

Les naturalistes belges

52-6

juin
1971

Publication mensuelle
publiée
avec le concours
du Ministère de
l'Éducation nationale
et de la Fondation
universitaire



LES NATURALISTES BELGES

Association sans but lucratif. Av. J. Dubrucq 65. — 1020 Bruxelles

Conseil d'administration :

Président : M. G. MARLIER, chef de département à l'Institut royal des Sciences naturelles.

Vice-président : M. H. BRUGE, professeur ; M^{lle} P. VAN DEN BREEDE, professeur ; M. J. LAMBINON, chargé de cours à l'Université de Liège.

Secrétaire et organisateur des excursions : M. L. DELVOSALLE, docteur en médecine, avenue des Mûres, 25. — 1180 Bruxelles. C.C.P. n° 24 02 97.

Trésorier : M^{lle} P. DOYEN, assistant à l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique.

Bibliothécaire : M^{lle} M. DE RIDDER, inspectrice.

Rédaction de la Revue : M. C. VANDEN BERGHEM, chargé de cours à l'Université de Louvain, av. Jean Dubrucq, 65. — 1020 Bruxelles.

Le comité de lecture est formé des membres du Conseil et de personnes invitées par celui-ci.

Protection de la nature : M^{me} L. et M. P. SIMON.

Section des Jeunes : Les membres de la Section sont des élèves des enseignements moyen, technique ou normal ou sont des jeunes gens âgés de 15 à 18 ans.

Secrétariat et adresse pour la correspondance : Les Naturalistes Belges, rue Vautier, 31, 1040 Bruxelles.

Local et bibliothèque, 31, rue Vautier, 1040 Bruxelles. — La bibliothèque est ouverte les deuxième et quatrième mercredis du mois, de 14 à 16 h ; les membres sont priés d'être porteurs de leur carte de membre. — Bibliothécaire : M^{lle} M. DE RIDDER.

Cotisations des membres de l'Association pour 1971 (C.C.P. 2822.28 des Naturalistes Belges, rue Vautier, 31 — 1040 Bruxelles) :

Avec le service de la Revue :

Belgique :

Adultes 200 F

Étudiants (ens. supérieur, moyen et normal), non rétribués ni subventionnés, âgés au max. de 26 ans 150 F

Allemagne fédérale, France, Italie, Luxembourg, Pays-Bas 200 F

Autres pays 225 F

Avec le service de 1 ou 2 numéros de la Revue : Juniors (enseignements moyen et normal) 50 F

Sans le service de la Revue : tous pays : personnes appartenant à la famille d'un membre adulte recevant la Revue et domiciliées sous son toit 25 F

Notes. — Les étudiants et les juniors sont priés de préciser l'établissement fréquenté, l'année d'études et leur âge.

Tout membre peut s'inscrire à notre section de mycologie ; il lui suffit de virer la somme de 50 F au C.C.P. 7935.94 du *Cercle de mycologie*, rue du Berceau, 34. -- 1040 Bruxelles.

**Pour les versements : C.C.P. n° 2822.28 Les Naturalistes belges
rue Vautier, 31 — 1040 Bruxelles**

LES NATURALISTES BELGES

SOMMAIRE

MARLIER (G.). La productivité dans les eaux douces	281
VANDEN BERGHEM (C.). Initiation à l'étude de la végétation (suite)	296
<i>Bibliothèque</i>	314

La productivité dans les eaux douces

par G. MARLIER (*)

Si je me suis risqué à choisir un sujet comme la productivité c'est pour deux raisons assez complexes. La première est qu'il s'agit d'une idée moderne et même à la mode, la seconde est que je pense utile d'étendre quelque peu la notion d'écologie telle qu'on la comprend de façon traditionnelle chez nous.

Voyons en quoi la notion est moderne. Tout le monde connaît en Belgique le Programme Biologique International. Lorsque, en 1957-58, les physiciens du monde s'organisèrent en une Année Géophysique Internationale, toutes les activités des géophysiciens se concentrèrent sur un certain nombre de recherches dans le monde entier. La conséquence en fut une progression très rapide des connaissances de la géophysique.

Convaincus par ces résultats, les biologistes ne voulurent pas demeurer en reste et le Comité International des Unions Scientifiques (I.C.S.U.) étudia le moyen d'organiser une année biologique internationale. Mais la biologie est si vaste et si variée qu'il n'était évidemment pas possible de terminer en un an des recherches à l'échelle internationale. On tomba d'accord sur une durée plus longue. Restait à déterminer le programme. Deux directions de recherches en pleine expansion s'offraient au choix : la génétique ou biologie moléculaire et l'écologie. La première, déjà très internationale, ne se prêtait guère à la participation d'un très grand nom-

(*) Causerie faite aux Naturalistes Belges le 17 février 1971 à l'occasion de l'Assemblée générale de l'Association.

bre de pays, eut égard aux exigences financières et matérielles de ces recherches très élaborées, et, d'autre part, ne trouvait pas de réels avantages dans une participation très étalée géographiquement.

Il en était évidemment tout autrement des sciences écologiques vu, précisément, la variation géographique des conditions du milieu. En outre l'écologie est encore suffisamment peu avancée pour que des recherches, même peu coûteuses et peu élaborées, puissent apporter des résultats fort importants. Ceci ouvrait la porte à de nombreux pays peu riches et peu équipés, ce qui était une des exigences d'un tel programme international. L'écologie fut donc choisie et le comité du Programme biologique international eut à élire, dans le vaste éventail des recherches écologiques en cours, un sujet favorable à ses desseins. Il en fallait un en pleine expansion, d'intérêt international, et ayant un impact sur le bien-être de l'Humanité. Sans cette dernière condition les appuis politiques nécessaires n'auraient pas été assurés.

Le sujet choisi fut la *Productivité biologique* dans tous les milieux naturels. Je n'entrerai pas ici dans l'organisation du PBI (ou IBP) mais je vous signalerai que la Belgique y participe par son Comité National et ses Sous-Comités. Malgré un esprit de clocher bien de chez nous, on a pu constituer un sous-comité de la productivité des milieux terrestres, un autre des communautés d'eau douce, un sous-comité des processus de la production, un autre de l'utilisation et de la gestion des ressources naturelles, un de la conservation des milieux terrestres et un sixième de l'adaptabilité humaine.

Le programme des six années consiste, en principe, en une attaque simultanée des phénomènes de la productivité biologique dans toutes les régions géographiques et dans tous les types d'écosystèmes.

Les écosystèmes qui nous intéressent sont ceux des eaux douces et c'est ainsi que je terminerai cette longue introduction.

La Productivité des eaux douces

Qu'est-ce donc que la productivité des communautés écologiques ? Pourquoi cette dénomination ? En quoi est-ce une notion intéressante au point d'y consacrer un programme international ?

On appelle production d'un écosystème la quantité de matière vivante que cet écosystème élabore ou transforme dans une période déterminée, quel que soit le sort ultérieur de cette matière. Et la productivité, pour autant que cette notion ait une réelle signifi-

cation, serait alors pour cet écosystème la capacité théorique de produire cette matière dans des conditions idéales.

Pour éclairer cette notion de production il faut recourir à un vocabulaire classique et pour cela revenir à quelques notions élémentaires et bien connues.



FIG. 1. — Un étang « improductif » en Ardenne (Mirwart).

Un écosystème est un ensemble d'être vivants formant une biocénose et l'environnement où ils vivent. C'est un système biologique complexe d'ampleur très variable, (il y en a de minuscules, comme de petites mares temporaires vite asséchées et il y en a d'énormes, comme l'océan).

L'importance de l'écosystème est donnée par la biomasse des êtres qui le constituent ainsi que par son extension spatiale. Il peut comporter peu d'espèces ou un nombre immense. Tous les écosystèmes de la terre peuvent être groupés en un super-écosystème qui est la Biosphère.

Un écosystème n'est pas, comme le croient beaucoup de gens et même des biologistes, une assemblée de plantes et d'animaux rapprochés en un endroit de la planète par des conditions favorables. Cette manière de voir déjà ancienne a été à la base d'un grand nombre de travaux écologiques aujourd'hui dépassés. On y décrivait en détail divers facteurs du milieu. Ceux-ci étaient choisis

surtout pour des raisons pratiques beaucoup plus que dans un plan logique. Température, pH, analyse de la qualité de l'eau, et, dans celle-ci, de quelques composants bien particuliers, étaient à chaque fois rapportés avec précision. Il faut dire qu'il est aisé de transporter un thermomètre, une solution indicatrice du pH et une bouteille vide. Les analyses effectuées étaient faites dans un laboratoire de chimie ami ou même dans l'officine du pharmacien. Durant l'excursion on prélevait les plantes supérieures vivant dans l'eau ou au bord, quelques échantillons du plancton et on donnait quelques coups de filet le long des rives pour capturer mollusques et insectes. Le travail consistait alors à déterminer avec précision les organismes. On publiait ensuite la liste de ceux-ci avec les caractères physiques et chimiques des eaux ainsi que quelques commentaires puisés dans la littérature sur les « exigences » de chaque espèce.



FIG. 2. — Un étang plus productif que le précédent au même endroit, le même jour.

Maintenant que notre compréhension de ce qu'est un écosystème s'est précisée, on se rend compte que cette manière de travailler n'est plus satisfaisante. Un écosystème, qu'il soit aquatique ou terrestre d'ailleurs, doit être envisagé comme une véritable usine, ou plutôt comme un « Kombinat » industriel. Il y entre de l'énergie, il s'y fabrique et s'y transforme de la matière vivante. La différence avec nos usines industrielles, c'est qu'un écosystème, dit fermé,

ne laisse pas sortir sa production, du moins pas d'une manière significative mais la recycle en son sein, la réutilise avec relativement peu de pertes. Il en est surtout ainsi des écosystèmes d'eau douce, particulièrement des étangs ou des lacs, où le réinvestissement des matières produites peut être extrêmement efficace.

Cet écosystème, ou Kombinat à matière vivante, fabrique un grand nombre de produits, végétaux ou animaux, et cela au moyen de machines diverses, souvent très nombreuses qui sont les êtres vivants eux-mêmes. Ceux-ci sont répartis en industries spécialisées suivant l'endroit où ils prélèvent leur énergie, le produit qu'ils fabriquent et la méthode de fabrication. Ces industries sont les « niches écologiques » de l'écosystème. Ainsi, dans une forêt, que ce soit dans nos climats ou sous les tropiques, il y a toujours une industrie des suceurs de la sève des arbres, une autre des mineurs des feuilles, une autre des herbivores phyllophages, une autre des mangeurs de feuilles mortes, etc...

