia squinado*), qui se cachent sous les frondes à basse mer, et grimpent à leur sommet à mer montante pour « prendre le soleil » (?).

Les thalles eux-mêmes servent de support à d'innombrables Coelentérés (Hydrozoaires), Bryozoaires, Annélides, pour ne point parler encore des Algues épiphytes.

Peut-être faudrait-il ne pas négliger les excréments de substances vitaminiques dans l'eau environnante, mais les connaissances dans ce domaine restent fragmentaires.

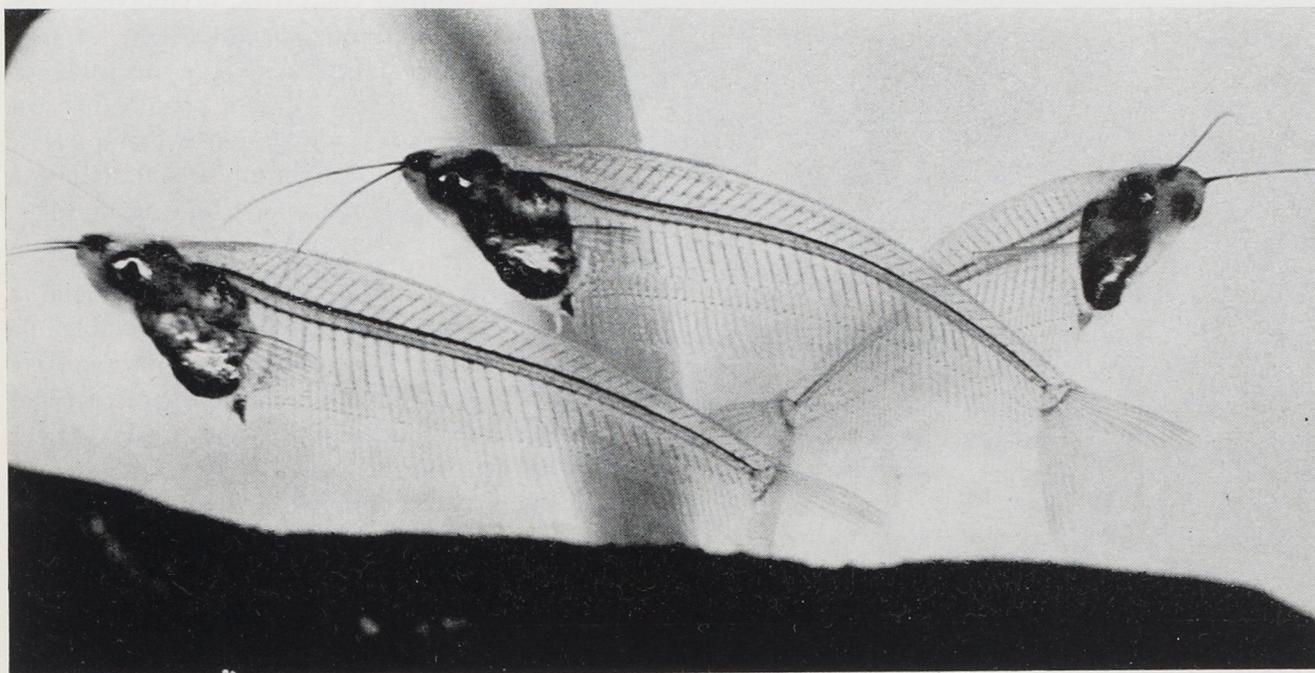
Les peuplements de Laminaires sont un monde complexe et fermé à toute observation simple.

Nous avons évoqué le grand intérêt pour les Biologistes de l'étude des Laminariales, mais il est difficile de passer sous silence leur intérêt économique croissant : des usines en extraient nombre de substances à destination alimentaire ou pharmaceutique.

Fig. 10 - Peuplement de Laminariales à frondes découpées, en partie découvert par grande marée basse.



LE DEUXIÈME SALON DE L'AQUARIOPHILIE



Le deuxième Salon de l'Aquariophilie vient de fermer ses portes après trois semaines de vie éphémère mais brillante dans la grande Salle d'Exposition du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris.

Ci-dessus : *Cryptoterus bicirrhis*. Famille des Schibbeidés. Poisson de verre au corps remarquablement transparent. Provient de l'Indo-Malaisie. Poisson d'eau douce.

Photographie Jacques Six.

Rappelons qu'il avait été, comme le précédent Salon de 1962, organisé par l'Association française des Aquariophiles avec le concours des Services de Muséologie, des Cultures et de la Photographie du Muséum. Cette manifestation, comme la première, était destinée à faire mieux connaître au grand public les ressources insoupçonnées de l'Aquariophilie, aussi bien au point de vue ornemental qu'éducatif ou même scientifique.



Pseudotropheus auratus.

Famille des Cichlidés. Espèce récemment importée du Lac Nyassa. La femelle pratique l'incubation buccale. Poisson d'eau douce.

Photographie J.-M. BAUFLE

Ces buts semblent avoir été atteints car les nombreux visiteurs ont montré un intérêt certain pour la faune et la flore aquatiques qui leur étaient présentées et il n'est pas trop présomptueux d'espérer que cette exposition suscitera chez beaucoup de jeunes des vocations de biologistes.

L'inauguration officielle de ce deuxième Salon de l'Aquariophilie bénéficia d'un éclat tout particulier, M. le Professeur Maurice FONTAINE, Membre de l'Institut, Directeur du Muséum, y accueillait M. Maurice GENEVOIX, Secrétaire Perpétuel de l'Académie Française qui avait bien voulu manifester une fois de plus l'intérêt qu'il porte à la Nature.

Ce fut plus qu'une inauguration « de cour-

toisie », M. Maurice GENEVOIX, accompagné des personnalités scientifiques et littéraires les plus éminentes, voulut faire une visite détaillée de toute l'Exposition. S'arrêtant à chaque bac, ce grand voyageur nous montra par la perspicacité de ses questions, combien tout ce qui touche à la faune, même la plus exotique, lui était familier.

Le premier Salon de 1962 s'était attaché à présenter le plus grand nombre possible de Poissons tropicaux d'eau douce ; ce but avait été largement atteint, puisque cent cinquante espèces et variétés rares avaient été exposées séparément les unes des autres dans des bacs plantés et décorés sobrement pour permettre une meilleure observation des animaux.



Amphiprion polymnus.

Famille des Amphiprionidés. Ce poisson « Poisson Clown » est originaire de l'Océan Indien et du Canal de Mozambique. Il s'adapte très bien à la vie confinée. Poisson marin.

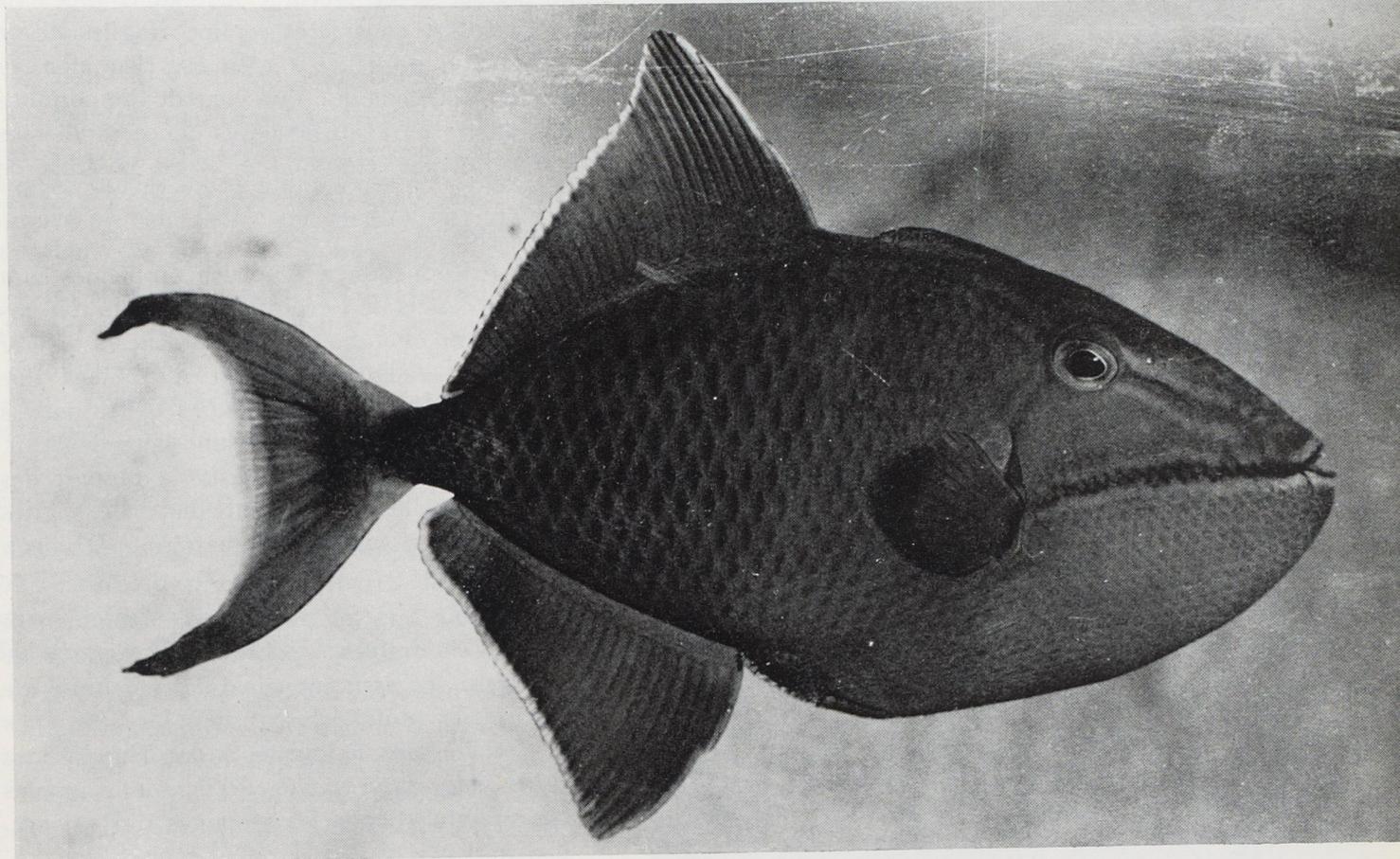
Photographie J.-M. BAUFLE.

Cette présentation avait conquis les véritables amateurs, mais le public préfère les grands aquariums d'ensemble où évoluent dans un véritable paysage des espèces somptueuses comme les Queues de voile et leurs dérivés.

Aussi, cette année, fort de notre expérience, avons-nous adopté une nouvelle formule. Des populations entières de Poissons différents, tant

chez des Poissons appartenant à des familles assez éloignées les unes des autres, mais inféodées à des biotopes similaires.

Nous ne parlerons pas des espèces courantes qui figuraient à juste titre à cette exposition ; leurs représentants étaient nombreux et particulièrement beaux et racés. Les « Guppy », « Xiphos », « Barbus » et « Scalaires » sont



Odonus niger. Famille des Balistidés. Ce « Balisté » a le corps d'un noir violacé, uniforme ; ses dents sont rouges ; il vit bien en aquarium. Indo-Pacifique. Poisson marin. Photographie J.-M. BAUFLE.

par l'espèce que par la famille, furent présentées dans des décors variés où figuraient des plantes aquatiques choisies parmi les plus rares et les plus belles des deux hémisphères.

Quelques libertés furent prises, il faut bien l'avouer, avec l'origine géographique des espèces exposées : des Poissons américains, par exemple, partageaient leur bac avec des africains. Le point de vue esthétique mis à part, ceci permettait de mettre en évidence l'extraordinaire convergence de formes et d'allures que l'on observe souvent

trop connus maintenant et ont déjà fait l'objet de plusieurs études dans cette Revue.

Nous donnerons, par contre, quelques indications sur les « vedettes » de ce Salon : des espèces peu connues et nouvellement introduites de la famille des Cyprinodontidés et des Cichlidés.

LES CYPRINODONTIDÉS.

Ces petits poissons au corps allongé et aux brillantes couleurs sont représentés dans les régions chaudes du monde entier à l'exception

de l'Australie. La grande majorité vit en eau douce mais on en connaît également en eau saumâtre et même en mer.



Platax pinnatus (Teira). Famille des Platacids. Commun dans tout l'Indo-Pacifique. Dans la nature, atteint 50 cm de long mais garde une taille plus modeste en aquarium.

Photographie J.-M. BAUFLE.

Depuis les débuts de l'Aquariophilie, des représentants de cette famille ont été importés et élevés avec plus ou moins de succès en Europe, mais seuls deux *Aphyosemion* (*A. Australe* et

A. Bivittatum) et *Epiplatys dageti*, tous africains ont fait souche et se trouvent de façon régulière dans le commerce. Les autres Cyprinodontidés comme les *Rivulus* et *Cynolebias* de l'Amérique du Sud et même les robustes *Aplocheilus* de l'Inde, n'apparaissent que sporadiquement sur le marché au hasard des importations.

La biologie de ces Poissons était jusqu'à une période assez récente fort mal connue. Ils étaient à tort considérés comme fragiles et de reproduction difficile. Il n'en est rien bien au contraire et depuis que l'on connaît l'importance de la nature de l'eau (eau très douce sans trace de calcaire) sur leur vitalité, il est possible de garder même dans de très petits bacs ces ravissantes espèces.

Leur reproduction a posé des problèmes tant que le processus de l'évolution des œufs n'a pas été connu ; en effet ces gros œufs faciles à repérer à l'œil nu dans l'Aquarium n'évoluent que lentement et l'éclosion de l'alevin n'a lieu parfois qu'après de longs mois de séjour hors de l'eau. Ces Poissons sont en effet pour la plupart des espèces annuelles qui vivent dans de petites collections d'eau sujettes à disparaître à la saison sèche.

Leurs œufs que les biologistes dénomment à juste titre « durables » subsistent dans la boue des mares ; ils assurent ainsi la pérennité de l'espèce. Ces œufs éclosent dès les premières pluies et donnent naissance à des jeunes dont la croissance est si rapide qu'ils sont capables de se reproduire dans les semaines qui suivent.

Actuellement tous les aquariophiles savent qu'il est indispensable de retirer de l'eau les œufs de ces poissons pour obtenir un développement normal des embryons. Ces œufs ne sont pas conservés à sec mais dans de la tourbe humidifiée.

Grâce à cette méthode, il est possible de garder des pontes plusieurs mois dans de simples flacons et même d'en expédier par la poste à des amis désireux de monter un élevage.

La date d'éclosion n'est pas liée à des normes strictes ; l'alevin bien formé peut patienter de longues semaines avant de rompre sa coque lorsqu'il sera remis dans l'eau.

A l'exposition, des Cyprinodontidés du monde entier bénéficiaient d'une présentation originale,

leurs petits aquariums côte à côte et tout en verre formaient de véritables vitrines animées.

Beaucoup de ces poissons étaient des « raretés »; citons parmi les plus intéressants quelques africains: les *Aphyosemion*, les *Epiplatys* et les somptueux *Notobranchius* voisinaient avec des *Rivulus*, *Cynolebias* et *Pterolebias* d'Amérique du Sud, alors que les *Aplocheilus* indiens à la silhouette inquiétante de brochets miniatures essayaient d'intimider leurs voisins immédiats.

On pouvait remarquer particulièrement:

— *Aphyosemion caeruleum*, le plus gros et le plus spectaculaire de tous, disparu depuis de longues années de la plupart des collections, et retrouvé providentiellement par l'un de nous aux Etats-Unis.

— *Aphyosemion spurelli* de Côte-d'Ivoire, introduit par l'Association il y a deux ans.

Et, d'origine américaine, *Cynolebias whitei* du Brésil, *Pterolebias peruensis* et de nouveaux *Rivulus* du bassin de l'Amazone.

LES CICHLIDES.

Cette importante famille groupe plus de six cents espèces de Poissons répartis dans les eaux douces tièdes de l'Amérique, d'Afrique, de Madagascar, d'Asie Mineure et du Sud de l'Inde.

Grand nombre de Cichlidés conviennent pour l'Aquarium, bien que leur comportement un peu brutal laisse parfois à désirer; seul le populaire « Scalaire » de l'Amazone retient de façon constante le suffrage des amateurs.

Tous les Cichlidés apportent des soins attentifs à leurs pontes et certains poussent cette sollicitude envers leur progéniture au plus haut point: ils pratiquent l'incubation buccale, habitude singulière qui assure le maximum de protection aux œufs et aux alevins.

L'un des membres de l'Association, très spécialisé dans la biologie des Cichlidés, avait bien voulu nous confier pour le Salon quelques magnifiques « Nouveautés » qu'il venait de recevoir du Lac Nyassa.

Cette véritable mer intérieure d'eau douce aux confins de l'Afrique orientale et de l'Afrique australe est encore assez mal connue. On y trouve une faune ichthyologique très particulière où les Cichlidés, représentés par un nombre considé-

rable de genres et d'espèces, se taillent la part du roi.

La capture de ces poissons est souvent délicate car beaucoup vivent à de grandes profondeurs dans des biotopes très spéciaux; il est difficile de

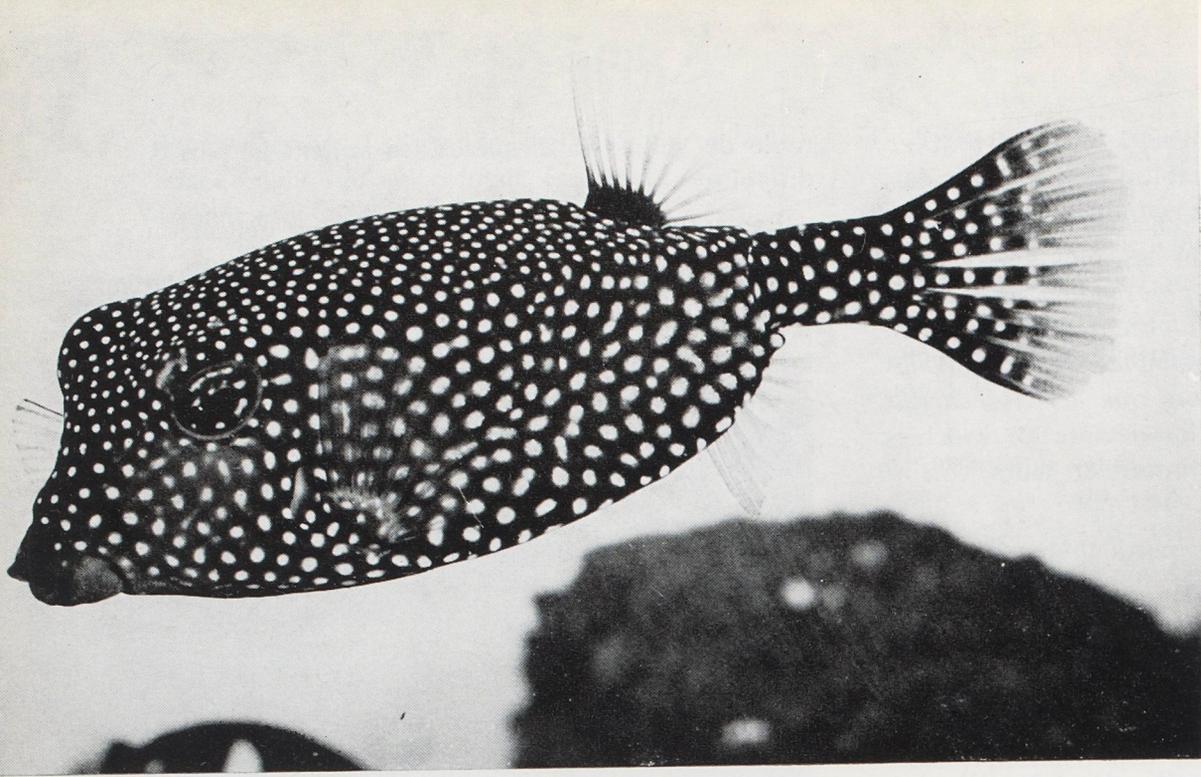


Amphiprion percula. Famille des Amphiprionidés. Le « clown » le plus courant des aquariums marins. Vit en symbiose avec des adénomes tropicales. Poisson marin.

Photographie J.-M. BAUFLE.

les pêcher et surtout de les acclimater à la vie confinée.

Les visiteurs purent ainsi admirer en provenance directe du Nyassa une présentation particulièrement réussie de *Labeotropheus fuelleborni*, de *Pseudotropheus tropheops* et *Pseudotropheus auratus*, aux parures si inhabituelles et si vives



Ostracion lentiginosum.
Famille des Ostraciontids. « Poisson coffre ». Les téguments du corps sont soudés et forment une carapace. Indo-Pacifique. Atteint 18 ans. Poisson marin.

Photographie J.-M. BAUFLE.

pour des Poissons d'eau douce que beaucoup les prirent tout d'abord pour des formes de Coraux.

D'autres Cichlidés moins rares mais peu connus comme *Julidochromis marlieri* au corps noir rayé longitudinalement de bandes jaunes qui provient du Lac Tanganyika partageaient un bac avec de somptueux *Pelmatochromis taeniatus* de l'Ouest africain.

LES POISSONS MARINS.

L'aquariophilie ne s'attache pas uniquement à l'observation et à la reproduction des espèces d'eau douce. De plus en plus, principalement

Symphisodon discus. Famille des Cichlidés. Ce magnifique poisson de l'Amazone peut atteindre 20 cm de haut. Il se reproduit depuis quelques années en aquarium. Poisson d'eau douce.

