Les naturalistes belges

54_1

janvier
1973

Publication mensuelle
publiée
avec le concours
du Ministère de
l'Éducation nationale
et de la Culture
française ainsi qu'avec
celui de la Fondation
universitaire

LES NATURALISTES BELGES
Association **sans** but lucratif. Av. J. Dubrucq 65. — 1020 Bruxelles

Conseil d'administration :

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

Vice-présidents : M. H. BRUGE, professeur ; Mlle P. VAN DEN BREEDE, professeur ; M. J. LAMBINON, professeur à l'Université de Liège.

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

Trésorier : Mlle A.-M. LEROY, avenue Danis, 80 — 1650 Beersel.

Bibliothécaire : Mlle M. DE RIDDER, inspectrice.

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

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

Protection de la Nature : M. M. COSSEY.

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

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

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

Cotisations des membres de l'Association pour 1973 (C.C.P. 2822.28 des Naturalistes Belges, rue Vautier, 31 — 1040 Bruxelles) :

Avec le service de la Revue :

Belgique :

Adultes	200 F
Étudiants (ens. supérieur, moyen et normal), non rétribués ni subventionnés, âgés au max. de 26 ans	150 F
Allemagne fédérale, France, Italie, Luxembourg, Pays-Bas	200 F
Autres pays	225 F
Abonnement à la revue par l'intermédiaire d'un libraire	240 F

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

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

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

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

TOME 54 N° 1 JANVIER 1973

LES NATURALISTES BELGES

SOMMAIRE

WESTHOFF (V.). L'évolution de la végétation dans les lacs eutrophes et les bas-marais des Pays-Bas 2
QUINIF (Y.). Aspect général des phénomènes karstiques en Belgique. Relations avec les structures morphologiques et géologiques 29
VANDEN BERGHEN (C.). Initiation à l'étude de la végétation (suite et fin) 44
Protection de la nature : appel 53
Bibliothèque 54

A nos membres

COTISATIONS POUR 1973

Malgré le relèvement sensible des tarifs postaux, malgré la hausse du coût du papier et de l'impression, les taux de la cotisation à l'association des Naturalistes Belges restent en 1973 ceux de 1972 :

Avec le service de la revue :
Belgique :
Adultes . . . . . 200 F
Étudiants (enseignements supérieur, moyen, technique), âgés au maximum de 26 ans . . . . . 150 F
Allemagne fédérale, France, Italie, Luxembourg, Pays-Bas . . . 200 F
Autres pays . . . . . 225 F
Abonnement à la revue par l'intermédiaire d'un libraire . . . . 240 F

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

Pour ne pas être obligé de réduire le volume du bulletin et la qualité de l'illustration, nous avons besoin de la collaboration de tous nos membres. Ceux-ci peuvent manifester leur sympathie à notre mouvement de deux façons :

a. en inscrivant un nouveau membre ;
b. en augmentant volontairement leur cotisation, en la portant, par exemple, à 250 F.

Nous sommes convaincus que cet appel sera entendu.

Rappelons que les versements s'effectuent au C.C.P. n° 2822.28 : Les Naturalistes Belges, rue Vautier, 31 — 1040 Bruxelles.

L'évolution de la végétation dans les lacs eutrophes et les bas-marais des Pays-Bas

par V. Westhoff (*)

Les lacs eutrophes et les bas-marais de la partie occidentale des Pays-Bas présentent un intérêt tout particulier pour le botaniste et l'écologiste. Avec les dunes et les prés salés, ces écosystèmes marécageux constituent les espaces naturels les plus caractéristiques, et aussi les plus riches des points de vue floristique et faunistique, des Pays-Bas.

Les trois catégories de biotopes, les dunes, les prés salés et les marécages, doivent leur richesse avant tout à la grande diversité interne de leurs milieux respectifs. Si on recherche les facteurs précis auxquels il faut attribuer cette variation élevée, on est frappé d'une différence importante entre les dunes et les prés salés d'une part, les marécages d'autre part. Les dunes et les prés salés ont certainement été influencés par l'homme durant de nombreux siècles, mais cette influence est plutôt secondaire ; elle n'a pas déterminé de façon essentielle l'ensemble de la flore et les caractères de la végétation. Au contraire, dans les basses tourbières, l'interaction entre l'homme et le milieu est plus intime et plus fondamentale, car l'homme a contribué à la création du milieu lui-même. C'est, en effet, l'homme qui est à l'origine du développement des écosystèmes en question, par une action ancienne et caractéristique qu'on appelle « verveningen ». « Vervening » peut se traduire par « enlèvement de la tourbe », mais, bien entendu, il s'agit d'une extraction effectuée selon un processus de nature particulière.

Après l'exploitation de la tourbe, l'eau a envahi les fosses d'extraction. Celles-ci étaient creusées de telle manière que le paysage actuel est formé de bandes de tourbe, restées en place, alternant de façon plus ou moins régulière avec des fosses allongées remplies d'eau peu profonde. Lorsque ces eaux libres ne sont pas trop exposées au vent et au mouvement des vagues, on observe, dès l'origine

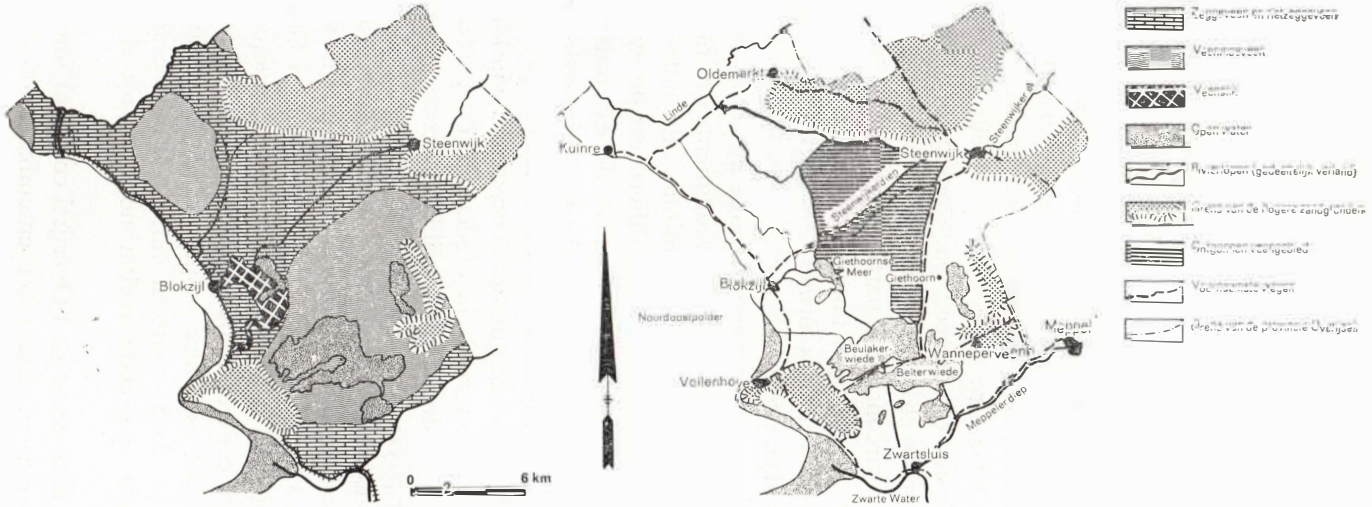
(*) Professeur de botanique à l'Université de Nimègue (Pays-Bas). Texte d'une conférence donnée à l'Université de Louvain le 19 avril 1972.

de telles eaux, le début d'un processus qu'on appelle en néerlandais « verlanding ». Ce mot, en allemand « Verlandung », ne se traduit pas par « atterrissement », parce qu'un atterrissement se rapporte plutôt au colmatage d'un lac ou d'un estuaire qui se remplit graduellement de sédiments inorganiques, de vases argileuses. Au contraire, dans le cas d'un « verlanding », il s'agit du développement de la végétation dans de l'eau libre, avec, comme résultat, la disparition progressive de l'eau et son remplacement par une masse croissante de tourbe aussi bien que de matière vivante. Il s'agit d'un exemple classique de succession « autogène » au sens de TANSLEY. Parce que l'eau libre de la région des bas-marais est riche en matières nutritives, c'est-à-dire parce qu'elle est eutrophe, la productivité de l'écosystème est élevée ; par conséquent, l'évolution de la végétation est rapide et l'écosystème est dynamique.

Il faut signaler une circonstance particulière. La richesse botanique exceptionnelle du paysage, tant par la grande variété des espèces présentes que par celle des formes biologiques et des groupements végétaux, dépend en premier lieu de la variation du dynamisme de milieu. En effet, ce dynamisme diminue au cours de l'évolution de la végétation. La stabilité du milieu augmente graduellement tandis que le rythme des successions diminue. En outre, durant un même stade de la succession, il y a des différences de dynamique dans les divers milieux, donc des différences de dynamisme dans l'espace. C'est toute cette variation dans le dynamisme de la végétation, variation dans le temps aussi bien que dans l'espace, qui est responsable de la richesse botanique des écosystèmes considérés ici.

Pour comprendre la structure de la végétation, la synécologie et la dynamique d'une région de bas-marais, il faut se rendre compte de l'origine de ce type de paysage et de son développement. Il nous faut maintenant choisir. Les bas-marais des Pays-Bas sont principalement localisés dans trois régions : le nord-ouest de la province d'Overijsel, le centre de la Frise, et la partie du pays située à l'est de la Hollande proprement dite et à l'ouest d'Utrecht. Quoique toutes ces régions aient leurs caractères particuliers, on peut dire que le nord-ouest de l'Overijsel est l'aire la plus importante, aussi bien par son étendue que par la diversité en milieux et la richesse en espèces. C'est pour cela que cette région nous servira d'exemple (cartes).

Les bas-marais du nord-ouest de l'Overijsel couvrent une surface de 17 000 hectares environ. Dans cet ensemble, 5 000 hectares ont reçu le statut de réserve naturelle, dont la moitié est propriété



A gauche : Situation au Moyen-Age ; carte pédologique.

A droite : Situation actuelle.

1. Tourbière à *Carex* et à *Phragmites*. — 2. Tourbière à Sphaignes. — 3. Argile tourbeuse. — 4. Eaux libres. — 5. Fleuves et ruisseaux. — 6. Sables pléistocènes et leurs zones marginales. — 7. Tourbières défrichées (mises en culture agricole). — 8. Routes principales. — 9. Frontière de la province Overijsel.

de l'État et l'autre moitié constitue une des réserves de la Société pour la protection de la nature. Les bas-marais s'étendent entre les sables pléistocènes du plateau de la Drente d'une part, et l'ancien Zuiderzee, d'autre part. Le sous-sol consiste en sables périglaciaires. Durant la période boréale, après la dernière glaciation, c'est-à-dire il y a dix mille années environ, une tourbière a commencé à se développer. L'importance de la couche de tourbe s'est accrue de plus en plus pendant l'abaissement isostatique du territoire ; elle a atteint une épaisseur qui varie de 4 mètres, à l'intérieur des terres, à quelques décimètres, près de la mer.

Une partie de cette tourbière s'est développée comme une tourbière à Sphaignes, caractéristique d'un milieu relativement acide et pauvre en matières nutritives. Pourtant, le long des ruisseaux et des petits fleuves, des bandes de tourbières à *Phragmites* et à grands *Carex* se sont formées, indiquant un milieu plus eutrophe. Ici, le plagioclimax est représenté par une aulnaie à *Alnus glutinosa*. Il y a encore un troisième élément important : la « tourbière tremblante » à *Carex diandra* et *Carex lasiocarpa*, correspondant aux groupements végétaux du *Scorpidio-Caricetum diandrae* et *Sphagno-Caricetum lasiocarpae*, groupements décrits autrefois en Belgique par nos confrères Paul Duvigneaud et Vanden Berghen sous les noms de *Caricetum lasiocarpae eutrophicum* et de *Caricetum lasiocarpae oligotrophicum*.

Les groupements de tourbières tremblantes sont très caractéristiques des zones de transition situées entre une région relativement élevée de sables glaciaires pauvres en calcaire et la basse tourbière proprement dite. Les tourbières à petits *Carex* spécifiques se sont développées, autour des plateaux sablonneux, sur des pentes faibles le long desquelles s'écoule l'eau des plateaux. C'est cette écocline caractéristique qui surpasse tous les autres écosystèmes des tourbières par sa richesse botanique et surtout par ses spécialités sténotopes, aussi bien floristiques que phytosociologiques.

Si on parcourt des régions comparables à celle de l'Overijsel mais moins influencées par l'homme, par exemple les bas-marais étendus de la Pologne orientale et les marais Pripet, dans l'ouest de la Russie, on y trouve le même « pattern », le même ensemble de trois éléments principaux : l'aulnaie et les groupements de roselières du complexe climacique de l'aulnaie, le long des rivières ; les tourbières à Sphaignesdans les territoires, plus éloignés de ces rivières, rarement ou jamais inondés lors des crues et par conséquent plus oligotrophes ; et ensuite des bandes de tourbières tremblantes à *Carex diandra* et *Carex lasiocarpa* le long des plateaux, plus ou moins élevés, de sables glaciaires.

A. La couche supérieure du sol est enlevée à la bêche. Une surface dépourvue de végétation est ainsi préparée.

B. L'ouvrier, debout sur une planche dont une extrémité est posée sur la terre ferme et l'autre sur un flotteur, extrait la tourbe détrempée, sédimentée au fond de la pièce d'eau, à l'aide d'un filet (non visible ici) fixé au bout d'une longue perche.

C. La tourbe extraite de la pièce d'eau est déversée dans un bac où elle est homogénéisée en une pâte molle.

D. La pâte tourbeuse est étalée sur la surface préparée à cet effet (photo A). Elle est ensuite piétinée et tassée, à trois reprises, par un ouvrier qui a fixé des planchettes à ses pieds. La photo montre différents stades de l'opération ; à l'avant-plan : la pâte tourbeuse non encore piétinée ; à l'arrière-plan : la tourbe piétinée.

E. La tourbe piétinée et tassée est marquée d'un réseau de rectangles égaux entre eux. L'ouvrier découpe des briquettes en se guidant sur ces lignes. Il utilise un couteau maintenu vertical et placé, au bout d'un bâton, entre deux roulettes.

F. Les briquettes sont séparées les unes des autres à l'aide d'un instrument tranchant.

G. Les briquettes sont retournées et placées en petits tas pour être séchées.

Les photos A-G nous ont aimablement été communiquées par la « Stichting voor Bodemkartering » de Wageningen (Pays-Bas).

La structure d'une région de bas-marais peu influencée par l'homme est donc assez simple et claire ; elle ne comprend qu'un nombre réduit de groupements végétaux. L'action de l'homme, particulièrement si elle s'exerce selon des modes variés et durant longtemps, tend à compliquer ce schéma et à augmenter la variabilité du milieu et de la végétation. Il faut donc bien analyser les modalités et les périodes d'action de l'influence humaine : l'endiguement des cours d'eau, la coupe des arbres et le défrichement des bois marécageux, l'extraction de la tourbe, la récolte des roseaux et des Carex comme celle du foin et des Sphaignes, ensuite le feu, la pêche, la chasse, l'installation de canardières, la régulation de la nappe phréatique, et, dans des temps plus récents, le remembrement, l'amendement local du sol, les aménagements touristiques et la pollution de l'eau libre.

