

R E C H E R C H E S
SUR LES EAUX SAUMÂTRES
DES ENVIRONS DE LILLOO

I
ÉTUDE DES MILIEUX

INTRODUCTION

Les environs de Lilloo, en aval d'Anvers, sur la rive droite de l'Escaut, offrent un double intérêt.

D'abord un intérêt historique.

La lutte de l'homme contre l'invasion des flots s'y est déroulée âpre, acharnée. Lutte de tous les instants, dans laquelle il tentait de préserver par des digues — un des premiers endiguements dont l'histoire ait gardé un souvenir exact est précisément celui des polders de Lilloo, en 1124 — les terres si durement conquises et que le fleuve, souvent, lui reprenait aussitôt après avoir tout anéanti dans sa ruée irrésistible.

Longue est la liste des catastrophes : digues rompues, terres inondées, polders engloutis, villages disparus à jamais. Elle a été établie par KUMMER (61). Parmi ces dates, je ne rappellerai que les plus sinistres ⁽¹⁾.

Au XIII^e siècle, le polder de Lilloo resta sous eau pendant cinquante-trois ans. En 1377, les terres de Saaftingen, de Biervliet, avec dix-neuf villages, ainsi qu'une partie du pays de Beveren, devinrent la proie des flots : plusieurs dizaines de milliers de riverains perdirent la vie. En 1570, les terres de Saaftingen furent définitivement englouties et n'ont plus jamais été réendiguées.

Mais la région connut également de nombreuses inondations provoquées

⁽¹⁾ Voir aussi FL. PRINS (109) et G. SNACKEN (130).

dans un but stratégique. Lors du siège d'Anvers, en 1584, par ALEXANDRE FARNÈSE, toutes les digues en aval d'Anvers furent coupées. Les polders furent engloutis depuis Zandvliet jusqu'au Sud-Est de la citadelle. Sur la rive gauche, l'inondation couvrit des espaces plus étendus encore (KUMMER, 61, carte III). La digue de Couwensteyn — elle sépare le polder de Lilloo de celui d'Oordam — est célèbre par la bataille navale qui s'y livra, en 1585, entre Espagnols et Hollandais.

Les années 1747, 1809, 1814 ⁽²⁾ ajoutèrent de nouveaux désastres à ceux que les polders avaient déjà subis. Il en fut de même des années 1830 et 1831.

L'inondation provoquée, au mois d'octobre 1830, par l'armée hollandaise, afin d'assurer la protection du fort de Lilloo ⁽³⁾, couvrit toute la région. Pendant la nuit du 30 au 31 mai 1831, la digue au Sud de Lilloo fut emportée. Les flots se jetèrent jusque dans Stabroek et dans le polder de Berendrecht; ils creusèrent quelques cuvettes au Sud du village et y déterminèrent, dit-on, la formation de mares et d'étangs saumâtres, connus encore aujourd'hui, des villageois, sous le nom de « Hollandsch Gat ». C'est l'une de ces mares que nous avons explorée spécialement ⁽⁴⁾.

*
* *

Mais les environs de Lilloo nous intéressent encore, et surtout, au point de vue biologique.

C'est jusqu'à peu de distance en amont de la localité que s'étendent les alluvions marines (fig. 1). Elles déterminent, sur les bords du fleuve, des sliks, inondées à chaque marée haute et à végétation très pauvre, et des schorres (ou prés salés), beaucoup plus vastes, couverts seulement aux marées de vive eau (marées de zyzygie), fortement échanrés par des criques et des

⁽²⁾ Elles rappellent respectivement l'attaque de Bergen-op-Zoom, par les Français; l'inondation des polders de Lilloo, Oorderen, Oordam, Borgerweert, Melsele, Ketenisse; l'inondation des deux rives du fleuve.

⁽³⁾ Les forts de Lilloo et de Liefkenshoek, qui avaient été occupés pendant vingt ans par les Français, passèrent aux Hollandais en 1815. A l'occasion de la révolution qui amena l'indépendance de la Belgique, Lilloo a joué, pendant neuf ans, le triste rôle d'otage. Malgré l'occupation de la citadelle d'Anvers par les Français et l'intervention des grandes puissances, les Hollandais persistèrent dans le refus d'évacuer Lilloo (rive droite) et Liefkenshoek (rive gauche). Ce ne fut que le 21 juin 1839 que le fort de Lilloo fut libéré et que la région put être incorporée à la Belgique (voir 130).

⁽⁴⁾ Plus près de nous, la marée-tempête du 12 mars 1906 provoqua des inondations désastreuses dans le bassin de l'Escaut, de la Durme et du Rupel. La cote de la marée fut de 7^m36, alors que la cote de la marée haute moyenne est de 4^m70 seulement. Dans la région de Lilloo, la rupture du Ringdijk, en face du Hollandsch Gat, causa l'inondation d'une étendue de 160 hectares, entre la route de Stabroek et le Circeldijk (voir, à ce sujet, l'étude 37).

baies, et creusés de flaques riches en Organismes de tous genres; les schorres portent une flore halophile caractéristique.