Photographie J.-M. BAUFLE.



aux Etats-Unis et en Allemagne, une place de choix est faite aux Aquariums d'eau de mer. De même que pour l'eau douce il est délicat de conserver dans nos appartements des formes d'eau froide, il est impossible de conserver vivants dans de bonnes conditions à la température ambiante les vertébrés et invertébrés de nos côtes.

Aussi tout naturellement s'est-on tourné vers certains habitants des mers tropicales dont la beauté et la faible taille font des hôtes parfaits pour l'aquarium d'appartement.

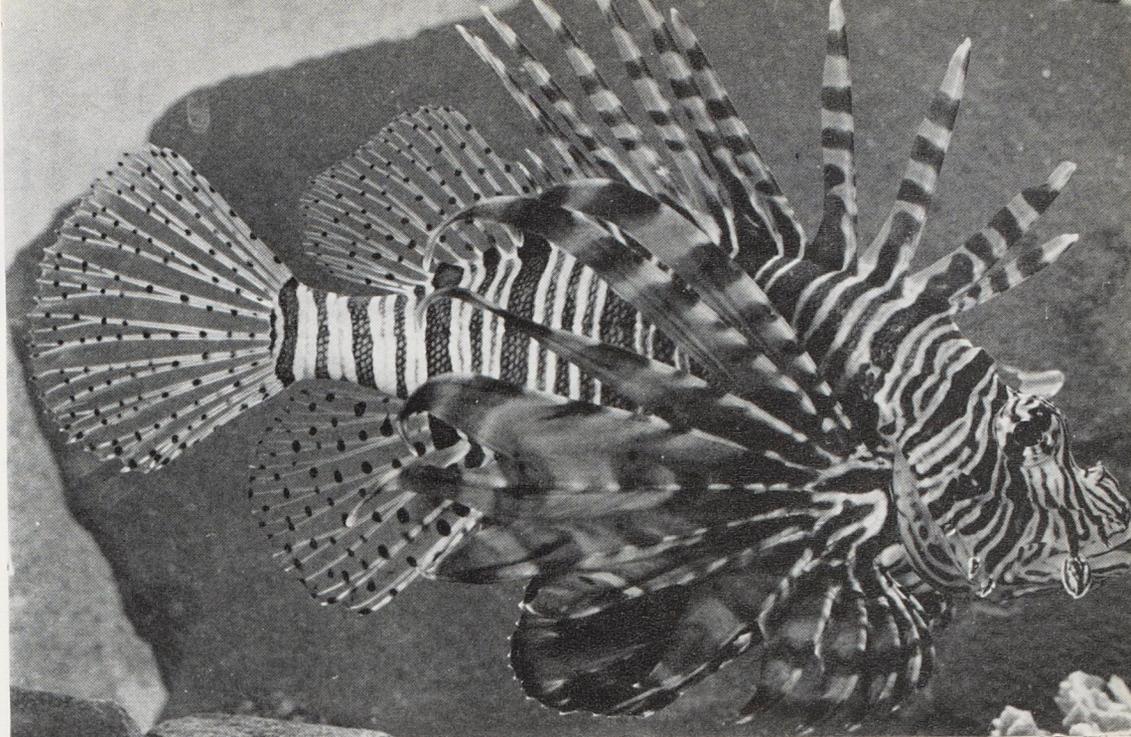
L'eau de mer, qu'elle soit naturelle ou artificielle, convient à ces formes tropicales et de nos jours les techniques d'oxygénation, de filtration et de chauffage sont si bien au point que l'amateur peut avec un minimum de précautions conserver plusieurs années des représentants d'espèces de la Mer Rouge ou de l'Océan Indien.

Grâce, en particulier, à la rapidité des transports aériens, il est maintenant possible de se procurer en bon état physique et à des prix abordables la plupart des Poissons de Coraux.

La présentation d'une quinzaine de grands aquariums marins était cependant délicate à réaliser dans une exposition temporaire comme celle-ci. Les Poissons de mer sont beaucoup plus farouches que ceux d'eau douce et supportent mal les inévitables trépidations causées par le public.

Pterois Volitans. Famille des Scorpaenidés. Cette Rascasse tropicale peut infliger des blessures dangereuses par les piqûres de sa nageoire dorsale. Origine Indo-Pacifique. Poisson marin.

Photographie J.-M. BAUFLE.



Nous en avons déjà fait la cruelle expérience en 1962; le flash des photographes et les coups répétés sur les glaces n'avaient pas été étrangers à la perte de quelques espèces rares.

Cette année le maximum de précautions avait été pris; chaque bac possédait deux systèmes de filtration, un régulateur précis de température et une aération assurée par un compresseur indépendant. Néanmoins quelques décès furent à déplorer, toujours occasionnés par le passage des visiteurs.

Il ne nous est pas possible de fournir, faute de place, une étude détaillée des nombreux Poissons présents dans la Section marine, cette lacune sera comblée dans un prochain numéro et nous ne donnerons seulement aujourd'hui qu'un aperçu des espèces présentées:

Dans la famille des Chétodontidés nous retiendrons les magnifiques « Cochers » *Heniochus acuminatus* de l'Indo-Pacifique qui, placés dans le plus grand des bacs, évoluaient avec grâce et dans un ensemble parfait. Citons aussi un « Poisson Papillon » *Chelmon rostratus* à la curieuse tête pointue.

Parmi les « Demoiselles » Pomacentridés qui sont maintenant les poissons les plus classiques de l'aquarium d'eau de mer, citons trois espèces de *Dascylus*: *D. aruanus*, *D. carneus*, *D. trimaculatus*, deux *Amphiprion*: *A. percula* et *A. Polymnus* et un banc d'*Abudefduf caeruleus*

à la robe d'un bleu éclatant, qui obtinrent un succès unanime.

Des Rascasses exotiques, des Balistes, des Coffres, des Poissons chirurgiens aux formes et couleurs irréelles étaient également présents au milieu de somptueux décors coralliens.

C'est sur cette vision féerique des lointaines mers du Sud que nous terminerons aujourd'hui cette visite.

Heniochus acuminatus. Famille des Chetodontides. « Cocher », espèce robuste s'acclimatant bien à la vie en aquarium. Originaire de l'Indo-Malaisie.

Photographie PECOLATO.



Contribution à la lutte contre les maladies des plantes

Ch. ZAMBETTAKIS

La transmission des maladies fongiques des plantes : tavelures et monilioses des arbres fruitiers, mildiou de la vigne, du tabac et des pommes de terre, rouilles et charbons des céréales, etc... est bien liée aux conditions de la vie de ces hôtes et des champignons responsables.

La vitesse de contamination d'une culture, à partir d'un foyer local, est certes subordonnée à un ensemble de facteurs physiques et biologiques qui interviennent directement et déterminent, même dans ses détails les plus intimes, l'épidémiologie de cette maladie. L'épidémiologie résulte donc de l'intensité de la contamination, de l'inoculation, de l'infection, de l'incubation, de l'extension, de la pénétration du parasite, de son installation dans les tissus, de l'étendue des symptômes, de l'intensité de l'attaque. Elle détermine le dépérissement et la destruction finale dans les foyers.

Cet ensemble de facteurs biologiques se différencie aisément en un groupe de données extérieures : microclimat et sol, et en un autre groupe de coefficients et de constantes qui caractérisent la plante-hôte. Ce dernier groupe engendre la sensibilité, la résistance, la précocité, voire même la structure anatomique et le chimisme interne, on peut dire la personnalité de la plante.

Les facteurs extérieurs, tels l'humidité, la pluie, la température et plus encore le sol avec toutes les lois physico-chimiques qui lui sont attribuées, font l'objet de longues études propres à chaque culture pour chaque biotope. Les résultats indiquent les conditions qu'il est nécessaire et indispensable de maintenir en vue de la sauvegarde d'une plantation. Ces facteurs physiques de nutrition et de climat sont imposés par la nature, mais on peut souvent les modifier au profit de la plante.

Les facteurs intérieurs propres à la vie de chaque être végétal constituent sa biologie : ce sont des caractères que l'on étudie pour choisir ceux qui répondent le mieux aux exigences du biotope et à celles du cultivateur. Il reste à combiner ces exigences du milieu avec les normes biologiques pour réussir dans la culture.

L'ingénieur agronome peut se féliciter d'avoir pu modifier largement aussi bien les facteurs externes (amendements du sol, remaniement de l'eau, changement de la température et de l'humidité) que les facteurs physiologiques. La résistance et la précocité, le rendement et la qualité d'une culture sont ainsi assurés par l'accumulation successive de gènes choisis parmi les descendants au cours des croisements répétés, fruit d'un travail ardu et de longue haleine pour les généticiens.

Si les divergences entre facteurs physiques et exigences physiologiques sont ainsi atténuées en ce qui concerne le rendement d'une culture, sa sauvegarde reste toujours un problème.

Les maladies des plantes constituent un chapitre souvent indépendant des mesures bioclimatiques. Dans le cycle évolutif d'une maladie d'ordre épidémique pour une culture établie, il n'est guère possible d'envisager des mesures biologiques. L'aspect épidémique d'une attaque fongique des plantes n'est pas en relation avec le chimisme ou le climat ; les plantes totalement résistantes ou les biotopes complètement à l'abri d'une attaque généralisée ne constituent que de

Ci-contre : le capteur (piège à spores) de Hirst avec le microscope, le stéréoscope et les produits chimiques indispensables pendant le contrôle au Laboratoire de Cryptogamie du Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris.

La propagation des spores dans l'air

Utilisation d'un capteur-Mesures

*(Recherches subventionnées par le Comité
scientifique de l'O.T.A.N.)*

rare exceptions. Mais la dispersion des spores des champignons pathogènes, par et dans l'atmosphère, constitue encore le facteur le plus indépendant.

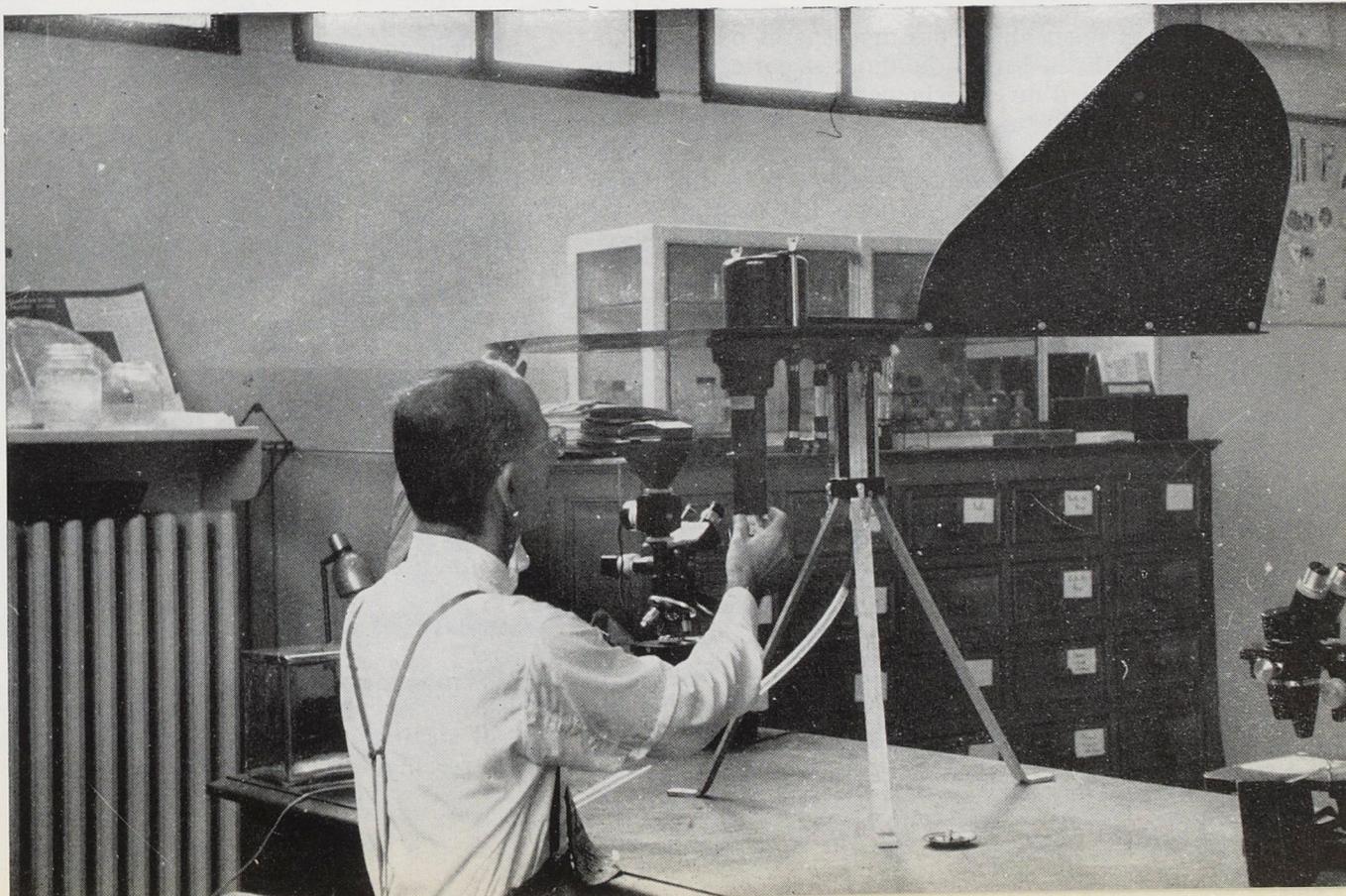
Cet aspect du problème peut, chose peu courante en matière agronomique ou biologique, être étudié loin des êtres et du milieu considérés.

La dissémination des mycospores devient une question dont l'étude théorique peut rejoindre facilement la réalité expérimentale et les graphi-

ques fournis par les équations peuvent être comparés à ceux des données statistiques de mensurations convenables.

La transmission des maladies des plantes est un fait bien connu ; l'action de l'air ou du vent est bien admise. Reste à découvrir ce qu'il y a de vrai et de faux dans cette manière de voir, et à déterminer le processus.

Nous en arrivons à envisager la possibilité d'une étude théorique de la transmission des



maladies par le transport aérien des spores. Cette possibilité repose sur le fait que ces spores sont toujours présentes par millions au-dessus des foyers contaminés. Elles sont libérées par les carpophores et entraînées par le vent. On peut donc considérer les mycospores comme des particules inertes, soumises aux lois de la gravitation, de la pesanteur et de la turbulence de l'air.

Dispersion théorique des mycospores.

Nous partons de ce fait bien connu : il existe des réceptacles sporifères qui émettent leurs spores dans l'air et le vent en emporte une partie loin du point de libération.

Le captage de spores pose des problèmes, variables avec la méthode envisagée, mais d'une façon générale les résultats que nous exprimons servent à contrôler les données théoriques.

Le transport éolien des mycospores est d'une haute importance phyto-pathologique : les catastrophes épidémiques de cultures ont en effet été causées par un apport massif de spores des champignons responsables. Voici à titre d'exemple nos résultats à propos de la rouille noire des céréales : nous estimons à 10 millions par hectare le nombre de spores que le vent transporte et dépose en Macédoine, à l'époque des cultures, dans les champs de blé. Nous allons étudier le pouvoir de dissémination de ces maladies.

Libération des spores.

La mise en liberté des mycospores par le réceptacle qui les forme ou qui les porte, peut être le résultat d'un détachement, d'un décollement, d'une expulsion ou d'une poussée mécanique ; nous différencions donc la libération active (provenant d'une décharge forcée) de la libération passive (due à la suppression continue du support).

Libération active.

La plupart des spores du type Pyrénomycètes parasites comme *Nectria*, *Epichloe*, *Rosellinia*, *Mycosphaerella*, *Ophiobolus*, *Venturia*, *Endothia*, genres responsables des maladies fongiques les plus graves dans les cultures (céréales, arbres fruitiers et plantes potagères) ou saprophytes comme *Sordaria*, sont libérées par cette décharge forcée ; de même pour les Dyscomycètes comme *Sclerotinia*, *Phialea*, *Trichocyphella*, *Aleuria*.

Selon Barlow la distance de l'éjection, suivant la trajectoire horizontale est donnée par l'équation :

$$D = H \left(\frac{2}{9} \cdot \frac{a^2}{\mu} \right) \quad |1|$$

H est la vitesse initiale de décharge et μ la viscosité du fluide = $1,8 \times 10^{-4}$ pour l'air ; elle est donc proportionnelle au carré du rayon a d'une spore sphérique. Ceci conduit à considérer que la spore se trouve suspendue dans l'air à quelques centimètres des fructifications correspondantes. Cette distance varie selon l'orientation des réceptacles. Notons par exemple les apothécies s'ouvrant vers le haut tandis que les Agaricales libèrent leurs spores en dessous du chapeau. D'après Ingold l'écart de la trajectoire d'une spore éjectée dépend de la direction d'émission. Il peut aussi varier en fonction de la distance d'éjection. Cette trajectoire peut être évaluée. On la représente graphiquement par la « sporabola » de Buller. Cet écart entre une décharge horizontale D et une verticale V est calculée comme suit :

$$U = D - \frac{g}{k^2} \log_e \left(1 + \frac{k^2 D}{g} \right) \quad |2|$$

où $k = \frac{9\mu}{2a^2}$ et g représente l'accélération due à la pesanteur (981 cm/sec).

Sordaria fimicola, pyrénomycète coprophile, émet des masses octosporées à 10 cm de distance horizontale ; ce projectile de 8 spores (de $22 \times 13 \mu$) est enrobé par un mucilage de 3μ et l'éjection correspond exactement aux résultats trouvés en [1]. Si dans l'équation |2|, nous donnons à D cette valeur, nous trouvons une décharge verticale $U = 9,82$ cm mais ceci est très difficile à vérifier expérimentalement.

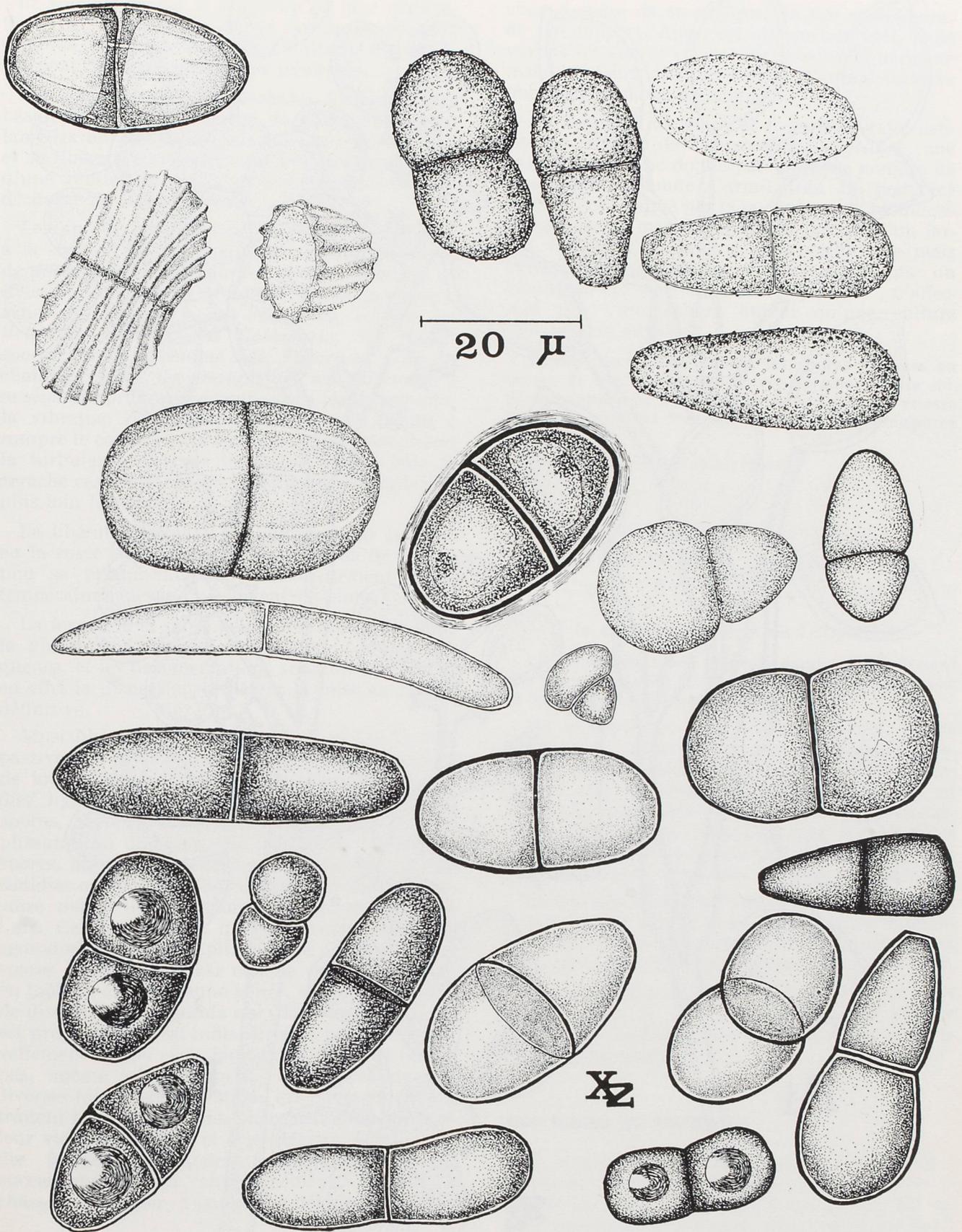
Qu'il s'agisse du réceptacle sporifère d'un pyrénomycète ou d'un discomycète, la pression mécanique s'exerce en général après une pluie ou une rosée. Les paraphyses intercalées entre les asques jeunes insérés entre les asques mûrs qui, plus développés, montrent leur opercule dépassant le niveau de la fructification, le mucilage de l'ascocarpe, tous ces éléments absorbent l'eau, se gonflent et obligent les spores mûres à quitter brusquement leur support même en pleine accalmie ; ces émissions sont plus fortes après la pluie ou à la suite de brusques changements climatiques. On peut voir ainsi, même à l'œil nu, la sporée se dégager au-dessus des fructifications et former un petit nuage. Des espèces fongiques doivent leur nom à cette expulsion brutale de leurs spores : *Bombardia*, par exemple.