L'action humaine principale a été sans aucun doute l'extraction de la couche de tourbe, qui a débuté au Moyen Age. Par suite de l'abaissement séculaire isostatique du territoire, la tourbière, aussi bien la tourbière à Sphaignes que la tourbière à roseaux, se

trouvait au-dessous du niveau phréatique, de sorte qu'on se servit d'une technique d'extraction infra-aquatique, qui s'appelle « natte vervening » (figs. A-G). On enlevait la tourbe et on la déposait sur des bandes de terre adjacentes à la fosse d'extraction. Elle se dessèchait et était ensuite découpée en briquettes. Le résultat de cette méthode d'extraction fut l'apparition d'un paysage où des fosses allongées, remplies d'eau, alternent avec des bandes de tourbe supra-aquatiques plus ou moins parallèles entre elles. Dans les fosses, l'évolution de la végétation débute immédiatement, à condition toutefois que les fosses ne soient pas trop larges et que les bandes de terre ne soient pas trop étroites. Cette proportion quantitative dépend de plusieurs facteurs comme la force du vent, la profondeur de l'eau et la qualité du sol, mais on la connaissait très bien et un certain nombre de prescriptions et de mesures légales la garantissait. Toutefois, les contraventions étaient assez nombreuses, parce que la cupidité et l'entêtement ont toujours été des motifs d'action humaine plus puissants que ne le sont la sagesse et la prudence. Si, par conséquent, la tourbière était surexploitée, le vent et le mouvement des vagues détruisaient les bancs de tourbe intacte, l'équilibre entre l'eau et la terre était rompu, l'érosion augmentait, et finalement il en résultait l'apparition de lacs peu profonds, mais parfois assez étendus et qui s'agrandissaient de plus en plus.

Je me propose de vous expliquer assez rapidement l'évolution de la végétation infra-aquatique et l'évolution de la végétation supra-aquatique, qui l'a suivie, telles qu'elles se sont développées dans ces bas-marais pendant des siècles. Le type d'évolution qui apparaît dans l'eau libre dépend des caractères du milieu. Les facteurs prépondérants sont : 1. la profondeur de l'eau ; 2. l'étendue de la nappe d'eau ; ces deux facteurs ensemble déterminent si la surface du lac est tranquille ou bien si elle est fort agitée par le vent ; 3. le degré de pollution de l'eau, facteur récent et très important mais sur lequel je n'insisterai pas afin de ne pas trop compliquer la question. De plus, il y a des facteurs secondaires, à savoir : 1. la qualité du sous-sol — du sable, de l'argile ou bien de la tourbe — et 2. le phénomène de l'infiltration de l'eau venant des terrains adjacents plus élevés, phénomène qui s'appelle « kwel » en néerlandais et sur lequel j'insisterai plus tard.

Le point de départ de notre étude sera un lac peu profond et pas très étendu, à fond sablonneux. Si l'eau n'est pas polluée, le premier stade de la succession consiste en des peuplements sous-aquatiques constitués de Characées, principalement *Chara verrucosa* et

Nitellopsis obtusa. *Najas marina*, phanérogame aquatique qui peut se présenter dans un tel groupement en Europe centrale, manque ; aux Pays-Bas, les végétations à *Najas marina* sont à peu près limitées au milieu saumâtre, par exemple dans l'ouest du pays, tandis que l'eau des marais dont nous parlons maintenant est tout à fait douce.

Dans le groupement à Characées, *Chara verrucosa*, la plante la plus fragile des deux espèces, est souvent l'espèce pionnière ; *Nitellopsis*, qui est plus gros et qui semble être plus robuste, n'apparaît que plus tard et plus près du rivage. Une Chlorophycée caractéristique de ce groupement est *Cladophora aegagropila*, qui apparaît sous la forme de boules dures et vertes dont le format peut atteindre celui des boules d'un jeu de boules (fig. 1). Comme bryophyte caractéristique, on rencontre *Fontinalis antipyretica*.

FIG. 1. — Boules de *Cladophora aegagropila* (échelle : 1 : 1). Photo : C. MARKS (Rijksherbarium, Leiden)

La première phanérogame qui s'établit dans la pièce d'eau est *Potamogeton lucens*, un robuste hydrophyte sous-aquatique et radicant dont seuls les épis floraux s'élèvent au-dessus de la surface de l'eau. L'espèce, qui supporte la pollution mieux que les Characées, préfère un fond sablonneux couvert d'une mince couche de vase organique. Elle est une des quinze espèces de *Potamogeton* qui se trouvent dans la région ; toutefois, dans le groupement pionnier dont nous parlons maintenant, on ne rencontre que trois espèces, à savoir *P. lucens*, *P. praelongus*, espèce nordique très rare, et *P. perfoliatus*, espèce

plus fréquente. Toutes les trois se rattachent à la forme biologique des élodéides : plantes aquatiques enracinées dans le fond dont les parties végétatives atteignent la surface de l'eau sans la dépasser. Un quatrième élodéide du même groupement est *Myriophyllum spicatum*. Dans le système phytosociologique, le groupement décrit est nommé *Potametum lucentis*.

Si, maintenant, on se rapproche du rivage du lac, la situation est différente. Ce qu'on verra dépendra de la situation par rapport aux vents dominants. Au nord-est et à l'est, le rivage est beaucoup plus exposé au vent et par conséquent au mouvement des vagues qu'il ne l'est du côté sous le vent. Dirigeons-nous d'abord vers le rivage exposé. Au voisinage de la rive, la végétation s'enrichit premièrement du nénuphar à fleurs jaunes, *Nuphar luteum*, un représentant d'une seconde forme biologique, les nymphéides, qui s'enracinent dans le fond mais dont les feuilles flottent à la surface de l'eau. En vérité, cependant, la situation est un peu plus compliquée. Il apparaît, en effet, que les premiers *Nuphars*, dans l'eau encore assez turbulente, présentent une forme biologique particulière ; ces plantes ne fleurissent jamais et elles ne possèdent que des feuilles submergées, crispées et frêles, de sorte que beaucoup d'étudiants prennent ces plantes pour une espèce inconnue.

Après l'installation du *Nuphar*, *Nymphaea alba* peut se développer dans la zone suivante, plus tranquille. Dans la végétation de cette zone, le *Potameto-Nupharetum*, les deux nénuphars croissent ensemble. Cependant, dans ces eaux eutrophes, *Nymphaea* est la plus sténotope des deux plantes. Dans la zonation et dans la succession, cette espèce s'installe plus tard et disparaît plus tôt que *Nuphar* ; elle ne se maintient pas dans les anses peu profondes et abritées du vent, où ses tiges sont entourées de celles d'hélophytes, et où *Nuphar* pousse bien. Par contre, *Nymphaea* est l'espèce la plus eurytope du point de vue de la chimie de l'eau, donc la plus euryionique. Dans les mares oligotrophes, *Nuphar* manque complètement, mais *Nymphaea* est une espèce fréquente. En outre, dans les eaux oligotrophes, *Nymphaea* se montre moins sténotope par rapport à la turbulence de l'eau ; en particulier, l'espèce remplace *Nuphar* dans les niches abritées du vent, parmi les hélophytes.

Nymphoides peltata, un nymphéide à feuilles semblables à celles des deux Nymphéacées, mais de tout autres affinités systématiques, est fréquent dans la région, mais ne se trouve pas dans le *Potameto-Nupharetum*. Cette plante, aux fleurs de gentiane, frêles, jaunes et frangées, préfère les eaux à fond argileux où elle abonde dans un

groupement à part, le *Nymphoidetum peltatae*, lequel trouve son optimum dans les mares profondes à fond argileux, le long des grands fleuves.

Revenons au *Potameto-Nupharetum*. Le milieu plus stabilisé, comparé à celui du *Potametum lucentis*, permet une plus grande variété, tant dans l'assemblage floristique qu'en ce qui concerne le nombre de formes biologiques. On y trouve quelques *Potamogeton* élodéides de la section *Graminifolii*, comme *P. pectinatus*, *P. compressus*, *P. pusillus* et *P. friesii*, ensuite le nymphéide *Potamogeton natans*, et même quelques lemnides, plantes flottantes sur l'eau ou dans l'eau, mais dont les racines ne se fixent jamais dans le fond. Il s'agit de *Spirodela polyrrhiza*, *Lemna trisulca*, *L. minor* et parfois *L. gibba*. Il faut remarquer, cependant, que les lemnides ne sont que des xénobiontes dans le *Potameto-Nupharetum*, des migrateurs estivaux. Ils ne peuvent se maintenir dans ce milieu trop turbulent ; il faut qu'ils y soient amenés à nouveau après chaque hiver.

Au fur et à mesure qu'on approche du rivage, les hélophytes commencent à s'installer dans l'eau plus tranquille. Ce sont des plantes enracinées sous l'eau mais qui élèvent une partie de leurs tiges et de leurs feuilles au-dessus de la surface. Dans l'écosystème considéré ici, il s'agit surtout de trois espèces : *Scirpus lacustris*, *Typha angustifolia* et *Phragmites australis*. Toutes trois sont des telmatophytes, ce qui veut dire que leurs racines sont pourvues en oxygène grâce au tissu aérenchymatique des tiges. *Scirpus lacustris* est le pionnier et s'installe à la plus grande profondeur, parfois jusque sous plus de trois mètres d'eau. La plante peut germer sous la surface de l'eau mais, durant les deux ou trois premières années, l'espèce ne se développe que très lentement ; elle n'atteint pas la surface et se contente de former des feuilles submergées. Durant ce stade, la forme biologique de *Scirpus lacustris* constitue une forme de transition entre celle des élodéides et celle des hélophytes ; pour l'étudiant débutant, de telles plantes sont difficiles à identifier.

Typha angustifolia et *Phragmites australis* croissent plus près du rivage, mais pour le reste, leurs niches diffèrent sensiblement. *Typha angustifolia* préfère l'eau libre peu profonde à fond vaseux et ne fréquente pas les marécages semi-aquatiques, tandis que *Phragmites* n'abonde pas seulement dans les marais ouverts, dits « roselières », mais surtout dans les marécages, plus avancés et semi-naturels, à végétation plus dense, qu'on appelle en néerlandais « rietland », champ de roseaux. D'ailleurs, les graines de *Phragmites* ne peuvent pas germer lorsqu'elles sont submergées ; pour germer, elles exigent

au moins une surface de vase semi-liquide comblant l'eau et affleurant à l'air, comme dans les « drijftillen » dont je parlerai plus tard.

Les populations de *Scirpus lacustris*, *Typha angustifolia* et *Phragmites*, plantes qui possèdent la même forme biologique, sont peu susceptibles de s'interpénétrer. Cependant, il y a un certain nombre d'espèces appartenant à d'autres formes biologiques qui s'installent dans ce groupement du *Scirpo-Phragmitetum* ; ce sont notamment *Ranunculus lingua*, *Rumex hydrolapathum*, *Sparganium erectum*, *Sagittaria sagittifolia*, *Alisma plantago-aquatica*, *Sium latifolium*, avec un polymorphisme remarquable des feuilles, et *Oenanthe aquatica*. *Iris pseudacorus* et *Acorus calamus* sont deux espèces qu'on rencontre fréquemment dans le groupement, mais qui, néanmoins, trouvent leur milieu optimal ailleurs ; dans la région, elles préfèrent un milieu plus artificiel, à savoir l'escarpement abrupt des canaux nettoyés périodiquement par l'homme.

Deux graminées semi-aquatiques de la roselière manifestent une épharmonie particulière. La première, *Phalaris arundinacea*, ne préfère pas les eaux à niveau constant comme celles qui caractérisent l'écosystème considéré ici ; par contre, elle abonde s'il y a de grandes variations annuelles de niveau, comme c'est le cas le long des grands fleuves. L'autre espèce, *Glyceria maxima*, a besoin d'une eau à niveau constant, mais elle préfère l'eau polluée. Cette plante est donc une indicatrice de l'eau saprobe ; elle abonde souvent à proximité d'une ferme, d'un terrain de camping ou à caravanes ou bien encore dans les roselières bordant des pâturages amendés. Une extension rapide de *Glyceria maxima* est un signe alarmant de la pollution croissante d'une région de marais.

Mais quittons la zone de la « verlanding », sur la rive où l'eau est fort agitée par le vent, pour étudier l'évolution de la végétation dans la zone opposée, du côté de la rive abritée.

Le vent provoque un courant d'eau superficiel dirigé vers l'amont. Parce que l'ensemble de l'eau du lac ne se déplace pas, ce courant doit être compensé par un sous-courant, qui emporte la vase organique vers la direction aval. Lorsque ce sous-courant approche du rivage, il remonte ; à ce moment, la partie relativement la plus lourde de la vase est déposée au fond du lac. La zone abritée est ainsi caractérisée d'une part par un milieu plus tranquille, dans ce sens que le mouvement des vagues y est faible ; d'autre part, cependant, ce milieu est relativement plus dynamique, par suite de la sédimentation rapide de la vase organique. En une vingtaine d'années, une couche limoneuse épaisse d'un mètre peut s'accumuler.

L'espèce la plus caractéristique de cet écosystème spécifique est *Stratiotes aloides*, une plante fort remarquable, la seule représentante en Europe d'une forme biologique tout à fait spéciale. Le centre de son aire géographique est l'Europe nord-occidentale, la seule région où les plantes mâles aussi bien que les exemplaires femelles de cette espèce dioïque sont fréquents.

Stratiotes aloides préfère l'eau stagnante, tranquille et eutrophe, peu profonde, au-dessus d'un fond couvert d'une couche épaisse de vase organique, du sapropelium. Les racines ne sont fixées que très lâchement dans cette couche molle. En hiver et en printemps, les jeunes plantes sont submergées et posées sur la vase ; en été, elles peuvent s'élever ; à ce moment, une partie de leurs feuilles et leurs inflorescences sont dressées au-dessus de la surface de l'eau. La forme biologique des « stratiotides » ne se rattache donc ni à celle des hydrophytes, ni à celle des hélophytes. En automne, dès que les feuilles pourrissent, l'aérenchyme se remplit d'eau et les plantes s'enfoncent à nouveau.

La productivité d'un peuplement de *Stratiotes* est élevée et l'évolution de la végétation est donc rapide. Au fur et à mesure que les plantes serrent leurs rangs et qu'elles constituent des champs denses, la végétation s'enrichit en espèces et en formes biologiques. En plus d'un certain nombre d'espèces déjà nommées, il faut mentionner *Elodea canadensis*, *Ranunculus circinatus*, *Utricularia vulgaris*, *Ceratophyllum demersum*, et surtout *Hydrocharis morsus-ranae*, une espèce de la même famille taxonomique — les Hydrocharitacées — mais d'une tout autre forme biologique que *Stratiotes*, une forme spéciale, intermédiaire entre celle des nymphéides et celle des lemnides. L'association des deux espèces est très nette et c'est pour cela qu'on a appelé ce groupement *Hydrocharito-Stratiotetum*. Dans le stade pionnier, on ne rencontre pourtant pas encore *Hydrocharis*, tandis que dans les stades terminaux, à eau très peu profonde, parmi les hélophytes, seul *Hydrocharis* subsiste (fig. 2). Un oiseau caractéristique de cette association est la Guiffette noire (*Chelidonias niger*), qui fait son nid sur les *Stratiotes* flottants.

La succession normale, notée après le développement de l'*Hydrocharito-Stratiotetum*, est un processus très caractéristique ; il s'accomplit par la formation de « drijftillen », mot intraduisible. Un « drijftil » est tout autre chose que ce qu'on appelle « trembling bog » en anglais, « Schwingrasen » en allemand et « tourbière tremblante » en français. Un « drijftil » est un îlot de matière organique, parfois même partiellement vivante, qui flotte dans et sur l'eau. La char-

FIG. 2. — Groupement à *Hydrocharis morsus-ranae* et *Stratiotes aloides*, avec quelques touffes de *Menyanthes trifoliata* et de *Comarum palustre*. Photo : Ch. WESTRA.

pente de cet îlot peut être formée de rhizomes de nénuphars ou de massettes. Il est d'abord tout à fait libre par rapport au fond du lac, mais il peut se souder secondairement à des masses organiques qui émergent. Le drijftil à l'air de consisteren une terre solide, mais c'est là une apparence trompeuse : dès qu'on s'y installe, on s'enfonce, à travers l'îlot, jusqu'au cou ou jusqu'au nez. La végétation d'un drijftil ne peut donc être étudiée qu'à partir d'un bateau.