Les polders — anciens schorres endigués, terrains mis à l'abri des invasions de l'eau par des digues de hauteur supérieure à celle des plus hautes marées — sont découpés en parcelles rectangulaires par de petits fossés plus ou moins saumâtres, qui se réunissent en fossés beaucoup plus importants, ou water-

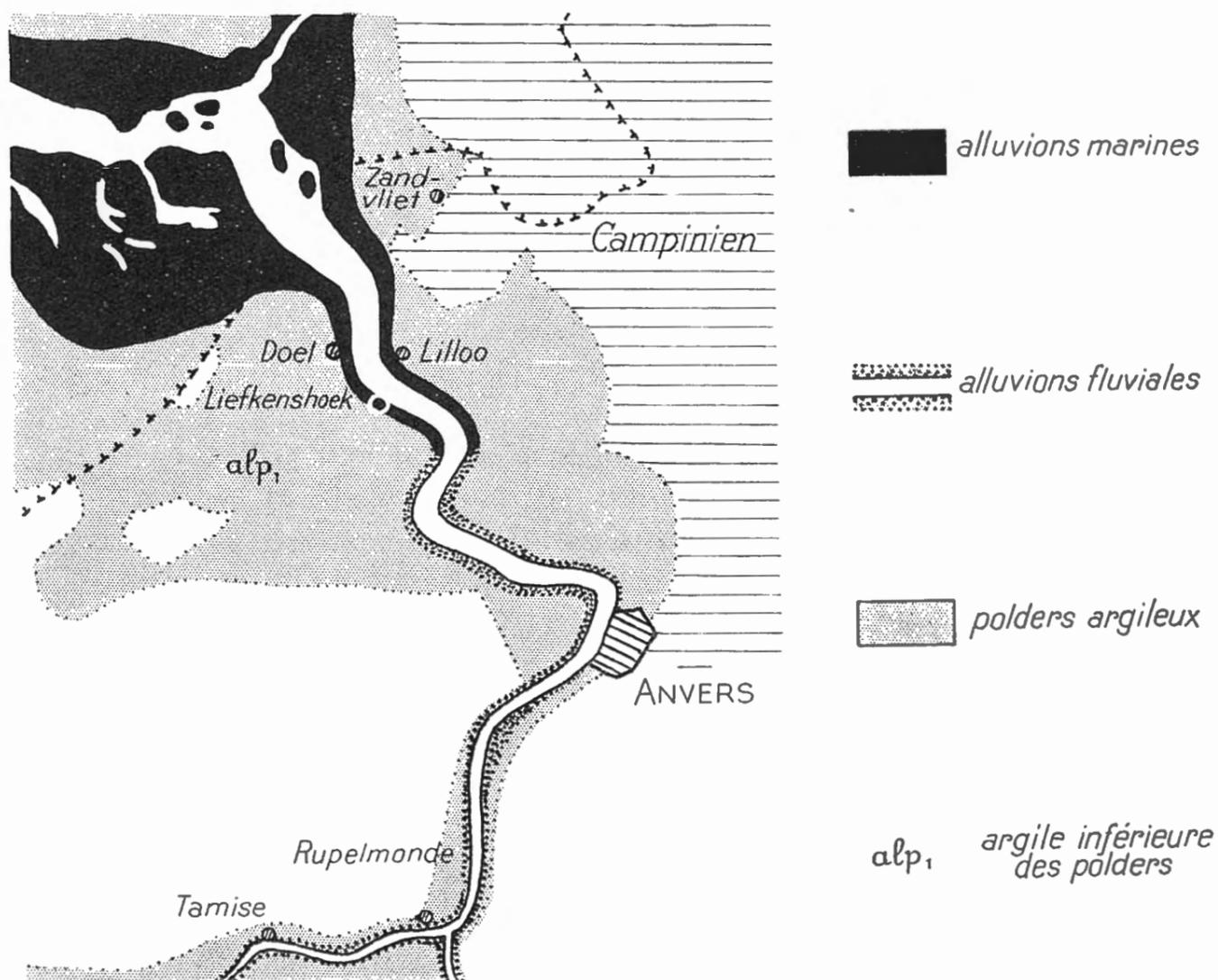


FIG. 1. — Alluvions marines et fluviales du Bas-Escaut.
(D'après MASSART.)

gangen. On y trouve, enfin, des mares et des étangs mésohalins ⁽⁵⁾, généralement désignés dans la région sous le nom de weelen; la plupart ont été creusés à la suite de ruptures de digues.