Dans les eaux il y a le plancton et ses différentes sous-industries, le necton qui nage, le neuston qui flotte à la surface, les mangeurs de vase, les mangeurs de feuilles mortes, les brouteurs d'algues fixées etc... Chacune de ces industries, dépendant d'une autre pour sa source d'énergie et livrant sa propre production à une troisième, on comprend que l'existence de chaque niche influence les autres et que la biomasse représentée par chacune d'elles a une importance pour toutes les autres.

On voit ainsi que la méthode de travail que j'ai rappelée plus haut est inadéquate et qu'elle consisterait, pour un habitant de Mars se déplaçant au-dessus d'une ville industrielle terrestre, à pêcher aveuglément ici un crustacé, là une linotype, là une charrette des quatre-saisons et enfin un être humain puis à énumérer ces diverses captures, pour déterminer ensuite leurs exigences écologiques. C'est ce que les écologistes ont fait pendant plusieurs décennies et c'est ce qui est en train de changer.

Voici une petite image en tous points classique de la manière dont on peut schématiser l'écosystème d'un étang (fig. 3).

On y représente l'énergie solaire tombant à la surface de l'eau et absorbée partiellement par celle-ci (— de 1 %). L'ensemble des algues flottantes, le phytoplancton, qui capte une partie de cette énergie. Puis le zooplancton, formé de petits crustacés : copépodes et cladocères, se nourrit de ces algues dont la biomasse lui fournit l'énergie nécessaire à sa respiration, sa croissance et sa reproduction. On voit ensuite un autre herbivore mixte, le gammare, lui-

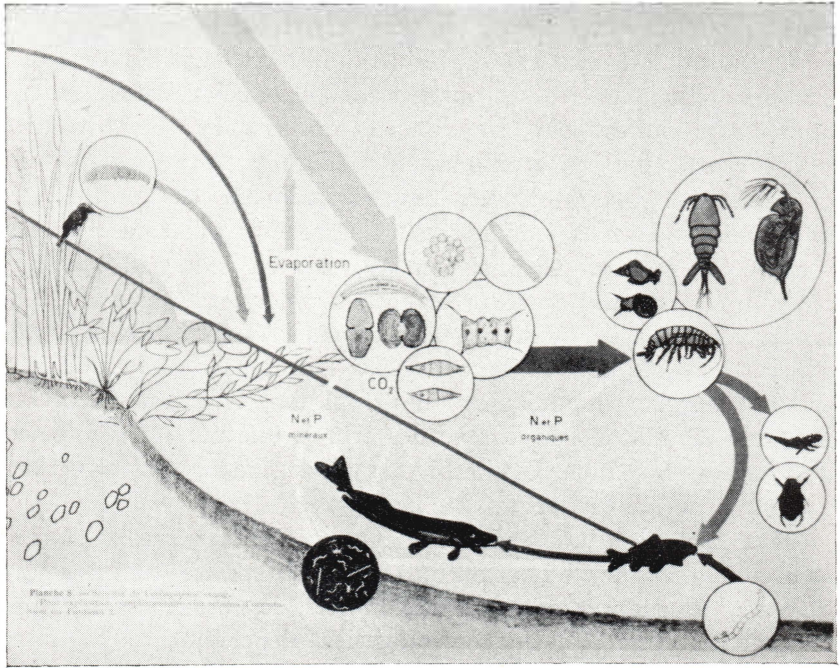


FIG. 3. — Schéma d'un écosystème d'étang (d'après P. DUVIGNEAUD *et al.*) : explications dans le texte).

même attaqué par des insectes carnivores ici représentés par un dytiscide et sa larve. Le zooplancton est également attaqué par un poisson, la tanche, qui, d'ailleurs, se nourrit aussi des chironomides pélophages. A son tour le poisson herbivore est la proie du brochet qui, dans le schéma représenté, termine le cycle.

Il convient de remarquer ici que l'homme n'est pas représenté dans cet écosystème. C'est que, quand il intervient en mangeant le brochet, il prélève dans l'écosystème-étang une partie de la biomasse de celui-ci pour l'extérieur. Il fait donc de l'exportation.

Dans un écosystème la matière vivante accomplit un cycle à 3 phases fondamentales : *Élaboration* (au départ de substances minérales) grâce à l'énergie lumineuse : c'est la production primaire.

Transformation, processus dans lequel l'énergie stockée dans la biomasse des plantes passe dans celle des animaux et

Minéralisation grâce à laquelle les substances organiques qui se trouvaient dans les plantes et les animaux sont détruites par les Bactéries et retransformées en molécules, plus simples, de substances

minérales. Celles-ci sont reprises par les plantes et, théoriquement, ce cycle devrait continuer sans interruption. La mesure de la production est la mesure du courant de matière qui est fabriqué ou transformé par chacun des chaînons de cette chaîne.

En réalité toute la matière n'est pas nécessairement minéralisée et reprise dans le cycle. Il y a des « ratés ». Par exemple les microbes n'arrivent pas toujours à travailler l'énorme flux de matières organiques qui leur est fourni et des substances organiques peuvent être stockées dans les sédiments. C'est le cas des dépôts de tourbes, des charbons, des pétroles. D'un autre côté la production est influencée par la biomasse des différents chaînons de notre écosystème et il est fréquent d'observer que l'élimination de quelques individus a pour effet de diminuer la concurrence dans les populations et par conséquent d'accroître l'efficacité de celles-ci. Il y a donc du « bénéfice ». Il se traduit, dans l'exemple donné plus haut, par la biomasse des poissons que nous pouvons prélever sans modifier la production totale.

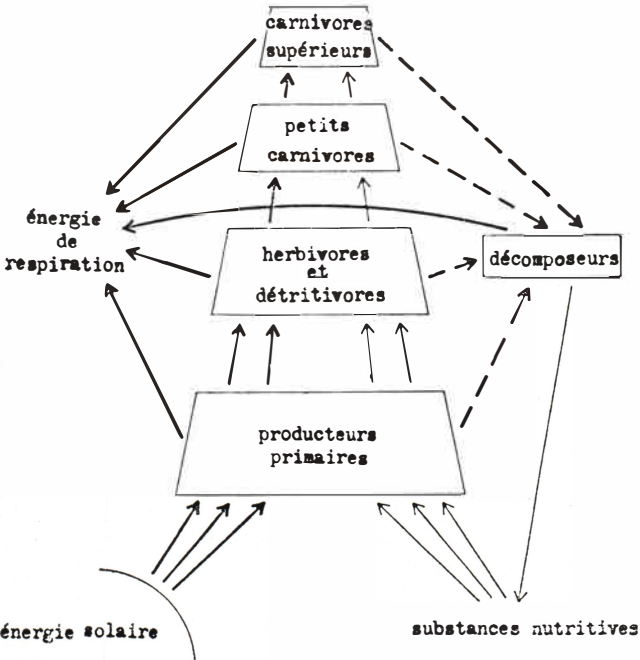


FIG. 4. — Représentation théorique d'un écosystème d'eau douce analogue au précédent. A gauche (flèches épaisses) le parcours de l'énergie. A droite (flèches fines et flèches interrompues) le parcours de la matière.

Si nous schématisons maintenant le petit paysage précédent nous obtenons une figure comme celle-ci (fig. 4) : l'étage inférieur représente les végétaux, le deuxième les animaux herbivores, mangeant des végétaux vivants ou morts, le troisième étage est celui des petits carnivores et le dernier représenterait le brochet de l'image précédente. La droite du dessin porte des traits pointillés ou pleins et minces montrant le chemin de la matière : sels nutritifs, biomasse des différents étages revenant en fin de compte aux bactéries qui relancent le cycle. Les traits épais de gauche montrent le chemin de l'énergie qui, elle, ne revient jamais au système.

Nous avons maintenant une image de notre Kombinat : elle est purement descriptive. Comment l'étudier et la caractériser ? Par la mesure des biomasses et celle du flux de l'énergie ou du flux de matières à travers l'écosystème.

Pour cela, comme il est difficile de traiter le rôle des différentes niches écologiques une à une, on a groupé celles-ci en niveaux trophiques tels que nous les avons déjà rencontrés et ce graphique nous montre comment on peut procéder. On s'est aperçu, par le

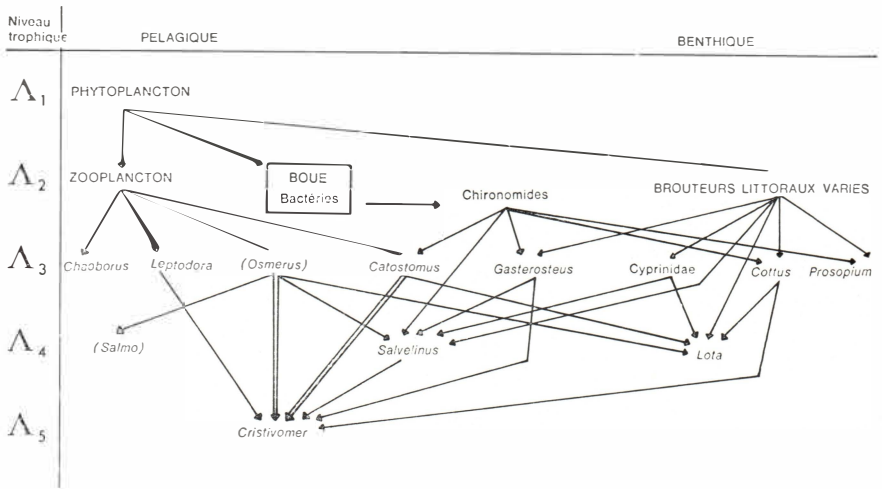


FIG. 5. — Les niveaux trophiques dans un écosystème de lac :

- A1 : producteurs : phytoplancton
- A2 : herbivores
- A3 : petits carnivores primaires, larves d'insectes, petits poissons benthiques et planctoniques
- A4 : carnivores moyens, poissons moyens
- A5 : grand carnivore : Omble

Tiré du traité de Limnologie de B. DUSSART (d'après les travaux de BROOKS et DEEVEY) Gauthier-Villars.

calcul, que dans un écosystème « normal », à cause des pertes inévitables à chaque palier de l'échelle, à chaque niveau, il était impossible qu'il existât plus de 5 ou 6 niveaux trophiques et on arrive donc à ce schéma où les 5 niveaux sont représentés par la lettre A suivie d'un index numérique.

