

INTRODUCTION

Le présent travail n'est ni un mémoire de faunistique, ni une étude systématique. C'est un ensemble de notes écologiques rassemblées pendant les années 1943 à 1946 dans les cours d'eau de plaine du centre de la Belgique et particulièrement dans l'un d'eux : le Smohain. Dans ce sous-affluent de la Dyle, j'ai étudié les conditions du milieu et les organismes qui peuplent celui-ci.

Je n'ai pas eu l'intention de réunir toutes les espèces animales rares ou inédites, ni même de recueillir toutes les autres.

Mon ambition a été de trouver à quelles lois obéit la répartition des êtres vivants dans un cours d'eau de basse altitude; de trouver en outre d'où proviennent les espèces rencontrées et comment elles se propagent d'une station à l'autre.

Enfin je me suis appliqué à rechercher dans quelle mesure les animaux qui y vivent dépendent les uns des autres et sont influencés par leur milieu.

Ce ne sont pas particulièrement les espèces rares qui m'intéressèrent, mais, au contraire, les plus ordinaires et les plus répandues qui caractérisent, de manière bien plus exacte, la nature du milieu et les conditions biologiques.

Les principales caractéristiques d'un milieu d'eau douce sont les suivantes :

Facteurs physiques : chaleur, lumière.

Facteurs mécaniques : mouvement de l'eau, nature du fond.

Facteurs chimiques : concentration en ions H : pH; pression osmotique; teneur en gaz dissous : O², CO²; teneur en sels dissous : PO⁴, NO³, CO³ et CO³H, Fe, Ca et Mg.

Tout milieu biologique peut être considéré comme le résultat de l'équilibre entre les divers facteurs extérieurs qui le constituent et les êtres vivants qui le peuplent.

En général, les facteurs extérieurs ne sont pas tous également favorables, l'un d'entre eux (ou plusieurs) pouvant être fort insuffisant ou trop intense. Ce facteur est le facteur limite.

C'est de son intensité que dépendra tout le peuplement animal ou végétal.

La recherche de ces facteurs limites est un des buts principaux de l'écologiste et elle nécessite une bonne connaissance du milieu dans son ensemble.

De nombreux ruisseaux de montagne ont été étudiés par des écologistes. Il est impossible d'en faire un simple relevé ici.

On ne peut citer que quelques travaux fondamentaux.

P. STEINMAN (1907-1909), A. THIENEMANN (1911-1912), E. HUBAULT (1927-1937) apportent une connaissance approfondie de la faune et du milieu dans un ruisseau de montagne.

Récemment, W. CONRAD (1941) étudie à son tour un ruisseau de montagne « moyenne »; situé à une altitude relativement faible, il présente les mêmes caractéristiques que les ruisseaux de montagne.

GEYSKES (1935), étudie de même un ruisseau du Jura; H. VON MITIS (1942), un ruisseau des Alpes calcaires; EIDEL (1933), deux ruisseaux de la Forêt Noire.

Le ruisseau de plaine a retenu beaucoup moins l'attention, la faune en étant moins variée et moins pittoresque.

G. NIETZKE (1937), en étudiant la Kossau (petit ruisseau du Holstein), a jeté les bases de ce genre d'études. Il partage le ruisseau en biotopes caractérisés par les facteurs du milieu. Sa manière de voir est fondamentale, mais il n'a pas réussi à mettre au point les variations du milieu dans son ensemble.

Enfin un travail récent de E. LELOUP (1945) sur la dispersion des Planaires dans la forêt de Soignes (Belgique) apporte d'intéressantes précisions sur les conditions de vie très particulières des ruisseaux de forêts.

Pour exposer nos résultats écologiques, nous avons envisagé tout d'abord la faune du ruisseau, puis les conditions dans lesquelles vivent les organismes. Cela dans le but d'être plus objectif et de ne pas être tenté de classer la faune d'après le biotope, ce qui serait une erreur. Il convient donc d'examiner d'abord la faune, ce qui permet ensuite de saisir les différences entre les biotopes. Une première liste systématique a été dressée pour classer les organismes trouvés et éviter les confusions.

Qu'il me soit permis de remercier ici tous ceux qui ont bien voulu s'intéresser à mon travail et m'apporter leur aide au cours de son exécution.

La détermination de certains groupes d'organismes fut confiée à des spécialistes éminents, que je remercie ici plus particulièrement.

Les mousses aquatiques ont été étudiées par M. P. DUVIGNEAUD;
 les Planaires furent confiées à M. E. LELOUP;
 les Oligochètes à M^{me} HERLANT-MEEUWIS;
 les Mollusques à M. W. ADAM;
 les Crustacés à M. A. CAPART;
 les Acariens à M. J. COOREMAN;
 les Coléoptères Hydrophilides à M. A. D'ORCHYMONT;
 les Dytiscides à M. A. BALL;
 les Héloïdides, Helmides, Staphylinides, à M. A. JANSSENS;
 les Diptères (Chironomides exclus) à M. A. COLLART, et
 les Chironomides à M. le D^r M. GOETGHEBUER.

LA BIOLOGIE D'UN RUISSEAU DE PLAINE

LE SMOHAIN

DESCRIPTION DU RUISSEAU.

Le Smohain a un cours d'environ 5,6 km contenu entièrement dans le territoire de la commune d'Ohain (Brabant) et il est limitrophe de celle de Lasne dans la moyenne partie de son cours.

Seule l'embouchure se trouve sur le territoire de Lasne, le ruisseau se jetant dans la Lasne, affluent de la Dyle.

Les sources, de faible débit, prennent toutes naissance dans le sable bruxellois. La source située le plus en amont a été appelée source B (altitude 101 m); elle est polluée par l'homme et a été fort peu étudiée. Le ruisseau qui en sort se purifie très vite et reçoit à droite B1 et B2, très petites sources, et à gauche A, première grande source non polluée.

A partir de cet endroit, situé à 100 m en aval de B, les différents points du ruisseau ont été désignés par les lettres de l'alphabet (en minuscules : les points du ruisseau; en capitales : les sources).

Entre a et c (500 m) le ruisseau coule en prairies avec un courant très lent (10 à 20 cm par seconde); de c à g le lit est creusé dans une prairie fort humide passant par places au marais à Carex.

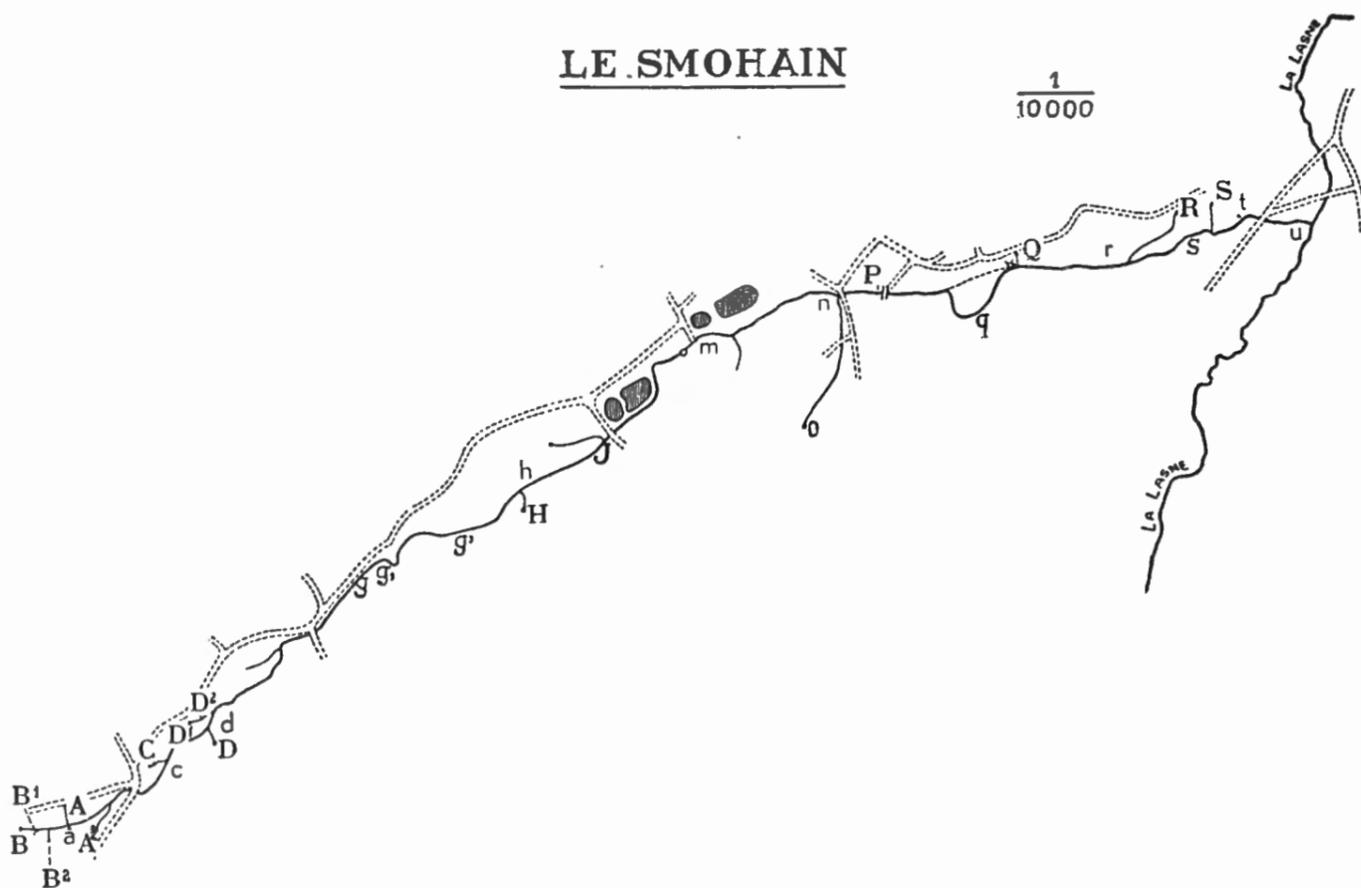
Il y reçoit diverses sources : C, D, D1, D2; entre f et g, le ruisseau vient longer la route et croise, à la limite du territoire de Lasne (lieu dit Cheval de bois), un chemin empierré. A cet endroit, des pierres jonchent le fond et ne sont pas colmatées, grâce à une accélération de l'eau qui creuse son lit au milieu des moellons bruxellois; pendant 700 m environ, il s'écarte de la route et est bordé de prairies; sa vitesse diminue, le fond se tapisse de sable vaseux, tandis que les rives s'encaissent dans le limon. En h, il reçoit la source H et continue à couler entre des rives très élevées, plantées de peupliers. En j (altitude moyenne 80 m) commence le cours moyen; il est enjambé par un pont (route de Genlau) et présente à nouveau un fond pierreux (entre g et h : 1.500 m environ). A gauche, un ruisseau affluent qui prend naissance dans des prairies et a une longueur approximative de 300 m (ruisseau J) vient grossir son cours.

Le Smohain traverse alors une propriété privée et il y reçoit le trop-plein de deux étangs.

Après un bref parcours en prairies, il arrive en m, où il traverse un sentier et acquiert un fond pierreux qui ne s'interrompra plus avant q; en n, nouveau pont avec petits rapides; la largeur a atteint en cet endroit plus de 1 m.

Il reçoit alors à droite un petit ruisseau, venant d'une source O située à 200 m environ.

En p se trouve une sorte de petite écluse permettant en automne de faire passer une partie de l'eau dans un chenal pour actionner la roue d'un moulin à eau.



Carte représentant le cours du Smohain avec indication des principales stations.

Immédiatement après l'écluse se trouve un plan incliné construit en ciment sur lequel l'eau s'écoule avec rapidité pour gagner q, où le ruisseau reçoit d'abord le chenal venant de la retenue d'eau du moulin et ensuite l'eau de la source Q.

Durant 200 m encore, le ruisseau coule sur des pierres, mais 100 m avant le point q le fond est tapissé de sable et restera tel jusqu'à l'embouchure. 200 m en aval de q se jette l'exutoire de la source R, et 420 m plus bas celui de la source S.

De q à l'embouchure dans la Lasne (u) (1.260 m) le cours est paresseux, il déroule ses méandres dans des prairies; sa largeur à l'embouchure est de 1,50 m; les 200 derniers mètres traversent un marécage à Phragmites, en voie d'assèchement, passant au bois d'Aulnes.

Les caractères des sources sont dépeints au chapitre qui concerne celles-ci.

PREMIÈRE PARTIE

Les organismes.

CHAPITRE PREMIER.

FAUNISTIQUE.

Les espèces animales représentées dans le Smohain sont nombreuses et abondantes. Cela est dû à la banalité des biotopes rencontrés et à leur richesse en éléments nutritifs.

Cependant, la faune n'est guère spécialisée comme celle d'une rivière de pays montagneux. Les « adaptations morphologiques » remarquables, au courant par exemple, font généralement défaut.

N'ont été étudiés que les organismes macroscopiques vivant dans le ruisseau :

VERS.

Oligochètes	<i>Tubifex tubifex</i> LINNÉ.
	<i>Limnodrilus claparedeianus</i> RATZEL.
Triclades	<i>Planaria alpina</i> (DANA).
	<i>Dendrocœlum lacteum</i> (MÜLLER).
	<i>Euplanaria gonocephala</i> DUGÈS.
Bryozoaires	<i>Plumatella fungosa</i> PALLAS.

MOLLUSQUES.

Pisidium casertanum (POLI).
Pisidium personatum MALM.
Sphærium corneum (LINNÉ).
Hydrobia jenkinsi SMITH.
Limnæa truncatula (MÜLLER).
Limnæa sp.

ARTHROPODES.

Crustacés	<i>Gammarus pulex pulex</i> (LINNÉ).
	<i>Gammarus pulex fossarum</i> KOCH.
	<i>Echinogammarus berilloni</i> CATTI.
	<i>Asellus aquaticus</i> LINNÉ.

Hydrachnelles	<i>Sperchon (Sperchon) squamosus</i> KRAMER. <i>Sperchon (Sperchon) glandulosus</i> KOENIKE. <i>Sperchon (Hispidosperchon) vaginosus</i> THOR. <i>Sperchon (Hispidosperchon) clupeiifer</i> PIERS. <i>Sperchon (Hispidosperchon) denticulatus</i> KOENIKE. <i>Sperchon (Hispidosperchon) setiger</i> THOR. <i>Megapus nodipalpis fonticola</i> VIETS. <i>Megapus nodipalpis pennata</i> VIETS. <i>Megapus spinipes</i> KOCH.
Insectes :	
Éphéméroptères	<i>Ephemera danica</i> MÜLLER. <i>Paraleptophlebia submarginata</i> STEPHENS. <i>Ephemerella ignita</i> PODA. <i>Bætis vernus</i> CURTIS.
Plécoptères	<i>Nemurella Picteti</i> KLAPALEK. <i>Nemura marginata</i> PICTET. <i>Amphinemura Standfussi</i> RIS.
Hémiptères	<i>Velia currens</i> FABRICIUS.
Trichoptères	<i>Rhyacophila septentrionis</i> MAC LACHLAN. <i>Hydroptila</i> sp. <i>Lype phæopa</i> (?) STEPHENS. <i>Hydropsyche angustipennis</i> CURTIS. <i>Plectrocnemia conspersa</i> CURTIS. <i>Limnophilus extricatus</i> MAC LACHLAN. <i>Stenophylax stellatus</i> CURTIS. <i>Chætopteryx villosa</i> FABRICIUS. <i>Sericostoma pedemontanum</i> MAC LACHLAN. <i>Silo pallipes</i> FABRICIUS. <i>Lasiocephala basalis</i> KOLENATI.
Mégaloptères	<i>Sialis lutaria</i> FABRICIUS.
Coléoptères	<i>Gaurodytes paludosus</i> FABRICIUS. <i>Orectochilus villosus</i> MÜLLER. <i>Helodes minutus</i> LINNÉ. <i>Helmis maugei</i> BEDEL. <i>Helophorus (Meghelophorus) aquaticus</i> LINNÉ. <i>Helophorus</i> sp. <i>Lesteva longelytrata</i> GOEZE. <i>Dianous cærulescens</i> GYLLENHALL.
Diptères :	
Psychodides	<i>Pericoma</i> div. sp. <i>Psychoda</i> div. sp.
Ptychoptérides	<i>Ptychoptera albimana</i> MEIGEN.
Tipulides	<i>Ephelia marmorata</i> MEIGEN. <i>Dicranota</i> sp. (<i>bimaculata</i> SCHUMMEL ?). <i>Tipula rufina</i> MEIGEN.
Dixides	<i>Dixa nebulosa</i> MEIGEN.
Chironomides	<i>Anatopynia nebulosa</i> MEIGEN. <i>Ablabesmyia</i> gr. <i>tetrasticta</i> KIEFFER. <i>Ablabesmyia melanops</i> WIEDEMANN. <i>Chironomus tentans</i> FABRICIUS. <i>Microspectra præcox</i> MEIGEN. <i>Microspectra atrofasciata</i> KIEFFER. <i>Rheotanytarsus</i> sp. <i>Polypedilum convictum</i> WALKER. <i>Brillia modesta</i> MEIGEN. <i>Metriocnemus impensus</i> WALKER. <i>Glyptotendipes pallens</i> var. <i>glaucus</i> MEIGEN ? <i>Orthocladius piger</i> GOETGHEBUER. <i>Prodiamesa olivacea</i> MEIGEN.

Cératopogonides	<i>Palpomyia flavipes</i> MEIGEN.
Simuliides	<i>Simulium ornatum</i> MEIGEN.
Stratiomyiides	<i>Stratiomyia</i> sp.
	<i>Hermione pulchella</i> MEIGEN.
Empidides	<i>Hilara maura</i> FABRICIUS.
	<i>Clinocera nigra</i> MEIGEN.
Dolichopodides	<i>Liancalus virens</i> (SCOPOLI).
Rhagionides	<i>Atherix ibis</i> FABRICIUS.
Muscides	<i>Melanochelia riparia</i> FABRICIUS.
Hyménoptères	<i>Agriotypus armatus</i> CURTIS.

POISSONS.

<i>Gasterosteus aculeatus</i> LINNÉ.
<i>Gardonus rutilus</i> (LINNÉ).

LA BIOLOGIE DES ESPÈCES RENCONTRÉES.

VERS.

Triclades. — *Planaria alpina* DANA et *Euplanaria gonocephala* DUGÈS.

Les Planaires dulcicoles ont fait l'objet d'un travail récent et détaillé de E. LELOUP, qui décrit leur dispersion dans la forêt de Soignes.

A ce propos, un résumé fort complet de ce qu'on sait de leur écologie et des problèmes qu'elle pose a été fait.

Il suffira d'ajouter que généralement *Planaria alpina* (DANA) aime les sources et s'y rencontre même en eau parfaitement calme, tandis que *Euplanaria gonocephala* DUGÈS hante de préférence les eaux fort courantes. Celle-ci est en outre plus eurytherme que l'autre, ce qui explique qu'on la rencontre plus en aval dans les ruisseaux qu'elle habite. Les Planaires évitent la lumière directe, mais peuvent circuler à découvert dans les endroits ombragés. De nombreux points de leur écologie restent cependant à éclaircir.

Oligochètes. — Beaucoup d'Oligochètes limniques et particulièrement les deux espèces étudiées ici ont dans le sang de l'hémoglobine dissoute. Toutes deux ont en outre des habitudes fouisseuses et se nourrissent de vase.

Tubifex tubifex LINNÉ présente la faculté de résister dans des eaux fort mal aérées et même presque privées d'oxygène. Il peut ainsi subsister dans des cours d'eau pollués organiquement jusque dans la zone polysaprobie. Dans les stations où le fond est couvert de vase noire (sapropèle) les *Tubifex* forment des groupements denses où chaque individu est plongé dans la vase par son extrémité antérieure, l'autre bout oscillant au-dessus du fond. La couleur de tels ensembles est d'un rouge sang typique. Au contraire, dans des vases plus minéralisées, les *Tubifex* ne forment pas de plages mais vivent plus isolés. Leur couleur individuelle est également plus claire.

Les raisons de ces différences pourraient être les suivantes :

L'abondance de nourriture des fonds sapropéliques permet le groupement des individus dont l'action minéralisante est extrêmement intense (v. G. ALSTERBERG, 1922); dans des fonds de sable, au contraire, la rareté de la nourriture explique une dispersion plus grande des individus et sans doute aussi leurs déplacements plus importants.

Quant à la couleur, elle repose sans doute sur une concentration plus grande de l'hémoglobine des animaux vivant dans de mauvaises conditions respiratoires.

Limnodrilus claparedeianus RATZEL est de mœurs fousseuses et mène le genre de vie de *Tubifex tubifex* LINNÉ dans les fonds relativement peu organiques. Il ne forme pas de plages.

Bryozoaires. — *Plumatella fungosa* PALLAS var. *repens* LINNÉ forme des colonies ramifiées et non massives pouvant se dresser sur leur support. Ces colonies ne peuvent prendre de l'importance que dans des cours d'eau charriant une nourriture suffisante, ce qui explique qu'on ne les rencontre guère que dans des déversoirs d'étangs. Néanmoins de petites colonies se développent dans des ruisseaux ayant reçu, en amont, des émissaires d'eaux stagnantes, ou dans des cours d'eau importants et suffisamment lents pour qu'un potamoplancton prenne naissance. A part ces conditions, *Plumatella repens* LINNÉ est eurytope et notamment eurytherme, ce qui n'est sans doute pas le cas d'autres Bryozoaires.

On peut attribuer les mêmes exigences écologiques aux Spongillidés.

MOLLUSQUES.

Pisidium casertanum (POLI) et *P. personatum* MALM sont des fousseurs fort indifférents aux conditions extérieures (on peut y ajouter *P. subtruncatum* MALM). Ils sont eurytopes.

A. THIENEMANN les signale dans les fonds vaseux ou sableux des ruisseaux à Truite du Sauerland Westphalien, en compagnie des mêmes organismes. Il signale les espèces *P. fontinale* C. PF. et *P. amnicum* O. F. M. des fonds de la zone à Ombre de la même région. Les trois premières espèces sont eurythermes et ne se localisent nullement aux sources.

Sphærium corneum (LINNÉ), également eurytherme, est aussi euryhalin, puisqu'il vit dans des dépendances de la mer Baltique dans une eau à teneur variable en sel.

Hydrobia jenkinsi SMITH est un organisme euryhalin dont l'entrée en eaux douces est relativement récente (il est fréquent en eaux saumâtres et peut y présenter une ornementation coquillière spiralée). En eau douce, où il se répand, il n'a jamais qu'une coquille lisse (voir à ce sujet W. ADAM, 1942). Dans le Smohain, cet organisme ne colonise que le bief tout à fait inférieur entre t et u. Il est, d'autre part, abondant dans la Lasne.

ARTHROPODES.

Crustacés. — Les trois Gammares présents dans le Smohain sont rhéophiles et eurythermes. L'un d'entre eux, *Echinogammarus*, semble plus rhéophile que les deux autres. Il ne fréquente que la partie inférieure du ruisseau.

Hydracariens. — Comme on le verra plus loin, ce groupe est d'une grande importance dans la caractérisation des eaux douces. Il est bien représenté dans le Smohain.

Sperchon (*Sp.*) *squamosus* KRAMER et *Sp. glandulosus* KOENIKE sont deux espèces relativement peu sténothermes habitant les eaux courantes, même dans les régions de plaine; cependant, toutes deux se raréfient dans des eaux chaudes en été et elles préfèrent les ruisselets toujours froids.

Sp. glandulosus KOENIKE est quelque peu crénophile (K. VIETS, 1936, p. 153, caractérise *S. glandulosus* KOENIKE par le terme « hémisténotherme »). On verra plus loin que la stratification écologique des Hydracariens dans notre ruisseau n'est pas uniquement thermique.

Les espèces du sous-genre *Hispidosperchon* sont moins nettement crénophiles et sténothermes et habitent souvent les ruisseaux de plaine. Ils sont rhéobies, à part *H. clupeifer* PIERS, qui se rencontre dans des ruisseaux de plaine à cours lent (K. VIETS, *ibid.*, p. 162).

Les espèces du genre *Megapus* sont rhéophiles mais certaines se rencontrent dans les ruisseaux de plaine.

M. spinipes KOCH est le moins sténotherme de tous. *M. nodipalpis fonticola* VIETS et *pennata* VIETS sont sténothermes d'eau froide et crénobies.

Hygrobates nigromaculatus (LEBERT) n'est pas rhéophile et est eurytherme, habitant la région côtière des lacs (VIETS, p. 253).

Comme on le voit, les espèces strictement sténothermes sont rares dans le Smohain, mais plusieurs espèces rhéophiles y sont présentes. Elles sont précisément localisées en aval. Au contraire, dans la région supérieure, comme on le verra plus loin, on trouve particulièrement les crénophiles.

Insectes :

Éphéméroptères : La larve d'*Ephemera danica* MÜLLER fouit la vase superficielle et est rhéophile.

Plécoptères : *Nemurella Picteti* (KLAPALEK) est, au contraire, un Plécoptère répandu en région de plaine. C'est un crénophile sténotherme d'eau froide. A propos de cette espèce, on trouvera une étude de sa géonémie dans un article de LESTAGE (1925), qui reprend la bibliographie qui s'y rapporte. En réalité, il s'agit là d'un organisme, comme *Planaria alpina* (DANA) et d'autres espèces encore, qui a été considéré comme rare ou très localisé, parce que sa biologie est insuffisamment connue.

Trichoptères :

Rhyacophila septentrionis MAC-LACHLAN est un sténotherme d'eau froide crénophile. Il représente une espèce vicariante de *R. dorsalis* CURTIS, eurytherme rhéophile. Sa larve vit librement, sans constituer de filets, et a un régime carnassier. Tout ce qui est vivant lui est bon, même les nymphes de sa propre espèce. On peut trouver des nymphes dès le début du mois d'avril et des adultes dès la fin de ce mois. On capture encore des imagos le 30 septembre.

Hydropsyche angustipennis CURTIS possède une larve qui est la moins rhéophile de toutes celles du genre *Hydropsyche*. Elle vit jusque dans les régions de plaine à eaux les moins courantes, à condition que la vitesse de l'eau soit suffisante pour qu'il y ait un substrat pierreux. Il s'ensuit qu'elle se raréfie vers le Nord du pays, les ruisseaux brabançons constituant à peu près sa limite écologique. Elle ne subsiste jamais en eau stagnante. Il semble que cela dépende de l'oxygénation de l'eau, car la sténothermie de cette espèce est très relative. Elle ne remonte, en effet, jamais dans les sources.

Plectrocnemia conspersa CURTIS est un carnassier crénophile, pas vraiment rhéophile, qui vit sur les pierres et les aspérités du fond de l'eau. En captivité, il se nourrit de larves de Chironomides (même d'assez grande taille comme *Prodiamesa*) et d'Ostracodes qui viennent s'embarrasser dans ses filets.

Les larves des *Limnophilus*, abondamment munies de branchies trachéennes, sont des habitants de l'eau stagnante; elles sont eurythermes. Leur régime est presque exclusivement végétarien.

Chætopteryx villosa FABRICIUS est un Trichoptère nettement phytophile dont la larve colonise aussi bien les touffes de *Callitriche* que les rameaux d'*Helosciadium* et les Graminées. Elle se rencontre au printemps et en été. La nymphose a lieu en automne et l'éclosion à la fin de cette saison ou au début de l'hiver. Le fourreau de la nymphe est attaché à des supports fixes de la rive.

Au contraire, les larves de *Stenophylax stellatus* CURTIS sont rhéophiles et leur régime est mixte, car elles ne dédaignent pas de s'attaquer à d'autres larves, notamment à celles de *Sericostoma* et à ses nymphes.

Sericostoma pedemontanum MAC-LACHLAN est rhéophile et affectionne les fonds sableux ou pierreux. Il est peu sténotherme et encore moins alticole, comme l'affirme LESTAGE (1921, p. 929). On le rencontre dans presque tous les ruisseaux propres du Brabant.

Silo pallipes FABRICIUS est la moins alticole des espèces du genre et se rencontre en plaine, de préférence dans les sources. On peut le qualifier de crénophile rhéophile. On a coutume de citer son fourreau comme modèle d'adaptation à la rhéophilie. C'est un tube de grains de sable fin, flanqué à gauche et à droite d'une rangée de grosses pierres constituant deux ailes stabilisatrices.

Lasiocephala basalis KOLENATI est un rhéophile habitant les zones à fonds de pierres. Sa larve est de régime végétarien.

Mégaloptères. — *Sialis lutaria* FABRICIUS est un carnassier très vorace vivant sur les fonds vaseux dans lesquels il peut s'enfouir partiellement. Il vit particulièrement de *Prodiamesa olivacea* MEIGEN.

Coléoptères. — *Lesteva longelytrata* GOEZE est un Staphylin crénophile et peut même être crénobie, comme son congénère *L. pubescens* MEIGEN. Celui-ci est, en effet, bien que terrestre, inféodé aux sources, où on le rencontre sur les pierres éclaboussées, dans les mousses humides, etc.

Diptères. — Les Diptères sont les organismes les plus nombreux qui vivent en eau douce. C'est aussi parmi eux que se trouvent les groupes les plus caractéristiques.

Les Psychodides, difficiles à distinguer à l'état adulte, ont des larves assez caractéristiques et dont le genre de vie peut être très spécial. Certaines espèces de *Pericoma* sont hygropétricoles, beaucoup sont crénophiles, quelques-unes sont indifférentes. Bien qu'ayant fait de nombreux élevages, je n'ai pu déterminer, ni faire déterminer les imagos, ce qui certainement est une lacune importante.

C'est parmi les Chironomides que se trouvent les larves les plus caractéristiques des différents biotopes aquatiques. Cela repose, d'une part, sur leur grand nombre (et leur distribution traduit toutes les nuances des différents biotopes), ensuite sur leur peu d'exigences alimentaires; humivores, la plupart se contentent de détritiques quelconques; certaines sont carnassières (sous-famille des *Pelopiinae*) ou végétariennes (surtout *Orthoclaadiinae*, *Cricotopus*, *Brillia*, etc.). L'abondance même de leur nourriture leur permet souvent des développements en masses innombrables qui facilitent l'étude quantitative.

Signalons les espèces appartenant aux genres *Chironomus* gr. *plumosus* et *Camptochironomus* (*Chironomus tentans* FABRICIUS). Ces espèces ne se distinguent pas, à l'état larvaire, l'une de l'autre; elles se comportent écologiquement comme une seule espèce et seul l'élevage peut préciser la détermination, au moins en première approximation. Ces larves sont pourvues d'hémoglobine et préfèrent les eaux à fond meuble, riches en matières organiques peu minéralisées et notamment les vases noires sapropéliques pouvant même dégager de l'hydrogène sulfuré. Cette préférence les porte également à habiter le fond des lacs eutrophes, où on les rencontre en compagnie de *Chironomus bathophilus* KIEFFER et *Ch. plumosus* LINNÉ : la quantité d'oxygène dissous est à cet endroit très basse, atteignant 10 à 0 % de la saturation pendant la stagnation d'été (A. THIENEMANN, 1932). Mais les larves de ce groupe sont surtout importantes dans les eaux organiquement polluées et constituent avec *Chironomus* gr. *thummi* KIEFFER une dominante des eaux résiduaires (P. STEINMANN et G. SÜRBECK). Ce sont des saprophiles. Elles peuvent, dans ces eaux, former des populations extrêmement denses, telles que, lors de l'éclosion, on voit de véritables nuages d'imagos quitter l'eau.

Elles caractérisent la zone polysaprobie de R. KOLKWITZ et M. MARSSON.

Les espèces du genre *Micropsectra* correspondent à une partie du grand genre *Tanytarsus*. Également pourvues d'hémoglobine, leurs larves sont cependant plus exigeantes au point de vue de l'oxygène dissous dans l'eau. La vase où elles vivent est brune, plus minéralisée et ne présente jamais d'odeur d'acide sulfhydrique. Les larves de *Tanytarsus* sont caractéristiques du fond des lacs oligotrophes, où la teneur relative en oxygène ne descend jamais au-dessous de 60 %; on les rencontre aussi dans les rivières et les ruisseaux, où elles choisissent des régions calmes à fond vaseux.

Les Tanypinés, tels *Anatopynia nebulosa* MEIGEN et *Ablabesmyia*, groupe *tetrasticta* KIEFFER, possèdent également de l'hémoglobine dissoute.

On sait peu de chose de leurs exigences respiratoires, mais on connaît leur régime. Ce sont des carnassiers, à part quelques rares exceptions. Ces larves ne font pas de tubes imprégnés de vase, mais vivent libres.

Prodiamesa olivacea MEIGEN est un des rares représentants des *Diamesinæ* qui ne soit pas un Chironomide de montagne. La larve dépourvue d'hémoglobine vit dans les eaux de la plaine, même les eaux stagnantes, et peut supporter des abaissements considérables de la teneur en oxygène dissous, bien plus considérables que les *Tanytarsus* (voir, à ce sujet, O. HARNISCH, 1927-1929, X^e Congrès Int. Zool., Budapest), mais elle n'est pas aussi résistante que la larve de *Chironomus*.

Certains Diptères ne sont guère connus à leurs premiers stades; ainsi les Empidides du genre *Hilara* et *Clinocera*. Ce dernier genre comprend des mouchettes qui se tiennent dans les embruns des cascades, sur les pierres éclaboussées, et l'on ne sait rien de plus sur leur biologie.

Liancalus virens (SCOPOLI) est un Dolichopodide à développement encore inconnu. Les adultes ont coutume de se poser sur les parois humides, barrages, roches suintantes ou ruissellements artificiels ou naturels. (P. PARENT : *Faune de France*, 1938, pp. 307-309.)