Toutes ces stations offrent cette étonnante variabilité de la salinité qui caractérise les eaux saumâtres; elles hébergent une foule d'Organismes venus, les uns de la mer, les autres de l'eau douce. La plupart sont éminemment

⁽⁵⁾ Cl ‰ entre 1 et 10 grammes (REDEKE, 112).

euryhalins, c'est-à-dire indifférents à ces profondes modifications du milieu. D'autres, cependant, paraissent affectionner particulièrement ces biotopes changeants : ils sont réellement hypohalmyrophiles ⁽⁶⁾.

*
**

Nos alluvions marines et fluviales ont été étudiées d'une manière inégale par J. MASSART. Son *Essai de Géographie botanique* (80 [1908]) et son *Esquisse* (1910) constituent une synthèse magistrale.

La voie féconde ouverte par lui n'a été suivie — nous n'envisageons que les alluvions fluviales et marines — que par M^{me} SCHOUTEDEN-WÉRY, dont les *Recherches sur les facteurs qui règlent la distribution géographique des Algues dans le Veurne-Ambacht* (123) sont plus qu'un catalogue : une confrontation d'Organismes inférieurs avec les facteurs qui interviennent dans leur distribution.

Pendant une vingtaine d'années ⁽⁷⁾, la voie tracée par MASSART a été déserte. Au cours de la dernière décennie seulement, nous pouvons marquer d'une pierre blanche, dans l'histoire de la biosociologie de nos alluvions, la publication des recherches minutieuses de H.-J. VAN LANGENDONCK, sur les schorres du Zwyn, de Philippine et de Saaftingen (155, 156, 157) et, tout récemment, les observations faites par E. LÉLOUP dans la région d'Ostende (67).

*
**

L'exploration d'une région ou d'une station donne lieu, encore trop souvent, à de simples catalogues d'Organismes. Dans ces listes, ils ont l'air d'avoir été arrachés à leur milieu.

J'ai essayé de réagir.

Mon choix s'est fixé sur un petit nombre de stations saumâtres situées aux environs de Lilloo. (Des récoltes de Flagellates et d'Algues, faites dans cette région, d'octobre 1930 à mai 1931, m'avaient signalé la richesse des eaux saumâtres de cette contrée). J'ai visité ces stations, à partir du 26 mars 1938, pendant plus d'un an, toutes les semaines, en toute saison ; dans la suite, les explorations ont été bimensuelles.

J'ai voulu faire l'étude non seulement de quelques groupes d'Organismes Inférieurs, mais encore des conditions vitales de leur milieu. Et ce milieu (on ne l'oublie que trop souvent) ne comprend pas uniquement l'eau dans laquelle ils vivent, mais aussi le sol humide des berges, des schorres, des

⁽⁶⁾ ἄλμυρος, salé ; ὑφαλμυρος, *subsalsus*, saumâtre.

⁽⁷⁾ Un court aperçu de l'état de la Phytosociologie en Belgique a été donné par W. ROBIJNS (115).

Quelques Diatomées ont été signalées par L. VAN MEEL (*Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, t. LXX, 1938, p. 86) « à Lilloo », sans aucune indication de stations.

slikkes, ainsi que la région profonde des mares, c'est-à-dire les sédiments, la vase. Les associations édaphiques et les pélogènes n'ont encore fait l'objet d'aucun travail en Belgique, du moins dans le domaine des Organismes Inférieurs.

Ces recherches devront être poursuivies. Les résultats enregistrés jusqu'ici ne constituent, dans la « vie » du Put (la mare qui a retenu spécialement notre attention), qu'un rapide, très rapide « instantané ». Mais cet instantané, malgré tout, fournit une image qui n'est pas dénuée d'intérêt.

*
**

La première partie de ces « Recherches » se propose donc de faire l'étude des caractères physiques, chimiques, biologiques de quelques stations saumâtres des environs de Lilloo. Elle pourra servir de « cadre » dans l'étude de la faune de ces stations. Dès à présent il nous est permis d'affirmer que celle-ci est très intéressante et qu'elle comporte, par exemple parmi les Chironomides et les Crustacés, plus d'une forme non encore observée en Belgique et, parmi les Protistes, plusieurs espèces nouvelles pour la Science.

Je caresse l'espoir que cet Aperçu sur quelques biotopes saumâtres de la province d'Anvers soit l'amorce d'une série de travaux s'étendant à de nombreux groupes zoologiques.

Le premier de ces travaux sera consacré aux Flagellates (et autres Organismes Inférieurs).

*
**

Il m'est un agréable devoir d'exprimer ici ma profonde gratitude au Fonds National de la Recherche Scientifique, dont le précieux appui a permis la réalisation de mes recherches et en permet la continuation.

Une aussi vive gratitude va à M. le Professeur V. VAN STRAELEN, directeur du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique, à Bruxelles, qui n'a cessé de s'intéresser à ces explorations et de les encourager.