On a même observé la décharge forcée, d'asques entiers, à travers le col du périthèce de *Gnomonia rubi* Dowson.

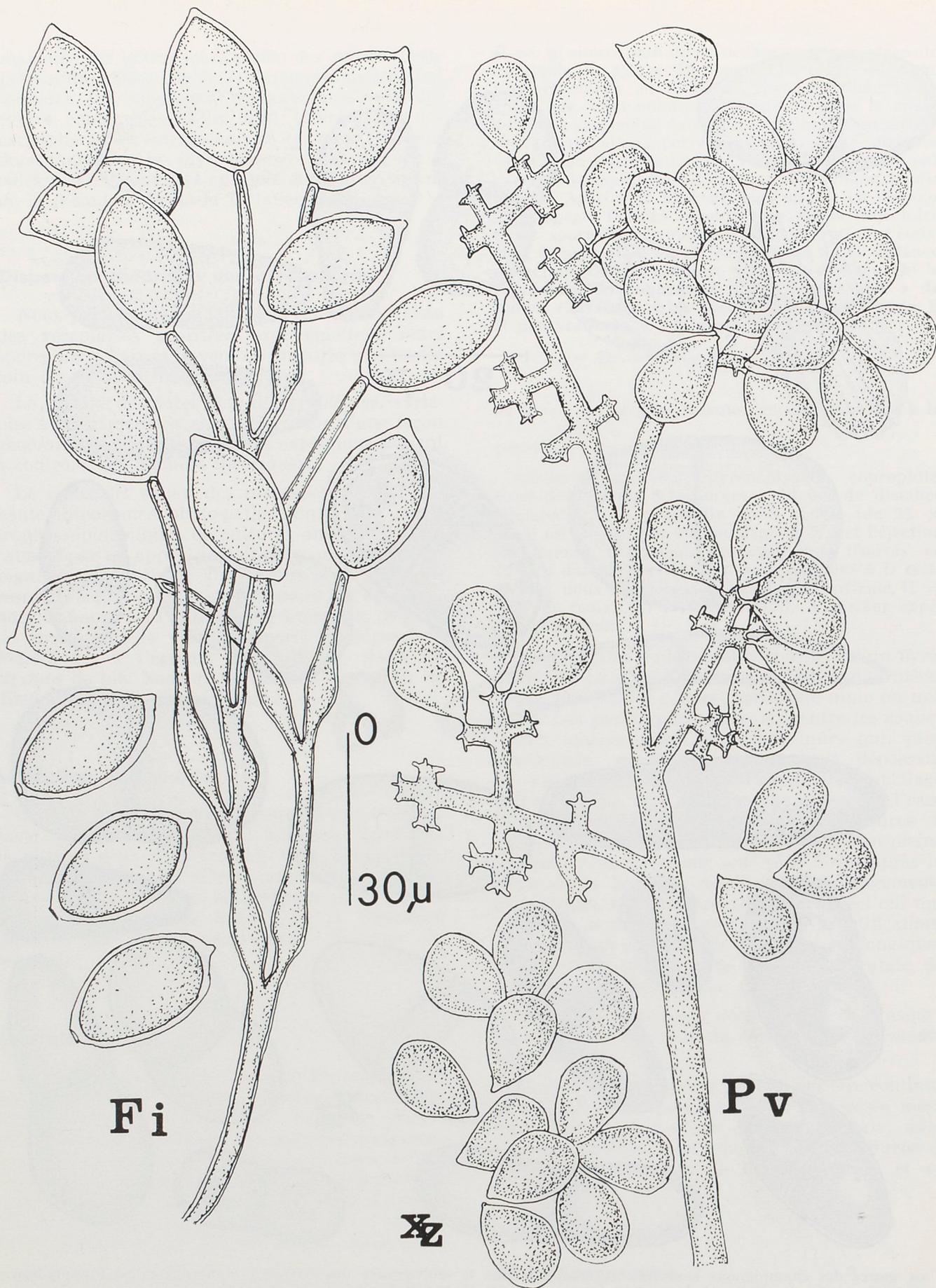
La décharge des spores peut ne pas être continue et présenter une périodicité liée à la rosée matinale. Les courbes d'une émission sporale, dans un temps donné, montrent la variation diurne et nocturne en fonction de la température et de l'humidité.

Libération passive.

Il s'agit de spores qui se forment à la surface du réceptacle et qui se détachent lentement de



Les spores des champignons sont très différentes ; dans le seul groupe des *Diplodia* (Sphéropsidales, Phaeodydimeæ), aux spores à deux cellules et de couleur foncée on peut reconnaître plus de 20 formes.



Les Mildious :

Fi : *Phytophthora infestans* (Mont.) de By. Conidiophores et conidies sur feuilles de pomme de terre.

Pv : *Plasmopara viticola* (Berk. et Curt.) Berl. et de Toni. Conidiophores et conidies sur feuilles de vigne.

leur support au fur et à mesure de leur maturation, car pendant le même temps ce support diminue, se liquéfie et le point d'attache disparaît. On peut distinguer plusieurs processus.

Les agaricales et les bolétales forment leurs basidiospores à la surface de l'hyménium des lamelles ou des tubes, sur un tapis de basides, et se libèrent successivement avec ou sans l'aide d'une gouttelette, ou d'un autre mécanisme de décharge de faible portée.

Les spores de fructifications nues développées à la surface des feuilles ou des fruits, en forme de sores comme les rouilles et les charbons, de coussinets comme les *Monilia**, d'étendues homogènes de diverses taches malades, comme les *Helminthosporium*, les *Culvularia*, les *Cercospora** simples comme les *Fusarium** ou en chaînes comme les *Oïdium** et les *Alternaria**, se séparent progressivement : aussi légère soit-elle, la vibration des feuilles, par exemple, suffit à rompre le contact de la spore avec son sporophore; la turbulence de l'air les balaie à son tour et arrache ces unités de vie fongique qui installeront plus loin le parasite.

La libération passive est favorisée par la pluie ou la rosée en ce sens que les maxima de libération se produisent avec l'ensoleillement et la température élevée qui suivent la pluie.

La forme de la spore peut aussi intervenir dans le phénomène : les ailettes, les propagules, les queues, et les ornements sporales accentuent en effet la dispersion et hâtent la mise en liberté définitive.

Ainsi libérées par la voie active ou par la voie passive, les mycospores de toutes provenances et de toutes natures, asco- ou basidio-spores, conidies, hyphospores, xéropores, osmospores, myxospores, stylospores, endo ou exospores, alantophragmo ou dichtyospores, arthro ou chlamydo-spores, aleurospores, urédo ou téliospores, microconidies ou sporidies, deviennent des planospores, voire même des balispores en suspension dans l'air. Cela se passe à quelques centimètres des sporodochies. Ce chapitre de la libération des spores est très vaste car chaque espèce fongique, ou tout au moins chaque genre, conserve le mode de dissémination sporale qui, dans les détails, lui est propre et qui est indispensable pour le renouvellement de son cycle biologique. Nous ne ferons pas, même succinctement, un exposé de ces diverses formes de libération ; des ouvrages entiers traitent la question et des chercheurs ont consacré leur vie à les étudier et à les décrire. L'influence des facteurs extérieurs agissant séparément, successivement ou simultanément, aboutit à chasser, à décoller, à pousser, à dégager, à libérer

L'astérisque *, qui suit un nom de champignon renvoie aux références citées en fin d'article (sujets traités antérieurement dans *Science et Nature*).

chaque spore de sa tunique, de son sporophore, de son support. Après cet aperçu très bref, nous voyons les spores en état de suspension aérienne instable. Leur densité dépend d'autres facteurs que nous étudions maintenant.

Au voisinage du point de formation, cette densité est fonction de l'étendue mycosporifère : une psallote seule ne donne pas le même nombre de spores qu'une touffe d'armillaires. Un pommier légèrement attaqué par la tavelure ou la moniliose n'émet pas le même nombre de spores qu'un jardin fortement contaminé. Une culture de maïs présentant quelques épis charbonneux ou un champ de blé quelques taches de rouille*, n'affectent pas l'atmosphère autant qu'une culture intensément envahie.

Suivant les lois physiques, les spores arrivées au terme de leur trajectoire doivent tomber sur le sol. Si nous appelons S la densité de la spore, la vitesse de chute pour les formes habituelles de mycospores est :

— pour les spores sphériques :

$$V = \frac{2}{9} \frac{S g}{\eta} r^2 \quad |3|$$

(r étant le rayon de la spore),

— et pour les spores ellipsoïdes :

$$V_e = \frac{2}{9} \frac{S g}{\eta} \sqrt[3]{a} \cdot b \sqrt[3]{b^2} \quad |4|$$

(a et b étant les axes de l'ellipsoïde).

La vitesse de chute dépend donc essentiellement des dimensions des axes de l'ellipsoïde ou du rayon et peut être facilement évaluée.

En se déplaçant sous l'action du vent, même faible, des masses d'air plus ou moins importantes vont se désagréger sous les arbres, voire même sous les chapeaux des champignons, en particules suspendues et toujours en mouvement. Leur direction est influencée par les obstacles rencontrés : feuilles, branches, et les mycospores sont largement entraînées dans ce mouvement.

La turbulence de l'air peut être suivie et déterminée car on peut évaluer la vitesse de déplacement du vent et l'importance des courants locaux dans un verger, dans une culture, dans une forêt.

La turbulence retient les spores dans un petit espace d'air, et les courants les font monter doucement au-dessus des cultures. C'est alors le vent qui les emporte.

Les forces de transport.

La mycospore aéroportée obéit à deux forces : la vitesse du vent en mouvement horizontal et la vitesse de chute considérée en accalmie. On ne peut cependant pas évaluer séparément ces deux forces, de tels calculs n'auraient pas de valeur pratique. Ainsi par exemple une spore d'*Ustilago zaeae*, soumise à la seule poussée d'un vent de 20 km à l'heure, se déplaçant presque à cette

vitesse, couvrirait la distance de 2.500 km en moins d'une semaine à mille mètres d'altitude et toutes sortes de spores navigueraient de façon analogue. Pourtant la présence de certaines spores à de hautes altitudes n'est qu'exceptionnelle et beaucoup ne se rencontrent que près des cultures.

Tandis que certaines espèces de spores sont constamment présentes dans l'air, d'autres sont fréquemment captées au-dessus de l'océan ou même dans la stratosphère à 14 ou 15.000 m.

Nous pouvons calculer le taux éolien en mycospores au-dessus d'une culture par rapport au point de décharge. Si la gravitation suit la loi de Newton :

$$K = g \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad |5|$$

Cette force d'attraction K (en dynes) se trouve pourtant en opposition avec le frottement et la résistance de l'air.

Dans le cas des spores de champignons, la résultante détermine la vitesse de chute que nous avons exprimée plus haut. Citons par exemple celle de petites spores de *Lycoperdon pyrimum* calculée à 0,05 cm par seconde, tandis que les conidies d'*Helminthosporium* atteignent : 2,8 cm par seconde.

Mais la nature ne nous donnera jamais cette accalmie toute théorique pour répandre la sporée sur le sol autour du chapeau d'une amanite ou au voisinage d'une tache foliaire. Tout au contraire, les spores suivront pendant un certain temps le courant auquel elles se trouvent soumises et la turbulence compense plus ou moins la chute.

Certains auteurs pensent que le mouvement horizontal de l'air ne permet pas aux spores de monter plus haut que leur point de départ. Si cela est exact pour une étude théorique, en fait la turbulence, au-dessus des cultures, produit des courants ascendants et la montée des spores est assurée.

D'ailleurs, le courant d'un fluide de densité δ et de vitesse v dans un tube de diamètre d est linéaire pour les petites vitesses et turbulent pour les grandes. Le passage se fait pour une valeur critique (nombre de Reynold) déterminée par :

$$R = \frac{\delta}{\eta} V d \quad |6|$$

Dans les courants atmosphériques R est assez grand. Donc la dissémination des spores pathogènes des plantes sera, de façon constante, celle du régime des courants turbulents.

Si nous poursuivons nos considérations aérodynamiques, nous constatons encore qu'à plus haute altitude la vitesse de l'air est plus grande ; nous déterminons ainsi qu'avec la turbulence dynamique, il y a un déplacement vertical continu d'un quantum d'air. Ce déplacement est beaucoup plus important si le facteur température intervient. Les lois qui le déterminent sont bien connues et nous ne nous y attarderons pas. Rappelons seulement que même les grains de pollen (beaucoup plus gros que les myco-

spores) peuvent pour certaines valeurs de ces facteurs, s'élever verticalement en un nuage épais du fait d'un simple courant ascendant de formation locale. Signalons que le nombre de particules contenues dans une masse d'air ascendante reste pratiquement inchangé si le brassage dans la masse considérée est continu.

Le vol des mycospores.

Pour calculer le déplacement des spores par le vent, plusieurs théories se présentent. Nous choisirons celles dont les équations donnent des courbes superposables avec les résultats des observations les plus vraisemblables, effectuées avec les instruments les plus parfaits et les plus sûrs.

Nous nous basons sur la théorie de Rombakis (1947) et sur les données de Schrödter (1960) ; nous considérons que la dispersion des spores des champignons répond à l'équation différentielle :

$$\frac{ds}{dt} = \frac{A}{\delta} \cdot \frac{d^2 s}{dz^2} + C \frac{ds}{dz} \quad |7|$$

dans laquelle A est le coefficient d'échange

s la densité en spores

δ la densité de l'air

C = la vitesse de chute à l'accalmie.

Sous les conditions initiales, $t = 0$, $x = 0$ et $z = 0$, nous considérons un nombre de spores N dispersées. A l'espace au-dessus, c'est-à-dire pour $Z > 0$ le nombre n' de spores trouvées en un temps t est calculé par :

$$n' = \int_z^\infty n dz = \frac{2N}{\sqrt{4\pi a t}} \cdot \exp\left(-\frac{C^2 t}{4a}\right) \cdot \int_z^\infty \exp\left(-\frac{z^2}{4at} - \frac{C}{2a}z\right) dz \quad |8|$$

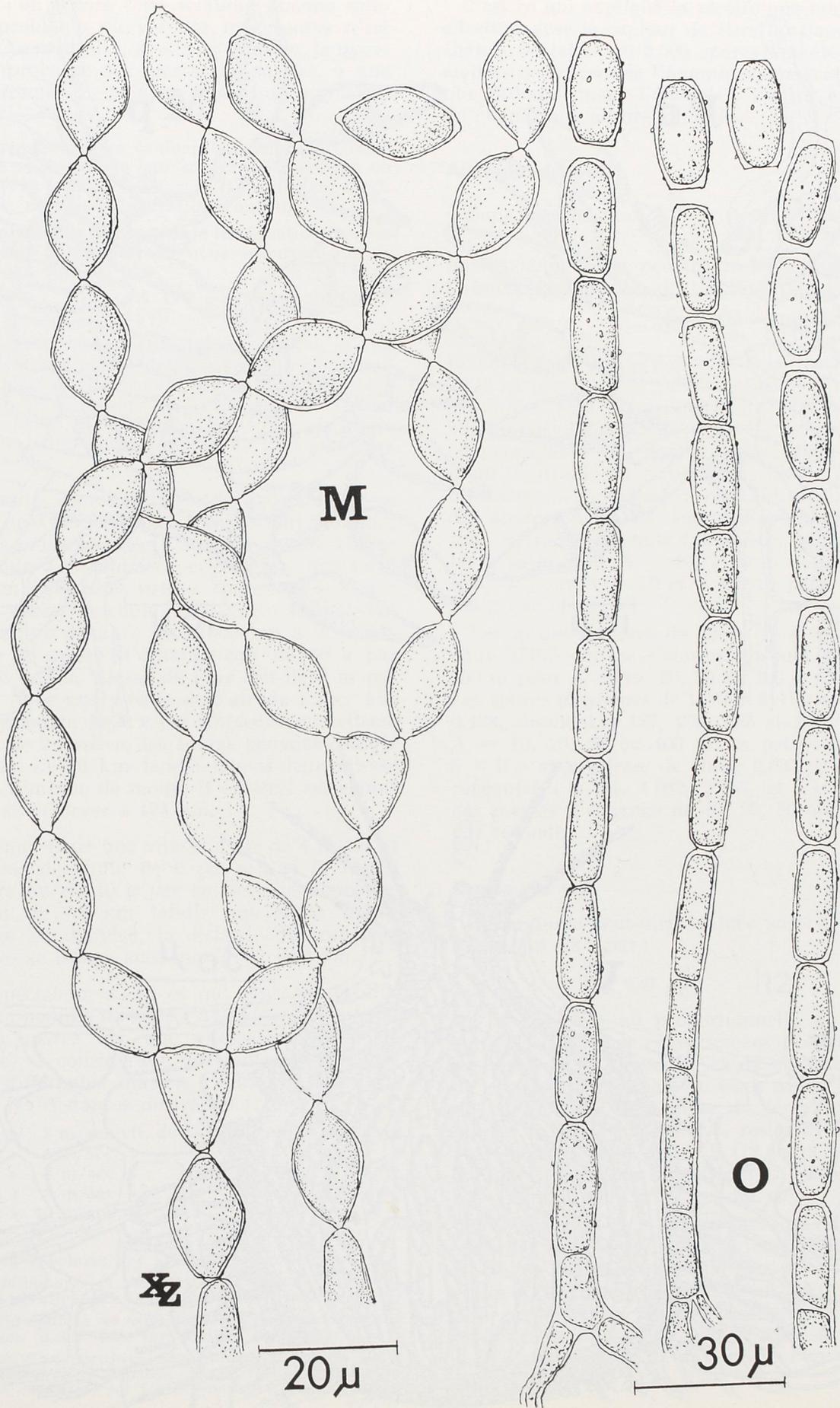
expression dans laquelle n est un coefficient constant introduit par Sutton (1953), considéré par lui comme voisin de 1/4. On y trouve la condition de deux probabilités concernant la ligne de vol des spores. Par définition d'ordre mathématique, on peut aboutir à une transformation de cette équation qui montre que la ligne de vol peut être représentée par une parabole dont le déterminant est :