La végétation optimale d'un « drijftil » est un des plus beaux et des plus intéressants groupements des basses tourbières. D'après les deux espèces les plus caractéristiques, *Cicuta virosa* et *Carex pseudocyperus*, le groupement a été appelé *Cicuto-Caricetum pseudocyperus*. L'ensemble décoratif composé par ces deux espèces est vivifié par la couleur violette de *Stachys palustris*, de *Mentha aquatica* et d'*Alisma plantago-aquatica*, le bleu de *Myosotis scorpioides*, de *Scutellaria galericulata* et de *Veronica beccabunga*, le jaune de l'espèce nordique *Lysimachia thyrsiflora* aussi bien que de *Rorippa amphibia* et de *Ranunculus lingua*, le rose et le rouge d'*Epilobium hirsutum*, d'*E. parviflorum* et de *Butomus umbellatus*, le blanc de *Nasturtium microphyllum*, de *Cardamine*

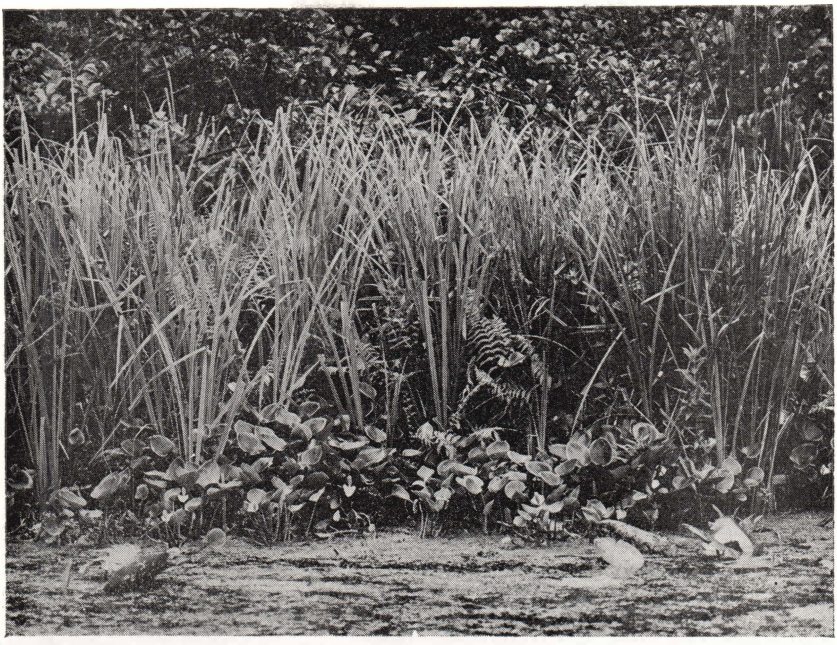


FIG. 3. — Groupement à *Calla palustris* en bordure d'une zone à *Carex acutiformis* et *Thelypteris palustris*. Photo : Ch. WESTRA.

pratensis ssp. *palustris*, de *Sium latifolium*, de *S. erectum* et de *Galium palustre* (fig. 4). L'espèce la plus remarquable des « drijftillen » est *Calla palustris*, de la famille des aracées, à grande spathe blanchâtre et à fruits rouges. *Calla* est un pionnier des « drijftillen ». On rencontre fréquemment cette plante dans le *Cicuto-Caricetum pseudocyperus*, mais elle ne domine que dans une zone étroite, insérée entre le *Stratiotetum* et le « drijftil » proprement dit ; cette zone a été décrite comme une association à part, le *Calletum palustris* (fig. 3).

Le *Cicuto-Caricetum pseudocyperus* évolue en un groupement plus stable du *Magnocaricion*, le *Caricetum paniculatae*, signalé par les grosses touffes de *Carex paniculata*, appelées touradons. A ce stade, le milieu permet l'installation d'un certain nombre de bryophytes, entre autres *Calliergon cordifolium*, *Drepanocladus aduncus* et *Campylium polygamum*.

Si l'homme n'intervient pas, la succession s'achève maintenant. Sur les touradons de *Carex*, qui ne sont guère accessibles, des espèces ligneuses s'installent, d'abord le saule cendré, *Salix cinerea*, et l'aulne glutineux, *Alnus glutinosa*. Après une dizaine d'années, une jeune

FIG. 4. — « Drijftil » à *Cicuta virosa* et *Typha angustifolia*, se développant à partir d'un groupement à *Stratiotes aloides*. Au fond : aulnaie. Photo : Ch. WESTRA.

aulnaie à peu près fermée est présente. Les grands *Carex*, *Carex paniculata* et *C. acutiformis*, s'y maintiennent mais nombre d'espèces nouvelles viennent se joindre à eux. Ce sont notamment les lianes *Solanum dulcamara* et *Calystegia sepium*, la fougère *Thelypteris palustris*, souvent abondante, et ensuite *Lysimachia vulgaris* et *Calamagrostis*

canescens. Parmi les espèces des stades précédents, subsistent *Iris pseudacorus*, *Lycopus*, *Lythrum* et *Rumex hydrolapathum*.

Un tel aboutissement est un phénomène rare. Les aulnaies bien développées sont des exceptions. En effet, l'homme va s'intéresser à cet écosystème du point de vue économique, lorsque les touradons de Carex ont atteint une stabilité suffisante pour que *Phragmites australis* puisse s'y installer. L'homme commence par couper les roseaux en hiver ; de cette façon, il favorise la croissance et l'abondance de *Phragmites* et il met un obstacle au développement de la forêt. A ce moment, l'évolution quasi-naturelle est terminée. Les processus suivants feront partie d'un synécosystème du type semi-naturel.

Le fauchage annuel est responsable de l'apparition d'un paysage de vaste étendue : les « rietlanden », les champs de roseaux, l'association *Thelypterido-Phragmitetum*, milieu favori de plusieurs oiseaux caractéristiques comme le busard des roseaux (*Circus aeruginosus*), le héron pourpré (*Ardea purpurea*), le butor (*Botaurus stellaris*) et le râle d'eau (*Rallus aquaticus*). L'interruption de la succession vers un groupement forestier se manifeste par le maintien d'espèces comme la fougère *Thelypteris palustris* et le grand liseron, *Calystegia sepium*. Beaucoup d'hélophytes subsistent, comme *Lycopus*, *Mentha aquatica*, *Lysimachia thyrsiflora* et *Peucedanum palustre*, mais il y a aussi des espèces nouvelles caractéristiques d'un milieu un peu plus mésotrophe. Ce caractère est provoqué par l'isolement de ces marécages par rapport à l'eau libre, plus eutrophe. Apparaissent notamment : *Comarum palustre*, *Hierochloë odorata*, *Valeriana dioica*, *Dactylorhiza praetermissa* et *Menyanthes trifoliata* (fig. 5).

La suite de l'évolution de la végétation se fait par deux voies principales, par deux processus qui s'opposent et qui se contrarient, mais qui, tout de même, s'effectuent, le plus souvent, les deux à la fois. Nous les appellons « verzuring » et « verruiging », mots difficiles à traduire en français ; je me servirai des traductions « acidification » et « nitrogénation ». Du point de vue de l'exploitant des peuplements de roseaux, les deux développements aboutissent à une dévalorisation des populations de roseaux. Le premier changement est celui de la transformation du « dekriet » en « bladriet », c'est-à-dire que le type de roseau qui se prête à la confection de toits en chaume est remplacé par un autre type qui ne peut servir qu'à couvrir des champs de bulbes en hiver. Après cela, le « bladriet » devient du « ruigt », un roseau de basse qualité, sans valeur pour le cultivateur.

L'acidification du milieu est une conséquence de l'isolement par

FIG. 5. — Groupement à *Thelypteris palustris* et *Phragmites australis*. Photo : Ch. WESTRA.

rapport à l'eau libre. C'est une évolution qui se produit sous l'influence du climat atlantique humide. La tourbière en voie de croissance devient de plus en plus oligotrophe. On peut distinguer plusieurs stades dans cette succession, qui diffèrent nettement par leur strate muscinale. Dans le premier stade, encore mésotrophe, ce sont surtout des hépatiques qui dominent : *Marchantia polymorpha*,

Pellia epiphylla, *Chiloscyphus polyanthus*, *Calypogeia muelleriana*, *Lophocolea bidentata*, *Pallavicinia lyellii* et *Riccardia multifida* ; elles sont accompagnées d'un certain nombre de mousses mésotrophes comme *Bryum pseudotriquetrum*, *Cirriphyllum piliferum*, *Mnium rugicum* et *M. pseudopunctatum ; Calliergon cordifolium* et *Drepanocladus aduncus* se maintiennent. Il est même possible de distinguer plusieurs sous-stades, nettement en relation avec des pH spécifiques.

Le stade qui suit l'acidification proprement dite, est marqué par l'installation en masse de quelques sphaignes, d'abord *Sphagnum squarrosum* et S. *fimbriatum*, ensuite *S. amblyphyllum* et *S. contortum*, et enfin *S. palustre* et *S. teres ;* dans cette phase-là, *Aulacomnium palustre* et *Polytrichum commune* se joignent aux sphaignes. Il ne s'agit pas d'une installation de sphaignes ombrotrophes, caractéristiques des tourbières bombées, comme *Sphagnum rubellum*, *S. magellanicum* et *S. papillosum*. En effet, une succession menant de la tourbière basse à la tourbière bombée a été reconnue aux Pays-Bas, mais c'est un phénomène très rare et qui ne se manifeste guère que dans les bas-marais saumâtres de l'ouest du pays.

Le groupement considéré plus haut s'appelle « veenmosrietland », terme qui peut être traduit par « champ de roseaux à strate muscinale dominée par des sphaignes ». Les phanérogames caractéristiques de la première phase du « veenmosrietland » sont, entre autres, *Hydrocotyle vulgaris*, *Hierochloë odorata*, *Eriophorum angustifolium*, *Luzula multiflora*, *Dryopteris cristata*, espèce généralement rare mais très fréquente dans le groupement, *Dryopteris carthusiana*, et, comme fougère la plus remarquable, *Osmunda regalis*. Durant une deuxième phase du « veenmosrietland », apparaissent de nombreuses espèces qui se trouvent également dans les marais oligotrophes des sables pléistocènes, les *Caricetalia nigrae* ; ce sont notamment *Viola palustris*, *Drosera rotundifolia*, *Potentilla erecta*, *Succisa pratensis*, *Carex echinata*, *Carex curta*, *Sieglingia decumbens*, *Platanthera bifolia*. La fréquence du chèvrefeuille, *Lonicera periclymenum*, est remarquable ; cette espèce se comporte ici comme une plante terrestre et non comme une liane. Durant cette phase, la tendance d'une évolution vers la forêt ne se manifeste plus par l'apparition d'*Alnus glutinosa* et de *Salix cinerea* mais plutôt par celle du bouleau pubescent, *Betula pubescens*, de la bourdaine, *Frangula alnus*, et du piment royal, *Myrice gale*. Si le fauchage est abandonné, une succession rapide vers un stade arbustif à *Myrica* et *Frangula* se manifeste.

Il est possible que le processus d'acidification aboutisse à un stade terminal signalé par la présence d'espèces caractéristiques des landes

humides et des tourbières bombées, comme *Erica tetralix*, *Oxycoccus palustris*, *Calluna vulgaris*, *Empetrum nigrum*, *Eriophorum vaginatum*, *Vaccinium vitis-idaea* et *Gentiana pneumonanthe*. Les localités où ce type de végétation est noté sont rares et sont soigneusement préservées.

Il y a donc deux tendances dans la succession qui se montrent effectives toutes les deux : une tendance vers l'apparition de la forêt, à court terme, mais qui ne peut s'accomplir par suite de la pratique du fauchage, et une tendance à l'acidification, à long terme, mais inévitable. En réalité, la situation est plus compliquée, parce qu'il existe une troisième tendance importante, celle de la « verruiging », la nitrogénation, déjà mentionnée. Cette tendance se manifeste surtout dans les premiers stades, mais ne manque pas plus tard. Bien que son effet sur la végétation s'oppose nettement à celui de l'acidification, les deux effets antinomiques et antagonistes se présentent à la fois ; selon les circonstances, l'un ou l'autre d'entre eux peut prédominer.

La nitrogénation se caractérise par l'installation et l'expansion de nombreuses espèces pérennantes robustes, de haute taille et à croissance rapide, celles des « macrophorbiées » en français, des « Hochstauden » en allemand, des « tall forbs » en anglais. Les espèces les plus remarquables et les plus fréquentes sont *Lythrum salicaria*, *Eupatorium cannabinum*, *Hypericum tetrapterum*, *Filipendula ulmaria*, *Valeriana officinalis*, *Cirsium palustre*, *Thalictrum flavum*, *Angelica sylvestris* et *Epilobium hirsutum* ; une forme biologique aberrante dans ce groupement est celle de la liane *Lathyrus palustris*.

La nitrogénation est provoquée par un processus de décomposition rapide de la matière organique. Elle est conditionnée : 1. par une surproduction de matière organique, 2. par un milieu pas trop pauvre en oxygène. La nitrogénation est minimale si les champs de roseaux sont fauchés périodiquement, en tout cas chaque hiver, et si, de plus, on fauche très soigneusement, tout près de la surface du sol. Cette situation, cependant, ne se présente presque jamais. Dans la plupart des cas, une partie de la matière fauchée reste sur place, des chaumes assez longs subsistent, le fauchage est omis ou bien certaines localités peu accessibles sont négligées.

L'effet de la nitrogénation devient de plus en plus important au fur et à mesure que le milieu est plus eutrophe. En outre, cet effet est renforcé considérablement : 1. par des apports de boue sur le marécage ; 2. par l'abandon de tas de feuilles ; 3. par le feu. Dans le premier cas, le « veenmosrietland » est remplacé par l'association *Valeriano-Filipenduletum* ; c'est ce groupement qui constitue des ban-

des remarquablement colorées le long des canaux. Parmi les espèces favorisées par les effets qui viennent d'être mentionnés figurent *Euphorbia palustris*, belle plante très caractéristique de nos tourbières basses (fig. 6), et *Symphytum officinale*, *Galeopsis bifida*, *Impatiens noli-tangere* et même *Polygonatum multiflorum*.

FIG. 6. — *Euphorbia palustris*. Photo : feu J. VAN DIJK.

Jusqu'à présent, nous n'avons pas encore considéré un des processus particulièrement compliqué, mais très intéressant, de la région des basses tourbières : la succession dans des pièces d'eau libre mésotrophe, plus ou moins isolées, surtout dans de très petits étangs et dans des mares. Ce processus se manifeste de la manière la plus typique dans les situations où il y a une infiltration d'eaurelativement oligotrophe venant de terrains plus élevés adjacents : les plateaux pléistocènes. En effet, c'est cette combinaison de facteurs qui explique l'existence de tourbières tremblantes à *Carex diandra* et *Carex lasiocarpa* en bordure des plateaux pléistocènes.

Comme ailleurs où la diversité en un petit espace est accompagnée d'isolement et de continuité dans le temps, les biocénoses qui se sont développées ici sont très riches en espèces et surtout en espèces sténotopes rares ou très rares. Citons *Liparis loeselii*, *Eriophorum gracile*,

Parnassia palustris, *Dactylorhiza incarnata*, *Calamagrostis neglecta*, *Utricularia intermedia* et *Carex buxbaumii*.

L'eau d'infiltration venant des plateaux sablonneux adjacents est riche en hydroxyde de fer. En milieu neutre ou alcalin, les ions de fer peuvent précipiter la plupart des phosphates dissous dans l'eau libre. L'eau devient ainsi pauvre en phosphates, alors qu'elle reste relativement riche en carbonates. C'est là le milieu caractéristique des bas-marais du *Caricion davallianae*, très riches en espèces, dont la végétation est principalement composée de Carex de petite taille et de bryophytes. Dans toute l'Europe, ces groupements appartiennent aux trésors de la botanique et donnent de grands soucis aux responsables de la protection de la nature.