Je suis heureux de remercier aussi, chaleureusement, les personnes suivantes, qui m'ont aidé dans ma tâche : MM. W. ADAM et F. STOCKMANS, du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique, examinèrent respectivement les Mollusques et les Macrophytes; M. R. PINGUAIR, ingénieur agronome A.I.Gx, chimiste au Laboratoire Intercommunal de Chimie et de Bactériologie de l'agglomération bruxelloise, fit quelques analyses chimiques; MM. A. THIENEMANN et F. LENZ, de la Station biologique de Plön, étudièrent des larves de Chironomides; M. W. KLIE, de Bad Pyrmont, se chargea de la détermination des Ostracodes.

Un merci cordial, enfin, à M. F. LAEVAERTS, de Lilloo, dont l'aide matérielle m'a été très précieuse, et à MM. A. JACOBS et M. VANDELDELDE, également de Lilloo, qui autorisèrent et facilitèrent l'exploration de la mare du Put.

I. — APERÇU TOPOGRAPHIQUE

SUR

LA RÉGION EXPLORÉE

Carte topographique au 1/10.000 (revision de la planimétrie, 1928; impr. 1935).

La région explorée est située entre 51°18'30" et 51°18'00" N. et 4°17'36" et 4°16'23" E. Gr. Elle s'étend approximativement en direction N.-W. à S.-E. et comprend principalement les stations suivantes (fig. 2; pl. I, II, III) :

1. « BEER » — « KOM » — « WATERGANG ».

Le Beer (fig. 2; pl. I, A-D). — Goulet situé au Nord du village, découvrant de hautes berges vaseuses à marée basse. A son embouchure, un banc de sable et de tourbe.

Le Beer traverse le Galgenschorre (large de près de 300 m. en cet endroit) et se dilate en amont en un petit port avec débarcadère desservant la Sucrierie de Lilloo. Dans la direction Nord, le Beer se poursuit parallèlement à la digue capitale, se dirigeant vers Zandvliet (*) en un fossé assez encaissé, le Geul; plus loin, celui-ci se rétrécit notablement.

Des vannes puissantes, à signification stratégique (*), mettent le Beer en communication avec l'intérieur des polders.

Le Kom (fig. 2; pl. I, E-H), continuation de la crique du Beer, constitue un bassin de chasse ou de retenue (« Spuikom »). L'ouverture des vannes du Beer, aux marées hautes moyennes, transforme la portion Sud du Kom en une vaste plaine liquide (photos E, G). A marée basse, les vannes jouent le rôle de chasse : le « Spuikom » se vide rapidement, l'eau se précipite vers l'Escaut, balayant les dépôts de sable et de vase formés au pied des vannes et rétablissant le lit du Kom. Celui-ci se réduit alors à une étendue vaseuse, couverte de Scirpes et de Roseaux, où l'eau ne forme plus qu'un étroit filet (photos F, H).

La berge occidentale est dominée par l'un des talus des anciennes fortifi-

(*) Cette digue est représentée dans la planche LXI de l'ouvrage 81.

(*) Leur ouverture complète aux marées d'équinoxe provoquerait l'inondation d'une partie des polders.

