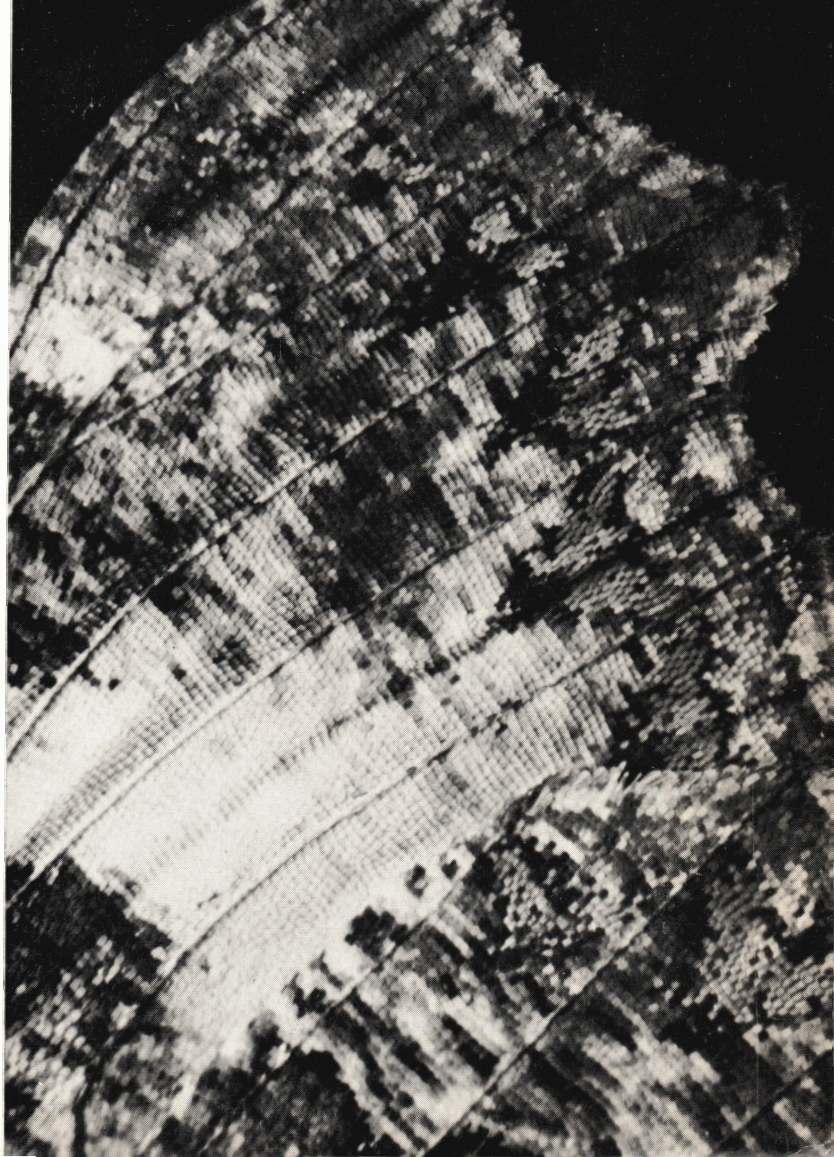
Les naturalistes belges



47-3
mars
1966

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

LES NATURALISTES BELGES
Association sans but lucratif, 65, Av. J. Dubrucq, Bruxelles 2.

Conseil d'administration :

Président : M. C. VANDEN BERGHEN, professeur.

Vice-présidents : M. A. BREMER, docteur en médecine ; M. R. RASMONT, chargé de cours à l'Université de Bruxelles ; M. F. STOCKMANS, directeur de laboratoire à l'Institut royal des sciences naturelles et professeur à l'Université de Bruxelles.

Secrétaire et organisateur des Excursions : M. L. DELVOSALLE, docteur en médecine, 25, Avenue des Mûres, Bruxelles 18.

Trésorier : M. R. TOURNAY, assistant à l'Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique, détaché au Jardin botanique de l'État.

Bibliothécaire : Mlle M. DE RIDDER, inspectrice.

Administrateurs : Mlle P. VAN DEN BREEDE, professeur, M. H. BRUGE, professeur, et J. DUVIGNEAUD, professeur.

Rédaction de la Revue : M. C. VANDEN BERGHEN, professeur, 65, avenue Jean Dubrucq, Bruxelles 2.

Organisation des conférences : Mlle G. ROOSE, professeur.

Secrétariat et adresse pour la correspondance : M. Pierre VAN GANSEN, 20, Av. De Roovere, Bruxelles 8, Tél. 23.23.40.

Local et bibliothèque, 31, rue Vautier, Bruxelles 4. — La bibliothèque est ouverte aux jours et heures où une activité est prévue au local. Bibliothécaires : Mlles DE RIDDER et DE REU.

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.

Cotisations des membres de l'Association pour 1966 :

Belgique :	
Adultes, avec le service de la Revue	175 F
Étudiants (ens. supérieur, moyen et normal), non rétribués ni subventionnés, âgés au max. de 26 ans, avec le service de la Revue	125 F
Juniors, avec le service de 2 à 3 numéros de la Revue (après un an, les juniors sont priés de passer à la catégorie étudiants)	50 F
Allemagne fédérale, France, Italie, Luxembourg, Pays-Bas, avec le service de la Revue	175 F
Autres pays, avec le service de la Revue	200 F
Tous pays, sans le service de la Revue : personnes appartenant à la famille d'un membre adulte recevant la Revue et domiciliées sous son toit	25 F

Abonnements à la Revue pour 1966 :

Belgique :	
Établissements d'enseignement, bibliothèques publiques	175 F
Autres cas	200 F
Allemagne fédérale, France, Italie, Luxembourg, Pays-Bas	200 F
Autres pays	225 F

Pour les versements : C.C.P. nº 2822.28 Les Naturalistes belges, 20, Av. De Roovere, Bruxelles 8.

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

TOME 47 N° 3 MARS 1966

LES NATURALISTES BELGES

SOMMAIRE

RUWET (J. C.). Le zoologue face au développement de l'Afrique . 121
VANDEN BERGHEN (C.). Initiation à l'étude de la végétation (*suite*) 134
Bibliothèque 172

Le zoologue face au développement de l'Afrique (1)

par Jean-Claude RUWET
Docteur en Sciences zoologiques
Ancien Chargé de mission au Congo
Maître de Conférences à l'Université de Liège (2).

DISPARITION SANS CESSE ACCÉLÉRÉE D'ESPÈCES ANIMALES.

Le XIX^e siècle et la première moitié du XX^e siècle ont été pour les naturalistes en général, et les zoologues en particulier, une période sombre. Sombre parce que pendant ces 150 années, un nombre considérable d'espèces animales ont entièrement disparu de la surface de la terre, ont été exterminées, ont été rayées de la liste des espèces actuelles. Cela signifie que jamais plus, il ne sera possible de voir, d'observer, d'étudier un seul exemplaire vivant de ces animaux. Ces disparitions, l'homme en est directement responsable, non pas tellement en raison de ses empiètements sur l'habitat de ces animaux, mais surtout en raison des massacres stupides dont ils ont été l'objet.

Des exemples célèbres illustrent ces exterminations récentes. Ainsi le *dronte* ; c'était un oiseau lourd, massif, de la taille d'un cygne, mais sans ailes, et incapable de se sauver en volant ou courant ; il

(1) Extrait d'une conférence présentée en 1965 à la tribune de la Commission interfacultaire pour l'organisation de conférences et cours publics.
Université de Liège.

(2) Institut de Zoologie, 22, quai Van Beneden, Liège.

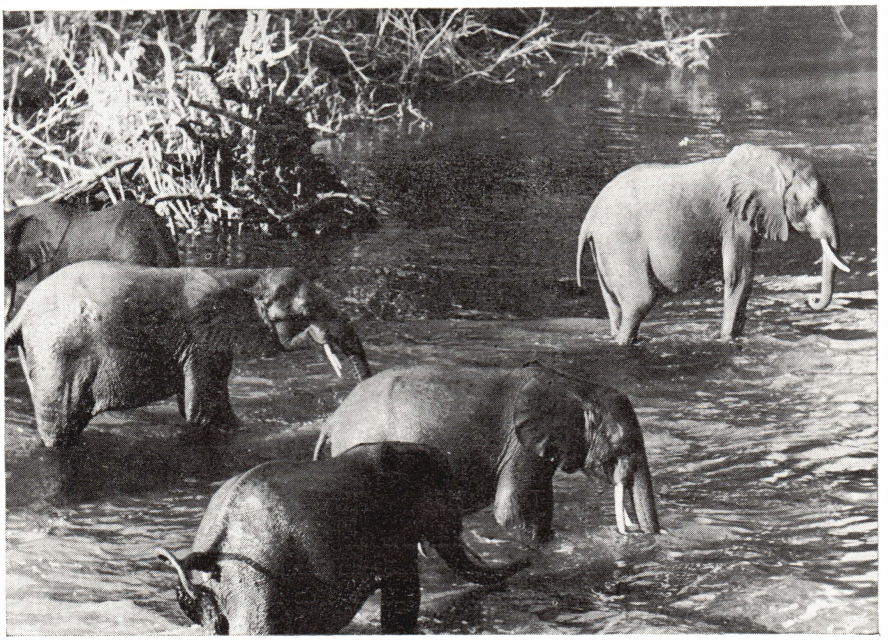


Photo Prof. M. Dubuisson.

Fig. 1. — Éléphants à la station d'Epulu, au Congo.

En l'espace d'un siècle, le XIXe, les effectifs de l'espèce sur le continent noir sont tombés de 3 000 000 d'individus à 300 000 seulement, par suite de la chasse effrénée que lui ont livrée les Arabes d'abord, les Européens ensuite. Depuis 50 ans heureusement, l'espèce a bien réagi aux mesures de protection.

prospérait sur l'île Maurice à l'est de l'Afrique jusqu'à ce que les navigateurs relâchant dans l'île lui donnent la chasse. Son extermination était achevée en 1699 ; actuellement, il ne nous reste du dronte que quelques squelettes et coquilles d'œufs, ainsi qu'une tête et une patte à Oxford. La disparition de cet oiseau célèbre (c'est le « dodo » d'Alice au pays des merveilles) a d'ailleurs frappé les imaginations : un dicton anglais ne dit-il pas « as dead as the dodo ». Et pourtant, sans les massacres dont elle a été l'objet, cette espèce si intéressante pour l'étude de la systématique et de l'évolution des oiseaux aurait pu se maintenir jusqu'à nos jours. Le *grand pingouin*, commun jadis en Islande, aux Hébrides et Féroë, était déjà rare au début du XIXe s. ; il a été exterminé pour son huile, sa graisse, ses œufs ; sa disparition définitive était chose faite en 1844. La *colombe migratrice américaine*, dont les vols innombrables obscurcissaient le ciel à l'époque des passages, était si abondante qu'on croyait qu'il y en aurait toujours, malgré les hécatombes qu'en

faisaient les chasseurs tirant à mitraille dans les vols. Pourtant, la dernière est morte en 1914 au Zoo de Cincinnati. Le *couagga*, zèbre roux d'Afrique du sud, a été exterminé par les Boers, par sport et pour sa viande, au cours du XIX^e^ s. ; le dernier est mort au Zoo d'Amsterdam en 1883.

Ce qui est surtout grave, c'est l'accélération du rythme des disparitions. Ainsi, on estime à 106 les espèces de grands mammifères qui ont disparu pendant les 20 derniers siècles. 33 espèces se sont éteintes pendant les 18 premiers siècles ; mais pour que disparaissent 33 autres espèces, il n'a fallu qu'un seul siècle, le XIX^e^ ; et rien que pendant la première moitié du XX^e^, 40 nouvelles espèces ont disparu. Diverses commissions spécialisées de l'U.I.C.N. (service de sauvegarde) et du Conseil international pour la protection des oiseaux ont dressé des listes de mammifères et oiseaux rares actuellement menacés ; ces listes sont longues, respectivement, de 215 et 313 noms. C'est donc à une accélération hallucinante du rythme des disparitions que nous assitons actuellement.

Parmi les animaux les plus menacés, qui risquent de disparaître définitivement, citons : Le *lion d'Asie*, autrefois répandu d'Asie mineure jusqu'en Inde ; il est immortalisé sur les fresques de Darius et Xercès ; mais il n'en reste plus que quelques centaines d'exemplaires vivants, dans un domaine privé près de Bombay. Le *zèbre de montagne* d'Afrique du sud, pourchassé pour son cuir, et dont il reste moins de 100 exemplaires. Les *rhinocéros unicornes* de l'Inde (quelques centaines) et de Java (quelques dizaines), exterminés en raison des pouvoirs aphrodisiaques attribués à leur corne. L'*antilope oryx*, vivant dans le désert d'Arabie, et dont il ne reste que quelques dizaines d'individus ; en 1961, 28 exemplaires ont été mitraillés par des militaires.

Création de refuges pour la vie sauvage.

Cet appauvrissement accéléré du patrimoine zoologique a ému les naturalistes, qui se sont efforcés alors de le freiner et de l'arrêter, notamment, par la création de refuges, sanctuaires, réserves, et parcs nationaux. Souvent en effet, à l'origine de la création d'un parc national, on trouve le désir de sauver une espèce animale menacée, même si, par la suite, on assigne au parc d'autres objectifs. Ainsi, le parc national Albert a été créé en 1925 au Kivu dans le but premier de sauver les gorilles de montagne. Le Gran Paradiso a été créé en 1922 dans les Alpes italiennes pour sauver

le bouquetin d'Europe. Le sanctuaire du Kasiranga en Inde, a été créé pour sauver le rhinocéros unicorne, et le parc national de la Garamba, au Congo, pour le sauvetage de la girafe et du rhinocéros blanc. Les célèbres parcs nationaux américains ont assuré le sauvetage des bisons ; jusqu'en 1870, ces derniers se comptaient par millons, mais de 1870 à 1885, ils ont été massacrés à l'occasion de la construction du chemin de fer transcontinental ; 30 000 têtes vivent actuellement dans des réserves (national bison range par exemple). Enfin, à la frontière polono-russe, la réserve de Bialovieza, et en Russie, celles du Caucase et de Prioksko-Terrasnyi sont vouées au sauvetage du bison d'Europe.

Conflits d'intérêts ; menaces sur les refuges et leur faune.

Cependant, la création et le maintien de refuges ne va pas sans difficulté. Les animaux les plus menacés sont souvent les plus gros, et ceux-ci exigent souvent beaucoup d'espace. Ce sont donc de grands territoires qu'il faut réserver à la vie sauvage. Inmanquablement, on se heurte alors à de puissantes coalitions d'intérêts groupant agriculteurs, éleveurs, forestiers, sociétés minières et industrielles etc. L'exemple le plus actuel de ce conflit se situe sans doute dans les monts Nimba, à la frontière du Libéria et de la Guinée, où l'exploitation de riches gisements de minerais, du côté libérien de la frontière, fait, par l'exemple, peser une menace sur la réserve intégrale établie en territoire guinéen. D'une manière générale, le conflit est latent partout en Afrique centrale, région qui a le mieux conservé sa grande faune, et où on compte notamment les quatre plus grands mammifères terrestres (éléphant, hippopotame, girafe, rhinocéros), mais qui est appelée à un développement rapide dans un proche avenir. Les menaces qui pèsent sur les parcs nationaux du Congo ont été détaillées par De Saeger.