Dans l'eau libre isolée et mésotrophe des milieux d'infiltration, ce type de succession peut commencer avec un groupement aquatique à *Hottonia palustris* ; d'autres hydrophytes caractéristiques sont *Potamogeton berchtoldii*, *P. acutifolius*, *P. obtusifolius*, *P. gramineus*, *Myriophyllum verticillatum*. Un des premiers groupements d'hélophytes qui peut s'y constituer est signalé par l'abondance d'*Equisetum fluviatile*, accompagné de *Carex rostrata*, de *C. lasiocarpa*, de *Menyanthes trifoliata* ; ces hélophytes sont accompagnés de plusieurs plantes aquatiques, notamment *Utricularia vulgaris*, *Chara aculeolata*, *Chara connivens*, *Ricciella fluitans* et *Calliergon giganteum*. Un autre groupement intéressant qui se trouve principalement sur des parcelles où l'eau est très peu profonde, le long des tourbières tremblantes, est caractérisé par la dominance de *Juncus subnodulosus*. L'espèce la plus remarquable de tels écosystèmes est pourtant *Cladium mariscus*, une Cypéracée assez rare, très robuste, de haute taille, et très intolérante (fig. 7). Elle forme de grandes colonies dans lesquelles on ne trouvera guère d'autres espèces : quelques *Thelypteris palustris*, un seul *Menyanthes* à vitalité réduite, un *Lysimachia thyrsiflora*, ou bien, dans la strate la plus basse, *Utricularia intermedia* et de petites Characées. Dans les milieux eutrophes, *Cladium mariscus* évite la bordure des eaux étendues fort agitées par le vent, sauf pour une exception difficile à expliquer : l'eau saumâtre de la Hollande septentrionale et de l'ouest d'Utrecht. Sauf pour cette exception, elle préfère nettement le milieu mésotrophe. C'est ainsi qu'elle se cantonne, dans le NW de l'Overijsel, dans les marais des petits étangs isolés comme nous venons de le décrire. Il en est de même dans les basses tourbières d'eau douce du centre du pays. En outre, *Cladium* se trouve ça et là dans les mares mésotrophes des districts pléistocènes ainsi que dans les dépressions humides des vallées des dunes maritimes pauvres en calcaire.

FIG. 7. — *Cladium mariscus*. Photo : Ch. WESTRA.

Après un stade pionnier à *Carex lasiocarpa*, on assiste au développement d'une végétation plus dense, quoique encore trempée d'eau et guère accessible. L'espèce la plus caractéristique de la tourbière tremblante s'installe alors : c'est *Carex diandra*. En sa compagnie, apparaissent les rares *Eriophorum gracile* et *Liparis loeselii*. Le premier est une caractéristique exclusive de ces jeunes marécages tremblants ; la deuxième espèce, *Liparis*, se trouve aussi dans les vallées humides des dunes, dans un groupement qui est, par ailleurs, très voisin de celui dont nous discutons. On trouve également *Dactylorhiza incarnata*, *D. praetermissa* et sa variation *junialis*, *Pedicularis palustris*, *Utricularia intermedia*. Dans l'ensemble, la strate muscinale est la plus caractéristique : *Scorpidium scorpioides*, *Drepanocladus lycopodioides*, *D. intermedius*, *Campylium stellatum*, *C. polygamum*, *C. elodes*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Fissidens adiantoides*, *Riccardia pinguis*, *R. multifida*, *Pellia neesiana*, *Mnium rugicum*, *M. pseudopunctatum*.

L'association qui vient de se développer porte le nom de *Scorpidio-Caricetum diandrae*. Dans une phase un peu plus avancée de ce groupement, de nouvelles espèces caractéristiques s'installent : *Calamagrostis neglecta* (fig. 8), qui se trouve ici à l'extrême limite méridionale de son aire, et *Parnassia palustris*. La parnassie possède ici un caryotype différent de celui des plantes qui croissent dans les dunes maritimes : les individus des dunes sont diploïdes (2n = 18), tandis que l'écotype du *Scorpidio-Caricetum diandrae* est tétraploïde (2n = 36).

L'association *Scorpidio-Caricetum diandrae* est le groupement le plus riche en espèces de toute la végétation des Pays-Bas ; il est suivi par l'association *Crataego-Betuletum*, le bois clair des dunes riches en calcaire. Le *Scorpidio-Caricetum diandrae* peut compter soixante et quinze espèces sur une surface homogène restreinte.

Comme c'est le cas dans le « veenmosrietland », c'est-à-dire le champ de roseaux à sphaignes, le *Thelypterido-Phragmitetum*, une tendance à l'acidification se manifeste aussi dans la tourbière tremblante. En un temps relativement court — disons vingt, trente années — le *Scorpidio-Caricetum diandrae* se développe en un groupement plus oligotrophe et riche en sphaignes, que nous appelons le *Sphagno-Caricetum lasiocarpae*. Une des espèces les plus caractéristiques de cette association est la petite Orchidée à fleurs vertes *Hammarbya paludosa*, d'ailleurs très rare dans la région.

Il faut terminer. Ne décrivons pas les belles prairies humides semi-naturelles du *Calthion*, riches en fleurs et en oiseaux, ni les aulnaies mystérieuses et denses des canardières, les forêts où les

FIG. 8. — *Calamagrostis neglecta*. Photo : Ch. WESTRA.

FIG. 9. — Aulnaie de canardière. On voit *Sorbus aucuparia*, *Phragmites australis*, *Iris pseudacorus*. Photo : Ch. WESTRA.

Cormorans couvent en colonie. J'espère avoir réussi à vous donner une impression fidèle de ce monde riche et vaste, aussi compliqué de structure qu'il est intéressant du point de vue scientifique, ce monde des marais et des basses tourbières qui ne trouve son pareil le plus proche que dans la vallée du Danube, en Hongrie et en Roumanie.

Aspect général des phénomènes karstiques en Belgique. Relations avec les structures morphologiques et géologiques

par

Y. Quinif

I. Introduction

A. Définition et structure d'un réseau.

Dans une étude précédente (1), nous nous étions posé la question de savoir si l'on peut envisager une classification cohérente et morphologique des phénomènes karstiques, et quelle pourrait en être l'unité de base. Il s'est avéré que cela est possible. Nous étant basé sur des exemples pris essentiellement en Belgique (nous osons espérer qu'une généralisation soit possible), il est apparu que les caractéristiques habituelles d'horizontalité (grottes) ou de verticalité (gouffres) sont dictées par des critères sportifs et ne répondent pas à une nécessité géomorphologique. L'examen de nombreux exemples amènent à considérer le *réseau* comme unité morphologique de base.

Définition du réseau.

C'est l'ensemble des vides (fentes, galeries, salles, puits, conduites noyées) situées dans le bassin d'alimentation et d'écoulement d'une rivière souterraine ou dans un périmètre de drainage, actif ou fossile.

Un exemple connu éclairera cette définition : celui de Han-sur-Lesse (2). Le réseau de la Lesse souterraine comprendra non seulement le cours hypogé de la rivière mais aussi le cours fossile de cette dernière dont le parcours touristique est une partie. Nous devons y inclure des grottes adjacentes comme le trou des crevés, le trou Picot, les grottes du père Noël. Enfin, des phénomènes karstiques comme la fosse Sinsin font aussi partie de ce réseau.

Structure du réseau.

Le bien-fondé du choix de la notion de réseau en temps qu'unité morphologique se trouve notamment dans sa structure. Nous y

distinguons trois zones : l'alimentation, l'écoulement et la sortie.

La zone d'alimentation, là où l'eau pénètre sous terre, comprend l'écorce supérieure du massif. En effet, l'eau météoritique peut pénétrer partout dans le réseau, y compris près des exutoires. En pratique cependant, la pénétration de l'eau s'imprimera dans le relief assez loin des résurgences. La zone d'alimentation définira en grande partie les trois types de réseau.

La zone d'écoulement est la partie inférieure du massif, située en dessous de la zone d'alimentation. Là, l'eau s'écoule sous forme de rivière souterraine dans un collecteur principal ou dans une zone noyée. Notons que si la zone d'alimentation est exclusivement vadose, la zone d'écoulement peut soit l'être également, soit faire partie d'une zone épiphréatique ou même phréatique.

La zone de sortie, elle, ne se distingue pas toujours de la zone d'écoulement dont elle n'est que la continuation vers le jour. Néanmoins, elle se remarque souvent par différents caractères (siphons vauclusiens, grandes salles de sortie, etc.).

B. Types de réseau.

Réseau perte-résurgence (*P-R*).

Des ruisseaux se perdent sous terre sur les hauteurs après avoir coulé dans des vallées épigées. Ils reparaissent au jour généralement au fond des profonds sillons des grandes vallées de l'Ardenne, Meuse, Lesse, Ourthe, Amblève, etc. sous forme de résurgences. Comme nous l'avons dit, bien que la zone d'alimentation s'étend sur toute la surface du massif calcaire surmontant le réseau (absorption des infiltrations), la majeure partie de l'eau provient de l'enfouissement des ruisseaux dans les chantoirs. Ceux-ci canalisent les rivières dans le sol où elles gagnent rapidement de la profondeur. Le chantoir constitue vraiment une rupture de pente très importante et c'est pour cela que la zone d'alimentation, dans ce cas, se distingue bien de la zone d'écoulement, dans laquelle la pente est nettement moins forte. Le schéma n° 1 montre une coupe d'un réseau P-R.

En surface, ce type de réseau se caractérise par des vallées aveugles, se terminant sur une pente remontante, en cul-de-sac donc. Le seul point de fuite des eaux est le chantoir. De plus, à l'aval, nous trouvons un vallon sec qui gagne la vallée principale dont il est un affluent.

En Belgique, nous connaissons de très nombreux exemples de ce type de réseau. Citons les classiques abîmes de Mont-sur-Meuse : trous de l'église, Dury, Wéron et Bernard qui sont des chantoirs on

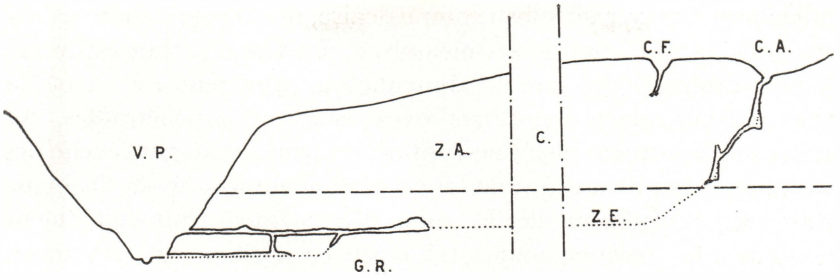


Schéma n° 1

V.P. : Vallée principale aérienne constituant le niveau de base du réseau souterrain.
G.R. : Grotte résurgence à étages.
Z.A. : Zone d'absorption.
C. : Coupure correspondant à un développement horizontal.
Z.E. : Zone d'écoulement.
C.F. : Chantoir fossile obstrué.
C.A. : Chantoir actif engloutissant un ruisseau.

ne peut plus typiques. L'abîme de Lesves permet, d'une part de constater l'importance de la rupture de pente (descente de 50 m sur une vingtaine de mètres en distance horizontale) visualisée par des crans verticaux et un puits, d'autre part d'avoir accès à une petite partie de la zone d'écoulement de ce réseau représentée par une rivière souterraine coulant dans une galerie à faible pente.

Réseau exsurgence.

Ici, l'alimentation du réseau est assurée par les infiltrations dispersées pénétrant par les multiples fentes de la surface calcaire. Elles se rassemblent sous terre en filets qui convergent vers un collecteur conduisant la rivière au jour. Ce collecteur peut être remplacé par une zone noyée. La zone d'écoulement ne diffère pas notablement de celle des réseaux P-R. La distinction s'opère essentiellement au niveau de la zone d'alimentation.

Plus d'aven-chantoir dans ce cas ; les gouffres éventuels sont dus uniquement à la corrosion des infiltrations : ce sont les avens de corrosion. L'abîme du Fourneau est un exemple tout à fait typique à cet égard. Ce dernier mène à la zone d'écoulement qui, dans ce cas, est noyée.

Ce type de réseau est beaucoup plus typique des paysages de montagne où le karst nu présente ce relief extraordinaire qu'est le lapiaz.

Réseau recoupement de méandre (*R-M*).

Le cas le plus typique est une rivière sinueuse, coulant dans une

vallée profonde sur un substratum calcaire, qui recoupe souterrainement un ou plusieurs de ses méandres. La Lesse à Han est le cas le plus probant. La zone d'alimentation principale est là où la rivière se perd dans une de ses rives. Souvent impénétrables, ces pertes ne constituent plus une rupture de pente analogue à celle des chantoirs, ce qui fait que la zone d'alimentation ne se distingue plus aussi clairement de la zone d'écoulement immédiatement contigüe. Le recoupement total laisse en surface un bras mort. Dans d'autres cas, le cours souterrain n'absorbe qu'une partie du débit. Ces réseaux sont bien représentés en Belgique : la Lesse à Han et à Furfooz (3), l'Ourthe à Bohon, la Lomme à Jemelle-Rochefort-Éprave (ce cas est complexe car la Lomme se perd à plusieurs endroits échelonnés le long de son lit. De plus, d'autres rivières comme la Wamme et de nombreux ruisseaux de moindre importance participent à ce réseau d'une effarante complexité).

Un cas particulier de ce type de réseau est « l'autocapture souterraine ». Une rivière linéaire bute contre une barrière calcaire émergeant du relief environnant. Elle la traverse soit dans une cluse, soit souterrainement, la cluse restant présente, sèche. Nous avons essayé d'expliquer la formation et l'évolution de ce type de réseau dans une étude inédite (4).

Nous avons volontairement raccourci très fort cet examen des différents types de réseau ainsi que leur structure, ayant déjà approfondi cette question dans un article précédent (1). Il nous reste maintenant — c'est ici notre but — de les placer dans leur contexte géologique et dans leur environnement géographique.

II. **Panoramas géologique et géomorphologique de l'Ardenne**

Nous employons le terme de panorama pour signifier que nous voulons donner une vue d'ensemble très large du relief et de la géologie. Nous en tirons ce qui aura une incidence primordiale sur la morphologie karstique. Deux domaines sont à examiner : la structure géomorphologique et la structure géologique.

A. Structure géomorphologique.

La morphologie karstique dépend des caractéristiques du réseau hydrographique dont nous n'en citerons que quelques-unes (5), (6), (7), (8), (9), (10).

L'Ardenne est une ancienne pénéplaine (ou plutôt plusieurs pénéplaines successives) engagée dans une phase de rajeunissement. Après l'orogénèse hercynienne, survenue vers la fin de l'ère primaire

et le début de l'ère secondaire et formatrice de montagnes analogues aux Alpes et aux Pyrénées, l'érosion, durant le Mésozoïque, détruisit cette chaîne jusqu'à la transformer en pénéplaine, c'est à dire en une surface monotone, analogue à une plaine, mais qui en diffère par la structure de son sous-sol.