SAUMÂTRES DES ENVIRONS DE LILLOO

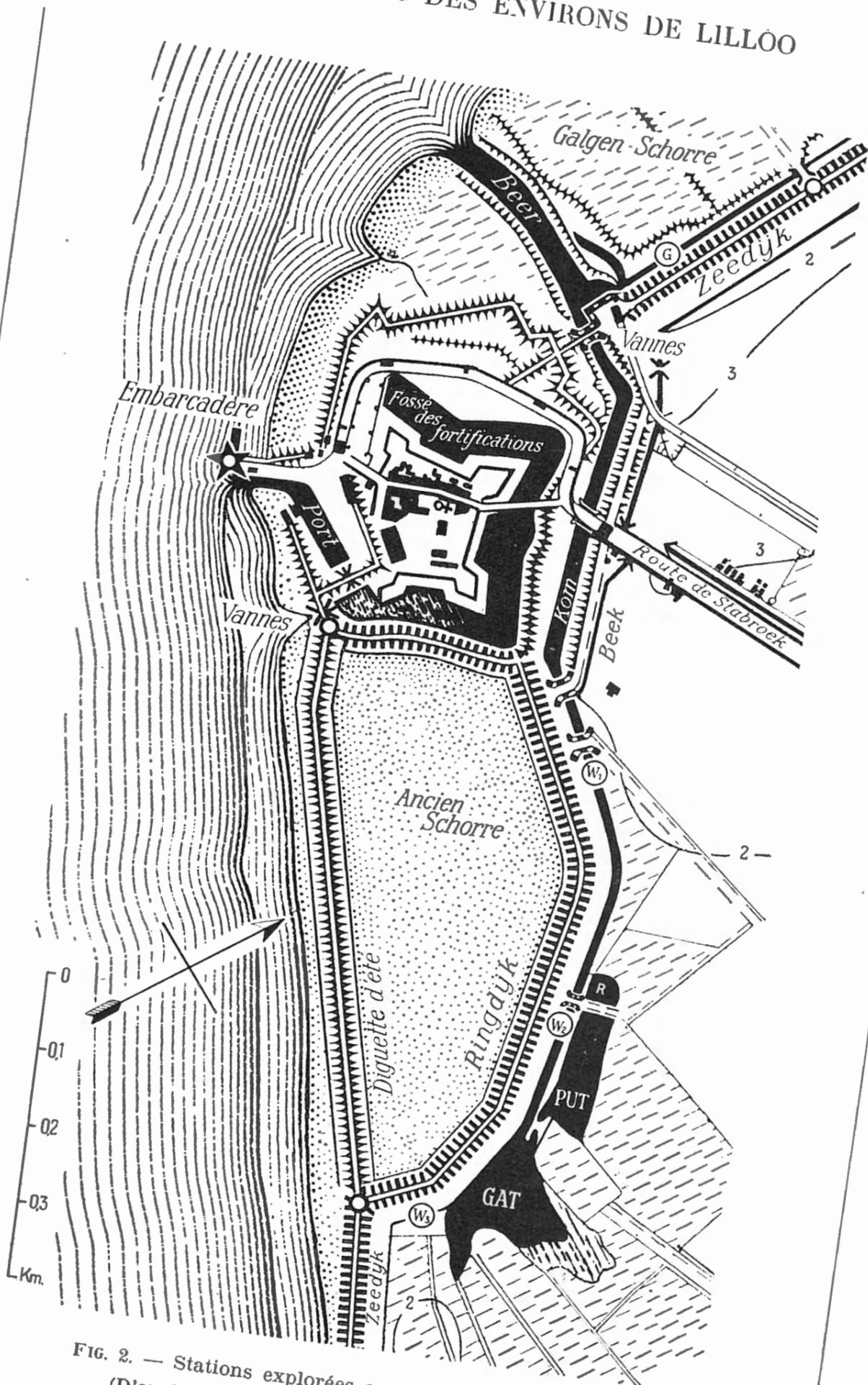


FIG. 2. — Stations explorées aux environs de Lilloo.
(D'après la carte topographique au 1/10.000.)

cations. L'autre rive est séparée, par une diguette, d'un étroit ruisseau (le *Beek*), qui décharge une partie des polders et déverse les eaux résiduares dans le *Watergang*, tout près des vannes W_1 .

Le *Watergang* (fig. 2; pl. I, G, H; pl. II, A, B) prend naissance au delà des vannes W_1 . Large de 6 m. et long de 700 à 800 m. environ, il constitue un fossé collecteur dans lequel se déversent les eaux amenées par le réseau des innombrables petits fossés qui coupent les polders en parcelles rectangulaires.

Il court parallèlement au *Ringdijk* ⁽¹⁰⁾ et longe les mares du *Hollandsch Gat* ⁽¹¹⁾. Au delà du dernier étang, avec lequel il communique, il ne forme plus qu'un étroit fossé. A l'endroit où le *Ringdijk* rejoint la diguette d'été ⁽¹²⁾ et la digue de mer, le *Watergang* s'infléchit à angle droit, parallèlement au *Zeedijk*.

Nous considérerons trois régions (fig. 2) :

La station W_1 (pl. I, G, H), à 0,8 kilomètre environ de l'embouchure du *Beer*, avoisine le pont et la vanne au Sud du *Kom*. En amont de celle-ci débouche le « *Beek* ».

La station W_2 (pl. II, A, B) désigne la portion du *Watergang* traversée par le pont qui conduit au *Hollandsch Gat* et dans les polders. Elle se trouve à 1,2 kilomètre environ de l'embouchure du *Beer*.

La station W_3 , enfin, désigne le fossé étroit au delà du dernier étang.

Ces trois stations ont été étudiées au point de vue des variations subies par la salinité de leurs eaux. Les stations W_2 et W_3 ont fourni, en outre, de nombreuses récoltes de plancton.

2. MARES SAUMÂTRES.

En contrebas du *Ringdijk*, entre les stations W_2 et W_3 , se trouvent quelques mares saumâtres, d'une étendue fort inégale (fig. 2; pl. II, A, B).

Le nom de *Hollandsch Gat*, sous lequel on les désigne encore dans

⁽¹⁰⁾ Le *Ringdijk* — digue de contournement — fut édifié en 1845. Il neutralisa l'effet de la brèche creusée dans le *Zeedijk*, en 1831. Son couronnement est à la cote de +8^m40 (fig. 18).