Mesure de la production

Voyons maintenant, en pratique, comment on « mesure » la production. Il y a deux séries de méthodes, celles qui mesurent réellement le changement de biomasse, souvent sur une période d'un an ou moindre : ce sont les méthodes classiques. Les autres mesurent la vitesse quasi instantanée du changement de biomasse ou d'un indicateur de celle-ci.

Appliquons ces techniques à la mesure de la Production Primaire.

Si, ayant semé au printemps des grains de blé, on récolte en automne les plantes, on peut, par la différence entre le poids de la récolte et le poids des graines, obtenir la *production nette*. Il y a évidemment une erreur dans cette évaluation :

- 1° plusieurs graines ont germé et les plantules sont mortes étouffées,
- 2° les feuilles ne sont pas toutes parvenues à maturité et n'ont pas été récoltées.
- 3° des animaux ont pu se nourrir d'une partie de la récolte.

Toute cette biomasse « oubliée » est de la *production* mais non de la *récolte*.

Nous mettons ici le doigt sur ce qui fait différer notre notion de production de celle des praticiens (agronomes, etc...). Ces derniers ne s'intéressent qu'à la récolte.

Les autres techniques évaluent directement le taux de production, sur quelques heures. C'est ainsi que l'on mesure la production primaire du plancton végétal des lacs et étangs. On enferme dans une bouteille transparente une certaine quantité d'eau avec son plancton, on la suspend en place et on observe après quelques heures non les changements de biomasse, beaucoup trop faibles, mais ceux d'un élément quelconque intervenant dans la réaction photosynthétique.

Par exemple, on mesure dans un litre d'eau que l'on a prélevé, la quantité d'oxygène qui s'y trouve dissous. On suspend durant quelques heures un flacon contenant la même eau et son plancton à

l'endroit même où l'on a pris l'échantillon. Après cette période, on mesure à nouveau l'oxygène dissous. La différence positive que l'on observe entre la 2^e et la 1^{re} titration est proportionnelle à la production nette de notre plancton.



La réaction indiquée plus haut montre que 6 molécules d'acide carbonique entrent dans la composition d'une molécule de glucose et que 6 molécules d'oxygène se dégagent. 96 grammes d'oxygène correspondent à 180 grammes de glucose. Il va de soi que, en même temps que la bouteille claire, on descend au même endroit une bouteille à parois noircies contenant un échantillon identique. En effet le plancton respire en même temps qu'il élabore du protoplasme, ses cellules consomment de l'oxygène et sécrètent de l'acide carbonique. Comme cette réaction n'est pas sensible à la lumière il faudra tenir compte de la consommation d'oxygène pour connaître la production réelle (= brute) qui sera égale à la somme de la production nette, apparente, et de la respiration. Je passe ici sur les nombreuses possibilités d'erreurs qui entachent cette méthode.

Un autre moyen, qui n'est qu'une variante du précédent, consiste à mesurer la quantité de carbone qui intervient dans la réaction ci-dessus. Ce carbone est dissous en quantité connue dans l'eau sous forme de bicarbonate de soude dont l'atome de carbone est « marqué » c'est à dire a été remplacé par du carbone radioactif (C14). A la fin de l'expérience, qui peut être beaucoup plus courte que la précédente on filtre l'échantillon sur un filtre très fin et on place le filtre dans un compteur de Geiger qui évalue avec une grande précision le nombre d'atomes de carbone « marqué » qui sont entrés dans les algues du plancton. Là aussi il existe plusieurs possibilités d'erreurs qui font que les mesures faites jusqu'ici doivent toujours être interprétées avec prudence.

Bien autre chose est la mesure de la production secondaire, c'est à dire la production de tous les niveaux trophiques que comporte l'écosystème sauf celui des végétaux.

Pour bien comprendre la méthode utilisée il faut se reporter à la définition. La production d'un niveau trophique est l'ensemble de la biomasse formée par ce niveau *quel qu'en soit le sort ultérieur*. Prenons l'exemple d'un élevage de poissons : mettons au printemps 100 petits alevins dans notre vivier et retirons à la fin de l'année nos 100 poissons. Ils auront gagné du poids ; le vivier aura produit 100 fois la différence entre le poids d'un poisson et le poids de l'ale-

vin. Si l'on fait plusieurs pêches par an, par exemple toutes les semaines, le total des poissons pêchés moins le poids des alevins sera la production. Si l'on pêche tous les jours, la production sera le total des poissons pêchés, chacun avec sa biomasse, moins le stock initial. Si c'est un brochet qui dévore les petits poissons, la chair de ceux-ci a également été produite et reste dans l'étang sous la forme du poisson carnivore. Ces alevins ne sont pas « perdus ». Ils sont retournés à l'écosystème à travers leur prédateur. Mais tous les alevins ne sont pas pêchés et dévorés ; certains meurent d'accident, de maladies. Pourtant leur biomasse n'a pas été perdue, elle est aussi retournée à l'écosystème. A la fin du cycle, on observe, en moyenne, dans un milieu naturel que la biomasse est sensiblement redevenue semblable à ce qu'elle était au début et, qu'en fait, il n'y a qu'un « bénéfique » négligeable ; sans cela la quantité de matière deviendrait très vite énorme et dépasserait même le volume de l'étang.

En fait ceci m'amène à dire, de manière qui peut paraître paradoxale, que la production se mesure précisément par la mortalité des individus. Il nous suffit de savoir combien il y avait de jeunes individus, œufs etc. au début du cycle et combien il en reste à la fin et de savoir à quel âge chaque individu est mort pour pouvoir évaluer la production. On fait le graphique suivant : (voir p. 292) dans lequel la ligne des abscisses indique le poids moyen d'un individu ; elle représente donc la croissance. L'axe vertical des ordonnées représente les nombres successifs, c'est à dire la mortalité. A la fin du cycle la production (nette) sera donnée par l'aire $N_0 t_n p_n O$.

Il est inutile d'ajouter ici qu'il faut faire ce travail ou un travail analogue pour toutes les espèces animales de l'écosystème et que le beau schéma développé ici est rarement d'application. Il est nécessaire de faire remarquer que beaucoup d'espèces n'ont pas une mais plusieurs périodes de reproduction par an, quand elles ne se reproduisent pas continuellement au cours de l'année. Cela ne simplifie pas le problème mais je ne puis en parler ici. C'est ce travail que notre laboratoire a entrepris dans les étangs de Mirwart où les membres des Naturalistes Belges se sont déjà rendus l'année dernière.

L'un de nous travaille la production du phytoplancton, par la méthode du carbone que j'ai décrite. Un autre celle des Cladocères (des Daphnies) du zooplancton, un autre celle des Rotifères du zooplancton, d'autres la production des larves d'insectes qui vivent sur les fonds etc... Et il nous manque beaucoup de monde pour étudier

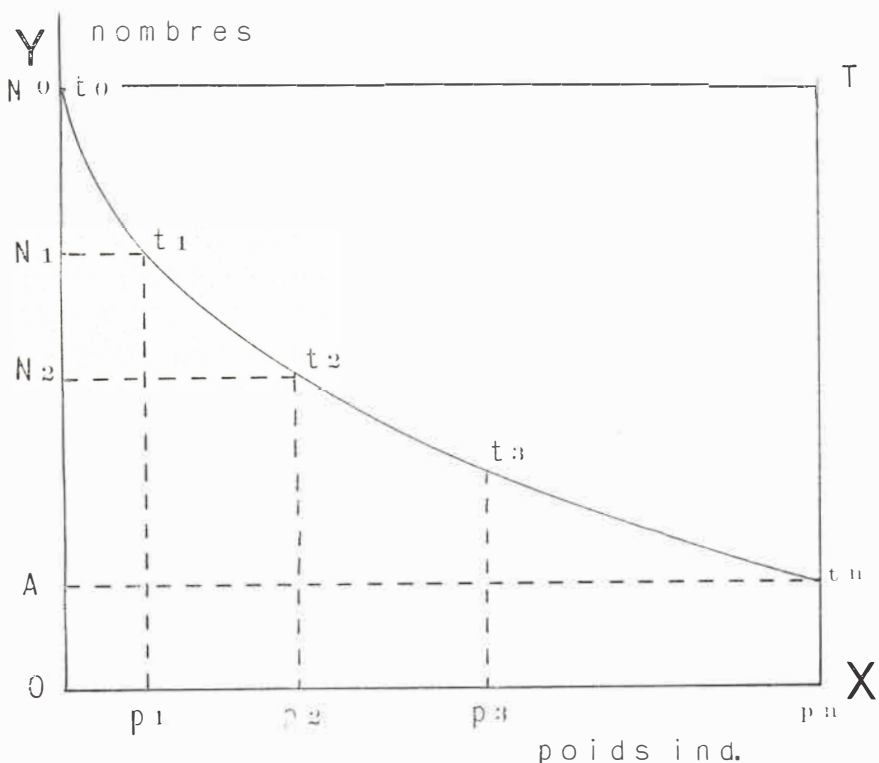


FIG. 6. — Le graphique de Allen dans lequel on représente en abscisses l'accroissement de poids d'un individu moyen et en ordonnées le nombre des individus de la population.

- O $N_0 t_n p_n$ = production réelle
- O $A t_n p_n$ = récolte
- O $N_0 T p_n$ = production théorique (irréalisable !)

d'autres groupes et, sans doute, d'autres méthodes d'approche du problème.

J'ai ainsi, au sujet de la production des eaux douces, effleuré quelques difficultés que l'on rencontre dans l'étude de la synécologie. On voit donc que l'on peut approcher la structure d'un écosystème de manière relativement précise.

La fig. 8 est un schéma représentant le parcours de l'énergie (exprimée en calories) à travers un écosystème. Celui-ci est un marais salant inclus dans l'estuaire du fleuve Altamaha en Géorgie (U.S.A.). Le travail qui a abouti à cette représentation est l'œuvre de nombreux chercheurs (cf. TEAL 1962).

A gauche de la figure se voit l'entrée de l'énergie dans l'écosystème, sous forme d'énergie lumineuse (plus de 600.000 calories).