C'est durant l'ère tertiaire que se sont formés divers réseaux hydrographiques qui, par évolution et transformations successives, ont donné naissance au réseau hydrographique actuel. Cette période a vu des transgressions et régressions marines qui ont déposé sur le socle primaire (formé de roches cohérentes telles le schiste, le calcaire, le grès) des couches de sédiments meubles (comme les lambeaux d'âge oligocène que l'on trouve sur le Condroz). C'est sur ces sédiments meubles (sable, argile) qu'ont coulé les premières rivières, ancêtres lointaines de nos actuels cours d'eau. Elles formaient un réseau hydrographique dit *conséquent*. Une rivière est dite conséquente lorsque, coulant sur des roches de dureté équivalente (meubles dans ce cas) dans le sens d'une pente faible, elles se dirigent vers un rivage, perpendiculairement à celui-ci (schéma n° 2). La direction générale de ces rivières étaient SSE-NNW. C'est

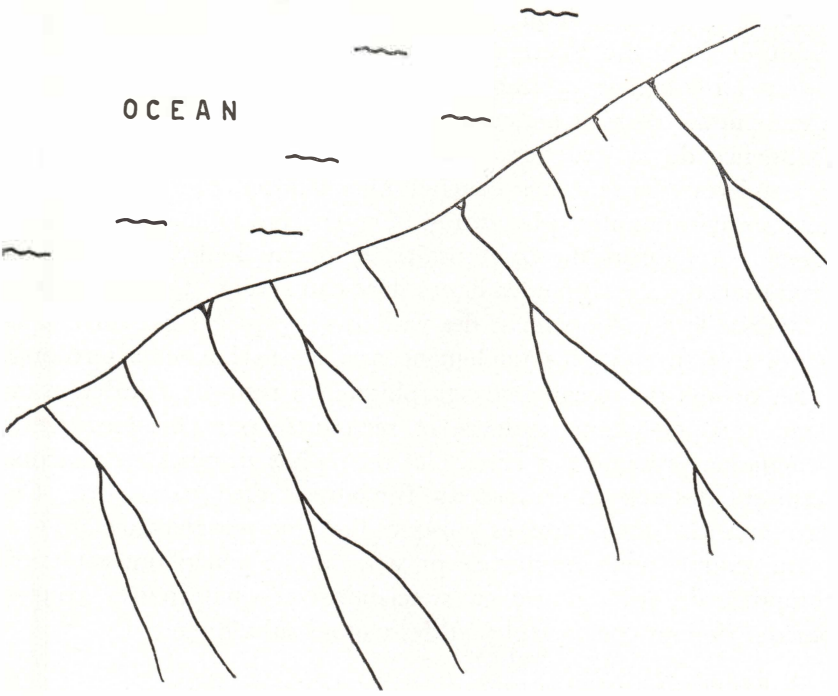


Schéma n° 2

Réseau hydrographique conséquent, dont les cours d'eau sont perpendiculaires à la ligne de rivage et coulent suivant la plus grande pente.

là qu'il faut chercher l'origine des cours d'eau tels que la Meuse de Dinant, le Hoyoux, l'Ourthe inférieure et l'Ourthe en amont de Nonceveux. On y retrouve la direction primitive.

Depuis cette époque, l'Ardenne s'est soulevée. Ne nous préoccupons pas de l'allure et des caractéristiques de ce soulèvement. Les rivières qui coulaient sur les roches meubles les traversèrent complètement et commencèrent à entamer les roches dures du Primaire. Comme leur direction générale était déjà imposée, elles creusèrent les différentes couches rocheuses sous-jacentes sans s'inquiéter de la nature de celles-ci. C'est pourquoi de telles rivières sont appelées surimposées (ou épigénétiques). Telles sont la Meuse, la Lesse, le Hoyoux, l'Ourthe.

Au fur et à mesure que le temps passe, le réseau hydrographique évolue : de nouvelles rivières qui n'ont plus du tout la direction primitive prennent naissance, d'autres phénomènes jouent pour modifier ce réseau primitif, phénomènes tectoniques d'une part (soulèvements, enfoncements), géomorphologiques d'autre part, comme les captures. Ces dernières ont joué un rôle très important. Ne citons comme exemple que la capture qui a décapité l'Ourthe supérieure, qui devait primitivement s'écouler vers le Hoyoux, au profit de l'Ourthe inférieure.

Plus tardivement, après que la couverture de sédiments tertiaires a été enlevée dans sa majeure partie, certains cours d'eau subirent l'influence de la structure géologique sous-jacente. Par exemple, des rivières suivirent des couches plus tendres, sans traverser les autres environnantes, plus dures. Ces rivières sont appelées *subséquentes*. A l'aurore du Quaternaire, le réseau hydrographique reproduisait dans ses grandes lignes le réseau actuel. Le Quaternaire a favorisé le développement des vallons subséquents qui suivent les lignes structurales plus fidèlement que les ravinements tertiaires.

En dehors du réseau hydrographique, le reste de l'Ardenne est donc une pénéplaine soulevée et réentamée par l'érosion. Cette pénéplaine présente des ensembles de replats disposés en niveaux, résultant des actions érosives du Tertiaire et du Quaternaire. Ces dernières sont bien connues puisque d'origine périglaciaire.

En résumé, nous sommes en présence d'une pénéplaine soulevée, composée de différents niveaux tertiaires et quaternaires, coupée par des rivières conséquentes et des vallons subséquents.

B. Structure géologique.

Nous avons vu que l'Ardenne est quasi complètement débarassée des sédiments tertiaires. A part des lambeaux (qui peuvent être

importants mais ne représentent néanmoins qu'un faible pourcentage de la surface totale), le socle hercynien (toutes les roches dures) n'est recouvert que d'un sol peu épais de désagrégation. Les rivières coulent donc sur les roches primaires.

La structure de ce socle primaire est due à l'orogénèse hercynienne qui a plissé ces couches. Ces plis et nappes de chariage ont été décapités durant la pénéplanation, ce qui a permis d'exhumer une grande variété de couches différentes : calcaire, schiste, grès, etc. Ceci acquiert une grande importance dans la détermination de la structure karstique.

En effet, des roches de dureté fort différente vont se succéder. Cette dureté s'estime par rapport à l'érosion qui s'exerce. Par exemple, l'érosion qui a régné durant l'ère quaternaire est d'origine périglaciaire. Dans un pareil climat, les schistes sont plus tendres que les calcaires et se creuseront en dépression. Par contre, ces calcaires seront moins durs que les psammites et ce sont ceux-ci qui resteront en relief, dominant des dépressions calcaires. Différentes associations lithologiques vont donc amener divers types de relief. Par exemple, dans le sud du synclinorium de Dinant, les calcaires de la bande givéto-frasnienne Gva-Gvb (11) resteront en relief entre des dépressions creusées au détriment des schistes couviniens, plus anciens, et frasniens, plus jeunes (12), (13). Dans le Condroz, par contre, les calcaires carbonifères resteront en creux entre des psammites plus résistants (qui forment les « tiges » condruziennes). D'autres structures existent, que nous n'énumérons pas en détail.

III. **Incidences de ces considérations sur la structure karstique**

Résumons d'abord les caractères géologiques et morphologiques qui agissent pour imposer la structure du karst belge.

a) *Alternance riche et rapide de faciès différents.* Elle résulte de la pénéplanation d'une structure plissée et de chariage (schéma n° 3).

b) *Érosion différentielle de ces couches.* Elle permet une différentiation géographique des calcaires par rapport aux roches encaissantes. Ils apparaîtront en creux ou en relief.

c) *Réseau hydrographique.* Son squelette est formé de rivières importantes, près de leur niveau de base, surimposées et fortement enfoncées dans le substratum.

Ces caractères déterminent les différents types de réseaux rencon-

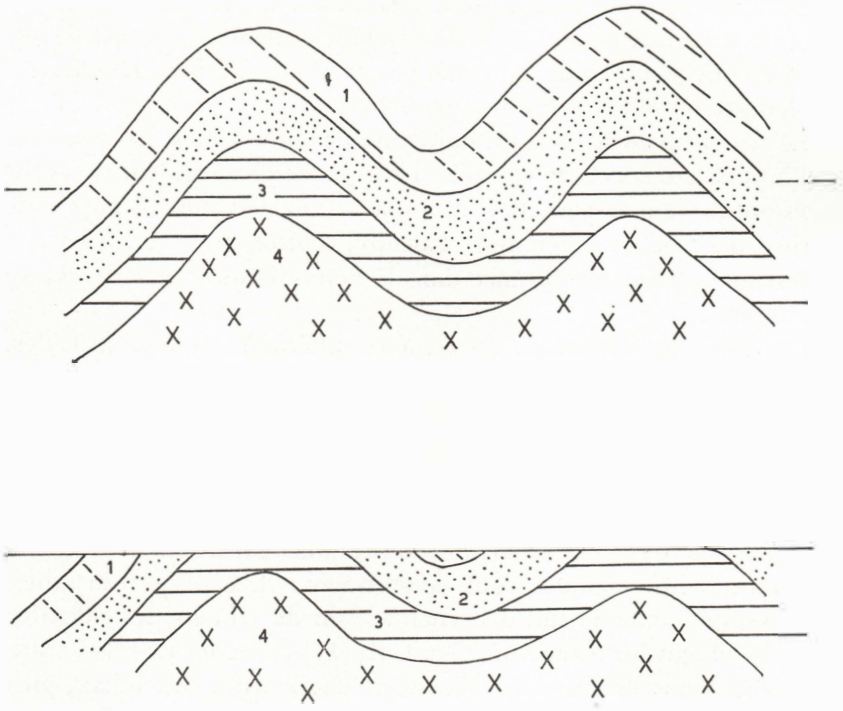


Schéma n° 3

Pénéplanation d'une structure plissée.
1-2-3-4 : couches de roches de duretés différentes.

trés. Examinons-les en les plaçant dans leur contexte géographique et expliquons leur présence en ces endroits.

A. Réseau perte-résurgence.

Dans notre pays, ils sont quasiment tous allochtones : les rivières qui se perdent dans le calcaire prennent naissance sur des roches imperméables. La condition morphologique de leur existence est donc la présence d'un massif calcaire en creux par rapport au substratum imperméable. Donnons trois exemples de cette disposition.

Dans le Condroz, les psammites famenniens dominent légèrement le calcaire carbonifère. Un exemple parlant est l'enfouissement de la Prée à Falmignoul, en amont du ravin du Colébi. Ce ruisseau descend des hauteurs de Falmagne (psammites), traverse Falmignoul et se perd dans le calcaire carbonifère.

A la hauteur de Marenne (nous quittons le Condroz, qui n'a bien sûr pas le monopole de ce type de réseau !), des ruisseaux descen-

dent des hauteurs établies sur des quartzites et des poudingues pour se perdre dans le calcaire givétien. Nous citons cet exemple car la région a été traitée en détail par J. Alexandre (10) sous l'aspect morphologique. Ici, des couches de schiste couvinien sont présentes mais tellement réduites qu'au lieu d'évoluer en dépression qui aurait canalisé les eaux par la voie aérienne, elles ne forment qu'un replat précédent le calcaire. Cet exemple de Marenne montre que les régions doivent être traitées en détail pour en comprendre le mécanisme intime. Les règles générales doivent être adaptées à chaque cas rencontré sur le terrain.

Le vallon des chantoirs à Louveigné, dernier exemple que nous donnerons de ce réseau, est aussi significatif. Le vallon est une dépression subséquente qui suit la bande calcaire Gva-Gvb. A l'est, l'altitude monte rapidement : ce sont les hauteurs de l'Ardenne formées de quartzite, phyllade, quartzophyllade durs. A l'ouest, au contraire, s'élèvent les premières tiges condruziennes de psammite, séparées du vallon par un long glacis un peu incliné de schiste famennien (schéma n° 4). Les ruisseaux qui se perdent dans les multiples chantoirs du vallon prennent naissance sur ces roches dures. Deux remarques sont à retirer de cet exemple. A l'est, la disposition est tout à fait en accord avec l'agencement général (calcaire en creux par rapport à des assises plus dures que lui). Par contre, à l'ouest, il semble y avoir contradiction : le schiste qui borde le calcaire est plus tendre. Cette contradiction n'est apparente et prouve à nouveau le besoin d'examiner soigneusement le cas étudié avant d'appliquer brutalement des considérations générales. Ce schiste, « coincé » entre des roches dures, n'a pas évolué en dépression. De plus, il est compris entre des roches dures dont les altitudes sont différentes, les psammites dominant largement le calcaire. Le schiste a donc naturellement joué le rôle de glacis incliné conduisant les eaux des psammites vers le calcaire du vallon (14).

B. Réseau exsurgence.

Il est incomparablement moins bien représenté en Belgique que le réseau P-R et nous allons voir pourquoi. Il est lié à la possibilité d'infiltrations dispersées des eaux météoritiques. Pour que cette alimentation prenne le pas sur les pertes de rivières, il faut ou bien une grande surface de calcaire, ou bien un relief défavorable aux pertes de cours d'eau. On voit qu'une disposition comme le vallon des chantoirs est une antithèse des conditions favorables à l'établissement d'un réseau E. Comme de très vastes étendues de calcaire

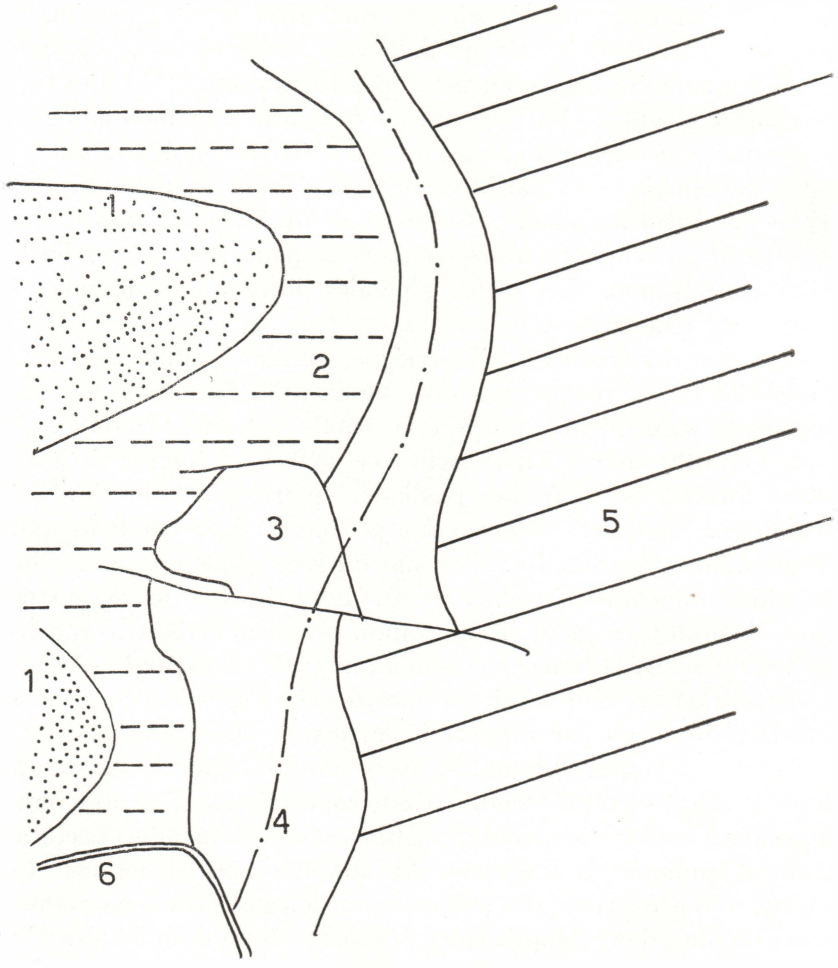


Schéma nº 4

Schéma géologique du Vallon des chantoirs.
1 : Psammites formant les tiges condruziennes.
2 : Schistes formant un glacis.
3 : Calcaire en dépression formant le vallon des chantoirs.
4 : Axe approximatif du vallon.
5 : Roches résistantes de l'Ardenne formant les hauteurs est.
6 : Amblève.

sont absentes de Belgique, ce type de réseau sera nettement favorisé si le massif est en relief. En effet, dans ce cas, les effets de l'enfouissement massif des eaux courantes sont supprimés. Le réseau qui se développe dans un tel massif puise ses eaux dans la collecte des infil-

trations. La rivière de la grotte Corbel, à Hierges-Vaucelles, est certainement un des plus beaux exemples en Belgique. Elle est creusée dans un faciès calcaire du couvinien qui forme une colline émergeant d'un environnement essentiellement schisteux. Le ruisseau hypogé coule dans l'axe de la colline vers la Joncquière, rivière aérienne qui coupe cette colline par une petite cluse et constitue de ce fait le niveau de base du réseau.

Il semblerait que les collines calcaires du Gva-Gvb émergeant de dépressions schisteuses couvinienne et frasnienne sur le bord sud du synclinorium de Dinant constituent des sites privilégiés pour l'établissement de tels réseaux. De fait, là où la largeur de la masse calcaire est importante, nous trouvons des réseaux E (à Vaucelles, par exemple, où nous en avons deux, malheureusement impénétrables). D'autre part, ces couches calcaires restent souvent peu épaisses et, surtout, d'autres phénomènes karstiques se passent de façon privilégiée : ce sont les recoupements de méandre et les autocaptures souterraines qui affectionnent ces assises.