CHAPITRE II.

LES ASSOCIATIONS ANIMALES.

A. — LES ASSOCIATIONS ANIMALES DU RUISSEAU.

Tandis que la phytogéographie a accompli des progrès rapides et récents par l'intermédiaire de la phytosociologie, il semble que l'écologie animale se maintienne davantage aux confins de la physiologie ou encore de l'autécologie, sans oser s'avancer dans le domaine autrement prometteur de la synécologie.

Au lieu d'étudier les groupements animaux, les écologistes, et particulièrement ceux de l'ancien continent, préfèrent étudier les espèces animales une à une.

Il faut cependant signaler les travaux de M. PRENANT, qui étudia la faune des plages et grèves de la Bretagne en appliquant les méthodes synécologiques.

Il est sans aucun doute que ces méthodes sont celles de l'avenir et l'établissement des cartes zoosociologiques (ou écologiques au sens large) montrera la voie à la biogéographie.

Une première étape consiste à relever l'existence d'associations animales.

Une deuxième, de vérifier si ces associations ne sont pas réparties au hasard, mais sont les résultats, très sensibles et nuancés, des interactions des facteurs du milieu.

La troisième étape sera de réunir associations animales et végétales pour expliquer le peuplement de la terre.

J'ai tenté pour les eaux douces en question de franchir les deux premières étapes. La troisième serait prématurée, la reconnaissance des associations aquatiques en étant encore à ses débuts.

H. GISIN (1943), dans un beau travail sur la synécologie des Collemboles de Suisse, a proposé une classification des formes écologiques correspondant aux strates des populations. Ces strates, appelées isécies, sont, pour les communautés terrestres :

l'Édaphon : êtres vivant sur ou dans le sol;

l'Atmobios : ensemble des animaux vivant à l'écart du sol, dans l'air ou sur les plantes supérieures.

L'isécie principale édaphique peut être subdivisée à son tour en isécies secondaires :

Épédaphon : animaux se déplaçant sur le sol.

Hémiédaphon : animaux vivant sur les plantes inférieures, mousses et lichens.

Euédaphon : animaux vivant dans le sol.

Dans chacune des isécies on observe les animaux groupés en associations, ou synusies, qui ne comprennent que des espèces à biologie comparable (fouisseurs; rampants; coureurs à la surface du sol; grimpeurs, etc.).

Il va de soi que les différentes isécies ont les unes sur les autres des influences qui déterminent la constitution finale de la biocénose. Pour le monde aquatique, déjà A. FOREL (le Léman) avait utilisé le terme de « sociétés » représentant les communautés animales colonisant les différentes parties du littoral, mais il traitait ces sociétés en bloc, sans distinguer de synusies.

Les chercheurs qui ont étudié l'eau courante ont parfois employé des expressions différentes. G. NIETZKE (1937), dans l'étude de la Kossau, parle de biotopes et de leurs biocénoses. Il commence par se déclarer adversaire d'une méthode stricte de différenciation de ces unités sociologiques, car, d'un « petit biotope » à l'autre, il y a toutes les transitions. De même, écrit-il, entre les espèces, on doit reconnaître qu'aucune (ou presque) n'est strictement sténotope, presque toutes,

au contraire, se montrent plus ou moins eurytopes, et la même espèce peut se rencontrer, par exemple, dans les eaux lentes, modérées et rapides.

Il signale en outre que beaucoup d'espèces désignées par le terme « Wanderformen » migrent d'un biotope à l'autre.

A mon avis, ces objections pèchent par la base; s'il est vrai que les biotopes désignés par : 1° la vitesse de l'eau; 2° la nature du fond qui en découle, présentent toutes les transitions, c'est dû au fait que nous distinguons arbitrairement les biotopes par un nombre réduit de caractères, alors que le milieu où vivent les organismes comporte une infinité de facteurs. Les biotopes désignés sont en effet des étapes d'une série progressive, mais les associations animales qui les peuplent ne le sont pas.

Chaque synusie est bien délimitée; ce qui trompe l'observateur, c'est qu'il cherche toujours à distinguer des communautés de grande étendue, alors qu'en eau douce courante, le peuplement constitue une réelle mosaïque de petites synusies. Les formes voyageuses (Wanderformen) sont des constituants de plusieurs synusies, ce qui ne saurait étonner quand on sait que certaines formes migratrices peuvent passer d'une formation à l'autre (oiseaux passant de la forêt à la steppe, poissons allant d'un lac à un ruisseau).

Le fait qu'une espèce végétale peut parfaitement se développer dans plusieurs associations n'enlève rien à la réalité de la phytosociologie. C'est le groupement des espèces qui importe et non l'espèce en elle-même.

Chaque espèce animale peut vivre entre un maximum et un minimum d'intensité de chacun des facteurs extérieurs. Elle se développe au mieux pour un optimum de ces facteurs, mais on la rencontrera souvent entre les limites supportées, même à certaine distance de cet optimum.

Si donc nous envisageons tous les facteurs du milieu et une espèce donnée, nous verrons que la présence de cette espèce est possible dans un espace hypothétique délimité par les valeurs maximum et minimum de chacun des facteurs. Les limites des possibilités sont différentes pour chaque espèce animale, ce qui fait que la probabilité de rencontrer naturellement deux espèces ensemble est beaucoup plus faible; à fortiori celle de capturer ensemble n espèces animales.

En bref, on peut exprimer cette constatation comme suit : un groupement de n espèces largement eurytopes peut être parfaitement sténotope. Cela signifie que la méthode d'étude des associations est beaucoup plus sensible aux variations du milieu que n'importe quel dosage chimique ou enregistrement physique, puisque toutes les conditions du milieu sont inscrites dans l'association.

Un facteur cependant reste indépendant : c'est celui de la possibilité historique offerte à un organisme donné d'atteindre l'endroit envisagé. Seule une étude approfondie et répétée à de nombreux endroits « semblables » permettra d'élucider ce point.

L'objection tendant à opposer la labilité des associations naturelles à la fixité de nos classifications sociologiques repose sur la difficulté que présente la définition du biotope.

En réalité, malgré les habitudes reçues, c'est à posteriori qu'il convient de caractériser le biotope d'après les associations qui le peuplent · classer les animaux d'après le facteur « courant rapide » ou « courant lent » équivaut à établir la systématique des végétaux sur la couleur des fleurs seule. Le principal caractère d'un biotope, celui qui permet de le définir au premier abord, c'est précisément la communauté vivante qui l'habite.

Cette prise de position semble admettre que la communauté est stable, qu'elle forme un équilibre avec le milieu, condition qui n'est en réalité atteinte que par le climax du biotope. Cependant chaque association prise à part à un moment donné définit l'état du biotope à cet instant. Les variations du peuplement ne font que suivre celles de l'environnement. Dans une eau courante de plaine, comme on le verra plus loin, le climax ne peut être caractérisé qu'après de longues recherches.

MÉTHODES APPLIQUÉES A L'ÉTUDE PRÉSENTE.

Contrairement à l'avis de V. SHELFORD (1932), j'ai procédé dans ce travail à l'étude distincte des diverses isécies des biotopes. En cela, j'ai suivi la méthode de H. GISIN et décomposé le milieu aquatique courant dans ces trois isécies principales :

Le Benthon, le Necton; le Plancton est absent du ruisseau.

a) Le Benthon.

A également été partagé en Eubenthon groupant tous les animaux fouisseurs. Il correspond à l'Euédaphon, qui réunit la faune endogée. A l'Hémiédaphon (animaux vivant à la surface du sol ou des objets immédiatement à son contact) et à l'Épiédaphon (animaux se déplaçant rapidement sur le sol), on ne peut faire correspondre en biologie aquatique qu'une seule isécie : l'Épibenthon. Elle comprend les organismes peuplant le fond sans y fouir et se déplaçant, ou non, à la surface des objets posés au fond. Cette isécie groupe des animaux fixés (Spongiaires, Cœlentérés, Bryozoaires) et des êtres mobiles et même agiles susceptibles de déplacements et utilisant parfois même la nage ou le saut. Cette isécie, comme la précédente, renferme des formes microphages, détritivores, végétariennes et carnassières. Certaines d'entre elles, par des artifices (construction de filets-pièges, par exemple), exploitent l'eau libre. Ajoutons-y encore une isécie voisine de l'épibenthon, mais incontestablement distincte, correspondant à l'atmobios de K. FRIEDERICHS : ce sera l'hydrobios, ou ensemble des habitants des hydrophytes radicants ou grands végétaux immergés, ceux des touffes d'algues ou de mousses représentant un aspect de l'Épibenthon.

b) **Le Necton.**

Le Necton est constitué par les organismes nageurs.

Une première catégorie de ceux-ci est localisée dans les limites d'une synusie. Souvent leur développement larvaire se fait dans l'épibenthon du même biotope (exemple : coléoptères Dytiscides, hémiptères nageurs, poissons sédentaires).

La seconde catégorie représente des animaux passant d'un biotope à l'autre. Ce sont les nageurs à grand espace vital, les Poissons de pleine eau dont l'aire est représentée par tout le cours d'eau ou une zone étendue de celui-ci. Ils dépendent des isécies précédentes par leur alimentation, mais n'en font pas partie. Il convient de réserver à ces organismes une place particulière, vu leur influence sur les synusies du ruisseau.

Ces isécies n'ont rien d'absolu et consacrent avant tout la nécessité d'encadrer les problèmes. Il peut en effet exister divers intermédiaires entre isécies voisines. Ainsi le Plancton d'une eau de quelques cm de profondeur se confond avec le Necton et l'Épibenthon; il est parfois difficile de trouver la limite, mais, dans l'ensemble, ces strates fauniques sont nettes et caractérisées le plus souvent par des adaptations morphologiques et physiologiques de leurs composants. Chacune des biocénoses, pour être complète, devrait présenter ces différentes isécies. Il va de soi que ce cas ne se présente pratiquement jamais dans la nature. Cependant, il convient, lorsqu'on étudie une association animale aquatique, d'avoir le schéma présent à l'esprit pour n'oublier aucun composant important de la faune.

C'est en eau stagnante ou dans les faibles courants de profondeur moyenne que l'on rencontre les biocénoses les plus complètes. En effet, les eaux courantes un tant soit peu agitées sont toujours dépourvues de l'une ou l'autre isécie, généralement par l'absence du biotope envisagé. Le Plancton manque absolument, le Necton est rare, seul le Benthon est bien représenté. L'Eubenthon sera également absent en cas de courant violent.

Cette méthode, étudiant séparément les différentes isécies d'un milieu aquatique, a été appliquée pour deux raisons :

La première est d'ordre pratique; il faut utiliser en écologie des renseignements quantitatifs, et seul le traitement quantitatif de choses comparables a quelque valeur. Ainsi on ne peut comparer les différents organismes vivant dans le sol (tamisage de la vase recouvrant certaines surfaces) ou tous ceux qui vivent sur les pierres (appréciation fort grossière). Une comparaison des deux isécies n'aurait aucune valeur. Que dire alors de l'évaluation des synusies nectiques, par exemple?

La seconde raison est l'indépendance relative ou au moins les liens de dépendance de rigidité fort variable, qui unissent certaines isécies. Le Necton, par exemple, dépend de la faune du fond, mais de façon beaucoup moins qualitative que quantitative.

En outre, certaines isécies ont une dispersion géographique beaucoup plus grande que les autres. Les synusies nectiques sont beaucoup plus étendues que les benthiques, liées davantage aux questions de supports matériels.

Cette manière d'envisager l'écologie aquatique ne revient pas à nier les interactions des étages d'un biotope, mais uniquement à étudier ceux-ci séparément pour les regrouper ensuite dans la superposition qu'ils occupent dans les biotopes.

B. — L'EUBENTHON.

1. La synusie à *Chironomus tentans* FABRICIUS (groupe *Camptochironomus*). — C'est la première synusie qu'on peut rencontrer en descendant le Smohain, où elle n'occupe que de rares stations. Elle est avant tout remarquable par le peu d'exigences respiratoires que présentent ses constituants.

Le plus important des membres de cette association est le Diptère *Chironomus tentans* FABRICIUS, dont les larves rouge rubis peuvent former de véritables agglomérations constituées de milliers de tubes de vase verticaux, d'un gros diamètre et à orifice étroit dirigé vers le haut. Ces tubes sont fréquemment jumelés ou groupés par 4 ou 5, ce qui permet de les reconnaître aussitôt.

C'est dans une zone polysaprobie que l'on rencontre le plus d'exemplaires de ce Chironomide dans le Smohain : la « Source » B. Comme nous le verrons plus loin, cette source est fort lente, a un débit très faible et est polluée par les eaux ménagères d'une ferme. Le fond est couvert d'une épaisse vase noire, fétide, de grains très fins, contenant des fragments végétaux assez importants. C'est aux dépens de cette abondante nourriture que se développent les innombrables larves de *Chironomus*.

Le 22 janvier 1944, cette espèce, qui représente 87,5 % de la population totale de la source, offre une densité globale de 22.200 individus au m². C'est dire l'importance de la minéralisation des résidus organiques par les Chironomes. La semaine suivante, le nombre est resté à peu près le même : 25.300 au m², formant les 83,2 % de la population. Le 26 février, le nombre total de ces larves diminue fortement, vu la précocité de l'éclosion imaginale, et nous n'obtenons plus que 5.600 individus au m²; la proportionnalité s'est abaissée également à 12,2 % de la population. Le 2 avril, les larves de Chironomes rouges sont encore fort nombreuses, bien que toujours en régression. Mais les éclosions se faisant de plus en plus nombreuses, l'association finit par perdre sa principale caractéristique, pour qu'en été (5 août) *Chironomus tentans* FABRICIUS ait complètement disparu. Pendant tout le mois de septembre il sera introuvable également.

La deuxième espèce de la synusie est le Diptère *Ptychoptera albimana* MEIGEN, dont les grandes larves peuvent parfaitement vivre plongées entièrement dans la vase, l'extrémité du siphon respiratoire atteignant le niveau de l'eau. Nous retrouvons cette espèce, mais souvent beaucoup moins abondante, dans toutes les parties du ruisseau où la profondeur de l'eau le permet, c'est-à-dire où elle ne dépasse pas 4 à 6 cm, extension maximum du tube respiratoire. Le régime détritivore trouve des conditions idéales dans l'association à *Chironomus*, où, nous l'avons vu, le fond est revêtu d'un manteau organique épais. La fréquence de cette larve est surtout grande en hiver.

A la fin de janvier, un m² de fond nourrit 2.900 à 4.500 larves, ce qui représente 11,4 % à 14 % de la population totale; cette proportion est exprimée en nombre d'individus, le poids total de ceux-ci formant une fraction beaucoup plus importante.

A la fin février, ces conditions se maintenant, les éclosions n'ayant lieu que plus tard, l'association a fortement changé de caractère; les *Ptychoptera* atteignent presque le nombre des Chironomides à cette époque de l'année.

Vers le 18 mars, la nymphose commence à se produire. La nymphe vit dans les mêmes conditions que la larve. Cependant, les larves restent les plus nombreuses jusqu'au mois d'avril. Tandis que les premières nymphes éclosent à ce moment, les larves commencent alors à se nymphoser en masse et bientôt la station B sera dépourvue complètement de ces organismes.

Ainsi le 5 août, il n'y a plus dans la vase que le troisième composant de cette association *Tubifex tubifex* LINNÉ.

Cependant, dès le 14 septembre, quelques jeunes larves de *Ptychoptera* se montrent dans la vase, et le 29 septembre elles seront nymphosées.

On rencontre, outre ces deux insectes, un Oligochète qui, comme eux, se nourrit de vase et affectionne les fonds meubles : c'est *Tubifex tubifex* LINNÉ. Cet organisme se rencontre également dans d'autres associations de fond et n'est d'ailleurs jamais totalement absent. Cependant, l'association à *Chironomus* semble lui convenir particulièrement, au moins à certaines périodes de l'année. C'est ainsi qu'en hiver il est relativement peu abondant : 650 individus au m² (2,8 % de la totalité des habitants du fond). Bien entendu, au cours de l'année le nombre de ces vers va se maintenir et s'augmenter, tandis que les insectes qui l'accompagnaient en hiver passeront à l'état adulte. C'est ainsi qu'au printemps les *Tubifex* représentent 76,5 % de la faune du fond, pouvant compter jusqu'à 35.000 individus au m². De toutes façons, à n'importe quelle période de l'année, les *Tubifex* sont très abondants et rassemblés en plaques ondulantes qui tranchent sur la vase noire par leur couleur sang.

Au moment le plus favorable de l'année, en hiver, on peut encore trouver dans la vase de cette partie du ruisseau le Chironomide *Prodiamesa præcox* MEIGEN, qui n'y atteint jamais plus de 1 %. Il semble en réalité étranger à l'association et fait plutôt partie de l'association à *Micropsectra*, dans laquelle il est beaucoup plus important. A partir du printemps (18 mars) on ne le rencontre plus dans la Source B. tandis qu'il est encore bien abondant dans le reste du ruisseau. En outre, cet organisme n'y semble présenter que la génération hivernale (les adultes apparaissant au printemps).

Au point de vue « Biologie de la production » cette association est extrêmement peu intéressante

En effet, la plus grande partie des larves d'Insectes peut arriver à l'état adulte, vu l'absence presque complète de carnassiers (si l'on en excepte quelques animaux y pénétrant accidentellement). Ces Insectes adultes quittant l'eau pour s'accoupler, leur substance organique est perdue et ne sera plus récupérée.

Le moment de cette éclosion coïncide avec un abaissement de la teneur en oxygène dissous dans l'eau durant les mois chauds de l'année. Il ne reste alors dans la vase que *Tubifex tubifex* LINNÉ, Oligochète à hémoglobine, extrêmement résistant à l'asphyxie.

Lorsque cet organisme atteint son âge limite, il meurt et son cadavre retourne par la décomposition à la vase du fond. Il est minéralisé par l'action bactérienne.

A cet appoint en matières organiques se joint celui des cadavres des larves et nymphes d'insectes morts pendant leur métamorphose.

Tout le reste des substances nutritives dont vit l'association est puisé dans la source de pollution du biotope, qui est ainsi un espace vital ouvert et dépendant.

2. La synusie à *Micropsectra præcox* MEIGEN (Chironomide Tanytarsien). — L'association porte le nom de son principal composant, qui est abondant dans les sédiments de la zone voisine des sources. Dans le Smohain, cette association est typique de la région située entre b et g. Plus bas, elle dégénère et se transforme en association suivante. Le Chironomide caractéristique de ce groupe est un mangeur de détritus construisant un tube de vase cylindrique sinueux, recourbé vers le haut à son extrémité.

Dans le Smohain, cet organisme semble lié à plusieurs conditions : tout d'abord, il n'existe pas et ne se rencontre jamais dans la source B, dans laquelle, au cours de l'année, l'oxygène peut entièrement disparaître. Mais, bien qu'on le retrouve ensuite à peu près dans tout le ruisseau, il se raréfie fortement en aval de h.

Comme on le verra dans une partie ultérieure, la teneur de l'eau en oxygène ne cesse cependant pas d'augmenter de ce point vers l'embouchure. D'autres conditions semblent donc déterminer son abondance dans le haut cours.

Il forme dans la synusie à *Micropsectra* l'élément « organisant ». Il constitue par conséquent une réserve de substances organisées qui peut prendre des proportions énormes.

En b, le 29 janvier, en pleine période de vie larvaire, on peut compter 4.220 individus de *Micropsectra* au m²; plus bas, en c, avant l'embouchure de la Source C, on en compte 110.970 au m².

A partir de g, cette association, bien que présente, n'apparaît plus guère, le fond étant en bonne partie recouvert de pierres apportées sur lesquelles vit une autre association appartenant à l'épibenthon. On retrouve à la même date de l'année suivante la synusie typique en b, où *Micropsectra* constitue 72,7 % de la population du fond avec 26.400 exemplaires au m². A côté de ce Tanytarsien gravitent un certain nombre d'espèces, les unes dépendant de lui, les autres réunies là par les conditions écologiques.

Tout d'abord il faut citer un élément absolument constant, encore que peu commun : c'est la larve d'un Tanypine : *Anatopynia nebulosa* MEIGEN; elle dévore des larves de *Micropsectra* parfois presque aussi grandes qu'elle. Il arrive fréquemment qu'une prise de vase n'en contienne pas, mais il suffit d'insister pour en trouver à coup sûr.

Un troisième Chironomide caractéristique de l'association est *Prodiamesa olivacca* MEIGEN, extrêmement fréquent dans toutes les eaux à fond meuble, même là où la teneur en oxygène peut devenir très basse. Il n'est présent dans l'association que par suite de la rencontre de circonstances favorables : fond meuble, richesse du fond en matières organiques, teneur en oxygène généralement basse.

Il paraît fort résistant cependant à l'asphyxie et, selon O. HARNISCH (1929), il se place immédiatement après les larves de *Chironomus* sensu stricto à hémoglobine, et très loin avant le Tanytarsien qu'il accompagne ici et qui est infiniment plus sensible à la baisse de la teneur en oxygène. Nous reviendrons sur ce point.

Plus en aval, cette espèce se rencontrera encore plus fréquemment, mais elle appartiendra à d'autres synusies de l'Eubenthon. On pourrait lui accorder un degré de fidélité de 3. C'est encore un mangeur de détritus, mais il ne constitue jamais de populations aussi denses que *Micropsectra*.

Pendant les mois de janvier et février, son abondance a atteint 6,6 % du nombre des animaux présents, entre B et a; par contre, où la quantité d'oxygène est beaucoup plus basse, il atteint 50 % de la population totale, suivi d'assez loin par *Micropsectra* (30 %).

Cette abondance baisse d'ailleurs assez vite. En c, où le courant est rapide et l'oxygénation forte (voir p. 48), il atteint à nouveau 9 % de la population totale. En g, où la synusie n'est plus typique, il garde cette abondance au printemps (18 mars).

En l, par exemple, nous retrouvons, pour 72 % de *Micropsectra*, 15,3 % de *Prodiamesa*.

L'Oligochète *Tubifex tubifex* LINNÉ est encore une espèce fidèle de l'association à *Micropsectra*. Il représente une forte proportion des habitants du fond et parfois même dépasse le nombre des Tanytarsiens (c'est généralement le cas aux endroits où la teneur en oxygène s'abaisse fortement). C'est ainsi qu'en a, *Tubifex* représente 26,4 % des habitants du fond le 26 février, 31,1 % entre B et a; en c, il retombe à 0,7 %. En b, les *Tubifex* ne constituent que 11,2 % des larves du fond.

Deux mollusques bivalves font également partie de cette association *Pisidium casertanum* (POLI) et *Pisidium personatum* MALM.

Ces lamellibranches remontent jusque dans les sources et habitent tout le fond du ruisseau jusqu'à l'embouchure, de façon sporadique. Ils ne font donc partie de l'association que comme compagnes; ce sont des espèces eurytopes.

Le 26 février, en a, les 2 espèces réunies forment 3 % de la population totale, 10 % entre B et a, 3 % en c.

*
**

Un carnassier très abondant, bien que disséminé dans l'association à *Micropsectra*, est le Tipulide *Dicranota* sp., dont l'élevage ne m'a jamais réussi. In vitro, cette larve vorace se nourrit des larves de *Prodiamesa* et de *Micropsectra*. Elle semble exister toute l'année dans le ruisseau.

On rencontre moins communément un autre Tipulide carnassier, *Ephelia marmorata* MEIGEN, encore plus vorace que le précédent. Il ne fait partie de cette synusie que comme espèce compagne, mais il fréquente également une eau stagnante ou faiblement courante, pure, celle du marais d, où il fouit la vase organique; l'éclosion a lieu en avril et l'on rencontre encore des adultes en juin le long du ruisseau.

Enfin, étrangement rare dans le Smohain, mais combien plus abondant dans toutes des eaux courantes ou non, à fond vaseux, est le Mégaloptère *Sialis lutaria* FABRICIUS, carnassier féroce courant à la surface de la vase et se mettant même à l'occasion à fouir celle-ci. Il est vraisemblable que les Chironomides de l'association constituent la plus grande part de son alimentation. L'adulte vole déjà au 15 mai, pond une semaine plus tard et se rencontre encore fin juin.

Tel est dans son ensemble l'aspect de l'association à *Micropsectra* au cours des mois de janvier et de février dans le haut cours du ruisseau. Avec l'arrivée du printemps, les éclosions se multiplient et la faune change de caractère. En g, par exemple, le 18 mars déjà, les *Micropsectra* ne forment plus que 3 %, *Prodiamesa* 9 %, tandis que les *Tubifex*, en maturité génitale à ce moment, représentent 85 % de la faune totale.

Au cours de l'année, les divers animaux constituant la synusie évoluent de façon différente et peuvent se présenter en quantités fort variées. Le 27 mai, au point j (avant l'embouchure du ruisseau affluent), l'association comprend environ 32 % de Tanytarsiens, 25 % de *Prodiamesa* et 26 % de *Tubifex*.

L'association se modifie quand on se rapproche du bord; la quantité de *Micropsectra* baisse (6,2 %) au profit des *Prodiamesa* (50 %); les *Tubifex* diminuent aussi (6,2 %). En réalité, comme nous l'avons vu plus haut, ce point j est déjà en dehors de l'association à *Micropsectra* proprement dite. Cet abaissement de la proportion des Tanytarsiens peut aller jusqu'à leur disparition complète en juillet, en c et en d notamment; mais dès le mois d'août on retrouve dans la faune du fond de nombreux exemplaires jeunes de cette larve.

Au 26 août, au point d, elle forme à nouveau 77 % de la population totale, alors que *Prodiamesa olivacea* MEIGEN ne forme plus que 5,5 %. Au point a, au même moment, *Micropsectra* atteint 85,6 % de la population totale, alors que *Prodiamesa* atteint 6,6 %.

Au cours de l'automne, les proportions signalées au début de ce paragraphe se rétablissent et *Micropsectra præcox* MEIGEN redevient l'élément dominant.

Notons qu'en divers points une variante de cette synusie apparaît caractérisée par la différentielle *Psectrotanypus trifascipennis* ZETTERSTEDT. Ce sont les endroits où de grandes quantités de matières organiques se déposent, déversoirs de fermes, etc.

Dans le Smohain, on rencontre cette variante en g et j.

L'espèce différentielle *Psectrotanypus trifascipennis* ZETTERSTEDT est un Chironomide faisant encore partie des associations mésosaprobies en aval d'usines, etc. Il a donc une prédilection pour les eaux riches en produits organiques.

3. La synusie des sables d'aval à *Dyscamptocladius*. — Cette association est beaucoup plus riche en espèces mais plus pauvre en individus que les associations précédentes, ce qui semble indiquer qu'elle fréquente des biotopes plus « normaux », c'est-à-dire où les conditions de vie se rapprochent de la moyenne.

L'Oligochète *Limnodrilus claparedeianus* RATZEL fouit le sable. Il ne forme pas de plages denses comme *Tubifex tubifex* LINNÉ de la première association; il semble même qu'il vive librement dans le sable vaseux. Il n'est jamais fort abondant. Il représente cependant, tant est maigre cette faune du fond, 83 % des animaux. Il est difficile de décrire son rôle dans une association aussi pauvre.

Tubifex tubifex LINNÉ existe encore ici à l'état isolé, mais ne forme jamais de plage.

Le Chironomide déjà rencontré *Prodiamesa præcox* MEIGEN est constant, mais toujours peu abondant : il ne forme guère que 10 % de l'association. Il rencontre dans ce milieu-ci des conditions de vie fort différentes de celles de la synusie à *Micropsectra* et notamment une nourriture fort pauvre.

Un autre habitant fidèle de cette synusie est la larve de *Dyscamptocladius* sp. ⁽¹⁾, que l'on rencontre chaque fois qu'on la recherche, mais qui n'est pas assez abondante pour être citée dans un relevé quantitatif; peut-être y en a-t-il environ 2 par m² de fond. Cette larve y vit librement et est suffisamment constante pour caractériser la synusie.

Les larves de Cératopogonides *Bezzia* sp. se trouvent toujours aux endroits où la vase est plus profonde. Elles vivent sans tube ni fourreau d'aucune sorte.

Durant la plus grande partie de l'année, on rencontre dans les fonds les plus vaseux un représentant humivore de la synusie eubenthique : c'est *Ephemera danica* MÜLLER, dont les larves fouissent la vase superficielle. L'éclosion des adultes, du mois de mai au mois de juillet, n'appauvrit pas sensiblement l'association en Éphémères, car l'espèce passe plusieurs années au stade larvaire. *Sialis lutaria* FABRICIUS est le carnassier par excellence de la synusie et sa fréquence dans le Bas-Smohain est plus grande que dans les fonds vaseux de l'amont. Cependant, en prélevant quantitativement des échantillons du fond, on en trouve peu, tant la vie dans les dépôts de l'aval est disséminée. Il en est de même pour les larves d'*Ephemera*, auxquelles il est donc impossible de fixer un coefficient d'abondance.

Il faut en outre signaler que durant toute l'année on y trouve des Lamelli-branches de petite taille appartenant au genre *Pisidium*, *P. casertanum* (POLI), etc., comme il a été signalé plus haut.

En outre *Sphærium corneum* (LINNÉ), presque ubiquiste, y est constant,

(¹) Espèce dont l'élevage ne m'a pas réussi et que j'ai dû déterminer par la larve uniquement.

Nous ne voyons pas beaucoup de changements saisonniers se produire dans cette station. En effet, les *Tubifex* y vivent toute l'année. Les *Prodiamesa præcox* MEIGEN ont un stade imaginal fort long, de sorte qu'à tous les moments de l'année il en existe des larves dans l'eau. Nous pensons d'ailleurs que cette espèce présente deux générations annuelles. Les conditions dans lesquelles s'établit cette association fousseuse sont fort différentes de celles qui règnent dans le haut cours du ruisseau.

En premier lieu, le courant est beaucoup plus intense et le débit plus important. Cela entraîne la pauvreté du sable et la faible quantité de nourriture. En effet le courant empêche la sédimentation des particules organiques plus légères qui constituent la vase (sauf dans les eaux tranquilles); par conséquent, ce n'est que le sédiment plus grossier et minéral, tel que le sable, qui peut tomber au fond.

Par contre, l'agitation plus grande de l'eau en p et q amène une oxygénation intense de l'eau qui attire un plus grand nombre d'espèces animales. Nous rencontrerons donc cette association dans le Smohain dans toutes les parties à fond de sable en aval de n et jusqu'en s, où apparaissent les plantes submergées. Cette association est la plus courante et, en Brabant, la plus répandue de celles que l'on rencontre dans les ruisseaux. Par exemple, elle est la seule qui colonise le fond de la Pède, affluent de droite de la Senne, entre Pède-Sainte-Gertrude et Anderlecht. Elle est avant tout conditionnée par la pente médiocre, bien que plus forte que celle « des rigoles de sources », par un fond de sable, une concentration moins forte en substances dissoutes, une richesse en oxygène d'environ 100 % et par la température variable de plusieurs degrés durant l'année entière..

CHAPITRE III.

L'ÉPIBENTHON.

1. LES ASSOCIATIONS PÉTRICOLES.

Beaucoup plus riches en espèces que les associations de fond, les associations animales liées aux pierres sont celles que nous rencontrons dans la plupart des ruisseaux de montagnes. Elles sont souvent désignées à tort sous le nom de faune torrenticole.

La plus grande partie des auteurs qui se sont intéressés aux torrents et aux ruisseaux ont d'ailleurs considéré cette faune comme la principale, sans s'inquiéter des autres. C'est que dans les cours d'eau à forte pente, le fond est revêtu presque complètement de cailloux ou de blocs de rochers colonisés par la faune en question et dépourvu d'éléments fins et légers. L'absence de l'eubenthon ne peut donc nous étonner.

C'est dans un ruisseau de plaine tel que celui qui nous intéresse que l'on voit le mieux les conditions nécessaires à l'établissement d'un tel groupement faunistique.

Nous y distinguerons deux synusies.

A. — LA SYNUSIE PÉTRICOLE D'AMONT
ou SYNUSIE A *SPERCHON GLANDULOSUS* KOENIKE.

La première zone, où l'on voit des pierres au fond de l'eau, est le point g, où la route enjambe le ruisseau par un pont de briques. Des débris de ciment, briques, pavés de grès sont tombés à l'eau et couvrent le fond de celle-ci jusqu'au point g¹, où le ruisseau quitte le bord de la route. En cette première station, l'association pétricole est encore très pauvre. Une Planaire, la grande *Euplanaria gonocephala* DUGÈS, s'y rencontre en premier lieu. La station la plus élevée de cette Planaire dans le Smohain est formée par la source A et le ruisseau, un peu en aval de celle-ci. L'eau y est peu vive, à peine ridée, et le fond est constitué de vase sableuse peuplée par l'association à *Micropsectra*. On rencontre avec celle-ci *Planaria alpina* DANA, qui, en aval de ce point, fait défaut dans le ruisseau lui-même.

Parmi les humivores se rencontre très fréquemment en hiver le Chironomide *Brillia* sp., qui tisse sur les pierres des toiles lâches qu'il imprègne de limon et il y agglutine, dans les coins, quelques débris végétaux comme des brins d'herbe.

Déjà, à la fin de janvier, apparaissent quelques nymphes qui sont simplement accrochées à ces toiles et ne sont pas emmaillotées d'un fourreau. Cet animal représente, si l'on veut, l'élément « organisant » qui vit surtout de particules de boue et d'algues microscopiques apportées par le courant et accumulées dans ces pièges. Il s'agit là, en somme, d'une convergence avec le genre de vie que mènent de nombreuses larves de Trichoptères tendant des filets à plancton au travers des courants (*Hydropsychidæ*, *Polycentropodidæ*, *Philopotamidæ* et même *Psychomyidæ*).