Certes, le Zoologue défendant la sauvegarde des animaux est conscient de lutter pour des valeurs tout à fait respectables. Valeurs culturelles, liées au folklore, à la tradition, à l'éducation ; valeurs scientifiques, car pour établir les lois régissant les rapports entre les différents éléments de la faune, et entre cette faune et son milieu, nos études doivent reposer sur un matériel riche impliquant la conservation d'une faune abondante, variée, intacte ; valeurs esthétiques et récréatives enfin, en raison de l'inestimable valeur d'agrément de la vie sauvage ; j'aime à ce propos citer Sir Julian Huxley (1961, p. 24), pour qui : « voir de grands animaux évoluer

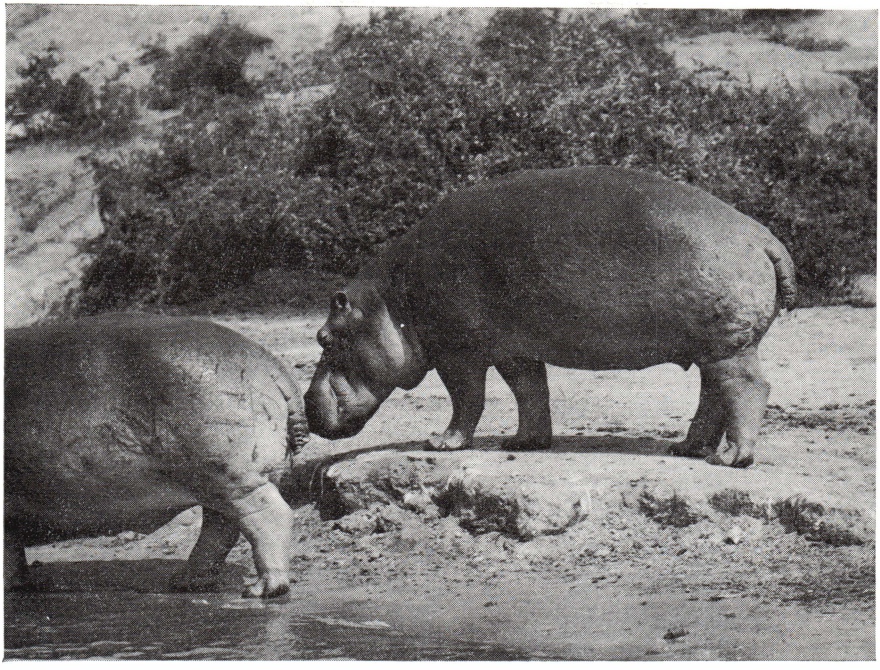


Photo Prof. M. Dubuisson.

Fig. 2. — Hippopotame au parc national Elisabeth, en Uganda.

1 400 kg de viande, et un des facteurs responsables de la richesse des eaux africaines en poissons.

librement et sans crainte dans leur milieu naturel est l'un des spectacles les plus émouvants et les plus exaltants du monde, comparable à la contemplation d'un noble édifice ou à l'audition d'une symphonie... Une procession d'antilopes se détachant comme une frise sur l'horizon africain vaut n'importe quel spectacle de théâtre ».

Mais ce sont là des arguments insuffisants pour convaincre les masses, et aussi hélas, certaines élites, car les intérêts qui s'opposent à la création ou au maintien de refuges pour la faune offrent aux populations les perspectives alléchantes de profits immédiats. Pour synthétiser la position de l'opinion publique face aux efforts des Zoologues, je ne saurais mieux faire que de citer ce professeur d'Université, spécialiste en agronomie tropicale, et qui m'affirmait, péremptoire : « la Zoologie, c'est un luxe pour pays riche ». Pour contrer de telles affirmations, il n'est d'autre moyen que de placer la réponse à un niveau accessible à tous, en utilisant un langage s'exprimant en termes de rentabilité et de productivité.

Le plus bel exemple que l'on puisse choisir pour illustrer cette réponse est le cas de l'Hippopotame. Gros animal peu farouche, il fut menacé d'extermination par une chasse intense dès le début de la colonisation. Il fut bientôt nécessaire, au Congo, d'édicter sa protection absolue pour contrebalancer les destructions abusives. Mais il est difficile de maintenir cette protection quand à côté, des populations souffrent de sous-alimentation, et spécialement, de carence en protéines. Aussi, en cas de famine, les Administrateurs territoriaux étaient-ils habilités à déroger à cette protection, et pouvaient accorder des autorisations d'abattage pour un nombre limité d'individus. Le fait même qu'une autorisation était nécessaire, et que l'Administrateur territorial seul pouvait la délivrer, témoignent de l'acuité du conflit opposant les protecteurs aux populations. Pourtant, ce conflit n'est qu'apparent, car des études sur l'hippopotame, dans la nature, ont rapidement fait apparaître qu'en plus de ses valeurs scientifiques et d'agrément, cet animal avait une très grande valeur économique.

Herbivore, l'hippopotame transforme en viande les herbes des savanes riveraines et les graminées semi-aquatiques. Adulte, il pèse quelque 1 400 kg ; c'est une véritable usine à protéines. Or quand il est protégé, il prolifère, au point qu'il est possible d'abattre le surplus pour la production de viande. Ainsi dans la zone limitrophe du parc national Elizabeth en Ouganda, l'excédent de population sortant du parc fournit 3 000 tonnes de viande annuellement.

Amphibie, il fertilise les eaux de ses excréments et favorise ainsi la multiplication du plancton servant à l'alimentation des poissons. Par un enchaînement de réactions écologiques, il est à l'origine de la richesse en poissons des eaux africaines. Là où il est absent, les pêcheries sont en effet moins prospères. L'hippopotame est ainsi un chaînon essentiel de l'économie des marécages.

Vu sous cet angle, l'hippopotame n'est donc plus seulement une curiosité zoologique, mais une véritable richesse naturelle, un animal aux nombreuses potentialités qui justifient pleinement sa conservation.

Un autre conflit surgit chaque fois qu'il est question d'utilisation des marécages. L'hygiéniste veut les drainer pour lutter contre le paludisme. L'agronome rêve de les transformer en rizières. Et pourtant, il n'existe pas, sous sa forme naturelle, de milieu plus productif qu'un marécage.

Dans les marais du Bangweulu dans le Haut-Congo, dans les

marais de Caprivi en Angola oriental, dans les plaines de la Kafue en Zambie, des milliers d'hectares sont inondés en saison des pluies, et se transforment en pâturages gras. Des lèches roux (*Kobus leche*), venant des parties émergées, du milieu terrestre, pénètrent alors dans ces marécages, dans ces prairies inondées, et viennent s'y nourrir de graminées semi-aquatiques ; en retour, ces antilopes fertilisent les eaux de leurs excréments. C'est là un bel exemple d'interpénétration écologique.

Il y a 30 ans, il y avait 250 000 lèches roux à la Kafue, et 150 000 au Bangweulu. Les effectifs ont été dangereusement réduits au dixième. Une protection efficace permettrait facilement à ces chiffres de remonter, jusqu'à 100 000 exemplaires pour la Kafue. Comme l'excédent annuel chez ces animaux est de 20 %, on pourrait abattre 20 000 têtes et produire chaque année 2 000 tonnes de viande. A Caprivi, l'espèce est restée très abondante.

En Zambie, certains fermiers ont tenté d'exploiter ces pâturages gras avec des bovidés domestiques, mais ces derniers, mal adaptés au milieu, n'ont pu l'exploiter. On a calculé d'autre part que ce milieu produisait plus sous forme de viande sauvage, exprimée en monnaie, qu'il ne pourrait le faire sous forme de riz, compte tenu des investissements de départ.

Enfin, nulle part au monde, il n'existe une telle profusion d'animaux sauvages, mammifères et oiseaux, que sur les plaines alluviales périodiquement inondées des rivières africaines Kafue, Luapula, Lufira... Bien mise en valeur, cette richesse de la grande faune, où l'écologiste trouve une preuve de la productivité du milieu, pourrait exercer un puissant attrait touristique en raison de son immense pouvoir d'agrément, mais cette forme supplémentaire de richesse serait irrémédiablement perdue si le milieu était voué à l'agriculture ou à l'élevage classique.

Il faut donc conclure que la seule utilisation rationnelle et complète de ces milieux marécageux implique leur conservation dans leur état naturel.

Enfin, l'exemple le plus spectaculaire en raison de la « personnalité » des animaux concernés, de l'importance des intérêts en jeu, et de l'étendue des régions considérées, est celui de l'exploitation de la grande faune des ongulés : éléphants, buffles, antilopes. L'habitat de ces animaux, la savane, couvre d'immenses territoires en Afrique centrale et orientale, dans cette région qui, contournant la cuvette congolaise, va du Soudan à l'Afrique du Sud en passant par le Kenya, la Tanzanie, le Katanga, la Zambie, et le Mozambique. Mais il faut bien préciser ici quelques notions d'écologie tro-

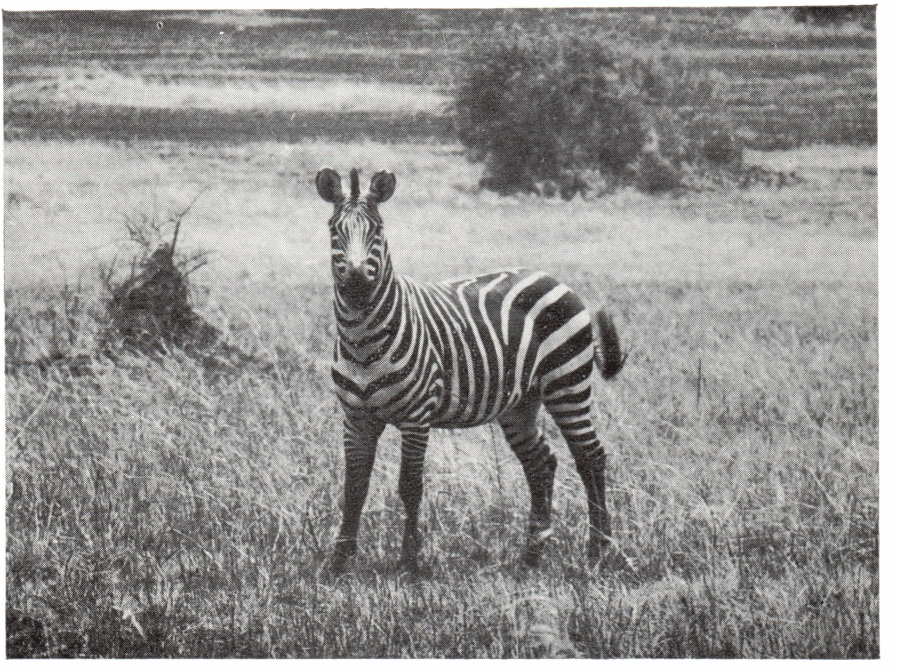


Photo Prof. M. Dubuisson.

Fig. 3. — Zèbre au parc national de la Kagera.

Forme des troupeaux innombrables à la Kagera et à l'Upemba. Au Katanga, le département des eaux et forêts ne ménage pas ses efforts pour protéger les troupeaux des Biano et des Kundelungu, et pour trouver un modus vivendi avec les grands élevages qui leurs partagent ces hauts-plateaux.

picale, que nous calquons sur l'exposé lumineux qu'en a fait Huxley (1961, pp. 30 et suivantes).

La productivité d'un milieu dépend de son cycle de conversion, série de processus par lesquels la matière animale et végétale est remise en circuit par l'intermédiaire du sol, de l'eau, de l'énergie solaire, pour aller nourrir de nouveaux animaux et de nouvelles plantes. La productivité de ce milieu dépend du « métabolisme » de la communauté écologique comprenant les végétaux producteurs, les animaux consommateurs, les microorganismes décomposeurs. Pour qu'un habitat reste équilibré et soit productif, il faut que la circulation d'énergie entre ces éléments se maintienne ou augmente ; si elle diminue, le milieu se dégrade. La conservation et l'exploitation judicieuse d'un habitat exige donc qu'on maintienne cette circulation de l'énergie, et qu'on ne sacrifie pas le profit durable au profit immédiat. Dans un milieu naturel, la sélection naturelle a

porté le cycle de conversion, la circulation d'énergie au maximum dont l'habitat est capable étant donné les éléments qui le composent. Le métabolisme du système y est le plus élevé qui soit possible. Ce résultat est rendu possible par la diversification des végétaux et des animaux herbivores du système. Les herbivores sauvages d'un milieu donné présentent en effet une gamme de structures et de mœurs qui correspond à une division du travail d'utilisation de la couverture végétale. Ainsi par exemple, dans une savane, on distingue des mangeurs de racines (phacochères) ; des mangeurs d'herbes (zèbres, gnous, buffles, antilopes) ; des mangeurs de feuillage (girafes au-dessus, rhinocéros en-dessous), ces derniers très importants dans l'économie générale du milieu car ils vont chercher dans les feuilles des éléments nutritifs que les arbres ont puisé profondément dans le sol et ils les restituent ainsi au circuit d'énergie. Parmi les mangeurs d'herbes, spécialement chez les antilopes, les espèces marquent une préférence soit pour les herbes courtes ou hautes, sèches ou aquatiques, tendres ou dures, etc... L'ensemble de cette faune garantit une utilisation optimale des ressources végétales du milieu. Et l'ensemble des herbivores exerce sur ce milieu une pression uniforme sans jamais le dégrader. Si par contre on remplace les herbivores sauvages par des bovidés domestiques, le milieu se dégrade rapidement, parce que ces derniers exercent une pression sélective, et il est finalement envahi par une végétation où dominent les épineux. Là où herbivores sauvages et domestiques cohabitent, les premiers assurent un meilleur pâturage aux seconds, car ils se nourrissent d'éléments végétaux qui, autrement, gèneraient les seconds. On a ainsi été tenté de rechercher une sorte de symbiose entre herbivores sauvages et domestiques ; cela se pratique dans des fermes à gibier en Afrique du sud. A ce point de vue, il y a donc déjà avantage à ne pas remplacer, du moins complètement, la faune sauvage par du bétail domestique. Mais on a calculé en outre que ces habitats produisent plus de viande sous forme d'herbivores sauvages qu'ils ne peuvent le faire sous forme de bovidés domestiques. Ainsi en Afrique orientale, au pays des éleveurs Masaï, les bovidés domestiques fournissent de 2 à 3 tonnes de viande sur pied au km², alors que les herbivores sauvages atteignent des valeurs de 11 à 15 tonnes, grâce à des adaptations physiologiques et écologiques qui leur permettent de mieux utiliser le milieu.

Les habitats africains de savane sont fragiles. Cette fragilité est liée à la nature du climat et des sols, pauvres en éléments biologiquement importants, car ces sols sont des sous-produits de la dégradation des roches. Du fait de cette fragilité, ces habitats se

Photo Prof. M. Dubuisson.

Fig. 4. — Cormorans et Pélicans à l'exutoire du lac Edouard, au parc national Albert. Le spectacle récréatif qu'offrent ces oiseaux peut exercer un puissant attrait touristique.

dégradent rapidement lorsqu'on passe d'un système d'exploitation à un autre : élevage intensif remplaçant l'élevage extensif ; élevage remplaçant l'exploitation du gibier ; agriculture remplaçant l'élevage.

Il existe donc en Afrique d'immenses habitats fragiles, susceptibles de se dégrader rapidement, souvent infestés de Tsé-tsé, donc sous cette forme impropres à l'élevage, situés sur des terres marginales du point de vue économique, où on ne peut rien faire de valable dans les domaines agricole, forestier, industriel, mais capables de produire sous forme de gibier sauvage des rendements élevés de viande, plus élevés que sous forme de bétail domestique, moins bien adapté et différencié. La meilleure utilisation que l'on puisse faire de ces terres est donc l'exploitation du gibier pour sa viande, et l'organisation du tourisme cynégétique. Ce système est séduisant pour les jeunes nations en raison des faibles investissements, et il est séduisant pour les zoologues car il offre des garanties supplé-

mentaires de survie pour la faune. Il commence à être utilisé pour les antilopes saïga dans les steppes de Russie méridionale, et en Afrique orientale pour les Ongulés. Mais une exploitation de ce type doit nécessairement reposer sur la recherche écologique.