Nous comprenons pourquoi ce type de réseau est rare en Belgique, vu le manque de grandes surfaces calcaires favorables à son établissement. Ce sont surtout les grands lapiès de montagnes qui recèlent les réseaux exsurgence. Les grands avens résultent de la corrosion par infiltrations et des éboulements, ce sont les cavités typiques donnant parfois accès à la zone d'écoulement du réseau E. Les grands Arres d'Anie, dans les Pyrénées, qui recèlent le réseau de la Pierre-Saint-Martin, en constituent un site privilégié.

C. Réseau recoupement de méandre.

Il ne dépend pas de façon primordiale de la morphologie en creux ou en saillie du calcaire, mais bien de la présence de rivières s'encastrant dans le substratum perméable en grand. L'Ourthe, la Lesse, par exemple, répondent bien à ces exigences et forment effectivement des recoupements souterrains de méandre. Les exemples nous montrent que c'est surtout lors de la traversée de la bande calcaire givéto-frasnienne par ces rivières épigénétiques que le recoupement souterrain a lieu. Ne citons que les exemples de Han-sur-Lesse et de Rochefort. Les caractéristiques du recoupement dépendent très fort de la manière qu'à la rivière d'aborder la masse calcaire. Comme ces rivières sont presque toutes épigénétiques, elles attaquent le calcaire de nombreuses façons. Examinons quelques cas représentatifs.

— *L'autocapture souterraine* : se présente lorsqu'une rivière épigéné-

tique, souvent quasiment rectiligne et coulant sur un substratum tendre, bute contre une barrière calcaire, elle-même suivie d'une dépression schisteuse. La rivière traverse le calcaire soit dans une cluse par la voie aérienne, soit par la voie souterraine, la cluse étant présente, sèche. Ces dispositions sont deux stades du même phénomène. Le ruisseau est nécessairement épigénétique. Citons deux exemples : le Hilan à Javingue et le Ry d'Ave à Wellin. Dans les deux cas, c'est le Gva-Gvb qui constitue l'obstacle calcaire compris entre les schistes couviniens et frasniens. C'est le site privilégié pour ce type de réseau.

— *Le recoupement de méandre vrai* est réalisé par une rivière enfoncée dans le substratum et y serpentant. Ce sont les exemples classiques de la Lesse à Han, de l'Ourthe à Bohon. L'attaque de la masse calcaire est franche mais la rivière s'est surimposée avec ses méandres. Le recoupement peut être autochtone si toute la rivière se trouve dans le calcaire.

— *Le recoupement de méandre complexe* est essentiellement représenté par la Lomme entre Jemelle-Rochefort-Éprave. La rivière se perd par de multiples points échelonnés le long de son lit. Cette disposition résulte du fait que la Lomme aborde le massif calcaire dans toute sa longueur (15). Nous citons cet exemple pour souligner l'importance de la disposition morphologique dans l'élaboration du réseau.

Nous voyons donc que ces différents types de réseaux en Belgique sont essentiellement dictés par la morphologie, le relief. La tectonique et la stratigraphie influencent la morphologie interne du réseau, donc de ses caractères essentiellement spéléologiques.

IV. **Influences périglaciaires**

Elles sont très indirectes ; elles intéressent la structure karstique par le fait qu'elles façonnent un relief particulier. En Belgique, une grande partie du relief de l'Ardenne dépend des conditions périglaciaires qui ont régné durant le Quaternaire. En effet, notre pays a été très sensible aux glaciations quaternaires.

A. Les terrasses fluviatiles.

Les rivières ardennaises s'enfoncent dans le substratum non pas de façon régulière mais irrégulièrement. Entre des phases d'enfoncement vertical que nous pouvons qualifier de rapide, le cours d'eau subit des phases d'enfoncement plus lent. Il forme alors un niveau de

terrasse qui est un replat horizontal (lorsqu'il s'agit d'une terrasse proprement dite) surmonté d'un ensemble de sédiments fluviatiles comprenant des galets roulés (16), (17), (18), (19).

Dans notre pays, C. Ek a étudié le premier, de façon approfondie, le rapport entre ces niveaux de terrasses et les étages des cavernes (20). Dans le cas de grottes-résurgences horizontales possédant plusieurs niveaux (comme la grotte Sainte-Anne à Tilff), les profils longitudinaux de ces étages recoupent exactement l'altitude des niveaux de terrasses. L'influence du climat est présente dans le fait que les terrasses des rivières ardennaises sont d'origine climatique ; elles se forment lors des périodes froides du Quaternaire.

Lorsque la grotte-résurgence n'est pas horizontale, on ne peut évidemment déterminer exactement la correspondance terrasse-niveau karstique. Néanmoins, nous en retirons une indication. L'examen des cas réels en Belgique montre qu'il n'existe pas de résurgences perchées (comme dans le Jura par exemple). Les eaux souterraines ressortent au niveau des rivières principales ou encore par des exutoires sous-fluviaux. Donc, un exutoire vauclusien fossile s'ouvrant sur les hauteurs correspond à un niveau fluviatile d'altitude plus élevée que celle de la sortie souterraine puisque l'érosion ultérieure a décapité une partie de la cheminée ascendante. La grotte de la chauve-souris, à Vaucelles, est une ancienne résurgence correspondant à une très haute terrasse de la Meuse.

B. Incidence de la cryergie sur les phénomènes karstiques.

Une étude de Seret et Lambion dans le vallon des chantoirs (21) arrive à des conclusions importantes quant au relief karstique. Un réseau P-R, nous l'avons vu, présente un vallon sec qui descend de la zone des pertes vers le sillon d'une vallée constituant le niveau de base. Une explication logique consisterait à rattacher le creusement de ce vallon à l'origine de la formation du réseau, au moment où l'eau coulait encore à l'extérieur (vallon subséquent quaternaire, voir plus haut). Dans cette hypothèse, le vallon serait à présent fossile, ou presque. Seret et Lambion ont étudié les sédiments dans l'amont des chantoirs. Il y ont déduit que, lors des périodes froides, les phénomènes périglaciaires concourent pour obstruer les chantoirs (coulées de solifluxion amenant une importante surcharge, sol gelé). L'eau n'a plus accès au réseau souterrain et réemprunte le vallon aval. Le chantoir refonctionne à la fin de cette période ; le ruisseau recreuse la couche de sédiments de solifluxion, (plus de 10 m dans le cas du chantoir de trou-le-Coq à Louveigné).

Le vallon « sec » n'a donc plus ce caractère figé. Il fonctionne à nouveau lors des périodes froides. De plus, n'oublions pas de mentionner une activité épisodique lors de crues exeptionnelles qui engorgent les chantoirs incapables d'absorber les flots d'eau. Il est évident que de tels phénomènes, bien que rares (à l'échelle humaine !), apportent des modifications importantes à la topographie et à la morphologie souterraine. Lors d'une crue mémorable, il y a un siècle environ, dans le vallon des chantoirs, celui-ci a été submergé et une nouvelle cavité s'est ouverte : le « chantoir du mardi-gras ».

Nous avons été amené à expliquer l'évolution des autocaptures souterraines en nous basant sur les phénomènes périglaciaires. La cluse est active lors des périodes froides (comme le vallon du réseau P-R) et est recreusée. Le réseau hypogé est obstrué et alors « hors service ». La cryergie joue un rôle important pour recreuser cette cluse. Après la période froide, le réseau hypogé se remet en activité, le ruisseau coulant dans un manteau de déblais soliflués. Parfois encore, la circulation est à la fois aérienne et souterraine : le réseau souterrain est en train de se creuser.

Conclusions

Nous espérons avoir montré les relations étroites qui existent entre la structure karstique (type de réseau) et la morphologie externe. Plutôt que d'exprimer des règles précises, nous avons préféré nous référer à des exemples parlants qui illustrent bien nos propos.

BIBLIOGRAPHIE

(1) Quinif, Y., Contribution à l'hydrogéologie générale des massifs calcaires. *L'Électron.* N° 3 et 4, 1972, p. 39.

(2) Delbrouck, R., Les phénomènes karstiques des régions Han-Rochefort. Collection Karst, éd. l'*Électron.*

(3) Van de Poel, B., La région de Furfooz dans l'espace et dans le temps. *Ardenne et Gaume*, monographie n° 3, 1968.

(4) Quinif, Y., Cas particulier du réseau « recoupement de méandre ». A paraître.

(5) Macar, P., Principes de géomorphologie normale. H. Vaillant-Carmanne, Liège, 1947.

(6) Macar, P., Contribution à l'étude géomorphologique de l'Ardenne. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, **LXI**, p. 224, 1938.
Id., La vie des rivières. *Bul. Soc. Roy. Belge Géogr.*, n° 1, 1939.

(7) Stevens, Ch., Le relief de la Belgique. Mémoires de l'Institut géologique de l'Université de Louvain, **XII**, 1938, p. 37.

(8) Raucq, P., Esquisse géomorphologique du Condroz Oriental et des régions avoisinantes. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, **LXXV**, p. B221, 1952.

(9) Alexandre, J., La restitution des surfaces d'applanissement tertiaire de l'Ardenne centrale et ses enseignements. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, **LXXXI** p. M333, 1957.
(10) Alexandre, J., Le modelé quaternaire de l'Ardenne centrale. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, **LXXXI**, p. M213, 1957.
(11) Carte géologique de Belgique au 1[160.000.
(12) Lombard, A., Géologie de la Belgique. *Les Naturalistes Belges*, 1957.
(13) Prodrome d'une description géologique de la Belgique, 1954.
(14) Robert, J., Les phénomènes karstiques des régions du vallon des chantoirs. Collection Karst, éd. l'*Électron*, 1970.
(15) Van de Poel, B., Géologie et géomorphologie de la région du parc national de Lesse et Lomme. *Ardenne et Gaume*, monographie n° 1.
(16) Tricart, J., Méthodes d'étude des terrasses. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 17, 1947, p. 559.
(17) Alexandre, J., Les niveaux de terrasses de la Haute Belgique. Méthodes d'étude récentes. *Ann. yoc. Géol. Belg.*, **LXXIX**, 1957, p. B299.
(18) Macar, P., Résultats d'ensemble d'études récentes sur les terrasses fluviales et les formes d'érosion associées en Haute Belgique. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, **LXXX**, 1957, p. 395.
(19) Macar, P., Les terrasses fluviales et la Haute Belgique au Quaternaire, in *Prodrôme d'une description géologique de la Belgique*, 1954, p. 591.
(20) Ek, C., Conduits souterrains en relation avec les terrasses fluviales. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, **LXXXIV**, 1961, p. 313.
(21) Seret, G. et Lambion, J., Érosion et remblaiement quaternaires dans le « Vallon des Chantoirs ». *Ann. Soc. Géol. Belg.*, **91**, 1968, p. 377.

Avis

Quelques séries complètes (n^{os} 1 à 10) des tomes 51 (1970), 52 (1971) et 53 (1972) de notre bulletin sont disponibles au prix de 200 F la série — prix de faveur dont nos membres seuls jouissent.

Pour se procurer ces tomes complets, il suffit de virer la somme adéquate au C.C.P. n° 1173.73 de la S.P.R.L. Universa, Hoenderstr. 24, B - 9200 Wetteren, en indiquant sur le talon le(s) tome(s) demandés.

Initiation à l'étude de la végétation

par C. Vanden Berghen

(*suite et fin*)

C. Notions de synchorologie

1. — Les territoires synchorologiques

a. *Élargissement de la notion de territoire phytogéographique.*

Les territoires phytogéographiques reconnus à la surface de la Terre, notamment les Régions, les Domaines, les Secteurs et les Districts, ont été définis, dans le chapitre précédent, à l'aide de critères exclusivement floristiques. On leur donne actuellement un « contenu » plus important, climatique, physionomique, pédologique, phytosociologique.

Depuis longtemps, les géographes ont délimité des territoires caractérisés par une certaine homogénéité des caractères principaux de leur climat. Comme le climat est un des facteurs essentiels qui règlent la distribution des végétaux, il n'est pas étonnant que les unités territoriales climatiques et floristiques se superposent dans de nombreux cas, notamment en ce qui concerne les Régions, les Domaines et les Secteurs. La Région méditerranéenne des floristes correspond ainsi au territoire dont le climat est méditerranéen, celui-ci étant principalement défini par l'existence d'un été sec. Le Domaine atlantique européen connaît un climat, souvent qualifié d'atlantique ou d'océanique, caractérisé par la distribution plus ou moins régulière des pluies tout au long de l'année et par des saisons, tant froide que chaude, sans températures excessives. Dans le Domaine atlantique, le Secteur armoricain-aquitain est différencié par un climat hivernal d'une relative douceur.

Nous savons que la structure des formations végétales est influencée par le climat général. Dans ces conditions, on comprend que les territoires occupés par les différentes formations soient plus ou moins similaires à certains territoires définis par leur flore. Plus particu-

lièrement, les Régions et les Domaines correspondent souvent à des territoires signalés par des formations originales. Ainsi, en gros, la Région arctique-subarctique est caractérisée par la toundra et par des boqueteaux bas de saules et de bouleaux, la Région eurosibérienne par des formations forestières, soit de résineux dans le Domaine boréal, soit de feuillus dans les autres Domaines ; la Région aralo-caspienne est occupée par des steppes et la Région méditerranéenne par des forêts composées d'arbres à feuilles persistantes ; les landes sont développées dans le Domaine atlantique.

Les principaux types de sols, les grandes unités du système conçu par les pédologues, résultent de l'action conjuguée du climat et de la végétation. Les territoires phytogéographiques seront donc aussi éventuellement signalés par l'existence de sols particuliers. Un podsol, par exemple, se forme sous une lande lorsque le climat est océanique ; ce type de sol est particulièrement répandu dans le Domaine atlantique. Le sol des steppes est remarquable par l'épaisseur de l'horizon humifère superficiel ; de pareils sols sont principalement notés dans la Région aralo-caspienne.

Les associations et les autres unités du système phytosociologique sont souvent notées dans les limites des territoires chorologiques floristiques. En particulier, une association est reconnue, dans de nombreux cas, dans un territoire qui correpond à un Secteur. L'*Ericetum tetralicis*, la lande humide à *Erica tetralix*, est propre, par exemple, au Secteur boréo-atlantique du Domaine atlantique de l'Europe. Les unités phytosociologiques d'un rang supérieur à celui de l'association, donc les alliances, les ordres et les classes, sont habituellement distinguées dans des territoires bien définis, recouvrant soit plusieurs Secteurs, soit un Domaine, soit une Région. Les groupements relevant de l'*Ericion tetralicis* sont répandus dans le Domaine atlantique. Des associations subordonnées aux *Oxycocco-Sphagnetea* ont été signalées dans toute la Région eurosibérienne.

Les considérations qui précèdent permettent de donner une plus grande amplitude à la notion de territoire phytogéographique. Celui-ci n'est pas uniquement défini par sa flore, par les limites de l'aire d'espèces, de genres, de familles ou d'autres taxons, mais également par les caractères de son climat, par la physionomie de la végétation qui s'y développe, par les caractères du sol et, enfin, par les associations, alliances, ordres et classes du système phytosociologique qu'on y reconnaît.

b. *Les territoires synchorologiques.*

Nous savons que les phytogéographes utilisent une nomenclature précise pour qualifier l'aire des taxons. Les mêmes adjectifs, avec la même signification, sont employés pour définir l'aire dans laquelle est localisée une association, une alliance ou tout autre unité du système phytosociologique. En envisageant l'étendue du territoire occupé, on parle, par exemple, d'*associations endémiques* et d'*associations subcosmopolites*. Les premières n'ont été reconnues que dans une aire de faible surface tandis que les secondes sont répandues sur une grande partie de la Terre. Certaines associations de plantes aquatiques et d'hélophytes sont notamment connues dans des territoires immenses, s'étendent éventuellement sur plusieurs continents.