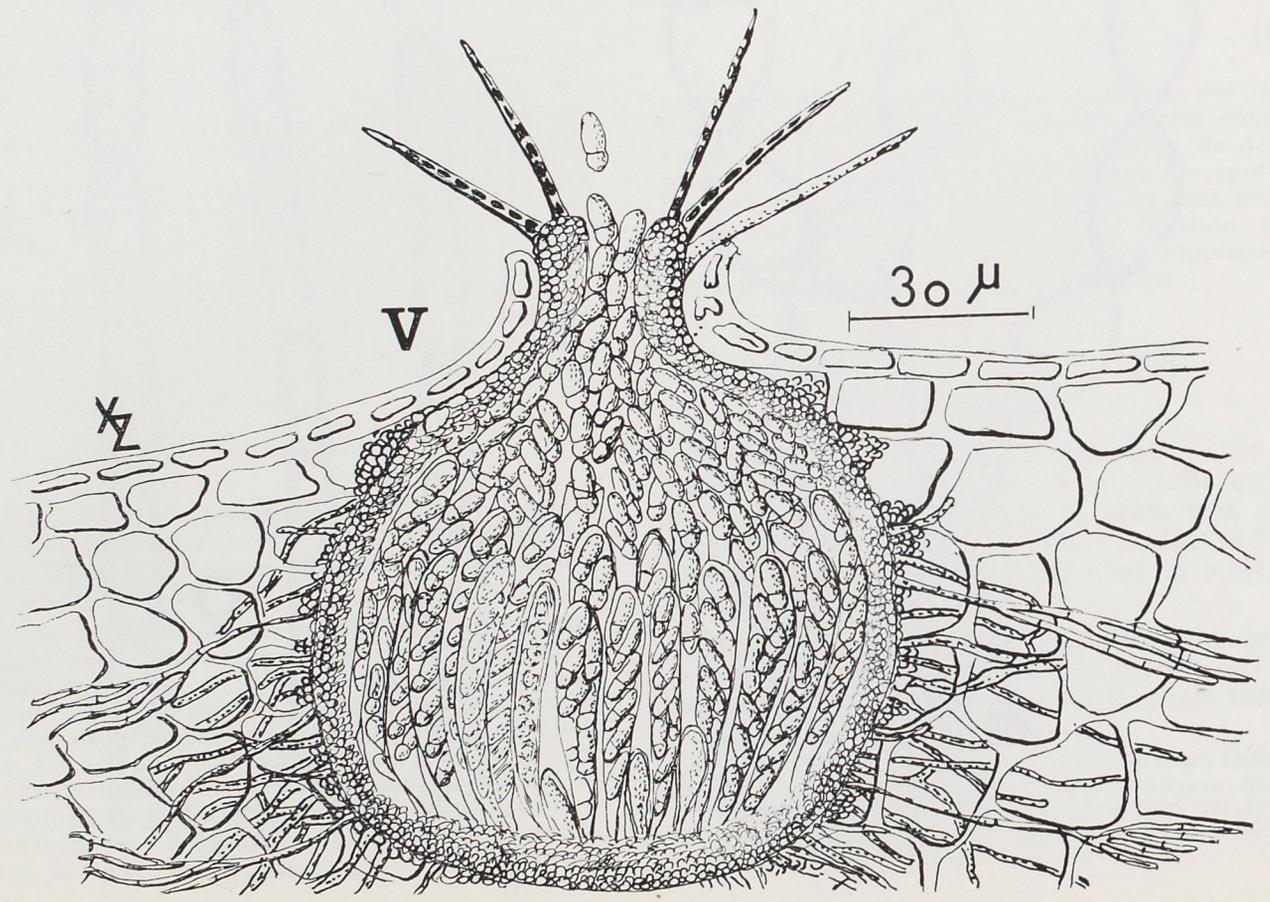
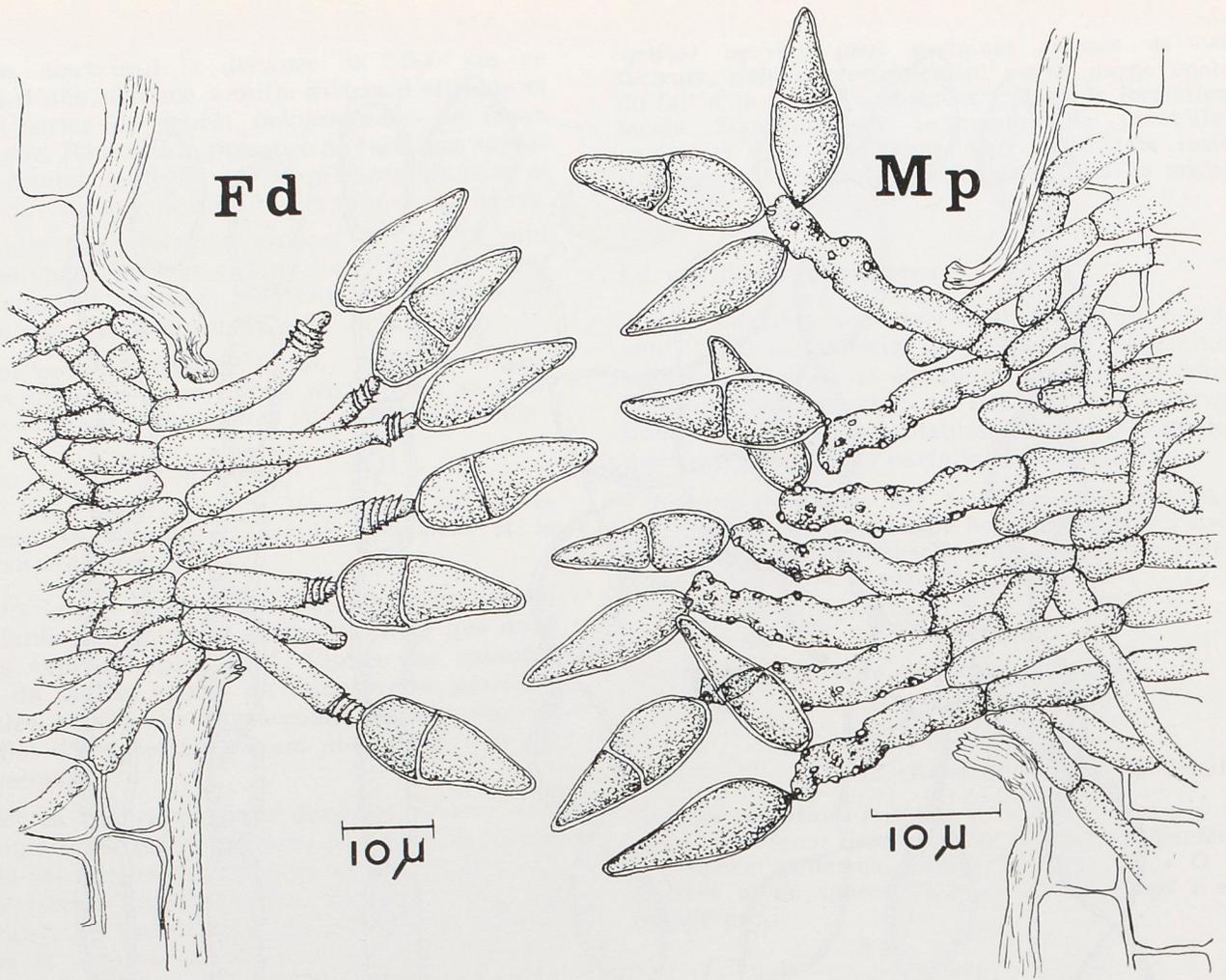
$$D = \begin{vmatrix} \left(\frac{C}{U}\right)^2 & -\frac{C}{U} \\ \frac{C}{U} & 1 \end{vmatrix} = 0 \quad |9|$$

L'inclinaison des axes est déterminée par la vitesse de chute des spores. Il en résulte qu'on peut tracer la parabole de la dispersion des spores sur l'axe des X et ensuite, l'évaluer si l'on connaît la vitesse de chute, et c'est là toute la difficulté du problème.

La vitesse de chute d'une spore, théoriquement suspendue pendant un temps très court dans l'air est en relation avec l'échange de la masse turbu-

Ci-contre : Spores en chaîne : les *Monilia* et les *Oidium*.
M : Forme conidienne de *Sclerotinia fructigena* (Pers.) Aderh et Ruhl : *Monilia fructigena* Pers. sur fruits.
O : Forme conidienne de *Uncinula necator* (Schw.) Burr. : *Oidium Tuckeri* Berk. sur Vigne.





lente ; si l'on ignore cette relation, aucune solution du problème du vol des mycospores n'est possible. Au contraire, si elle est connue, la dissémination probable des spores aéroportées, à une distance donnée du point de libération, est facile à calculer.

Nous pouvons même évaluer le nombre probable des spores au-dessus de leur source de libération où nous trouvons (pour $x = 0, z = 0$) seulement 50 % des spores, ce que l'observation confirme.

En simplifiant le plus possible les équations notées [7] et [8], nous pouvons nous appuyer sur le type

$$X = 0,91 \frac{A U}{\delta C^2} \quad |10|$$

pour évaluer le vol probable des mycospores, et l'on voit que la distance X est proportionnelle à la masse verticale d'échange A causée par la turbulence et à la vitesse horizontale du vent U. Elle est inversement proportionnelle au carré de la vitesse de chute (dans l'accalmie). Nous pouvons en tirer plusieurs résultats.

Les grandes spores de $20 \times 16 \mu$ avec une vitesse de chute de 0,975 cm/sec se transportent à 16 km ; les spores moyennes de $14 \times 6 \mu$ avec une vitesse de chute de 0,138 cm/sec peuvent être déplacées de 800 km ; enfin les petites spores de $5 \times 3 \mu$ avec une vitesse de chute de 0,035 cm/sec peuvent parcourir une distance de 12 400 km à la condition que la masse d'échange soit de 10 g par cm/sec et que la vitesse de l'air soit de 2 m par seconde. Avec une vitesse de l'air de 8/sec, une masse d'échange de 20 g par cm/sec et une vitesse de chute de 2 cm/sec, les spores peuvent couvrir la distance de 30 km tandis que si leur vitesse de chute diminue de moitié (1 cm/sec) ces spores peuvent se déplacer à 121 km.

De même, pour une vitesse d'air de 4 m/sec et une vitesse de chute de 2 cm/sec, si la masse d'échange est de 10 g par cm/sec, les spores se déplacent de 7,6 km tandis que si la masse d'échange est doublée, la distance du transport des spores se trouve aussi doublée : 15,2 km.

Plus spécialement, en ce qui concerne le mildiou de la pomme de terre *Phytophthora infestans*, dont les spores ont une vitesse de chute de 3 cm/sec, et considérant différentes vitesses de l'air et différentes masses d'échanges, on peut calculer les distances de transport :

90	m p ^r	2 m/sec vit. de l'air, A = 0,1 g cm/sec	
1,8	km »	4 m/sec » »	= 1 g »
27	km »	6 m/sec » »	= 10 g »
72	km »	8 m/sec » »	= 20 g »
225	km »	10 m/sec » »	= 50 g »

Ci-contre : Tavelures des arbres fruitiers :

Fd : Conidiophores et conidies de *Fusicladium dendriticum* (Wallr.) Fck. sur feuilles de Pommier.

Mp : Conidiophores et conidies de *Megalocladosporium pirinum* (Lib.) V.B. sur feuilles de Poirier.

V : Coupe d'un périthèce de *Venturia inaequalis* (Cke) Wint. (forme ascosporee, dite parfaite, du premier de ces parasites) sur feuille tombée à terre en hiver.

C'est ce qui explique la récolte que nous avons effectuée avec le capteur de Hirst au-dessus d'un champ de tabac où 2 500 spores ont été captées au-dessus du foyer de *Phytophthora tabacina* tandis que 300 seulement l'étaient à l'autre extrémité du champ non encore attaquée.

Altitude du vol.

Sous les conditions $\frac{dt}{dz} = 0$ et $a = \frac{A}{\delta}$, l'altitude à laquelle on peut trouver les spores dans l'atmosphère résulte de l'équation [8] :

$$Z_{\max} = 0,2274 \frac{A}{\delta c} \quad |11|$$

Elle est donc proportionnelle à la masse turbulente et inversement proportionnelle à la vitesse de chute. Elle est indépendante de la vitesse horizontale du vent. A partir de cette équation, on peut établir des données concernant ce maximum d'altitude pour certaines valeurs de masse d'échange A, de vitesse de chute et de dimensions des spores. Ainsi les spores *Phytophthora infestans*, à vitesse de chute 1,3 cm/sec, peuvent monter à 15 m pour A = 10, à 29 m pour A = 20, à 75 m pour A = 50 et à 145 m pour A = 100 (en g par cm/sec).

Les grandes spores de $22 \times 16 \mu$ à vitesse de chute 0,975 cm/sec s'élèvent jusqu'à 19, 38, 95, 190 m pour A = 10, 20, 50 ou 100 g par cm/sec. Les spores moyennes de $14 \times 6 \mu$ à vitesse de chute 0,138, montent à 137, 274, 685 et 1 370 m pour A = 10, 20, 50 ou 100 et les petites spores de $5 \times 3 \mu$ avec vitesse de chute 0,035 peuvent être rencontrées à 541, 1 082, 2 705, et 5 410 m pour des masses d'échange de 10, 20, 50 ou 100 g/cm par seconde.

Durée du vol.

Cette durée peut être évaluée aussi à partir de l'équation [8] par :

$$T = 0,91 \frac{A}{\delta C^2} \quad |12|$$

On voit qu'elle est proportionnelle à la masse verticale d'échange, inversement proportionnelle au carré de la vitesse de chute et indépendante de la vitesse horizontale du vent. Ainsi, les spores du mildiou de la pomme de terre ayant une vitesse de chute connue 1,3, resteront dans l'air 1 1/4 jour pour A = 10, 2 1/2 jours pour A = 20, 6 1/4 jours pour A = 50, et 12 1/2 jours pour A = 100 (toujours en g par cm/sec).

Des spores de $22 \times 16 \mu$ à vitesse de chute 0,975, resteront 2 1/4, 4 1/2, 11 et 22 jours pour A = 10, 20, 50, ou 100 ; des spores de $14 \times 6 \mu$ à vitesse de chute 0,138 voleront pendant 5, 9, 23 ou 46 jours pour A = 10, 20, 50 ou 100 et les petites spores de $5 \times 3 \mu$, à vitesse de chute 0,035, séjourneront dans l'air pendant 72, 144 jours, 1 an ou 2 ans pour A = 10, 20, 50 ou 100

Concentration dans l'air.

Cette notion est la plus difficile à préciser et à concevoir théoriquement.

Nous pouvons brièvement considérer avec Schrödter que si Q est la distance de la source d'émission des spores, leur concentration en un point de l'espace (trois axes) peut s'écrire :

$$s(x, y, z) = \frac{2Q}{\pi C_y C_z U x^{2-n}} \cdot \exp \left\{ x^{1-n} \left(\frac{y^2}{C_y^2} + \frac{z^2}{C_z^2} \right) \right\} \quad |13|$$

fonction qui dérive de la théorie de la diffusion de la turbulence. Il en résulte que dans la direction du vent (axe des X) la concentration diminue rapidement tandis que sur l'axe d'altitude Z, cette concentration diminue plus lentement.

Si l'on considère des coefficients de diffusion stables pour les spores et égaux à $C_y = 0,4$ et $C_z = 0,2$ et si la source d'émission est au point $x = y = 0$, on peut évaluer la concentration des spores par rapport à l'un des axes. Les courbes obtenues par Schrödter sont superposables aux graphiques que plusieurs chercheurs ont obtenus d'après leurs résultats expérimentaux.

Il reste à évaluer la concentration quand la source de libération des spores se trouve à une certaine hauteur par rapport à la surface du sol, cas des taches foliaires sur les arbres, etc...

La transformation de la fonction |13| simplifiée permet d'évaluer la distance de concentration maxima :

$$X_{\max} = \left(\frac{h^2}{C_z^2} \right)^{\frac{1}{2-n}} \quad |14|$$

formule dans laquelle h est la hauteur de la source (en mètres).

Suivant les mêmes raisonnements, on peut déterminer aussi la hauteur à laquelle se forme la concentration la plus importante et à quelle distance se forme cette masse maximale des spores. On peut aussi évaluer la superficie que couvre la distance critique d'une contamination par une épidémie locale ou généralisée.

La distance critique.

Si nous admettons par exemple qu'une contamination est à craindre avec un potentiel mycosporifère de 3 000 spores accumulées en 4 jours par m² de culture, ce qui est normal pour la plupart des maladies en raison des variations climatiques, la fonction de base nous permet d'évaluer cette distance critique autour du foyer local, distance jusqu'à laquelle les traitements devront être effectués. Elle dépend pourtant de la capacité de vie des spores, de la présence des hôtes et des facteurs bioclimatiques. Seule l'humidité relative peut par exemple doubler la chute des spores de *Phytophthora infestans* ou tuer le pouvoir d'infection au moment de leur germination. Il nous suffit donc de considérer la distribution des spores en fonction de quatre dimensions (espace + temps) par rapport au foyer.

Il nous reste encore à résoudre deux problèmes : calculer le nombre des spores à la source et la vitesse finale. Nous nous référons aux équations précédemment exprimées qui, par des transformations convenables, nous donnent l'atterrissage sous l'action de la gravitation. Cet atterrissage des spores est ou bien une sorte de sédimentation indépendante de la turbulence et de la vitesse horizontale de l'air ou bien un choc à la surface du sol, choc résultant de l'énergie des particules soulevées par le vent ; il joue un rôle important à l'atterrissage des spores. Il est à noter que les petites spores s'approchant des grands obstacles sous l'effet d'une petite vitesse de l'air ne reçoivent qu'un petit choc. Les grandes spores au contraire sont prédestinées à un atterrissage par choc, spécialement sur les petits obstacles et par une grande vitesse du vent.

Ainsi, sur le feuillage des plantes, les spores des phycomycètes et des imperfecti sont facilement déposées tandis que les basidiospores ne s'y maintiennent pas facilement. Aussi les maladies causées par le mildiou, les anthracnoses, etc... se transmettent aisément car les spores de ces parasites se posent sans peine sur les feuilles tandis que les moisissures dues aux *Penicillium** et aux *Aspergillus* n'y parviennent guère en raison du choc qu'elles subissent. L'influence de la pluie sur l'importance du dépôt est grande. Elle bouleverse toute la loi établie plus haut. Ainsi, pour les charbons* des plantes, 2 mm d'eau permettent en deux heures un dépôt 200 fois plus important qu'en une journée pour la même surface exposée au vent mais protégée de la pluie.

Si les spores ne se mouillent pas, elles se déposent néanmoins plus aisément par temps pluvieux.

Si les gouttes ont 5-6 mm de diam., on peut admettre une vitesse de chute de 2 à 9 m par seconde. Plus elles deviennent grosses, moins les spores sont entraînées ; des gouttes de 2 mm entraînent 15 % des spores contenues dans l'air si elles sont petites.

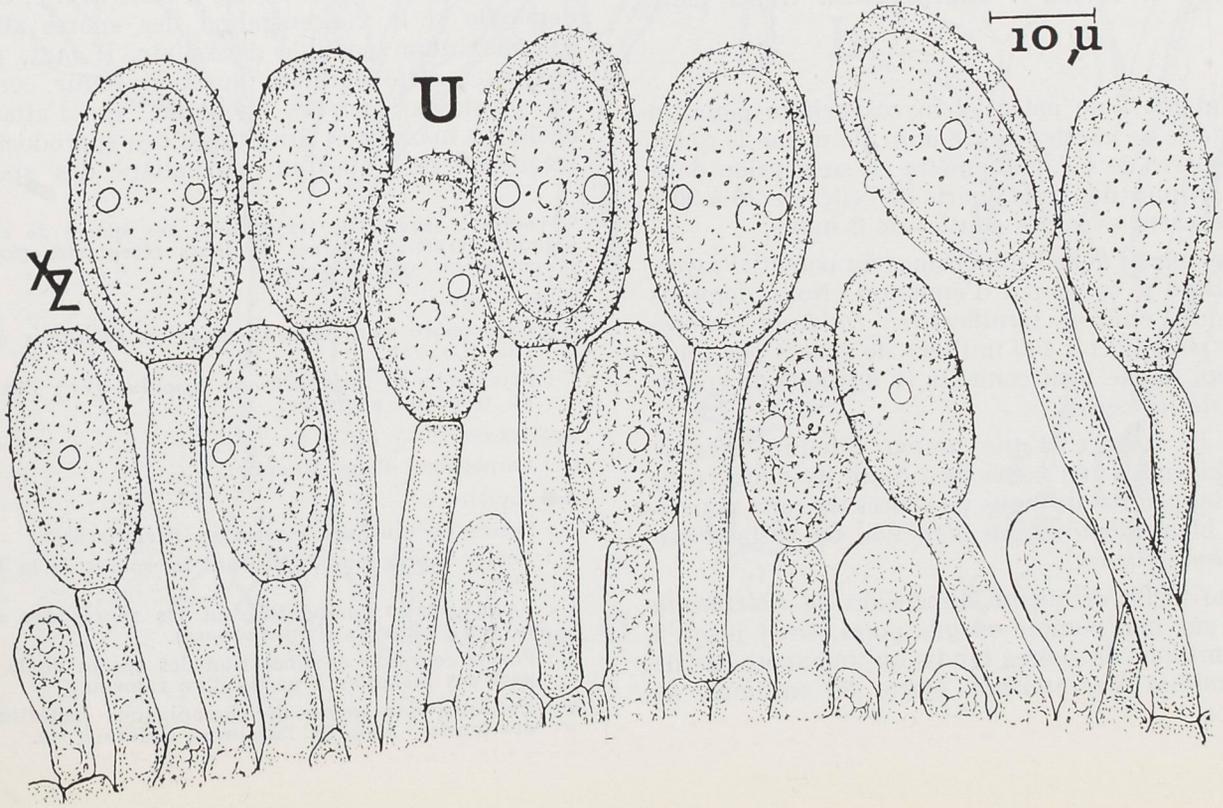
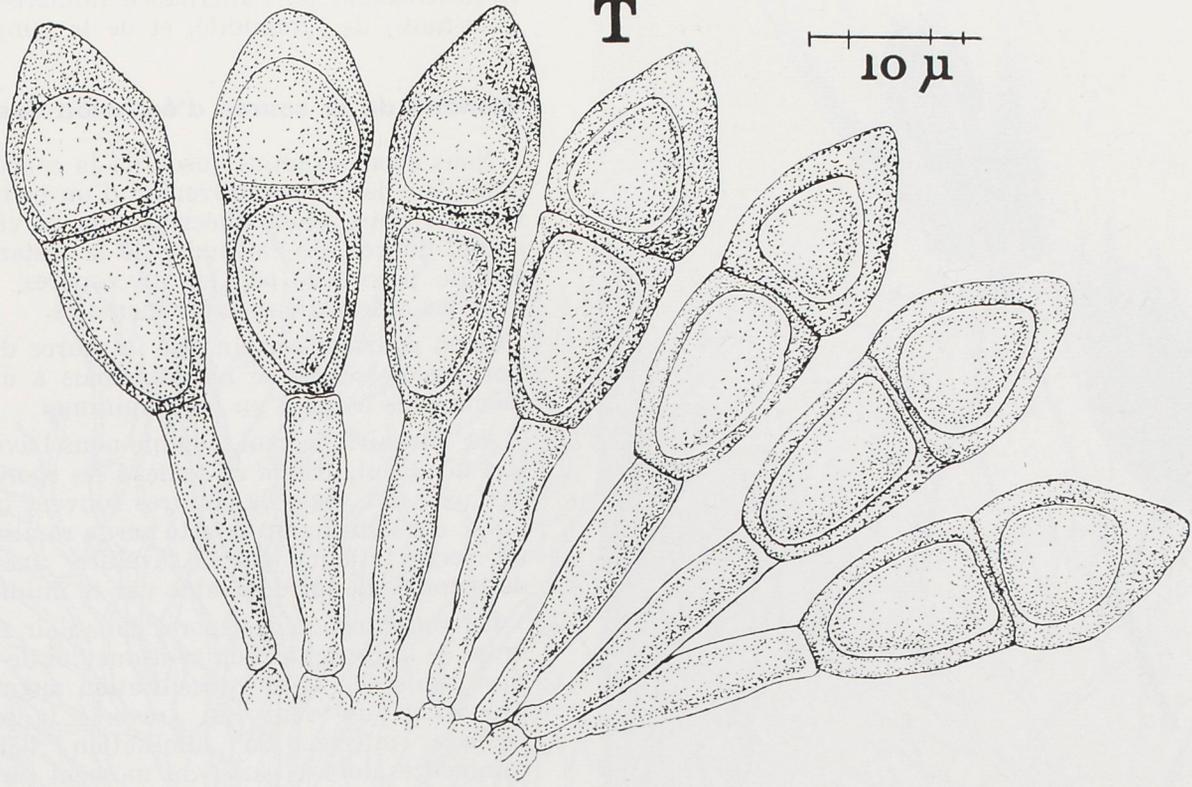
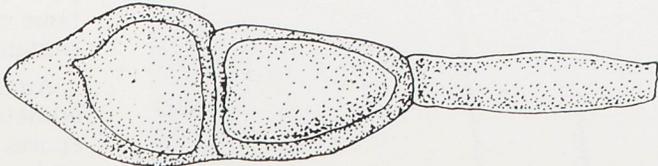
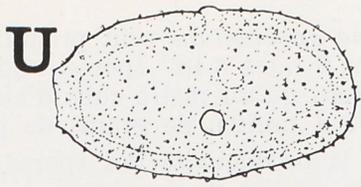
Les basidiospores aéroportées commencent à tomber avec des gouttes de 0,2 mm de diam. ; leur chute forcée atteint son maximum, qui est le tiers du potentiel mycosporifère dans l'air, avec des gouttes de 2 mm ; ensuite ce pourcentage de chute diminue à mesure que les gouttes grossissent.