De cette énergie 36 380 calories servent à construire de la substance organique végétale, algues ou graminées mais 28 175 calories sont consommées par le métabolisme des végétaux (respiration, excrétion, décomposition). Les 8 205 calories restantes constituent la production primaire réelle qui passe par les divers groupes indiqués, toujours avec une perte d'énergie considérable et seules 3 671 calories peuvent être exportées hors de l'écosystème via l'estuaire (soit 0.6 % de l'énergie incidente).

Ceci montre le prix extrêmement élevé en énergie que paie un écosystème pour se maintenir et pour céder un « bénéfice » aux écosystèmes voisins.

Conclusions

Non seulement il est possible de connaître quelles sont les machines qui tournent dans l'usine, mais on peut savoir ce qu'elles fabriquent, quelle est leur puissance, c'est à dire leur nombre, et leur activité. En un mot, par l'étude de toutes les actions individuelles on commence à deviner quel chemin l'énergie parcourt dans les biocénoses avant de se dissiper en chaleur, par quelles voies les différentes substances minérales du milieu circulent dans les êtres vivants avant de revenir à leur état initial.

Plus important aussi, pour certains d'entre nous, est le problème de l'intérêt humain. Comment l'homme peut-il se faufiler parmi ce flux de matières pour y prélever sa part et quelle est l'importance de cette part que l'on peut puiser sans arrêter la machine ni bloquer ces mécanismes délicats. Pour ceux qui admirent la nature, le problème est en effet d'importance. En créant pour son usage des écosystèmes simples, l'homme peut obtenir pratiquement tout ce qui lui est nécessaire dans l'environnement. Mais s'il s'avise de toucher aux écosystèmes naturels, alors il ne peut plus puiser ce qu'il veut, faucher les végétaux, abattre des arbres, pêcher, chasser, piéger les animaux sans déclencher des réactions parfois violentes et le plus souvent funestes à sa propre existence.

BIBLIOGRAPHIE

- DUSSART, B., 1966. Limnologie, l'étude des eaux continentales. Paris, Gauthier Villars, 677 pp.
- DUVIGNEAUD, P. et collaborateurs, 1967. Écosystèmes et Biosphère. Documentation 23. Ministère de l'Éducation Nationale et de la Culture, Bruxelles.
- MANN, K. H., 1969. The dynamics of aquatic ecosystems. Ecological Research, vol. 6, 1-71.
- TEAL, J. M., 1962. Energy Flow in the salt-marsh Ecosystem of Georgia. *Ecology*, 43, 4, 614-624.

Initiation à l'étude de la végétation

par C. VANDEN BERGHEN (suite)

2. — Les formes biologiques

Une formation végétale comprend souvent des plantes appartenant à plusieurs types physiologiques. Une forêt de l'Europe occidentale, par exemple, est principalement un ensemble d'arbres et d'arbustes auxquels s'ajoute parfois une liane ; des plantes herbacées et des mousses sont notées dans les strates basses du tapis végétal. Dans un semi-désert, végètent des plantes succulentes, aux tiges et aux rameaux gonflés, des buissons épineux qui portent des feuilles minuscules et éventuellement éphémères, des plantes herbacées dont le cycle de développement, de la germination de la graine à la production de semences nouvelles, s'étend sur quelques semaines à peine.

L'analyse d'une formation végétale fait également apparaître des relations, parfois évidentes, entre la physiologie des plantes et les caractères les plus importants de leur environnement. C'est ainsi que les plantes forestières des régions tempérées résistent aux rigueurs de l'hiver par la chute des feuilles en automne, par la présence de bulbes ou de rhizomes ... De même, les plantes du semi-désert sont adaptées, d'une façon ou d'une autre, à subir, sans dommages, de longues périodes de sécheresse.

Ces constatations suggèrent qu'il est intéressant de distinguer des groupes de plantes ayant, dans leurs traits principaux, le même port, la même conformation, le même comportement, — d'une façon globale, la même **forme biologique**. Les diverses formes biologiques reconnues chez les végétaux pourront être interprétées et classées en tenant compte des facteurs du milieu.

a. — *Le système de RAUNKIAER.*

Le système conçu par le botaniste danois RAUNKIAER au début du xx^e siècle est fréquemment employé. Son originalité est d'être construit en fonction de la protection dont jouissent les bourgeons ou les points végétatifs durant la saison défavorable à la végétation. L'utilisation de ce critère met en évidence un aspect important de l'adaptation des plantes à leur milieu.



FIG. 11. — Représentation schématique des principales **formes biologiques**. — 1 : Mésophanérophyte ; 2 : Liane phanérophytique ; 3 : Nanophanérophyte ; 4 : Chaméphyte frutescent ; 5 : Chaméphyte rampant ; 6 : Hémicryptophyte cespiteux ; 7 : Hémicryptophyte à rosette ; 8 : Hémicryptophyte dressé ; 9 : Liane hémicryptophytique ; 10 : Géophyte rhizomateux ; 11 : Géophyte à bulbe ; 12 : Thérophyte ; 13 : Hydrohémicryptophyte ; 14 : Hydrogéophyte ; 15 : Hydrophyte nageant.

Le système de RAUNKIAER n'englobait primitivement que les espèces des pays tempérés. Il a été élargi, notamment par RÜBEL, par BRAUN-BLANQUET et, plus récemment, par ELLENBERG et MUELLER-DOMBOIS, en considérant les plantes de toutes les zones climatiques.

Voici un aperçu simplifié de ce système dans lequel nous envisageons principalement les Spermatophytes (fig. 11).

1. — PLANTES CROISSANT DE FAÇON INDÉPENDANTE, N'AYANT PAS BESOIN D'UN SUPPORT.

A. — *Plantes enracinées dans le sol*

1. — Les **Phanérophytes** (de *phaneros*, visible) sont des plantes dont les bourgeons sont situés à plus de 25-50 cm au-dessus de la surface du sol. On distingue les *Nanophanérophytes*, dont la taille ne dépasse pas 2 m, les *Microphanérophytes*, dont la taille est comprise entre 2 et 5 m, les *Mésophanérophytes*, hauts de 5 à 50 m et, enfin, les *Mégaphanérophytes* qui dépassent 50 m de hauteur. Le groupe des Phanérophytes comprend plusieurs formes biologiques secondaires. En voici quelques-unes :

a. — Les *arbres* possèdent un tronc ligneux et des branches latérales. Exemples : le hêtre (*Fagus sylvatica*), l'alouchier (*Sorbus aria*) (fig. 12).

b. — Les *arbustes* sont des Phanérophytes ligneux ramifiés dès la base. Exemples : le buis (*Buxus sempervirens*), le noisetier (*Corylus avellana*), le genêt à balais (*Sarothamnus scoparius*).

c. — Certains Phanérophytes sont constitués d'un *stipe* portent au sommet une touffe de grandes feuilles (le cocotier, les fougères arborescentes). D'autres possèdent un tronc terminé par une couronne de branches feuillées (les séneçons géants des montagnes africaines).

d. — Les *arbres-bouteille* ont un tronc enflé. Exemple : le baobab.

e. — Les *Phanérophytes succulents* possèdent des organes aériens gonflés de liquide. Exemples : les cactées géantes des semi-déserts américains

f. — Quelques Phanérophytes sont caractérisés par une tige herbacée. Exemple : le bananier.

2. — Les **Chaméphytes** (de *chamai*, à terre) possèdent des bourgeons situés au-dessus du niveau du sol mais à moins de 25-50 cm de hauteur. Ces plantes jouissent du microclimat particulier qui règne immédiatement au-dessus du sol. Elles sont éventuellement protégées, en hiver, par une couche de neige.



FIG. 12. — Un **phanérophyte** : un pin de Salzman, *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*, dans une garrigue à Saint-Guilhem-du-Désert, au nord de Montpellier (avril 1971).

- . — Les *Chaméphytes frutescents* sont de petits buissons aux tiges dressées entièrement lignifiées. Exemples : la bruyère commune (*Calluna vulgaris*), la myrtille (*Vaccinium myrtillus*).
- . — Les *Chaméphytes sous-frutescents* sont signalés par leurs tiges dont seule la base est lignifiée et subsiste durant la saison défavorable. Exemple : *Helianthemum nummularium*.
- . — Les *Chaméphytes en espalier* possèdent des tiges ligneuses étroitement appliquées contre le substrat. Exemples : *Dryas octopetala*, divers saules des hautes montagnes et des régions arctiques.
- . — Les *Chaméphytes en coussinet* ont la forme d'une coupole formée par les tiges, très nombreuses et serrées les unes



FIG. 13. — *Astragalus poterium* est un **chaméphyte en coussinet**. La hauteur du coussinet, hérissé d'épines, est de 30 cm environ. La plante a été photographiée à Majorque, en avril 1965 (photo C. DE PIERE).

contre les autres. Exemples : *Silene acaulis*, *Androsace* div. sp. (fig. 13).

- . — Les *Chaméphytes rampants* ont des tiges herbacées lâchement appliquées contre le substrat. Exemples : la stellaire (*Stellaria holostea*), le trèfle rampant (*Trifolium repens*).
 - . — Les *Chaméphytes succulents* possèdent des organes aériens enflés, remplis de liquide. Exemples : de nombreuses Cactées, *Sedum* div. sp., *Sempervivum* div. sp.
3. — Les **Hémicryptophytes** (de *cryptos*, caché) ont des bourgeons situés au niveau du sol.
- . — Les *Hémicryptophytes cespiteux* croissent en formant de grosses touffes. Exemples : de nombreuses graminées et cypéracées.
 - . — Les *Hémicryptophytes à rosette* possèdent un groupe de feuilles appliquées contre le substrat ; la tige portant l'inflorescence est généralement dépourvue de feuilles bien développées. Exemple : la pâquerette (*Bellis perennis*). De nombreuses plantes bisannuelles forment une rosette durant la première

année de leur existence. Exemple : la digitale (*Digitalis purpurea*).

- . — Les *Hémicryptophytes dressés* sont généralement des plantes herbacées de grande taille possédant, durant la saison favorable, des tiges feuillées ; les feuilles basilaires manquent ou sont disposées en une espèce de rosette. Exemples : *Scrophularia nodosa*, *Geranium sanguineum*.
- . — Les *Hydrohémicryptophytes* ont des bourgeons situés à la surface du fond d'une pièce d'eau. Exemples : *Lobelia dortmanna*, *Isoetes* sp.