La recherche écologique : problème vital et urgent pour la faune.

L'écologie, science des rapports réciproques, définit les relations et équilibres entre des séries de facteurs réagissant les uns sur les autres. On attend d'elle ici qu'elle fixe « l'intérêt » qu'il est permis de percevoir annuellement sur le « capital » faune. Aussi la F.A.O. subsidie-t-elle au parc national du Serengeti (Tanzanie) notamment, des recherches écologiques auxquelles prend part un de nos compatriotes, le Dr. J. Verschuren. Ces recherches portent sur une faune estimée à 600 000 têtes dont 100 000 gnous, 60 000 zèbres, 40 000 gazelles de Grant, 200 000 gazelles de Thompson, et 15 000 autres grands herbivores.

Si l'exploitation doit reposer sur la recherche, il s'agit d'un problème urgent. Au terme de l'enquête qu'il a menée en 1960 pour le compte de l'UNESCO, Huxley a exprimé l'opinion que le sort de la grande faune africaine se jouerait dans la décade suivante, et dépendrait de l'aptitude des zoologues à présenter des programmes de conservation basés sur une connaissance suffisante de cette faune. Problème urgent en effet, car partout sur le continent, cette faune est menacée par un braconnage et un trafic intenses : trafic non pas tellement de viande des bêtes abattues, car elles pourrissent souvent sur place, mais surtout, trafic de trophées, d'ivoire, etc. Chaque année, 4 à 5 000 éléphants sont abattus illicitement au Kenya, où l'État fait pourtant de gros efforts de répression, en mettant en jeu des forces de police appuyées par hélicoptères pour traquer les pillards de la faune. Mais la tâche est immense. On estime à 100 000 en Tanzanie, 60 000 en Zambie, et sans doute plus encore au Katanga, le nombre de fusils illicites. Et il n'est pas possible d'évaluer les flèches empoisonnées, les pièges, les collets de fils d'acier, etc.

La conservation de la grande faune, basée sur la connaissance de son écologie, est donc un problème extrêmement urgent, qui réclame la présence sur le terrain d'une véritable armée de chercheurs. Mais il est heureusement des raisons d'espérer. Les nouveaux maîtres de ces pays neufs : responsables des finances publiques,

des eaux et forêts, des pêcheries, de la chasse, sont en effet des hommes qui ont gardé d'étroits contacts avec le milieu de la brousse, et qui de ce fait, ne sont pas entièrement coupés de leur contexte biologique. Pour ces hommes, l'écologie est encore une réalité vivante. J'ai eu l'heureuse révélation que, beaucoup plus que leurs homologues blancs, ils sont accessibles au raisonnement écologique, d'autant plus que les conclusions de l'écologiste rejoignent souvent l'enseignement des « anciens ». Les programmes de conservation que prônent les zoologues ont ainsi beaucoup plus de chances d'être compris et adoptés qu'il y a dix ans.

Conclusions : la zoologie, science productive bien adaptée aux besoins des pays neufs.

Au cours des dernières années, la position du zoologue face aux problèmes de développement a subi une profonde mutation. Le zoologue n'est plus cet original qui s'oppose au progrès sous prétexte de préserver quelque curiosité d'intérêt scientifique. Car à la notion ancienne de *protection*, limitative, restrictive, s'est substituée la notion plus dynamique de *conservation*, qui contient le concept d'aménagement et de meilleure utilisation possible d'une ressource déterminée. Sa politique de conservation peut se résumer en une triple formule, que la F.A.O., l'UICN, l'UNESCO diffusent aux quatre coins du continent : *protéine*, par l'abattage raisonné et contrôlé, donc durable, des surplus de la faune ; *profit*, par la mise en circuit commercialisé de cette viande, et par l'exploitation du tourisme cynégétique ou du tourisme basé sur le pouvoir récréatif de la faune ; *prestige* enfin, car si l'Europe a ses villes d'art, l'Asie ses civilisations millénaires, l'Amérique ses villes immenses, l'Afrique, elle, a le privilège de posséder une grande faune d'une valeur scientifique et récréative inégalée.

L'exploitation du gibier (protéines et tourisme) selon les normes fixées par l'écologiste est séduisante pour les nations jeunes et pauvres en ressources. En leur confiant des programmes d'utilisation à long terme des ressources de leur faune, nous donnons une chance supplémentaire de survie à cette faune, à laquelle nous attachons quant à nous une si grande valeur scientifique et culturelle. C'était là notre but premier.

Envisagée sous cet angle, la zoologie tropicale ne peut plus être traitée de science parasite, de luxe pour pays riche, mais au contraire devient aux yeux de tous une science progressiste, dynamique,

rentable et productive, puisqu'elle participe à l'effort collectif de mise en valeur mais en réussissant ce tour de force de préserver la faune qui est le plus bel ornement de ces régions, et leur plus beau motif de prestige.

BIBLIOGRAPHIE

BOURLIÈRE, F. et VERSCHUREN, J. — 1960. Introduction à l'écologie des Ongulés du parc national Albert. *I.P.N.C.*, Bruxelles.

DE SAEGER, H. — 1956. Les parcs nationaux du Congo belge où la nature est menacée. *Parcs nationaux, bull. Ardenne et Gaume*, XI, 4.

HUXLEY, J. — 1961. La protection de la grande faune et des habitats naturels en Afrique centrale et orientale. *Unesco*, Paris.

UNION INTERNATIONALE POUR LA CONSERVATION DE LA NATURE ET DE SES RESSOURCES.—1952-1965 *Bulletin d'information*, première et nouvelle séries.

—, 1956 : Derniers refuges, Atlas des réserves naturelles dans le monde, Bruxelles.

—, 1963 : Conservation of nature and natural resources in modern african states. *Procès verbaux et rapports de la conférence d'Arusha*, Tanganyika, septembre 1961.

—, 1964 : L'écologie de l'homme dans le milieu tropical. *Procès verbaux et rapports de la conférence de Nairobi*, Kenya, septembre 1963.

VERHEYEN, R. — 1954. Monographie éthologique de l'Hippopotame (Hippopotamus amphibius L.) (Exploration du parc national Albert), *I.P.N.C.*, Bruxelles.

WORTHINGTON, E. B. — 1960. Connaissance scientifique de l'Afrique. Berger-Levrault, Paris.

Initiation à l'étude de la végétation

par C. Vanden Berghen

(*suite*)

C. — Les facteurs du milieu physique et chimique

Les relations, directes ou indirectes, mises en évidence entre des végétaux participant à un même groupement végétal, ne suffisent pas à expliquer la composition floristique de celui-ci. Il est indispensable d'envisager le rôle du milieu abiotique, d'étudier les rapports qui unissent la végétation à son environnement non vivant.

La température, la quantité d'eau disponible, l'éclairement, la puissance des vents, la composition chimique du sol, sa structure physique sont quelques uns des facteurs du milieu qui interviennent dans la vie des plantes. L'étude analytique de leur action sur les végétaux est le domaine de la physiologie végétale, science de laboratoire. Dans la nature, les facteurs du milieu agissent simultanément. L'écologiste devra donc analyser des situations fort complexes et apprécier l'importance relative des différents facteurs. Il lui est commode de les grouper sous trois rubriques.

Les **facteurs climatiques** sont notamment la température de l'air qui circule entre les organes aériens des plantes et celle du sol parcouru par les racines, la hauteur des précipitations et l'importance de l'évaporation, la présence éventuelle d'une couche de neige en hiver, la fréquence des brouillards, la puissance des vents, la quantité de lumière dont la végétation peut disposer et sa qualité.

Les **facteurs orographiques** se rapportent à la situation du site occupé par la végétation. Les formes du relief influencent la température, la circulation de l'eau, la luminosité.

Les **facteurs édaphiques** (edaphos = sol) sont principalement la composition chimique du sol, sa teneur en humus, la nature de celui-ci, la texture du substrat minéral, laquelle dépend du volume des particules solides, la façon dont ces particules sont agglomérées. Ces différents facteurs dépendent eux-mêmes de la température, de la quantité d'eau qui circule dans le sol, de la situation topographique...

On conçoit toute la complexité du milieu non vivant dans lequel

se développent les végétaux. Dans un but didactique, l'écologiste considère souvent séparément les facteurs ou groupes de facteurs dont l'importance lui paraît être décisive. Il n'oublie pas que ces facteurs n'agissent jamais isolément.

L'étude des rapports entre la végétation et les différents facteurs du milieu présente deux aspects, d'ailleurs complémentaires.

.— L'écologiste peut essayer de déterminer l'amplitude écologique des associations qu'il a reconnues dans la nature. Il note leurs exigences — minimales, optimales, maximales — en ce qui concerne, par exemple, la quantité de chaleur et de lumière qui doit parvenir à chacune de leurs strates de végétation, la composition du sol, la quantité d'eau présente dans celui-ci... Ces recherches sont le domaine de la **synécologie mésologique** (*).

.— L'écologiste peut également étudier les effets du milieu sur un groupement végétal, observer, par exemple, de quelle façon la structure du groupement s'adapte aux caractères du milieu. Ce champ de recherches est celui de la **synécologie éthologique** (*)

1. — Les facteurs climatiques.

a. — *Le climat général.*

Les caractères du climat général d'une région sont définis par des grandeurs mesurées dans des stations météorologiques spécialement équipées. La température de l'air, par exemple, est lue sur des thermomètres placés sous un abri, lequel est situé au centre d'un espace découvert, à 2 mètres au-dessus d'un sol occupé par une végétation herbacée basse. L'importance des précipitations est évaluée à l'aide d'un pluviomètre dont le modèle est uniformisé et qui est disposé sur un terrain horizontal bien dégagé. La durée de l'insolation, la vitesse et la direction des vents sont mesurées dans des conditions également peu « naturelles ». Les observations doivent évidemment être faites de façon régulière et continue. Il faut qu'elles soient poursuivies durant de nombreuses années pour que les météorologistes puissent calculer des moyennes significatives.

Le climat défini de cette manière est très différent du climat effectivement subi par une plante. C'est ainsi que la température à 20 cm du sol, dans un bois, n'est pas celle repérée à 2 mètres de hauteur dans une prairie, que la couronne d'un arbre peut tamiser la lumière et empêcher l'arrivée au sol d'une fraction importante des pluies.

(*) Les études d'**auto-écologie mésologique** et d'**auto-écologie éthologique** se rapportent aux plantes considérées en tant qu'individus isolés et non plus à des groupements végétaux.

En réalité, les valeurs qui définissent un climat général permettent principalement de faire des comparaisons à grande distance, de préciser des différences et des ressemblances climatiques d'une région à une autre. Les moyennes calculées par les météorologistes intéressent donc plus le phytogéographe, qui travaille à l'échelle d'un continent ou d'une partie de continent, que l'écologiste dont les activités se localisent dans un territoire d'étendue restreinte. Nous savons d'ailleurs qu'une relation de cause à effet peut être établie entre les caractères du climat général et la présence des principaux types de formations végétales. La dominance d'une forme biologique dans le paysage peut également être mise en rapport avec un type de climat particulier.

Certains caractères du climat général ne sont pas habituellement introduits dans les moyennes calculées par les météorologistes alors qu'ils ont une grande importance pour la végétation. Il s'agit notamment des rythmes quotidien et saisonnier de l'éclairement et de la température. La plupart des plantes sont très sensibles à la durée de leur exposition à la lumière. Certaines ne fleurissent et ne fructifient que dans des régions où le jour et la nuit ont approximativement la même importance durant toute l'année. Ces plantes sont évidemment liées aux régions équatoriales et ne peuvent participer à des groupements végétaux d'autres contrées. D'autres espèces ont un *photopériodisme* différent et exigent, par exemple, un certain nombre de jours longs et de nuits courtes pour se mettre à fleurir. Il va de soi que ces plantes sont exclues des groupements notés dans la végétation des régions équatoriales.

Une saison plus ou moins chaude succède à une saison plus ou moins froide dans les parties du monde où règne un climat « tempéré ». Chouard a attiré l'attention des écologistes sur l'importance de la durée et de l'intensité de la période froide en ce qui concerne le développement des bourgeons qui subsistent à l'état « dormant » pendant l'hiver. *Scilla bifolia*, par exemple, ne sort de l'état de *dormance* que si le bulbe a subi un nombre élevé de journées froides ; après quoi la plante pousse très vite et fleurit rapidement. Un refroidissement très bref et léger suffit au développement du bourgeon souterrain de *Scilla non-scripta* ; ce développement est lent lorsqu'on le compare à celui de *Scilla bifolia*. Le « tempérament » différent de ces deux espèces explique leur localisation géographique et leur appartenance à des associations distinctes. *Scilla bifolia* ne croît pas dans les districts les plus occidentaux de l'Europe parce que les hivers n'y sont pas suffisamment rigoureux. *Scilla non-scripta*, par suite de la lenteur de la croissance des organes aériens, est éliminé des régions où l'hiver est suivi d'un été sec.

b. — *Les microclimats.*

a. — Définition.

On entend par microclimat le climat qui règne dans l'espace compris, d'une part, entre la surface qui joint les sommets des organes aériens des composants d'un groupement végétal et, d'autre part, la surface qui contient les extrémités des racines de ces plantes. Le volume ainsi défini varie d'une formation à l'autre ; peu important dans le cas d'une prairie, il est plus considérable dans une forêt.

Il va de soi que le microclimat n'est pas uniforme dans tout l'espace où il peut être mesuré. Le microclimat qui règne entre les organes aériens des plantes est notamment différent du microclimat du sol. Dans un groupement végétal stratifié, dans une forêt, par exemple, les caractères du microclimat notés au niveau des plantes herbacées ne sont pas ceux qui peuvent être mis en évidence immédiatement sous la couronne des arbres les plus élevés (fig. 35).

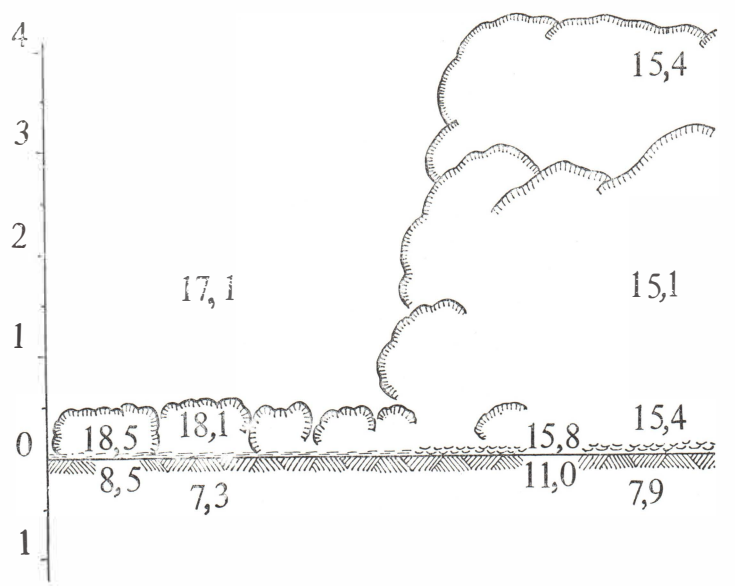


FIG. 35. — Représentation schématique des **microclimats** thermiques dans une lande à *Calluna vulgaris* (à gauche) et dans une forêt de chênes et de bouleaux (à droite) situées aux environs d'Ottignies (Brabant, Belgique). En ordonnée, les hauteurs données en mètres. Les nombres portés sur le schéma sont des températures moyennes, exprimées en degrés C, calculées à partir de lectures faites à différentes hauteurs, toujours vers 13 h, au-dessus et en dessous du sol, depuis la mi-mars jusqu'à la fin du mois de mai (d'après HEINEMANN et NOIRFALISE).