Un de ces Trichoptères fait d'ailleurs partie également de cette association lapidicole d'amont : c'est *Plectrocnemia conspersa* CURTIS, que nous rencontrons depuis la région des sources, où il tisse des pièges entre les racines des plantes et dans les excavations du fond. Presque toutes les pierres abritent une larve de ce *Polycentropodidæ*. Il semble, de préférence, carnassier.

Un autre carnassier est le Trichoptère *Rhyacophila septentrionis* MACLACHLAN, habitant toutes les stations empierrées du Smohain et qui atteint ici sa limite amont, pour la raison suivante : *Rhyacophila* supporte parfaitement les conditions de vie dans les sources, comme on peut le constater dans le bas ruisseau à plusieurs reprises, mais à la condition d'y trouver des pierres.

On est plus étonné de trouver ici, comme espèce « accidentelle », la larve de *Simulium ornatum* MEIGEN. Ce Diptère fait surtout partie des associations phyto-

philes qui environnent la station en question. On le rencontre en effet, par milliers, sur les feuilles de *Glyceria* flottant au gré du courant. C'est sa station d'élection. Sur les pierres, cette larve est plus rare. Je suppose qu'elle y est insuffisamment agitée dans le courant et que ce mouvement est indispensable ou très favorable à son genre d'alimentation.

Dans les rivières à courant plus violent *Simulium ornatum* MEIGEN colonise parfaitement la surface des pierres.

Le Chironomide qu'il convient d'envisager en second lieu sous le rapport de l'abondance et rencontré dans cette association est une petite larve rosée de la sous-famille des *Pelopiinae* : *Ablabesmyia* groupe *tetrasticta* KIEFFER; quoique ce groupe soit carnassier, il nous semble que cet organisme est plutôt omnivore ou humivore, car la dissection de son intestin ne nous a jamais livré de débris animaux reconnaissables, mais bien des traces d'humus végétal. Il est presque aussi fréquent que *Brillia* sp. sur les pierres du point g, mais seulement en hiver (février). A partir du mois de mars, il a disparu de cette station.

Un représentant aussi temporaire de la faune pétricole est l'Éphéméroptère *Paraleptophlebia submarginata* STEPHENS, dont les larves vivent de débris organiques trouvés sur et sous les pierres. Cet animal n'est pas rare en hiver (janvier à mars); il est adulte à la fin mai et ne vole guère fort loin de l'endroit qui l'a vu naître.

Il reste à citer une espèce fidèle de cette association : c'est *Helmis maugei* BEDEL, Coléoptère *Helmidae* qui s'agrippe aux aspérités des pierres, tant à l'état de larve qu'à celui d'imago. On le rencontre aussi dans les mousses lorsqu'il y en a; ces végétaux font, en cet endroit du Smohain, complètement défaut. Le régime de ce Coléoptère est phytophage ou même humivore, à l'état larvaire; *Helmis maugei* habite cette station durant toute l'année.

Suivant l'opinion de G. NIETZKE, cette espèce serait surtout phytophile et ne coloniserait le biotope « pierres » que comme espèce « voyageuse » entre le biotope plantes et les pierres; c'est manifestement le cas dans de nombreux ruisseaux à fond de pierres couvertes de mousses. Cependant, il nous paraît que son vrai biotope est le fond de pierres et qu'il ne se rend dans les massifs de végétaux que pour chercher sa nourriture. En l'absence de végétaux, la larve, aussi bien que l'adulte, s'alimente vraisemblablement de détritiques organiques, mais ne quitte pas le biotope.

Un Coléoptère, beaucoup plus phytophile cette fois, s'égare parfois dans l'association des pierres; c'est *Helodes minutus* LINNÉ, dont la larve est une espèce constante des stations riches en plantes dans toute la vallée supérieure du ruisseau. Cet organisme vit parfaitement en eau stagnante claire, même dépourvue de végétaux; dans les sources, on le rencontre fréquemment groupé sous les pierres par dizaines d'individus (source O, 18-3-1944). On peut donc, en passant, le signaler comme espèce accidentelle, à propos de la faune lapidicole du ruisseau.

De nombreuses larves de l'Éphéméroptère *Bætis vernus* CURTIS atteignent parfois la station « pierres » de l'amont. Elles proviennent toutes du biotope

végétal représenté plus en aval et n'appartiennent que transitoirement à la station qui nous intéresse ici. Il m'a semblé, peut-être à tort, que ce sont surtout les larves mûres, prêtes à l'éclosion, ayant déjà les fourreaux alaires noirs, qui affectionnent les pierres, au moins aussi haut dans le ruisseau. Extrêmement rare en hiver, cette larve devient plus commune à ce niveau du ruisseau, quand l'été approche (11 juin), et elle peut même remonter plus haut jusqu'en c et même en a pendant l'été. C'est donc bien une espèce étrangère à l'association pétricole.

L'association pétricole d'amont comprend une autre station située plus bas en j, point où le ruisseau est enjambé par un pont de pierres dont les débris tombés à l'eau constituent le support des organismes.

Vient ensuite un groupe d'espèces que nous pourrions tout simplement reporter à un paragraphe ultérieur, puisqu'il constitue une association nettement distincte de celle des pierres. Cependant, comme il est rare de se pencher sur une pierre partiellement immergée sans rencontrer un de ces insectes, nous devons les citer ici : il s'agit d'organismes recherchant les pierres mouillées par une fine pellicule d'eau surélevée par capillarité au-dessus du niveau du ruisseau; on l'appelle d'un terme hybride, mais consacré : l'association hygropétricole. Elle est représentée dans le biotope qui nous intéresse par les Psychodides *Pericoma* sp., *Psychoda* sp., le Dixide, *Dixa nebulosa* MEIGEN et l'Hydrophilide *Helophorus aquaticus* LINNÉ. Nous en reparlerons plus loin.

La station pétricole d'amont est en outre caractérisée nettement par l'ensemble des Hydracariens qui l'habitent. Ces animaux mènent un genre de vie analogue, se déplaçant à la surface des pierres, à la recherche d'une nourriture animale.

Aussitôt qu'une pierre est enlevée de l'eau, ces arachnides minuscules sont appliqués sur leur support par la tension superficielle du film d'eau restant et il devient difficile de les repérer. Cependant, aux endroits où la surface est irrégulière, ils continuent à se mouvoir et gagnent les anfractuosités infimes de la pierre, où ils s'entassent à plus d'une dizaine, sans distinction d'espèces. Il faut attendre que la sécheresse ou l'asphyxie les fassent sortir pour pouvoir s'en emparer.

Les nymphes sont libres également et il est impossible de les distinguer à l'œil nu du stade définitif. Enfin les pontes sont également disposées à la surface des mêmes pierres.

Voici la liste des espèces rencontrées en g :

Megapus nodipalpis fonticola VIETS.

Megapus nodipalpis pennata VIETS.

Megapus spinipes KOCH.

Sperchon (*Sperchon*) *glandulosus* KOENIKE.

Sperchon (*Hispidosperchon*) *denticulatus* KOENIKE.

Sperchon (*Hispidosperchon*) *setiger* THOR.

Chacun de ces Acariens a reçu une désignation écologique qui lui fut attribuée par les auteurs suivant les stations où il fut découvert.

Megapus n. fonticola est un crénophile sténotherme d'eau froide.

Les autres Acariens sont rhéophiles et *Sperchon denticulatus* et *Sperchon setiger* sont rhéobies.

Nous verrons plus loin ce qu'il faut penser de ces appellations.

A cet emplacement, et particulièrement en été, le colmatage des pierres du fond dans la vase est très intense, phénomène déjà indiqué par G. NIETZKE dans le lit de la Kossau, et, naturellement, les organismes liés aux pierres sont ici mêlés à ceux qu'hébergent habituellement les fonds meubles.

L'association lapidicole de la station j est semblable à celle de g, mais nous constatons un fait curieux : tandis qu'elle s'enrichit de formes venant de l'aval et appartenant à l'association suivante elle perd, d'autre part, les espèces semblant localisées en amont. Parmi ces dernières, citons les Acariens du genre *Megapus*, qui paraissent liés aux pierres vers la source du ruisseau et que nous avons recherchés en vain au niveau de j. Il ne nous a été possible de trouver ici que *Sperchon denticulatus*, *Sperchon setiger* et *Sperchon vaginatus*. Le Chironomide *Brillia* sp. semble également se raréfier sur les pierres de la nouvelle station, bien qu'on puisse encore le rencontrer.

Par contre, nous voyons se multiplier les larves de *Rhyacophila septentrionis* MAC-LACHLAN et celles de *Silo pallipes* FABRICIUS, Trichoptère dont le fourreau alourdi de pierres latérales sert généralement d'exemple d'adaptation au courant.

Un autre phénomène bien compréhensible est la multiplication des formes phytophiles sur les pierres de j. Cela s'explique par l'invasion estivale de nombreuses Phanérogames qui finissent par voiler entièrement le fond pierreux.

C'est ainsi que les larves de *Bætis vernus* CURTIS, accidentelles en g, sont ici, même en hiver, plus fréquentes, quoique étrangères à cette association. Elles s'y rencontrent même à l'état jeune.

Au cours de l'année, l'association lapidicole se modifie comme toutes les autres. Le niveau de l'eau s'abaisse fortement et le courant faiblit de façon nettement perceptible, ce qui conduit à l'envahissement des pierres par des sédiments organiques légers. Ceux-ci ne sont pas du sable, mais de la vase fine déjà fort minéralisée. Cependant, particulièrement en g, les pierres restent visibles. Ainsi, au point j, on voit apparaître, à la fin mai, quelques larves très jeunes de *Micropsectra* et de *Prodiamesa* sur le limon fin saupoudré sur les pierres. Sans les pluies de fin d'été, on comprend qu'une association fousseuse à *Micropsectra* viendrait supplanter définitivement l'association lapidicole.

La population d'Acariens se maintient, mais le nombre d'exemplaires diminue, à part celui des espèces *Sperchon denticulatus* KOENIKE et *Sperchon setiger* THOR, qui semble augmenter.

Déjà le 18 mars, les pierres du fond seront habitées par des nymphes de *Rhyacophila septentrionis* MAC-LACHLAN, dont le cocon est abrité dans une logette de petits cailloux.

L'adulte de cette espèce apparaît et quitte l'eau à la fin avril; mais il en reste toujours à tous les stades dans le ruisseau, l'espèce pouvant encore éclore vers la fin du mois de septembre et voler alors jusqu'à la mi-octobre.

Silo pallipes FABRICIUS éclôt sur une période beaucoup plus brève et les pierres en sont ainsi totalement privées de juin à juillet. Dorénavant, de j vers l'aval, partout où l'on trouve les larves de cette espèce, elles seront souvent parasitées par l'Ichneumonide *Agriotypus armatus* CURTIS.

Le Polycentropide *Plectrocnemia conspersa* CURTIS présente également une période de vol réduite et se rencontre tout le reste de l'année dans le ruisseau.

Il en est de même des Éphéméroptères, particulièrement *Paraleptophlebia*, dont le temps de vol est limité à la fin juin. Très difficiles à repérer par suite de leur taille infime, les larvules de cette espèce n'ont pas été rencontrées avant le mois de novembre, époque où elles habitent les pierres. Il est fort possible aussi que, fort jeunes, elles fréquentent un autre biotope, par exemple la surface de la vase entre les pierres, où elles trouvent une nourriture plus abondante.

Quant à la larve *Bætis vernus* CURTIS, elle est, avons-nous dit, phytophile. Cependant, l'été, on la voit fréquenter les pierres plus ou moins surplombées par les végétaux. Cette espèce se rencontre à tous les moments de l'année dans le ruisseau; en effet, elle éclôt au cours de toute l'année et l'on rencontre des larves de tous les âges en même temps.

B. — LA SYNUSIE PÉTRICOLE D'AVAL A HYDROPSYCHE.

Ce groupement faunique est formé, comme le précédent, de deux groupes intriqués : l'un composé d'animaux immobiles ou peu actifs, l'autre d'animaux actifs vivant aux dépens des premiers et associés avec eux. L'élément immobile « édificateur » est composé du Bryzoaire *Plumatella fungosa* PALLAS, formant de petites colonies appliquées aux pierres. Parfois cependant, en s'aidant des rameaux de *Fontinalis*, la colonie se développe en hauteur et peut acquérir un volume de quelques cm³. Dans les rameaux de la colonie où ils s'abritent, grouillent de nombreux exemplaires du Chironomide *Metriocnemus impensus* WALKER. Lorsque les *Fontinalis* croissent sur les pierres, on ne manque pas d'y trouver *Ephemerella ignita* PODA, grande et belle larve mouchetée d'Éphéméroptère, qui semble liée à ces gazons de mousses. On la retrouve aussi dans les touffes de *Cladophora glomerata*, mais jamais sur les pierres nues.

Sur les pierres non recouvertes par les mousses se voient encore les fourreaux flexueux des *Rheotanytarsus* sp. plus ou moins groupés, contenant de petites larves blanchâtres, et non plus rouges, dont le régime est également microphage.

Le Coléoptère déjà cité dans la synusie précédente : *Helmis maugéi* BEDEL, est ici beaucoup plus fréquent et ses larves aplaties sont parfois, sur un seul caillou de 25 cm², au nombre de 5-7.

Deux autres larves d'Insectes déjà rencontrées en amont peuplent les pierres qui servent de support à la présente association.

Ce sont *Bætis vernus* CURTIS et *Paraleptophlebia submarginata* STEPHENS. Les larvules du premier de ces Éphéméroptères sont parfois si communes (notamment le 10 avril 1944) que les pierres en sont littéralement couvertes. Signalons en outre deux Acariens, déjà rencontrés, mais beaucoup plus nombreux ici : ce sont *Sperchon denticulatus* KOENIKE et *Sperchon (Hispidosperchon) setiger* THOR.

De la faune errante font partie les larves de Trichoptères, celles des Coléoptères, quelques Diptères et une Planaire : *Euplanaria gonocephala* DUGÈS.

L'insecte caractéristique est ici *Hydropsyche angustipennis* CURTIS. Cette larve vit sur les pierres, cachée dans un nid de soie tissée, dont dépend un piège à tamis servant à capturer des proies ou à capter des particules végétales. Cette larve n'est donc pas particulièrement carnassière. Elle ne peut résister, dans l'agitation du courant, que grâce à son fourreau en nasse.

Ici encore *Rhyacophila septentrionis* MAC-LACHLAN est abondant à tous les stades jeunes.

Silo pallipes FABRICIUS et *Agriotypus armatus* CURTIS, qui le parasite, sont très communs. Enfin *Stenophylax stellatus* CURTIS traîne sur les pierres son lourd fourreau de gravier durant toute la bonne saison. Il recherche les proies animales. Fréquemment on le rencontre dévorant une nymphe de *Rhyacophila* ou d'*Hydropsyche* dégagée de son fourreau. En élevage, non seulement il dévore d'autres Trichoptères à fourreau tels que *Sericostoma pedemontanum* MAC-LACHLAN, mais encore s'attaque-t-il à des exemplaires de sa propre espèce.

Le Séricostomatide *Lasiocephala basalis* KOLENATI fait également partie de cette synusie, où ses fourreaux aigus et courbés sont généralement groupés en bouquets dans les interstices des pierres.

Une autre espèce de la même famille ne fait partie de cette synusie que durant sa nymphose, ce qui réduit son action écologique à peu de chose, vu son apathie complète durant cette période : c'est *Sericostoma pedemontanum* MAC-LACHLAN, qui appartient à l'Épibenthon des zones à sédiments meubles. Nous en reparlerons à cette occasion.

Enfin un dernier constituant trichoptérien de la synusie est *Hydroptila* sp. C'est à la face inférieure des feuilles que sont généralement groupés les fourreaux de cette larve. Son régime est végétarien ou détritivore et elle est toujours fort rare dans le Smohain.

Les larves actives de Coléoptères comprennent celles du Gyrinide *Orectochilus villosus* MÜLLER, qui, en été, se tapissent sous les pierres, où elles vivent de rapines. L'adulte appartient à l'Éphydron des mêmes endroits du ruisseau.

Un petit sous-groupe à signaler ici, faisant partie de la synusie à *Hydropsyche*, est celui qui vit dans les touffes de mousses ou d'algues : *Fontinalis antipyretica* ou *Cladophora glomerata*. Il comprend de façon constante *Ephemerella ignita* PODA, qui en est caractéristique; le Bryozoaire *Plumatella fungosa* PALLAS peut également coloniser ce biotope.

En outre, il faut signaler *Helmis maugéi* BEDEL, l'Acarien *Sperchon clupeiifer* PIERS (trouvé une fois : 27 août) et un Oligochète terricole. Ce groupement ne se présente dans le Smohain qu'une seule fois sous cette forme complète.

Dans les endroits où le courant est particulièrement violent (p), on rencontre, dans le Smohain, la larve de *Melanochelia riparia* FALLEN, caractéristique des associations de mousses de cascades en d'autres régions du pays. Une seule fois (le 18 mars), nous y avons rencontré un exemplaire très jeune du Diptère *Atherix ibis* FABRICIUS, carnassier muscicole.

L'évolution des synusies lapidicoles d'aval (à *Hydropsyche*) au cours de l'année diffère par un point essentiel de celle des synusies d'amont : le courant est toujours suffisamment fort pour empêcher l'envasement, le colmatage des pierres qui constituent le support des associations en question.

En conclusion, l'association peut devenir permanente et les espèces qui ont une vie larvaire longue avec une période de vol bien délimitée peuvent y trouver asile; c'est le cas pour *Silo pallipes* FABRICIUS, *Hydropsyche angustipennis* CURTIS, *Sericostoma*, *Lasiocephala*, *Ephemerella*.

Les principales modifications que nous venons de voir se produire sont, avant tout, dues à la disparition de l'un ou l'autre composant qui s'envole à l'état adulte. C'est surtout en été que se manifeste cet appauvrissement.

2. L'ÉPIBENTHON DES FONDS VASEUX.

1. Synusie à *Plectrocnemia conspersa* CURTIS. — Les fonds vaseux d'amont, c'est-à-dire ceux qui hébergent particulièrement la synusie à *Micropsectra præcox* MEIGEN, supportent la synusie à *Plectrocnemia*, sans que ces deux strates se superposent exactement.

Plectrocnemia conspersa est ici l'organisme dominant; d'abondance moyenne parmi les racines des végétaux et, parmi toutes les inégalités du sol, il tisse son piège de soie, où il capture de menues proies, mais aussi de plus grosses bêtes si l'occasion s'en présente : larves de Tanytarsiens arrachées de leur milieu par accident, larves de *Prodiamesa* et, en captivité, même ses propres larves.

Dans la même station vit la larve du Plécoptère *Nemurella picteti* KLAPALEK, qui peut y devenir fort commune, particulièrement au voisinage des sources A, C, où elle semble se nourrir de détritiques variés. Fréquemment, cette larve est couverte de vase lorsqu'on la retire de l'eau. Elle semble utiliser un moyen de camouflage; cependant, elle ne paraît pas avoir des habitudes particulièrement fouisseuses,

car on peut l'observer aisément, se mouvant avec agilité, tout envasée, sur le fond et parmi les détritiques végétaux.

On y rencontre encore la larve du Dytiscide *Gaurodytes paludosus* FABRICIUS, qui, comme toutes ses semblables, est de mœurs carnassières. Ajoutons que le Crustacé *Asellus aquaticus* LINNÉ peut y vivre également. Cependant, il semble que sa présence soit liée à une quantité suffisante de détritiques.

On rencontre, errant sur le fond meuble à cet endroit, d'une façon constante, semble-t-il, l'Acarien *Sperchon squamosus* KRAMER. Cet animal est considéré comme crénophile dans les pays de plaines.

Dans la synusie à *Plectrocnemia*, l'Acarien est extrêmement disséminé. Je l'ai trouvé tant en a qu'en c, jamais plus bas dans le ruisseau.

2. Synusie à *Sericostoma pedemontanum* MAC-LACHLAN. — Elle correspond à la synusie à *Plectrocnemia*. Comme celle-ci, elle fait partie de l'épibenthon des fonds meubles, mais elle est composée d'espèces bien distinctes et habite la partie aval du Smohain.

Le Trichoptère *Sericostoma pedemontanum* MAC-LACHLAN est ici, à l'état larvaire, caractéristique, sa nymphe appartenant, avons-nous vu, à l'épibenthon des fonds pierreux. Cette larve est détritivore et se meut activement sur le sable. Le courant étant plus violent en cet endroit, l'animal ne peut s'y maintenir que grâce à son lourd fourreau quelque peu hydrodynamique (conique et légèrement courbé). Le sable qui tapisse le fond de l'eau est le matériau dont cet insecte construit son fourreau. Cette larve devient souvent la proie de carnassiers, notamment de Trichoptères (*Stenophylax*, *Rhyacophila*, etc.), surtout au moment de la nymphose, où elle gagne les fonds pierreux. C'est probablement dans la nécessité qu'éprouve l'insecte à fixer ce fourreau à un support qu'il faut chercher l'explication de ce comportement.

La nymphose, comme l'éclosion imaginale, semble conditionnée avant tout par l'élévation de la température.

Dans le Smohain, les *Sericostoma* ne volent que du début de juin à la mi-juillet, tandis qu'en élevage j'ai obtenu des adultes dès le 1^{er} avril. Une seconde espèce à signaler à cet endroit est le Némuride *Nemura marginata* PICTET, dont les larves ne sont pas rares aux endroits quelque peu abrités du courant. Elles sont également détritivores ou carnivores et ont coutume de se recouvrir de débris organiques. La dernière mue (imaginale) a lieu au début de mai à la mi-juin. Ce Plécoptère n'a qu'une génération par an. La résistance au courant est ici réalisée grâce à la petite taille de ce Némuride et à sa reptation contre le fond dans les endroits les moins rapides.

On voit donc qu'au début de l'été cette association disparaît entièrement de l'épibenthon et, en réalité, il ne reste en ces endroits que fort peu d'organismes.

Quelques fouisseurs de la synusie à *Dyscamptocladus* sont les seuls animaux peuplant encore ces parages du ruisseau.

CHAPITRE IV.

LES AUTRES ISÉCIES.

1. L'HYDROBIOS.

L'Hydrobios est l'isécie qui n'est plus en contact direct avec le fond, sans toutefois se mouvoir continuellement à la nage; c'est, en un mot, l'ensemble de la faune phytophile, habitant les hydrophytes radicants. Ces organismes sont ici livrés davantage aux caprices du courant et de l'eau libre, et plus indépendants de la nature du fond. Cependant, les plantes enracinées sont liées à certaines structures du sédiment et ne se rencontrent pas tout le long du ruisseau. Cette isécie ne semble pas constituer différentes synusies dans le Smohain.

Les plantes qui constituent l'habitat appartiennent surtout à 6 espèces : *Callitriche verna* LINNÉ, dont les touffes apparaissent à partir du cours moyen (point l) dans les endroits à fond meuble. Cette plante devient surtout commune de m en p et locale en aval de q. Elle exige naturellement un courant ralenti permettant la sédimentation.

Helosciadium nodiflorum LAG. est une plante du cours supérieur, où, de a en d, elle peut encombrer le lit du ruisseau au point d'entraver complètement le mouvement de l'eau. Cette plante très envahissante et disparaissant entièrement en hiver constitue un apport très sérieux de substance organique au milieu aquatique.

Glyceria fluitans R. B. et *Catabrosa aquatica* P. B. sont surtout des Graminées à racines terrestres qui prennent rarement racine dans l'eau même. Leurs feuilles s'inclinent dans l'eau et ondulent avec le courant. Elles sont très communes dans le cours moyen du ruisseau.

Elodea canadensis RIS ne remonte pas plus loin que le bas ruisseau, où elle occupe les fonds vaseux et manque absolument sur le sable. Elle est l'un des plus mauvais réceptacles de microorganismes.

Potamogeton crispus LINNÉ forme des peuplements assez denses dans le cours tout à fait inférieur du ruisseau de t à l'embouchure et sert de refuge à de très nombreuses larves aquatiques et à des mollusques.

On y trouve 3 organismes spécialisés :

Bætis vernus CURTIS, déjà rencontré précédemment, peuple par milliers à l'état larvaire, après avoir dépassé le stade larvule, qui est plutôt lapidicole, les plantes aquatiques, tant celles qui sont enracinées au fond même que les plantes de la berge, dont les feuilles sont entraînées dans le courant. C'est un végétarien; les plantes qu'il préfère sont des Graminées à feuilles flottantes, telle *Glyceria fluitans* R. B.

Chætopteryx villosa FABRICIUS est un Trichoptère nettement phytophile qui vit au printemps et en été sur *Callitriche verna* LINNÉ, *Helosciadium nodiflorum* LAG. et les Graminées.

La nymphose, qui s'accomplit en automne (septembre, octobre), correspond à une disparition complète de l'espèce dans le biotope végétal.

Enfin les larves et les nymphes de *Simulium ornatum* MEIGEN se rencontrent pour la plus grande part sur les feuilles des Graminées, flottant dans le courant. Les larves se tiennent avec l'extrémité postérieure tournée vers l'amont. Ce sont des microphages qui sont vraisemblablement liées à la pleine eau par leurs besoins en oxygène.

Il y a deux ou trois générations annuelles, dont la première peut être fort hâtive (éclosion depuis le mois de mars).

Au cours de l'année, cette synusie ne s'appauvrit guère : *Bætis vernus* CURTIS ainsi que *Simulium ornatum* MEIGEN, offrant plusieurs générations annuelles, sont toujours présents. *Chætopteryx* disparaît en fin d'été. Sur *Potamogeton crispus* LINNÉ, on rencontre dans le bas Smohain (de s à u) un Chironomide végétarien : *Polypedilum convictum* WALKER, qui y construit une galerie gélatineuse à la surface des feuilles, à la façon des larves du genre *Cryptochironomus*. L'éclosion a lieu fin juillet.

2. L'ÉPHYDRON.

Cette isécie représente, au moins par certains côtés, un groupement extérieur au ruisseau.

Dans les eaux fort courantes, ce groupement est composé d'un petit nombre d'espèces d'insectes, notamment des Diptères adultes qui se posent fréquemment à la surface de l'eau et s'y maintiennent quelques instants, sans faire partie de cette isécie. Je ne les ai pas envisagés. Je me suis occupé uniquement des animaux qui normalement se déplacent à la surface de l'eau, qui devient ainsi leur habitat d'élection.

Ce sont, dans le Smohain, des insectes.

L'hémiptère *Velia currens* LINNÉ est bien connu; il se meut avec rapidité, à contre-courant, sur l'eau, mais lorsque la vitesse de celle-ci devient grande, l'insecte se réfugie dans des anses plus tranquilles. C'est ainsi que ces refuges donnent asile à de nombreux essaims de *Velia* attendant une accalmie pour se jeter en plein courant. Dans les endroits plus calmes, par contre, on les rencontre à n'importe quelle distance du bord. Leur régime est carnassier; il se compose de petits animaux ou de débris animaux amenés par le courant, mais généralement tombés des végétaux surplombant le ruisseau.

Un autre insecte de l'Éphydron est le gyryn *Orectochilus villosus* MÜLLER, qui n'est pas rare dans le ruisseau dans la région de plus grande vitesse (q); il vit par bandes de trois à une dizaine, ne se déplaçant que contraint dans le courant. A l'état larvaire, nous avons déjà rencontré cet insecte sous les pierres de la

synusie à *Hydropsyche*; comme sa larve, l'imago est carnassier. Nous ne l'avons jamais capturé en amont du point p.

L'Éphydron ne comprend dans le Smohain aucun autre Gyrinide, ce qui peut paraître étonnant si l'on considère que ceux du genre *Orectochilus* sont généralement beaucoup moins fréquents que ceux du genre *Gyrinus*.

Enfin une famille de Diptères dont le nom est évocateur fait également partie de cette isécie : ce sont les Éphydrides. Une espèce semble constante à la surface de tout le ruisseau, mais uniquement dans les endroits calmes. Je n'ai pas pu trouver sa larve.

Au cours de l'année, l'Éphydron se modifie; il disparaît entièrement en hiver. *Velia currens* LINNÉ s'enfouit dans la vase des rives et même des hauts-fonds, qui peuvent être accidentellement submergés. La vie ralentie menée par l'insecte à ce moment lui permet peut-être de respirer fort peu, ce qui expliquerait qu'un Hémiptère à respiration par stigmates ouverts se maintienne sous l'eau plusieurs semaines.

Des Gyrins, nous ne pouvons rien dire, n'en ayant pas trouvé en hiver; peut-être sont-ils tous morts dès l'arrivée du froid.

Enfin les Éphydrides n'existent plus, à l'état adulte, en hiver. Ce sont des animaux d'été qui sont abondants vers les mois de juin à août.

3. LE NECTON.

Le necton proprement dit est formé de l'ensemble des animaux qui nagent.

Nous avons placé cependant dans cette isécie un groupe d'animaux qui fait la transition avec l'épibenthon.

C'est le groupe des Amphipodes. Par leurs habitudes de locomotion, il s'agit bien d'animaux nectiques, mais, par leur dépendance étroite avec le fond, les plantes ou les pierres, certaines réactions presque fouisseuses, il faudrait les considérer comme épibenthiques. Les recherches ultérieures concernant leur « sociabilité » permettront probablement de les adjoindre à des associations déterminées et, par là, à leur assigner une isécie précise.

Gammarus pulex pulex LINNÉ recherche les coins de sources plantés de *Nasturtium officinale* R. B. et de *Helosciadium nodiflorum* LAG.; dans le Smohain il se localise surtout dans les sources.

Gammarus pulex fossarum KOCH existe partout dans le ruisseau, tant sur fond de pierres que sur fond meuble, parmi les plantes et les débris de bois pourri, etc. C'est un animal typiquement ubiquiste qui ne semble avoir aucune préférence. Sur fond de sable, il arrive fréquemment à ces organismes, surtout aux jeunes, de s'enfouir partiellement dans le sédiment.

Enfin *Echinogammarus berilloni* CATTÀ n'est pas rare dans notre ruisseau, où il vit tantôt seul gammare, tantôt en compagnie de *G. pulex fossarum* KOCH. Il ne se rencontre qu'en aval de m et jusqu'aux environs de l'embouchure. On le rencontre dans les endroits où l'eau coule sur galets en graviers et où

elle est fort agitée (m, n, o, p). Dans les touffes de *Callitriche* ou de *Glyceria*, où *G. pulex* LINNÉ est fort abondant, on rencontre de temps en temps un *berilloni* CATTI, souvent un exemplaire juvénile; cette espèce préfère le voisinage du fond. Dans les remous de la chute en p, c'est presque uniquement cette espèce qu'on peut trouver. *G. pulex* (LINNÉ) y est peu abondant et, vraisemblablement, il s'agit là d'exemplaires entraînés accidentellement.

Les autres animaux du necton sont, avant tout autre groupe, des poissons.

Indépendants dans une large mesure des associations qui peuplent le fond, ces organismes sont susceptibles de déplacements fort étendus et leur milieu est, en réalité, l'ensemble du ruisseau et parfois même, suivant l'espèce, plusieurs cours d'eau d'un même bassin. Dans le Smohain nous ne trouvons qu'une seule espèce autochtone : c'est l'épinoche *Gasterosteus aculeatus* LINNÉ, qui n'est d'ailleurs jamais fort commune. Il est fort difficile d'étudier les mœurs de ce poisson farouche. Les jeunes sont fréquents dans les touffes de végétaux, dont ils ne s'écartent guère. Les adultes, par contre, nagent à contre-courant en pleine eau, là où elle n'est pas trop agitée. Pendant les mois d'hiver on en capture fort peu. Ils semblent se dissimuler sous les objets fixés ou enfouis dans la vase. Les premiers furent rencontrés vers la fin de février dans le cours moyen du petit affluent j, où ils sont fort abondants (1^{er} avril), alors que, dans le Smohain, ils sont beaucoup plus rares. Cependant, au cours de l'été, on les rencontre de plus en plus haut (vers la fin mai en d). Enfin, un alevin très jeune fut capturé en a, au mois d'août.

CHAPITRE V.

LES ASSOCIATIONS EXTÉRIEURES AU RUISSEAU.

Le ruisseau proprement dit est accompagné de biotopes aquatiques souvent très différents; les sources et les pierres mouillées. On distingue donc une faune crénophile et une faune hygropétricole. On devrait y ajouter une faune des mousses éclaboussées (vivant sur les pierres des cascades, les murs des harages, etc.), qui n'entre pas généralement dans ces catégories.

A. — LA FAUNE CRÉNOPHILE.

Dans la région qui nous intéresse ici, les sources sont bien différentes de celles des pays montagneux ou simplement des régions à sol acide. Celles du Smohain, sauf celles de la 4^e catégorie, sont des rhéocrènes à courant faible pouvant faire passage à des hélocrènes. En les classant d'après leur faune, on peut distinguer :

A. — Des sources pauvres où les communautés crénophiles sont peu nombreuses et incomplètes. Le fond est sableux, à ressources alimentaires réduites.

La faune dépend des ressources extérieures (exemples : D1 et D2). On y rencontre :

Gammarus pulex pulex (L.).
Planaria alpina (DANA).
Limnæa truncatula (MÜLLER).
Nemurella Picteti KLAPALEK, rare.
Helodes minutus LINNÉ.

Quand des mousses y prennent naissance, elles abritent, en outre, plusieurs espèces de Psychodides :

Psychoda sp.
Pericoma sp.
 et des Chironomides : *Brillia modesta* MEIGEN (sources : H, O₁ R).

Les mousses sont *Amblystegium filicinum* DMT., *Brachythecium rivulare* R.

B. — Des sources à *Nemurella Picteti* KLAPALEK : espèce élective :

Planaria alpina (DANA).
Gammarus pulex pulex (L.).
Chætopteryx villosa FABRICIUS : larvules.
Gaurodytes paludosus FABRICIUS.
Macropelopia sp.
Ostracodes (exemple : source C).