Une association signalée exclusivement dans la Région méditerranéenne est une *association méditerranéenne*. De même, il existe des *groupements eurosibériens*, *arctiques-subarctiques*, *atlantiques*, *subatlantiques*, *atlantiques-méditerranéens*, etc.

c. *Les groupements azonaux.*

Une association répandue dans la Région eurosibérienne est principalement constituée, dans la plupart des cas, de taxons eurosibériens. Il existe pourtant des associations, connues exclusivement dans cette Région eurosibérienne, caractérisées par des plantes dont l'aire est subméditerranéenne. Le *Xerobrometum mosanum*, un groupement reconnu dans les pelouses installées sur des sols superficiels riches en carbonates, dans le bassin de la Meuse, en Belgique, est ainsi signalé par de nombreuses espèces subméditerranéennes. Un pareil groupement occupe, dans la Région eurosibérienne, des stations présentant des caractères micro-climatiques et pédologiques aberrants par rapport aux caractères normalement réalisés dans ce territoire. On dit que le *Xerobrometum* est une **association azonale**, c'est-à-dire une association apparaissant en dehors de la zone de végétation qui devrait être la sienne. Les associations azonales sont souvent notées en des stations isolées aux caractères très particuliers.

2. — La variabilité des associations dans l'espace

Les associations végétales, définies par leur composition floristique et par la présence d'espèces qui leur sont fidèles, ont souvent été reconnues à partir de relevés notés dans un territoire d'étendue res-

treinte. C'est ainsi que BRAUN-BLANQUET et DE LEEUW distinguèrent, en 1936, dans les dunes mobiles de l'île d'Ameland, dans le nord des Pays-Bas, une association à *Elymus arenarius* et *Ammophila*, l'*Elymo-Ammophiletum*. Depuis lors, la végétation de districts de plus en plus nombreux a été décrite de façon détaillée et précise. A l'occasion de ces travaux, de nombreux auteurs reconnurent dans leur secteur des associations décrites auparavant dans d'autres territoires. En particulier, la présence de l'*Elymo-Ammophiletum* a été signalée dans les dunes des Pays-Bas méridionaux, dans celles de l'Allemagne occidentale, de la Belgique, du Danemark, de la Normandie...

La confrontation des relevés floristiques notés dans différents territoires et attribués à une même association montre que la composition d'un groupement est rarement uniforme à l'intérieur de l'aire correspondant à l'ensemble des territoires considérés. Des climats distincts, même lorsque les différences sont faibles, la nature du substrat, les vicissitudes du peuplement végétal, lequel ne s'est pas effectué partout de la même façon, expliquent la présence de telle espèce ici, son absence ailleurs. Le liseron des dunes, *Calystegia soldanella*, l'euphorbe des dunes, *Euphorbia paralias*, et le panicaut, *Eryngium maritimum*, apparaissent, par exemple, de façon constante et avec d'importants coefficients de quantité, dans les relevés de l'association à *Elymus* et *Ammophila* notés dans les régions méridionales. Ces espèces, deviennent progressivement plus rares vers le nord et manquent complètement dans les dunes du Danemark. Elles y sont relayées par d'autres plantes, la graminée *Elymus arenarius* et la gesse maritime, *Lathyrus maritimus*, notamment, deux espèces absentes des relevés notés dans le sud.

Cet exemple met en évidence les difficultés qui doivent être surmontées par le botaniste qui se propose de décrire le tapis végétal de territoires étendus. Certains auteurs résolvent le problème en considérant des associations de grande amplitude, occupant de vastes régions. Pour tenir compte de la variabilité du tapis végétal, les unités qu'ils définissent sont subdivisées en sous-associations signalées chacune par des espèces appelées **espèces différentielles géographiques**. Celles-ci sont des plantes qui n'apparaissent que dans une partie du territoire occupé par l'association. *Lathyrus maritimus*, par exemple, est une différentielle géographique pour la sous-association reconnue dans le secteur le plus septentrional de l'aire de l'*Elymo-Ammophiletum*, compris dans un sens large. *Calystegia soldanella* et *Euphorbia paralias* sont, par contre, des différentielles

de la sous-association reconnue dans la partie méridionale de l'aire occupée par l'*Elymo-Ammophiletum*.

D'autres auteurs préfèrent décrire des associations plus homogènes, occupant des territoires peu étendus et définies par des espèces caractéristiques locales. Les associations affines forment alors un groupe d'associations ou sont réunies dans une alliance.

3. — La variabilité du degré de fidélité d'une espèce à une association

Le degré de fidélité d'une espèce à une association déterminée peut varier d'un territoire à un autre. Telle espèce qui caractérise ici, de façon exclusive, un groupement bien défini, se retrouve, cinq cents kilomètres plus loin, dans un groupement différent. Telle autre plante, rare et strictement cantonnée dans un milieu particulier, où elle caractérise une association spécialisée, participe ailleurs à plusieurs associations sans manifester une quelconque fidélité à l'une d'entre elles.

Les exemples de pareils cas ne manquent pas.

La circée de Paris, *Circaea lutetiana*, et la scrofulaire noueuse, *Scrophularia nodosa*, croissent exclusivement dans les plaines alluviales dans la partie occidentale de la Région méditerranéenne et y sont deux espèces caractéristiques de l'aulnaie à *Fraxinus oxycarpa*. Plus au nord, dans le Domaine médioeuropéen, ces deux plantes sont notées dans les forêts installées sur des sols à humus doux, dans les situations topographiques les plus diverses.

L'hélianthème des Apennins, *Helianthemum apenninum*, la germandrée des montagnes, *Teucrium montanum*, la globulaire, *Globularia elongata*, et la laîche *Carex humilis* sont des plantes communes dans les basses montagnes de la Région méditerranéenne ; elles y signalent les associations subordonnées à la classe des *Ononido-Rosmarinetea*, unité réunissant les groupements reconnus dans les fourrés clairiérés et dans les pelouses maigres des terrains calcaires et marneux parcourus extensivement par les moutons. Ces mêmes espèces caractérisent en Belgique méridionale l'association *Xerobrometum mosanum*, laquelle est strictement localisée aux sols superficiels développés sur des calcaires compacts.

En Ardenne, la fougère *Phillitis scolopendrium*, la langue de cerf, végète exclusivement dans des ravins ombreux et y caractérise la forêt d'érables. Cette même fougère ne manifeste pas les mêmes exigences sociologiques étroites au Pays Basque, au Pays de Galles

et dans d'autres territoires très humides du Domaine atlantique. La plante y croît, souvent de façon luxuriante, dans différents types de forêts, notamment dans des hêtraies.

Nous savons que la saule herbacé, *Salix herbacea*, possède une aire très vaste dans la Région arctique-subarctique. L'espèce y est répandue dans la toundra, la principale formation de ces territoires. Le saule herbacé se retrouve dans l'étage de végétation alpin des Pyrénées et des Alpes mais uniquement dans les « combes à neige », dans les creux où la neige subsiste durant une partie de l'été. *Salix herbacea*, avec d'autres plantes très spécialisées, y caractérise une des associations qui y ont été reconnues.

Les quelques cas qui viennent d'être examinés montrent qu'une espèce végétale présente souvent une certaine indifférence sociologique dans le territoire où son aire est continue. Par contre, vers les limites de cette aire ou dans des parties d'aires séparées de l'aire principale, la même espèce est fréquemment fidèle à un groupement déterminé et devient alors caractéristique d'une alliance ou d'une association. Ainsi donc, la fidélité d'un taxon à une unité du système phytosociologique n'est généralement assurée qu'à l'intérieur d'un territoire d'étendue limitée ; la fidélité n'a qu'une valeur régionale ou locale. Cette variabilité du degré de fidélité d'une espèce à un groupement végétal est due aux exigences écologiques de l'espèce ou est une conséquence des effets, parfois surprenants, de la concurrence qui s'établit entre espèces différentes.

L'analyse d'un couvert végétal, la reconnaissance des associations qui le constituent, la mise en évidence d'espèces caractéristiques, font parfois découvrir l'existence d'*écotypes* différenciés. Ceux-ci sont des taxons souvent semblables entre eux ou presque semblables entre eux en ce qui concerne les caractères morphologiques mais différant par leurs exigences écologiques. Le gazon d'Olympe, *Armeria maritima*, par exemple, n'est pas lié à un substrat spécialisé dans la Région arctique-subarctique. La plante y occupe, souvent en pionnière, les stations les plus variées. Dans le Domaine atlantique, par contre, *Armeria* n'est observé qu'en deux types de sites : la partie la plus élevée des prés salés littoraux, où les fluctuations de la teneur en chlorures sont les plus considérables, et les déblais des anciennes mines de minerai de zinc, où le sol contient de la calamine. Pour expliquer cette distribution, on peut supposer qu'*Armeria maritima* a occupé de grandes surfaces au cours de la dernière période glaciaire et que cette espèce héliophile n'a subsisté qu'en des stations très particulières lorsqu'une végétation forestière a progres-

sivement envahi la plus grande partie de l'Europe. Les échantillons récoltés dans les prés salés et ceux provenant des substrats calaminaires ont le même aspect mais diffèrent quant à leur métabolisme. Les seconds, en effet, sont incapables de vivre sur un sol contenant des ions Cl^-. Deux écotypes se sont donc différenciés : un écotype halophile et un autre qui ne l'est pas.

4. — Les associations vicariantes

a. *Communautés végétales homologues isolées.*

Des stations dont les caractères écologiques sont identiques ou presque identiques entre eux apparaissent, le cas échéant, dans des territoires séparés dans l'espace. C'est le cas, par exemple, pour les prés salés du littoral et ceux de l'intérieur des terres, les combes à neige observées à haute altitude dans les Pyrénées, les Alpes et les Carpathes ou encore les falaises taillées par l'érosion dans les massifs calcaires et dolomitiques des montagnes qui bordent la Méditerranée.

Les groupements reconnus dans ces sites homologues possèdent souvent un certain nombre d'espèces en commun, dont l'importance dépend de l'histoire du peuplement végétal.

Les fentes et les replats des rochers calcaires, dans la Région méditerranéenne, hébergent de nombreuses espèces localisées dans un seul massif. Quézel ne décrit pas moins de onze associations de chasmophytes, toutes bien individualisées, installées sur les falaises calcaires du Grand Atlas et du Moyen Atlas marocains. Trois de ces associations ont été reconnues exclusivement sur des pentes exposées au sud, chacune dans un massif distinct. La même abondance de groupements végétaux endémiques se retrouve dans les montagnes de l'Espagne et dans celles de la Grèce méridionale. L'isolement des massifs et la rupture des relations floristiques entre eux datent probablement du Tertiaire ; on présume que les associations actuelles se sont différenciées depuis cette époque reculée.

Au contraire des associations de chasmophytes dont nous venons de parler, les groupements des combes à neige des montagnes de l'Europe possèdent un grand nombre d'espèces en commun : le saule herbacé, *Salix herbacea*, la composée *Gnaphalium supinum*, la rosacée *Sibbaldia procumbens*, notamment. Ces associations sont d'origine relativement récente car l'isolement des stations qu'elles occupent n'a débuté qu'à la fin de la dernière glaciation.

J. Duvigneaud a comparé la flore et la végétation des prairies

halophiles de la Lorraine orientale à celles des prés salés du littoral de l'Océan Atlantique. Les espèces qui participent aux groupements reconnus à l'intérieur des terres croissent également au bord de la mer. Seuls deux taxons mineurs, de faible valeur taxonomique, *Bellis perennis* f. *salina* et *Carex otrubae* var. *subcontigua*, semblent avoir été différenciés sur place à partir de plantes répandues dans toute la Lorraine. Les associations halophiles de cette province diffèrent principalement des groupements homologues du littoral par une certaine pauvreté floristique. Celle-ci s'explique probablement par l'origine relativement récente de la végétation halophile de l'intérieur des terres.

Les groupements occupant des stations écologiquement semblables dans des territoires distincts sont des **groupements vicariants**. Le cas échéant, on parle d'*associations vicariantes*, d'*alliances* ou d'*ordres vicariants*.

b. *Communautés végétales homologues contiguës.*

Dans les pays de plaine, les stations présentant une certaine homologie écologique sont rarement séparées par d'importantes solutions de continuité. Comme les caractères du climat général varient de façon progressive, selon la latitude et la longitude, les échanges floristiques s'effectuent sans difficultés majeures. La toundra, formation principale de la Région arctique-subarctique, entre ainsi en contact avec les landes, souvent d'origine anthropique, du Domaine atlantique ; celles de la partie méridionale de ce Domaine sont proches des maquis installés sur les sols acides de la Région méditerranéenne. Les espèces qui jouent un rôle physionomique important dans ces différents types de végétation sont éventuellement présentes dans plusieurs d'entre eux. Le ciste à feuilles de sauge, *Cistus salviaefolius*, et la bruyère cendrée, *Erica cinerea*, deux espèces méditerranéennes-atlantiques, croissent, par exemple, dans les maquis de la partie occidentale de la Région méditerranéenne et dans les landes du Domaine atlantique, *Cistus* ne dépassant pas les limites du Secteur armoricain-aquitain, *Erica* s'étendant plus au nord, jusque dans le Secteur boréo-atlantique. La myrtille commune, *Vaccinium myrtillus*, la myrtille des loups, *Vaccinium uliginosum*, et la camarine, *Empetrum nigrum*, sont notées dans les landes du Secteur boréo-atlantique et également dans la toundra arctique...

Dans ces conditions, il est évidemment difficile de définir des alliances et des associations nettement caractérisées, bien individualisées du point de vue floristique. Il est également délicat de délimiter

FIG. 67. — Carte montrant l'aire de distribution des unités phytosociologiques d'ordre supérieur reconnues dans la végétation des toundras, des landes et des maquis (d'après R. SCHUBERT, simplifié).

A : Classe des *Loiseleurio-Vaccinietea* ; la classe est également représentée sur les sommets des hautes montagnes (Pyrénées, Alpes, Carpathes...). — B : Alliance de l'*Empetrion nigrae*. — C : Alliance du *Vaccinion vitis-idaeae*. — D : Alliance du *Genistion anglicae*. — E : Alliance de l'*Ulicion nanae*. — F : Alliance de l'*Ericion umbellatae*. — G : Alliance du *Coremion albae* et du *Frutici-Quercion*. — H : Alliance du *Cistion laurifolii*. — I : Alliance du *Cistion ibero-mauritanicum*. — J : Alliance du *Cistion ladaniferi*. — K : Alliance du *Cistion orientale*.

B, C, D, E et F : Classe des *Nardo-Callunetea*.

G, H, I, J et K : Classe des *Cisto-Lavanduletea*.

les aires occupées par les unités phytosociologiques qui auraient été reconnues. Seul un travail de synthèse portant sur un grand nombre de relevés, effectué par un botaniste connaissant les limites de l'aire et l'amplitude écologique des différentes espèces, permet de différencier des groupements vicariants. Dans le cas des toundras, des landes et des maquis, un pareil essai a été tenté par SCHUBERT. Une carte (fig. 67) fixe les limites des territoires occupés par les différentes alliances distinguées par cet auteur.

Protection de la nature
Appel

L'activité déployée par « Les Naturalistes belges » ces vingt dernières années a témoigné, en de multiples circonstances, du souci de notre association de souligner les dangers que peut engendrer la dégradation de nos ressources naturelles.

Bien que profitant de toute occasion pour rappeler cette mise en garde, « Les Naturalistes belges » se sont essentiellement consacrés à la réalisation de leur programme de vulgarisation des sciences naturelles et, vue sous cet angle, cette action s'inscrit, de toute évidence, dans une démarche générale qui débouche, directement et indirectement, sur la conservation de la nature.