4. — Les *Géophytes* ont des organes pérennants situés dans le sol et ainsi soustraits aux effets de la saison défavorable.

- . — Certains *Géophytes* possèdent des bourgeons situés à la base de la tige, sous le niveau du sol. Exemple : *Cirsium arvense*.
- . — Les *Géophytes rhizomateux* possèdent un rhizome. Exemples : l'anémone des bois (*Anemone nemorosa*), le muguet (*Convallaria majalis*).
- . — Les *Géophytes à bulbe* subsistent, durant la mauvaise saison, à l'état de bulbe, de tubercule ou de racines tubérisées. Exemples : la jonquille (*Narcissus pseudonarcissus*), la corydale (*Corydalis solida*), la ficaire (*Ranunculus ficaria*).
- . — Les *Hydrogéophytes* possèdent des organes souterrains enfouis dans la vase du fond de pièces d'eau. Exemple : le nénuphar (*Nymphaea alba*).

5. — Les **Thérophytes** (de *theros*, été) sont des plantes dont la vie est brève ; quelques semaines ou quelques mois s'écoulent entre le moment où la graine germe et celui où la plante meurt après avoir dispersé ses semences. Les Thérophytes subsistent à l'état de graine (ou de spore) durant la saison défavorable à la végétation.

- . — Dans nos régions, il est possible de distinguer deux groupes de Thérophytes terrestres :

Les *Thérophytes printaniers* apparaissent en automne et fleurissent au premier printemps. Exemples : *Draba verna*, *Saxifraga tridactylites*.

Les *Thérophytes estivaux* ont des graines qui germent au printemps ; ces plantes fleurissent avant l'hiver. Exemples : de nombreuses plantes adventices des moissons comme *Ranunculus sardous* et la camomille (*Matricaria chamomilla*).

- Les *Hydrothérophytes* sont des plantes aquatiques enracinées dont seules les graines subsistent durant la saison défavorable. Exemples : *Najas* sp., *Potamogeton pusillus*.

B. — *Plantes flottant librement dans l'eau*

- Les *Hydrophytes nageants* sont des plantes macroscopiques flottant librement dans l'eau. Exemples : les lentilles d'eau (*Lemna* sp.), les utriculaires (*Utricularia* sp.).
- Le *phytoplancton* est constitué de végétaux microscopiques flottant dans l'eau. Exemples : de nombreuses algues.

II. — PLANTES AYANT BESOIN D'UN SUPPORT (fig. 14).

1. — Les **Lianes** proviennent de graines qui germent dans le sol ; leurs tiges s'enroulent autour d'un support.

- Les *lianes phanérophytiques* et *chaméphytiques* possèdent des points végétatifs situés au-dessus du niveau du sol ; exem-

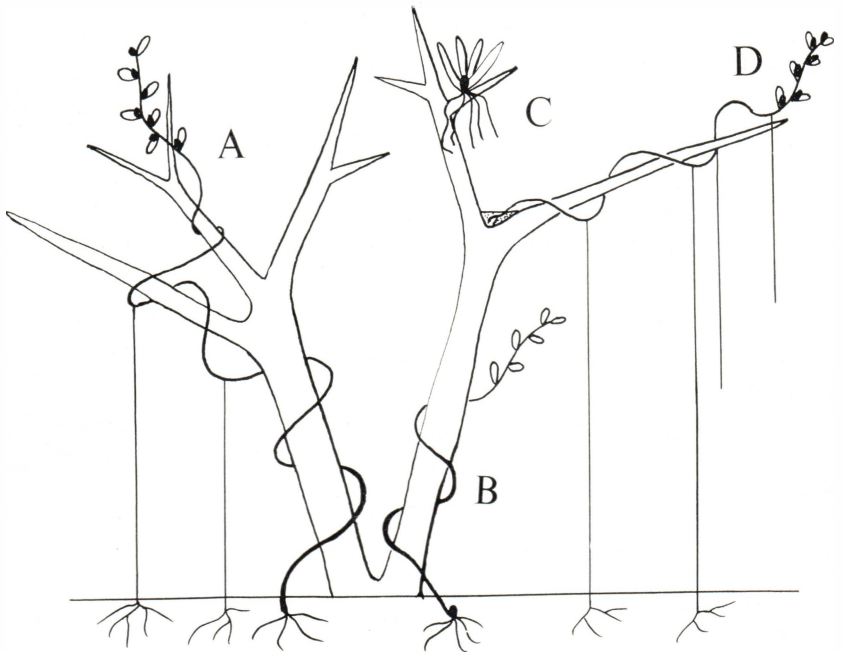


FIG. 14. — Représentation schématique de plantes ayant besoin d'un support. — A : Une liane **phanérophytique** avec des racines aériennes ; B : Une liane **géophytique** ; C : Un **épiphyte** installé sur une branche ; D : Une liane issue d'une graine ayant germé dans un dépôt d'humus accumulé à la bifurcation de deux branches ; des racines aériennes la relient au sol.

- ples : la clématite (*Clematis vitalba*), le lierre (*Hedera helix*).
- . — Les *lianes hémicryptophytiques* ont des organes aériens qui meurent durant la saison défavorable. Les bourgeons pérennants sont situés au niveau du sol. Exemple : le houblon (*Humulus lupulus*).
 - . — Les *lianes géophytiques* subsistent durant la saison défavorable à l'état d'organes souterrains. Exemple : le tamier (*Tamus communis*).
 - . — Les *lianes thérophytiques* se développent en quelques semaines ou en quelques mois et meurent après avoir dispersé leurs semences. Exemple : le grateron (*Galium aparine*).

2. — Les **Épiphytes** croissent sur d'autres plantes, vivantes ou mortes, sans contact avec le sol. Exemples : de nombreuses orchidées, broméliacées et fougères des forêts équatoriales très humides. On observe plus rarement des épiphytes dans les régions tempérées ; les rhizomes de la fougère *Polypodium vulgare* rampent parfois dans le manchon de mousses qui entoure le tronc de certains arbres.

b. — *Les hydrotypes.*

Un système de formes biologiques a été mis au point par IVERSEN en tenant compte de l'économie en eau des plantes ; il est également souvent utilisé. Voici les principaux de ces *hydrotypes*.

Les **xérophytes** possèdent des organes aériens qui restent rigides après la mort de la plante. Les xérophytes sont souvent des plantes qui croissent dans des sites dont le climat est chaud et sec. L'hélianthème des Appenins, *Helianthemum apenninum*, l'oyat, *Ammophila arenaria*, la bruyère commune, *Calluna vulgaris*, le chêne vert, *Quercus ilex*, sont des xérophytes.

Les **plantes succulentes** ont des organes charnus. Elles accompagnent souvent les xérophytes dans les stations arides. Les cactées des semi-déserts américains et un grand nombre d'euphorbes répandues dans les régions sèches de l'Afrique sont des plantes succulentes. Les orpins et les jubarbes de la flore européenne relèvent également de cette catégorie de plantes.

Les organes aériens des **mésophytes** possèdent encore une certaine rigidité après la mort de la plante. La fougère-aigle, *Pteridium aquilinum*, l'euphorbe des bois, *Euphorbia amygdaloides*, et un grand nombre d'espèces des pelouses et des sous-bois des régions tempérées sont des mésophytes. Ces plantes végètent dans des stations ne présentant aucun caractère bien tranché.

Les **tropophytes** sont des plantes qui se comportent comme des mésophytes durant une partie de l'année mais qui présentent les caractères des xérophytes en dehors de cette période. C'est le cas des arbres dont les feuilles tombent lorsque la saison devient défavorable à la vie végétale, soit en hiver pour les espèces des zones tempérées, soit durant la saison sèche pour celles des zones tropicales.

Les **hygrophytes** possèdent des organes aériens qui deviennent complètement flaccides après la mort de la plante. La plupart des hygrophytes ne croissent qu'en des stations où l'atmosphère est humide, notamment dans les sous-bois frais et dans les prairies mouilleuses. L'ail des ours, *Allium ursinum*, la ficaria, *Ranunculus ficaria*, la cardamine des prés, *Cardamine pratensis*, le populage des marais, *Caltha palustris*, en sont des exemples. Des hygrophytes éphémères apparaissent éventuellement en des stations sèches. C'est le cas notamment pour les orchidées des pelouses dont les organes aériens se fanent en été.

Les **telmatophytes** sont des plantes amphibies ou aquatiques dont les tissus sont creusés de cavités ou de canaux remplis d'air.

3. — Les zones et les étages de végétation

Des cartes à petite échelle, sur lesquelles ont été reportées les formations végétales, montrent que la répartition de celles-ci n'est pas due au hasard. En réalité, une relation de cause à effet peut être reconnue entre le climat général d'une région et sa végétation. Le rôle capital du climat en ce qui concerne la répartition des principales formations est notamment prouvé par les profonds bouleversements qui ont affecté la physionomie du couvert végétal de l'Europe durant le Quaternaire. C'est, en effet, en fonction de modifications climatiques, abaissement ou élévation de la température moyenne de l'air, que les formations végétales se sont déplacées durant cette période.

L'étude de la distribution des formations, en rapport avec le climat, a amené les écologistes et les géographes à distinguer des *zones* et des *étages de végétation*.

a. — Les zones de végétation

De façon évidemment très schématique, il est possible de distinguer, dans les plaines, de vastes *zones de végétation* subissant chacune un climat particulier et caractérisées par des formations végétales originales. C'est ainsi qu'en Europe orientale, une suite de paysages

végétaux très contrastés est notée du nord au sud, de l'Océan Glacial Arctique à la Mer Noire :

La *tundra* des régions les plus septentrionales est essentiellement constituée d'hémicryptophytes et de chaméphytes. Les arbres, les phanérophytes, manquent complètement.

La *taïga* boréale est une forêt sempervirente formée principalement de conifères.

Les *forêts tempérées* occupent une zone qui borde la taïga vers le sud. Les arbres qui les constituent ont des feuilles molles et caduques. De grandes surfaces ont été défrichées par l'homme. Celles qui ne sont pas cultivées de façon permanente sont occupées par des pelouses et par des prairies.

La forêt s'éclaircit progressivement dans les régions plus méridionales et fait place à la *steppe*. Cette dernière formation est essentiellement formée d'hémicryptophytes, de géophytes et de thérophytes ; les phanérophytes en sont exclus.

Au bord de la Mer Noire apparaissent des forêts et des fourrés avec des arbres à feuilles persistantes et coriaces. Ces formations caractérisent la végétation de la zone méditerranéenne.