Le sable du fond porte de nombreuses Phanérogames : *Veronica Beccabunga* L., *Nasturtium officinale* R. B. La faune est abondante.

C. — Des sources à fond vaseux fort peu courantes, parfois polluées.

Suivant la nature du fond, on a, ou la synusie à *Chironomus tentans* FABRICIUS (source B), ou la synusie à *Micropsectra præcox* MEIGEN (source A). La source A abrite *Planaria alpina* (DANA) et *Euplanaria gonocephala* DUGÈS. Ce sont plutôt des ruisselets périodiquement pollués que des sources véritables.

D. — Des sources du type rhéocrène, riches en espèces animales :

Planaria alpina (DANA).
Euplanaria gonocephala DUGÈS.
Gammarus pulex pulex (L.).
Sperchon glandulosus (KOENIKE).
Nemurella Picteti KLAPALEK.
Rhyacophila septentrionis MAC-LACHLAN.
Plectrocnemia conspersa CURTIS.
Lype sp.
Silo pallipes FABRICIUS.
Helmis maugei BEDEL.
Helodes minutus LINNÉ.

Ces sources ont un fond de cailloux, l'eau y est rapide. Dans la partie supérieure du bassin du Smohain elles sont représentées par A2 et D3, à faune réduite aux deux Planaires, *Plectrocnemia*, *Helodes* et quelques hygropétricoles (*Helophorus* sp. et Psychodides divers).

Dans la partie inférieure du ruisseau, Q et S, vrais rhéocrènes, présentent la faune la plus complète.

En résumé, on voit que ces sources sont habitées par une faune peu variée. Q et S sont les plus peuplées et se rapprochent un peu des sources de la région calcaire, beaucoup plus riches.

B. — LA FAUNE HYGROPÉTRIQUE.

Le milieu hygropétrique (A. THIENEMANN, 1909) est particulier aux régions rocheuses, où des sources ou des ruisselets s'écoulent sur des surfaces très inclinées, ou suintent des crevasses de rochers. Ces surfaces mouillées ne sont pas dépourvues d'organismes et la faune qui y vit est tout à fait spéciale. A ces endroits se rencontrent : a) des organismes terrestres hygrophiles; b) des organismes aquatiques fort petits, eurythermes mais très avides d'oxygène; c) des organismes aquatiques respirant l'air libre et dépourvus de longs appendices respiratoires. Cette faune a été bien décrite par A. THIENEMANN (1909).

On est très étonné de trouver de tels biotopes dans la région du Smohain. Cependant, ils existent et présentent une faune très appauvrie mais rappelant qualitativement celle des roches de Haute-Belgique. Les sources à sol pierreux et leurs ruisselets afférents montrent des pierres mouillées colonisées par

Helophorus sp.
Lesteva longelytrata GÖZE.
Dixa nebulosa MEIGEN.
 Psychodides divers.
Hermione pulchella MEIGEN.

On remarque ici la pauvreté de l'association, notamment l'absence des Trichoptères caractéristiques *Stactobia* et *Tinodes*.

Dans les mousses éclaboussées par les chutes et les cascades (p, q), une faune particulière se développe (Muscides); *Melanochelia riparia* FABRICIUS (Tipulides) :

Tipula rufina MEIGEN.
 Psychodides variés.
 Oligochètes terricoles.

Enfin un milieu hygropétrique typique se présente au confluent de l'émissaire de la source Q et du ruisseau, où l'eau de la source s'écoule en nappe mince sur un petit mur. A cet endroit se rencontre un animal exclusivement hygropétricole dont les larves vivent, assez nombreuses, dans la pellicule liquide et se nourrissent des abondantes diatomées qui tapissent les pierres : il s'agit de *Thau-*

malea testacea MEIGEN. En outre, un Coléoptère, caractéristique également : *Dianous cærulescens* GYLLENHALL n'y est pas rare. Il se rencontre d'ailleurs, sans être accompagné de *Thaumalea*, au bas de la chute p, dans les pierres mouillées par les éclaboussures.

On voit aussi en cet endroit l'Empidide *Clinocera nigra* MEIGEN et le Dolichopodide *Liancalus virens* (SCOPOLI), qui sont bien connus pour fréquenter les surfaces mouillées et les chutes d'eau.

Bien que ne faisant pas partie de la faune du ruisseau proprement dit, les associations hygropétricoles qui y sont liées méritaient d'être signalées. Elles ouvrent d'ailleurs un champ de recherches nouveau : ces associations habitent normalement la Haute-Belgique, où le biotope hygropétricole est fréquent. En Basse et Moyenne-Belgique, le biotope en question est très rare et souvent artificiel. C'est le cas de celui que nous signalons en dernier lieu et c'est cependant le plus riche de tous ceux du Smohain.

D'où viennent donc les organismes de l'association, tous animaux peu susceptibles de déplacements à grande distance?

DEUXIÈME PARTIE

Le milieu.

CHAPITRE PREMIER.

LE MILIEU PHYSIQUE.

A. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

La vie dans un milieu aquatique ne peut prospérer que lorsque les conditions physiques de l'eau qui entoure les organismes sont comprises entre le maximum et le minimum et plus généralement aux environs de l'optimum.

Cette dernière valeur est extrêmement variable suivant les espèces. En général, toutes les espèces faisant partie d'une association déterminée ont des optima voisins pour chacune des conditions physiques. Dans le milieu aquatique, chaque condition physique subit, au cours de l'année, des variations cycliques. Il faut évidemment que les valeurs limites prises par ces conditions du milieu ne dépassent pas les extrêmes supportables par les organismes. Ces truismes semblent inutiles; cependant on s'aperçoit, en lisant la littérature, combien ils sont souvent oubliés. Ce qu'on néglige également, c'est de considérer le stade auquel se trouvent les différents organismes au cours des variations d'ampleur maximum.

C'est ainsi qu'on ne devra pas s'étonner de rencontrer des Éponges et des Bryozoaires dans des eaux complètement gelées ou desséchées en hiver, mais qui ont, en été, des températures parfaitement supportables. Au contraire, si une dessiccation subite frappait le milieu en question au cours de la période active de ces organismes, il est bien certain qu'ils disparaîtraient totalement.

Cela est également vrai pour des réchauffements brusques frappant l'eau d'un ruisseau en été. Si ce cas devait se produire durant la vie adulte des insectes Éphéméroptères ou Plécoptères, il pourrait n'être pas toujours désastreux. Si, cependant, cette anomalie apparaît au printemps avant l'éclosion, celle-ci risque de n'avoir pas lieu et les espèces en question sont menacées de disparition.

Mais le milieu « eau courante » ou « lotique » se différencie du milieu « lénitique » ou « eau stagnante » par une ampleur beaucoup moins grande des variations physiques. Au cours de l'année, les variations sont amorties par le déplacement longitudinal de l'eau et son agitation.

Les facteurs physiques les plus habituellement considérés et les plus importants sont la lumière, la température, le mouvement de l'eau. De ces trois facteurs, le premier est périodique durant la journée et durant l'année, mais ses variations locales sont infiniment moins importantes en ce qui concerne l'étude présente que celles des deux autres facteurs.

La lumière, en effet, est fonction, pour un cours d'eau, de trois facteurs principaux : le premier, extérieur au ruisseau, est la dénudation des rives; le deuxième, d'origine complexe, est la transparence de l'eau; le troisième, enfin, est la nature du fond et des rives (partie mouillée). La dénudation des rives est variable le long du ruisseau et aucune influence sur la faune n'a pu être constatée. Quelques petits ponts entretiennent une ombre continue, mais il semble qu'il s'agisse surtout là d'abris pour les imagos lucifuges de plusieurs ordres d'insectes, Éphéméroptères, Plécoptères ou Trichoptères. La turbidité est ici négligeable (faible profondeur, absence de plancton). Le rôle le plus important est joué par l'encaissement des rives, qui peut, dans certains cas, empêcher la lumière solaire directe d'atteindre le fond de l'eau.

Le schéma 1 ci-après permet de se rendre compte que pour des rives verticales et un ruisseau orienté E-W, une hauteur de 1 m de la rive Sud empêche le soleil de midi au solstice d'été d'atteindre le fond sur 52 cm de largeur; pour des rives ayant une pente de 15 % et la même hauteur, 37 cm du fond sont encore dans l'ombre.

Les rives verticales sont fréquentes dans le limon tendre de la Moyenne-Belgique et les ruisseaux suffisamment sinueux pour ne recevoir que très peu la lumière du matin et du soir.

Dans le Smohain, entre g³ et j, entre p et r, ces conditions sont remplies et le fond est dépourvu de phanérogames submergées et, naturellement, de faune phytophile.

S à Bruxelles, le 21 juin à 12 h = 27°03.

Pour ce qui concerne la nature du fond et des rives, elle ne peut intervenir que vis-à-vis des animaux qui recherchent soit des anfractuosités des rives (rives rocheuses ou racines d'arbres), soit des pierres ou des objets divers tapissant le fond pour s'y dissimuler. En réalité, le phototactisme négatif de ces organismes est négligeable vis-à-vis d'autres tactismes.

La température est un des facteurs les plus importants de la vie en eau douce. Son influence a d'ailleurs été signalée depuis fort longtemps et les mots « sténotherme » et « eurytherme » sont entrés dans le langage courant de la biogéographie.

Pour quitter l'eau de mer, milieu relativement sténotherme, les organismes ont dû devenir eurythermes. Mais une sténothermie d'eau froide a alors sélec-

tionné des organismes ne résistant qu'à de faibles variations de température dans un milieu constamment froid. Ainsi se sont formées les faunes des sources, des nappes phréatiques souterraines, des grottes ou des ruisseaux de montagnes.

Dans un ruisseau, la température varie de façon très caractéristique. Elle est presque constante au cours de l'année et au cours d'une même journée aux

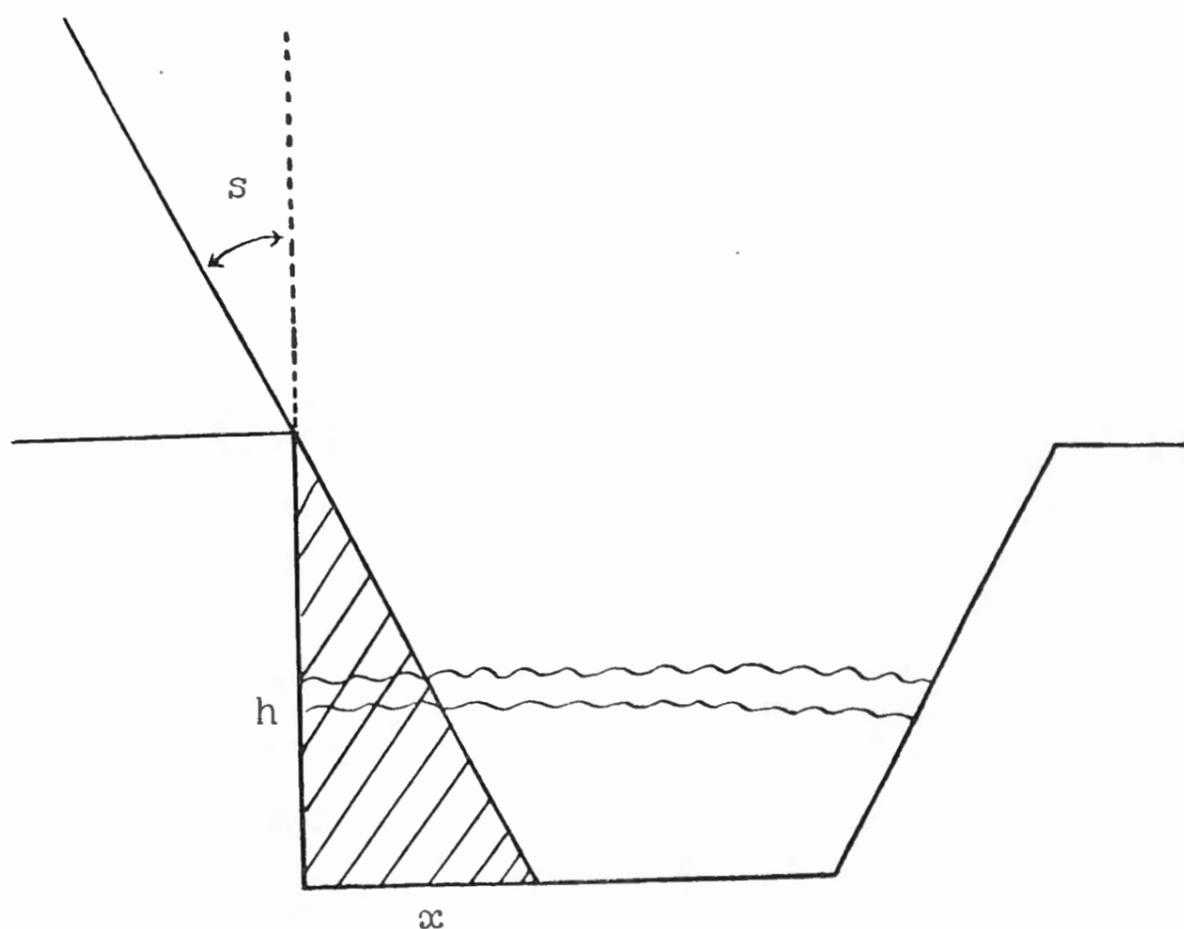


SCHÉMA. 1. — Ombre projetée par une rive verticale Sud sur le lit d'un ruisseau.

S : angle fait par les rayons du Soleil avec la verticale;

h : hauteur de la rive;

x : largeur du lit plongée dans l'ombre.

$$\frac{x}{h} = \operatorname{tg} S \quad \text{pour } S=27^{\circ}23', h=100 \text{ cm, } x=52 \text{ cm}$$

environs des sources; au fur et à mesure que l'eau descend dans la vallée, elle subit de plus en plus l'influence de la température du sol et celle de l'air; les variations au cours de l'année et de la journée sont ainsi de plus en plus fortes.

La température d'une station peut avoir de l'influence, mais ce sont surtout les variations de température qui déterminent les caractères de la faune qui peuple cette localité.

Ce sont donc de très nombreuses mesures, répétées au cours d'une journée et de l'année, qui donnent une idée des exigences thermiques des organismes.

Il faut aussi tenir compte de la faculté que possède un milieu aquatique de se « défendre » contre un changement brusque de température. Cette qualité est naturellement une fonction du débit, de la forme du lit, de l'agitation de l'eau et de l'importance de l'alimentation par les sources.

En effet, si les sources sont des milieux de température relativement stable, les drains superficiels sont, eux, soumis davantage à la température extérieure.

Celle-ci, très variable, influence d'autant plus la température du ruisseau que son débit est plus faible et que l'agitation de l'eau est plus forte au contact de l'air, ce qui dépend à la fois de la vitesse, de la forme du fond et de la structure de celui-ci.

On voit donc que différents ruisseaux se comportent de façon extrêmement diverse suivant leur physionomie propre.

Le mouvement de l'eau est la condition « mécanique » influençant les associations aquatiques. Son importance est telle qu'il permet la classification primaire des eaux douces en eaux courantes et en eaux stagnantes.

Le mouvement de l'eau est avant tout le courant. On pourrait se contenter de le mesurer au moyen d'un tube de Pitot, comme on repère la température au moyen d'un thermomètre, sans s'inquiéter autrement de ses causes. Cependant, la vitesse du courant obtenue par une mesure directe ne permet guère que des conclusions incomplètes sur le genre de vie des associations animales.

Il n'existe guère de « gradient de vitesse » dans un petit cours d'eau. En effet, ce facteur est extraordinairement variable. Entre autres causes, il dépend de la pente moyenne.

Un autre facteur agissant sur le courant est la section du cours d'eau. C'est la plus variable des grandeurs définissant le courant.

Une troisième variable est le frottement du fond et des rives, conditionné par leur structure. Un fond uni, sableux, ralentit peu l'eau qui le surmonte. Par contre, même dans les courants les plus violents, un fond de cailloux saillants et irréguliers peut ralentir l'eau de façon appréciable. C'est ce que néglige la plupart du temps le naturaliste, qui se contente d'apprécier soit la vitesse superficielle, soit la vitesse aux $5/6$ de la profondeur.

Or, certains organismes nageurs ont à vaincre non la vitesse au fond, mais la vitesse en pleine eau (Poissons), et pour eux le milieu peut être beaucoup plus inhospitalier que pour les organismes benthiques.

De même que les différentes possibilités thermiques d'un milieu aquatique sont accompagnées d'adaptations physiologiques déterminées chez les organismes, aux variations des conditions de courant correspondent, chez les animaux, des adaptations généralement morphologiques.

B. — CONDITIONS OBSERVÉES DANS LE SMOHAIN.

1. La lumière.

La question de la lumière n'a pas été approfondie. L'eau du Smohain est toujours d'une transparence suffisante pour qu'une bonne partie de la lumière du jour parvienne au fond; la profondeur est d'ailleurs extrêmement faible, variant de 0^m10 à 0^m40. Pendant tout l'été, par temps sec et pluies faibles, l'eau est tout à fait claire; après de fortes ondées d'orage, par contre, ou à la fonte des neiges, l'eau monte et se trouble du limon arraché aux rives. Celles-ci sont ombragées sur presque tout le parcours.

De B à a ce sont de hautes herbes, de a à g les rives sont en grande partie couvertes de prairies, avec, çà et là, un saule; l'eau est donc bien éclairée; de g à g³ le ruisseau longe un chemin, puis pénètre en prairie, mais à partir de g³ jusqu'en s, la rive Sud (droite) est presque continuellement plantée de peupliers ou de saules qui ombragent fortement son eau; de s à l'embouchure, la rive est à nouveau dénudée.

En ce qui concerne la hauteur des rives, facteur sur lequel nous avons attiré l'attention plus haut, le Smohain présente toutes les conditions requises pour que le problème esquissé ait toute sa signification.

Tout d'abord, la direction générale du cours est WSW-ENE, ce qui signifie que sa rive droite est presque toujours une rive Sud et qu'elle porte donc son ombre sur le ruisseau.

En outre, dans son trajet entre h et r, à part quelques espaces éclairés, le ruisseau creuse profondément son lit entre des rives de limon hesbayen tendre, s'écroulant par places en pans verticaux; de plus il décrit des méandres accentués.

Le monde végétal du ruisseau est quantitativement influencé par ces circonstances.

En effet, dans les quelques espaces à rives basses où les plantes sont très abondantes, la faune phytophile est largement représentée. De même, en amont de h, vers a, c, d, les rives sont très basses et les plantes sont souvent si denses en été, que le fond est absolument invisible de l'extérieur et que le courant est fortement ralenti, pouvant aller, en a, par exemple, jusqu'à la stagnation presque complète. Au contraire, de h à r, entre les rives encaissées, il est rare de voir une plante; c'est généralement une touffe de *Callitriche verna* LINNÉ ayant pour support un bloc de terre provenant des éboulements fréquents des rives ou des sédiments accumulés en bancs de vase allongés dans le lit du ruisseau.

C'est à peu près le même facies que décrit H. ROLL (1941) pour un ruisseau du Nord de la France. C'est aussi un des aspects les plus fréquents de la végétation dans les cours d'eau de la Moyenne-Belgique et, à mon avis, il faut l'attribuer à l'absence de rayons solaires directs ou à leur grande rareté.

2. La température.

Méthode. — L'absence de thermomètre enregistreur ne m'a pas permis d'étudier cette condition physique avec toute la rigueur désirable. Cependant, de très nombreuses mesures ont été faites à des moments fort divers de la journée et de l'année, au moyen d'un thermomètre sensible au 10° de degré centigrade. Comme les résultats d'ensemble ont paru satisfaisants, j'en donne ici un bref aperçu.

Ce qui frappe quand on examine les courbes de température des différentes régions du Smohain, c'est que la température y est relativement peu variable, sans que l'on puisse pour cela parler de sténothermie. Au cours de l'hiver, l'eau du ruisseau est presque toujours plus chaude que l'air, tout en étant cependant plus froide que l'eau des sources, ce qui est logique. Des variations brusques de la température de l'air influencent fort peu celle de l'eau. L'eau du ruisseau ne gèle jamais, et durant l'année 1944, la région supérieure au voisinage des sources n'a jamais eu une température inférieure à 7°. Plus bas, au contraire, le ruisseau est de plus en plus influencé par la température extérieure et celle de l'eau peut descendre bien au-dessous de 7°.

En été également, le cours supérieur est très indépendant de l'air extérieur. La température maximum observée a été de 11°5, ce qui ne veut pas dire qu'elle n'ait pu être supérieure certains jours et heures où je n'étais pas sur place.

En été, dans le cours inférieur, au voisinage de l'embouchure, par exemple, l'eau peut atteindre des températures sensiblement plus fortes; 16°2 fut la plus haute température enregistrée (avec la restriction faite ci-dessus).

J'ai obtenu les températures suivantes, le 3 juin 1944, jour particulièrement chaud :

à 14 h, la température de l'air est 26°6, au point n, celle de l'eau est 13°5;
à 21 h, la température de l'air est 14°4, et au même point, l'eau a 13°4 ± 0,1°.

A la soirée, tout le long du ruisseau, les températures étaient :

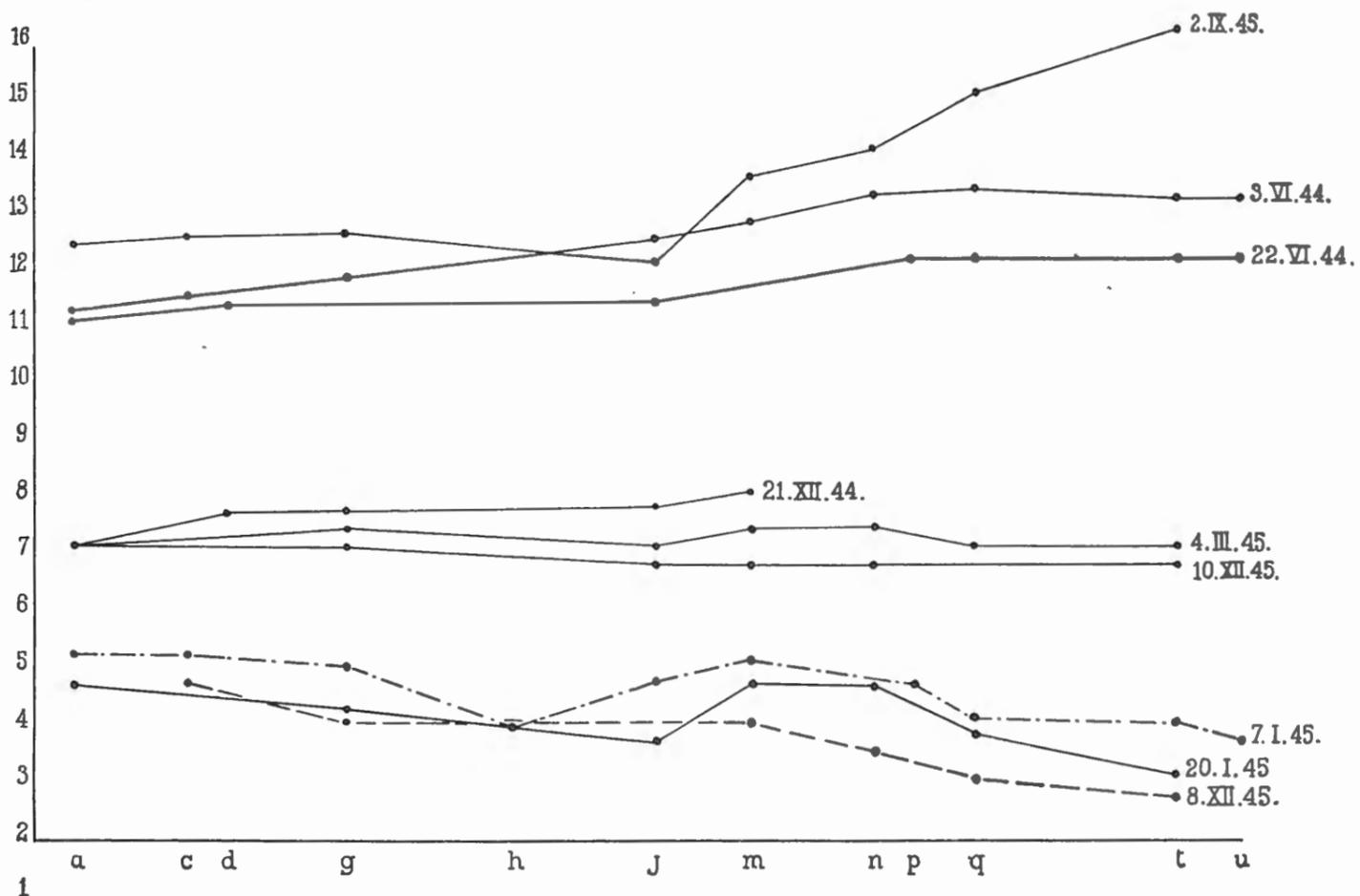
TABLEAU I.

Stations	Heures	Température degrés air	Température degrés eau
a	18h30	—	11°4
c	19h	—	11°6
g	20h	17°4	11°9
j	20h15	15°6	12°6
m	20h30	14°6	12°9
n	21h	14°4	13°4

On peut conclure de ce tableau que malgré les variations diurnes importantes de la température de l'air, l'eau garde son gradient thermique source-embouchure de façon très indépendante.

Au cours de l'année, l'amplitude des variations thermiques correspond, bien entendu, à ce qui vient d'être dit.

Températures



GRAPHIQUE I. — Températures dans le Smohain à différents moments de l'année.
En ordonnées, températures en degrés centigrades; en abscisses, stations
avec leurs écarts respectifs.

La température de la zone des sources peut osciller de 4°2 à 12°7, tandis qu'à l'embouchure, aux mêmes époques, la température varie de 2°9 à 16°4. La première zone est donc beaucoup plus habitable par des organismes sténothermes que l'embouchure.

Cette amplitude de variations croît régulièrement le long du ruisseau. Les valeurs absolues de la température ne sont jamais très élevées pendant la saison chaude, ce qui est favorable à la migration vers les sources des organismes sténothermes ou à l'extension des crénophiles assez bas dans le ruisseau, même en été. Cependant, la température moyenne annuelle des environs des sources et des sources elles-mêmes est assez élevée (variant de 7 à 12° pour A; de 8 à 11° pour H), ce qui exclut de nombreux cryosténothermes de toutes ces stations.

La faune des pierres est un groupe d'associations relativement sténothermes.

Le diagramme montre quelques graphiques de températures extrêmes ou particulières le long du ruisseau.

3. Le mouvement de l'eau.

Cette condition du milieu est la plus apparente et la plus fréquemment renseignée. C'est d'ailleurs elle qui donne leur caractère aux eaux courantes et qui permet les grandes distinctions écologiques en organismes lénitiques (c'est-à-dire d'eau calme), encore appelés limnadophiles et organismes lotiques, encore appelés rhéophiles ⁽¹⁾.

La pente.

La vitesse d'un cours d'eau dépend de nombreux facteurs. Le principal est la pente du lit, qui n'est que théoriquement facile à apprécier pour de si faibles distances. Extrêmement variable localement, la pente doit être calculée sous la forme de pente moyenne. Les causes de variation de la pente sont les multiples accidents du terrain, rectifications, éboulis, dépôts de toute espèce. Il est cependant impossible de calculer la vitesse et même la vitesse moyenne par la connaissance de la pente moyenne.

La structure du fond, lisse, de sable fin, raboteux, hérissé de cailloux, influence également la rapidité d'écoulement. Par conséquent, la seule variable qui intéresse les petits organismes est la vitesse de l'eau; il ne s'agit pas ici de la vitesse superficielle que l'on peut estimer au flotteur et que nous mentionnons plus bas; il s'agit, au contraire, de la vitesse locale au voisinage immédiat des organismes du fond, etc.

La seule action directe du courant dont il faut tenir compte ici est le nettoyage de la vase fine du fond qui, dans des eaux courantes coulant à plus de 0,25 m à la seconde, ne peut se déposer. Les résultats de cette action ont déjà été signalés plus haut lorsque j'ai précisé que les sédiments étaient enlevés du fond au cours des fortes eaux de l'hiver et du printemps, tandis que durant l'été la végétation envahit le ruisseau et paralyse le courant (de ce fait le limon charrié se dépose). Ceci est d'autant plus net dans le Smohain que l'eau a toujours des vitesses faibles et voisines de la vitesse critique de dépôt des limons fins. Ce phénomène est un de ceux qui donnent le plus net caractère de cours d'eau de plaine au ruisseau en question.

La pente superficielle est toujours très faible dans le Smohain et, comme on le verra, doit correspondre pour les vitesses de l'eau à trois régions distinctes : celle d'amont et celle d'aval, de pente faible, celle du milieu, de pente plus forte; l'ensemble du ruisseau a une pente faible (moyenne de 0,69 %).

⁽¹⁾ Ce dernier terme est d'ailleurs utilisé abusivement comme synonyme de lotique, car il signifie « aimant le courant », et non l' « eau agitée », ce qu'implique également le terme « lotique ».

Par eaux basses, les vitesses en m, n, p, q, sauf quelques interruptions, sont de l'ordre de 50 à 60 cm à la seconde. En p se trouve la retenue du moulin, suivie d'un plan incliné sur lequel l'eau est animée d'une vitesse de 2 m par seconde sur une longueur de 3 m environ. A partir de q vers l'aval la vitesse tombe à nouveau aux abords de 40 cm. On voit donc que le ruisseau présente deux zones de vitesses inférieures à 50 cm, encadrant une zone de vitesse supérieure. Celle-ci n'est pas continue, mais entrecoupée de quelques biefs moins rapides.

CHAPITRE II.

LE MILIEU CHIMIQUE.

Il peut sembler de peu d'intérêt d'étudier les variations des différents éléments contenus dans l'eau une fois que l'on s'est assuré que toutes les substances indispensables à la vie y sont présentes. Ce qui importe en réalité n'est pas la variation des éléments abondants, mais, au contraire, celle des éléments les plus rares.

Alors qu'un ruisseau de montagne à l'eau agitée et froide sera toujours fort riche en oxygène dissous, le ruisseau de plaine risquera à certains moments d'en manquer. Les sels nutritifs, qui seront toujours assez abondants dans ce dernier, pourront cependant jouer le rôle de « facteur limite » dans le premier.

Les quantités de substances dissoutes sont, comme on le verra ci-après, extrêmement peu variables dans le cours du ruisseau, ce qui s'explique par le mouvement de l'eau.

LES GAZ DISSOUS.

Les gaz dont je me suis occupé sont naturellement l'oxygène et l'anhydride carbonique.

L'oxygène.

La source de l'oxygène dissous dans l'eau est l'atmosphère. L'eau agitée au contact de l'air dissout de l'oxygène.

L'assimilation chlorophyllienne augmente considérablement le taux d'oxygène dans l'eau. Dans une eau stagnante, cette valeur peut devenir extrêmement élevée, les organismes du phytoplancton fournissant à l'eau des quantités importantes d'oxygène.

Dans les rivières, l'oxygénation biologique de l'eau provient avant tout de l'assimilation chlorophyllienne des Diatomées qui tapissent le fond.

La quantité d'oxygène a été mesurée sur place par la méthode de WINKLER, adaptée par M. FOX et C. WINGFIELD (1938) : c'est la seringue de A. KROGH montée sur un bâti spécial et dans laquelle se fait toute la réaction d'oxydation de

l'hydroxyde manganique, qui est ensuite dissous dans un acide à l'abri de l'air. La titration de l'iode libéré par l'iodure de potassium se fait dans un vase séparé. Je n'ai pas adopté le perfectionnement de R. WHITNEY (1938) avec la pipette coudée adaptée à la seringue. Après plusieurs essais, je suis revenu au système de FOX et WINGFIELD, plus simple.

Résultats. — Les mesures ont été faites, chaque saison, pour toute la longueur du ruisseau et particulièrement aux endroits dont la faune a été spécialement étudiée. En outre, pour être certain de l'influence des extrêmes climatiques, j'ai refait ces mesures en quelques endroits pendant les heures les plus chaudes de l'été et les plus froides de l'hiver. Puis j'ai étudié en un endroit déterminé la quantité d'oxygène dissous aux différentes heures d'une journée.

Les valeurs observées sont les suivantes :

Printemps : 3 juin.

TABLEAU II.

Localités	a	c	g	j	m	n	q	s	t
Teneur en cc/litre. . .	6,0	6,7	7,0	6,9	6,7	6,8	7,2	7,2	7,5
T°	11,4	11,6	11,9	12,6	12,9	13,4	13,5	13,4	13,4
Saturation %	77,2	83,0	91,9	91,4	89,2	92,1	97,1	96,8	101,6

Comme on le voit, l'agitation croissante de l'eau vers l'embouchure fait augmenter la teneur en oxygène dissous et surtout la teneur relative par rapport à la saturation calculée. Celle-ci a été tirée, non des chiffres dus à H. FOX (1907), mais des tables corrigées et publiées par R. CZENSNY (1943).