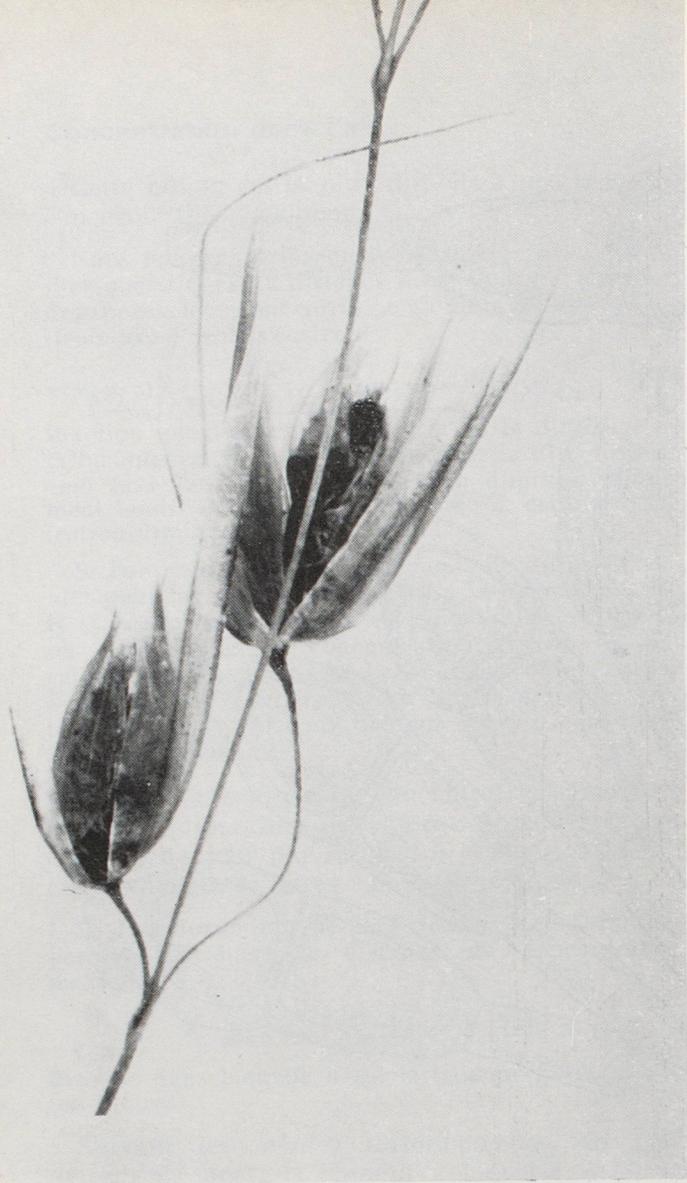
Les conidies du blanc des céréales *Erysiphe graminis* ainsi que les Uredos de certaines rouilles *Puccinia** et les chlamydo-spores des *Ustilago** peuvent être facilement entraînées par les gouttes d'eau même très fines. Leur maximum de chute

Ci-contre : La Rouille noire des céréales : *Puccinia graminis* Pers.

U : Uredospores. Elles constituent la forme de propagation de la Rouille sur les graminées d'un pays à l'autre pendant la même saison végétative.

T : Téliospores. Elles servent à la conservation du champignon d'une année à l'autre.





Charbon de l'avoine : *Ustilago avenae* (Pers.) Rostr.

atteint 80 % du potentiel mycosporifère pour un diamètre de gouttes de 2,8 mm. De même le quart des spores de 4 μ de diamètre en suspension dans l'air et plus des trois quarts de celles de 20 à 30 μ se déposent avec des gouttes de 2 mm.

On conçoit donc l'importance du potentiel mycosporifère à la source d'émission. Nous donnons quelques chiffres significatifs : *Daldinia concentrica* peut éjecter 100 millions de spores par jour. Un épi de blé peut contenir 12 millions de spores de *Tilletia caries*.

A la surface d'une orange attaquée par le *Penicillium** une tache de 2,5 cm de diam. peut développer 400 millions de spores de cette pourriture bleue (*Penicillium glaucum*) ou verte (*Penicillium italicum*).

Une tache de même dimension de *Sclerotinia laxa* sur une pomme ou une poire, émet jusqu'à 200 millions de spores tandis qu'une apothécie de *Sclerotinia sclerotiorum* éjecte 30 millions de spores.

Le *Ganoderma applanatum* peut produire par jour et pendant 6 mois 3.10^{10} spores. Ajoutons, pour comparaison, qu'un mètre cube d'air peut contenir jusqu'à 1 million de grains de pollen.

Au sujet de la productivité des spores, nous admettons la possibilité de formation de 1 à 7 spores par conidiophore et par jour pour les *Oïdium** et les *Alternaria** ; mais ce taux dépend essentiellement de l'alternance lumière-obscurité (jour-nuit), de l'humidité, et de la température.

Étendue de la source d'émission des spores

Nous avons examiné jusqu'ici la concentration dans l'air des spores provenant d'un point d'éjection, et notre étude théorique de la vitesse de chute, du vol, de l'altitude, de la distance horizontale parcourue par les mycospores, coïncide avec les observations expérimentales.

Il est pourtant certain que la source de libération des spores ne se réduit jamais à un point, même dans le cas d'un foyer minime.

Au contraire, le vent, comme nous l'avons indiqué au début, balaie et soulève les spores d'une surface assez vaste de cultures souvent très étendues : c'est un champ infecté par la rouille noire*, un verger attaqué par la tavelure, une culture de pommes de terre envahie par le mildiou.

La concentration des spores dans l'air suit alors la loi de la concentration continue (loi de la poussière soulevée). Cette concentration augmente en proportion du vent qui traverse le foyer ou l'espace infecté. Sa diminution horizontale commence alors à partir du moment où le vent ne se charge plus, c'est-à-dire à la limite de la plantation infectée. Souvent, à cette limite, on se demande si la concentration des spores atteint son maximum possible dans l'air. Il faut, pour envisager cette dernière question, tenir compte de plusieurs facteurs : étendue de l'attaque, décharge massive et simultanée des sporodochies, fréquence de l'éjection journalière des spores,

Ci-contre : schéma de trajectoires des spores de champignons parasites libérées de leurs réceptacles (foyers) et entraînées par le vent.

Polyporacés :

- a : Carpophore d'un Faux-Amadouvier, *Phellinus igniarius* (L.) Pat.
- f : Réceptacle de *Xanthochrous hispidus* (Fr.) Pat. sur un tronc de pommier.

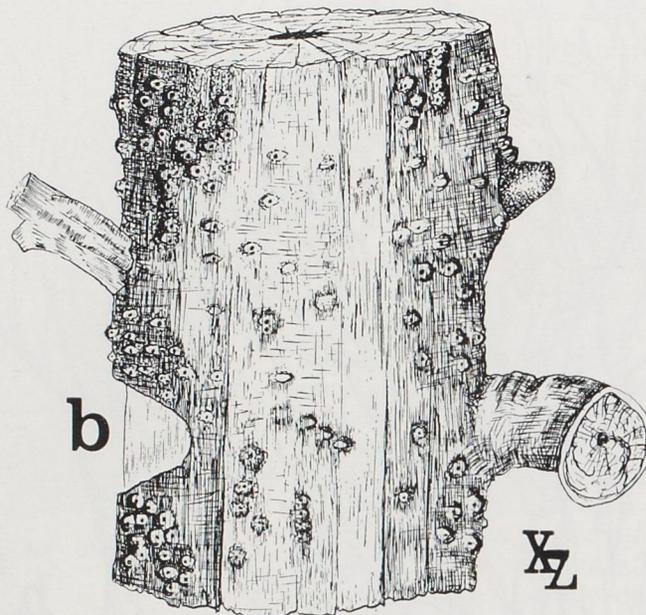
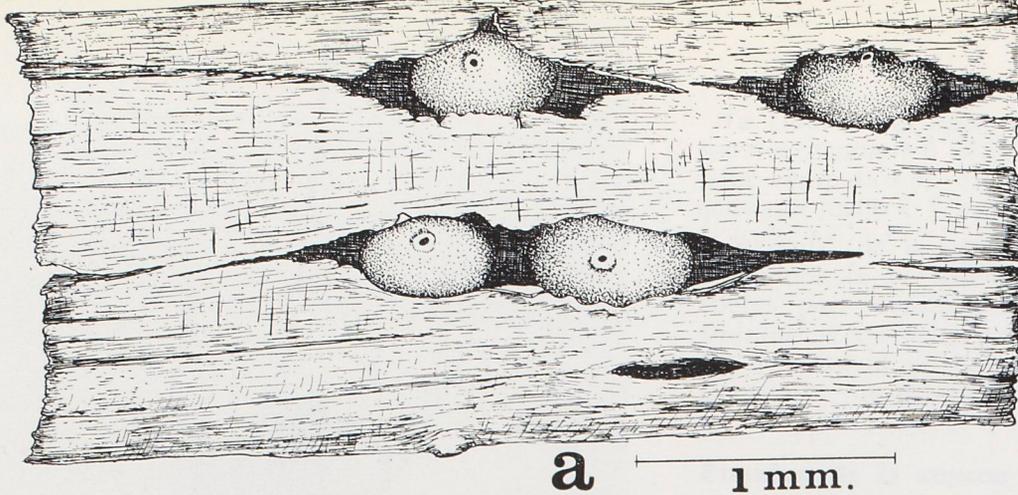
Agaricacées :

- b : Carpophore d'une Amanite.

Ascomycètes :

- c : Pezize libérant ses ascospores (Hélotiacées).
- d : Feuille morte tombée libérant les spores de la Tavelure.
- e : Rameau mort tombé libérant les spores des Ascomycètes hébergés (*Physalospora*).
- g : Forme courante de libération des spores de la plupart des maladies à partir d'un rameau.
- h : Emission des spores de champignons installés sur des fruits : *Monilia*, Tavelures, Oïdiums, etc.





- a : Périthèces de champignons parasites avant libération des spores (Pyrénomycètes).
 b : Réceptacles fructifères de champignons parasites émergeant après rupture de l'écorce (*Physalospora*).
 c : Pycnides des *Phoma* (imperfecti), l'un des agents qui provoquent le dépérissement des *Citrus* (citronniers, orangers et autres).

nature des spores. Ces facteurs sont liés au climat, au biotope, aux courants ascendants locaux, aux grands courants d'air, et même aux vents périodiques de l'année.

Nous avons pensé à l'intervention décisive de certains grands courants, même intercontinentaux, qui, à notre avis, serait déterminante pour l'infection des cultures de certaines régions par des spores aéroportées de lointaine provenance.

Si nous admettons, par exemple, une durée de vie certaine de plus de 150 jours pour les Urédospores de la rouille noire* des céréales, il va de soi que ces spores venant d'Afrique ou d'Asie peuvent, d'après les équations que nous avons données, envahir finalement toute l'Europe.

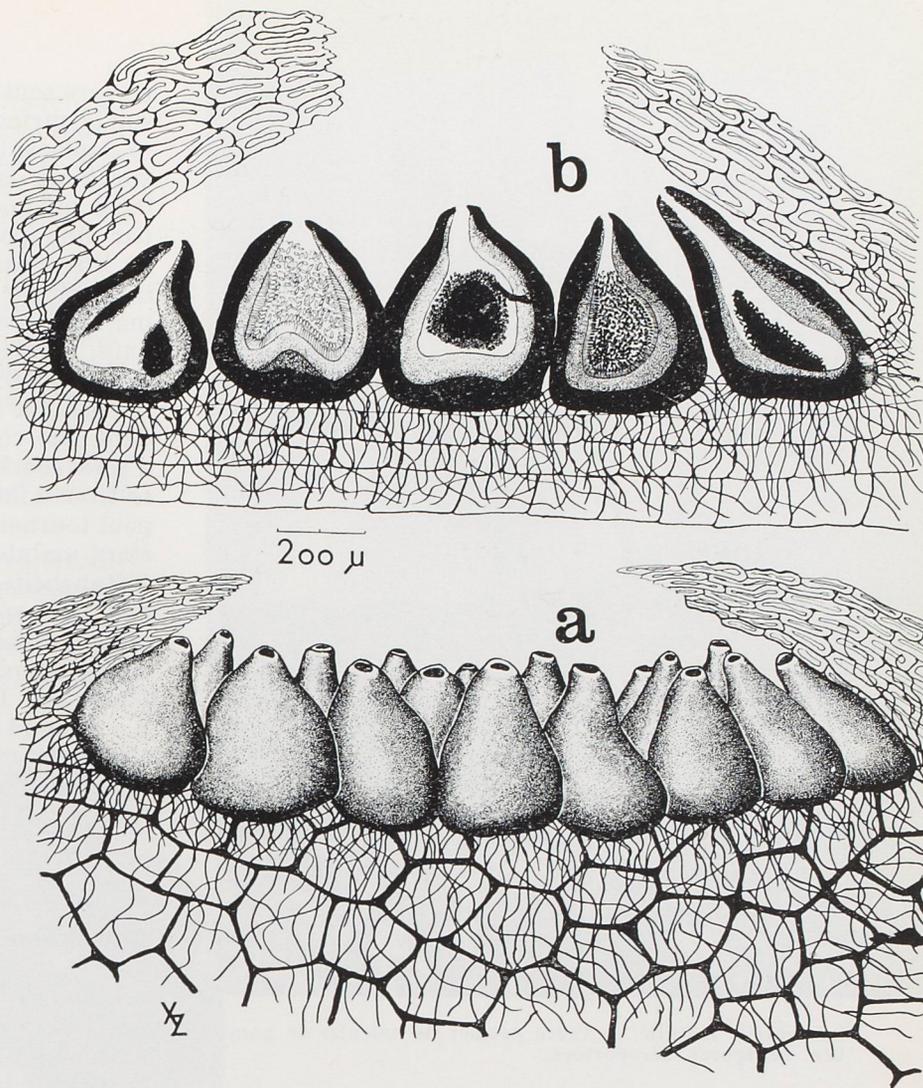
Ainsi, avec la durée de vie supérieure à 4 ans que nous avons estimée pour le charbon du chien-dent, par exemple, pouvons-nous envisager une répartition cosmopolite de cette maladie ?

Pour répondre à ces questions avec d'autres auteurs qui ont déjà longuement étudié dans leur pays plusieurs faits et maladies, nous avons entrepris depuis 1960 un travail de piégeage des spores dans le bassin méditerranéen oriental.

De 1961 à 1963, nous avons mesuré le potentiel mycosporifère journalier de l'atmosphère sur la terrasse de l'observatoire de l'Institut météorologique de l'Université de Salonique (Thessaloniki) en Grèce.

En 1963, les dispositifs nécessaires pour capter

Fructifications lageniformes de champignons parasites hébergés sous l'écorce (*Diplodia*). Au-dessus : coupe montrant les amas de spores.



des mycospores ont été installés au sommet du mont Olympe, à 3 000 m d'altitude. Depuis 1964, nous faisons cette opération en Crète au Centre du Bassin méditerranéen oriental. Ces recherches ont pour but de différencier les maladies d'extension épidémique d'origine lointaine de celles dont l'extension reste du type local. Les spores récoltées nous ont permis, en tenant compte du vent, de la pluie, de la température et de l'humidité, d'établir des dates repères pour l'apparition de certaines mycoses de plantes et de confirmer leurs données biologiques.

Exemple d'un problème élucidé par les méthodes de captage des spores poursuivies pendant 4 ans : nous avons tracé pour la tavelure la ligne de défense la plus propice dans la péninsule balkanique. Au lieu d'attendre la manifestation des premières taches sur les foyers pour donner l'alarme par les avertissements agricoles, il suffit de ramasser en fin de saison des feuilles tombées envahies par le parasite et de les conserver en plein air dans les conditions du pays. Placées sur une grille tournante exposée en pleine nature, assez tôt en mars, elles éjectent les ascospores qui, déposées sur une lame porte-objet vaselinée, nous avertissent de l'utilité d'une pulvérisation

préventive. Ce dispositif simple, naturel et biologiquement valable, permet de pallier pour longtemps les attaques et de réduire au tiers le nombre des traitements ultérieurs.

Autres exemples : la lutte contre le mildiou du tabac, de la pomme de terre et de la vigne ; les contaminations sont du type local et chaque champ présente son micro-climat qui détermine les dates d'intervention convenables en fonction de l'altitude, de l'exposition et du genre de culture.

Nous avons aussi récolté des urédospores de *Puccinia graminis** avant la maturation des écidies sur *Berberis*, et bien avant la formation des pustules urédosporifères sur les graminées sauvages. L'apparition la plus précoce d'urédospores dans le Bassin méditerranéen oriental se produit dans le domaine climatique de l'Oléocératonium : Crète-Péloponèse - Attique.

Les buissons de *Berberis* sous le climat méditerranéo-montagnard voient leur végétation retardée de 20 jours par rapport à *Hordeum murinum*.

Nous avons vérifié en Crète l'existence d'une population d'urédospores qui végètent sur les graminées pérennantes, sur les chaumes des



Le capteur installé en Crète permet de calculer le nombre de spores aéroportées.

céréales cultivées, mais l'inoculum que cette population forme est insuffisant pour déclencher une dissémination généralisée de la rouille.

La faible portée infectieuse des foyers à Epinevinette et la pérennité mycélienne dans les souches des graminées spontanées pourraient être l'origine d'attaques printanières d'extension très limitée.

Pourtant nous comptons une pluie de 10 milliards de spores de *Puccinia graminis** par ha pendant la période de la sensibilité de la culture des céréales. C'est grâce aux mesures faites au moyen du « capteur » que nous avons pu calculer cette dissémination.

Le capteur - Principe de fonctionnement.

Cet appareil permet de déceler et dénombrer une décharge de spores à partir d'un foyer local, d'une touffe de champignons d'une moisissure envahissante. Il nous a permis de découvrir un réservoir inépuisable d'urédospores de la rouille noire dans les pays du Proche-Orient.

Les spores contenues dans un volume d'air

mesuré sont aspirées à travers un orifice et lancées sur la surface adhésive d'une lame de microscope se déplaçant lentement. L'orifice (14 mm de long sur 2 de large) est maintenu à 0,6 mm de la lame qui mesure 75 mm sur 25. L'air est aspiré par une pompe à travers l'orifice à raison de 10 litres par minute, ce taux d'aspiration étant indiqué sur un débitmètre incorporé. La lame, maintenue sur un petit chariot, est tirée vers le haut, à raison de 2 mm par heure, par une fine chaîne attachée à une horloge actionnée par un ressort. La surface adhésive est obtenue en étendant une couche uniforme de vaseline au-dessus d'une couche de « Solvar ». Afin que l'orifice se trouve face au vent, l'« Impactor » tout entier peut tourner autour d'un axe vertical, sa direction étant maintenue par une large girouette. Un joint d'étanchéité se trouve dans l'axe vertical et permet à l'aspiration de se poursuivre pendant la rotation, tandis qu'une visière protège l'orifice contre la pluie quand le dispositif est utilisé en plein air. Des pieds de 0,50 ou 1 m de haut permettent d'utiliser l'instrument dans les cultures ; mais des fixations peuvent être fabriquées sur place et on peut installer celui-ci à la hauteur désirée.

Comptage des spores.

Puisque l'orifice a 2 mm de large et que la lame se déplace de 2 mm par heure, une ligne droite quelconque tracée en travers de la plaque, dans le sens de la largeur, reste sous l'orifice pendant 1 heure. Ainsi des comptages effectués sur une ligne transversale de 1 mm de large indiqueraient le dépôt moyen pendant une période de 2 heures. Pour convertir le nombre de spores comptés sur une bande transversale de surface connue en un nombre évalué par m^3 , les seuls renseignements nécessaires sont le taux d'aspiration (0,6 m^3 par heure), les dimensions de la section transversale de l'orifice (14 mm sur 2), la vitesse de déplacement de la lame (2 mm par heure) et la correction d'efficacité du piège. Notre expérience personnelle a montré que, dans ces conditions, 75 % environ des spores étaient captées par la lame et que le reste échappait (influence des chocs analogue à celle citée plus haut pour les dépôts sur les feuilles).

Quelques-uns de nos résultats.