Cette zonation de la végétation est modifiée dans la partie occidentale de notre continent, en rapport avec un changement graduel du climat général qui devient de plus en plus océanique vers l'ouest. La steppe manque dans les régions pluvieuses et tempérées tandis que la forêt caducifoliée y prend une grande extension. Cette dernière est éventuellement remplacée par des landes, lesquelles sont essentiellement constituées de chaméphytes.

b. — *Les étages de végétation*

Les différentes ceintures de végétation que le voyageur recoupe en gravissant une montagne portent le nom d'*étages de végétation*. Comme les zones de végétation des plaines, chacun des étages de végétation est défini par la présence de formations particulières, présence qui peut être mise en relation avec le climat.

Dans les Alpes septentrionales, par exemple, les étages de végétation suivants sont observés :

L'*étage des collines* est plus particulièrement signalé par des chênaies. Les cultures y occupent de grandes surfaces.

L'*étage montagnard* est le domaine de la hêtraie. Le sapin se joint souvent au hêtre lorsqu'on s'élève en altitude.

L'*étage subalpin* est caractérisé par des forêts de Conifères. Les phanérophtes à feuilles molles et caduques deviennent rares.

La végétation de l'*étage alpin* se développe au-dessus de la limite supérieure des forêts et comprend notamment des pelouses principalement constituées d'hémicryptophytes.

L'*étage nival* héberge encore quelques mousses et quelques lichens.

c. — *Le spectre régional des formes biologiques*

On sait que le système des formes biologiques défini par RAUNKIAER est essentiellement basé sur la position des bourgeons. Ce critère donne aux formes biologiques reprises dans le système non seulement une valeur descriptive, physionomique, mais aussi une signification écologique. Les bourgeons des phanérophtes sont notamment exposés au froid ou à la sécheresse durant la saison défavorable à la vie des plantes. Il est donc normal que les espèces relevant de cette forme biologique soient éliminées des régions où le froid et la sécheresse sont excessifs.

En calculant le pourcentage qui revient au nombre d'espèces appartenant à chacune des formes biologiques, par rapport au nombre total d'espèces présentes dans la flore d'un territoire déterminé, il est possible de dresser un *spectre des formes biologiques* pour ce territoire. Le spectre en question met en évidence les relations les plus importantes que l'on peut noter entre le climat général d'une part et la végétation d'autre part. Voici quelques exemples de pareils spectres.

	<i>Phan.</i>	<i>Cham.</i>	<i>Hémicrypt.</i>	<i>Géoph.</i>	<i>Théroph.</i>
Cuvette centrale congolaise	88 %	2 %	1 %	9 %	—
Déserts du sud de l'Afrique du Nord	9 %	14 %	19 %	8 %	50 %
Environs de Paris	8 %	6 %	52 %	25 %	9 %
Etage alpin, en Suisse	—	25 %	68 %	4 %	3 %

Ces spectres montrent nettement l'exubérance de la végétation ligneuse dans une région équatoriale constamment humide, l'importance relative des espèces annuelle dans un désert, où ces plantes germent en grand nombre après une pluie, le rôle des hémicryptophytes et des géophytes dans les sous-bois et les prairies des territoires qui jouissent d'un climat tempéré, l'absence des arbres et la raréfaction des thérophytes dans l'étage alpin, provoquées par la rigueur du climat.

L'étude détaillée du couvert végétal d'un territoire d'étendue restreinte et l'analyse des rapports qui unissent la végétation au milieu ambiant, ne peuvent être basées sur la notion de formation végétale, purement physionomique. En Europe centrale, par exemple, la forêt à feuilles caduques dominée par le hêtre est une formation qui apparaît sur les sols les plus variés, soit sablonneux et fortement acides, soit limoneux et profonds, soit encore riches en calcaire et de faible épaisseur. Ces hêtraies ont la même physionomie parce que celle-ci est due à la dominance du hêtre dans la strate arborescente, à la rareté des arbustes et à la présence d'hémicryptophytes et de géophytes au niveau du sol. Seulement, d'un site à l'autre, la composition floristique du sous-bois varie sensiblement ; ce ne sont pas les mêmes arbustes, les mêmes graminées, les mêmes plantes à bulbe qui végètent dans toutes les hêtraies !

Il est donc utile de distinguer, dans les formations végétales, des unités de végétation plus fines, des groupements végétaux définis d'une façon plus précise, dont l'existence est liée à celle d'un milieu bien déterminé.

D'un point de vue théorique, deux méthodes de travail peuvent être proposées pour circonscrire et définir de pareils groupements végétaux. La première consiste à étudier d'abord les caractères de l'environnement et d'examiner ensuite la végétation qui se développe dans les différents types de milieux qui ont été distingués. La démarche de la seconde méthode est opposée à celle de la première ; l'analyse du couvert végétal précède celle des caractères du milieu. La plupart des botanistes européens ont adopté la deuxième voie. Le jeu des différents facteurs qui règlent l'environnement des plantes est, en effet, d'une grande complexité ; de plus, nous le connaissons mal. Dans ces conditions, toute étude du milieu est forcément incomplète et il paraît imprudent de bâtir un système sur des bases incertaines. Le couvert végétal, par contre, est concret, visible sur le terrain, se prête à une analyse minutieuse, qualitative et quantitative. A l'aide de critères floristiques, il est possible d'y reconnaître des groupements végétaux individualisés. Par après, la structure et la localisation de ceux-ci seront expliquées par l'action des facteurs de l'environnement.

Pour étudier la végétation par la méthode floristique, il est indispensable de bien connaître la flore du territoire parcouru. Une connaissance exclusivement floristique des espèces est d'ailleurs

insuffisante. L'écologiste doit, en effet, être renseigné sur les exigences habituelles des différentes plantes en ce qui concerne les stations où elles croissent (*).

1. — Les groupes socio-écologiques

a. — Définitions.

La connaissance de la localisation des végétaux s'acquiert par l'observation sur le terrain. La plupart des plantes ne croissent pas n'importe où. C'est ainsi que le lamier jaune, *Lamium galeobdolon*, et que le gouet, *Arum maculatum*, sont notés exclusivement dans des forêts installées sur des sols de bonne qualité. Par contre, la myrtille, *Vaccinium myrtillus*, et la germandrée commune, *Teucrium scorodonia*, n'apparaissent jamais dans ces bois mais végètent dans des landes et dans des forêts claires établies sur un substrat pauvre en éléments nutritifs, stations où ne croissent pas *Lamium* et *Arum*.

Un ensemble d'espèces qui végètent souvent ensemble dans une même station et qui signalent un milieu particulier constitue un **groupe écologique** ou, en utilisant un terme plus correct, un **groupe socio-écologique**. La corydale, *Corydalis solida*, l'ail des ours, *Allium ursinum*, la gagée des bois, *Gagea lutea*, la nivéole, *Leucoium vernum*, l'anémone fausse-renoncule, *Anemone ranunculoides*, tous géophytes fleurissant au début du printemps, sont les éléments d'un pareil groupe socio-écologique qui peut être appelé, avec ELLENBERG, le groupe à *Corydalis*. Il est fréquemment observé dans plusieurs types de forêts et signale la présence d'un sol profond, riche en bases, frais mais bien aéré.

(*) La notion de **station** — site où croît une plante — est plus complexe que le concept purement topographique de **localité**, simple point sur une carte. Elle sous-entend que la plante n'est pas seule, qu'elle est donc soumise à la concurrence d'autres espèces végétales, qu'elle subit un certain climat, qu'elle puise sa nourriture dans un type de sol bien déterminé. On récolte une plante en une localité ; on décrit éventuellement la station où elle végète.

Les zoologistes et certains botanistes utilisent le mot **biotope** pour désigner un territoire délimité, relativement homogène et occupé par des organismes particuliers. Une mare, une haie, une friche sont, par exemple, des biotopes. Le mot prend souvent un sens plus général que celui attribué à la station.

A l'intérieur du biotope, les organismes occupent ou exploitent différentes **niches écologiques** : les branches des arbres, la base des troncs, les cavités entre les grosses racines, la partie superficielle du sol, une pierre émergeant du tapis de feuilles mortes...

Voici les principaux composants de quelques groupes socio-écologiques notés dans les forêts de la Lorraine septentrionale (TANGHE) :

Groupe des espèces calciphiles et thermophiles : Cornus mas, Viburnum lantana, Lonicera xylosteum, Ligustrum vulgare, Carex digitata, Melica nutans, Orchis mascula, Viola hirta, Campanula persicifolia ...

Groupe des espèces des sols de très bonne qualité : Rosa arvensis, Asperula odorata, Lamium galeobdolon, Carex sylvatica, Campanula trachelium, Neottia nidus-avis, Melica uniflora, Euphorbia amygdaloides ...

Groupe des espèces des sols frais et riches en bases : Ribes uva-crispa, Ribes rubrum, Ranunculus ficaria, Adoxa moschatellina, Arum maculatum, Listera ovata, Primula elatior, Geum urbanum, Sanicula europaea, Circaea lutetiana ...

Groupe des espèces des sols acidifiés en surface : Luzula luzuloides, Maianthemum bifolium, Teucrium scorodonia, Hypericum pulchrum, Holcus mollis, Lonicera periclymenum ...

Groupe des espèces des sols très acides en surface : Vaccinium myrtillus, Pteridium aquilinum, Deschampsia flexuosa, Leucobryum glaucum, Entodon schreberi ...

Groupe des espèces des sols riches en azote : Sambucus nigra, Glechoma hederacea, Urtica dioica, Galium aparine, Alliaria petiolata, Geranium robertianum, Melandrium dioicum ...

Groupe des espèces des sols compacts et humides : Viburnum opulus, Deschampsia caespitosa, Ajuga reptans, Lysimachia nemorum, Carex flacca, Brachypodium sylvaticum ...

Groupe des espèces des sols très humides : Alnus glutinosa, Filipendula ulmaria, Impatiens noli-tangere, Stellaria nemorum, Carex remota, Chrysosplenium div. sp...

b. — *La méthode du transect.*

Pour reconnaître des groupes socio-écologiques dans la nature, le botaniste explore méthodiquement le couvert végétal. Il suit des itinéraires judicieusement choisis, traversant un grand nombre de stations aux caractères contrastés, soit par la topographie, soit par les propriétés du sol. Les vallées constituent des sites de choix pour ce travail de prospection. La botaniste les recoupe avantageusement en suivant un tracé plus ou moins linéaire, perpendiculaire aux courbes de niveau. On donne souvent à cette méthode de travail le nom de **méthode du transect**, d'après un mot anglais signifiant 'coupe'.