⁽¹¹⁾ En cet endroit, le *Watergang* offre une dilatation correspondant à un trou profond, creusé lors de la rupture du *Ringdijk*, en mars 1906. D'immenses blocs de tourbe, provenant de cette digue, furent entraînés dans le *Hollandsch Gat*.

⁽¹²⁾ Cette diguette d'été, élevée en 1916 seulement, est située sur l'emplacement de l'ancienne digue capitale. Son couronnement est à la cote de +6^m48 (fig. 18).

Entre le *Ringdijk* et la diguette d'été s'étend un *schorre* transformé en polder. A cause du peu de résistance qu'offre la diguette, ce polder s'inonde fréquemment (photo III, C, D).

la région, prétend établir un rapport entre leur origine et la rupture de la digue, provoquée en 1831 par les Hollandais. Nous croyons plutôt à une origine moins récente. L'emplacement du Hollandsch Gat correspond à une cote très basse (environ $+1^m20$; cf. fig. 2, 18). A la suite de ruptures de digues — elles ont été très fréquentes au Sud du village — le polder a été affouillé, creusé de trous, sillonné de criques souvent fort étendues, comme en font foi de nombreuses cartes anciennes (61). Ainsi se sont constitués, sur les alluvions marines ou fluvio-marines, ces étangs et ces mares connus sous le nom de weelen et dont le Hollandsch Gat constitue les restes. D'autres weelen existent à Burcht, à Bornem.

Le « weel » de Lilloo — le terme désigne parfois spécialement la plus grande des mares (le Gat) — n'est évidemment pas en communication ouverte avec le fleuve, sinon celui-ci refluerait dans les polders à chaque marée haute. Il en est séparé par des vannes dont l'ouverture, à marée basse, provoque la partielle évacuation des eaux. Cette évacuation — problème capital pour des terres situées à une cote aussi basse — est complétée par une installation hydraulique d'épuisement (« stoomgemaal ») : lors des inondations hivernales et posthivernales, elle pompe les eaux directement dans l'Escaut.

*
**

Le Hollandsch Gat comprend les trois mares suivantes :

a) Le Rottegat, la plus petite d'entre elles, a la forme d'un quart de cercle (fig. 2). Il est presque entièrement envahi par les roseaux (pl. III, A) et presque comblé par la végétation aquatique submergée.

Il ne communique pas directement avec les autres mares. Une série de fossés le relie aux polders; en aval du pont W_2 , un vague sillon le met en rapport avec le Watergang (pl. II, A).

b) Le Put (pl. II) est un petit étang rectangulaire, peu profond, d'une superficie de 0,6 Ha environ. Un fossé le met en communication avec le dernier des étangs (le Gat) et, de là, avec le Watergang.

La distance qui sépare le Put de l'embouchure du Beer est de 1,5 kilomètre environ.

Le Put a été exploré tout spécialement. Il a fait l'objet des principales recherches exposées plus loin.

c) Le Gat (pl. II, A, B, E), vaste weel à contour irrégulier, à berge partiellement envahie par une épaisse phragmitaie. En certains points, la profondeur de l'eau dépasse trois mètres.

Il est alimenté directement par le Watergang (près de la station W_3) et par une série de fossés venus des polders.

Il a été peu exploré par nous.

3. AUTRES STATIONS SAUMÂTRES.

Deux autres stations encore, indépendantes des systèmes précédents, très différentes l'une de l'autre, méritent de retenir notre attention :

a) L'ancien Fort, avec ses fossés en forme de \square ouvert sur l'Escaut (depuis la libération de la région), dans la direction de Liefkenshoek. L'une des branches de ce \square , longue de 200 m. et large de 60 m., est tournée vers les Pays-Bas (pl. III, B). La branche médiane, traversée par l'unique rue du village ⁽¹³⁾, est perpendiculaire à la route de Stabroek. La troisième, enfin, en partie comblée par les roseaux, est séparée par une diguette du schorre labouré dont il a été question ailleurs.

Le saillant Sud de cette branche peut être mis en relation par des vannes (fig. 2), d'une part avec l'Escaut, d'autre part avec le port, situé en contrebas. L'ouverture, à marée basse, de la vanne reliant ce fossé des fortifications au port, balaie le lit de celui-ci.

Les quatre saillants ⁽¹⁴⁾ sont dirigés respectivement vers les points cardinaux.

Le fossé de l'ancien système défensif tourné vers la Néerlande a fait l'objet de nos recherches. Il offre une salinité supérieure à celle des autres stations et son plancton compte plusieurs formes nettement polyhalinophiles ⁽¹⁵⁾ ou même marines.

b) Les flaques sur le schorre constituent des biotopes du plus haut intérêt.