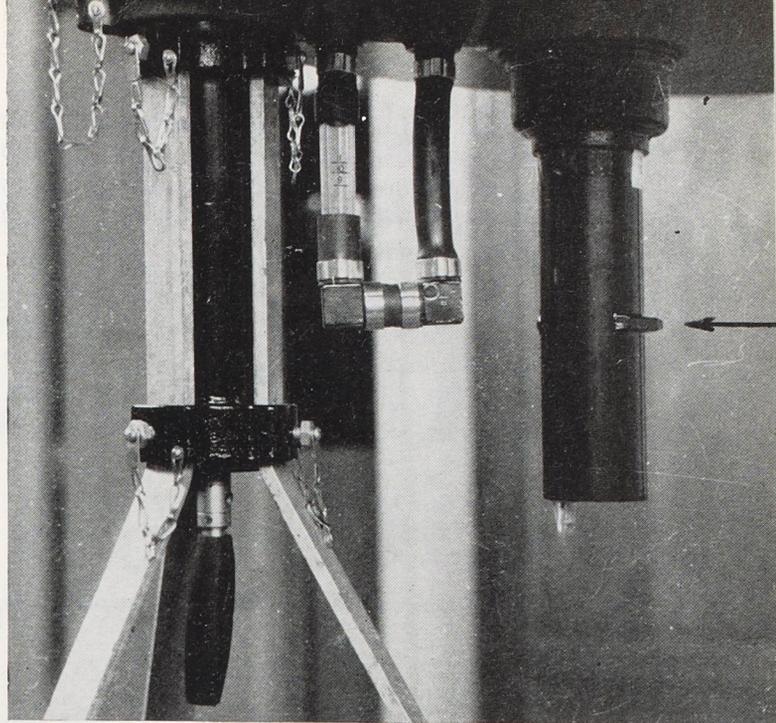
Nous ne pensons pas que les peuplements de *Berberis* qui existent en grand nombre sur tout le territoire de la Turquie soient responsables des attaques dans le Bassin méditerranéen. Nous croyons au contraire que les foyers primaires actifs se constituent par les graminées sauvages et les chaumes des céréales hivernant dans les

champs. Ces foyers contaminent régulièrement les cultures des pays et l'inoculum ainsi produit assure la dissémination ultérieure en avril dans les Balkans. L'épidémie prend un aspect généralisé et grave quand les facteurs météorologiques la favorisent.

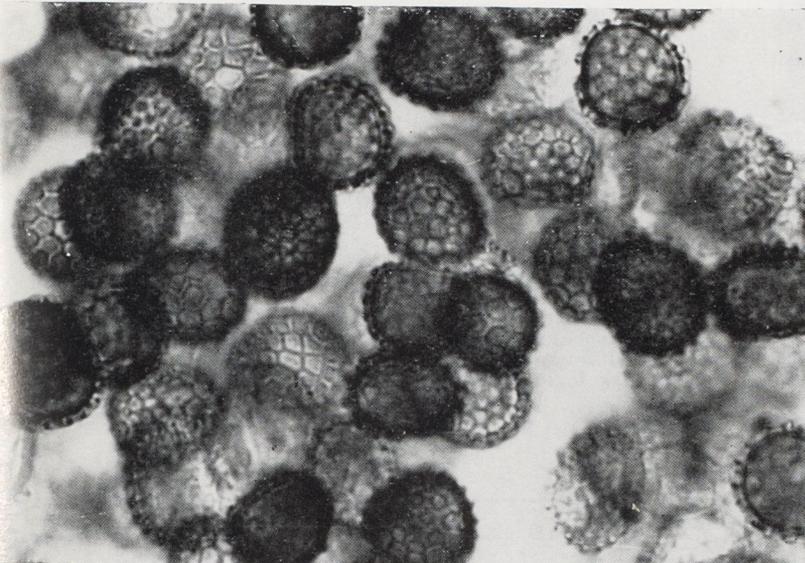
Les races physiologiques de la rouille noire* des céréales sont les mêmes pour le Proche-Orient et les Balkans mais avec un décalage de 30 jours. Même décalage entre Paris et Marseille pour le déclenchement de cette même maladie sur les mêmes cultures.

Nous terminons en donnant quelques résultats obtenus par le « capteur », spécialement pour la rouille noire des céréales.

Il ressort du comptage des urédospores, étudié en relation avec le temps (heure correspondante), le vent et tous les autres facteurs examinés au début de cet article, que le taux de 50 urédospores par plaque porte-objet vaselinée verticale, orientée



Détails de l'appareil ; on distingue l'orifice d'entrée de l'air



Spores d'un Charbon captées sur la lame vaselinée.

Boîtes de Petri stériles ; on y aensemencé, sur milieu nutritif gélosé, les spores qui n'ont pas pu être déterminées directement sur la lame.

(Dessins et Photographies de l'Auteur).



vers le S.E. à 10 m. du sol, correspond à un potentiel de 300 urédospores par m³. Un dépôt de 4 000 urédospores par m² de culture de blé est suffisant pour déclencher une épidémie généralisée sous le climat étudié.

Certains courants aériens secs conservent les urédospores et les entraînent sur les cultures dans l'intérieur de la péninsule balkanique ; ce poten-

tiel se décharge par l'arrivée de pluies à partir des côtes.

Les premiers graphiques des isothermes, des isobares et des perturbations atmosphériques entre Téhéran et Salonique, que nous commençons à superposer aux données du potentiel mycosporifère continu pour certaines espèces fongiques, nous donneront certainement la solution quant à la sauvegarde de certaines cultures, par des procédés faciles et efficaces.

RÉFÉRENCES :

Voir les articles suivants parus dans « SCIENCE ET NATURE » :

- N° 5 : Les Champignons, agents de maladies des plantes. CLAUDE MOREAU.
- N° 35 : Les plus redoutables ennemis des arbres. PATRICK JOLY.
- N° 56 : Un hôte indésirable qui apprécie le froid sur la Côte d'Azur : le *Phialophora cinerescens*. MIREILLE MOREAU.
- N° 59 : Le Charbon du Maïs, *Ustilago maydis*. CLAUDE MOREAU.
- N° 62 : La lutte génétique contre les maladies cryptogamiques des plantes. JACQUES LECLERCQ.
- N° 63 : Alerte à la rouille du Pélargonium. CH. ZAMBETTAKIS.
- N° 71 : Les Champignons responsables des maladies des pommes et des poires. P. BONDOUX.

Le lecteur y trouvera des renseignements à propos des champignons ci-après :

- Alternaria* : 56, 71.
- Cercospora* : 62.
- Charbon des Plantes : Cf *Ustilago*.
- Charbon du Maïs : Cf *Ustilago maydis*.
- Fusarium* : 5, 56, 62, 71.
- Monilia* : 5, 71.
- Oidium* : 5.
- Penicillium* : 71.
- Puccinia graminis*, *P. tricina*, *P. glumarum* (Rouilles noire, brune et jaune du blé) : 62.
- P. granularis* et *P. pelargoni-zonalis* (Rouille des Pélargoniums) : 67.
- Ustilago* : 62.
- Ustilago maydis* : 59.

Nous donnerons d'autre part, sur simple demande, à tout lecteur intéressé tous renseignements sur l'abondante bibliographie (plus de 500 travaux) concernant l'Aéromycologie.

LES LIVRES

LES ELEMENTS DE GEOLOGIE, par Pierre BELLAIR et Charles POMEROL. (Collection U, Armand Colin).

L'évolution de la géologie durant ces quinze dernières années a été telle que certains manuels, à l'usage des étudiants de propédeutique, ne donnaient qu'un reflet incomplet de cette science. L'ouvrage des Professeurs Pierre Bellair et Charles Pomerol constitue un survol complet de toutes les disciplines géologiques ainsi que de leurs applications. Après avoir replacé la Terre dans l'Univers, les auteurs donnent la base minéralogique et pétrographique nécessaire à l'étude des phénomènes géologiques. Ensuite, ils envisagent l'important domaine de la géodynamique externe, discipline couvrant aussi bien les manifestations érosives sous toutes leurs formes ainsi que la formation des sols. Un quatrième chapitre présente la géodynamique interne qui comprend le volcanisme, les tremblements de

terre et la tectonique générale. La Géologie historique et l'Histoire de l'Homme font l'objet de la cinquième partie : les auteurs y montrent comment l'étude de la stratigraphie permet une meilleure compréhension des phénomènes naturels et de la vie de la Terre. Enfin le dernier chapitre aborde le côté économique de cette science : la Géologie appliquée. A l'aide d'exemples précis les auteurs montrent comment à partir des différentes disciplines énumérées ci-dessus l'homme de l'art peut apporter des réponses aux problèmes techniques que se pose l'habitant de notre planète : la recherche de l'eau et des matières premières ; l'amélioration et la conservation des sols, le génie civil sont ainsi envisagés.

La clarté et la concision du texte, la qualité des clichés et des schémas font de cet ouvrage un moyen de pénétrer dans ce monde passionnant que constitue la Géologie.

GRAVIMÉTRIE ET GÉOLOGIE

En vue d'étudier des problèmes aussi divers que la recherche des gisements pétroliers et des gîtes minéraux, ou que l'étude du sous-sol pour l'implantation d'un barrage, le géologue est souvent amené à utiliser les résultats apportés par l'une des techniques fondamentales de la géophysique : la gravimétrie.

*

**

Dans le sous-sol, les roches, de par leurs densités différentes et leur inégale répartition, sont à l'origine d'*anomalies de la pesanteur*. Lors de la prospection gravimétrique, le géophysicien mesure en divers points, en diverses stations, pour employer le terme consacré, les variations du champ de pesanteur. Si l'on compare les valeurs obtenues et préalablement corrigées, afin d'éliminer diverses influences parasites, aux valeurs théoriques de la pesanteur calculées dans le cas idéal d'un sous-sol homogène et présentant une égale répartition des densités (absence d'anticlinaux, de failles...) on constate le plus souvent un désaccord entre ces deux types de résultats. Ces variations, ou anomalies gravimétriques, intéressantes pour le prospecteur, sont ensuite étudiées et inter-

prêtées. Cette interprétation, longue et délicate, n'est fructueuse que si elle résulte de la collaboration étroite du géophysicien et du géologue. En effet, le géophysicien, grâce à l'appareil mathématique, calcule des structures capables d'engendrer de telles anomalies. Structures qui lui sont suggérées par le géologue.

Mais, avant d'en arriver à ce stade final de l'opération, nous allons d'abord voir la constitution d'un gravimètre, l'appareil qui permet de mesurer ces anomalies de la pesanteur. Ensuite nous verrons les corrections qu'il est indispensable d'effectuer sur les résultats bruts fournis par le gravimètre. En possession de ces anomalies, nous verrons le parti qu'il est possible d'en tirer lors de l'examen de quelques cas précis.

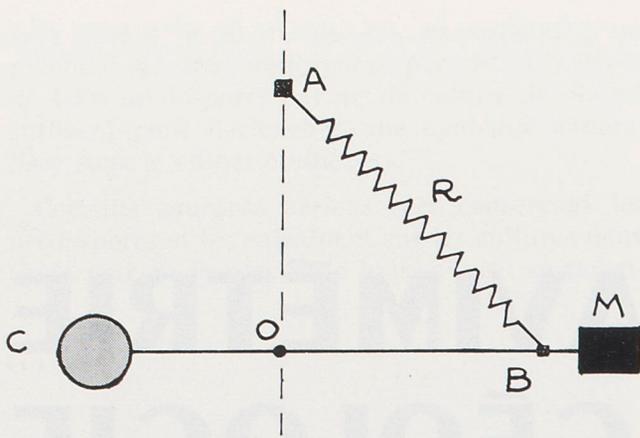


Fig. 1 - Schéma de principe d'un gravimètre

La figure 1 représente le schéma de principe d'un *gravimètre*. Un fléau CM, mobile, mais sans frottement, autour de O, porte à son extrémité droite une masse M. Il est maintenu en position horizontale par un ressort R fixé en B sur le fléau et dont l'autre point d'attache A est à la verticale de O, ceci afin que le déplacement de la masse M se fasse dans un plan rigoureusement vertical. Le centre de gravité de ce fléau est situé à droite de O de manière à ce que les forces de pesanteur entraînent la masse M vers le bas. L'ensemble est construit de telle sorte

qu'une très faible variation de la pesanteur entraîne une rotation importante du fléau. Un viseur permet d'observer les variations de celui-ci. Afin de faire des mesures précises, un système avec vis micrométrique ramène le fléau toujours dans la même position (méthode dite de zéro).

Par ailleurs, on sait que le champ de pesanteur, à la surface de la terre, est de l'ordre de 980 gals (le gal est l'unité de champ gravifique, nom choisi en l'honneur de Galilée qui étudia en particulier la chute des corps ; le sous-multiple est le milligal = mgal ou millième de gal). L'appareil, du type de celui décrit plus haut, permet des mesures avec une précision meilleure que 0,1 milligal, et même certains gravimètres atteignent le centième de milligal (0,01 mgal). On voit ainsi que l'on réalise des mesures qui dépassent couramment le dix millionième de la valeur de pesanteur... (Cela reviendrait, toutes proportions gardées, à mesurer 1 kilomètre avec une précision supérieure au dixième de millimètre). C'est dire que l'appareillage et les mesures elles-mêmes demandent certaines finesses. Tout d'abord les parties utiles du gravimètre devront être réalisées dans des matériaux les plus insensibles possible aux

Station gravimétrique sur une route d'Auvergne

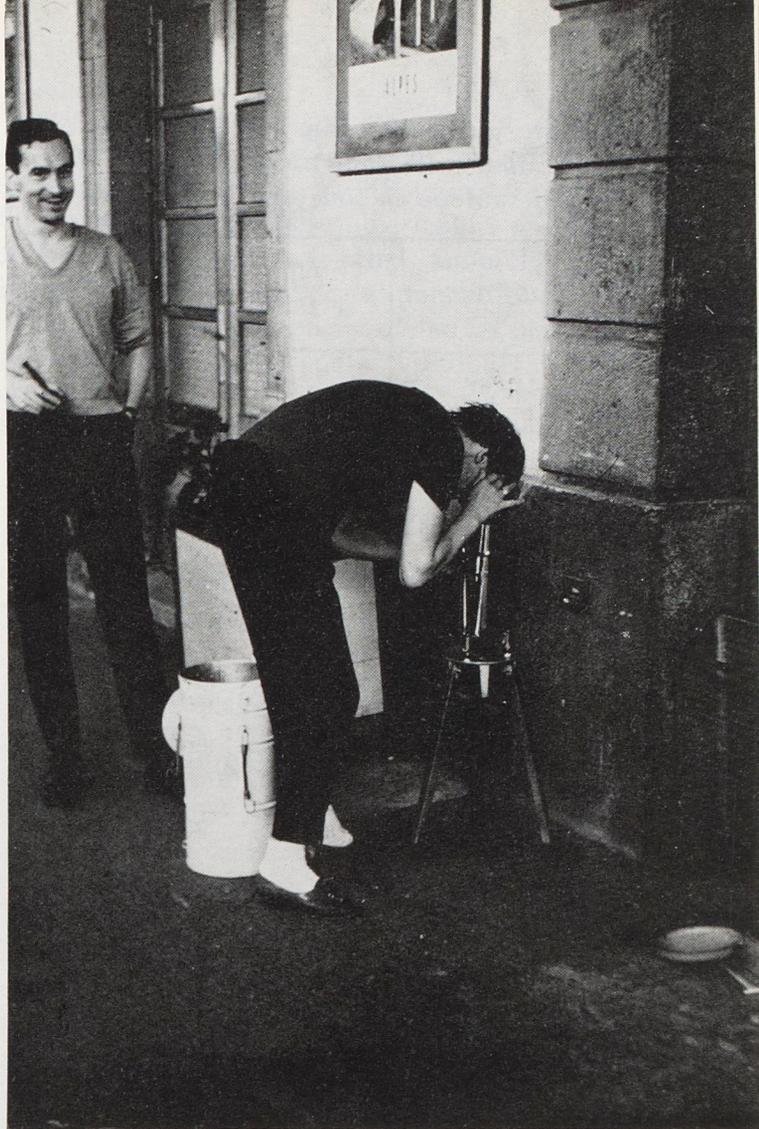


variations de températures comme l'élinvar (alliage fer-nickel) ou le quartz. En effet, toute variation de température entraîne des variations dans l'élasticité du ressort R, rendant illusoire toute espèce de mesure.

De plus, le gravimètre sera enfermé soit dans un vase Dewar, soit dans une enceinte thermostatée où l'on cherchera à obtenir une stabilité de température atteignant le centième de degré. La pression atmosphérique perturbe elle aussi l'appareillage en agissant par poussée d'Archimède sur le fléau et sa masse M. Aussi fait-on, soit un vide partiel dans l'enceinte contenant le gravimètre, soit une neutralisation des poussées d'Archimède en fixant une masse compensatrice légère C à l'extrémité gauche du fléau (fig. 1).

Malgré toutes ces précautions, on constate une *dérive* de l'appareil. C'est-à-dire qu'en revenant, au bout d'une journée de mesures par exemple, au point de départ on constate une différence pour les deux mesures faites l'une le matin et l'autre le soir à la même station, résultats qui devraient évidemment être identiques. Si l'on sait que cette différence, cette dérive, peut atteindre quelques dixièmes de milligal par jour et qu'il est possible de travailler avec mieux que 0,1 milligal, on voit toute l'importance à accorder à cette dérive. Celle-ci, due principalement à certaines imperfections du matériau constituant le ressort, varie suivant chaque type d'appareil, et surtout varie si l'appareil est ou non utilisé. De toute façon, si l'on a la chance de posséder un gravimètre pas trop infidèle, cette dérive est approximativement linéaire pendant un court laps de temps, généralement de l'ordre de la journée. On répartit alors cette variation en fonction du temps sur les différentes mesures réalisées pendant la journée.

Enfin, il importe aussi de tenir compte des perturbations apportées par la lune et le soleil à la valeur de la pesanteur terrestre. Perturbations qui peuvent atteindre le dixième de milligal. Des tables, dites de *correction luni-solaire*, permettent d'en tenir compte, connaissant le lieu et le temps où est effectuée la mesure. Comme cette perturbation s'ajoute à la dérive propre de l'appareil, il importe de la prendre en considération afin, en outre, de se rendre compte si la dérive



Station gravimétrique près d'un repère du nivellement général : le gravimètre est posé sur un trépied. A droite, l'altimètre.

du gravimètre est bien constante au cours du temps.

Les diverses valeurs que l'on a obtenues par mesure au gravimètre, même si on a effectué les corrections précédentes, ne sont pas comparables entre elles. En effet, la latitude, l'altitude et le relief aux alentours de chaque station ne sont pas les mêmes. Il est nécessaire de ramener les diverses valeurs observées à une même surface de référence. La différence entre la valeur observée, ramenée à la surface de référence, et la valeur théorique calculée (ou valeur normale) au même point de la surface de référence constitue l'*anomalie gravimétrique dite de Bouguer*.

Les géodésiens ont choisi, en 1930, comme surface de référence, un ellipsoïde qui représente au mieux le globe terrestre tant par

sa forme que par sa masse et sa rotation. Des tables, dont voici un extrait, donnent la valeur de la pesanteur en fonction de la latitude :

Latitude	Valeur de la pesanteur en milligals
44°50'	980.614,349
45°	980.629,394
45°10'	980.644,439
45°20'	980.659,486

La pesanteur augmente environ de 0,8 mgal quand on se dirige de un kilomètre vers le Nord.

Trois types de corrections vont nous permettre de ramener la valeur observée à la surface de référence (fig. 2). Nous allons

68 m, 130 m, 230 m, 380 m, 590 m, 870 m, etc... jusqu'à environ 20 kilomètres. Ces zones sont subdivisées en un certain nombre de compartiments. Dans chacun de ces compartiments on évalue au mieux l'altitude moyenne (nécessité d'un fond topographique correct). A l'aide de tables spéciales et connaissant la différence entre l'altitude moyenne de chacun des compartiments et l'altitude de la station, on obtient la correction. Par exemple, si l'altitude dans un des quarts de la zone comprise entre 130 et 230 m est supérieure (ou inférieure) à 40 m à l'altitude de la station, la correction topographique sera pour ce compartiment de 0,13 mgal. Cette correction importante en pays montagneux (69 milligals au Pic du Midi) devient presque négligeable en plaine (0,1 milligal à Paris).

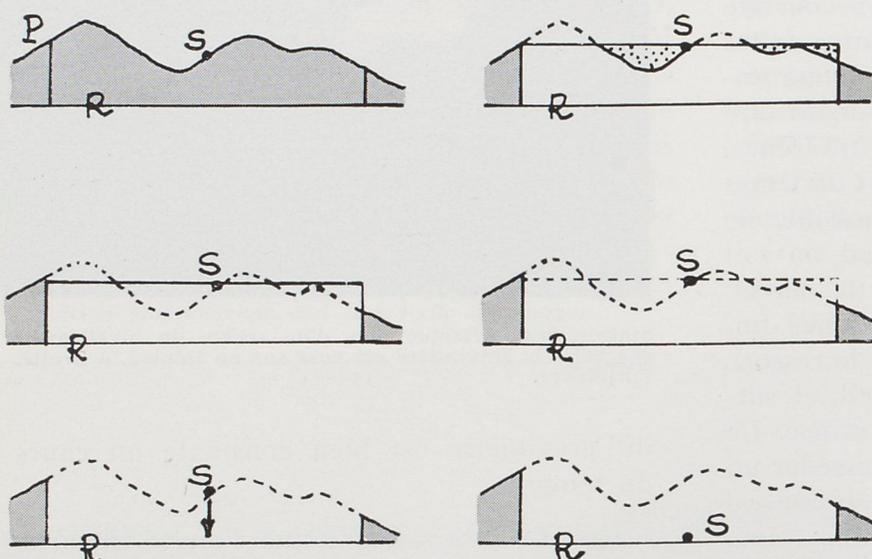


Fig. 2 - Les principales corrections gravimétriques : en haut : correction topographique, au milieu : correction de plateau, en bas : correction à l'air libre. (P = profil topographique, S = station, R = plan de référence).

d'abord procéder à la *correction topographique* ou de relief. Cette correction revient à ramener la mesure à ce qu'elle serait si on enlevait tous les reliefs situés à une altitude plus élevée que la station et si l'on comblait les dépressions situées en dessous de la station. Cette correction est donc toujours positive pour les irrégularités proches de la station : une masse topographique au-dessus de la station diminuait la pesanteur tandis que le remblaiement fictif d'une vallée a pour effet d'augmenter la pesanteur. Pratiquement, et le travail est long, on divise le terrain environnant en zones circulaires de rayons 2 m,

Nous avons maintenant, dans un rayon de 20 kilomètres autour de la station, un terrain parfaitement uni. Dans un deuxième temps, nous allons supprimer, toujours fictivement, l'attraction du terrain compris entre la station et le niveau de référence. Cette correction est dite *correction de plateau* de par la forme du terrain enlevé. Comme on supprime l'attraction de ce plateau, la correction sera négative. Elle est importante et de l'ordre de 1 milligal pour 10 mètres.