Les microclimats définis dans un même groupement végétal ne sont pas seulement différents entre eux. Ils s'écartent aussi du climat général puisqu'ils résultent principalement de modifications apportées à celui-ci par la présence de masses végétales.

β. — Formes biologiques et spectres biologiques.

La réponse de la plante au climat de la station où elle vit se manifeste souvent par des structures morphologiques particulières. Rappelons que RAUNKIAER a distingué différentes « formes biologiques » définies par la position des organes délicats qui doivent résister aux rigueurs de la saison défavorable à la végétation. D'autres systèmes ont été mis au point. Celui conçu par IVERSEN, en rapport avec l'économie en eau des plantes, est 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 thermophytes qui recherchent des sites au microclimat chaud et sec. *Helianthemum apenninum*, *Ammophila arenaria*, *Calluna vulgaris*, *Quercus ilex* sont des xérophytes.

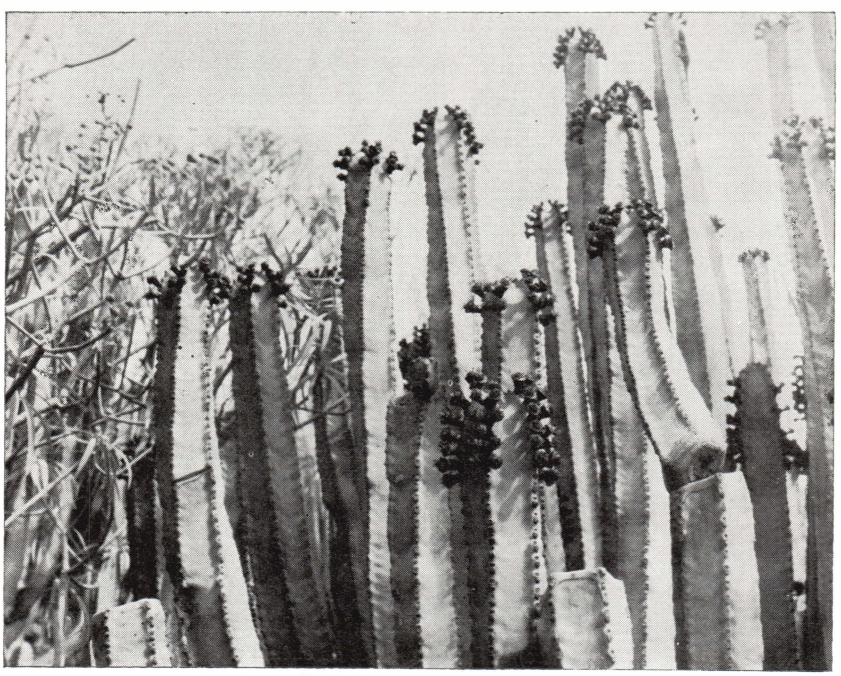


FIG. 36. — *Euphorbia canariensis* est une **plante succulente**, pratiquement dépourvue de feuilles, présentant des tiges gorgées d'eau. (photo L. DELVOSALLE).

FIG. 37. — *Ophrys fuciflora*, l'ophrys bourdon, est un **hygrophyte éphémère** des pelouses sèches.

(photo M. DE RIDDER).

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 (fig. 36). Les *Sedum* et les *Sempervivum* de la flore d'Europe occidentale relèvent également de cette catégorie de plantes.

Les organes aériens des **mésophytes** possèdent encore une certaine rigidité après la mort de la plante. *Pteridium aquilinum*, *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 dont le microclimat n'est signalé par 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** ont des organes aériens qui deviennent complètement flaccides après la mort de la plante. La plupart des hygrophytes ne croissent qu'en des sites dont le microclimat est humide. On les trouve notamment dans les sous-bois frais et dans les prairies mouilleuses. *Allium ursinum*, *Ranunculus ficaria*, *Cardamine pratensis*, *Caltha palustris* en sont des exemples. Des hygrophytes éphémères apparaissent éventuellement en des stations au microclimat xérique. C'est le cas notamment pour les Orchidées des pelouses sèches dont les organes aériens se fânent en été (fig. 37).

Les **telmatophytes** sont des plantes amphibies ou aquatiques dont les tissus sont creusés de cavités ou de canaux remplis d'air (fig. 38).

Les spectres biologiques d'une association donnent une image globale de la réaction de ce groupement végétal aux effets du climat puisque de pareils spectres mettent en évidence l'importance relative des différentes formes biologiques représentées dans l'association.

Le **spectre brut** ne tient compte que de la présence des plantes appartenant aux différentes formes biologiques. Si l'on adopte le système proposé par RAUNKIAER, on constate, par exemple, que trois espèces de chamaephytes sont recensées dans le tableau III. Ces plantes ont été notées 11 fois. Comme nous avons, au total, 44 notations de plantes vasculaires dans les 5 relevés, le groupe des chamaephytes figurera dans le spectre écologique brut avec un pourcentage de $(11 \times 100) : 44 = 25$ %. Calculé de cette façon, le spectre brut des formes biologiques de l'association des landes tourbeuses à *Erica tetralix* de la Belgique septentrionale se présente de la façon suivante :

Phanérophytes :	14 %
Chamaephytes :	25 %
Hémicryptophytes :	57 %
Géophytes :	2 %
Thérophytes :	2 %

FIG. 38. — *Nuphar luteum*, le nénuphar à fleurs jaunes, est un **telmatophyte** dont les rhizomes sont enfoncés dans la vase. Les pétioles et les pédoncules sont creusés de canaux remplis d'air. Les petites lentilles d'eau, *Lemna minor*, qui flottent librement sur l'eau entre les grandes feuilles de *Nuphar*, possèdent des cavités remplies d'air. *Lemna minor* est donc aussi un telmatophyte. Dans le système des formes biologiques de RAUNKIAER, *Nuphar* est un hydrogéophyte et *Lemna* un hydrophyte nageant

(photo M. DE RIDDER).

Il est plus raffiné de calculer un **spectre** biologique **pondéré** en tenant compte non seulement de la présence des différentes espèces mais aussi de leur abondance-dominance relative. Pour établir ce spectre, il est d'abord nécessaire de convertir les coefficients d'abondance-dominance en une « **quantité moyenne** ». Celle-ci exprime en pour cent le recouvrement moyen des plantes, en correspondance avec les différents degrés de l'échelle d'abondance-dominance. Les pourcentages suivants sont souvent adoptés :

Coefficient de quantité (abondance-dominance)	Quantité moyenne
5 (plus des 3/4 de la surface)	87,5
4 (de la moitié aux 3/4 de la surface)	62,5
3 (du quart à la moitié de la surface)	37,5
2 (moins du 1/4 de la surface)	15 (*)
1 (espèce peu abondance)	3 (*)
+ (degré de recouvrement insignifiant)	0,1 (*)

Si nous revenons au tableau III, les trois espèces de chamaephytes représentées 11 fois dans les 5 relevés, ont ensemble une quantité moyenne égale à 290,4. Comme le total des quantités moyennes est de 483,6, le pourcentage attribué aux chamaephytes sera de $(290{,}4 \times 100) : 483{,}6 = 60{,}1\ \%$. Le spectre pondéré de la lande tourbeuse à *Erica tetralix* se présente comme suit :

Phanérophytes :	1,4 %
Chamaephytes :	60,1 %
Hémicryptophytes :	37,9 %
Géophytes :	0,6 %
Thérophytes :	0,0 %

On remarque l'importance des hémicryptophytes et des chamaephytes. Les thérophytes et les géophytes sont très rares dans ce groupement végétal et n'y jouent aucun rôle.

Les spectres biologiques donnent ainsi une représentation synthétique de la structure de l'association.

γ. — Microclimats aberrants.

L'Europe occidentale et centrale est le domaine de groupements végétaux principalement constitués de tropophytes, de mésophytes et d'hygrophytes. La flore de la Région méditerranéenne, par contre, comprend un grand nombre de xérophytes, ce qui s'explique par la sécheresse des mois d'été. Le couvert végétal, dans ces deux territoires, n'est pourtant pas partout en harmonie avec les conditions climatiques générales. Des microclimats relativement humides durant toute l'année permettent à des associations végétales riches en mésophytes et en hygrophytes de s'installer le long des cours d'eau méditerranéens. Plus au nord, des coteaux calcaires dénudés et

(*) Certains auteurs évaluent différemment la quantité moyenne pour les coefficients 2, 1 et +.

exposés au sud sont occupés par des groupements de xérophytes enclavés dans des forêts et des prairies où les mésophytes abondent.

La présence d'un type de sol inhabituel, une exposition particulière, parfois aussi l'influence de l'homme, peuvent donner naissance à des sites où la végétation subit des microclimats particulièrement aberrants par rapport au climat général. Ces sites sont signalés par des groupements végétaux originaux, constitués d'espèces dont les formes biologiques sont celles des plantes qui abondent dans d'autres grandes zones climatiques. Le floriste y note éventuellement des espèces qui croissent loin de leur aire principale.

δ. — Microclimats lumineux.

L'éclairement au niveau des plantes, le microclimat lumineux, a une grande importance sur la composition floristique des groupements végétaux. Toutes les espèces ne manifestent pas, en effet, les mêmes exigences en ce qui concerne la quantité de lumière qui doit leur parvenir pour qu'elles puissent se développer normalement.

. Les **héliophytes** végètent exclusivement en pleine lumière. On les trouve, par exemple, dans les prairies naturelles, dans les clairières des forêts, sur les falaises exposées au sud, dans les dunes. Un grand nombre de « mauvaises herbes » qui infestent les cultures ainsi que la plupart des plantes du bord des chemins sont aussi des héliophytes.

. Les **sciaphytes**, par contre, peuvent végéter et fleurir dans des stations où la quantité de lumière qui leur parvient est une fraction minime de la lumière totale. Ces plantes vivent notamment dans les sous-bois ombragés et dans les ravins obscurs. *Cardamine impatiens* et *Lunaria rediviva* en sont deux exemples. Ces espèces peuvent éventuellement se développer de façon parfaite en des sites où seulement 1/90 de la lumière totale leur parvient. Bien entendu, tous les cas intermédiaires existent entre les héliophytes les plus stricts et les sciaphytes les moins exigeants.

. Le comportement de certaines plantes dépend de la quantité de lumière qu'elles reçoivent. Certaines ne fleurissent que si elles sont éclairées mais peuvent éventuellement végéter sans fleurir, durant de nombreuses années, lorsqu'elles croissent à l'ombre. Le lamier jaune, *Lamium galeobdolon*, par exemple, s'étend dans les taillis denses et très sombres en formant de nombreux rameaux feuillés qui s'étalent sur le sol sans fleurir. La plante réagit immédiatement lorsque le couvert est éclairci et que la quantité de lumière reçue au sol augmente ; elle présente alors des tiges dressées qui portent des fleurs.

Les héliophytes et les sciaphytes vont souvent se grouper puisque leur localisation est réglée par la quantité d'énergie lumineuse qui leur parvient. Les groupements végétaux les plus simples, à une seule strate de végétation, laquelle reçoit la totalité de la lumière, sont habituellement des associations d'héliophytes. Lorsque le groupement comprend plusieurs strates, la strate supérieure est constituée d'héliophytes tandis que les sciaphytes deviennent nombreux dans les strates les plus basses, peu éclairées.

Une zonation de groupements végétaux recevant une lumière de plus en plus tamisée apparaît dans la végétation aquatique depuis les rives d'un lac jusqu'en son centre, plus profond. PEARSALL a observé que le groupement à *Littorella uniflora* qui se développe sur le fond d'un lac de Grande-Bretagne, par 25-110 cm de profondeur, est atteint par 25 à 10% de la lumière qui arrive à la surface du plan d'eau. Plus bas, un groupement à *Myriophyllum alterniflorum*, sur des fonds de 125-150 cm, ne reçoit plus que 12 à 8,5 % de la lumière solaire. Plus bas encore, vers 175-350 cm de profondeur, végètent des peuplements d'une Characée, *Nitella flexilis*, qui ne disposent plus que de 8 à 5 % de la quantité de lumière totale. La qualité de la lumière varie également puisque les différentes radiations du spectre solaire sont inégalement absorbées par la nappe d'eau.

FIG. 39. -- L'anémone des bois, *Anemone nemorosa*.
(photo M. DE RIDDER).

ε. — Aspects saisonniers.

Rappelons que certaines frênaies, chênaies et hêtraies de l'Europe occidentale sont égayées au début du printemps par l'apparition rapide d'une strate herbacée comprenant un grand nombre d'espèces à floraison très précoce. *Ranunculus ficaria*, *Leucoium vernum*, *Scilla bifolia*, *Anemone nemorosa* (fig. 39), *Primula elatior*, *Allium ursinum*, *Scilla non-scripta* et bien d'autres plantes encore, exploitent, en quelques semaines, les réserves accumulées dans leurs organes souterrains pour étaler leurs feuilles et épanouir leurs fleurs avant que les

FIG. 40. — Un exemple de **contraste de végétation** :
la vallée du Tarn aux environs de Sainte-Énimie (France méridionale).

La pente exposée au nord (à gauche) porte une forêt dans laquelle l'espèce dominante est le chêne pubescent, *Quercus pubescens*. Les pentes chaudes qui lui sont opposées sont occupées par une végétation herbacée et buissonnante exclusivement constituée de thermophytes. (photo C. VANDEN BERGHEN).

bourgeons des arbres ne débourrent. Plus tard, lorsque le couvert forestier fermé tamise la lumière qui arrive au sol, ces plantes entrent en vie ralentie tandis que des sciaphytes, des Graminées notamment, donnent au sous-bois un aspect saisonnier nouveau, très différent de l'aspect vernal. La succession des aspects saisonniers, si typique dans les forêts d'arbres à feuilles caduques des régions tempérées, dépend évidemment des variations du microclimat au niveau du sol, plus particulièrement des variations du microclimat thermique et lumineux.

2. — **Les facteurs orographiques.**

La végétation est souvent influencée de façon déterminante par la situation topographique de la surface qu'elle occupe.

Dans les régions au relief accidenté, des **contrastes de végétation** très apparents sont notés sur les versants opposés des vallées, particulièrement lorsque celles-ci sont orientées de l'est vers l'ouest. Une végétation thermophile apparaît souvent sur les pentes les plus ensoleillées, celles de l'adret exposé au sud. Des groupements végétaux différents, éventuellement constitués de mésophytes et d'hygrophytes, occupent le fond de la vallée et les pentes exposées au nord, celles de l'ubac (figs. 40, 41, 42 et 43).