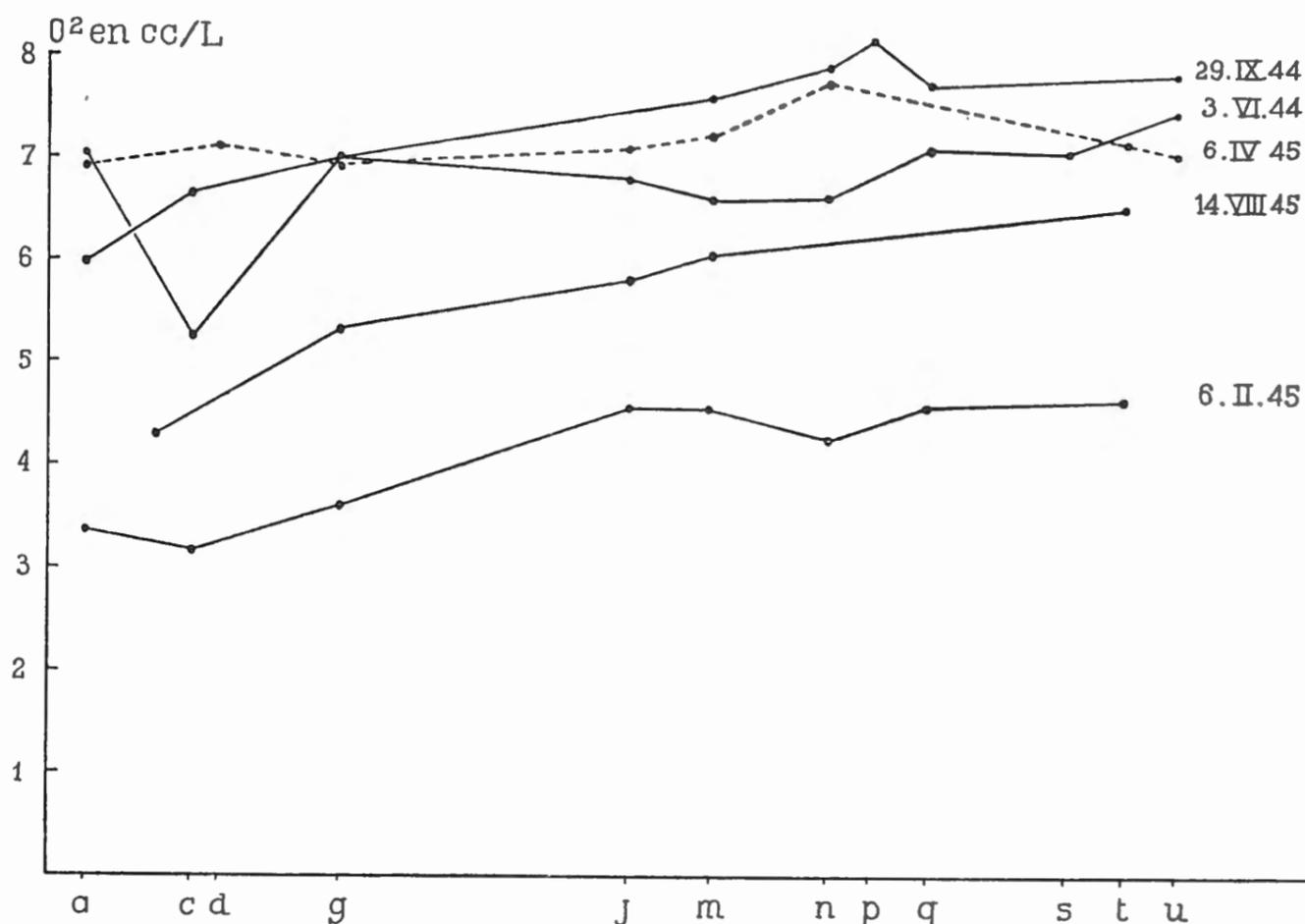
L'influence de la pression atmosphérique est négligeable dans ce calcul pour nos basses altitudes.

Automne : 29 septembre.

TABLEAU III.

Localités	a	c	g	j	m	n	q	u
T°	11°1	11°9	11°9	12°1	12°1	12°6	12°9	13°4
cc O ₂ /litre . .	7,0	5,21	7,0	?	7,83	8,0	7,7	7,91
Saturation %.	90,2	68,3	91,9	?	100,5	106,2	103,4	106,6

Comme on peut le voir par les chiffres suivants, la variation de la teneur relative en oxygène est fort peu importante au cours de l'année. En c, comme la



GRAPHIQUE II. — Teneurs en Oxygène de l'eau du Smohain.

courbe du 29 septembre l'indique, il semble y avoir un abaissement net de la teneur en oxygène dissous.

Aux autres points étudiés, la teneur reste approximativement égale aux cours des différents mois, sauf en m, où à la même date, la teneur relative monte fortement pour dépasser même la saturation.

TABLEAU IV.

c			j			m		
Date	cc	%	Date	cc	%	Date	cc	%
3-VI	6,7	83,0	3-VI	6,9	91,4	3-VI	6,7	89,2
19-VIII	6,12	82,6	4-VIII	6,7	91,3	23-VI	7,01	90,6
29-IX	5,21	68,3	14-VIII	6,8	92,4	4-VIII	6,8	95,4
17-IV-45	4,91	64,0				29-VIII	7,6	100,5

La zone des sources est donc caractérisée par sa teneur relative en oxygène assez faible, ce qui peut être mis en relation avec la faible agitation de l'eau et la

vie benthique exubérante qui l'habite. En outre, l'eau de source est toujours relativement pauvre en oxygène dissous, comme on le verra par la suite.

Le cours moyen ou, plus exactement, la fin du cours supérieur (station j) est caractérisée par une teneur élevée et fort constante en oxygène, peu inférieure à la saturation. Cette constance est vraisemblablement due à deux facteurs : tout d'abord, le débit est plus fort de près de $\frac{1}{3}$, ce qui rend l'influence des organismes moins prépondérante; ensuite la proximité de la dernière source (H), très riche en oxygène. Quant à la teneur plus élevée que celle du cours supérieur, elle est due à l'agitation de l'eau dans le bief g à g³.

La zone inférieure du ruisseau, par contre, est caractérisée par une teneur plus élevée. Dès la station m, malgré des écarts encore prononcés, la teneur en oxygène est voisine de la saturation et peut l'atteindre au moins à certaines périodes de l'année (automne).

Vers le bas du ruisseau, l'eau est presque toujours saturée en oxygène, ce que l'on comprend par l'agitation des cours moyen et inférieur.

TABLEAU V.

n

Date	cc O ₂ /L	%
17-IV-45	7,07	99,2
3-VI-45	6,59	94,1
14-VIII-44	7,5	101,6
29-IX-44	7,91	106,6

L'anhydride carbonique.

Au contraire de l'oxygène, l'anhydride carbonique, qui a également sa source dans l'atmosphère, s'accumule abondamment dans les eaux des nappes phréatiques : 1° par suite de sa grande solubilité; 2° par suite de son aptitude à entrer en combinaison. Les secteurs situés le plus en amont sont baignés par l'eau des sources, ce qui produit l'abondance bien connue des végétaux à ces endroits. Cela ne peut être théoriquement vrai que dans des eaux riches en calcaire (eaux dures). Cet anhydride carbonique comprend, en effet, comme nous le verrons plus loin, celui qui sert à maintenir en solution les bicarbonates alcalino-terreux, l'anhydride carbonique semi-combiné et parfois, en outre, une certaine quantité d'anhydride carbonique libre.

Les producteurs en eau courante sont représentés par du nannoplancton immobilisé par des obstacles, irrégularités du fond (Diatomées, par exemple), ou d'autres organismes végétaux (Diatomées et Desmidiées dans les mousses). Mais ce sont ici surtout les Bryophytes eux-mêmes et les Phanérogames appartenant à la « flore molle » qui produisent les substances organiques; en effet, le rôle de ces organismes, faible dans les eaux stagnantes de quelque profondeur et de grande étendue, est, en eau courante peu profonde, tout à fait prépondérant.

L'influence des végétaux se manifeste notamment par une utilisation massive de l'anhydride carbonique, qui peut aller jusqu'à la disparition totale de celui-ci. Dans les ruisseaux des régions à sol calcaire, les fonds pierreux sont beaucoup moins colonisés par les mousses que dans les ruisseaux de régions acides. C'est un fait bien connu mais encore inexpliqué. C'est pourquoi dans le Brabant, où les sédiments sont en partie solubles (CaCO_3) et où les fonds sont rarement pierreux, les mousses sont rares et ce sont surtout les Phanérogames qui jouent un rôle dans l'assimilation de l'anhydride carbonique.

LES SUBSTANCES DISSOUTES.

Outre les gaz, l'eau tient en solution de nombreuses autres substances, particulièrement des sels minéraux.

Ceux-ci sont rarement abondants, mais il est exceptionnel que l'un d'entre eux soit totalement absent. Les sels ont une importance fondamentale dans le cycle de la matière organique, dans un biotope fermé comme un lac. Ils constituent les produits minéraux utilisés par les organismes pour l'édification de leur substance. Ils sont consommés presque complètement par la pullulation du plancton, notamment pendant la bonne saison. A la mort des organismes, la minéralisation bactérienne de leurs cadavres remet en circulation les sels nutritifs. En conséquence, la teneur hivernale de l'eau d'un lac en sels dissous sera toujours sensiblement la même. En outre, au cours de l'année, un étang ou un lac reçoit relativement peu de substances minérales du monde extérieur. L'eau n'est en contact avec la roche sous-jacente que par l'intermédiaire d'une couche de vase ou d'autres sédiments dont les sels font partie du patrimoine du lac. En eau courante, le problème est tout autre. Les sources arrachent continuellement des sels aux roches qui emprisonnent les nappes d'alimentation, l'eau courante « lave » les sédiments du lit, les balaie et ronge de plus belle les roches du fond. En outre, la surface de contact avec le milieu extérieur est proportionnellement beaucoup plus étendue que celle d'un lac.

Ces considérations font comprendre immédiatement que la richesse en sels d'une eau courante dépend infiniment plus du milieu extérieur que des organismes qui la peuplent, et cela par opposition aux eaux stagnantes. Cette influence du milieu extérieur est d'autant plus grande que le cours d'eau est plus étroit et moins important.

Facteurs minéraux.

Les anions minéraux les plus habituellement présents dans l'eau sont les chlorures, les sulfates, les phosphates, les nitrates, les silicates, les carbonates et les bicarbonates. Accessoirement, on rencontre des nitrites.

Les cations en présence sont le calcium, le magnésium, le fer, les alcalins. Citons en outre la présence accessoire des sels d'ammoniaque.

Les chlorures.

Dans la plupart de nos ruisseaux et rivières, les chlorures ont une importance relativement appréciable, car ils ont pour origine les détritiques de l'alimentation humaine ou des animaux domestiques, ou encore les engrais entraînés par les eaux de ruissellement. Ce qui caractérise alors ces eaux, c'est la variabilité de leur teneur en anion chlore, opposée à la constance des sources en ces mêmes électrolytes. Cependant, il convient de remarquer que certaines sources, apparemment non polluées, sont susceptibles de contenir d'appréciables quantités de chlorures; nous en verrons un exemple dans l'étude qui suit.

Conditions observées dans le Smohain :

Une première remarque s'impose ici : le Smohain, comme la plupart des ruisseaux du Brabant, est fortement sous l'influence des actions humaines. Son cours supérieur coule entre des fermes et sa source principale, comme je l'ai dit plus haut, sort de la cave d'une habitation.

Les chlorures, évidemment apportés de l'extérieur, sont abondants et leur teneur atteint parfois 30,5 mg au litre \pm 0,3 mg. Les variations sont importantes, vu le faible débit; le minimum observé est de 25,3 mg \pm 0,3 mg.

Au fur et à mesure que l'eau coule, elle s'appauvrit en chlorures. La teneur moyenne en chlorures s'abaisse et les oscillations sont de plus faible amplitude.

Nous admettrons, et l'on verra que cela se justifie, que les écarts les plus importants de la moyenne caractérisent les passages pollués par l'action de l'homme.

TABLEAU VI. — *Chlorures : Smohain* (mg/l).

Lieux	1-VI-44	12-VI-44	23-VII-44	21-VII-44	Avril 45	15-VIII-45	2-IX-45	Moyenn.
a	—	25,3	29,2	—	30,59	—	—	—
c	19	22,3	19,3	—	—	29,9	19,1	21,9
d	—	22,3	19,3	—	—	—	—	20,8
g	20	22,3	18,3	—	22,17	19,7	19,1	20,8
j	19	18,3	20,3	—	18,7	—	18,2	18,9
m	18	18,3	16,4	—	—	—	16,4	17,2
n	18	20,3	16,4	—	20,4	17,7	17,4	18,3
q	19	20,3	17,4	—	—	—	18,4	18,7
s	19	19,3	—	—	—	—	—	—
t	21	19,3	—	—	20,8	20,8	18,6	20,0

Les plus fortes valeurs des chlorures se rencontrent principalement dans le ruisseau, mais certaines sources sont également fort riches à cet égard, bien que non polluées directement.

Comme on peut le voir dans le tableau VI, la première partie du ruisseau est caractérisée par des teneurs d'environ 20 mg en moyenne, tandis que la portion inférieure a des teneurs plus basses, sauf la partie tout à fait aval.

Quelle que soit la période de l'année envisagée, les chlorures présentent une forte diminution depuis la source jusqu'au milieu du cours et, ensuite, une faible augmentation vers l'embouchure. C'est là une figure de ruisseau se ressentant des entreprises humaines. La portion supérieure se purifie par dilution; la portion inférieure s'enrichit en sels par dissolution des roches. Le tableau montre également qu'il ne semble pas y avoir d'influence saisonnière appréciable.

Les sulfates.

Généralités. — L'ion SO^4 est représenté dans les eaux douces de façon fort variable. L'origine de cet ion se trouve parfois dans des gisements de gypse environnant la pièce d'eau intéressée.

Dans les eaux normales, les sulfates ne sont jamais abondants et proviennent non seulement de l'oxydation des sulfures des roches encaissantes, mais encore de l'apport des substances minérales, extérieures aux cours d'eau (engrais, pollution, etc.). Les sulfates proviennent également de la décomposition des organismes aquatiques.

Le Smohain. — L'eau du Smohain contient une quantité de sulfates relativement élevée. Malheureusement, dans ce cas aussi, l'influence humaine se fait sentir assez fortement, surtout dans la partie la plus haute du cours. En général, la teneur en sulfates ne dépasse pas 20 mg au litre et elle est toujours supérieure à 10 mg.

TABLEAU VII. — *Sulfates* (mg/l).

	20-VII-44	28-VII-44	IV-45	VIII-45
a	34,6	23,0	13,6	18,0
g	10,2	20,0	17,6	16,4
j	—	—	14,4	17,2
n	14,9	—	22,0	17,6
q	16,2	13,0	—	—
t	18,2	—	—	19,2

Comme pour les chlorures, les sulfates du cours supérieur (a-c) sont très variables et peuvent montrer des augmentations brusques (de 10 à 34 mg) au cours du même mois, ce fait étant dû à l'apport de sels allochtones.

Vers le cours moyen se produisent un abaissement et une régulation des teneurs. Le cours inférieur montre à nouveau une augmentation. L'abaissement

du cours moyen est dû en bonne part à la dilution par le déversoir d'étang. L'eau de celui-ci est en effet pauvre en sulfates (4,5 mg au litre).

L'enrichissement ultérieur est à nouveau dû, en partie, à l'apport d'eaux de ruissellement ayant lavé des prairies et des champs, et à la mise en solution de sulfates des roches du lit du ruisseau.

Les nitrates.

L'importance biologique des composés inorganiques azotés est absolument fondamentale. En effet, ces sels représentent la plus grande source d'azote offerte aux animaux aquatiques.

L'origine des nitrates dans les eaux douces est fort diverse : une certaine quantité provient des eaux de pluie, une autre provient de substances protéiques d'origine animale ou végétale; celles-là, minéralisées par l'action bactérienne, sont mises en solution sous forme de nitrates. Mais la plus grande partie des nitrates observés dans un ruisseau de régions cultivées provient sans doute des engrais répandus sur les champs avoisinants. C'est pourquoi les variations de la teneur en nitrates ne pourront guère nous étonner ici.

SAINTE-CLAIRE DEVILLE, en 1848, donnait déjà des analyses d'eau de la Seine, de la Garonne, du Rhin, de la Loire, du Rhône et du Doubs; l'eau de la Seine seule dépassait une teneur en nitrates de 10 mg (10,6 mg/l); la Loire et la Garonne n'en présentaient pas de traces.

En général, les sources sont riches en nitrates, mais certaines eaux minérales peuvent en être absolument dépourvues.

Dans les eaux courantes, pour lesquelles nous avons peu de données, H. von MITIS signale dans l'Ybbs des teneurs en azote allant de 0,23 mg à la source, à 1,04 mg à l'embouchure, ce qui correspondrait, réduit en nitrates, à des valeurs allant de 1,02 à 4,6 mg/l. Dans un autre ruisseau de montagne, le ry Colas, W. CONRAD (1941) a signalé des teneurs en nitrates allant de 0,2 mg à la source en fagne, à 1,35 mg à l'embouchure. Dans l'Aisne, rivière qui reçoit le ry Colas, la teneur était de 5,2 mg, valeur relativement élevée. Dans les ruisseaux de plaine, on connaît mal les teneurs en différents sels. Pour ce qui concerne les nitrates, signalons les résultats d'analyse que donne E. LELOUP (1944) pour différents ruisseaux parcourant la forêt de Soignes. Les valeurs sont toutes au-dessous de 10 mg par litre, à part deux localités de la Voer, où les teneurs sont respectivement de 12 et 10 mg/l, fait vraisemblablement dû à une pollution ménagère locale.

Dans le *Smohain*, voir tableau VIII.

Les nitrates du ruisseau lui-même sont en quantité fort faible, mais nettement supérieure à la moyenne des chiffres obtenus par les biologistes cités plus haut. Il y en a moins de 10 mg au litre ou au plus 11,1 mg (hiver 1944) à l'embouchure.

TABLEAU VIII. — *Nitrates* (mg/l).

	21-XII-45	13-XII-45
a	6	6
d	6	—
g	7,2	6
j	—	8
m	—	8
n	—	8
q	8,5	—
t	11,1	8

Il y a moins de nitrates dans la région supérieure que dans le cours inférieur du ruisseau : de 6 mg à 11,1 mg le 21 décembre 1944 et 6 mg à 8 mg le 13 décembre 1945, fait régulièrement observé antérieurement; mais, même dans le cours tout à fait supérieur, la valeur minimum (6 mg) observée est supérieure aux teneurs en nitrates observées ailleurs. Comme on le verra plus loin, les sources sont également très riches.

Le facteur « richesse en nitrates » est un argument en faveur de notre hypothèse de travail signalée dans l'introduction; le facteur « nourriture » n'intervient pas dans les variations faunistiques que l'on observe et ne joue jamais, dans les ruisseaux semblables au Smohain, le rôle de facteur limite; dans les ruisseaux de sous-bois, tels que ceux de la forêt de Soignes, décrits par E. LÉLOUP, cette affirmation n'est plus nécessairement vraie.

Les phosphates.

Le phosphore inorganique est toujours peu abondant dans les ruisseaux et joue fréquemment le rôle de l'élément minimum. C'est habituellement aux environs de 100 γ /l, que se situe la teneur en phosphates d'une eau courante.

Dans un ruisseau de montagnes calcaires (l'Ybbs), H. von MITIS (1938) ne trouve pas de phosphates dissous.

Dans le ry Colas, W. CONRAD (1942) signale une quantité de phosphates ne dépassant pas 75 γ par litre, valeur qui, pour être faible, n'est cependant en rien exceptionnelle, d'autant plus que le ruisseau en question ne subit aucune influence humaine (pollution ou écoulement d'engrais) sur tout son parcours. L'Aisne, dans laquelle s'écoule le Colas, contient environ 150 γ /l de phosphates (exprimés en P^2O^5). Les ruisseaux de plaine étudiés par E. LÉLOUP (1944) montrent une image bien différente : alors que la valeur moyenne, tout le long du

ruisseau proprement dit, est d'environ 100 γ au litre (Enfants-Noyés, Groenendael), parfois 150 γ (Rouge-Cloître), parfois aussi beaucoup moins (Voer), de brusques augmentations locales se produisent, dues soit à des sources (Rouge-Cloître, 11, 15, 26, 30; Voer, 9, 11; Vuylbeek, 1, 3, 7, 11), soit à des centres de pollutions humaines (Voer, 2, 5; Rouge-Cloître, 25; cours inférieur du ruisseau des Enfants-Noyés). Ces dernières augmentations sont d'ailleurs vraisemblablement fort variables, vu leur origine artificielle et fortuite. Il n'en est pas de même de l'influence des sources.

L'origine des phosphates dans nos terrains est surtout biogène et ce que les sources déversent comme ions phosphates dans le cours du ruisseau provient vraisemblablement des débris de fossiles contenus dans les roches entourant la nappe phréatique. Mais si les quantités dissoutes dans les eaux de tourbières et de montagnes granitiques sont parfois insuffisantes, il est vraisemblable que dans nos eaux courantes de prairies, les teneurs en phosphates sont toujours bien suffisantes pour permettre à une faune et à une flore abondantes de prospérer.

TABLEAU IX. — *Phosphates PO⁴*.

	12-VI-44	24-VII-44
a	445 γ	474 γ
c	370 γ	474 γ
d	240 γ	320 γ
g	238 γ	270 γ
j	250 γ	210 γ
m	155 γ	160 γ
n	250 γ	210 γ
q	200 γ	210 γ
t	260 γ	230 γ

Ces valeurs faibles, régulièrement déversées par les sources, représentent d'ailleurs une fourniture bien plus intéressante qu'une quantité élevée déversée en une seule fois dans une eau stagnante et qui serait utilisée aussitôt par une grande quantité d'organismes.

Observations dans le Smohain. (Voir tableau IX.) — Vu les considérations précédentes, nous avons fait quelques mesures de phosphates. Toujours elles ont indiqué des valeurs élevées et très variables pour un même point. La méthode utilisée a été le procédé colorimétrique au molybdate d'ammonium et au chlorure stanneux.

Les silicates.

La silice dissoute dans les eaux peut y être entrée sous la forme de silicates (ions SiO^3 de l'acide métasilicique); elle peut également être dissoute sous la forme colloïdale. Comme cette mesure n'avait ici qu'un but d'orientation, je ne me suis préoccupé que d'étudier la silice en vraie solution.

La silice a vraisemblablement une importance plus grande qu'on ne le pense généralement pour les organismes, sans, bien entendu, atteindre celle des phosphates et des nitrates. Il est possible que certaines eaux stagnantes, notamment, puissent présenter un déficit en silice tel qu'il inhibe le développement de certains organismes, mais, pour les eaux courantes, ce cas est fort peu probable.

La silice provient toujours des sources et des roches où se creuse le lit de la rivière.

TABLEAU X. — *Silice* SiO^2 (mg/l).

	21-XII-44	10-VIII-45
a	19,3	20,1
d	20,1	19,6
g	20,8	20,2
j	21,6	19,6
m	16,9	17,2
n	19,5	16,9
q	20,8	15,3
t	13,6	13,6

De nombreux végétaux utilisent la silice dans leurs tissus de soutien, et les Diatomées, particulièrement, contiennent dans leurs valves de la silice pure. Parmi les animaux d'eaux douces, les Céractinelles sont de ceux qui exigent de la silice pour l'édification de leur squelette. Par conséquent, de fortes baisses dans les quantités de cet élément pourraient influencer les Spongilles et les Diatomées, ce qui présente une certaine importance pour les biocénoses de l'eau douce. La méthode de titration de la silice est la méthode colorimétrique au molybdate d'ammonium, qui donne des résultats satisfaisants.

Nous possédons peu de données concernant cet élément dans les ruisseaux. Pour les ruisseaux de plaine, ni G. NIETZKE (1937), ni P. VONNEGUT (1937), ni E. LELOUP (1944) ne se sont occupés de la silice. Il faut avouer que, pour la Belgique, nous n'avons encore aucun point de comparaison.

Le Smohain. — Le Smohain est relativement très riche en silice dissoute où les valeurs varient de 20 mg environ à la source au point a, à 13,6 mg par litre à l'embouchure, soit de 13 % sur 5 km, avec des oscillations importantes

et inexplicables jusqu'à présent. Aucune modification d'importance n'est à signaler au cours de l'année, contrairement à ce que E. RÜSCHE a montré pour l'eau de la Ruhr à Duysbourg. En effet, à chaque période de poussée de Diatomées correspond un abaissement presque complet de la silice dissoute. Rien de cela ne se présente dans notre ruisseau, sans doute par suite de la rareté relative des Diatomées, qui jamais ne prennent un développement considérable.

Le magnésium et le fer.

Ces éléments nous semblent d'un intérêt très secondaire dans l'étude des eaux courantes.

Les sels de magnésium contribuent à donner à l'eau de la dureté, car ils sont généralement associés aux ions Ca^+ , mais ils sont à ce point dominés dans leur quantité par ces derniers, que nous les avons négligés dans l'étude présente. Il n'est pas impossible qu'ils puissent avoir une action biologique (que l'on songe, par exemple, à la composition de la chlorophylle, mais il est très vraisemblable que l'étude quantitative de l'ion Mg nous décevra).

Dans le ruisselet d'Ardenne étudié par W. CONRAD, la teneur de l'eau en cations Mg^+ est partout inférieure à 1 mg par litre (et semble diminuer faiblement des sources à l'embouchure). Elle augmente dans l'Aisne, pour atteindre 1,2 mg/l. Ce qui frappe immédiatement dans ces analyses, c'est que dans le cours supérieur, le magnésium est plus abondant que le calcium, tandis que l'inverse est vrai dans le cours inférieur.

Le fer (voir tableau XI) présente un intérêt un peu plus grand que le magnésium. Tirant leur origine des roches superficielles, les sels ferreux se dissolvent dans l'eau des sources en quantités généralement appréciables. Mais ils sont surtout abondants dans les eaux superficielles de drainage et d'irrigation. Aussitôt arrivés à l'air libre dans une eau riche en oxygène, les sels ferreux sont oxydés en sels ferriques, parfois de façon abiotique, mais le plus souvent par l'intermédiaire de sidérobactéries.

L'ion Fe^{++} a, au point de vue biologique, une importance souvent méconnue : E. USPENSKI (1926) a montré que dans un cours d'eau, assez riche en fer, la répartition des plantes aquatiques est nettement influencée par la « répartition de ions Fe » dans les eaux naturelles; c'est ainsi que des valeurs de 0,2 à 2 mg de Fe^2O^3 par litre sont un optimum pour la plupart des algues, tandis que des valeurs 2 et 3 fois plus fortes peuvent éliminer ces végétaux parce que toujours toxiques.

E. USPENSKI termine en donnant un tableau des concentrations en fer décroissantes et des algues qui se rencontrent à chaque palier correspondant.

Cette stratification un peu théorique semble correspondre à la réalité dans le ry Colas (W. CONRAD), à part la présence d'un *Oedogonium* sphagnophile aux environs des sources du ruisselet. Les valeurs de Fe^2O^3 trouvées dans le Colas passent de 6,58 mg à la source à 2,86 mg à l'embouchure, ce qui s'explique par le pH très bas et les réserves alcalines presque inexistantes.

TABLEAU XI. — *Sels de Fer.*

Ruisselet	En Fe ⁺⁺ 24-XII-44	En Fe ⁺⁺ 6-III-45	En Fe ₂ O ₃ 21-XII-44	En Fe ₂ O ₃ 6-III-45
a	0,725	0,850	2,07	2,43
d	0,250	0,275	0,71	0,78
g	0,225	0,245	0,64	0,70
j	0,350	0,200	1,00	0,57
m	0,225	0,200	0,64	0,57
n	0,225	0,195	0,64	0,55
q	0,275	0,195	0,64	0,35
t	0,225	0,195	0,64	0,55

Dans les ruisseaux à fond soluble de la plaine brabançonne, le pH élevé abaisse en outre fortement la solubilité de l'ion ferreux. De plus, comme on l'a vu plus haut, l'oxygène dissous atteint rapidement des valeurs voisines de la saturation et oxyde les sels ferreux, même sans le secours des ferro-bactéries.

Seul le cours tout à fait supérieur du ruisseau montre une valeur dépassant 1 mg Fe²O³ au litre; cette teneur en fer serait favorable au développement des Diatomées et des Euglènes. Ce fait explique que le Smohain échappe à une stratification identique à celle qu'a observée et expliquée E. USPENSKI, pour ce qui concerne l'influence du fer.

Le calcium, les carbonates et l'anhydride carbonique.

La faune et la flore de l'eau douce sont avant tout soumises à un ensemble de facteurs qui dominent à la fois leur composition qualitative et leur développement quantitatif.

Pendant longtemps l'écologie terrestre se contentait de désigner les organismes comme calcicoles, calcifuges ou indifférents au calcium. La notion de réaction du milieu, du pH, a, en expliquant bien des phénomènes obscurs, créé une tentative de solution au problème du calcium. Tandis que l'eau de mer est une solution de chlorures, et plus particulièrement de chlorure de sodium, l'eau douce est surtout une solution très diluée de bicarbonate de calcium. Tout le monde animal qui vit dans ces deux milieux porte l'empreinte de cette différence.

La réaction classique



traduit un équilibre entre les divers constituants, anhydride carbonique, bicarbonates, carbonates.

Si l'on introduit de l'acide carbonique libre, celui-ci dissout du carbonate pour former du bicarbonate; celui-ci étant neutre, la réaction du milieu ne change pas. Si, au contraire, l'anhydride carbonique est absorbé par les végétaux, par exemple, l'équilibre se déplace dans l'autre sens et le carbonate de calcium, presque insoluble, se précipite. Mais, pour maintenir l'équilibre, il faut qu'il y ait en solution une certaine quantité connue de CO_2 dépendante de la quantité de bicarbonate. Il faut distinguer, dans l'anhydride carbonique libre, une partie qui est à moitié liée, servant à maintenir l'équilibre. Si, en outre, de l'anhydride carbonique supplémentaire est dissous dans l'eau, il s'attaque au carbonate du fond et le transforme en bicarbonate, ce qui nécessite une nouvelle quantité d'anhydride carbonique semi-combiné pour maintenir l'équilibre. Les quantités de CO_2 d'équilibre sont fort importantes pour des valeurs appréciables de bicarbonates; elles sont conditionnées par la pression atmosphérique surmontant la solution et par la température (tableau XII).

TABLEAU XII. — *Anhydride carbonique* CO_2 (mg/l).

Valeurs extraites de MAUCHA, 1932, p. 70, tableau 20.

CO_2 lié	CO_2 équilibre
5	0,00
50	3,00
100	25,00
150	93,50
200	199,50

L'anhydride carbonique supplémentaire, lorsque tout le carbonate est dissous et que le bicarbonate est immobilisé en solution, est appelé anhydride carbonique agressif; en réalité ce n'est qu'une partie de cet anhydride qui pourra attaquer du nouveau carbonate, car une partie devra rester libre pour maintenir en solution le bicarbonate nouvellement formé. Cette notion d'agressivité est surtout utilisée à des fins pratiques pour apprécier si une eau donnée est susceptible de corroder les conduites, etc. La quantité d'anhydride carbonique agressif a peut-être sur les organismes une influence encore inconnue, mais il est certain qu'indirectement ce corps a sur le métabolisme des biotopes aquatiques une importance qu'il serait vain de sous-estimer. L'origine de l'anhydride carbonique des eaux courantes est complexe. La plus grande partie de ce gaz dissous est d'origine atmosphérique. Les eaux de pluie, qui en renferment beaucoup, sont absorbées et filtrées par les terrains superficiels et s'accumulent sous le sol en nappes phréatiques très riches en anhydride carbonique. Ces eaux, en s'infiltrant dans le sol au

contact des roches de la nappe phréatique, dissolvent le calcaire et se chargent de bicarbonates, nécessitant, comme il est dit plus haut, une grande quantité d'anhydride carbonique pour se maintenir en solution. Une autre partie de l'anhydride carbonique est d'origine biogène et provient de la respiration des végétaux et des animaux, de même que des fermentations et de la décomposition des vases organiques. Il existe donc un certain balancement, d'une part, entre les besoins en oxygène et l'excrétion de l'anhydride carbonique des animaux et des bactéries, et, d'autre part, la fonction chlorophyllienne. Lorsque les végétaux sont très abondants, on peut voir l'anhydride carbonique absorbé par les plantes, ce qui conduit au phénomène écologique bien connu de la décalcification biogène (en Belgique : « crons » du Jurassique; tufs de rivières et sources calcaires, tourbières alcalines de Bergh). Les animaux peuvent d'ailleurs, semble-t-il, provoquer de telles précipitations : larves de Chironomides du genre *Lithotanytarsus* (A. THIENEMANN, 1934, p. 480).

L'eau d'une source, une fois arrivée à l'air libre, se met en équilibre avec celui-ci (c'est-à-dire qu'elle a tendance à laisser diffuser l'anhydride carbonique, qu'elle contient en quantités notables, dans l'air, dont la teneur en anhydride carbonique est au maximum de 4 ‰). Cette diffusion s'accompagne d'une précipitation du bicarbonate correspondant à la tension de l'anhydride carbonique échappé et le phénomène se poursuit jusqu'à ce qu'un équilibre se soit établi. Cette sortie de l'anhydride carbonique est d'autant plus importante que l'eau est plus agitée (chutes, cascades) ou encore qu'elle s'étale largement en mare ou en étang.

Il peut donc se produire une décalcification abiogène qui pourrait théoriquement conduire à des dépôts calcaires analogues aux tufs. Nous devons donc nous attendre, dans une région où les nappes phréatiques sont riches en calcaire (Basse et Moyenne-Belgique, région calcaire de la Haute-Belgique), à voir la teneur en anhydride carbonique libre et en bicarbonate diminuer de la source vers l'embouchure.

LE pH.

La réaction ionique est également influencée par le comportement de l'anhydride carbonique. Si les bicarbonates agissent de façon efficace comme tampons dans les variations brusques du pH (SCHÄPERCLAUS, 1926, M. HUET, 1941), il n'en est pas moins vrai que toute quantité d'anhydride carbonique libre dans l'eau, au-dessus des valeurs de l'anhydride carbonique d'équilibre, agit sur la réaction de l'eau en la faisant glisser vers les valeurs acides.