Enfin on descend, « à l'air libre », du

niveau de la station au plan de référence, en effectuant la *correction à l'air libre*. Elle est positive, on se rapproche du centre de la terre, et est de l'ordre de 1 milligal pour 5 mètres.

Si l'on fait la somme de ces trois corrections, on constate que la *correction totale est positive et est de l'ordre de 1 milligal pour 5 mètres*. En outre, on remarque l'importance de la détermination de l'*altitude de la station*. Un milligal pour 5 mètres entraîne une limite de la précision qui ne dépassera jamais 0,1 milligal pour toute erreur d'altitude supérieure ou égale à 50 centimètres.

Chaque fois que l'on pourra, on effectuera une mesure gravimétrique près d'un repère du nivellement général (voir à ce sujet l'une des photos où l'on distingue un de ces repères). Dans les autres cas on réalise les mesures altimétriques grâce à un baromètre, ce qui exige une série de corrections propres à ce genre d'appareil. On arrive généralement à une précision de l'ordre de 30 cm, d'où des mesures gravimétriques à plus ou moins 0,06 milligal, ce qui est un peu insuffisant si l'on veut utiliser toute la précision du gravimètre. L'idéal est de faire niveler les stations par une équipe de topographes.

L'anomalie de Bouguer pour une station, ainsi que nous l'avons vu plus haut, représente la différence entre la valeur de la pesanteur corrigée et celle calculée sur l'ellipsoïde à la même latitude. Une fois les anomalies gravimétriques calculées pour chaque sta-

tion, le géophysicien reporte, sur la carte topographique, à l'emplacement de chaque station la valeur de chaque anomalie. Et, afin de rendre l'ensemble plus lisible, il relie les points qui ont la même anomalie. Il obtient des courbes d'égale anomalie dites courbes iso-anomales ou *isanomales*, parfois appelées *isogammes* (d'égale pesanteur). C'est ce document (fig. 3) qui va servir à l'interprétation.



Interprétation de quelques grandes anomalies isostatiques négatives.

Jusqu'ici nous avons effectué des corrections qui sont, relativement à l'ensemble du globe, localisées dans un petit périmètre autour de chacune des stations. Il serait quasiment impossible de les effectuer en tenant compte de tous les reliefs du globe terrestre, et pourtant la suppression « fictive » de l'Himalaya modifierait de plusieurs milligals la valeur de la pesanteur en France. En examinant les anomalies de Bouguer à la surface du globe, on constate qu'elles sont *negatives sur les continents* et ce d'autant plus que l'altitude est élevée. Par contre, elles sont *positives en mer*. On est donc conduit à admettre une compensation en profondeur : sous les océans existent des roches plus denses que sous les continents. Plusieurs schémas de l'écorce terrestre ont été proposés pour rendre compte de cette compensation. *L'isostasie* en est un des plus connus. Dans cette hypothèse on admet que l'écorce, douée d'une certaine rigidité, surmonte un milieu plus dense. En outre, cela nous explique la compensation de l'attraction due au relief. En mettant au point un ellipsoïde en équilibre isostatique (en modifiant par exemple les densités sous les continents) il est possible de calculer une *correction isostatique*. Et ainsi la différence entre la valeur de la pesanteur mesurée et sa valeur au point correspondant de l'ellipsoïde modifié représente l'*anomalie isostatique*. Dans les Alpes par exemple, si l'anomalie de Bouguer atteint — 200 milligals, l'anomalie isostatique est très faible.

Par contre, il y a de par le monde des régions où subsistent de grandes anomalies

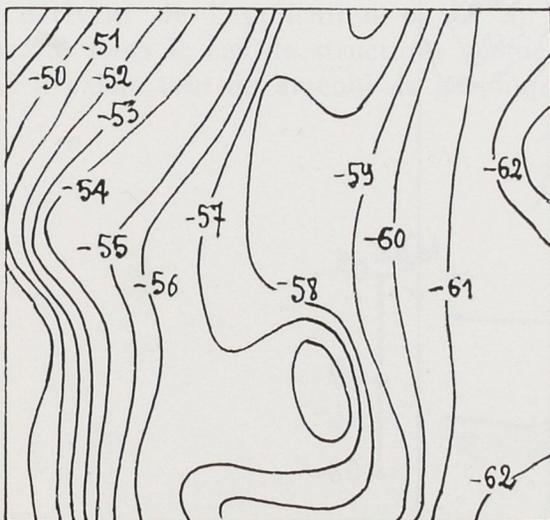
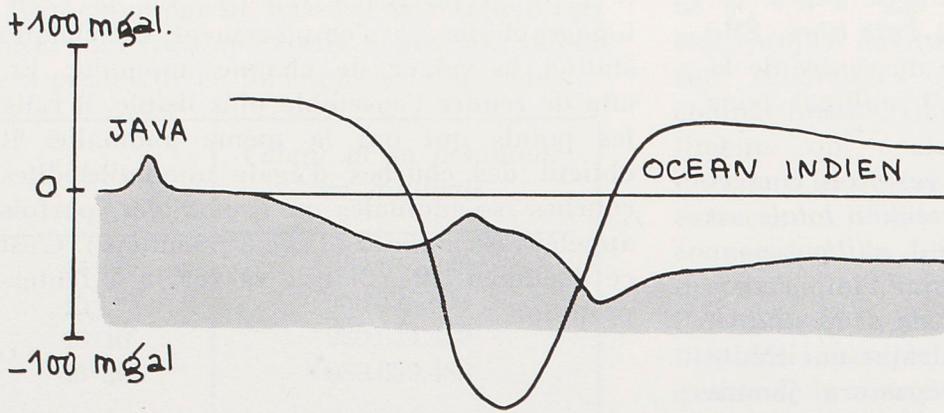


Fig. 3 - Carte des anomalies de Bouguer (Nord-Ouest de Carpentras)

Fig. 4 - Anomalie isostatique de l'Insulinde



isostatiques négatives. La plus célèbre est celle de l'Insulinde (fig. 4). Notons que les mesures y furent effectuées à bord de sous-marins. Une zone, large de 100 kilomètres, d'anomalie isostatique négative qui dépasse 100 milligals se suit parallèlement à la chaîne des îles et ce, sur plus de 3 000 kilomètres de long. Nous sommes en présence d'une zone actuellement en évolution très active avec volcans et tremblements de terre.

Plus proche de nous, l'Italie du Sud montre des anomalies isostatiques assez importantes. Anomalies qui traduisent un déséquilibre des zones profondes (fig. 5). De même, l'anomalie négative de 100 milligals de la

plaine du Pô traduit un enfoncement de celle-ci (énorme épaisseur de sédiments récents), alors que d'après le principe de la compensation isostatique on devrait assister à une surrection.

Si dans l'ensemble il y a bien équilibre isostatique, certaines régions présentent des anomalies, ce qui indique que le réajustement isostatique est en train de se faire actuellement (cas de la Scandinavie), soit qu'il faille retoucher les hypothèses de départ sur la répartition en profondeur des densités, soit enfin que ces anomalies traduisent des phénomènes tectoniques actuels.

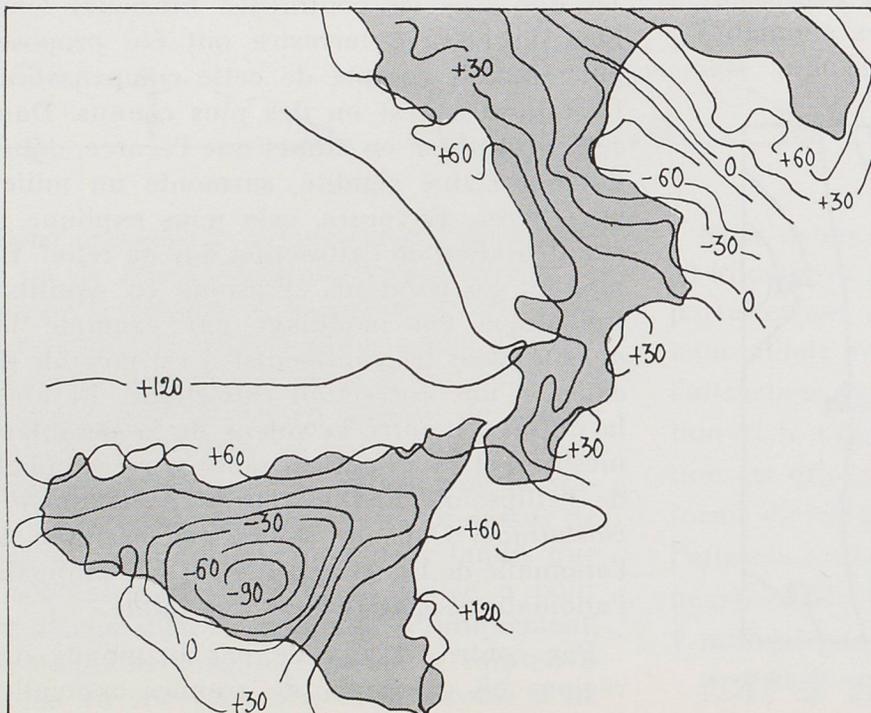


Fig. 5 - Anomalies isostatiques de l'Italie du Sud

Généralement, le prospecteur aura à interpréter une carte régionale d'anomalie de Bouguer du type de celles de la figure 3. Sur cette carte, l'effet des masses profondes dont l'action est très étendue masque diverses anomalies locales étroites produites par des structures superficielles. Comme il cherche à mettre en évidence des structures locales (anticlinaux, failles...) il lui faudra séparer les *anomalies locales* (résiduelles) étroites des larges *anomalies régionales*. Plusieurs méthodes s'offrent à lui pour distinguer l'influence des causes profondes de celles qui sont les plus superficielles. Une des plus simples consiste à « régulariser », soit à vue, soit au moyen de profils, les anomalies de Bouguer. On néglige les variations lentes pour ne s'attacher qu'aux variations rapides. C'est un travail de ce type qui a été réalisé figure 6. Cette carte des anomalies résiduelles est issue de la carte des anomalies de Bouguer (fig. 3). Si les données gravimétriques sont très nombreuses et de grande précision, on utilisera la méthode dite de la « dérivée seconde » qui met davantage en évidence les anomalies étroites par rapport aux anomalies plus larges. Cette méthode moins empirique nécessite l'emploi de calculateurs électroniques.

Il reste maintenant au géophysicien, en fonction de ce qu'il peut savoir de la constitution géologique du sous-sol et des différences de densité des roches, à calculer une structure géométrique qui rendrait compte au mieux des anomalies résiduelles enregistrées. Comme les calculs sont plus simples (ils dérivent de l'application de la loi de Newton) dans le cas de structures géométriques il existe tout un arsenal de graphiques,

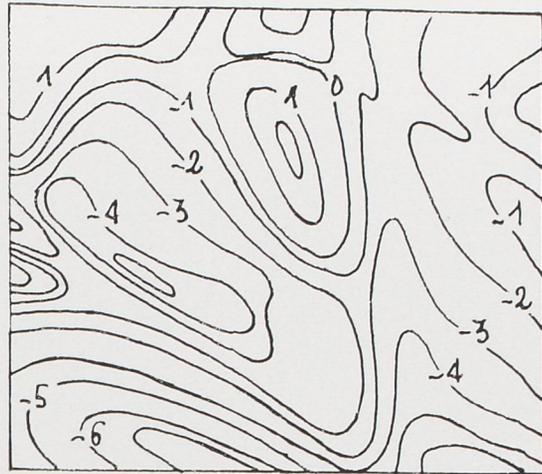


Fig. 6 - Carte des anomalies résiduelles tirée de la fig. 3

d'abaques... où sont une fois pour toutes calculées les anomalies engendrées par telle ou telle structure de forme géométrique simple.

En première approximation, un anticlinal pourra être comparé à un cylindre, une faille à une translation géométrique, etc... Mais tous ces calculs nécessitent la connaissance de la densité des roches sous-jacentes. Ou plutôt, car nous étudions les anomalies résiduelles, les fluctuations de cette densité. Une mesure de la densité des roches qui peuvent affleurer n'est qu'une première approximation, car en surface les roches sont plus ou moins altérées et plus ou moins imprégnées d'eau. Enfin, en profondeur les roches ont des densités légèrement plus élevées qu'en surface du fait de la compression qu'elles subissent. Aussi utilise-t-on quelquefois une méthode graphique qui consiste à comparer le profil topographique et plusieurs profils des anomalies de Bouguer calculées avec des densités différentes.

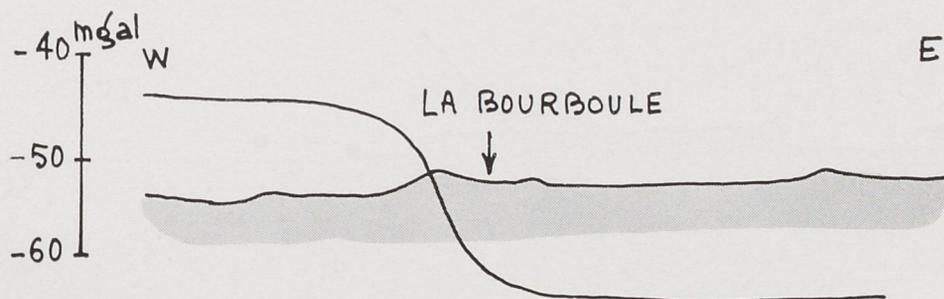
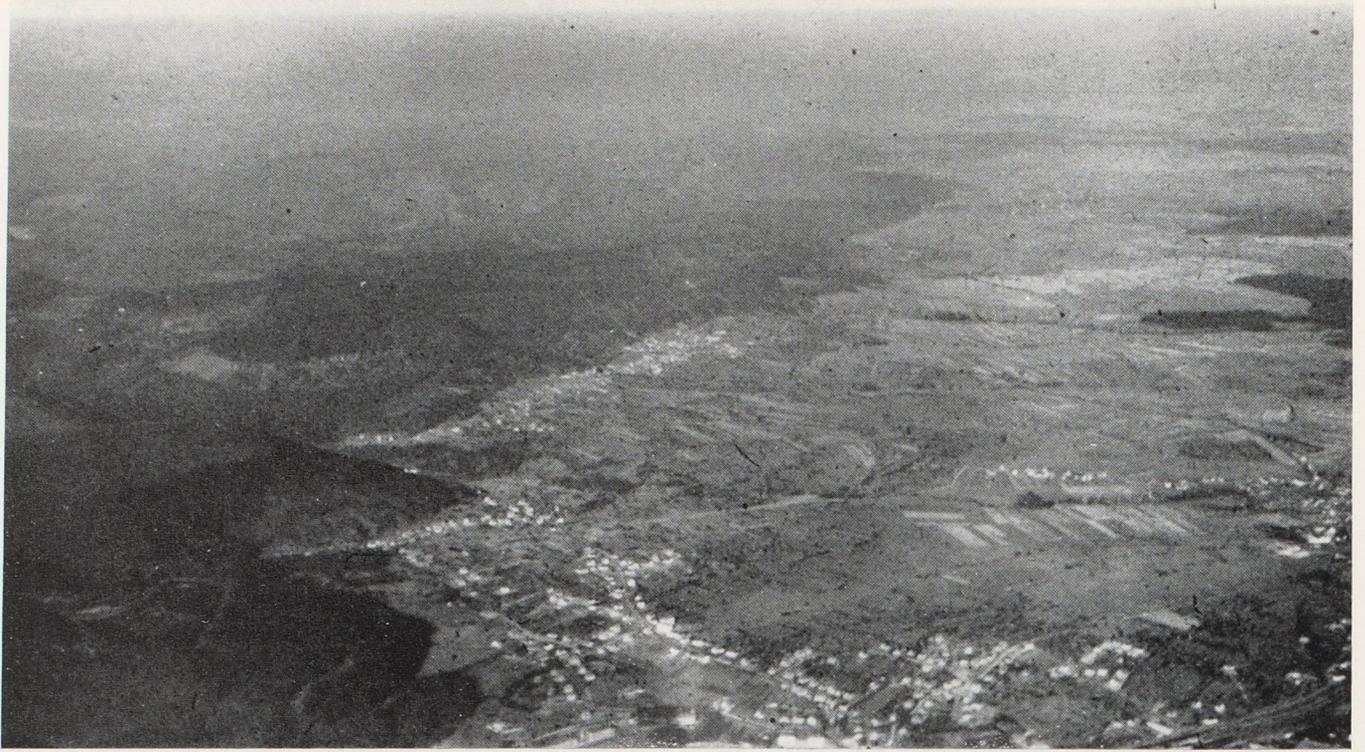


Fig. 7 - Anomalie de Bouguer dans la région de la Bourboule



Vue aérienne de la limite Vosges-Alsace vers Saverne. La grande faille bordière est à l'origine d'une importante anomalie de la pesanteur.

Le choix de la densité doit être tel que l'influence du relief soit éliminée au mieux.

Parmi les structures géologiques les plus aisément décelables par la gravimétrie, citons les failles qui mettent en contact à une profondeur identique des masses de densités légèrement différentes. Un bel exemple nous en est donné par la faille de la Bourboule (fig. 7). Cette faille, visible à la Bourboule même, met en contact un granite (à l'Ouest) et des cinérites beaucoup moins denses (à l'Est). Il en résulte une anomalie qui atteint une vingtaine de milligals, le compartiment où se sont déposées les cinérites présente le maximum d'anomalie négative.

D'amplitude plus modeste, la variation de la densité des formations y étant peu contrastée, une anomalie de Bouguer jalonne le chevauchement nord-pyrénéen (fig. 8). Dans cette région, à l'Est de Quillan, un pays nord-pyrénéen calcaire chevauche vers le Nord une zone dite sous-pyrénéenne, en partie dépression marno-gréseuse.

On imagine facilement tout l'intérêt qui réside dans la mise en évidence, par la gravimétrie, de grandes failles ou d'importants accidents dont on ne voit pas la trace en surface, dans la recherche de l'emplacement d'un site pour la construction d'un barrage par exemple. Autre application relevant aussi du

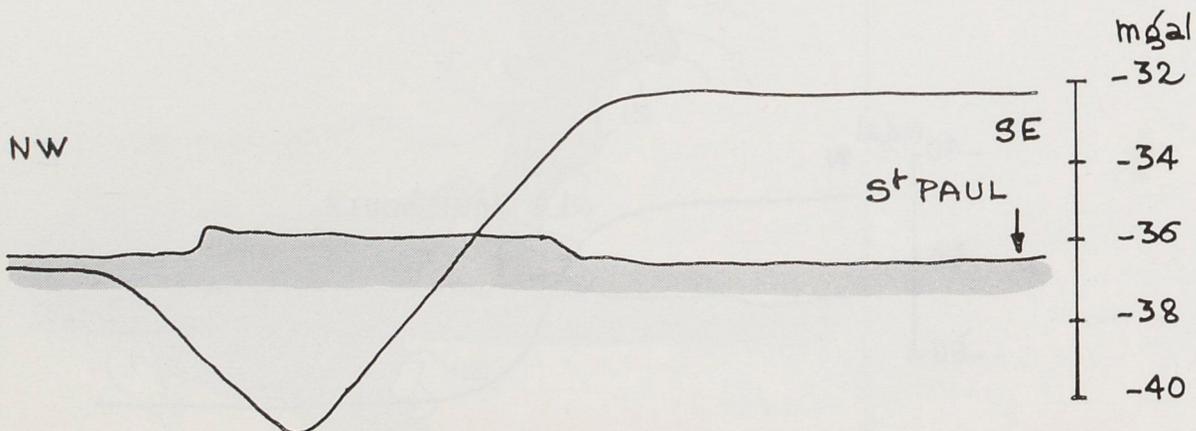


Fig. 8 - Anomalie de Bouguer dans les Pyrénées-Orientales



Photographie aérienne de la grande faille de la Limagne d'Allier. La faille limitant le granite (à gauche) du sédimentaire de Limagne (à droite) est la cause d'une anomalie gravimétrique.

Le chevauchement du chaînon calcaire nord-pyrénéen (2^e plan) sur la dépression marneuse (1^{er} plan). Voir commentaire dans le texte.



génie civil, c'est la recherche de véritables cavernes qui ont pris naissance, particulièrement dans la région parisienne, par suite de la dissolution partielle du gypse. Ce déficit de masse, ainsi créé par le départ du gypse, pourra être mis en évidence par le gravimè-

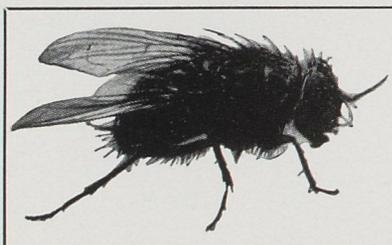
tre et la cavité localisée alors que rien ne la laissait prévoir en surface. Enfin, la gravimétrie est une arme de choix pour le pétrolier dans la recherche des gisements. De nombreux dômes de sel et des structures favorables ont ainsi été décelés par cette méthode.