Voici, par exemple, les observations faites en recoupant la vallée de l'Ourthe, à hauteur de Nisramont (Ardennes belges).

Les plateaux portent une forêt ayant fortement subi l'influence de l'homme. La houlque molle, *Holcus mollis*, la stellaire, *Stellaria holostea*, et la luzule blanche, *Luzula luzuloides*, manquent rarement et sont presque toujours réunies.

Le sol rocheux du sommet du versant exposé au sud est occupé par une forêt de chênes sessiles dans laquelle apparaissent l'alisier, *Sorbus torminalis*, le dompte-venin, *Vincetoxicum officinale*, le silène penché, *Silene nutans*, le sceau de Salomon, *Polygonatum officinale*. Ces espèces manquent plus en aval, sur la même pente. On y observe, par contre, des plantes qui signalent un sol très acide en surface : la myrtille, *Vaccinium myrtillus*, la canche flexueuse, *Deschampsia flexuosa*, la germandrée, *Teucrium scorodonia*, le chèvrefeuille, *Lonicera periclymenum*. La forêt notée dans la partie basse du versant occupe un substrat profond et frais. Quelques plantes non observées plus haut y croissent ensemble : la mercuriale, *Mercurialis perennis*, la mélisse, *Melica uniflora*, l'aspérule, *Asperula odorata*, le lamier jaune, *Laniam galeobdolon*, la primevère *Primula veris*.

Les alluvions qui tapissent le fond de la vallée portent une chênaie riche en érables dans laquelle végètent la bistorte, *Polygonum bistorta*, la canche cespiteuse, *Deschampsia caespitosa*, la reine des prés, *Filipendula ulmaria*, la benoite, *Geum urbanum*.

La partie inférieure du versant exposé au nord est en pente fort raide. Les érables, l'orme et le frêne y sont enracinés dans un sol rocheux. On observe la lunaire, *Lunaria rediviva*, la cardamine impatiente, *Cardamine impatiens*, et les fougères *Polystichum aculeatum* et *Phyllitis scolopendrium*. Plus haut, la pente porte une hêtraie dans laquelle vit la grande fétuque des bois, *Festuca altissima*.

L'emploi d'un ruban métallique gradué, tendu entre deux piquets, permet d'analyser la végétation de façon plus fine. Les espèces interceptées par le ruban sont notées à des intervalles réguliers — tous les 50 cm, par exemple. La topographie est relevée à l'aide d'un niveau à eau. A chaque arrêt, des observations quant à la nature et aux propriétés du sol sont notées. Des échantillons de terre sont éventuellement prélevés pour être examinés au laboratoire. Les rapports entre le couvert végétal et les caractères du milieu pourront ainsi être précisés.

c. — La zonation de la végétation.

Il est souvent instructif d'étudier par la méthode du transect des sites où plusieurs types de végétation occupent des surfaces grossièrement concentriques ou parallèles entre elles. La mise en évidence d'une **zonation** dans le tapis végétal permet d'individualiser des groupes socio-écologiques. Elle apporte aussi des préci-



FIG. 15. — **Zonation de la végétation** autour d'un étang dans les dunes de Mimizan (Landes, France). A l'avant-plan : végétation aquatique avec le nénuphar à fleurs blanches, *Nymphaea alba*. Une roselière à *Phragmites communis* ceinture la pièce d'eau. A l'arrière-plan : fourrés de saules, *Salix atrocinerea*.

sions sur les rapports qui existent entre la végétation et la variation d'un seul facteur du milieu ou de quelques facteurs.

Voici deux exemples de zonations.

α. — La végétation est souvent ordonnée en ceintures concentriques autour de la partie centrale d'une pièce d'eau. Celle-ci est occupée par des hydrophytes, les uns enracinés dans la vase, les autres flottant librement (Fig. 15).

Tout autour de l'eau libre se dressent les hautes hampes d'une roselière habituellement formée par un petit nombre d'espèces : le roseau commun, *Phragmites communis*, la massette, *Typha latifolia*, le rubanier, *Sparganium ramosum* ... La base de ces plantes vigoureuses baigne dans l'eau durant toute l'année ou durant la plus grande

partie de l'année. Leurs organes morts s'accumulent sur le fond qui est ainsi progressivement exhaussé et enrichi en matières organiques.

Derrière la roselière apparaît souvent une zone de végétation principalement constituée de *Carex* qui croissent en grosses touffes ou qui forment des peuplements denses. Quelques plantes de la roselière subsistent dans cette cariçaie. Leur vitalité est portant nettement diminuée, car leurs tiges sont moins hautes et moins florifères que celles des plantes qui participent à la végétation située près de l'eau libre. Le sol de la cariçaie est humide en toutes saisons mais n'est inondé qu'une partie de l'année. Il est constitué, en surface, par de la matière organique presque pure. Cette dernière observation suggère que les plantes de la cariçaie ont supplanté celles de la roselière lorsque le niveau du sol a été suffisamment surélevé pour qu'il ne soit plus inondé en permanence.

La cariçaie elle-même est souvent ceinturée d'un fourré de saules, de bourdaines et d'aulnes. Le couvert de ces arbustes et de ces arbres ombrage les plantes herbacées et fait dépérir celles qui ne sont pas adaptées à recevoir une lumière tamisée.

β. — Le botaniste qui traverse un cordon de dunes maritimes, de l'estran vers l'intérieur des terres, reconnaît plusieurs ensembles végétaux. Les parcelles qu'ils occupent sont disposées en bandes plus ou moins parallèles entre elles.

Le sommet de la plage est occupé par une végétation très ouverte signalée par un groupe de plantes annuelles, qui croissent dans du sable enrichi en matières organiques et azotées apportées par les épaves qui échouent sur l'estran. Citons *Cakile maritima*, *Salsola kali*, *Atriplex* div. sp ...

Les premières dunes, hautes de quelques décimètres à peine, portent également une végétation très ouverte. Une graminée, *Agropyron junceiforme*, pourvue de longs rhizomes et de racines abondantes, est habituellement présente.

Les hautes dunes littorales sont occupées par un groupe de plantes liées à la présence d'un sable calcarifère, pulvérulent en surface. On remarque notamment l'oyat, *Ammophila arenaria*, le chardon des dunes, *Eryngium maritimum*, et l'euphorbe des sables, *Euphorbia paralias*.

Une végétation toute différente colonise les dunes internes dont la surface est fixée par un tapis de mousses et de lichens. Les graminées *Corynephorus canescens* et *Koeleria albescens* sont fréquemment

présentes. Dans tout le sud-ouest de la France, l'immortelle, *Helichrysum stoechas*, est abondante dans cette zone de végétation.

Les dunes situées loin de la mer portent éventuellement une végétation dense de buissons et d'arbustes. (A suivre)

Rectification

Les termes *Alcephalinae* et *Alcephalus*, pp. 147 et 148 dans le bulletin n° 3, vol. 52, 1971, doivent être remplacés respectivement par les termes *Alcelaphinae* et *Alcelaphus*.

Bibliothèque

Nous avons reçu :

Leben (das), n° 10, octobre 1970.

K. STROBEL : Schwerpunkte der Gesundheitspolitik — D. HEINEMANN : Warum gibt es zwei Lebensschutzbewegungen ? — W. NOLTE : Bedrohung der Emsmündung durch eine geplante Abwasserpipeline — H. OFFNER : Naturschutz in europäischer und weltweiter Sicht — P. MÜLLER : Menschlicher Einfluss auf Wirbeltiere und deren Lebensraum in Brasilien.

Id., n° 11, novembre 1970.

H. HAMM-BRÜCHER : Bildung und Ausbildung im technologischen Zeitalter — H. GERHARD : Dosis und Giftwirkung — D. HEINEMANN : Analytisches Denken und Lebensschutz.

Molekylyi, n° 4, 1970.

Pêcheur belge (le), décembre 1970.

P. VAN WAESBERGE : La lutte contre les pollutions des eaux de surface — La valse des scions — M. DELARGE : Conseils aux amateurs d'aquariums, bacs à vifs, bassins d'ornement — J. BURY : Nature en péril ; les poissons qui disparaissent.

Province de Liège, n° 101, décembre 1970-janvier 1971.

L'institut provincial de la Reid restaure la fagne de Malchamps-Berinsenne.

Revue Roumaine de Biologie. Série de zoologie, T. 15, n° 2, 1970.

T. BONNADONNA : Structure de surface des némaspermes de *Bos taurus* et libération de l'hyalurodinase — A. CARATYALI : The in vitro action of Barbituric acid and its derivatives on the mitosis spindle — J. J. LAUVERGUE : Mise en évidence de l'existence du phénotype noir et feu dans deux nouvelles espèces de Mammifères.

Id., n° 3, 1970.

W. STAHL & K. OTTO : Selektion und Zuchtssysteme in der Merinosfleischschafszucht im Zuchtgebiet der Bezirke Schwerin und Rostock — P. BANARESCU : Contributions to the knowledge of the genus *Megalohama* (Pisces) — M. I. VARO : Die Bildung der Blutzellen bei *Cyprinus carpio* L. — C. PRUNESCU : Les cellules neurosécrétrices des ganglions ventraux des Chilopodes anamorphes — E. VASILESCU : Sleep and wakefulness of the Tortoise (*Emys orbicularis*).

Id., n° 4, 1970.

C. SORESCU : Étude comparative du crâne de quelques cyprins en relation avec leur phylogénie — S. APOSTOL & A. VASSILIU : Adaptation aux toxiques dans une succession de générations chez les Daphnies — M. JUTARU e. a. : La vitamine C et le métabolisme du glucose dans les stades primordiaux de l'embryogénèse de *Salmo trutta fario* — E. VASSILESCU : Isolated head of the tortoise.



WATSON (A.), éd. : *Animal Populations in Relation to their Food Resources*. British Ecological Society Symposium number ten, 477 pp., figs, tables. Blackwell Scientific Publications, Oxford & Edinburg, 1970. £ 5,00 net.