Dans la vallée boisé de l'Ourthe, creusée dans les roches siliceuses de l'Ardenne belge, les versants exposés au sud ou à l'ouest portent

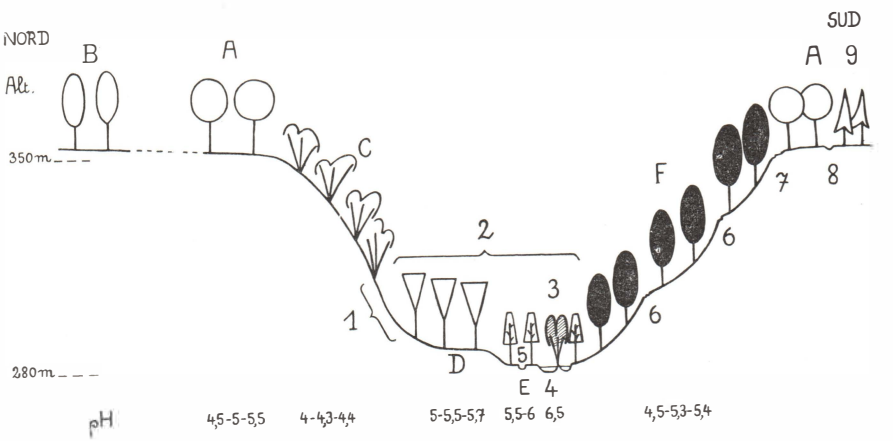


FIG. 41. — Transect noté dans la vallée de l'Our, en Ardenne belge (J. DUVIGNEAUD). Notez la végétation contrastée des deux versants opposés.

A. Chênaie à *Holcus mollis*. B : Hêtraie de plateau. C : Chênaie silicicole. D : Chênaie neutrophile. E : Frênaie-aulnaie de plaine alluviale. F : Forêt mélangée à *Fagus sylvatica* et *Acer pseudoplatanus*.

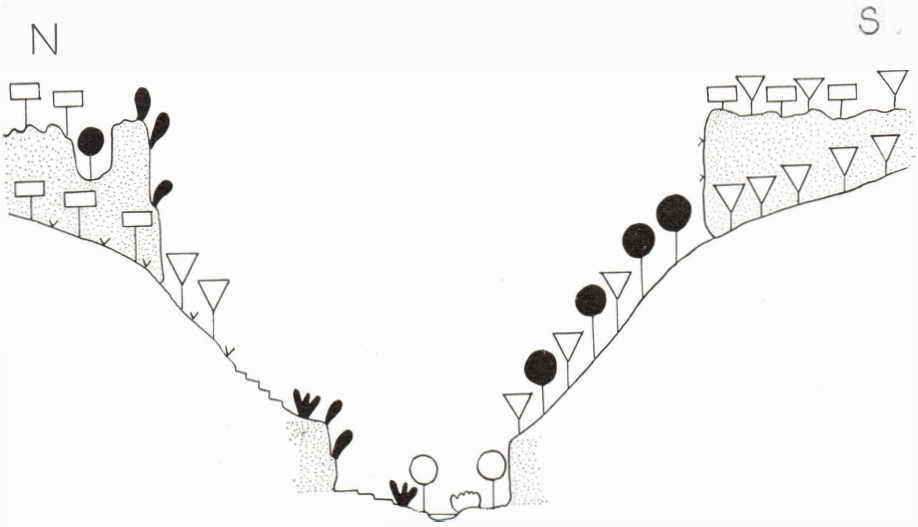


FIG. 42 — Transect noté dans la vallée de la Dourbie
en amont de Millau (Aveyron, France méridionale).

La base du versant exposé au nord porte une forêt mésophile de hêtres (cercles noirs) et de chênes (triangles). La végétation du versant opposé est toute différente avec les thermophytes *Juniperus phoenicea* et *Phyllarea media* (en noir). Une aulnaie fragmentaire borde la rivière (cercles blancs). Des pins silvestres (restangles) occupent le sommet des pentes et les rochers dolomitiques. (Cliché *Soc. Roy. Bot. Belg.*).

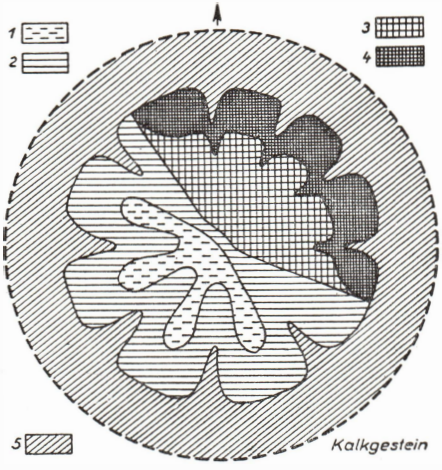


FIG. 43. — Représentation schématique idéalisée des types forestiers qui occupent, en fonction de l'altitude et de l'exposition, une colline calcaire en Allemagne septentrionale (S. JAHN, 1952).

1 : Hêtraie thermophile à *Convallaria majalis*. — 2 : Hêtraie également thermophile à *Elymus europaeus*. — 3 : Hêtraie mésophile à *Mercurialis perennis*. — 4 : Hêtraie hygrophile à *Mercurialis perennis* et *Stachys sylvatica*. — 5 : Hêtraie-chênaie à *Asperul aodorata*.

La flèche indique la direction du nord.

vers leur base une chênaie-charmaie à *Primula veris* et, vers le sommet, une chênaie hébergeant plusieurs plantes nettement thermophiles comme *Sorbus aria*, *Silene nutans*, *Vincetoxicum officinale*, *Anthericum liliago* et *Rosa pimpinellifolia*. Le versant opposé, exposé au nord ou à l'est, est occupé par des forêts de composition floristique très différente, d'où les chênes sont exclus et qui présentent des affinités avec les hêtraies montagnardes. *Festuca silvatica* y est souvent abondant. Vers la base du versant, une érablière de ravin est éventuellement installée sur des sols squelettiques, formés d'éboulis grossiers.

La fig 44 fait comprendre que des quantités de chaleur très inégales sont reçues par une même surface du sol sur des versants opposés. De plus, une fraction seulement des eaux de pluie qui tombent sur les fortes pentes pénètre dans le sol. L'autre partie ruisselle vers l'aval, particulièrement le long du versant chaud où la végétation est moins touffue. Ajoutons que chaque nuit, particulièrement lorsqu'elles sont très claires, l'air se refroidit par rayonnement et devient ainsi relativement lourd. Il glisse vers le fond

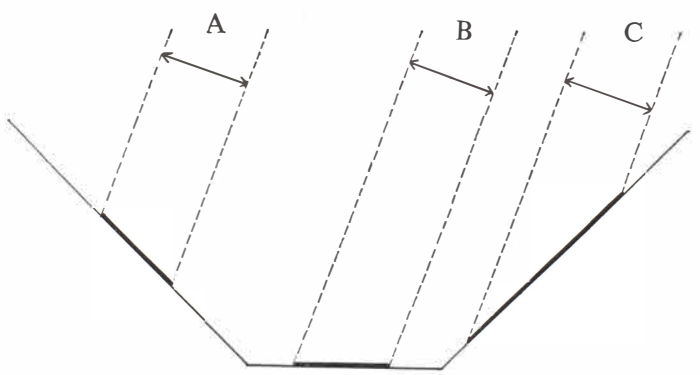


FIG. 44. — Représentation schématique de la repartition inégale, en fonction de l'exposition, de l'énergie apportée à la surface du sol par trois faisceaux lumineux égaux.

de la vallée où il remplace l'air chaud qui monte. La température de l'air au sommet des versants est alors plus élevée que celle de la nappe humide qui stagne dans le fond de la dépression. Rien d'étonnant, dans ces conditions, que les thermophytes soient localisés au sommet du versant exposé au sud : le microclimat y est le plus chaud et le plus sec.

Le refroidissement nocturne de l'air, sa circulation le long des pentes et l'accumulation d'air froid dans les fonds expliquent le phénomène d'**inversion d'étage** parfois observé dans les pays de montagne. On sait que la végétation des massifs montagneux est

disposée en étages superposés, ceci en corollaire de la variation du climat en fonction de l'altitude. C'est ainsi que des forêts de chênes pubescents, *Quercus pubescens*, occupent la base des pentes dans la région subméditerranéenne du midi de la France. Le climat y est relativement chaud et sec, du moins en été. Normalement, ces chênaies sont relayées plus haut par des hêtraies qui supportent un climat plus froid et plus humide en toutes saisons. Ces hêtraies signalent plus particulièrement l'étage de végétation où les brumes se condensent fréquemment. La disposition qui vient d'être esquissée est inversée dans les vallées étroites au fond desquelles l'air froid reste bloqué en permanence. La hêtraie y apparaît à des altitudes plus basses que celles occupées par la chênaie thermophile (fig. 45).

L'orientation d'une pente par rapport aux vents dominants peut également influencer le peuplement végétal. Au bord de la mer, par exemple, le versant de la dune littorale exposé aux vents du

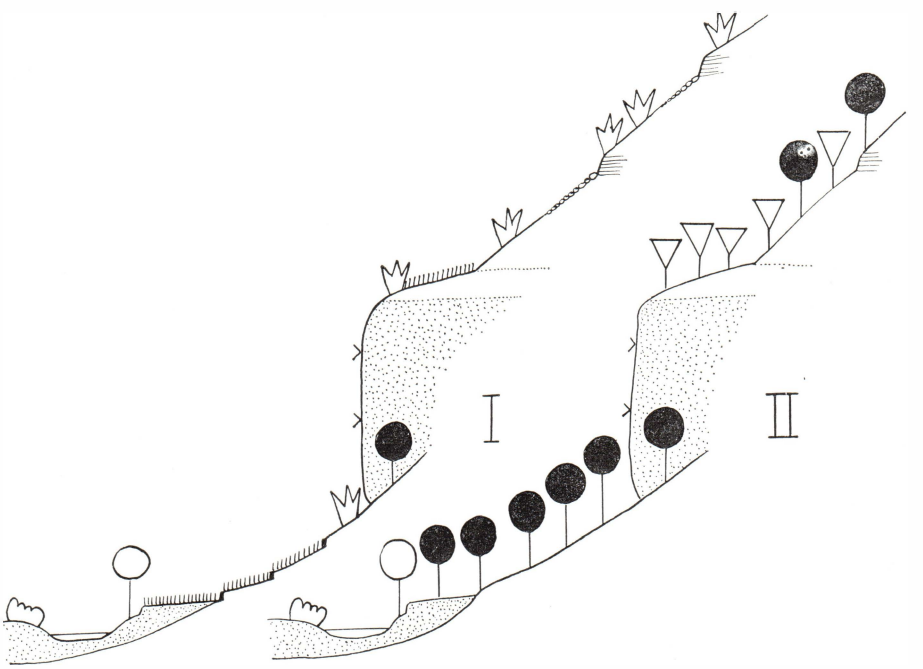


Fig. 45. — Représentation schématique de la végétation d'un versant de la vallée du Tarn exposé au nord (France méridionale).

I : Végétation des pentes transformées par les activités humaines. — II : Végétation des sites n'ayant subi que faiblement l'influence humaine. On y observe une **inversion d'étage**. Une forêt de chênes pubescents (triangles) est située à une altitude plus élevée qu'une forêt de hêtres (cercles noirs). (Cliché *Soc. Roy. Bot. Belg.*).

large porte habituellement un groupement végétal distinct de celui noté sur les pentes abritées. Ces dernières, le long de la Mer de Nord, sont signalées par *Festuca rubra* subsp. *dumetorum* qui y abondu souvent. Cette Graminée, par contre, ne croît pas sur le versant qui descend vers la plage.

Des groupements végétaux contrastés n'apparaissent pas seulement sur les pentes différemment orientées des régions montagneuses mais aussi dans des territoires au relief peu accentué. Des inégalités de niveau minimes, de l'ordre de quelques décimètres, expliquent, dans certains cas, la différenciation d'associations végétales bien individualisées. Voici deux exemples qui montrent l'importance du « microrelief ».

Les sols argileux presque plats du bord de la mer portent, en Europe occidentale, une végétation de pré salé où il est possible de reconnaître plusieurs groupements végétaux. Ceux-ci occupent des surfaces disposées en bandes parallèles entre elles, plus ou moins fréquemment submergées par l'eau salée. Les sols vaseux situés le plus bas sont colonisés par des peuplements très ouverts constitués d'un petit nombre de plantes pionnières, des salicornes et des Graminées du genre *Spartina*. Un peu plus haut, sur des sols encore inondés lors des marées ordinaires, croissent les petits buissons

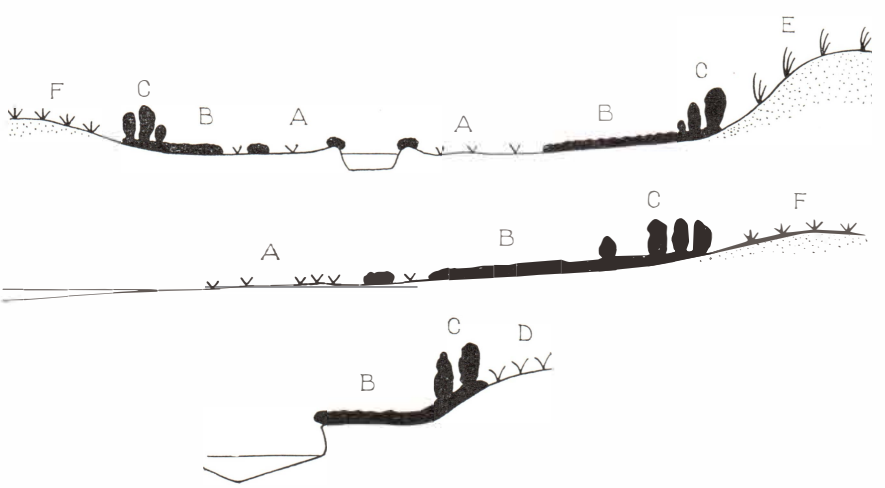


Fig. 46. — Représentation schématique de la végétation de trois prés salés de l'île d'Oléron (Charente maritime, France occidentale).

A : Végétation pionnière à *Spartina maritima* et *Salicornia* div. sp. — B : Végétation à *Halimione portulacoides* et *Puccinellia maritima*. — C : Pré salé rarement inondé avec de petits buissons de *Suaeda fruticosa*. — D, E et F : Végétation des sols jamais inondés par l'eau de mer. (Cliché *Jardin Bot. de l'État, Bruxelles*).

d'*Halimione portulacoides* à moins que *Puccinellia maritima* ne s'y étende en gazonnements ras. Le substrat, quelques décimètres plus haut, n'est submergé qu'exceptionnellement, lors des marées de grande amplitude. La teneur en chlorure de sodium y subit de ce fait de grandes variations, le sol pouvant se dessaler complètement si des pluies copieuses viennent le lessiver entre deux inondations par l'eau de mer. Une végétation plus riche en espèces occupe ces terrains. On y observe notamment *Armeria maritima*, le gazon d'Olympe, et *Artemisia maritima*, l'armoise maritime (fig. 46).

La large plaine alluviale de la Meuse est occupée, en Lorraine, par des prairies à faucher qui occupent de grandes superficies (J. Duvigneaud). En hiver, l'eau apportée par le fleuve en crue reste stagner dans des dépressions peu profondes, à peine perceptibles lorsque l'herbe est prête à être fauchée. Ces faibles différences de niveau ont pourtant une grande importance sur la composition floristique des prairies. On reconnaît, en effet, dans cette plaine à peine ondulée, plusieurs groupements végétaux très différents les uns des autres. Un pré à *Bromus erectus*, avec *Avena pubescens*, *Sanguisorba minor*, *Koeleria gracilis*, *Peucedanum carvifolia* et *Scabiosa pratensis*, est installé sur les sols alluviaux calcarifères et filtrants, inondés durant une période très brève. Les grandes dépressions, plus longtemps sous eau et dont le sol est enrichi en limon, sont occupées par une prairie hygrophile à *Festuca pratensis* et *Colchicum autumnale*. Enfin, les creux qui restent humides jusqu'au cœur de l'été sont le domaine de la prairie à *Filipendula ulmaria* ; on y trouve de grandes herbes hygrophiles telles que *Thalictrum flavum*, *Symphytum officinale*, *Valeriana officinalis* et *Achillea ptarmica*.