*
**

Outre les nombreuses applications de la gravimétrie, il faut retenir qu'elle exige la collaboration du géophysicien et du géologue. Si le premier, de par sa formation de physicien, a tendance à ne voir que structures géométriques et variations de densité, le second, de par sa formation naturaliste, sait par expérience qu'un anticlinal n'est pas une structure cylindrique parfaite, qu'une faille n'est jamais unique... mais souvent enthousiasmé par les résultats que lui confie le géophysicien il a tendance à faire « trop parler les chiffres ». Aussi l'interprétation des anomalies de la pesanteur nécessite la collaboration et aussi le contrôle réciproque du géologue et du géophysicien.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- P. LEJAY. — Développements modernes de la Gravimétrie. Gauthier-Villars, Paris, 1947.
 L. CAGNIARD. — La prospection géophysique. Presses Universitaires de France, Paris, 1950.
 J. GOGUEL. — La Gravimétrie. Que sais-je ? Paris, 1963.



UTILISATEURS DE REFLEX 24/36 avec objectifs interchangeables

Voici le nouvel objectif NOVOFLEX « **NOFLEXAR 3,5** » de 35 mm étudié spécialement pour la Macrophotographie

Objectif **4 lentilles**, angle de champ 63°. Diaphragme jusqu'à **F : 16**. Grâce à son tirage réglable, complété d'une mise au point hélicoïdale, ce nouvel objectif permet les prises de vue de l'infini à 7 cm.

Le diaphragme se complète d'une échelle de profondeur de champ.

Fabriqué actuellement avec monture spéciale pour les appareils suivants :

- | | |
|--|----------------|
| Edixa, Praktica, Pentax, Yashica reflex. Code COWEIT | F : 435 |
| Exacta, Exa, Topcon, Code EXWEIT | F : 435 |
| Nikon-F, Nikkorez, Nikkomat, Code NIKWEIT | F : 435 |
| Canonflex, Code COWEIT + bague Canco | F : 481 |

Importateur :

PHOTO-SERVICE

R. JULY

68, RUE D'HAUTEVILLE - PARIS - X

Notice spéciale franco sur demande



Les œufs d'oiseaux marins indicateurs de pollution par résidus d'insecticides et autres pesticides.

TRADUCTION JACQUES METRON

Notre correspondant le Dr. N.W. MOORE, Directeur de la Station Expérimentale du Bois des Moines (Monks Wood) à Abbots Ripton (Huntingdon) Grande-Bretagne, nous a communiqué l'intéressant article qu'il a écrit en Juillet 1965 dans la revue anglaise " Nature ", vol. 207, n° 4992, en collaboration avec J.O'G TATTON, du Laboratoire du « Government Chemist » de Londres.

Nous en donnons une traduction à l'intention de nos lecteurs :

En 1963, des résidus d'insecticides organochlorés ont été trouvés dans des œufs d'HIRONDELLES DE MER et d'autres espèces qui se nourrissent dans les eaux britanniques (1-2). En 1964 on procéda à l'observation de 13 espèces

provenant de quatre endroits différents. Un examen préliminaire des résidus pouvant se trouver dans la nourriture des oiseaux d'une des stations fut d'abord entrepris. En tout 90 œufs ont été ramassés en provenance de Scolt Head (Norfolk), the Farne Islands (Northumberland), St. Abbs Head (Berwickshire), tous trois sur la côte de la mer du Nord, et de Great Saltee Island (Wexford) qui se trouve à l'extrémité atlantique du Canal St George. Les œufs ont été prélevés au hasard, en plusieurs fois, sauf dans la Réserve naturelle nationale de Scolt Head où seuls

TABEAU I. — Résidus d'insecticides organochlorés dans les œufs d'oiseaux marins des Iles Britanniques (Tous résultats exprimés en p.p.m. en poids par rapport au contenu total des œufs)

Espèces	Nourriture	Site	Nombre d'analyses 1963-1964	Dose pp' - DDE		Dose Dieldrine		Dose totale résidus	
				1963	1964	1963	1964	1963	1964
<i>Sterna albifrons</i>	Poissons et Inv.	Scolt Head	2/3	0,3-1,0	0,3-0,6	0,1-0,3	0,2	1,6-2,6	0,5-0,8
<i>Tadorna tadorna</i>	Mollusques	Scolt Head	1/2	0,5	0,2-0,6	0,6	0,1	2,2	0,5-1,0
<i>Haematopus ostralegus</i>	Mollusques	Scolt Head	2/10	0,2-1,2	0,2-1,1	0,1-0,4	0,1-0,4	0,4-2,3	0,4-2,1
<i>Sterna hirundo</i>	Poissons	Scolt Head	0/8		0,2-0,7		0,1-0,3		0,5-2,3
<i>Sterna sandvicensis</i>	Poissons	Scolt Head	3/8	1,0-1,5	0,3-1,1	0,2-0,5	T-1,5	2,6-3,2	0,5-3,4
<i>Larus ridibundus</i>	Omnivore	Scolt Head	0/9		0,5-2,8		0,1-0,5		0,7-3,4
<i>Rissa tridactyla</i>	Plancton	St Abbs Head	5/0	T-0,2		T		T-0,7	
<i>Larus argentatus</i>	Omnivore	St Abbs Head	6/0	0,2-0,9		0,1-0,4		0,4-1,6	
<i>Fratercula artica</i>	Poissons et Inv.	St Abbs Head	1/0	1,0		0,4		1,9	
<i>Uria aalge</i>	Poissons et Inv.	St Abbs Head	4/0	1,5-4,0		0,1-2,0		2,2-6,8	
<i>Alca torda</i>	Poissons et Inv.	St Abbs Head	1/0	2,9		1,6		4,5	
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	Gros Poissons	St Abbs Head	2/0	3,1-4,3		2,5-3,3		6,7-8,9	
<i>Rissa tridactyla</i>	Plancton	Great Saltee Islands	0/6		0,2-0,5		T-0,1		0,2-0,7
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	Gros Poissons	Great Saltee Islands	0/5		0,3-0,7		0,1-0,5		0,4-1,2
<i>Uria aalge</i>	Poissons et Inv.	Great Saltee Islands	0/6		1,3-2,1		T-0,2		1,6-2,2
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Gros Poissons	Farne Islands	0/3		1,5-1,8		0,3-0,8		1,8-2,6
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	Gros Poissons	Farne Islands	0/3		1,5-3,2		1,3-2,6		3,4-6,7

T = traces (< 0,1 p.p.m.).

des œufs abandonnés furent ramassés. Ainsi les comparaisons entre les œufs de cette provenance et ceux des autres stations ne peuvent pas être rigoureuses, mais comme les résultats sont du même ordre pour tous, on peut les considérer comme valables. En tout cas les résidus étaient faibles et il est peu probable qu'ils aient pu affecter la bonne formation du jeune oiseau.

Dix poissons (une anguille de sable *Amodytes tobianus*, un poisson-pipe *Syngnathus sp.*, deux carrelets *Pleuronectes platessa* et six gobis *Gobius minutus*) ainsi que huit mollusques (deux moules *Mytilus edulis* et six coques *Cardium edule*) furent aussi ramassés parmi la nourriture habituelle de la colonie d'oiseaux de mer à Scott Head.

Les spécimens ont été analysés au Laboratoire du « Government Chemist » en utilisant la méthode d'extraction et d'épuration de de Faubert Maunder *et alü* (3), suivie d'une évaluation des pesticides par chromatographie au moyen de colonnes de silicone et d'« Apiezon ». Une confirmation de certains résultats a été possible par chromatographie sur papier.

Les résultats sont donnés par le Tableau I. La Dieldrine et le *pp'*-DDE ont été détectés dans tous les œufs. De plus 70 spécimens contenaient des résidus de *pp'*-DDT accompagnés parfois de son métabolite *pp'*-TDE ; 47 contenaient des traces d'hexachlorure de benzène (BHC), le plus souvent l'isomère β , mais sans jamais excéder 0,2 p.p.m.; 48 contenaient des traces d'époxide heptachloré, ne dépassant pas 0,2 p.p.m. Ces quotités sont incluses dans les résidus totaux figurant dans le Tableau I. Tous les mollusques et poissons, excepté une coque, contenaient des résidus d'insecticides ne dépassant pas 0,1 p.p.m. Des traces de *pp'*-DDT ou de ses métabolites ont été relevées dans 4 mollusques et dans tous les poissons, ainsi que des traces de dieldrine dans 3 mollusques et 8 poissons.

Les conclusions qui suivent sont tirées de ces résultats :

- a) de petites quantités d'insecticides organochlorés détectés dans la vie marine font penser que de tels résidus peuvent être largement répandus dans les eaux britanniques ;
- b) les résidus totaux d'insecticides organochlorés trouvés dans les œufs de différents oiseaux de mer sont presque tous du même ordre, la plupart entre 0,4 et 3,5 p.p.m. ;

- c) on peut remarquer que chez les oiseaux se nourrissant de gros poissons les œufs sont plus chargés en résidus que ceux des espèces qui se nourrissent de petits poissons ou d'invertébrés ;
- d) la contamination semble un peu plus faible en 1964 qu'en 1963 ;
- e) puisqu'il n'y a pas ou très peu d'épandage d'insecticides sur les eaux côtières en Grande-Bretagne, les résidus détectés ne peuvent provenir que de la pollution par les rivières contaminées ou par les courants aériens.

Des analyses sur mollusques d'eau douce, arthropodes et poissons dans les rivières des marais, non loin de Scott Head, ont indiqué des traces dans les mollusques et arthropodes, des quantités variables dans les poissons (depuis des traces jusqu'à un total de 19,5 p.p.m. dans le cas de la graisse d'un brochet *Esox lucius* (4).

Le Comité consultatif sur les pesticides et autres toxiques chimiques a reconnu l'existence et le danger d'une contamination environnante par les pesticides. De nombreux traitements par les plus toxiques des insecticides organochlorés ont été réduits ou écourtés afin de diminuer la contamination, et, pour en vérifier l'efficacité, une mesure de la modification annuelle des niveaux de résidus dans les organismes indicateurs a été ordonnée. Les limites étroites à l'intérieur desquelles la majorité des résidus dans les œufs tombe, semblent être caractéristiques des espèces marines ; pour les espèces terrestres, elles semblent varier dans de plus larges proportions. Ceci incite à choisir les œufs d'oiseaux de mer comme organismes indicateurs pour la détection des modifications intervenant dans la contamination par pesticides persistants. Mais, puisque la plupart des oiseaux de mer se livrent à de grands déplacements, ils ne seraient pas des indicateurs convenables pour les conditions locales.

Nous remercions M. R. CHESTNEY, le Dr. R.S. PITCHER, M. G.R. POTTS et le Dr. D.A. RATCLIFFE pour le ramassage des œufs.

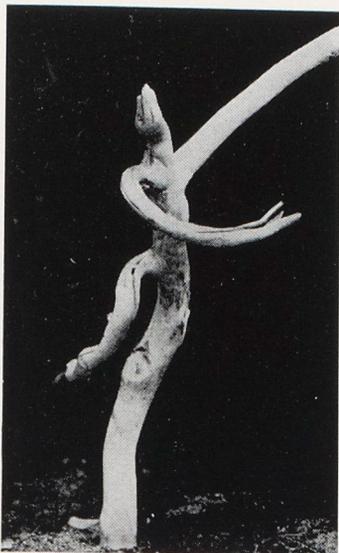
(1) N.W. MOORE and C.H. WALKER, *Nature*, 201, 1072 (1964).

(2) N.W. MOORE, *Ecology and the Industrial Society*, Symp. Brit. Ecol. Soc. (1965).

(3) M. J. de FAUBERT MAUNDER, H. EGAN, E.W. GODLY, E.W. HAMMOND, J. ROBURN and J. THOMSON, *Analyst*, 89, 168 (1964).

(4) C.H. WALKER (non publiés).

(5) *Review of the Persistent Organochlorine Pesticides* (H.M.O.S. 1964).



Photos de
Robert Magnan

FÉERIE DES BOIS

Texte de
Marie Mauron

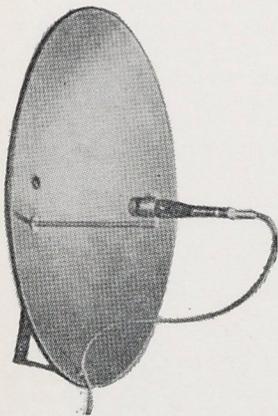
Le miracle de l'Art Brut...

un album de 128 pages, dont 82 en
hélio - broché 50 F. - hélio 60 F.

ÉDITIONS DU MONT-BLANC - GENÈVE

Grampian

MATÉRIEL PROFESSIONNEL D'ENREGISTREMENT



AMPLIFICATEURS,
TÊTES ET STYLETTS DE
GRAVURE

MICROPHONES
ÉLECTRODYNAMIQUES
ET À RUBAN
(Omnidirectionnels et semi
cardioides)

RÉFLECTEURS
PARABOLIQUES

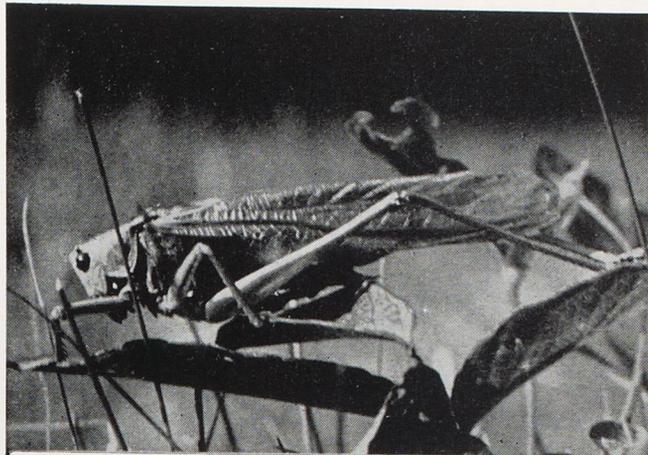
MIXERS 3 ET 6
ENTRÉES

UNITÉS DE RÉVERBÉRATION
BONNETTES, GIRAFES,
SOCLES, ATTÉNUATEURS,
etc...

Documentation sur demande

I.T.I.

59, rue Bayen — PARIS-17^e
Tél. GAL 63-81



Netteté instantanée par le système

NOVOFLEX

Objectifs et dispositifs Novoflex

Il existe des appareils et des objectifs NOVOFLEX pour micro et macro-photographie, pour la télé-photographie et pour tous les appareils monoreflex à obturateur à rideau, pour Leica avec chambre reflex et pour les caméras reflex.

Nous vous conseillons de consulter le programme NOVOFLEX avant l'achat d'un nouvel objectif.

Il y a 4 modèles différents pour la macro- et la télé-photographie. Si vous possédez déjà des objectifs d'autre fabrication ils peuvent également être utilisés sur les soufflets pour la macrophotographie.

Le soufflet est également idéal tant pour la macro- et microphotographie, que pour les photographies à contre-jour total, pour la reproduction et l'inversion des diapositives et négatifs. Pour ceci nous vous fournissons le parasoleil BALSON et l'appareil pour copier les diapositives BALCOP. Pour la photographie à grande distance, pour la chasse et les instantanés, nous recommandons la mise au point rapide PIGRIFF.

DOCUMENTATION SUR DEMANDE CHEZ VOTRE NÉGOCIANT-SPECIALISTE
OU CHEZ L'IMPORTATEUR

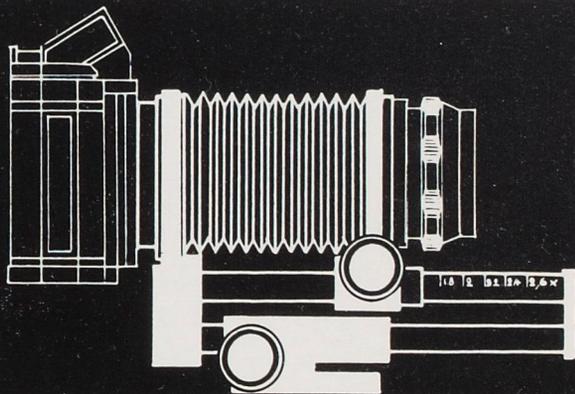
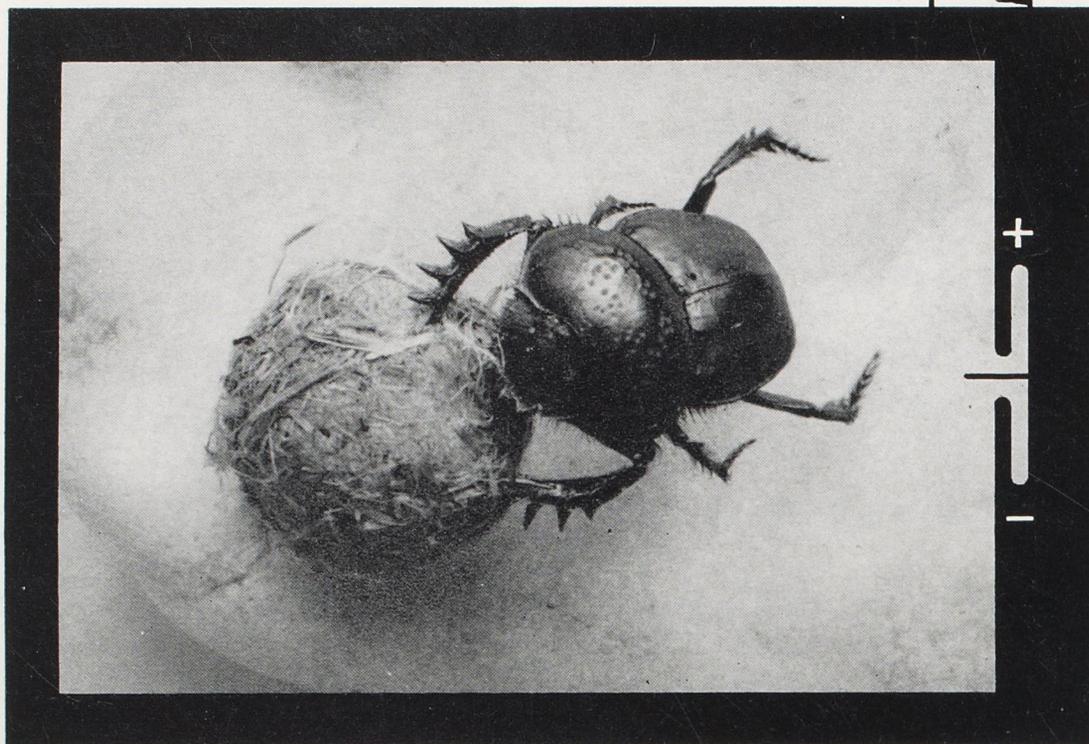


PHOTO SERVICE R.July

68, RUE D'HAUTEVILLE • PARIS (X^e)
Tél. 770-25-20 • 770-17 09

une image, une aiguille, déclenchez !!



c'est tout

Il était un temps où le photographe amateur mettait son point d'honneur à batailler sans aide avec son temps de pose, son diaphragme, sa mise au point, sa profondeur de champ. Même si, avec l'expérience, il obtenait de bons résultats, il était bien souvent obligé de laisser passer l'occasion de saisir de merveilleuses prises de vues. En effet, le temps de procéder à ses réglages, il était trop tard.

Tout ceci est révolu grâce aux progrès réalisés par certains constructeurs d'appareils.

Ne dédaignez pas la science pour réussir, vous aussi. Grâce à elle vous n'aurez plus à vous occuper que du choix de vos images, de la perfection de votre cadrage, de la composition et de l'angle de prise de vue, l'esprit libre de tous soucis techniques quelle que soit la rapidité avec laquelle vous devrez opérer, vos photos seront parfaites à tous les points de vue, surtout en couleurs où aucun rattrapage n'est possible.

Regardez l'image ci-dessus : c'est celle que vous verrez dans le viseur du SPOTMATIC ASAHI PENTAX. C'est un appareil à visée directe (à travers l'objectif) avec retour instantané du miroir. La mise au point se fait donc sur l'image même, rendue encore plus précise et facile par une plage de micro-prismes au centre. Mais sa particularité la plus révolutionnaire réside dans le logement du **posemètre derrière l'objectif**. Celui-ci n'analyse donc que la lumière exacte émise par la vue à prendre sans être influencé par des rayons parasites. Ce posemètre CdS est alimenté par une **micro-pile au mercure** logée dans la base de l'appareil. Sur la droite de l'image ci-dessus vous voyez une aiguille; il suffit, sans quitter le sujet de l'œil, de l'amener au centre de ses repères, en agissant sur le diaphragme ou sur les vitesses de l'obturateur, pour que votre exposition soit correcte. C'est le temps d'une fraction de seconde... **déclenchez, c'est réussi!**

Sachez encore que son obturateur à rideaux permet les vitesses de 1 à 1/1 000^e de seconde ainsi que la demi-pose et le retardement jusqu'à 13 secondes.

Si vous voulez en savoir davantage demandez le dépliant en couleurs à TÉLOS, 58, rue de Clichy, Paris 9^e, qui vous l'enverra gratuitement. Cet appareil est en vente chez les spécialistes photo agréés.

ASAHI PENTAX SPOTMATIC

Renseignements et
documentation

télos:

Importateur exclusif

58, rue de Clichy
Paris 9^e - 744 - 75-51 (+)