Ce volume contient les communications faites au symposium tenu par la British Ecological Society à Aberdeen, les 24-28 mars 1969, sous la rédaction générale du Dr. A. WATSON. Il s'agissait de déterminer l'influence de la nourriture — sa quantité, sa qualité et sa disponibilité — sur les phénomènes régissant les populations animales. La complexité de la question est illustrée le mieux par la division de la matière en 3 groupes, adoptée par le symposium : I. Le rapport entre le choix et l'utilisation de la nourriture, et les phénomènes de la population. II. L'importance des mécanismes du comportement dans la relation entre les populations animales et leurs ressources alimentaires, III. Phénomènes de la population en relation avec la quantité, la qualité et la disponibilité des ressources alimentaires. Ces diverses sections contiennent 10, 4 et 9 communications, avec chaque fois une discussion générale. Il y a en outre une quatrième partie : résumé et discussions, avec une communication (feedback ressources alimentaires — réglementation de la population). La plupart des communications sont signées par des spécialistes britanniques, mais on y trouve également des contributions américaines, islandaises, australiennes et africaines. L'extrême importance du sujet et la haute valeur scientifique des contributions font de l'ouvrage susnommé un « must » pour tous ceux qui s'intéressent à la conservation de la nature.

D. R.

HEUKELS (H.) et VAN OOSTSTROOM (S. J.) : *Flora van Nederland*, 16^e édition. Un volume relié de 909 pages avec 1038 illustrations. Éditeur : Wolters-Noordhoff N.V., Groningue, 1970.

Nous sommes heureux de présenter aux Naturalistes Belges la 16^e édition de la remarquable flore des Pays-Bas rédigée par M. VAN OOSTSTROOM, l'excellent floriste de l'Herbier national de Leiden, qui a conservé l'esprit de l'œuvre de HEUKELS, auteur des premières éditions d'un ouvrage devenu classique chez les botanistes de langue néerlandaise. La présentation de la nouvelle édition ne diffère guère de celles qui l'ont immédiatement précédées, la 14^e en 1955 et la 15^e en 1961. En conséquence, le volume que nous avons sous les yeux ne peut mériter que des éloges : une haute tenue scientifique, des descriptions concises et précises, des clés très travaillées, une illustration de qualité — en grande partie extraite de la Flore de COSTE —, un format commode, une impression impeccable sur du papier mince et résistant... Le texte a été remanié en divers endroits pour tenir compte des progrès récents de la floristique européenne. On sait qu'une des originalités de la Flore des Pays-Bas est la mention d'indications d'ordre phytosociologique pour chacune des espèces recensées. Le système de sigles utilisé à cet effet a été modifié et se rapporte actuellement au nouvel Aperçu sur les groupements végétaux des Pays-Bas, récemment publié par V. WESTHOFF et A. J. DEN HELD.

Nous sommes convaincu du succès de la Flore de HEUKELS et VAN OOSTSTROOM auprès de tous les botanistes belges qui lisent et comprennent le néerlandais.
C. VANDEN BERGHEN.

SALT (G.) : *The cellular defence reactions of Insects*. Cambridge monographs in experimental biology (16), 118 p. Cambridge University Press, 1970.

Les insectes sont exposés, étant donné leurs modes de vie, à une grande variété de maladies : virus, bactéries, champignons, protozoaires, vers et insectes parasites parviennent à passer à travers l'exosquelette chitineux ou à travers la paroi du tube digestif. L'Insecte dispose de deux grands moyens de défense : la production de sérum et les réactions cellulaires. L'auteur se limite à ces réactions qui sont de quatre types : phagocytose, formation d'une capsule, formation d'un nodule et élimination des toxines.

Chacune des trois premières réactions fait l'objet d'un chapitre très bien documenté. C'est donc la réaction des cellules de l'hémolymphe qui est envisagée et qui est décomposée en ses diverses phases. Les expériences d'introduction de différentes substances dans le corps des Insectes sont également rapportées. Ensuite, l'auteur examine les questions suivantes : Quelle immunité ces mécanismes cellulaires donnent-ils aux Insectes ? Quelle spécificité ont-ils ? Quelles sont leurs relations avec les réactions de défense des Vertébrés ?

Cette monographie intéressera aussi bien les biologistes de laboratoire que les biologistes de terrain. Elle étudie en détail les mécanismes cellulaires et elle permettra à tous ceux qui s'occupent de lutte biologique et d'équilibre de populations d'insectes de mieux comprendre les relations des Insectes avec leurs ennemis. Ce livre se termine par une bibliographie bien équilibrée et par deux index très utiles : celui des organismes cités et celui des sujets traités.
A. QUINTART.

LES NATURALISTES BELGES A.S.B.L.

But de l'Association : Assurer, en dehors de toute intrusion politique ou d'intérêts privés, l'étude, la diffusion et la vulgarisation des sciences naturelles, dans tous leurs domaines.

Avantages réservés à nos membres : Participation gratuite ou à prix réduit à nos diverses activités et accès à notre bibliothèque.

Programme

Voyage dans les Vosges du vendredi 27 août au lundi 30 août, sous la direction de M. J. LAMBINON, chargé de cours à l'Université de Liège. Départ probable à Bruxelles-Nord, à 8 h 50. En train jusque Arlon. Ensuite, l'excursion se fera en car. Logement à Gérardmer en pension complète. Au programme : les lacs, la tourbière de Belliard, le Honeck. Phanérogamie et cryptogamie. Prix approximatif : 1850 F, à virer entre le 1^{er} juillet et le 31 juillet au C.C.P. 24 02 97 de L. DELVOSALLE, avenue des Mûres, 25 — 1180 Bruxelles. Un supplément de 150 F est demandé aux personnes désirant loger dans une chambre individuelle.

Dimanche 5 septembre : *Excursion botanique dans les Hautes Fagnes*, guidée par M. FROMENT. Départ à 8 h précises. Rendez-vous devant le bâtiment de la Joc, boulevard Poincaré, à Bruxelles. Retour vers 20 h 30. S'inscrire en versant 170 F au C.C.P. 2402 97 de L. DELVOSALLE, avenue des Mûres, 25 — 1180 Bruxelles, avant le 2 septembre.

Dimanche 19 septembre : *Excursion ornithologique et botanique*, dirigée par M^{lle} M. DE RIDDER, en Zélande (Bergen-op-Zoom, Bath). Départ à 8 h 30 précises. Rendez-vous devant le bâtiment de la Joc, boulevard Poincaré, à Bruxelles. Retour vers 19 h 30. S'inscrire en versant, avant le 12 septembre, la somme de 140 F au C.C.P. n° 2402 97 de L. DELVOSALLE, avenue des Mûres, 25 — 1180 Bruxelles. Les membres de la section des Jeunes en règle de cotisation payent 110 F.

Dimanche 10 octobre : *Excursion mycologique* dirigée par M. P. PIÉRART dans le Namurois ; visite de l'exposition mycologique organisée à Namur. Départ à 8 h précises. Rendez-vous devant le bâtiment de la JOC, boulevard Poincaré, à Bruxelles. Passage à Charleroi-Sud à 9 h. Retour vers 20 h. S'inscrire en versant avant le 5 octobre la somme de 150 F (100 F au départ de Charleroi) au C.C.P. n° 240297 de M. L. DELVOSALLE, avenue des Mûres, 25 — 1180 Bruxelles.

Dimanche 24 octobre : Une excursion géomorphologique, dirigée par M. SOUCHEZ, est prévue.

Petite annonce

M. A. BROWAEYS, rue Gabrielle Petit, 28, 6160 — Roux, offre L. DEBOT, *Manuel des arbres et arbrisseaux de Belgique* (1947) ; J. JOUBIN et A. ROBIN, *Histoire Naturelle : Les Animaux*, édition reliée Larousse (1937) ; *Les Coléoptères de France*, Atlas d'entomologie, éditions N. Boubée, fascicule I (1945) — fascicule II (1946) et fascicule III (1947), selon toute offre en livres de géologie (même anciens) relatifs à la Belgique, ou autrement à soumettre.

ÉDITIONS « LES NATURALISTES BELGES »

L'eau et quelques aspects de la vie, par M. DE RIDDER	40
Les Animaux filtrants, par P. VAN GANSEN	65
Dissection de quatre Animaux de la mer. Le Calmar, la Raie, la Plie, l'Anguille, par P. VAN DEN BREEDE et L. PAPYN	40
Faune élémentaire des Mammifères de Belgique, par J.-P. VAN- DEN EECKHOUDT	20
Flores anciennes et climats, par F. STÖCKMANS et Y. WILLIÈRE	50
Les Lichens. Introduction à l'étude des Lichens de Belgique et des régions voisines. Un volume de 196 pages, illustré de 56 figures, par J. LAMBINON	160
Les Gastéromycètes. Introduction à l'étude des Gastéromycètes de Belgique. Un volume de 50 pages, illustré de 19 figures, par V. DEMOULIN	50
Introduction à l'étude de la Pédofaune, par C. MOREAU	20
Pesticides et biocénoses, par J. RAMAUT	60
Les migrations des oiseaux, par M. DE RIDDER	50
Initiation à l'étude de la végétation, par C. VANDEN BERGHEN	100
La végétation terrestre du littoral de l'Europe occidentale, par C. VANDEN BERGHEN	65

Pour se procurer ces ouvrages, nos membres en vireront le prix au C.C.P. n° 1173.73 de la S.P.R.L. Universa, Hoenderstraat 24. — 9200 Wetteren. Ils colleront au dos du coupon une étiquette « En règle de cotisation ». Un lot de ces étiquettes leur a été envoyé en même temps que leur carte d'adhésion.

Les prix indiqués sont des prix de faveur dont nos membres seuls jouissent.

Avis important

Toute la correspondance adressée à notre association doit dorénavant être envoyée aux *Naturalistes Belges*, rue Vautier, 31. — 1040 Bruxelles.

Par suite du transfert de notre secrétariat à cette nouvelle adresse, certains de nos membres ont peut-être reçu le bulletin avec quelque irrégularité. Nous leur demandons de nous excuser et de nous signaler les erreurs qu'ils auraient relevées (adresse incomplète, nom mal orthographié..).

Notre couverture

Le Scirpe des bois (*Scirpus sylvaticus*) croît sur des sols limoneux ou argileux, riches en suintements. Il se reconnaît facilement à son inflorescence ramifiée et grisâtre. La photo a été prise dans la vallée de l'Our, à l'occasion d'une excursion de notre Société.

(Photo M. DE RIDDER).