Le schorre situé au Sud de Lilloo (pl. III, G, H) est très étroit. Il constitue un milieu réellement naturel, puisque le bétail n'y est pas mené en pâture. Il a malheureusement été ravagé, en été 1939, par suite des travaux de rehaussement du Zeedijk.

Le « Galgenschorre », au Nord du village, est beaucoup plus vaste. Les troupeaux de moutons y paissent pendant la bonne saison (pl. III, E). Il est séparé de la digue capitale, se dirigeant vers Fort Frédéric, par le « Geul » et le fossé qui lui fait suite.

Le schorre est crevassé de rigoles étroites et sinueuses, où pénètre la marée haute et où s'établit une flore spéciale.

⁽¹³⁾ Les fortifications entourent la quarantaine de maisons qui forment le hameau de Lilloo-Fort et lui impriment un cachet très particulier qui ne manque pas de pittoresque.

⁽¹⁴⁾ Les saillants étaient primitivement au nombre de cinq et le fort était entouré d'eau de toutes parts.

⁽¹⁵⁾ Salinité supérieure à 10 gr. Cl par litre (ce qui correspond approximativement à 16^{gr}5 de « chlorures exprimés en Na Cl »).

II. — LA MARE DU « PUT »

1. FACTEURS ABIOTIQUES.

A. — TOPOGRAPHIE ET HYDROGRAPHIE.

Le Put est situé, nous l'avons dit, entre la petite mare du Rottegat et le weel du Gat, au pied et le long du Ringdijk, dont il est séparé par le Watergang

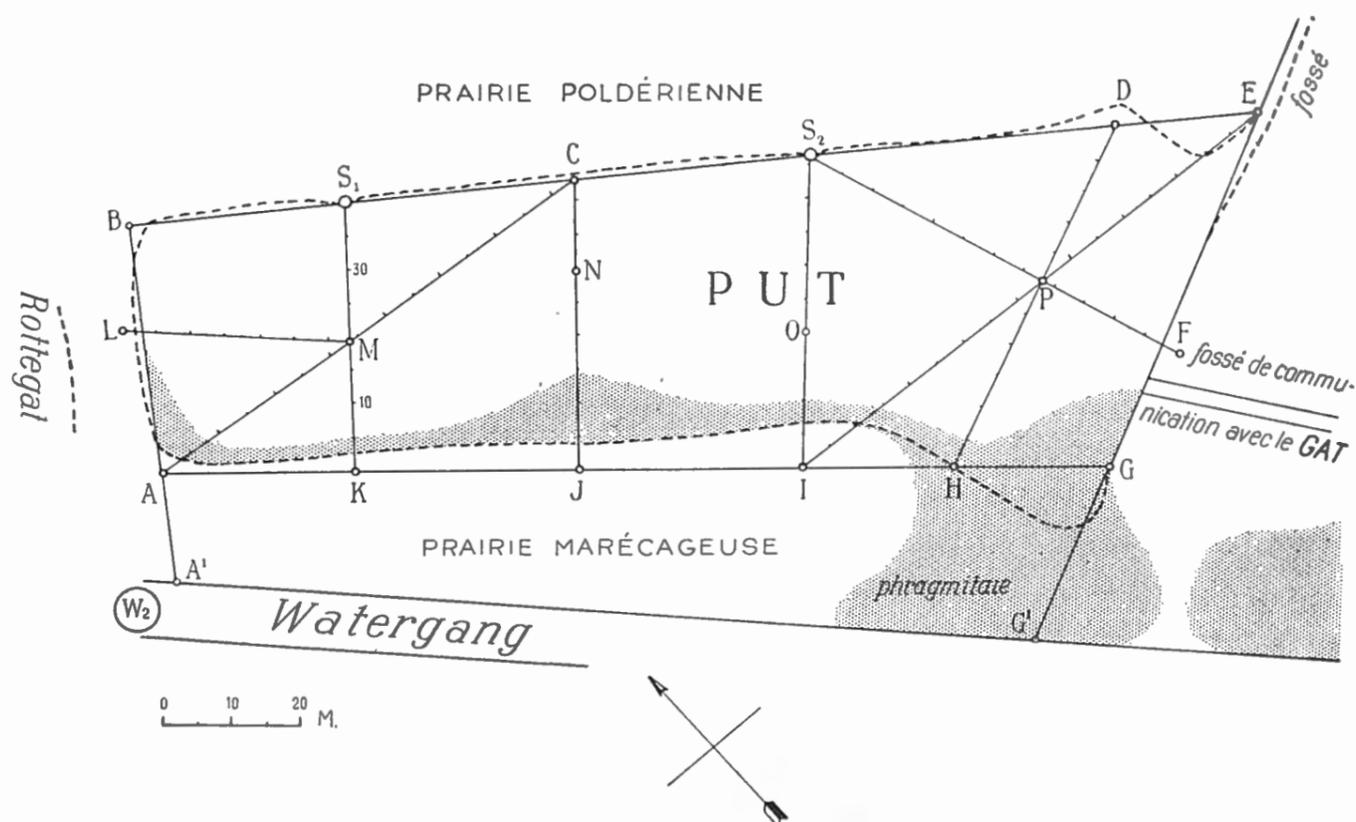


FIG. 3. — Etude hydrographique du Put.