La présence d'une cause de décalcification biogène ou abiogène fera, en chassant l'anhydride carbonique libre de l'eau, remonter le pH dans les valeurs alcalines. En outre, une forte assimilation chlorophyllienne par le plancton ou les végétaux supérieurs amène une alcalinisation parfois intense de l'eau; c'est d'ailleurs à ce dernier phénomène qu'a été attribuée, en général, l'augmenta-

tion du pH durant l'écoulement, bien que cette cause ne soit que secondaire : DUVAL et DUMARAUD, en 1923, indiquent, en effet, une remontée très nette du pH dans un ruisseau durant son écoulement et mettent cette ascension au compte de l'assimilation chlorophyllienne.

TABLEAU XIII. — Valeurs du pH observées.

	7-V-44	26-III-44	25-VI-44	10-VII-44	9-IX-44	10-XII-44	27-III-45
a	—	—	6,9	6,9	6,8	7	6,9
b	—	—	7,3	7,4	7,3	7	7,1
c	7,8	—	—	7,4	7,4	7,4	7,3
d	7,8	—	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4
g	7,8	7,8	7,5	7,5	7,5	7,7	7,5
j	—	—	7,5	7,5	7,5	7,7	7,5
m	7,7	7,7	—	7,7	7,7	7,8	7,7
n	7,7	—	—	7,7	7,8	7,8	7,8
p	7,8	7,8	—	7,8	7,8	7,8	7,8
q	8	8	—	8	8	8	7,8
t	> 8	> 8	—	8	8	8	8,1

S'il en était toujours ainsi, il est certain qu'en hiver, lorsque le plancton et les végétaux supérieurs ont presque entièrement disparu, on ne devrait plus retrouver ce phénomène; on verra qu'il n'en est rien. La réaction des eaux de régions calcaires, qui ont atteint leur teneur en anhydride carbonique en équilibre avec l'atmosphère, est très voisine de 7,5 partout où nous l'avons recherchée. Il va de soi que cette valeur du pH n'est exacte qu'en l'absence totale de carbonates alcalins. La valeur du pH aux sources et dans le cours supérieur est, elle, fonction de la quantité d'anhydride carbonique « supplémentaire » dissoute dans l'eau.

Le calcium.

L'ion calcium, qui, comme nous l'avons dit plus haut, est le plus important des cations de l'eau douce, suit les variations de l'ion HCO^3 et il n'est donc pas étonnant de constater que ses valeurs sont liées au pH et à l'anhydride carbonique libre. Cependant, on reconnaîtra immédiatement, dans la courbe représentant ces variations, d'autres influences : le calcium est en effet lié, non seulement aux carbonates, mais à tous les autres anions déjà envisagés. Suivant les cas, nous aurons donc une interférence de la courbe avec minimum en j et m, déjà observée pour les chlorures et les sulfates, ou de la courbe descendante des carbonates.

Méthodes. — L'anhydride carbonique libre a été titré par la méthode de PETTENKOFEN : il est évident que celle-ci est atteinte de nombreuses imperfections dont la première est l'imprécision du virage de la phénolphthaléine; en second lieu, la suppression de l'anhydride carbonique libre pour la formation de bicarbonate de sodium peut fort bien déplacer l'équilibre et remettre en liberté du nouveau CO_2 provenant des ions HCO_3^- de la solution. Il faut donc se montrer fort circonspect dans l'appréciation des résultats (sans que nous ayons actuellement de moyen précis de faire ce dosage).

Plusieurs auteurs ont proposé un moyen de calculer, en connaissant la dureté en carbonates ou l'alcalinité, le pH que doit normalement avoir la solution (dans des conditions d'équilibre) à différentes températures. Signalons la formule bien connue de TILLMANS :

$$\text{pH} = \log \frac{2g}{3.04.10^{-7}f},$$

où g et f représentent respectivement l'anhydride carbonique combiné et l'anhydride carbonique libre. Ceci suppose une mesure de pH très précise pour connaître l'anhydride carbonique libre ou une titration très exacte de ce dernier pour en tirer le pH.

TILLMANS et HEUBLEIN (1912) ont également donné un tableau des valeurs de l'anhydride carbonique libre, correspondant à l'équilibre



et à diverses valeurs de l'anhydride carbonique combiné.

Les mesures de pH ont été exécutées colorimétriquement au moyen des indicateurs :

Rouge crésol,
Bleu thymol,
Bleu de bromothymol,
Rouge méthyle.

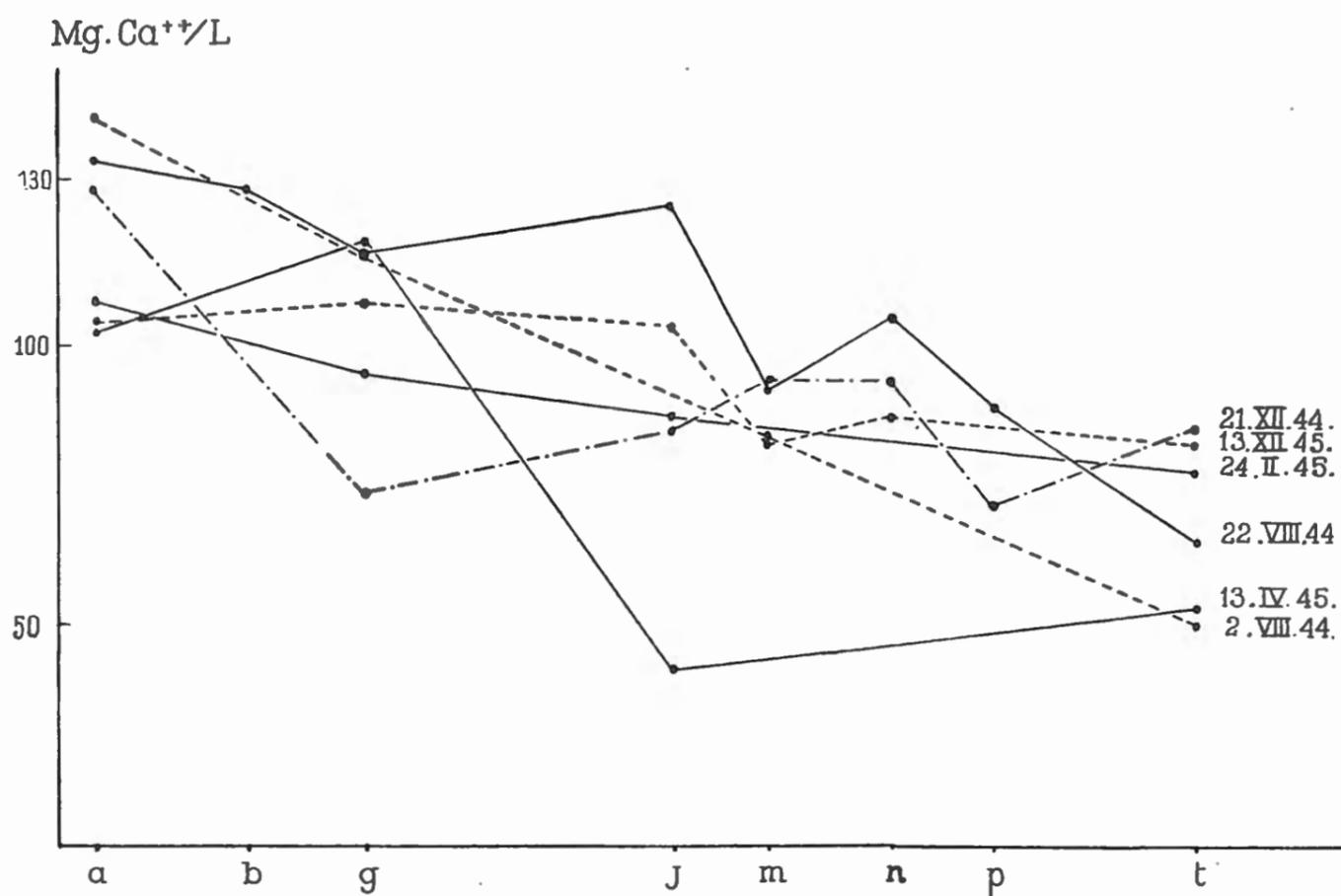
La comparaison des couleurs a été faite avec des solutions-tampons formées de phosphate de sodium (Na_2HPO_4) et de phosphate de potassium (KH_2PO_4).

Le dosage de l'ion calcium a été fait suivant la méthode classique de précipitation par l'acide oxalique, la remise en solution du précipité par l'acide sulfurique et la titration de l'acide oxalique formé, au moyen d'une solution titrée de permanganate de potassium.

L'alcalinité est la quantité d'acide chlorhydrique normal qu'il faut ajouter à 1 litre d'eau pour obtenir le virage du méthylorange; celui-ci n'étant pas très net, j'ai remplacé cet indicateur par le vert de bromocrésol. Le virage est ainsi beaucoup plus facile à saisir; on désigne le plus souvent l'alcalinité par l'abréviation allemande S.B.V. (Säurebindungsvermögen). J'ai déterminé 3 fois, au

cours de l'année 1944-1945, les valeurs simultanées du pH, de l'alcalinité et de l'anhydride carbonique libre.

La première constatation est que l'alcalinité très élevée (atteignant 17° allemands) devrait correspondre à une quantité importante d'anhydride carbonique libre.



GRAPHIQUE III. — Teneur en Calcium de l'eau du Smohain.

Or celui-ci, bien que très abondant, est généralement de 3 à 10 fois trop faible par rapport aux chiffres classiques.

En second lieu, le pH dû à ce phénomène est plus élevé que celui auquel on s'attendait et qui serait un pH d'équilibre.

Il est donc vraisemblable et même certain que l'eau des sources et du haut ruisseau est encore très éloignée de son état d'équilibre, sa teneur en anhydride carbonique étant nettement inférieure à celle qui est nécessaire pour maintenir les carbonates en solution, et nettement supérieure à celle qui serait en équilibre avec l'atmosphère.

L'état d'équilibre n'est atteint en aucun point, mais, dans le bas ruisseau, les valeurs de l'anhydride carbonique et du pH sont plus normales et se rapprochent des valeurs calculées.

Comme il est indiqué page 65, la formule de TILLMANS exprime un état d'équilibre.

Connaissant la valeur de g et de f qu'il est aisé de titrer, on peut en inférer le pH qu'aurait l'eau si elle était en équilibre. Ce pH calculé est toujours inférieur à celui qu'on peut apprécier colorimétriquement.

On peut obtenir la même conclusion en étudiant l'alcalinité.

Le tableau XII est recopié de MAUCHA (1932, p. 70, tableau 10). Il donne les quantités de CO^2 libre correspondant à des quantités données de CO^2 combiné (d'après TILLMANS et HEUBLEIN, 1912).

En comparant ces valeurs du CO^2 libre avec celles que l'observation directe nous fournit, on voit que les dernières sont beaucoup plus faibles que les valeurs théoriques.

La conclusion logique est que l'anhydride carbonique libre s'est échappé partiellement dès la source et peut-être même dans la nappe souterraine. D'un autre côté, le calcul de la quantité de carbonate de calcium (voir p. 127), qui pourrait passer en solution dans une eau pure, en équilibre avec l'atmosphère, normale, contenant 3 ‰ de gaz carbonique, nous donne des valeurs bien inférieures à celles qui sont observées en réalité.

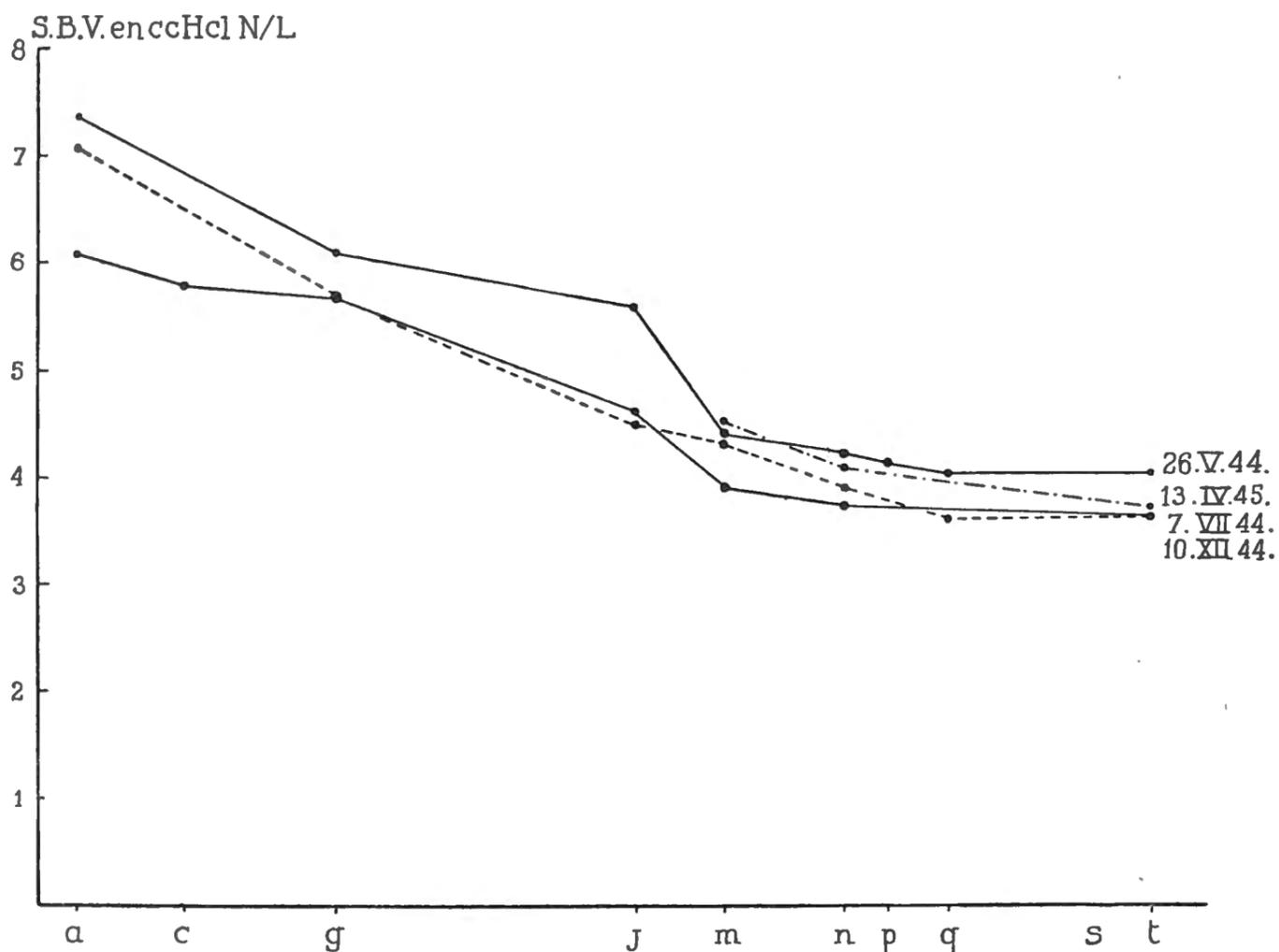
L'importance de ces constatations ne peut être niée. La pression osmotique (voir 3^e partie, chapitre III) est fort influencée par les bicarbonates, qui sont les principaux électrolytes des eaux douces; elle est variable régionalement. On conçoit aussi que les conditions, anhydride carbonique, bicarbonates, pH, qui ne forment pas un équilibre sont susceptibles de changer, d'après les variations de l'air extérieur, dans des proportions assez importantes. Si les changements du pH (dans les limites atteintes par l'eau du ruisseau) ne semblent pas importuner la faune, les variations osmotiques pourraient opérer une sélection entre animaux sténosmotiques et euryosmotiques, au sens écologique de ces termes. Ces mêmes fluctuations d'amplitude importante se retrouvent dans l'étude du calcium qui est surtout lié aux bicarbonates, donc à l'anhydride carbonique dans nos eaux courantes. (Voir J. PIA, 1933, p. 132.) On ne peut naturellement mettre en rapport les valeurs absolues du calcium, qui est lié à d'autres anions que HCO^3 . Au long de son cours, le ruisseau perd encore son anhydride carbonique, peut-être par agitation mécanique, peut-être tout simplement par diffusion, avec une influence favorisant les végétaux autotrophes. Cette disparition de l'anhydride carbonique augmenterait encore le déséquilibre entre $\text{Ca}(\text{HCO}^3)^2$ et CO^2 , si le bicarbonate ne se transformait partiellement en carbonate.

On a donc en même temps précipitation de carbonate et mise en liberté d'anhydride carbonique, sans que le processus arrive complètement à l'équilibre. Cependant, celui-ci est à peu près réalisé aux environs de m et n et les différences en sels, de même que l'instabilité du pH, vont s'affaiblir nettement.

Nos mesures simultanées des différents membres de l'équilibre ne sont pas nombreuses, mais beaucoup de mesures de chacun des facteurs pris à part ont été exécutées. Toutes nous ont donné des images semblables, et nos conclusions semblent bien vérifiées. Elles correspondent ainsi aux constatations

d'autres auteurs au sujet de l'interdépendance de ces facteurs d'équilibre (SCHÄPERCLAUS, 1926, HUET, 1941).

Les valeurs d'équilibre. — J. PIA (1933, p. 80, tableau 37) donne une série de valeurs correspondant à la solubilité de la calcite dans des eaux riches en anhydride carbonique, à diverses pressions partielles de ce corps. Pour des pressions partielles de 3/10.000 atmosphères, l'eau pourrait dissoudre, à



GRAPHIQUE IV. — Alcalinité de l'eau du Smohain (exprimée en cm³ d'HCl normal par litre d'eau).

15°, 65 mg de carbonate de calcium sous forme de bicarbonate, ce qui correspond à 26 mg/l de calcium et 2,6 mg/l d'anhydride carbonique « lié ». L'alcalinité d'une telle solution serait de 1,3, correspondant à une dureté de 3,6° allemands. Ces valeurs sont celles que l'on pourrait observer dans une eau calme en équilibre à 15° avec une atmosphère normale. Toute valeur supérieure à celle-là, observée dans la nature dans ces conditions, correspondrait à un équilibre instable susceptible de se rompre sous l'une ou l'autre influence; à 7°, cette alcalinité d'équilibre serait de 1,6. En examinant tableaux et courbes du Smohain, on voit que l'eau du ruisseau est loin d'avoir atteint ses valeurs d'équilibre après 5 km de cours, mais

comme elle en est beaucoup plus rapprochée à l'embouchure qu'à la source, on peut admettre que le monde animal y est moins exposé à des variations importantes de la pression osmotique.

LA PRESSION OSMOTIQUE DE L'EAU DES RUISSEAUX.

Le facteur osmotique si important dans les eaux marines et saumâtres est fréquemment négligé dans l'étude des eaux douces.

On trouve, de-ci, de-là, dans la littérature un renseignement sur la conductivité électrique d'une eau douce, mais aucune étude systématique de quelque importance n'en a été faite. Cependant, quelques travaux furent consacrés principalement à la conductivité spécifique de l'eau des lacs : G. LONNERBLAD (1931), notamment, a étudié la conductivité extrêmement basse des lacs à humus de Suède et a montré les modifications subies par ce facteur sous l'influence des conditions extérieures. Cette conductivité est plus faible même que celle de l'eau distillée saturée d'anhydride carbonique (K_{18} : $27,1 \times 10^{-6}$ à $45,4 \times 10^{-6}$).

K. MUNSTER STRÖM (1939) a étudié les eaux des lacs norvégiens et montré la relation existant entre la conductivité et le substrat. Le travail le plus important sur ce sujet est celui de F. RUTTNER, qui, en 1938, a appliqué cette méthode à l'étude de l'eau du lac de Lunz et du ruisseau qui l'alimente. Étudiant tous les jours à la même heure, pendant deux ans, la conductivité de l'eau du ruisseau, à son embouchure dans le lac, et le lac lui-même à différents endroits, il montre que les variations subies par ce facteur suivent les conditions météorologiques, que la pluie et surtout la neige abaissent considérablement la conductivité (apport d'eau distillée); ce facteur croît, au contraire, en période de basses eaux et de sécheresse. Au cours de l'année, les eaux du ruisseau, comme celles du lac, présentent un minimum important aux mois de mai-juin (fonte des neiges dans les glaciers alpins) et un minimum faible lors des grandes pluies d'automne (septembre-octobre), d'ailleurs variable suivant le climat de l'année. Le maximum principal se situe en hiver sous la glace du lac et dans les faibles débits du ruisseau. Un autre maximum se montre en plein été, lors de l'évaporation maximum et du temps sec. Les variations du niveau de l'eau suivent, en sens inverse, celles de la conductivité.

Les valeurs absolues sont basses ($1,4$ à $2,1 \times 10^{-4}$) et les oscillations importantes durant l'année (au cours de l'année 1912, ce ruisseau présentait 37,0 % de différence entre le maximum de l'hiver et le minimum du printemps, 23,2 % en 1913). En outre, suivant la profondeur du lac, on observe des conductivités différentes correspondant à la stratification bien connue des sels durant la stagnation d'été.

Ce travail, fort bien exécuté, ne concerne pas les variations locales de la conductivité au cours de l'écoulement du ruisseau; son mérite a été, principalement, d'attirer l'attention sur l'influence du climat (surtout sur l'influence des précipitations) sur la teneur en sels des eaux naturelles.

Méthode. — La seule méthode qui m'ait donné toute satisfaction est celle de l'étude de la conductibilité spécifique. La conductibilité spécifique est extrêmement sensible aux moindres variations de composition, et, ramenées à une température de 18°, par exemple, les valeurs obtenues sont aisées à comparer.

J'ai étudié, pour le Smohain tout d'abord, pour de nombreux ruisseaux ensuite, les variations de cette conductivité d'un endroit à un autre et d'un moment de l'année à l'autre. Cependant, un obstacle se dresse ici : on ne peut en aucun cas comparer deux solutions dont la composition varie en qualité et en concentration. Mais naturellement, l'ordre de grandeur des résultats obtenus donne une idée sur la quantité globale d'électrolytes dissous. C'est en somme ce qui importe à l'écologiste.

Dans « Das Leitvermögen der Elektrolyten », KOHLRAUSCH et HOLLBORN (1898) donnent un moyen grossier d'apprécier, par la conductibilité électrique, la concentration globale des électrolytes, ceci ne valant d'ailleurs que pour des solutions fort diluées, même lorsqu'on ne connaît pas la nature des ions en solution.

La conductibilité à 18° multipliée par 10.000 donne à peu près le nombre de milliéquivalents dissous dans un litre de solution. Les conditions de cette équivalence sont précisément celles qui sont réalisées dans les eaux courantes. Ce sont des solutions fort diluées et l'on ne connaît jamais exactement le nombre et la nature des ions en solution. Une telle étude s'est révélée nécessaire par le fait que de nombreux chercheurs se font une idée à priori de la teneur des eaux en électrolytes et que seules des mesures systématiques sont susceptibles de confirmer ou d'infirmer. C'est ainsi que, par analogie avec ce qui se passe dans les estuaires des fleuves, on admet qu'au fur et à mesure que l'on remonte un cours d'eau, on doit rencontrer une eau de plus en plus pauvre en éléments minéraux.

Nous étions persuadé de cet état de choses au début de nos recherches et nous n'avons commencé à douter qu'en remarquant, comme HUET l'avait déjà fait précédemment (M. HUET, 1942, pp. 8-11), qu'à une augmentation de pH faible, comme on en constate dans le Smohain, peut fort bien correspondre une diminution importante des réserves alcalines, donc de la majorité des sels dissous. On a vu plus haut (p. 67) que ce phénomène est loin d'être isolé et accidentel et qu'au cours de l'année, le Smohain présente cet aspect de façon constante. L'explication en a été fournie. L'eau des sources et des nappes phréatiques, fort riche en anhydride carbonique atmosphérique, attaque énergiquement les sédiments calcaires dans lesquels elle est emprisonnée et se charge ainsi d'une quantité appréciable de bicarbonates. Au fur et à mesure que cette eau s'écoule, agitée au contact de l'air et, accessoirement, des végétaux assimilateurs, elle perd l'anhydride carbonique nécessaire au maintien des bicarbonates en solution. Ceux-ci précipitent sous forme de carbonates et l'eau perd ainsi une quantité importante de ses électrolytes.

L'examen de la conductibilité électrique nous a convaincu qu'il s'agit là d'un

phénomène caractéristique des ruisseaux prenant leur source dans des sédiments solubles, comme cela se présente pour les ruisseaux du Brabant.

L'étude de la conductibilité électrique dans le Smohain a été exécutée au cours de toute l'année 1944 et pendant l'année 1945.

Appareil. — L'appareil utilisé pour la mesure est le Pont de Wheatstone (modification de Kohlrausch), adapté au transport.

L'appareil de zéro est un téléphone Bell, simple, de 25Ω de résistance interne, vu la fragilité des autres instruments de mesures électriques. Le résultat fut satisfaisant, mais fut amélioré lorsque le téléphone fut remplacé par un casque de T.S.F. à deux écouteurs, chacun d'une résistance interne de 50Ω . On peut, suivant KOHLRAUSCH et HOLBORN (1898), améliorer la perception du minimum en compensant les capacités parasites d'une des branches du pont par un condensateur variable placé en parallèle dans l'autre branche. (Voir R. NEWTON, 1935.) La cellule utilisée d'abord était une simple cellule de capacité assez grande, à électrodes de $6,25 \text{ cm}^2$ chacune. L'inconvénient de cet appareil est sa fragilité; en outre, on court à chaque instant le risque de rapprocher ou d'écartier les électrodes lors du rinçage. Nous avons employé ensuite une plus petite cellule à électrodes d'environ 1 cm^2 .

Observations personnelles. — Les résultats de cette étude systématique confirment en tous points les conclusions signalées ci-dessus au sujet du S.B.V. et la vraisemblance de leur interprétation théorique.

La conductibilité électrique, élevée aux sources, quelles qu'elles soient, diminue au cours de l'écoulement de l'eau, de façon assez abrupte, pour devenir tout à coup plus ou moins constante. Cette valeur constante représente, selon nous, une solution de bicarbonates dont tout l'anhydride carbonique libre, servant à maintenir l'équilibre de la solution, s'est à peu près mis en équilibre avec l'atmosphère. On a vu plus haut que les valeurs de l'anhydride carbonique libre trouvées corroborent suffisamment cette façon de voir. La dilution qui se produit est alors progressive. Dans le cours supérieur de a en j, par exemple, la valeur du K_{18} peut tomber de 122, 176, 114×10^{-6} unités de conductibilité (1/ohm-cm) sur une distance de 2.600 m environ. Entre le point j et le point m se produit un phénomène qui nous a intrigué tout d'abord, cette partie du cours étant comprise dans une propriété où nous n'avions pas accès. Dans cette propriété se trouve un étang alimenté par de petites sources et dont le trop-plein se déverse dans le Smohain. L'eau de surface de l'étang, ayant séjourné à l'air de façon continue, a évidemment perdu son anhydride carbonique en excès et, par conséquent, ses bicarbonates supplémentaires; elle est, par conséquent, de résistivité beaucoup plus élevée. La dilution de l'eau du ruisseau par l'eau de l'étang provoque une accentuation rapide du phénomène observé plus haut et la courbe représentant la conductivité s'abaisse brusquement entre j et m. A partir de ce point, un phénomène analogue mais beaucoup moins intense se reproduit par

l'existence entre m et n d'un nouveau chapelet d'étangs, dont un très faible trop-plein se déverse dans le ruisseau. A ce moment, les concentrations de carbonates et d'anhydride carbonique dans celui-ci approchent de leur valeur d'équilibre et le ruisseau ne change plus de manière appréciable. Sur une même distance de 1.400 m, entre g et j et entre n et t, nous voyons respectivement la conductibilité varier de 59 et de 9 unités de conductibilité $\times 10^{-6}$.

Il semble bien établi, par toutes nos mesures, que les sources ont une conductibilité élevée; au cours de l'écoulement de l'eau, la conductibilité s'abaisse d'abord rapidement, puis, arrivée à une valeur voisine de l'équilibre, elle reste sensiblement constante. C'est dans cet état que l'eau arrive à la Lasne.

Valeurs absolues. — Les valeurs absolues de la conductibilité dans le Smohain montrent que les eaux naturelles dans des régions alcalines sont beaucoup plus riches en sels qu'on se l'imagine habituellement. Cependant, il s'agit ici d'eaux ayant reçu des afflux de substances extérieures et provenant en général d'entreprises humaines (habitations, étables, etc.).

Les eaux superficielles, beaucoup moins riches en sels, apportent cependant à la rivière, dans ces régions cultivées, des quantités appréciables de sels minéraux.

Il convient de subdiviser le ruisseau étudié en deux régions :

La zone supérieure, riche en sels, en bicarbonates provenant des nappes profondes, forme en somme une vraie zone de sources. Elle s'étend ici jusqu'au point j.

La zone inférieure est formée d'une eau plus pure, dont les bicarbonates ont une valeur moyenne; celle-ci constitue le S.B.V. (ou réserve alcaline) que l'on mesure habituellement dans les eaux courantes.

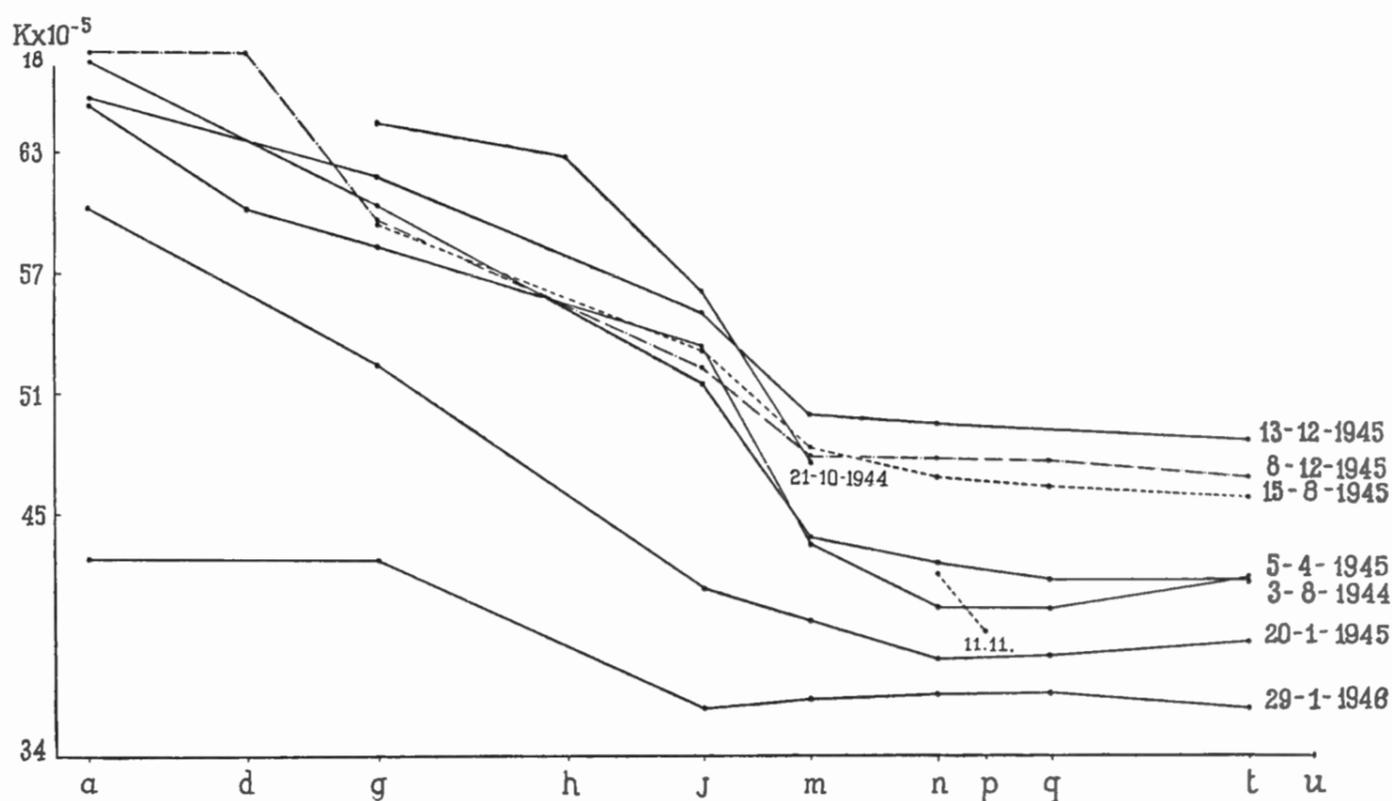
Il est sans nul doute important, au point de vue de la faune, de bien distinguer ces deux zones.

La transition entre ces parties est progressive dans tous les cours d'eau que nous avons étudiés. Il se fait par hasard qu'elle est fort brusque dans le Smohain, phénomène dû à une dilution massive par des eaux d'étangs. Dans les autres cours d'eau, la concentration en sels baisse par suite de l'apport d'eaux superficielles. Ceci signifie que durant son cours, le ruisseau rencontre plus d'eaux superficielles que d'eaux de source, ce qui est évidemment prévisible; le long du Smohain, les nappes phréatiques ont, depuis la région supérieure du ruisseau jusqu'à son embouchure, une concentration assez élevée en sels; cependant la conductivité du ruisseau baisse graduellement.