3. — **Les facteurs édaphiques.**

a. — *Le sol. Définitions.*

Examinons une tranchée qui recoupe un affleurement de sable siliceux occupé par une lande à *Calluna vulgaris* (fig. 47). L'attention est attirée par la présence, dans la partie supérieure de la paroi, de couches colorées en teintes contrastées. Tout en haut, une terre noire est accumulée au pied des petits arbustes ; on y reconnaît des brindilles et même des feuilles plus ou moins décomposées. Ce terreau recouvre une couche de sable pulvérulent, épaisse d'une cinquantaine de centimètres, grisâtre vers le sommet, devenant blanchâtre plus bas. A la limite inférieure de ce sable de teinte claire, se dessine une bande étroite très sombre, presque noire.

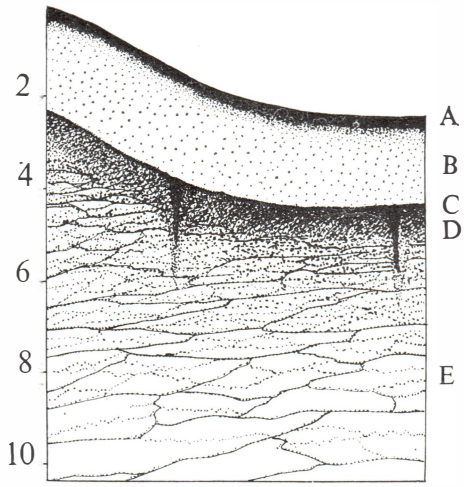


FIG. 47. — Profil du sol observé dans des sables siliceux.
A gauche, l'échelle est donnée en dm.

A : Horizon superficiel organique. — B : Horizon pulvérulent de teinte très claire. — C : Horizon noir. — D : Horizon compact, brun foncé. — E : Sable jaune clair parcouru par un réseau de lignes brun foncé.

Sous elle, apparaît une roche plus compacte, formée d'éléments quartzeux plus ou moins cimentés entre eux. Cette couche durcie, colorée en brun-chamois, n'est pas nettement séparée du sable jaune clair sous-jacent ; sa couleur pâlit insensiblement et sa compacité diminue également de façon graduelle.

L'observateur ne se trouve pas en présence de strates géologiques déposées à des périodes différentes, séparées par des surfaces de contact nettement tracées, puisque les couches superficielles de sables noir, blanc, noir et brun épousent le relief de façon parfaite. En réalité, ces couches se sont formées sur place, à partir d'un sable dont la partie superficielle a été altérée.

La couche de sable blanc et pulvérulent, proche de la surface occupée par la végétation, ne contient que de très faibles quantités d'oxydes de fer et d'argiles ou n'en contient pas. Ces substances sont présentes plus bas, dans la couche brune, où leur accumulation est d'ailleurs responsable de la cimentation des grains de quartz. Il semble donc que les oxydes et que les argiles aient migré de la couche supérieure vers la couche de sable située plus bas. La bande noire située immédiatement sous le sable blanc doit sa couleur caractéristique à des substances organiques. Celles-ci sont nécessairement venues de l'extérieur et ont dû être apportées, en ordre

principal, par la végétation ; ces substances ont également migré en profondeur.

Ainsi donc, le sable superficiel a subi des remaniements importants et des substances organiques sont venues s'ajouter aux éléments minéraux. Les couches profondément transformées par ces processus constituent un **sol** dans lequel se cantonnent les racines des plantes. Le sol est formé à partir d'un sous-sol, d'une **roche-mère**, qui est ici un sable jaune clair.

L'aspect du sol varie considérablement d'une station à l'autre. On ne retrouve pas les couches bariolées, notées sous la lande, dans les limons quaternaires ou dans l'argile qui recouvre un sous-sol schisteux. Dans tous les cas, pourtant, le sol est la partie la plus superficielle de l'écorce terrestre ; qu'il soit épais de quelques millimètres ou de plusieurs mètres, il repose sur une roche-mère qui est son substrat minéral, géologique. Cette roche a été transformée par des processus, souvent très lents, dans lesquels interviennent le climat, la végétation, la vie animale et, bien entendu, la nature de la roche-mère elle-même.

Les couches superposées décelables dans de nombreux sols, éventuellement par des couleurs caractéristiques, portent le nom d'**horizons**. L'ensemble des horizons d'un sol constitue le **profil** de ce sol. La **pédologie** (pedon = sol) est la science qui s'occupe de décrire les différents types de sols, d'analyser leurs caractères, d'expliquer leur origine.

b. — *Formation d'un sol.*

Les facteurs climatiques qui interviennent dans la formation d'un sol sont notamment les précipitations, l'insolation, les variations de la température. Ces facteurs provoquent la décomposition physique des roches, par éclatement, et leur altération chimique. Celle-ci aboutit fréquemment à la formation d'argiles dont les petites particules se trouvent à l'état colloïdal. Des fragments de la roche-mère encore non altérés, comme des grains de quartz, des plaquettes de schiste, des morceaux de calcaire, subsistent éventuellement dans le sol. Ces éléments constituent ce qu'on appelle le **squelette du sol**. Un sol est dit squelettique lorsque le pourcentage des éléments non altérés, par rapport aux éléments altérés et à la matière organique, est considérable. C'est le cas, par exemple, pour les sols caillouteux des versants escarpés des vallées. C'est également le cas pour le sol des dunes maritimes récentes dont la roche-mère est un sable quartzeux avec des débris de coquilles calcaires non altérés.

Les facteurs biologiques sont représentés par la végétation, par les nombreux animaux qui vivent dans le sol et par l'homme.

Les déchets végétaux qui tombent sur le sol, les feuilles mortes notamment, constituent la matière première des substances organiques de celui-ci. Ces débris végétaux sont transformés, par l'intervention de Bactéries, en particules organiques très ténues auxquelles on donne le nom global d'**humus**. Les argiles et l'humus sont les éléments essentiels d'un sol ; ils constituent ce qu'on appelle son complexe colloïdal.

De nombreux animaux, notamment des Nématodes, des Collemboles et des Acariens, trouvent gîte et nourriture dans le sol. Leurs déjections et leurs cadavres viennent s'ajouter aux débris d'origine végétale pour former l'humus. Les animaux interviennent pourtant principalement dans la genèse d'un sol en provoquant, par leurs activités, le mélange intime des particules minérales et des particules organiques.

L'homme détruit ou altère le couvert végétal spontané et, par là, intervient dans la formation des sols. En labourant et en hersant, il bouleverse la partie superficielle des sols dans les régions où ceux-ci sont exploités intensivement.

c. — *La composition chimique du sol et la végétation.*

La végétation dépend étroitement de la composition chimique du sol et notamment de sa réaction, acide ou alcaline. A ce propos, il convient de distinguer l'acidité potentielle de l'acidité réelle ou actuelle. La première exprime la concentration totale en ions H^+, avec des ions H^+ libres et d'autres ions H^+ engagés dans des édifices moléculaires. La seconde dépend de la concentration des seuls ions H^+ libres. Du point de vue écologique, seule la notion d'acidité actuelle est importante ; elle est donnée par le pH.

α. — Les **acidiphytes** sont des plantes dont les racines exploitent un sol dont la réaction est acide, en pratique avec un $pH < 6$. *Calluna vulgaris*, *Sarothamnus scoparius*, *Deschampsia flexuosa* sont des acidiphytes.

Une **association** végétale **acidiphile** est constituée d'acidiphytes et occupe des stations où la partie superficielle du sol présente une réaction acide. Une pareille association est éventuellement notée sur des sols squelettiques formés à partir d'une roche-mère qui ne libére pas de bases ou qui n'en libère que peu. Une lande à *Calluna vulgaris* peut apparaître, par exemple, sur des affleurements de quartzites. Des associations végétales acidiphiles occupent aussi des sols profonds dont l'horizon superficiel est constitué presque uni-

quement de matière organique. C'est le cas des chênaies et des hêtraies à *Deschampsia flexuosa*, des landes à Ericacées, installées dans des sites où le sol minéral est recouvert d'un horizon organique à réaction acide. Cette couche organique est constituée de débris végétaux qui s'altèrent lentement en donnant naissance à un type d'humus appelé **humus brut** ou **mor**. Celui-ci n'est pas mélangé aux particules minérales sous-jacentes et s'accumule à la surface du substrat lorsque la vie animale y est peu intense. Ce substrat est mal aéré, ce qui a pour effet d'empêcher les activités des Bactéries aérobies. Les Champignons, par contre, sont nombreux. Dans ces conditions, les débris se transforment en libérant des acides organiques. Ceux-ci ne peuvent être neutralisés par suite de l'absence de cations dans un sol qui manque de bases. L'acidité ambiante inhibe la multiplication des Bactéries nitrifiantes... Ces processus sont les causes de l'augmentation progressive de l'épaisseur du dépôt d'humus brut acide.

La décomposition de l'humus brut est pratiquement nulle dans les régions dont le climat est froid et humide. La matière organique s'accumule alors en une couche de **tourbe**, laquelle, avec le temps,

FIG. 48. — **Tourbière ombrogène** en Ardenne française, sur le plateau des Hauts Buttés.

Des bouleaux pubescents, *Betula pubescens*, hauts de quelques mètres, sont installés sur la tourbe, épaisse ici d'un mètre environ.

(photo M. DE RIDDER)

peut atteindre une épaisseur de plusieurs mètres. Les groupements végétaux notés sur cette tourbe acide sont très spécialisés. Leur strate muscinale est habituellement formée de sphaignes. Le rôle de ces Bryophytes dans la formation du substrat organique est très important puisqu'ils ont la propriété d'acidifier considérablement le substrat de telle sorte que la valeur du pH descend éventuellement sous 4.

Les bases des sphaignes se décomposent avec une grande lenteur. Ce sont d'ailleurs leurs tiges et leurs feuilles accumulées qui constituent la plus grande partie de la tourbe. L'accroissement en hauteur de l'horizon organique isole bientôt la végétation du sol minéral sous-jacent. Une **tourbière ombrogène** se développe (ombros = pluie). Elle porte des associations végétales formées d'un petit nombre d'acidiphytes comme *Eriophorum vaginatum*, *Andromeda polifolia*, *Oxycoccos palustris*, *Drosera rotundifolia*. L'alimentation minérale de ces plantes est assurée exclusivement par les poussières atmosphériques et par les substances dissoutes dans l'eau de pluie. Les tourbières ombrogènes occupent d'immenses surfaces en Europe septentrionale, en Sibérie occidentale et au Canada (fig. 48).

β. — Les **neutrophytes** sont des plantes liées à des sols dont la réaction est faiblement acide, proche de la neutralité. Ces plantes apparaissent sur des substrats de bonne qualité dont la roche-mère est riche en bases et où la matière organique se présente sous la forme d'**humus doux**, appelé aussi **mull**. Les acides organiques qui se forment lors de la destruction des débris végétaux sont immédiatement neutralisés par les cations, notamment les ions calcium, présents dans le sol. Les substances humiques qui naissent ainsi sont facilement mélangées à la fraction minérale du substrat grâce à l'activité de nombreux animaux, parmi lesquels les lombrics jouent un rôle important. La faune est responsable de la formation de grumeaux qui rendent le sol poreux. L'air peut y circuler. La présence d'oxygène en quantité suffisante explique la prolifération des Bactéries aérobies qui décomposent rapidement les grosses molécules organiques en substances assimilables par les végétaux.

Les chênaies et les hêtraies aux nombreuses fleuraisons vernales ainsi que les prairies établies sur des sols frais, riches en sels minéraux, hébergent un grand nombre de neutrophytes. Citons, à titre d'exemples, *Asperula odorata*, *Allium ursinum*, *Arum maculatum*, *Arrhenatherum elatius*.

γ. — Les **basiphytes** végètent sur des sols qui ne sont pas acides. L'alcalinité du substrat est généralement une conséquence de la

présence de calcaire dans les horizons exploités par les racines. Les sols contenant des nitrates ou des chlorures présentent également souvent une réaction alcaline.

On appelle **calciphytes** les plantes qui croissent exclusivement ou de préférence sur des sols calcarifères. *Bromus erectus*, *Teucrium chamaedrys*, *Potentilla tabernaemontani* et *Carex digitata* sont des calciphytes. D'autres plantes n'apparaissent jamais sur un substrat riche en calcaire actif et meurent rapidement si on essaye de les cultiver sur un sol qui en contient, même en quantité minime. Les acidiphytes *Erica tetralix*, *Calluna vulgaris*, *Drosera rotundifolia* et *Deschampsia flexuosa* sont dans ce cas. On dit que ces plantes sont *calcifuges*. Enfin, certaines espèces manifestent de l'indifférence quant à la présence ou à l'absence de carbonates libres dans le sol. *Briza media*, *Molinia caerulea* et *Frangula alnus* en sont des exemples.

Il a été prouvé que les calciphytes n'ont pas besoin d'une quantité élevée de calcaire dans leur alimentation minérale. La localisation de ces espèces sur un substrat calcarifère est, en réalité, le résultat d'un processus complexe dans lequel intervient la concurrence entre espèces. La plupart des calciphytes paraissent être des plantes qui résistent à la présence d'une certaine quantité de carbonates libres dans le sol alors que ces carbonates sont toxiques pour la plupart des espèces végétales. Ces dernières sont évidemment éliminées des substrats riches en calcaire.

Les associations végétales reconnues dans les pelouses installées sur un sol meuble peu épais recouvrant des affleurements de roches calcaires sont principalement constituées de calciphytes (fig. 49). La flore des dunes littorales dont le sable contient de fins débris de coquillages comprend aussi de nombreux calciphytes.

Les **nitrophytes** vivent exclusivement dans des stations dont le sol est enrichi en composés azotés provenant de la minéralisation rapide de matières organiques mortes. Les décharges publiques, les abords des habitations rurales ainsi que les sites piétinés par le bétail sont habituellement signalés par des groupements végétaux composés de nitrophytes tels *Urtica dioica*, *Arctium minus*, *Lamium album*, *Hordeum murinum*. Des associations de nitrophytes accompagnent également les plantes cultivées sur des sols ayant reçu de grandes quantités d'engrais organiques. *Mercurialis annua*, *Chenopodium polyspermum*, *Euphorbia helioscopia* et *Lamium purpureum* abondent notamment dans les jardins bien fumés. On trouve également des associations de nitrophytes sur les vases putrides déposées au bord des rivières. Diverses espèces des genres *Bidens* et *Polygonum* caractérisent ces groupements. La minéralisation rapide de l'humus des

FIG. 49. — Pelouse riche en **calciphytes**, avec des buissons isolés de buis, *Buxus sempervirens*, dans la Haute Soule (Basses-Pyrénées, France)
(photo C. VANDEN BERGHEN)

sols forestiers immédiatement après une coupe provoque l'apparition soudaine de groupements de plantes nitrophiles dans les parcelles qui viennent d'être éclaircies. *Epilobium angustifolium*, *Senecio nemorensis* et *Rubus idaeus* sont des nitrophytes très fréquents dans ces associations végétales.