Cependant, à la lumière d'une évolution dont chacun connaît aujourd'hui l'inquiétant caractère, il apparaît indispensable au Conseil des « Naturalistes belges » de concrétiser davantage ce souci de conservation de la nature qui l'anime. Dans ce but, la section *Conservation de la Nature* des « Naturalistes belges » lance aux membres de l'association un appel en vue d'établir dans le pays un réseau de collaborateurs-correspondants dont la tâche consistera, dans un premier temps, à informer la Section de tout problème à caractère scientifique qui se poserait au niveau d'une région quelconque. Il va de soi qu'ultérieurement des secteurs d'observation pourraient être conférés aux observateurs, en plein accord préalable avec ceux-ci.

Le but de cette initiative est de fournir au Conseil une somme de données suffisante pour permettre aux « Naturalistes belges » d'établir éventuellement un dossier scientifique du problème constaté.

Nous remercions d'avance très vivement tous les membres qui s'intéresseront à une entreprise dont il importe de souligner le caractère objectif et la portée pratique. Nous les prions de se faire connaître par écrit à M. Maurice Cossey, rue des Pierres rouges, 16b — 1170 Bruxelles, délégué de la section *Conservation de la Nature*.

Le Conseil.

Bibliothèque

Nous avons reçu :

Annales de la Société royale zoologique de Belgique. T. 101, fasc. 4.

P. VANDEWALLE : Comparaison ostéologique et myologique de cinq Cichlidae Africains et Sud-Américains — J. FOIDART : Rapport scientifique de l'expédition belge à la Grande Barrière d'Australie en 1967, III Madrépores. — M.-F. VOSS-FOUCART : Quelques aspects de l'étude des protéines fossiles en rapport avec la phylogénie animale.

Annales de limnologie, T. 7, fasc. 3, 1971.

H. LAVILLE : Recherches sur les chironomides lacustres du Massif de Néouvielle (Hautes-Pyrénées). 2. Communautés et productions benthiques. — A. G. B. THOMAS : *Porphyros vandeli* n.sp., Rhaphiinae nouveau des Pyrénées (Diptera).

Bulletin Aves, Vol. 9, bull. 1-2, 1972.

E. DELMÉE, P. DACHY et P. SIMON : Contributions à la biologie des mésanges en milieu forestier.

Bulletin et Annales de la société royale d'entomologie de Belgique, T. 108, fasc. I-IV, 1972.

A. FAIN et M. L. G. HOLLAND : *Larinyssus sterna* sp.n. (Acarina : Sarcoptiformes) from the Sooty Tern — J. P. LACROIX : Description de Coléoptères nouveaux ou peu connus — J. J. PASTEELS : Révision des Anthidiinae (Hymenoptera Apoidea) de la région indo-malaise.

Bulletin d'information de l'équipe spéléo de Bruxelles, n° 50, mars 1972.

P. FÉNÉLON, e.a. : Vocabulaire français des phénomènes karstiques : « S » — J. DAUMERIES : Cristallographie des carbonates de calcium — S. LIÉGEOIS : La grotte de Lascaux.

Bulletin du Jardin botanique national de Belgique, T. 42, 1|2, 1972.

J. LEWALLE : Les étages de végétation du Burundi occidental — J. E. DE LANGHE et A. LAWALRÉE : *Salix arenaria* L. x *S. aurita L.* (*S. kalmthoutensis*) en Belgique — F. BRONCKERS, B. DE KEYSER et F. STAINIER : Contribution à l'étude palynologique des Papipionaceae-Phaseoleae-Phaseolinae, II — D. GEERINCK : Révision du genre *Gladiolus* L. (Iridaceae) au Zaïre, au Rwanda et au Burundi.

Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon, 41e année, n° 7, 1972.

P. BERTHET : Sur la ramification du tronc chez les fougères arborescentes — J.-P. PELATAN : Fouille-sauvetage, III : sarcophage monolithique et tombe en tuile — M. JOSSERAND et L. RIOUSSET : *Lepiota cystophoroides*, sp. n.

Bulletin de la société d'histoire naturelle de Toulouse, T. 107, fasc. 3 et 4, 1972.

P. BONNET : Un cas intéressant de nomenclature, le vrai nom et la véritable nationalité de Christophe Colomb — B. PEYBERNES : Le

Crétacé inférieur du massif de La Clape — C. DENDALETCHE : Pic d'Anie et Pic Rouge : phytocénoses subalpines et alpines — C. ASTRE : L'ours brun des Pyrénées à l'état subfossile sur les corniches de grottes-avens.

Bulletin de l'Association des Professeurs de Biologie et de Géologie, 58e année, nº 4, 1971.

Harmonisation des enseignements scientifiques — Enquête sur le coin nature et les centres d'initiation à la nature — Pollution atmosphérique fluorée.

Chronmy Przyrode Ojczysta, nº 2 et 3, 1972.

Eesti Loodus, nº 7, 8 et 9, 1972.

Hautes Fagnes, nº 2, 1972.

J. DE WALQUE : Croquis fagnards de la fin du XIXe siècle — Ph. DE ZUITERE : L'intérêt bryologique et phytosociologique de la Fagne de Weywertz — A. P. MATHAR : L'opération-ébouage 1972.

Id., nº 3, 1972.

J. DE WALQUE : Autour d'une source historique disparue : déploration de la Nachtsborn — A. FROMENT : Évolution récente du couvert végétal des Hautes-Fagnes de la Baraque-Michel (1912-1972) — Fonds de sauvegarde des Hautes Fagnes.

Lacerta, nº 12, september 1972.

S. VANDENBERG : Een paasverrassing : eieren van *Pseudemys scripta elegans* kwamen uit — G. M. M. FOEKEMA : Over de geldigheid van de namen *argus* LINNAEUS en *spilotes* LACÉPÈDE voor de gewone Australische python — Ch. VAN EIJCK : En juveniel exemplaar van de gladde slang (*Coronella austriaca*) at insecten.

Levende natuur (de), juin 1972.

G. L. OUWENEEL : Ganzen in het Hollands Diep — Haringvlietgebied in het seizoen 1971-1972 — G. VAN DER VELDE en P. G. POLDERMAN : De vegetatie van het Haventje van Meyer te Vlissingen — E. J. VAN NIEUKERKE en J. VAN TOL : Macrofauna van de wateren in « De Groote Peel », een voorjaarsbeeld.

Linneana belgica, Pars V, nº 1, mars 1972.

P. ROSMAN : Capture d'une forme mélanisante mâle de *Brenthis ino* ROTT. — E. VAN CAPELLEN : Waarnemingen op Sardinië.

Id., nº 2, mai 1972.

J. VAN SCHEPDAEL : Essai de délimitation, de définition et d'interprétation de la notion d'Espèce en lépidoptérologie.

Id., nº 3, 1971.

P. ROSMAN : Une aberration remarquable de *Coenomorpha arcania* L. — A. LEGRAIN : *Asthena anseraria* H.S. en Belgique — J. HELLA : Une méthode de préparation d'ailes de papillons.

Id., nº 4, décembre 1971.

C. WAGNER-ROLLINGER : Lépidoptères nouveaux ou rares pour le Grand-Duché de Luxembourg — J. VAN SCHEPDAEL : *Rhyparioides metelkana* LED. : la protection de la population belge de cet insecte précieux est solidement assurée.

Id., nº 5, mars 1972.

P. ROSMAN : *Phasiane plumbaria* FAB. dans le NE du département de

la Meuse — E. Niculescu : Sur la notation des nervures — A. Pelles : L'année lépidoptérologique du Grand Duché de Luxembourg.

Mémoires de la Société royale belge d'entomologie, T. 32, 1972.

P. Dessart : Révision des espèces européennes du genre *Dendrocerus* Ratzeburg, 1852 (*Hymenoptera ceraphronoidea*).

Museum activities of the Chicago Academy of Sciences, n° 21, 1971.

A year for national parks.

Natura, september 1972.

L. S. Wildervanck : Mycologische perikelen — G. J. Flint : Een merkwaardige nachtvlinder — M. L. Barten : Boomvalken op jacht — A. Smit : Bedrijvigheid rond braamstruiken.

Natura mosana, vol. 25, n° 1-2, 1972.

J. Vandermeulen : A propos d'un livre tonique : Patient earth — H. Stieperaere et J. Duvigneaud : Les activités du BJN — H. Stieperaere : Un paysage ardennais encore bien conservé : la fagne Baugniez à Bévercé-Waimes.

En supplément : bibliographie 1970 en Zoologie, Botanique et Géographie physique — géologie.

Natural History, august-september 1972.

R. Sommer : What do we learn at the zoo ? — J. M. Treistman : The new archeology of China — D. F. Lott : Bison would rather breed than fight — G. Oste : Conception and contraception.

Natuurhistorisch maandblad, n° 9, 1972.

Zuid Limburg, het eerste Nederlandse Nationale landschapspark ? — De Sint Pietersberg opnieuw ernstig bedreigd — Strijd om het water in het Herenveen : landgoed de Hamert — Het World Wildlife Fund in Limburg.

Oiseaux (nos), n° 343, aôut 1972.

O. Biber : Les mouvements d'automne de la Mésange noire au Chasseral (1600 m) dans le Jura de 1967 à 1971.

Parcs nationaux, vol. XXVII, fasc. 2, 1972.

L. M. De Vuyst-Hendrix : Oignies en Thiérache, village belge, 1830-1972 — Excursion dans la région de Braine-le-Château — A. Leroy : La grande forêt de Chiny (suite et fin).

Pêcheur belge (le), 9 octobre 1972.

P. Van Waesberge : Le brochet — J. Bury : un poisson méconnu : le blageon.

Penn ar Bed, n° 69, juin 1972.

Le parc naturel régional de Brière.

Revue verviétoise d'histoire naturelle, automne 1972.

D. Chardez : Thécamibiens terricoles (fin) — E. Niculescu : Sur la délimitation des genres (fin) — La Bécasse (fin).

Schakel, 10e jaargang, n° 2, 1972.

L. Beurghs : De blad- en levermossen in de verzameling Van Heurck. — R. Franckx : Nieuw natuurreservaat te Lier — K. Brat : De cel ni het brandpunt.

LES NATURALISTES BELGES A.S.B.L.

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

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

Programme

Mercredi 21 février : Causerie par M. J. E. De Langhe, ingénieur : Un botaniste à Ténérife (Canaries).

A **20 h**, dans l'auditoire du Jardin botanique national, rue Royale 236, 1030 Bruxelles.

Lundi 26 février : D'impérieuses obligations empêchent M. le Professeur J. Leonard de se libérer le lundi 26 février. La conférence prévue est reportée au début de la saison 1973-1974.

Mercredi 28 février : A **20 h**, au Jardin botanique national : *Assemblée générale statutaire.*

Ordre du jour :

1. Rapports du Secrétaire et du Trésorier.
2. Approbation du budget pour 1973.
3. Election de quatre administrateurs en remplacement de M^lle^ Leroy, sortante et rééligible, de MM. Delvosalle et Quintart, sortants et rééligibles et de M. H. Bruge, arrivé en fin de mandat. Les candidatures à la charge d'administrateur doivent être envoyées au secrétariat pour le 15 février au plus tard.
4. Désignation de deux vérificateurs des comptes.

Après l'assemblée générale : Projection de diapositives prises par nos membres aux Canaries.

Samdi 10 mars : Excursion ornithologique à Hofstade dirigée par le Dr. Van Campenhout.

Rendez-vous à Hofstade-Plage (entrée Elewijt) à **15 h 15**. Prendre le train à Bruxelles-Nord à 14 h 21. Ensuite, un bus à Malines (M - Vilvorde) à 15 h. Retour par le bus à 17 h 55 ou à 18 h 25, vers Malines. Prendre des jumelles.

Mercredi 14 mars : Causerie par M. J. Duvigneaud, professeur : Un séjour dans l'île de Lanzarote (Canaries).

A **20 h**, dans l'auditoire du Jardin botanique national, rue Royale 236, 1030 Bruxelles.

Dimanche 18 mars : Excursion biologique dans la vallée de la Dyle et la forêt de Meerdael, dirigée par M. A. Bracke.

Rendez-vous à Sint-Joris-Weert « Oud Station » à **10 h 45**. Bus pour Hamme-Mille à 9 h 47 au Quartier Léopold. Retour par le bus à 16 h 13 ; arrivée au Quartier Léopold à 17 h 23.

De bonnes chaussures ou des bottes. Des jumelles, si possible.

Dimanche 1 avril : *Excursion géologique* dans la vallée de la Méhaigne (Huy) dirigée par M. P. DUMONT, assistant à l'Université libre de Bruxelles.

Départ en car à **8 h 15** précises. Rendez-vous devant le bâtiment de l'ancienne JOC, au coin du boulevard Poincaré et de la Place de la Constitution, dans le quartier de la gare du Midi. Retour vers 19 h. De bonnes chaussures ; un imperméable ; si possible : marteau de géologue, burin, sachets en plastique.

S'inscrire en versant avant le 25 mars la somme de 190 F au C.C.P. n° 2402.97 de L. DELVOSALLE, 25 avenue des Mûres, 1180 Bruxelles.

Remarque importante. — Les invités de nos membres peuvent participer à nos excursions moyennant le paiement d'un supplément de 40 F (réduit à 20 F pour une excursion d'une demi-journée). Rappelons qu'une 'cotisation familiale' de 25 F par an a été prévue pour les personnes appartenant à la famille d'un membre adulte recevant notre bulletin et domiciliées sous son toit.

ÉDITIONS « LES NATURALISTES BELGES »

Géologie de la Belgique. Une introduction, par A. LOMBARD, avec une carte **géologique de la Belgique** au 1 :600 000, par P. DE BÉTHUNE . . 150 F
L'eau et quelques aspects de la vie, par M. DE RIDDER . . . . 50 F
Les Animaux filtrants, par P. VAN GANSEN . . . . . 70 F
Dissection de quatre Animaux de la mer. Le Calmar, la Raie, la Plie, l'Anguille, par P. VAN DEN BREEDE et L. PAPYN . . . . . 70 F
Faune élémentaire des Mammifères de Belgique, par J.-P. VANDEN EECKHOUDT . . . . . 20 F
Flores anciennes et climats, par F. STOCKMANS et Y. WILLIERE . . . 50 F
Initiation à la Mycologie, par P. PIÉRART, 2e éd. . . . . 70 F
Champignons. Notions élémentaires, par H. BRUGE . . . . . 30 F
Les Amanitées, par P. HEINEMANN, 3e éd. . . . . 30 F
Les Bolétinées, par P. HEINEMANN, 4e éd. . . . . 30 F
Les Lactaires, par P. HEINEMANN, 2e éd. . . . . 30 F
Les Russules, par P. HEINEMANN, 4e éd. . . . . 30 F
Les Lichens. *Introduction à l'étude des Lichens de Belgique et des régions voisines.* Un volume de 196 pages, illustré de 56 figures, par J. LAMBINON . . 160 F
Les Gastéromycètes. *Introduction à l'étude des Gastéromycètes de Belgique.* Un volume de 50 pages, illustré de 19 figures, par V. DEMOULIN . . . 50 F
La photographie et le naturaliste, par J. P. VAN DEN EECKHOUDT e.a., 1969, 96 p. . . . . 50 F
Introduction à l'étude de la Pédofaune, par C. MOREAU . . . . 20 F
Pesticides et biocénoses, par J. RAMAUT . . . . . 60 F
Les Migrations des Oiseaux, par M. DE RIDDER . . . . . 50 F

Pour se procurer ces ouvrages, nos membres doivent en virer le prix au C.C.P. n° 1173.73 de la S.P.R.L. Universa, Hoenderstraat, 24, à 9200-WETTEREN.

Notre couverture

En février-mars, avant l'apparition des feuilles, le cornouiller mâle (*Cornus mas* L.) déploie ses petites ombelles jaunes. En Basse-Belgique, l'espèce est plantée dans des parcs ; en Moyenne et en Haute-Belgique, elle est commune sur les terrains calcaires. (Photo M. DE RIDDER).

IMPRIMERIE UNIVERSA, B-9200 WETTEREN