Il est vraisemblable que dans des régions moins bien arrosées par la pluie, les nappes phréatiques conservent une importance relative plus grande sur une plus longue partie du trajet du ruisseau. Il s'ensuivrait alors que la conductibilité baisserait peu ou fort lentement. Ce phénomène serait à vérifier dans des régions mieux appropriées que la nôtre. En observant le graphique V, on voit aussi que

les valeurs de la conductibilité sont beaucoup plus variables à la source qu'à l'embouchure au cours de l'année. Il s'ensuit que les organismes crénophiles et ceux qui sont situés dans le cours supérieur du ruisseau sont soumis à des oscillations de la pression osmotique plus importantes que ceux qui vivent en aval, phénomène qui influence certainement le peuplement de la région amont du ruisseau et des sources.

Il reste à mettre cette zonation du ruisseau en rapport avec la faune qui s'y développe.



GRAPHIQUE V. — Conductibilité électrique du Smohain.
Les chiffres placés en ordonnées doivent être divisés par 4,37.

En examinant la carte de répartition des Acariens aquatiques le long du ruisseau, on les voit se localiser particulièrement dans la région supérieure. Des espèces signalées comme crénophiles s'y rencontrent avec une certaine abondance : *Sperchon glandulosus* K., etc., *Megapus nodipalpis fonticola* VIETS. Si ce caractère crénophile, observé en Allemagne, se vérifiait lors de l'inventaire biogéographique des Acariens de notre pays, on ne pourrait manquer d'être frappé de cette coïncidence; les animaux crénophiles ne se rencontrent pas dans les sources proprement dites (sauf en q), car celles-ci n'offrent pas les conditions exigées par ces organismes : fond parsemé de pierres anfractueuses, notamment. Par contre, ces animaux se sont réfugiés là où l'endroit a encore les caractères de l'eau profonde (sténothermie et richesse en ions) et où le caractère du fond est plus favorable.

Nous observons ainsi une véritable association crénophile dans le ruisseau à 1 km de la première source et à 400 m de la zone riche en sources (c, d); même en j, l'abondance des Acariens est encore réelle sur les pierres favorables; entre ces deux points ne se déverse que la source H, pauvre en sels et dépourvue d'Acariens. Un autre organisme bien crénophile et extrêmement abondant, dans toutes les sources, est la larve du coléoptère *Helodes minutus* LINNÉ, qu'on rencontre, comme on l'a vu au premier chapitre, dans le haut-ruisseau et dans les sources proprement dites.

Le caractère d' « émissaire de sources » présenté par la zone supérieure du ruisseau et qui se révèle déjà par l'examen des graphiques de température (diag. I) est donc confirmé par la présence d'une véritable faune crénophile en plein courant. Naturellement, bien d'autres organismes de ruisseau s'y engagent et peuvent remonter assez haut, ne seraient-ce que les composants du Necton.

CHAPITRE III.

LA COMPOSITION GLOBALE D'AUTRES RUISSEAUX DE BELGIQUE.

L'étude de la composition globale en électrolytes a été faite par la méthode de la conductibilité électrique comme pour le Smohain. La méthode a déjà été décrite plus haut. Les principales conclusions ont été publiées dans une note préliminaire (G. MARLIER, 1945). Le graphique n° VI illustre les résultats obtenus. Les distances ont été portées sur l'axe des abscisses, les valeurs de la conductivité en $K_{18} \times 10^{-5}$ sur l'axe des ordonnées. Les valeurs arbitraires placées sur l'axe des ordonnées sont à diviser par 4,37 pour obtenir les valeurs réelles (graphiques V et VI).

Les cas de pollution locale peuvent se retrouver sur les graphiques : Elsbeek peu après la source, Samson à Gesves, Lasne à Plancenoit, etc., où ils sont représentés par une brusque augmentation de la conductibilité. A part ces cas, on constate que dans la région de la plaine brabançonne (cf. le Smohain, Lasne, Cala) la conductibilité est élevée à la source, ce qui a déjà été commenté dans le chapitre précédent, et décroît ensuite.

Alors que les ruisseaux courts ne présentent pas de remontée de la courbe (Smohain, Cala), les plus longs, après avoir passé par un minimum, remontent ensuite plus lentement. Ce phénomène est souvent masqué ou exagéré par des pollutions locales dont il faut tenir compte; c'est ce qui fait que pour les ruisseaux de Flandre, Elsbeek, ruisseau de Woestyne, Wolsputbeek, les courbes sont complexes et ne traduisent aucune loi générale; cependant, leurs sources ont

trouve donc incluse dans des roches non calcaires ou décalcifiées. Le même comportement est caractéristique des ruisseaux prenant leur source en Ardenne vraie, où les sources sont très pauvres en sels.

Dans une rivière prenant sa source en tourbière (la Houille), on observe un abaissement de la conductibilité, pourtant déjà faible, jusqu'à un minimum (aux environs de Louette-Saint-Pierre). Après ce point ce facteur remonte régulièrement. J'ai tenté d'expliquer ce fait par la présence dans les eaux de tourbières d'acides organiques qui disparaissent au cours de l'écoulement, soit par oxydation, soit par combinaison avec des bases formant des sels insolubles. Ici encore la conductivité est représentée par une courbe offrant un minimum.

L'explication des phénomènes présentés par les ruisseaux des régions de terrains solubles a été donnée plus haut à propos du Smohain.

Les valeurs absolues. — On remarque, en jetant les yeux sur le graphique, que les valeurs absolues de la conductibilité sont du même ordre de grandeur pour tous les ruisseaux de régions à terrains solubles. Ces valeurs correspondent à des solutions concentrées de bicarbonate de calcium.

Les ruisseaux des Flandres présentent des valeurs absolues plus élevées qui correspondent à des teneurs élevées en bicarbonates et à d'appréciables quantités d'autres sels et notamment de chlorures, ainsi qu'on le verra plus loin.

Dans les cours d'eau de l'Ardenne vraie (Antrogne, Houille), les valeurs absolues sont beaucoup plus basses, correspondant à des eaux très pauvres en sels de toutes sortes, et à peine plus élevées que celles de l'eau distillée saturée d'anhydride carbonique. On rencontre des valeurs analogues dans les lacs norvégiens à sol dépourvu de calcaire.

Conclusions :

a) Les variations au même endroit au cours de l'année de la conductivité électrique dépendent des précipitations atmosphériques. (Voir p. 69.)

b) Dans un ruisseau, les différences observées, le même jour, à des endroits de plus en plus éloignés de la source, dépendent :

1° du phénomène chimique de disparition de l'anhydride carbonique et de la précipitation du carbonate de calcium;

2° de l'entrée en solution de substances amenées en contact avec l'eau courante;

3° les valeurs absolues de la conductivité dépendent de la nature géologique de la région où naît la source et de celles que traverse le cours d'eau.

CHAPITRE IV.

LES SOURCES.

1. LES CONDITIONS PHYSIQUES.

L'éclairement des sources est généralement faible; en effet, elles prennent naissance au pied de collines de roches meubles et elles ont rapidement creusé un petit bassin qui s'enfonce sous une voûte d'argile, ou bien, quand elles apparaissent en terrain plat, elles sont très vite submergées par une végétation hygrophile.

Les sources de la région étudiée sont rarement des rhéocrènes typiques : la plupart ont leur exutoire situé au ras du niveau du ruisselet sans bassin d'écoulement et sont d'un faible débit. Ces conditions sont assez défavorables à l'établissement d'une faune qui doit être à la fois de petite taille, faiblement rhéophile, et doit se contenter de fort peu de nourriture végétale.

Quatre rhéocrènes typiques existent cependant : ce sont les sources A 2, H, Q et S. Tous les quatre ont été canalisés par l'homme au moyen de tuyaux qui les font se déverser d'une certaine hauteur sur le sol.

La faune des sources est liée à une grande constance dans les conditions du milieu.

La température est l'exemple classique des conditions stables offertes durant toute l'année par les sources.

En réalité, dans les sources à très faible débit du Smohain, la température est beaucoup moins fixe que dans les sources très abondantes des ruisseaux de montagnes. Cela est dû sans doute à la moindre importance des nappes phréatiques qui les alimentent et à leur profondeur relativement faible.

Le minimum observé pour les vraies sources est de 8° (A et C en hiver) et le maximum de 12°5 au cœur de l'été (C, Q et S). L'écart des températures extrêmes est très variable : 5° en A; 4°5 en C; 1°5 en H; 5° en Q; 3° en R; 3° en S. Comme on peut le voir, il ne s'agit plus ici d'une sténothermie vraie.

La plupart des sources qui ont été étudiées dans la littérature (voir A. THIENEMANN, 1926, *Die Binnengewässer*, Bd. I) ont une température ne s'écartant que fort peu de la moyenne des températures de l'année.

Dans le cas des sources du Smohain, les moyennes se situent aux environs de 10°5, sauf la source H, qui a un comportement thermique particulier. Cette

dernière, sténotherme, a une température moyenne de 9°8, donc est sensiblement plus froide que les autres. Elle est abritée par des arbustes et sourd au versant Nord d'une colline, ce qui explique sa fraîcheur.

Les sources A et C, découvertes à tous les vents, mal protégées, peuvent atteindre une température sensiblement inférieure à 9°.

La faune des sources de la région est peut-être liée à ces particularités thermiques.

Le débit des sources du Smohain est faible. Comme il est difficile de l'apprécier sur des sources ordinaires, je me suis contenté de le mesurer sur les rhéocrènes se déversant artificiellement par un tuyau. Leur débit au mois de mars, en période d'eaux basses, était :

A 2 : 25,5 litres à la minute,

H : 20,0 litres à la minute,

Q : 24,0 litres à la minute,

S : 12 litres à la minute.

2. CARACTÈRES CHIMIQUES.

L'oxygène.

Plusieurs mesures d'oxygène ont été effectuées auprès de ces sources au cours de deux années consécutives. Elles ont confirmé un fait déjà bien acquis : c'est que l'oxygène est relativement bas dans les sources par rapport à celui du ruisseau.

TABLEAU XIV. — L'oxygène dans les sources (mg/l).

	A ₁		A ₂		C		D ₃		H		Q		R		S	
	mg/l	sat.	mg/l	sat.	mg/l	sat.	mg/l	sat.	mg/l	sat.	mg/l	sat.	mg/l	sat.	mg/l	sat.
4 juin 1944	7,68	68,4	—	—	7,02	6,20	8,18	77,7	7,66	67,4	8,18	72,7	8,32	73,8	8,32	78,8
6 avril 1945	—	—	8,22	73,2	—	—	—	—	7,19	62,6	—	—	—	—	7,80	69,0
30 juill. 1945	7,32	64,4	—	—	7,32	65,9	7,32	65,9	7,73	68,8	9,22	83,0	9,70	89,8	7,73	71,1

Le tableau XIV montre en outre que seuls les rhéocrènes vrais dépassent parfois 70 % de la saturation (D₃, Q, R et S).

Les chlorures.

TABLEAU XV. — Chlorures (mg/l).

Sources	A	B	C	D	Dj	H	O	Q	R	S	A ₂
1-VI	23	4,3	22	23	29	16	20	49,1	20,5	—	—
12-VI	22,3	57,1	21,3	23	33	17,4	20	48,1	20,3	36,2	—
23-VII	20,3	—	21,3	—	32,1	17,4	—	49	21	36,2	—
8-XII	—	36,7	23,1	20,8	33,8	16,9	—	48,8	21	36,1	—
2-IX	20,4	—	—	—	31,8	—	—	48,0	18,8	34,8	13,9

Comme on le voit par le tableau ci-dessus, les chlorures se situent, en général, aux environs de 20 mg par litre, chiffre déjà présenté par le ruisseau.

La source B, qui contient toujours beaucoup plus de sels, est fortement polluée.

La source Dj et la source S ont des teneurs généralement supérieures à 30 mg au litre.

Enfin la source Q, utilisée comme eau potable cependant, offre toujours de fortes teneurs en chlorures atteignant environ 50 mg au litre.

Les sulfates.

TABLEAU XVI. — Sulfates SO⁴ (mg/l).

	A	B	C	D	D	H	Q	R	S	A ₂
8-VII-44	—	70,6	23,1	—	16	10,1	67,2	22,4	22,4	—
IV-45	—	82,1	24,1	—	18	9,9	69	22,0	22,1	9,8

Les sulfates ont été titrés à deux reprises, avec une concordance suffisante, dans les sources. B en contient des teneurs élevées et variables, dues à l'action de l'homme. La source A₂, de même que H, a des teneurs faibles, atteignant 10 mg/l. R et S ont une vingtaine de mg par litre de sulfates, tandis que, comme toujours, Q dépasse fortement les valeurs des autres sources.

Les nitrates.

TABLEAU XVII. — Les nitrates NO³ (mg/l).

	A	B	C	D	H	Q	R	S
8-XII-44	—	—	7,6	5,1	4,2	15,4	7,0	7,8
IV-45	6,3	—	7,0	5,0	4,1	15,6	7,1	7,6

Ces valeurs sont de l'ordre de grandeur de celles que l'on constate dans le ruisseau; la source H se caractérise encore ici par sa pauvreté en sels et la source Q par l'abondance de ceux-ci.

Les valeurs absolues sont élevées pour des eaux de sources; il s'ensuit que ces eaux sont fort « productives » et il est probable qu'on peut ainsi expliquer l'abondance de la vie des sources.

Les phosphates.

L'anion PO_4^{---} est fort peu abondant dans les eaux naturelles; une analyse effectuée le 8 décembre donne les valeurs suivantes :

TABLEAU XVIII. — *Les phosphates.*

En G :	0,8 γ au litre PO_4^{---}
D :	4,9 γ
Q :	35,3 γ
R :	2,0 γ
S :	2,5 γ

La source Q seule se montre riche en phosphates, ce qui s'expliquera peut-être par sa pauvreté relative en carbonates.

La silice.

TABLEAU XIX. — SiO_2 (mg/l).

	B	C	D	H	Q	R	S
Le 13-XII.	11,4	12,4	12,6	3,2	7,3	8,4	8,1

La silice, comme on le voit, est en quantité fort variable suivant les sources et située aux environs de 10 mg par litre. La source H est, comme pour les autres corps dissous, la moins riche en silice.

Les sels de fer.

TABLEAU XX. — Fe^{++} en mg par litre.

	B	C	D	H	Q	R	S
23-XII-45.	1,6	0,8	0,25	0,2	0,05	0,2	0,2

Ces sels ne sont abondants qu'en B, eau polluée, et en C, où la teneur atteint presque 1 mg au litre. Cette pauvreté s'explique par l'abondance relative des ions HCO_3^- et le pH élevé. En outre l'oxygénation est relativement bonne, ce qui oxyde les sels ferreux et les fait précipiter en carbonate ferrique.

L'équilibre carbonates, anhydride carbonique, calcium et la teneur totale en sels dissous.

L'essentiel a été dit sur cet équilibre à propos du ruisseau proprement dit. Je n'y reviendrai donc pas.

Le tableau XXI indique les valeurs d'anhydride carbonique observées dans les différentes sources.

TABLEAU XXI. — *Anhydride carbonique* (mg/l).

	A	B	C	D	H	Q	R	S
22-VI-44	31,6	—	41,5	41,7	—	—	—	—
8-VII-44	32,3	—	49,4	41,8	—	—	—	—
10-XII-44	Polluée	—	27,8	31,2	—	25,9	11,3	10,0
13-IV-45	23,3	—	46,6	31,6	16,6	21,6	—	13,3
16-VI-45	56,2	—	126,0	—	—	—	—	—
18-VI-45	—	—	—	—	—	68,0	84,0	84,0

Comme on le voit, les chiffres obtenus sont extrêmement variables et cela d'autant plus que, aussitôt qu'on s'écarte d'une source, les valeurs de l'anhydride carbonique dissous s'abaissent considérablement. Par exemple, le 18 juin 1944, une mesure faite dans la source Q, dans l'exutoire même, donne 68 mg/l d'anhydride carbonique; l'eau tombe de l'exutoire d'une hauteur de 75 cm, dans un tonneau dont l'excès s'écoule par un ruisseau; un mètre en aval du tonneau, l'anhydride carbonique atteint 44 mg au litre; 10 m en aval, 18 mg au litre, ce qui signifie un abaissement de plus de 73 % sur 10 m de cours.

On voit que les hypothèses exprimées plus haut, sur le déséquilibre ionique, se vérifient bien. On peut supposer que dans la nappe phréatique la teneur en anhydride carbonique est encore beaucoup plus forte. Il s'ensuit que les mesures d'anhydride carbonique faites dans l'écoulement d'une source n'ont aucune valeur caractéristique. Elles ne peuvent qu'exprimer un état fugitif de l'eau à la sortie de la terre. Le pH qui résulte de ce phénomène paradoxal est plus haut dans les sources que l'alcalinité ne semblerait l'indiquer, plus bas que celui qui résulterait de l'équilibre anhydride carbonique atmosphérique-eau saturée de bicarbonate de calcium. La réaction de toutes les sources est neutre et le pH oscille autour de 7. Généralement les mesures colorimétriques donnent 6,9-7,3. Deux mesures dans la source Q donnent 6,6 : 24 mai et 10 décembre 1944. L'imprécision des seules mesures colorimétriques effectuées ne permet pas de rendre compte des fluctuations du facteur en question en rapport avec le déséquilibre de l'anhydride carbonique.

Voici les chiffres obtenus par la méthode colorimétrique :

TABLEAU XXII. — pH des sources.

	A	B	C	D	H	O	Q	R	S
20 mai	6,9	6,8	6,9	7,0	7,0	6,9	6,6	6,8	6,8
25 juin	6,9	—	6,9	6,9	—	—	—	—	—
10 décemb.	7,1	—	6,9	7,2	—	—	6,6	7,0	6,9

La source D désignée ici est l'écoulement d'un tuyau amenant l'eau de source au ruisseau, ce qui signifie que cette eau a déjà été agitée au contact de l'air pendant plusieurs secondes. Ses oscillations de pH aux différentes périodes de l'année ne sauraient donc étonner.

On remarquera que, ici encore, la source Q se distingue des autres par un pH inférieur.

Le calcium.

TABLEAU XXIII. — Calcium Ca (mg/l).

	A ₂	B	C	D	H	Q	R	S
Août 44	—	—	—	77,3	75,1	71,0	53,7	52,1
8-XII-44	—	—	90,7	74,8	—	74,8	56,0	49,8
13-XII-44	98,5	141,4	92,0	89,4	72,8	75,0	54,8	—
Avril 45	91,5	123,7	91,5	—	—	—	—	51,0
13-XII-45	106,1	—	—	—	81,1	74,1	54,1	54,1

Les sources de la zone supérieure du ruisseau A₂, B, C manifestent une teneur en calcium plus élevée que celles de la zone inférieure. Ce phénomène doit être mis en rapport avec des faits géologiques et ne semble pas avoir de retentissement particulier sur l'ensemble des facteurs du milieu.

Les bicarbonates.

TABLEAU XXIV. — S.B.V.

	A	B	C	D _j	D ₃	H	O	Q	R	S
26 mai 44	6,0	6,5	5,8	—	5,6	4,2	3,5	2,4	3,2	1,4
12-VI-44	—	—	5,8	—	—	—	3,6	—	—	—
10-XII-44	—	—	6,1	4,6	—	—	—	2,3	3,3	1,3

La méthode de titration (par HClN/10 sur 100 cc. d'eau) est insuffisamment sensible pour apprécier les fluctuations dues au déséquilibre de l'anhydride carbonique.

La conductibilité.

TABLEAU XXV. — *Conductibilité de l'eau des sources.*

	A ₂	A	C	D	H	Q	R	S
21-X-44	—	—	—	—	41,1	—	—	—
11-XI-44	—	—	—	—	—	53,4	39,8	40,3
16-II-45	—	—	52,6	55,2	39,6	54,0	38,7	41,6
5-IV-45	—	—	—	—	—	61,3	46,0	46,0
15-VIII-45	54,2	60,2	—	—	—	58,8	—	46,0
8-XII-45	61,8	—	—	—	—	66,9	—	—
13-XII-45	54,8	—	—	—	47,1	62,8	44,9	—

Les valeurs de la conductibilité sont, comme on le voit, toutes supérieures à celles du Smohain, ce qui apporte un argument en faveur de l'hypothèse introduite plus haut.

Parmi les sources, A₂, A, C, D ont des conductibilités élevées dues à l'abondance des carbonates, les autres sortent de coteaux partiellement décalcifiés et sont plus pauvres en chaux. Q cependant montre une eau riche en sels, ce que nous avons déjà remarqué à plusieurs reprises (chlorures, sulfates, nitrates). Les valeurs les plus faibles observées sont semblables à celles des sources de la région calcaire du pays. La composition de l'eau varie également avec la période de l'année et l'abondance plus ou moins grande des précipitations. Je n'ai pas fait de mesures à ce sujet.

Il est certain que les influences extérieures sont d'autant plus fortes que la nappe phréatique est plus faible et que le trajet parcouru par l'eau avant d'y arriver est plus court.

TROISIÈME PARTIE

Le peuplement.

CHAPITRE PREMIER.

INFLUENCE DES FACTEURS DU MILIEU SUR CERTAINS GROUPES D'ANIMAUX.

Si l'influence des facteurs du milieu sur les associations animales n'apparaît pas clairement, cela est dû à la complexité du problème.

D'un côté, nous sommes sans doute dans l'ignorance de certains facteurs extérieurs aux organismes (facteur spatial, etc.); d'autre part, nous ne connaissons pas l'action qu'ont certains facteurs étudiés sur la dispersion et, enfin, l'interaction des organismes qui composent les associations nous est encore fort obscure.

Il s'ensuit que pour pouvoir faire rentrer cette étude dans la série des travaux écologiques habituels, il convient de rassembler en un chapitre les variations de l'un ou l'autre facteur, isolément ou groupés en petit nombre, et les modifications, non de toute la faune, mais de quelques groupes dont l'autécologie n'est pas entièrement inconnue.

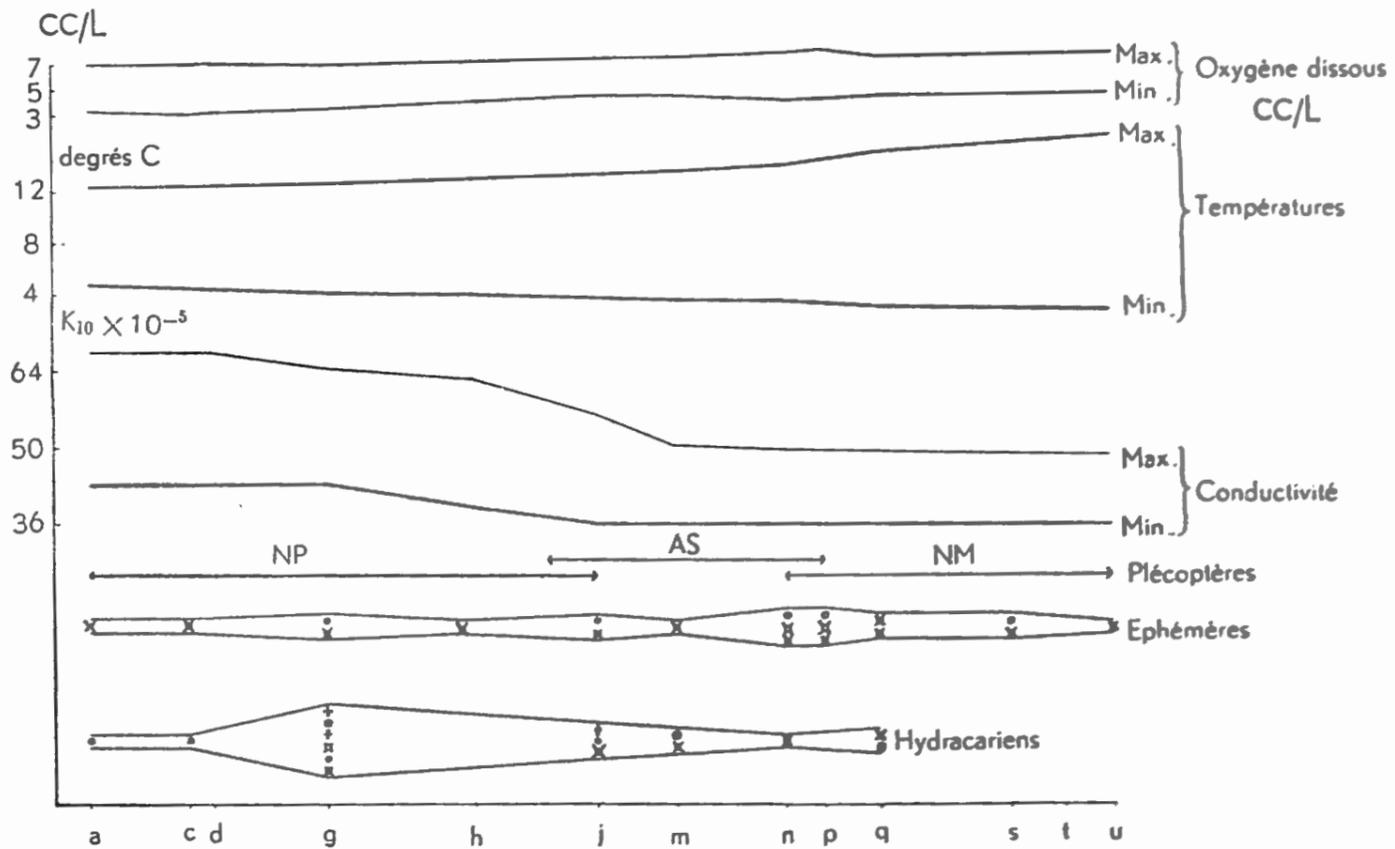
Nous choisirons comme facteurs :

la température,
la salinité (conductivité électrique),
l'oxygène dissous.

De même comme groupes animaux :

les Éphéméroptères,
les Plécoptères,
les Hydrachnelles.

Variation des facteurs du milieu et répartition de différents groupes animaux.



EXPLICATION DES SIGNES

Plécoptères.	Hydracariens.
NP. <i>Nemurella Picteti</i> (KLAPALEK)	⊗ <i>Sperchon setiger</i> THOR
AS. <i>Amphinemura standfussi</i> RIS	● " <i>denticulatus</i> KOENIKE
NM. <i>Nemura marginata</i> PICTET	○ " <i>squamosus</i> KRAMER
	⊗ " <i>glandulosus</i> KOENIKE
	♂ " <i>vaginosus</i> THOR
	* " <i>clupeifer</i> PIERSON
	△ <i>Hygrobates nigromaculatus</i> (LEBERT)
	+ <i>Megapus nodipalpis fonticola</i> VIETS
	* " <i>nodipalpis pennata</i> VIETS
	⊕ " <i>spinipes</i> (KOCH)
Ephémères.	
□ <i>Ephemera danica</i> MÜLLER	
⊗ <i>Ephemerella ignita</i> (PODA)	
■ <i>Paraleptophlebia submarginata</i> (STEPHENS)	
⊗ <i>Baetis vernus</i> CURTIS	

GRAPHIQUE VII.

Le graphique n° VII indique à la fois l'étendue des variations des facteurs extérieurs et l'importance des groupes animaux en question aux endroits correspondants. On voit que dans l'ensemble, les Hydracariens sont localisés à l'amont du ruisseau, là où les variations de température sont les plus faibles, mais où la salinité est la plus variable.

Les Plécoptères subissent dans le ruisseau une véritable stratification : *Nemurella Picteti* KLAPALEK habite les sources et le haut cours (a à j); dans le cours moyen (j à p) il est progressivement remplacé par *Amphinemura standfussi* RISS; enfin entre p et l'embouchure, celui-ci cède, à son tour, la place à *Nemura marginata* PICTET. Ici encore, le groupement des facteurs température, salinité et oxygène dissous joue un rôle prépondérant dans la dispersion, mais il est malaisé de le délimiter.

Nemurella Picteti KLAPALEK, par exemple, vit normalement dans les sources, notamment la source C. La teneur de cette eau en oxygène est constamment basse, car les végétaux qui y poussent, fort abondants (Cresson, Véronique), ont leurs feuilles presque toutes émergées.

On ne peut cependant affirmer que le Plécoptère en question se contente de peu d'oxygène, car il peut s'en approvisionner au contact des bulles formées par les feuilles exposées à la lumière. C'est l'ensemble des facteurs qui jouent ce rôle sur la dispersion.

La distribution des Éphémères est également troublante. Pris en bloc, ces Insectes affectionnent le cours inférieur du ruisseau, qui est précisément le moins sténotherme; mais c'est aussi dans cette partie que l'oxygène dissous est le plus abondant et la salinité la plus stable. Il faut donc en conclure que les Éphéméroptères en question ne sont guère sténothermes, mais plutôt oxyphiles.

Bætis vernus CURTIS est le plus eurytope de tous, puisqu'il colonise pratiquement tout le ruisseau.

La dispersion des Triclades confirme les observations répétées de nombreux naturalistes. (Voir E. LELOUP, 1944.) Il n'y a que deux ou trois espèces, rhéophiles, dans le ruisseau et les sources qui l'alimentent. *Planaria alpina* (DANA) est particulièrement localisée dans les sources, *Euplanaria gonocephala* DUGÈS dans le ruisseau. Dans certaines sources, cependant, on rencontre ensemble les deux Planaires.

Le problème de la dispersion de ces organismes est fort complexe et les expériences de A. THIENEMANN (1934) et de E. LELOUP (1944) démontrent qu'il est d'ordre écologique. Il est vraisemblable qu'il ne sera résolu que par l'étude des associations dans lesquelles entrent les Planaires.

CHAPITRE II.

LE RUISSEAU DE PLAINE : ÉVOLUTION DES BIOCÉNOSES.

Des observations relatées dans les pages précédentes, il apparaît qu'il est possible de se représenter le ruisseau de la plaine brabançonne par un schéma général.

Il s'agit ici d'un petit ruisseau; c'est-à-dire d'un cours d'eau ne dépassant pas 5 à 6 km de longueur et 1,5 m de largeur et n'offrant pas d'accident sur son parcours. Il s'ensuit que la présence d'un étang barrant le cours du ruisseau, ou d'une brusque dénivellation, cascades, etc., modifiera parfois très fort les conditions de vie.

Le ruisseau dont les sources prennent naissance en terrains meubles (et solubles) coule en général, dans son cours supérieur, au milieu de prairies humides, confinant souvent au marécage. A cet endroit, il est habité par une faune très banale, association pauvre à *Planaria alpina* (DA.), *Gammarus pulex* (L.), *Pisidium casernatum* (POL.), *personatum* MALM et *subtruncatum* MALM. Si la pente est très faible et la vitesse de surface voisine de 10 cm par seconde, le fond se tapisse de vase nutritive provenant de végétaux terrestres ou aquatiques environnants. La vase se colonise alors par la synusie décrite plus haut à *Micropsectra præcox* MEIGEN. L'accumulation de substances nutritives et la lenteur du courant favorisent l'établissement de Phanérogames qui nourrissent par contre-coup la synusie eubenthique, de même qu'une synusie épibenthique qui l'accompagne : la synusie à *Plectrocnemia conspersa* CURTIS.

Il va de soi que plus les végétaux se développent, plus deviennent florissantes les synusies de l'Hydrobios : ce sont particulièrement les larves de *Chaetopteryx villosa* FABRICIUS et diverses espèces de *Limnophilus* qui y vivent, accompagnées de *Gammarus* et même de Planaires. Plus en aval, la pente augmente généralement, de même que la vitesse de l'eau. A ce moment, la vase est partiellement entraînée et l'Eubenthon à *Micropsectra* régresse. Si le courant s'accroît suffisamment (20 à 40 cm à la seconde), le nettoyage du fond met à nu des pierres en place. Ce phénomène est remplacé, en général, dans un pays densément habité, par la construction de ponts de pierres ou de briques dont les débris jonchent le fond du ruisseau, si la vitesse est telle (20 cm) que la vase ne se dépose pas sur les pierres. Une nouvelle association colonise celles-ci; c'est une synusie épibenthique à Hydrachnelles. Elle a la composition signalée pp. 26-29 lorsqu'elle est complète. Si ce biotope de pierres se rencontre aux environs des sources (1,5 km au plus), la sténothermie étant suffisante, les Hydrachnelles du genre *Megapus* sont présentes. Plus bas, ce sont surtout les *Sperchon* et *Atractides* qui dominent. A partir de ce moment aussi, la vitesse du courant est telle que les

Phanérogames ont moins de facilité à s'enraciner et sont principalement remplacées par les plantes « extérieures » poussant sur les rives : *Glyceria*, etc. Celles-ci étendent dans l'eau leurs feuilles qui abritent une synusie hydrobiotique à *Simulium ornatum* MEIGEN, *Bætis vernus* CURTIS et *Chætopteryx villosa* FABRICIUS, les *Limnophilus* étant exclus. Progressivement le ruisseau affouillant le limon met parfois à nu des galets. Il a alors perdu ses caractères de cours d'eau de source : sténothermie et euryosmoticité. Le caractère de la faune change. Le fond est occupé par une synusie épibenthique à *Hydropsyche* (voir pp. 30-32), à laquelle peut s'adjoindre la larve de *Rheotanytarsus* sp. Les pierres sont tapissées de la larve de *Rhyacophila dorsalis* CURTIS et sous ces pierres peut vivre le Chabot (*Cottus Gobio* LINNÉ). Remarquons aussi la présence des Hydroptilides. Le profil en long se régularise pour devenir profil d'équilibre, les pierres du fond sont colmatées par du sable qui se dépose (vitesse retombant sous 40 cm/sec). La faune s'appauvrit soudainement et se compose de la synusie eubenthique à *Dyscamptocladus* et de la synusie epibenthique à *Sericostoma*; cette dernière espèce disparaîtra d'ailleurs si des pierres ne se maintiennent pas à proximité. Cette succession, due à un événement naturel, la « maturation des ruisseaux », est générale pour les ruisseaux de la vraie plaine. Nous l'avons rencontrée identiquement dans l'affluent de la Senne, la Pède, qui montre d'abord une association à *Polycelis cornuta* (JOHN.), *Gammarus pulex* (L.), mais la zone des pierres commence trop en aval pour les Acariens strictement sténothermes.