Les **halophytes** peuvent prendre racine dans des sols contenant du chlorure de sodium alors que la présence de sel dans le substrat élimine la plupart des espèces végétales. Ces plantes croissent principalement sur les vases d'estuaire et dans les prés salés. *Salicornia europaea*, *Halimione portulacoides*, *Puccinellia maritima* et *Aster tripolium* sont souvent abondants dans ces sites où ils participent à des associations végétales hautement spécialisées. De nombreux halophytes sont plus ou moins succulents. La pression osmotique de leur suc

Fig. 50. — Site rudéralisé humide, aux environs de Bruxelles, occupé par une végétation riche en **nitrophytes**

(photo Bracke)

vacuolaire est élevée, ce qui leur permet de vivre sur un substrat imbibé d'une eau particulièrement riche en sels dissous.

δ. — La présence de certains métaux lourds dans le sol, en quantité plus considérable que normale, influence fortement le couvert végétal. Les sites riches en zinc situés à l'est de Liège hébergent notamment une flore très spécialisée comprenant quelques plantes strictement « calaminaires ». Au Katanga, les gisements de cuivre, de cobalt, de manganèse et de nickel sont signalés par une végétation rabougrie qui témoigne de l'action toxique de ces métaux lorsque leur teneur dans le sol est élevée. Seules subsistent quelques espèces résistantes, dont certaines ne croissent que sur des substrats métallifères (P. Duvigneaud et Denaeyer).

d. — *L'eau et la végétation.*

α. — Les hydrophytes.

Les eaux des lacs, des étangs et des rivières non torrentueuses sont colonisées par des groupements de Phanérogames constitués d'hydrophytes. Certains de ceux-ci, comme les lentilles d'eau, *Lemna* div. sp., et les *Ceratophyllum*, flottent librement dans l'eau ou à sa

surface. D'autres sont enracinés dans la vase ou dans le sable du fond de la pièce d'au. Les potamots, les nénuphars, les renoncules aquatiques sont dans ce cas. Les tiges et les feuilles submergées des hydrophytes sont creusées de vastes lacunes ou sont parcourues par des canaux aérifères dont la présence facilite les échanges gazeux. L'oxygène arrive ainsi dans certains organes, rhizomes et racines, éventuellement plongés dans des substrats dépourvus de ce gaz. Les fleurs de la plupart des plantes aquatiques, même lorsque leurs organes végétatifs sont entièrement immergés, se dressent au-dessus du plan d'eau. Chez quelques espèces, notamment chez les *Ceratophyllum* et les *Zannichellia*, les fleurs ne s'épanouissent pourtant pas à l'air ; la fécondation a lieu alors dans l'eau.

La composition floristique des associations d'hydrophytes dépend de la qualité de l'eau dans laquelle baignent les plantes, notamment de la nature et de la quantité des substances qui y sont dissoutes. Différents types d'eau ont été distingués (De Ridder).

. *L'eau salée* des mers et des estuaires n'est pas seulement peuplée d'Algues de toutes tailles. Quelques Phanérogames spécialisées,

Fig. 51. — La végétation d'une mare d'eau saumâtre polyhaline photograph. en Zélande.

Une frange de scirpes, *Scirpus maritimus*, à vitalité réduite, borde la pièce d'eau. Les masses vert jaune de l'algue *Enteromorpha intestinalis* flottent à la surface de l'eau, entre les tiges de l'hélophyte

(photo M. De Ridder).

comme les *Zostera* dans l'Océan Atlantique et les *Posidonia* dans la Mer Méditerranée, forment, par endroits, des prairies sous-marines étendues.

. Les *eaux saumâtres*, qu'elles soient *polyhalines*, c'est-à-dire contenant de 10 à 17 g de chlorures par litre, *mésohalines*, avec 1 à 10 g de chlorures par litre, ou *oligohalines*, avec 0,1 à 1 g de chlorures par litre, sont envahies par une flore de Phanérogames aquatiques pauvre en espèces. On observe, par exemple, dans les eaux oligohalines, des communautés végétales dominées par *Ruppia* sp., *Zannichellia* sp., *Najas marina* ou *Potamogeton pectinatus*. A côté de ces Phanérogames, vivent de nombreuses Algues parmi lesquelles les Characées jouent fréquemment un rôle physionomique important (fig. 51).

. Les *eaux douces* peuvent être classées, de façon évidemment sommaire, en eaux *oligotrophes*, c'est-à-dire pauvres en substances dissoutes (pH : 4 à 6), en eaux *mésotrophes*, plus riches (pH : 6 à 7), et en eaux *eutrophes*, très riches en substances dissoutes (pH supérieur à 7).

Le fond sablonneux ou graveleux des pièces d'eau oligotrophe est parfois occupé par des peuplements de petites plantes à rosettes submergées : *Littorella uniflora*, *Lobelia dortmanna*, *Isoetes* div. sp.

Les eaux eutrophes sont encombrées par des masses végétales constituées par de nombreuses espèces d'hydrophytes appartenant notamment aux genres *Potamogeton*, *Ceratophyllum*, *Ranunculus*, *Nuphar*.

La végétation des eaux mésotrophes présente des caractères intermédiaires entre ceux qu'on peut noter dans les eaux oligotrophes et eutrophes.

Il convient encore de mentionner les eaux *dystrophes*, souvent colorées en brun foncé par suite de leur haute teneur en humus. Ces eaux très acides hébergent fréquemment des sphaignes flottantes.

β. — Les hélophytes.

Les **hélophytes** sont des plantes qui croissent dans l'eau, les inflorescences et aussi les organes assimilateurs dépassant le plan d'eau. Leurs peuplements entourent les lacs et les étangs mésotrophes ou eutrophes. Ces plantes apparaissent également au bord de nombreux cours d'eau.

Les phragmites, *Phragmites communis*, les massettes, *Typha* div. sp., les rubaniers, *Sparganium* div. sp., les grands scirpes comme *Scirpus lacustris*, forment des roselières éventuellement hautes de 2 m (fig. 52 et 53).

Des hélophytes de taille plus modeste, des *Carex* notamment, végètent dans des eaux dont la profondeur ne dépasse pas une cinquan-

FIG. 52. — Le rubanier, *Sparganium ramosum*, est un **hélophyte** robuste.
Les organes assimilateurs et les inflorescenses dépassent le plan d'eau d'un mètre environ (photo M. DE RIDDER)

FIG. 53. — Pièce d'eau eutrophe entourée d'une roselière constituée de plusieurs espèces d'hélophytes
(photo M. DE RIDDER)

FIG. 54. — Bas-marais envahissant une mare d'eau dystrophe acide, en Campine (Belgique septentrionale).
On reconnaît les plumets blancs de la linaigrette *Eriophorum polystachion*
(photo M. DE RIDDER)

taine de centimètres ; ils forment la végétation des **bas-marais**, appelés aussi **tourbières infra-aquatiques**. Les organes morts de ces plantes tombent au fond de la pièce d'eau et se décomposent souvent très lentement par suite de la pauvreté du milieu en oxygène. Les hélophytes de bas-marais sont ainsi enracinés dans un horizon organique qui se dépose sur un fond minéral. Cette tourbe infra-aquatique ne présente pas nécessairement une réaction acide. Dans les eaux riches en hydrogénocarbonate de calcium, la matière organique du fond est souvent mélangée à des dépôts calcaires et à des débris de tests d'animaux qui lui donnent une réaction alcaline. Ces bas-marais alcalins sont signalés par une végétation particulière. *Schoenus nigricans* y est éventuellement la plante dominante.

Les tourbières infra-aquatiques doivent être distinguées des tourbières ombrogènes décrites plus haut. Rappelons que la couche de tourbe de ces dernières est située au dessus du plan d'eau et que leur végétation dépend exclusivement des précipitations pour son alimentation en substances minérales (fig. 55).

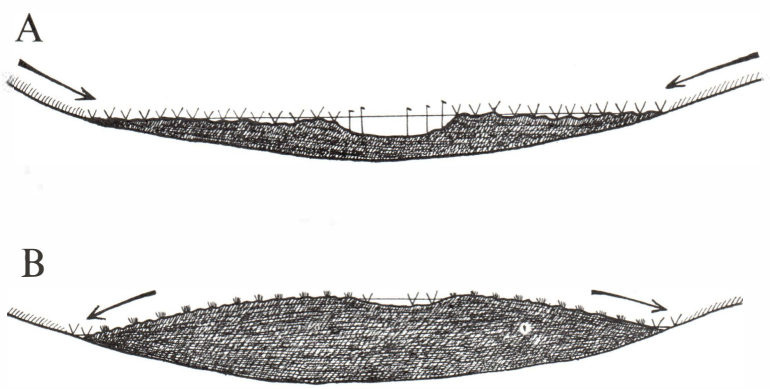


FIG. 55. — Représentation schématique de coupes pratiquées dans une **tourbière infra-aquatique** (A) et dans une **tourbière bombée ombrogène** (B). L'eau qui descend de cette dernière et celle qui ruisselle sur les pentes du sol minéral s'accumulent dans une zone marécageuse qui ceinture le bombement de tourbe.

γ. — L'eau dans le sol.

Le plan d'eau, dans les terres qui ne sont pas inondées, correspond à la surface supérieure de la tranche de sol dont tous les pores sont remplis d'eau de façon permanente. La situation de ce plan d'eau est évidemment très variable d'une station à l'autre ; sa profondeur varie aussi au cours de l'année dans une même station.

Certains groupements végétaux sont liés à des sols où le plan d'eau affleure durant une partie de l'année. En Europe occidentale, les landes à *Erica tetralix*, installées sur des substrats très pauvres en bases, les prairies à *Molinia caerulea* et celles à *Filipendula ulmaria* apparaissent dans des sites où le plan d'eau arrive au niveau du sol durant les mois humides de l'hiver et du printemps pour descendre de plusieurs décimètres en été.

Le sol, au-dessus du plan d'eau, lorsque celui-ci n'affleure pas, contient de l'eau liquide plus ou moins mobile (fig. 56). L'eau hygroscopique forme une très mince pellicule autour des particules solides du sol. Cette eau, fixée énergiquement, ne peut être déplacée et n'est donc d'aucune utilité pour la végétation. L'eau capillaire est de l'eau retenue par capillarité dans les pores du sol. Cette eau peut être mise en mouvement par suite de variations dans la tension superficielle et la pression osmotique. Elle peut donc être utilisée par les poils absorbants des racines, ce qui explique que les plantes restent turgescentes aussi longtemps que

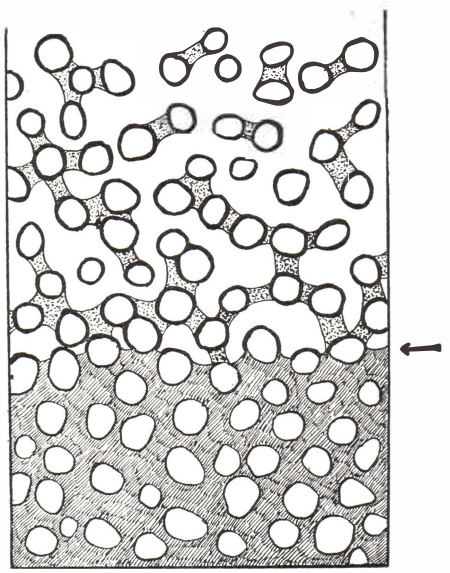


FIG. 56. — Représentation schématique de la localisation des différents **états de l'eau dans le sol**.

La flèche indique le niveau du plan d'eau. Au-dessus de celui-ci, l'*eau hygroscopique* forme une mince pellicule autour de chacune des particules solides du sol. De l'*eau capillaire* (en ponctué) est retenue, par capillarité, dans les pores du sol. Immédiatement après une pluie, de l'*eau de gravité* s'écoule vers le plan d'eau.

de l'eau capillaire est à leur disposition. Enfin, l'eau de gravité n'est pas retenue par une force quelconque ; elle obéit simplement à la pesanteur et s'écoule vers le plan d'eau.

La présence simultanée et équilibrée d'eau capillaire et d'air dans les pores du sol est indispensable au développement d'une végétation luxuriante. Les prairies à *Arrhenatherum elatius*, les chênaies et les hêtraies à humus doux, avec un sous-bois principalement constitué de mésophytes, sont installées sur des sols bien pourvus en eau capillaire.

Des formations de semi-déserts occupent les sols dont les horizons superficiels s'assèchent jusqu'à une certain profondeur. Les plantes qui croissent dans ces sites doivent être adaptées à un milieu particulièrement défavorable. Certaines espèces échappent à la dessiccation parce qu'elles possèdent des organes souterrains énormes par rapport à la taille des parties aériennes. C'est ainsi que les racines du chardon des dunes, *Eryngium maritimum*, sont parfois longues de plus de 3 mètres ; elles atteignent le sable humide même lorsque la dune est asséchée jusqu'à une grande profondeur. D'autres plantes des semi-déserts sont des buissons aux tiges rigides qui perdent facilement leurs feuilles. Ces xérophytes supportent alors la sécheresse parce que la transpiration de leurs organes aériens est réduite au minimum. De nombreuses plantes succulentes amassent de l'eau lorsque les circonstances sont favorables, la retiennent énergiquement dans leurs organes charnus et ne la consomment que très lentement. Enfin, des thérophytes profitent d'une pluie qui mouille temporairement l'horizon supérieur du sol pour germer, développer leurs organes assimilateurs et fleurir en quelques semaines. Ces plantes subsistent durant les longues périodes de sécheresse à l'état de semences deshydratées.

e. — *La texture du sol et la végétation.*

a. — Définitions.

La **texture** d'un horizon du sol dépend du volume de ses particules solides non agglomérées. L'échelle suivante est généralement adoptée pour les éléments minéraux :

Blocs rocheux, pierres, cailloux : diamètre supérieur à 1 cm.
Gravier : diamètre compris entre 1 cm et 2 mm.
Sable grossier : diamètre compris entre 2 mm et 200 μ.
Sable fin : diamètre compris entre 200 μ et 20 μ.
Limon : diamètre compris entre 20 μ et 2 μ.
Argiles : diamètre inférieur à 2 μ.

L'**analyse granulométrique** d'un échantillon de sol met en évidence les proportions dans lesquelles sont mélangées les particules de différents volumes. Un sol sablonneux dérivant en grande partie de roches granitiques et prélevé dans le Massif Central français présentait, par exemple, la composition granulométrique suivante :

Sable grossier : 57,2 %
Sable fin : 33,5 %
Limon : 2,0 %
Argiles : 5,8 %
En outre, des matières organiques : 1,5 %.

Il convient de ne pas confondre la texture du sol avec sa **structure**. Par suite de la présence dans le sol d'un complexe colloïdal, formé d'argiles et de matières humiques, les particules élémentaires peuvent se présenter à l'état de grumeaux plus ou moins stables — le sol présente alors une structure **grumeleuse** — ou, au contraire, se trouver à l'état de particules dispersées ; la structure, dans ce cas, est dite **dispersée**. L'importance de la structure est considérable car elle influence l'aération du sol et intervient dans son degré de perméabilité à l'eau.

β. — La végétation des pierriers.

Les bancs de graviers grossiers déposés par les rivières torrentueuses, les levées de galets qui s'allongent le long de certaines côtes, les nappes d'éboulis étalées au pied des affleurements rocheux et tous les autres substrats formés d'éléments minéraux de grandes dimensions, constituent des milieux particulièrement hostiles à la vie végétale. La partie supérieure du sol est notamment souvent dépourvue de particules fines, éventuellement sur une hauteur de plusieurs décimètres, et, de ce fait, est très aride. Les plantes spécialisées qui y croissent, malgré les conditions de vie défavorables, constituent des groupements très ouverts, pauvres en espèces. *Epilobium rosmarinifolium*, par exemple, végète sur les bancs de galets abandonnés par les rivières de l'Europe méridionale. Ses racines s'enfoncent profondément pour atteindre l'horizon où les particules minérales fines sont accumulées et où l'eau est retenue (fig. 57).