Rhyacophila septentrionis MAC-LACHLAN manque dans cette zone (est-ce pour un motif historique ou pour une raison invoquée ci-dessus?).

Les *Sericostoma* manquent absolument dans l'épibenthon des sables d'aval, qui sont d'ailleurs très pauvres. La pollution masque le reste de la succession.

Dans un autre affluent de la Senne, le Beerbrug beek, la succession se présente de la même façon, le même groupement colonise le ruisselet en amont; il n'y a pas de zone d'aval de pierres à *Hydropsyche*, le ruisseau étant trop court (2,5 à 3 km); mais on retrouve cette association dans le Vlesembeek, où le Beerbrug beek se jette, et dont le cours est plus long.

Dans la région des Flandres, les associations paraissent tout à fait semblables.

Un petit affluent du Molenbeek, affluent de la Dendre à Ninove, que j'appellerai ruisseau de Woestyne, présente une succession fort comparable, mais avec des variantes dues à la nature du fond. Dès la source, le ruisselet coule sous bois et abrite une association à *Chironomus thummi* KIEFFER, très pauvre, puis entre en prairies; son eau se calme et reste pour ainsi dire stagnante; le fond est tapissé de feuilles mortes, et l'on rencontre une association non encore signalée jusqu'ici et qui est fort fréquente en plaine; les strates fauniques sont mal distinctes, de même que la limite du fond; les feuilles mortes, en effet, ne sont que très lentement incorporées dans le sédiment proprement dit. Très riche en matières organiques, le fond nourrit *Chironomus thummi* KIEFFER extrêmement abondant, aux dépens duquel vivent *Macropelopia nebulosa* MEIGEN et *Psectrotanypus tri-*

fascipennis ZETTERSTEDT, à la surface des feuilles courent *Asellus aquaticus* L. et des larves et adultes de Dytiscides : *Acilius* sp. En outre, *Gammarus pulex* (L.) est assez abondant au milieu d'essaims d'Entomostracés. Sur les feuilles se voient en outre quelques larves de *Clæon dipterum* LINNÉ.

L'examen des espèces qui composent cette association nous montre que les synusies eubenthique, épibenthique et nectique s'interpénètrent profondément; que l'association est presque celle d'une eau stagnante. La vitesse de l'eau y est très faible et l'abondance des substances organiques explique qu'une faible quantité d'hydrogène sulfuré soit perceptible. Les algues du genre *Spirogyra* forment un réseau lâche à travers toute l'étendue de l'eau.

Après quelques sinuosités dans des taillis, le ruisseau entre en prairies et abrite une association typique à *Micropsectra*. L'épibenthon est légèrement différent et *Polycelis nigra* (EHR.) paraît remplacer *Planaria alpina* (DANA). Je n'y ai pas trouvé *Hygrobates nigromaculatus* LEB. ni *Sperchon squamosus* KRAMER.

Dès l'entrée dans le bois de Neyghem, l'apparition d'un fond tapissé de feuilles mortes coïncide avec un changement net de la faune. Les détritiques sont exploités par *Pisidium subtruncatum* MALM, *Ptychoptera contaminata* LINNÉ, *Sericostoma* sp., *Gammarus pulex* (L.), *Sialis lutaria* FABRICIUS, et, de plus, *Glossosiphonia heteroclita* (L.) représente l'élément carnassier. Plus bas, la pollution empêche toute observation.

Non loin de ce ruisseau se trouve le Wolfputbeek, qui prend sa source sous bois dans un hélocrène. Son cours est profondément encaissé dans des rives d'argile et, trop dur, ne nourrit presque aucun Eubenthon. Quelques *Tubifex tubifex* L. et *Chironomus* rouges. A la surface du fond se déplacent *Lithax obscurus* HAGEN (Trichoptère rhéophile), *Chætopteryx villosa* FABRICIUS et *Gammarus pulex pulex* (L.). Aussitôt que le fond s'est couvert de feuilles mortes (100 m en aval) apparaissent des associations encore mal connues : *Dicranota* sp., *Tubifex tubifex* L., *Pisidium* sp., *Psectrotanypus*, *Ptychoptera contaminata* LINNÉ, *Gammarus pulex* (LINNÉ), *Chætopteryx villosa* FABRICIUS. Mais ce bief est immédiatement suivi d'un autre où l'accélération de l'eau sur fond de pierres permet l'établissement de l'association lapidicole à Acariens, très appauvrie par suite de l'éloignement où se trouve le ruisseau de l'aire de dispersion des espèces caractéristiques : *Rhyacophila septentrionis* MAC-LACHLAN, *Paraleptophlebia*, *Sperchon* sp. Néanmoins on y retrouve le groupement décrit pour le Smohain. Plus bas enfin apparaît la variante à *Psectrotanypus*, à laquelle se joignent des espèces de la synusie à *Micropsectra*, qui n'apparaît nulle part de façon pure, vu l'abondance de matières organiques exogènes. Voici les espèces présentes : *Micropsectra* sp., *Prodiamesa olivacea* MEIGEN, *Ptychoptera albimana* MEIGEN, *Pisidium* sp., *Gammarus pulex* (L.), *Chætopteryx villosa* FABRICIUS, *Simulium ornatum* MEIGEN.

L'Elsbeek, enfin, toujours dans la même région et affluent du même ruisseau, nous montre encore une faune très semblable. Celle-ci commence par un groupement pauvre à Planaires : *Polycelis nigra* (EHR.), *Gammarus pulex*

(L.) et Chironomes rouges (groupe *thummi*), mais le débit est tout de suite suffisant pour permettre l'accès de l'épinoche. Les *Chironomus* rouges se glissent ici dans une association, semblable à la première, que l'on rencontre dans la Pède, à la faveur du sous-bois qui alimente le ruisseau en feuilles mortes. Aussitôt la sortie du bois, le ruisselet entre en prairie et abrite une association à *Micropsectra præcox* MEIGEN complète, alimentée par *Helosciadium nodiflorum* LAG. Quand cette Ombellifère devient trop envahissante, les larves de *Micropsectra* vont s'établir plus loin, là où les débris organiques sont moins abondants et ne recolonisent la place qu'à l'automne. Plus bas, le fond se modifie fortement par suite de la plantation de Peupliers sur les bords. Les *Chironomus thummi* KIEFFER, *Tubifex tubifex* L., *Pisidium* deviennent très nombreux, le courant se calme et progressivement s'établit la synusie à *Chironomus tentans* (espèce du groupe *thummi*), que nous connaissons du Smohain (source B). Ici l'association est complète et comprend un Épibenthon et un Necton importants : *Limnæa ovata* DRAP., *Corixa Geoffroyi* LEACH, *Notonecta glauca* LINNÉ, *Nepa cinerea* LINNÉ, *Agabus* sp. sont à ajouter au tableau de l'association en question. Au fur et à mesure que la vase noire s'épaissit, cet Épibenthon disparaît progressivement et l'association se réduit à *Tubifex tubifex* L., *Chironomus* groupe *thummi* KIEFF., *Ptychoptera* sp. et *Limnæa ovata* DRAP.; le village de Meerbeek, par une pollution constante, maintient l'association dans cet état. Les végétaux présents sont *Helosciadium nodiflorum* LAG., très peu florissant, et *Callitriche* sp., en grande abondance. L'épinoche s'y rencontre depuis la source jusqu'à Meerbeek.

Discussion. — On voit par tous ces exemples que les associations du ruisseau de plaine ont une parenté étroite d'un ruisseau à l'autre et que la succession dans l'espace y est fort comparable. Les principales modifications qui apparaissent sont dues : à l'absence de zone à fond pierreux vers la source (association lapidicole à Acariens); à la présence sur les rives de bois ou de taillis enrichissant le fond en substances organiques qui amènent une synusie eubenthique à *Ch. thummi*, ou *Ch. tentans*, et qui empêchent la colonisation par la synusie des fonds pauvres à *Dyscamptocladus*, qui caractérise les vallées basses du Smohain, de la Lasne, de la Pède.

La succession dans le temps des associations de ruisseaux de plaine est beaucoup moins aisée à reconnaître. L'exploration soignée de la vase d'un ruisseau peut cependant livrer des traces d'une association antérieure à celle qui habite le ruisseau à ce moment. C'est ainsi que le fond de l'association à *Micropsectra* du Haut Smohain a livré de temps en temps des fourreaux vides de *Sericostoma pedemontanum* MAC-LACHLAN, qui ne vit certainement plus là. Il ne remonte plus actuellement au delà du point m. Cela démontre qu'avant d'avoir atteint son profil d'équilibre entre a et g, le Smohain hébergeait à cet endroit la synusie à *Sericostoma*.

On peut aussi supposer qu'en plaine les synusies lapidicoles s'établissent aussitôt que le ruisseau commence à creuser son lit, c'est-à-dire quand le limon

superficiel est entamé. Elles succèdent sans doute (voir la Pède et le Beersbrugbeek) à une association à Planaires, *Gammarus* et Tanypides. Le profil d'équilibre tendant à s'établir, le limon colmate les pierres (processus en cours dans le Smohain de g à j) et *Helosciadium nodifolium* LAG., *Sparganium ramosum* HUD., *Mentha aquatica* L. s'installent, accélérant encore le processus. Le dépôt de limon amène une association à *Micropsectra* et, si les substances organiques s'accumulent davantage, une association allant en s'appauvrissant vers le stade à *Chironomus thummi* KIEFFER, *Ptychoptera* (cf. source B dans le Smohain).

Si l'apport de matières organiques cesse (abatage des arbres), la population retourne vers la faune à *Micropsectra*, qui est à son apogée, entre des rives de prairies, régulièrement tondues. A son tour, celle-ci évolue, par la consommation des matières organiques, en une association à *Dyscamptocladus* qui semblerait devoir occuper tout le ruisseau, si celui-ci évoluait sans intervention extérieure.

En Flandre, les vitesses moindres, dues à des pentes plus faibles, amènent des dépôts plus abondants de matières organiques (feuilles, etc.) et le profil d'équilibre correspond sans doute à une association à *Chironomus thummi* KIEFFER.

On ne peut parler ici de climax; en effet, le climax d'un ruisseau de plaine nécessiterait, outre l'établissement du profil d'équilibre, l'arrivée des associations terrestres avoisinantes à leur climax. Il faudrait aussi tenir compte du recul de la source et de l'envahissement par les Phanérogames.

Le groupement à *Dyscamptocladus*, *Sericostoma* représente pour les ruisseaux brabançons un subclimax dû à l'exploitation des rives par l'homme.

En Flandre, l'association à *Ch. thummi* KIEFFER n'est pas non plus le climax, mais elle en est certainement plus rapprochée.

CONCLUSIONS

A. — FAUNISTIQUE.

Nous avons montré que la faune d'un ruisseau de plaine est composée d'un certain nombre d'associations animales, les unes fouisseuses (beaucoup plus nombreuses que dans un ruisseau de montagne), les autres vivant à la surface du sol (peu abondantes et peu variées) ou des végétaux supérieurs (riches en individus).

Un même biotope peut être habité par deux associations animales différentes, suivant la distance qui le sépare de la source.

Les associations fouissant le fond du ruisseau sont différentes suivant la nature du sédiment. Elles sont en rapport avec la vitesse du courant, d'où, en première approximation, avec la pente moyenne du cours d'eau et en outre avec la nature de la végétation qui borde celui-ci.

B. — LE MILIEU.

L'étude du milieu apporte d'autres précisions :

Dans un ruisseau de plaine, les températures extrêmes que prend l'eau de la région supérieure ne sont écartées que de 8°, tandis qu'à l'embouchure ces écarts sont plus importants : 13°5. Une autre différence entre les deux extrémités du ruisseau est la teneur en oxygène dissous; basse à la source, elle augmente fortement vers l'embouchure.

Les caractères chimiques de l'eau présentent également un gradient.

Dans le cas particulier du Smohain, les chlorures sont fournis surtout par les installations riveraines, placées dans la région des sources. On observe au cours de l'écoulement une diminution du taux des chlorures. Les sulfates, phosphates, nitrates, la silice (en exceptant les stations polluées) augmentent de la source vers l'embouchure. La teneur en phosphates et en nitrates est nettement plus élevée que dans un ruisseau de montagne. Par contre, les carbonates dissous [envisagés en bloc comme $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$] sont plus abondants à la source. Le pH est voisin de

la neutralité à la source (6,5-6,7) et passe aux valeurs supérieures à 8 à l'embouchure. L'anhydride carbonique est dissous en quantités élevées à la source et beaucoup plus faibles à l'embouchure. En outre, la quantité totale d'électrolytes dissous aux sources est à la fois plus élevée et plus variable.

La région supérieure d'un ruisseau de plaine calcaire est caractérisée par :

1. une sténothermie relative;
2. une teneur basse en oxygène;
3. une euryosmotocité et une teneur élevée en électrolytes.

Ces trois caractères sont également ceux des sources de la région; il s'ensuit que les associations qui s'y trouvent sont apparentées sinon identiques aux associations crénophiles.

En aval, les conditions du milieu sont celles d'un cours d'eau lent. Les vases, qui sont présentes dans le bief amont, sont peuplées :

a) si elles sont riches en substances organiques peu minéralisées, par une faune où dominent d'abondantes larves de Chironomides;

b) si elles sont assez minéralisées, par une association à *Micropsectra*. Dans ce cas la nature du fond détermine le peuplement. Celui-ci est caractérisé par sa faculté de vivre dans des eaux pauvres en oxygène (où même dépourvues d'oxygène). C'est un facteur purement local.

Les fonds pierreux sont habités : en amont (zone des sources) par une faune caractérisée par *Brillia* sp. et de nombreux Acariens, notamment les *Sperchon* et les *Megapus*; en aval, par une faune caractérisée par les larves d'*Hydropsyche angustipennis* CURTIS et d'autres Acariens (notamment les *Sperchon* rhéophiles). Dans ce cas, trois facteurs peuvent jouer un rôle dans cette séparation :

1. la sténothermie de la partie supérieure du cours;
2. la teneur élevée en oxygène de la partie inférieure;
3. la stabilité osmotique de la partie inférieure.

*
**

En terminant ce travail, nous tenons à remercier tout particulièrement le Directeur de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, M. le Professeur V. VAN STRAELEN, qui nous a encouragé à entreprendre l'étude des Insectes aquatiques et de leurs larves et qui nous a permis, par son aide efficace et bienveillante, au cours des mois de guerre, un travail long et minutieux. Nos remerciements s'adressent également à MM. les Professeurs JEENER et BRACHET, dont

l'aide et les conseils nous ont été très utiles au cours de son exécution. Nous sommes très reconnaissant à M. le Professeur P. BRIEN d'avoir bien voulu nous indiquer les éléments fondamentaux d'un travail de cette sorte. MM. A. JANSSENS et E. JANMOULLE, en nous aidant à construire les appareils que nous avons utilisés, nous ont permis de mettre des faits nouveaux en évidence. M. le Conservateur A. COLLART nous a obligeamment aidé à mettre au point la présentation de ce travail. Il nous reste à remercier M^{me} J. WIAME d'avoir bien voulu faire nos analyses de phosphates, et M. A. BUYDENS d'avoir comparé nos résultats d'analyses d'eaux avec les siens.

BIBLIOGRAPHIE

- ALSTERBERG, G., 1922, *Die respiratorischen Mechanismen der Tubificiden*. (Lunds Univers. Arssk. N. F. 2, 18.)
- CZENSKY, R., 1943, *Kritische Bemerkungen zur Angabe des O² Gehaltes in mg. oder ccm. zur Berechnung des Sauerstoffsättigungsgrades*. (Zeitschrift f. Fischerei, XLI, 2, pp. 249-259.)
- CONRAD, W., 1942, *Sur la Flore et la Faune d'un ruisseau de l'Ardenne belge*. (Mém. Mus. roy. Hist. nat. Belg., n° 99. (Bruxelles.)
- DUVAL, M. et DUMARAUD, R., 1923, *Rapidité du changement de réaction des eaux de ruissellement*. (Comptes rendus Soc. Biol., 89, p. 398.)
- FOX, H. et WINGFIELD, G., 1938, *A portable apparatus for the determination of O² dissolved in a small volume of water*. (Journ. Exp. Biol., XV (3), pp. 437-445.)
- HARNISCH, O., 1927-1929, *Verbreitung und ökologische Bedeutung des Hämoglobins bei des Chironomidenlarven*. (Congr. Intern. Zool. Budapest, vol. I. pp. 345-357.)
- 1943, *Ein Gesichtspunkt für die Oekologie der Hochmoorwasserfauna*. (Arch. F. Hydrob., Bd. XXXIX, 3, 418-443.)
- HUBAULT, E., 1937, *La vie dans un torrent de montagne*. (Sciences, Paris, LXV, u° 14, pp. 239-245.)
- HUET, M., 1942, *Esquisse hydrobiologique piscicole de la Haute-Belgique*. (Trav. Stat. Recherches de Groenendael, série D, n° 2.)
- LAUTERBORN, R., 1916-1918, *Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstroms*. (Sitzber. Heidel. Akad. d. Wiss., math. naturw. Kl., Abt. B.)
- LELOUP, E., 1944, *Recherches sur les Tricladés dulcicoles épigés de la Forêt de Soignes*. (Mém. Mus. roy. Hist. nat. Belg., n° 102, 112 p.)
- LESTAGE, J. A., 1917, *Mission Stappers au Tanganyka-Moero, 2^e contribution à l'étude des larves des Éphémères et des Perlides*. (Rev. Zool. Afric., V, pp. 121-140.)
- 1921, *Les Larves et les Nymphes aquatiques des Insectes d'Europe, Trichoptères*. (Bruxelles.)
- LÖNNERBLAD, G., 1930, *Zur Kenntnis der Chemie einiger Humussees*. (Arch. für Hydrob., XXII, p. 355.)
- MARLIER, G., 1946, *Observations sur la conductivité électrique des eaux courantes de Belgique; note préliminaire*. (Ann. Soc. roy. Zool. Belg., LXXVI, 1945, pp. 100-107.)
- MAUCHA, R., 1943, *Einige neuere Gesichtspunkte in der Hydrochemie*. (Archiv. für Hydrob., Bd. XL, Heft 2, pp. 305-328.)
- MITIS, H. VON, 1938, *Die Ybbs als Typus eines ostalpinen Kalkalpenflusses*. (Int. Rev. Hydrogr. u. Hydrobiol., XXXVII, p. 425.)
- MUNSTER STRÖM, K., 1939, *Conductivity and reaction in Norwegian Lake waters*. (Int. Rev. Hydrob. hydrogr., Bd. XXXVIII, Heft 3/4, pp. 250-259.)

- NIETZKE, G., 1937, *Die Kossau. Hydrobiologisch-faunistische Untersuchungen an Schleswig-holsteinischen Fliessgewässern.* (Archiv für Hydrob., Bd. XXXII, Heft 1, s. 1-74.)
- PIA, J., 1933, *Neue Berechnungen der Löslichkeit des Kohlensauren Kalkes.* (Die Binnengewässer.)
- ROLL, H., 1941, *Welche Faktoren beeinflussen die Ausbildung des lotischen und lenitischen Ufers in Flüssen.* (Archiv Hydrob., XXXVIII, Heft 3, s. 115-161.)
- RÜSCHE, E., 1940, *Physiographische Untersuchungen im Hafen von Duisbourg Ruhrort.* (Archiv Hydrob., Bd. XXXVII, Heft 1, s. 1-72.)
- RUTTNER, F., 1915, *Das Elektrolytische Leitvermögen des Wassers der Lunzer Seen.* (Intern. Rev. Hydrogr., Supp. zu Bd. VI, Heft 1, pp. 1-39.)
- 1937, *Limnologische Studien an einigen Seen der Ostalpen.* (Archiv Hydrob., XXXII, s. 167-319.)
- SAINTE-CLAIRE DEVILLE, 1848, *Recherches analytiques sur la composition des eaux potables.* (Ann. Chimie Physique, 3^e série, vol. XXIII, p. 42.)
- SHELFORD, V. E., 1929, *Methods for the study of stream communities.* (Ecology [Brooklyn], X (4), pp. 382-391.)
- STEINMANN, P., 1909, *Die neuesten Arbeiten über Bachfauna.* (Int. Rev. Gst. Hydrogr., II, s. 241-246.)
- STEINMANN, P. et SÜRBECK, G., 1918, *Die Wirkung organischer Verunreinigungen auf die Fauna schweizerischer fliessender Gewässer.* (Bern.)
- THIENEMANN, A., 1909, *Orphnephila testacea MACQ, Ein Beitrag zur Kenntnis der Fauna Hygropetrica.* (Ann. Biol. Lac., IV, pp. 33-87.)
- 1926, *Die Binnengewässer Mitteleuropas.* (Schweizerbartsches Verlag.) (Stuttgart, 1925, 1, pp. 1-255.)
- 1934, *Eine gesteinsbildende Chironomide: Lithotanytarsus emarginatus GOETH.* (Zeit. Morph. Oekol. Tiere, XXVIII, p. 480.)
- USPENSKI, E., 1927, *Eisen als Faktor für die Verbreitung niederer Wasserpflanzen,* (Pflanzenforschung, Heft 9.)
- VIETS, K., 1936, *Hydrachnellae* in DAHL, *Die Tierwelt Deutschlands*, XXXI. Teil.)
- VONNEGUT, P., 1937, *Die Barbenregion der Ems.* (Archiv Hydrob., XXXII, pp. 345-407.)
- WITNEY, R., 1938, *A syringe pipette method for the determination of O² in the field.* (Journ. Exp. Biol., XV (4), pp. 564-570)
-

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	3
DESCRIPTION DU RUISSEAU	5
PREMIÈRE PARTIE. — Les Organismes.	
CHAPITRE PREMIER. — Faunistique	7
CHAPITRE II. — Les Associations animales.	
A. — Les Associations animales du ruisseau	14
B. — L'Eubenthon.	
1. La synusie à <i>Chironomus tentans</i> F.	19
2. La synusie à <i>Micropsectra præcox</i> MEIG.	21
3. La synusie des sables d'aval à <i>Dyscamptocladius</i>	24
CHAPITRE III. — L'Épibenthon.	
1. Les Associations pétricoles	25
A. — La synusie pétricole d'amont... ..	26
B. — La synusie pétricole d'aval à <i>Hydropsyche</i>	30
2. L'Épibenthon des fonds vaseux.	
1. La synusie à <i>Plectrocnemia conspersa</i> CURT.	32
2. La synusie à <i>Sericostoma pedemontanum</i> M.-L.	33
CHAPITRE IV. — Les autres isécies.	
1. L'Hydrobios... ..	34
2. L'Éphydron... ..	35
3. Le Necton	36
CHAPITRE V. — Les Associations extérieures au Ruisseau.	
A. — La faune crénophile	37
B. — La faune hygropétrique	39
DEUXIÈME PARTIE. — Le Milieu.	
CHAPITRE PREMIER. — Le Milieu physique.	
A. — Considérations générales	41
B. — Conditions observées dans le Smohain	45

	Pages
CHAPITRE II. — Le Milieu chimique.	
L'Oxygène... ..	49
L'Anhydride carbonique	52
Les Chlorures	54
Les Sulfates	55
Les Nitrates	56
Les Phosphates	57
Les Silicates	59
Le Magnésium et le Fer	60
Le pH... ..	63
La Pression osmotique de l'eau des ruisseaux	69
CHAPITRE III. — La Composition globale d'autres ruisseaux de Belgique	74
CHAPITRE IV. — Les Sources.	
1. Les Conditions physiques	77
2. Les Caractères chimiques	78
TROISIÈME PARTIE. — Le Peuplement.	
CHAPITRE PREMIER. — Influence des facteurs du milieu sur certains groupes d'animaux	84
CHAPITRE II. — Le Ruisseau de plaine : évolution des biocénoses	87
CONCLUSIONS :	
A. — Faunistique	92
B. — Le Milieu	92
BIBLIOGRAPHIE	95
TABLE DES MATIÈRES	97

PUBLICATIONS DE L'INSTITUT ROYAL DES SCIENCES NATURELLES DE BELGIQUE

ANNALES DU MUSÉE ROYAL D'HISTOIRE NATURELLE DE BELGIQUE (1877-1887),

TOME I.	— P.-J. VAN BENEDEN. <i>Description des Ossements fossiles des environs d'Anvers. I</i> 1877
TOME II.	— L.-G. DE KONINCK. <i>Faune du Calcaire carbonifère de la Belgique. I</i> 1878
TOME III.	— H. NYST. <i>Conchyliologie des Terrains tertiaires de la Belgique</i> , précédée d'une introduction par E. VAN DEN BROECK. 1879
TOME IV.	— P.-J. VAN BENEDEN. <i>Description des Ossements fossiles des environs d'Anvers. II</i> 1880
TOME V.	— L.-G. DE KONINCK. <i>Faune du Calcaire carbonifère de la Belgique. II</i> 1880
TOME VI.	— L.-G. DE KONINCK. <i>Faune du Calcaire carbonifère de la Belgique. III</i> 1881
TOME VII.	— P.-J. VAN BENEDEN. <i>Description des Ossements fossiles des environs d'Anvers. III</i> 1882
TOME VIII.	— L.-G. DE KONINCK. <i>Faune du Calcaire carbonifère de la Belgique. IV</i> 1883
TOME IX.	— P.-J. VAN BENEDEN. <i>Description des Ossements fossiles des environs d'Anvers. IV</i> 1885
TOME X.	— L. BECKER. <i>Les Arachnides de la Belgique. I</i> 1882
TOME XI.	— L.-G. DE KONINCK. <i>Faune du Calcaire carbonifère de la Belgique. V</i> 1885
TOME XII.	— L. BECKER. <i>Les Arachnides de la Belgique. II et III</i> 1886
TOME XIII.	— P.-J. VAN BENEDEN. <i>Description des Ossements fossiles des environs d'Anvers. V</i> 1886
TOME XIV.	— L.-G. DE KONINCK. <i>Faune du Calcaire carbonifère de la Belgique. VI</i> 1887

Depuis 1923, les Mémoires du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique ne sont plus réunis en Tomes. Chaque travail, ou partie de travail, a reçu un numéro d'ordre. La numérotation prend pour point de départ le premier fascicule du Tome I.

A partir de 1935, une deuxième série de Mémoires a été constituée, les fascicules en possèdent une numérotation indépendante de celle des Mémoires publiés jusqu'alors par le Musée. Cette deuxième série est plus particulièrement consacrée à des sujets ne présentant pas un intérêt immédiat pour l'exploration de la Belgique.

Sedert 1923 worden de Verhandelingen van het Koninklijk Natuurhistorisch Museum van België niet meer in Banden verenigd. Ieder werk, of gedeelte van een werk, heeft een volgnummer gekregen. De nummering begint met de eerste aflevering van Deel I.

In 1935 werd een tweede reeks Verhandelingen begonnen. De nummering der afleveringen hiervan is onafhankelijk van de tot dat tijdstip door het Museum gepubliceerde Verhandelingen. Deze tweede reeks is meer in het bijzonder gewijd aan werken, die niet van onmiddellijk belang zijn voor het onderzoek van België.

MÉMOIRES DU MUSÉE ROYAL D'HISTOIRE NATURELLE DE BELGIQUE.
VERHANDELINGEN VAN HET KONINKLIJK NATUURHISTORISCH MUSEUM VAN BELGIË.

PREMIÈRE SÉRIE. — EERSTE REEKS (1900-1948).

TOME I. — DEEL I.	
1.	— A. C. SEWARD. <i>La Flore wealdienne de Bernissart</i> 1900
2.	— G. GILSON. <i>Exploration de la Mer sur les côtes de la Belgique</i> 1900
3.	— O. ABEL. <i>Les Dauphins longirostres du Boldérien (Miocène supérieur) des environs d'Anvers. I</i> 1901
4.	— C. E. BERTRAND. <i>Les Coprolithes de Bernissart. I. Les Coprolithes attribués aux Iguanodons</i> 1903
TOME II. — DEEL II.	
5.	— M. LERICHE. <i>Les Poissons paléocènes de la Belgique</i> 1902
6.	— O. ABEL. <i>Les Dauphins longirostres du Boldérien (Miocène supérieur) des environs d'Anvers. II</i> 1902
7.	— A. C. SEWARD et ARBER. <i>Les Nipadites des couches éocènes de la Belgique</i> 1903
8.	— J. LAMBERT. <i>Description des Echinides crétacés de la Belgique. I. Etude monographique sur le genre Echinocorys</i> 1903
TOME III. — DEEL III.	
9.	— A. HANDLIRSCH. <i>Les Insectes houillers de la Belgique</i> 1904
10.	— O. ABEL. <i>Les Odontocètes du Boldérien (Miocène supérieur) d'Anvers</i> 1905
11.	— M. LERICHE. <i>Les Poissons éocènes de la Belgique</i> 1905
12.	— G. GÜRICH. <i>Les Spongiostromides du Viséen de la Province de Namur</i> 1906
TOME IV. — DEEL IV.	
13.	— G. GILSON. <i>Exploration de la Mer sur les côtes de la Belgique. Variations horaires, physiques et biologiques de la Mer.</i> 1907
14.	— A. DE GROSSOUVRE. <i>Description des Ammonitides du Crétacé supérieur du Limbourg belge et hollandais et du Hainaut.</i> 1908
15.	— R. KIDSTON. <i>Les Végétaux houillers du Hainaut</i> 1909
16.	— J. LAMBERT. <i>Description des Echinides crétacés de la Belgique. II. Echinides de l'Etage sénonien</i> 1911
TOME V. — DEEL V.	
17.	— P. MARTY. <i>Etude sur les Végétaux fossiles du Trieu de Leval (Hainaut)</i> 1907
18.	— H. JOLY. <i>Les Fossiles du Jurassique de la Belgique</i> 1907
19.	— M. COSSMANN. <i>Les Pélécytopodes du Montien de la Belgique</i> 1908
20.	— M. LERICHE. <i>Les Poissons oligocènes de la Belgique</i> 1910
TOME VI. — DEEL VI.	
21.	— R. H. TRAQUAIR. <i>Les Poissons wealdiens de Bernissart</i> 1911
22.	— W. HIND. <i>Les Faunes conchyliologiques du terrain houiller de la Belgique</i> 1912
23.	— M. LERICHE. <i>La Faune du Gedinnien inférieure de l'Ardenne</i> 1912
24.	— M. COSSMANN. <i>Scaphopodes, Gastropodes et Céphalopodes du Montien de Belgique</i> 1913
TOME VII. — DEEL VII.	
25.	— G. GILSON. <i>Le Musée d'Histoire Naturelle Moderne, sa Mission, son Organisation, ses Droits</i> 1914
26.	— A. MEUNIER. <i>Microplankton de la Mer Flamande. I. Les Diatomacées: le genre Chaetoceros</i> 1913
27.	— A. MEUNIER. <i>Microplankton de la Mer Flamande. II. Les Diatomacées, le genre Chaetoceros excepté</i> 1915
TOME VIII. — DEEL VIII.	
28.	— A. MEUNIER. <i>Microplankton de la Mer Flamande. III. Les Périidiniens</i> 1919
29.	— A. MEUNIER. <i>Microplankton de la Mer Flamande. IV. Les Tintinnidés et Cœtera</i> 1919
30.	— M. GOETGHEBUER. <i>Ceratopogoninae de Belgique</i> 1920
31.	— M. GOETGHEBUER. <i>Chironomides de Belgique et spécialement de la zone des Flandres</i> 1921
32.	— M. LERICHE. <i>Les Poissons néogènes de la Belgique</i> 1926
33.	— E. ASSELBERGHS. <i>La Faune de la Grauwacke de Rouillon (base du Dévonien moyen)</i> 1923
34.	— M. COSSMANN. <i>Scaphopodes, Gastropodes et Céphalopodes du Montien de Belgique. II</i> 1924
35.	— G. GILSON. <i>Exploration de la mer sur les côtes de la Belgique. Recherche sur la dérive dans la mer du Nord</i> 1924
36.	— P. TEILHARD DE CHARDIN. <i>Les Mammifères de l'Éocène inférieur de la Belgique</i> 1927
37.	— G. DELEPINE. <i>Les Brachiopodes du Marbre noir de Dinant (Viséen inférieur)</i> 1928
38.	— R. T. JACKSON. <i>Paleozoic Echini of Belgium</i> 1929
39.	— F. CANU et R. S. BASSLER. <i>Bryozoaires éocènes de la Belgique</i> 1929
40.	— F. DEMANET. <i>Les Lamellibranches du Marbre noir de Dinant (Viséen inférieur)</i> 1929
41.	— E. ASSELBERGHS. <i>Description des Faunes marines du Gedinnien de l'Ardenne</i> 1930
42.	— G. STIASNY. <i>Die Scyphomedusen-Sammlung des « Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique »</i> 1930
43.	— E. VINCENT. <i>Mollusques des couches à Cyrènes (Paléocène du Limbourg)</i> 1930
44.	— A. RENIER. <i>Considérations sur la stratigraphie du Terrain houiller de la Belgique</i> 1930
45.	— P. L. KRAMP. <i>Hydromedusae collected in the South-Western part of the North Sea and in the Eastern part of the Channel in 1903-1914</i> 1930
46.	— E. VINCENT. <i>Etudes sur les Mollusques montiens du Poudingue et du Tuffeau de Cliply</i> 1930
47.	— W. CONRAD. <i>Recherches sur les Flagellates de Belgique</i> 1931
48.	— O. ABEL. <i>Das Skelett der Eurhinodelphiden aus dem oberen Miozän von Antwerpen</i> 1931
49.	— J. H. SCHUURMANS-STEKHOVEN Jr. and W. ADAM. <i>The Free-living Marine Nemas of the Belgian Coast</i> 1931