La végétation qui occupe des éboulis en forte pente subit non seulement les effets de l'aridité de l'horizon superficiel mais aussi ceux de sa faible cohésion puisque les pierres s'ébranlent facilement lorsque l'équilibre instable qui les maintient en place vient à être rompu (fig. 58). Certaines des plantes qui participent aux groupements qui se développent sur un pareil type de substrat possèdent des organes

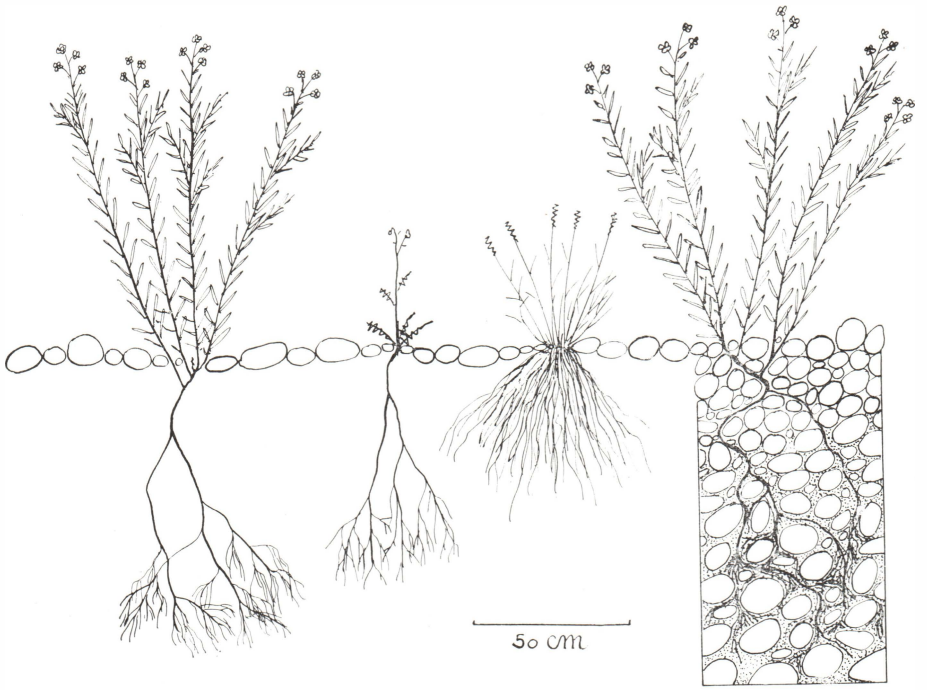


FIG. 57. — Les principaux constituants de l'association à *Epilobium rosmarinifolium* notés sur les bancs de gravier abandonnés par le Tarn (France méridionale).

Le groupement, très ouvert, est principalement constitué par les buissons d'*Epilobium rosmarinifolium*, par l'Ombellifère *Ptychotis heterophylla* et par la Graminée *Melica ciliata*. Notez le développement des organes souterrains.

(Cliché *Soc. Roy. Bot. Belg.*).

souterrains très longs et très ramifiés qui les ancrent dans les éboulis mouvants. *Rumex scutatus* et *Artemisia campestris* sont dans ce cas. D'autres plantes, comme *Melica ciliata* et *Calamagrostis argentea*, possèdent des racines fasciculées qui agglomèrent et maintiennent en place les éléments relativement fins qui glissent le long de la pente. Les grosses touffes de ces Graminées forment éventuellement un rempart en amont duquel s'accumule un peu de terre meuble.

γ. — Les psammophytes.

Les sols squelettiques franchement sablonneux constituent des substrats très poreux, donc filtrants et arides, avec un microclimat thermique présentant des variations annuelles et journalières de grande amplitude. Ces sols sont colonisés par des groupements végétaux, souvent ouverts, auxquels participent des espèces spécia-

FIG. 58. — Cône d'éboulis grossiers accumulés au pied d'une falaise calcaire en Haute Soule (Basses-Pyrénées, France).

La végétation herbacée est très ouverte. Des buissons, notamment ceux du buis, *Buxus sempervirens*, envahissent le substrat aride aux endroits où celui-ci est stabilisé.

(photo C. VANDEN BERGHEN).

lisées. Ces **psammophytes** végètent exclusivement sur des substrats sablonneux. *Ammophila arenaria*, *Euphorbia paralias* et *Calystegia soldanella* croissent, par exemple, sur les sables calcarifères des dunes littorales mobiles. D'autres espèces occupent des sables siliceux présentant une réaction acide. C'est le cas notamment pour *Corynephorus canescens*. Il existe également des sables dérivés de roches dolomitiques, souvent signalés par une végétation particulière.

La végétation des sols sablonneux proches du littoral de l'Europe occidentale comprend de nombreuses espèces thermophiles, abondantes dans la région méditerranéenne. *Helichrysum stoechas*, par exemple, est présent, dans les dunes fixées, jusqu'à l'extrémité de la Bretagne. *Euphorbia paralias* végète encore en Allemagne. *Phleum*

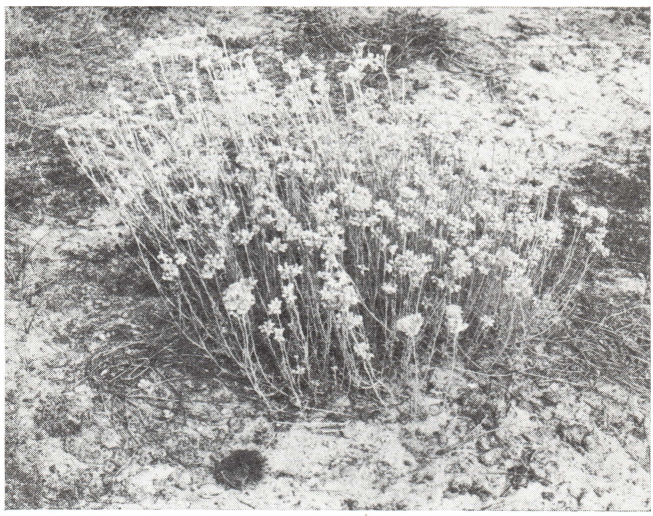


FIG. 59. — Une touffe d'*Helichrysum stoechas*
photographiée dans les dunes fixées, aux environs de Hourtin (Gironde, France)
(photo C. VANDEN BERGHEN)

FIG. 60. — L'euphorbe des dunes, *Euphorbia paralias*,
dans les sables maritimes mobiles, aux environs de Hourtin (Gironde, France)
(photo C. VANDEN BERGHEN)

arenarium avance plus loin puisque cette Graminée est connue en Scandinavie méridionale. Ce sont probablement les propriétés du sol sablonneux filtrant, s'asséchant et se réchauffant rapidement après les pluies, qui permettent à ces thermophytes méditerranéens-atlantiques de subir dans la partie septentrionale de leur aire un climat relativement doux mais aussi très humide.

δ. — La végétation des sols argileux.

Les sols argileux dépourvus d'une bonne structure constituent des substrats « lourds », très compacts, mal aérés. Ils retiennent longtemps l'eau des précipitations et sont, par conséquent, relativement froids. Si le substrat s'assèche durant les mois d'été, des fentes de retrait apparaissent et la masse argileuse devient dure comme de la pierre.

Le microclimat relativement froid qui règne au-dessus de ces terres aussi longtemps qu'elles sont mouillées explique que les groupements végétaux qui les occupent présentent un développement tardif par rapport aux groupements des sols poreux. Dans la région méditerranéenne française, par exemple, les sols marneux sont occupés par des pelouses à *Aphyllanthes monspeliensis* lesquelles sont fleuries plusieurs semaines après les pacages à *Brachypodium ramosum* installés sur des sols plus filtrants. La végétation des sites argileux ou marneux dépérit et jaunit rapidement lorsque le substrat perd l'eau qu'il retenait, qu'il durcit et qu'il se fendille.

(*à suivre*).

Bibliothèque

Nous avons reçu :

Annales de la Société royale zoologique de Belgique.

T. 94, fasc. 2, 1963-64 : Remarques sur le développement du système branchial chez les Polyptéridés — Une excursion aux gisements canadiens de Dinosaures...

T. 95, fasc. 1, 1964-65 : Distribution des chitinases chez les Rongeurs — L'innervation de l'ovaire de la poule...

Ami de la Nature (l'),

n° 10, 1965 : Camping au Danemark — Quelques pas en Tunisie (I) — Lotschental en Valais...

n° 11, 1965 : De la Faucille au Crêt de la neige — Quelques pas en Tunisie (II) — Centenaire de la première ascension du Matterhorn...

Amoeba, n° 4, 1965.

Stookolie — Delta I — Wat met het wad ?

Aquariumwereld,

n° 7, 1965 : Aquariuminrichting — Mijn aquarium — Boekbespreking...

n° 8, 1965 : Kweken en opmerken — *Colisa chuna* — Overwegingen bij het streekaquarium...

Belmontia, II : Ecology.

Fasc. 11, 1965 : Recreatie en natuurbescherming in het Noordhollands duinreservaat.

Biologisch jaarboek Dodonaea, n° 33, 1965.

Ornithologische observaties — Vegetationskundliche Untersuchungen an einigen Niederrheinischen Gewässern — Sur cinq cyclopides et un harpacticide nouveau pour la faune de Belgique et sur l'évolution de la faune du lac d'Overmere...

Bulletin de la Société entomologique du Nord de la France, n° 41, 1965.

Avertissement aux entomologistes du Nord — Captures régionales intéressantes — Mes premières observations d'élevages...

Bulletin de la Société botanique du Nord de la France, T. 18, n° 1, 1965.

Un aspect de la vie symbiotique : les mycorrhizes — Recherches sur les aspects caryologiques de l'assise génératrice dans la racine — Note mycologique pour le Nord de la France...

Bulletin de la Société des Naturalistes de Mons et du Borinage, t. XLVII, janv.-mars 1964.

Technique entomologique — La conservation de la nature, ses problèmes et ses exigences.

Bulletin de Jardin botanique de l'état, vol. XXXV ; fasc. 3, 1965.

Les glumelles inférieures aristées de quelques graminées : anatomie, morphologie — Contribution à l'embryographie systématique des *Cyperaceae-Cyperoïdea.*

Bulletin de l'Association des Naturalistes de la vallée du Loing et de Fontainebleau, n° 10-12, 1965.

Excursions — Protection de la nature — Écologie...

LES NATURALISTES BELGES A.S.B.L.

Local : 31 rue Vautier - Bruxelles 4.

PROGRAMME DES PROCHAINES ACTIVITES

CONSEIL

Mercredis 30 mars et **20 avril.**

CAUSERIES, CONFÉRENCES, EXCURSIONS

Lundi 28 mars, à **20 h**, au local, rue Vautier, 31, Bruxelles 4. Mᵉˡˡᵉ Dulieu, MM. Josens et Noël présentent une série de diapositives touristiques prises en Jougoslavie et en Ardèche (France).

Dimanche 17 avril. Excursion botanique (spécialement lichénologique) dans la vallée de l'Ourthe aux environs de Laroche, sous la direction de M. J. Lambinon. Départ à 7 h 45 précises devant la Centrale JOC, boulevard Poincaré, Bruxelles. Passage à 8 h 45 à Namur (devant la gare). Retour vers 21 h. Emporter les vivres. Prix au départ de Bruxelles : 175 F, au départ de Namur : 105 F. Cette somme doit être virée au C.C.P. 240297 de L. Delvosalle, 25, Avenue des Mûres, Bruxelles 18, avant le 10 avril.

Lundi 18 avril, à **20 h**, au Café 'Le Helder', rue du Luxembourg, 10, Bruxelles 4, projection de deux films se rapportant aux Baléares, tournés par Mᵉˡˡᵉ Jangoux. Projection de diapositives (Mᵉˡˡᵉ Van den Breede). L'entrée est libre mais la consommation est obligatoire.

Lundi 25 avril, **à** 20 **h** 30, à la Faculté de Médecine, Bd de Waterloo entrée par la rue Héger-Bordet, dans l'auditoire Bordet. Cinquième conférence du cycle consacré au Quaternaire. M. de Heinzelin de Braucourt, professeur à l'Université de Gand : *Évolution de la Faune durant le Quaternaire, en Belgiqu.*

Mardi 26 avril. Les Naturalistes sont invités à la conférence que donnera M. J. Léonard à l'Athénée communal de Schaerbeek : *A travers le Sahara avec l'expédiion transsaharienne belge*. La conférence est organisée par l'Extension de l'Université libre de Bruxelles. M. Léonard prendra la parole à 20 h.

Dimanche 1 mai. Excursion géologique et botanique dirigée par le Frère Maurice Victor dans les bois de Malonne et de Marlagne. Départ à 8 h à la Centrale JOC, boulevard Poincaré. Passage à 9 h à Namur (devant la gare). Retour vers 19 h 30. Emporter les vivres. Prix au départ de Bruxelles : 100 F, au départ de Namur : 40 F. Cette somme est à virer au C.C.P. nº 240297 de L. Delvosalle, 25, avenue des Mûres, Bruxelles 18, avant le 22 avril.

Dimanche 8 mai. Excursion botanique et bryologique en Thudinie (Aulne, Landelies, Thuin), dirigée par M. J. Duvigneaud, professeur. Départ à 8 h devant la Centrale JOC, boulevard Poincaré. Passage à 9 h à Charleroi. Retour vers 20 h. Emporter les vivres. Prix au départ de Bruxelles : 100 F, au départ de Charleroi : 40 F. Cette somme est à virer au C.C.P. nº 240297 de L. Delvosalle, 25, Avenue des Mûres, Bruxelles 18, avant le 1 mai.

(*suite au verso*)

Autres activités prévues :

DIMANCHE ET LUNDI DE LA PENTECÔTE : Excursion botanique dans le Grand-Duché de Luxembourg dirigée par M. L. REICHLING.

DIMANCHE 5 JUIN : Excursion dans la région de Termonde-Tamise.

DIMANCHE 19 JUIN : Excursion dans la région de Tournai-Harchies.

DIMANCHE 26 JUIN : Excursion dans la région des Hauts Buttés (Ardenne française).

Publications vendues à nos membres

Nous avons le plaisir de mettre en vente les deux publications suivantes :

Les migrations des Oiseaux, par M. DE RIDDER, au prix de 50 F ;
Pesticides, biocénoses et chaînes trophiques, par J. L. RAMAUT, au prix de 60 F.

Pour se procurer ces ouvrages, il suffit d'en verser la valeur au C.C.P. 28 22 28 des Naturalistes Belges, 20, avenue De Roovere, Bruxelles 8. Les frais de port sont compris dans les prix indiqués. Ces prix sont réservés aux membres de l'association.

INSTITUT DES HAUTES ÉTUDES DE BELGIQUE

65, rue de la Concorde
BRUXELLES

CONFÉRENCES

M. R. GORENFLOT, du Laboratoire de biologie végétale de la Faculté des sciences d'Orsay, fera le **mardi 29 mars à 20 h. 30** une conférence sous ce titre :

« Quelques aspects de la biosystématique du genre *Plantago* »
(projections)

M. E. SAUVAGE, de l'Institut botanique de Montpellier, fera le **jeudi 31 mars à 20 h. 30** une conférence intitulée :

« La végétation du Maroc » (projections)

Notre couverture

La photographie montre admirablement la délicate mosaïque dessinée par les écailles qui recouvrent une aile de papillon (photo H. VAN DEN BERGH).

IMPRIMERIE UNIVERSA, WETTEREN (BELGIQUE)