A, B, C, ..., jalons établis autour de l'étang ou dans l'eau. — LM, AC, S₁K, ..., profils suivant lesquels les sondages ont été effectués, de 2 en 2 mètres. — S₁, S₂, les deux Saules au bord de la prairie poldérienne. — W₂, station près du pont jeté sur le « Watergang ». (La ligne interrompue correspond au contour de l'étang; le grisé indique la phragmitaie.)

et par une prairie marécageuse, envahie par les roseaux dans son extrémité voisine du Gat. Il se trouve à 1,5 kilomètre de l'embouchure du Beer.

Il couvre une superficie de 58 à 59 ares.

En vue de son étude hydrographique et phyto-sociologique, nous avons établi les jalons A, B, C, etc. (fig. 3) autour de l'étang, et les perches M, N, O, P

au milieu de l'eau. Les sondages ont été effectués suivant les huit profils LM, AC, S₁K, CJ, S₂I, DH, S₂F et EI, de deux en deux mètres.

La forme du Put peut être ramenée à celle d'un long quadrilatère ABEGA, à peu près rectangle en Â, près de la station W₂ (en réalité, l'angle en Â est un peu supérieur à 90 degrés). Le plus grand côté BE mesure 160 m. de longueur; nous l'appellerons berge N.-E. ou poldérienne. Il touche à une prairie plantée de saules. Sur son bord extrême, deux saules S₁ et S₂, sur l'alignement BE. Il se trouve à une cote voisine de 2 m.

Le côté opposé, un peu incliné sur l'autre, est long de 130 à 140 m. Nous le désignerons par berge S.-W. ou marécageuse. L'espace qui le sépare du Watergang se trouve à un niveau beaucoup moins élevé (cote 1^m50 environ) que la prairie poldérienne d'en face, niveau qui lui-même ne dépasse que de 20 cm. à peine celui du Put, de sorte que, à la suite de pluies abondantes, les eaux de l'étang l'inondent facilement et la transforment en une prairie marécageuse inaccessible.

Le bord de la mare, sur la berge S.-W., décrit des sinuosités irrégulières; dans la partie rapprochée du Gat, il devient de moins en moins net et s'efface complètement au sein d'une phragmitaie très dense, qu'un étroit sentier sépare de celle du Gat.

L'angle aigu Ê, orienté vers l'Est, reçoit un fossé venu de l'intérieur des polders.

*
**

En laissant errer les regards tout autour du Put, à partir des points L ou F, on est tout de suite frappé par le contraste entre les deux grandes berges.

Celle avoisinant le Watergang (fig. 15) est limitée vaguement, nous l'avons dit, par suite de sa faible hauteur et du développement d'une ceinture et d'un fourré de roseaux. La berge poldérienne, par contre, est très nettement séparée de la prairie (fig. 16; pl. II, D, G). Le terrain s'y creuse en une portion concave, dont la partie inférieure est baignée par les vagues du Put, du moins pendant la période des hautes eaux. La différence de niveau entre l'eau et la prairie atteint 60 à 70 cm. en été.

La différence dans la configuration des deux rives trouve son origine non seulement dans l'inégalité des deux cotes auxquelles elles se trouvent, mais aussi dans l'action des vents dominants. Ceux-ci, comme le montre la rose des fréquences de la figure 4, viennent du Sud-Ouest. Sans action appréciable sur la phragmitaie, où le fond vaseux est consolidé par les racines et les rhizomes entremêlés, ils provoquent un lent mais énergique affouillement de la berge poldérienne, qui n'offre que des associations végétales basses et clairsemées, et déchaussent petit à petit les saules S₁ et S₂; ainsi se forme la bande concave signalée plus haut, la « gorge d'affouillement », véritable falaise en miniature. L'action des vents dominants de Sud-Ouest a fait naître, en contrebas de celle-ci,

une grève et une beine, constituées par les matériaux arrachés à la prairie et émiettés, venant recouvrir le sol vaseux noirâtre d'une couche claire d'argile et de sable.

Pendant que la gorge d'affouillement se creuse de plus en plus, les sédiments, au pied de la phragmitaie d'en face, s'entassent progressivement.

Il y a une vingtaine d'années, les saules S_1 et S_2 se trouvaient encore à plus d'un mètre du bord de la prairie; actuellement, leurs racines sont en grande partie déchaussées (pl. II, D, E, F). Ajoutons encore que les vaches, venant boire au Put, interviennent également dans les modifications profondes subies par la

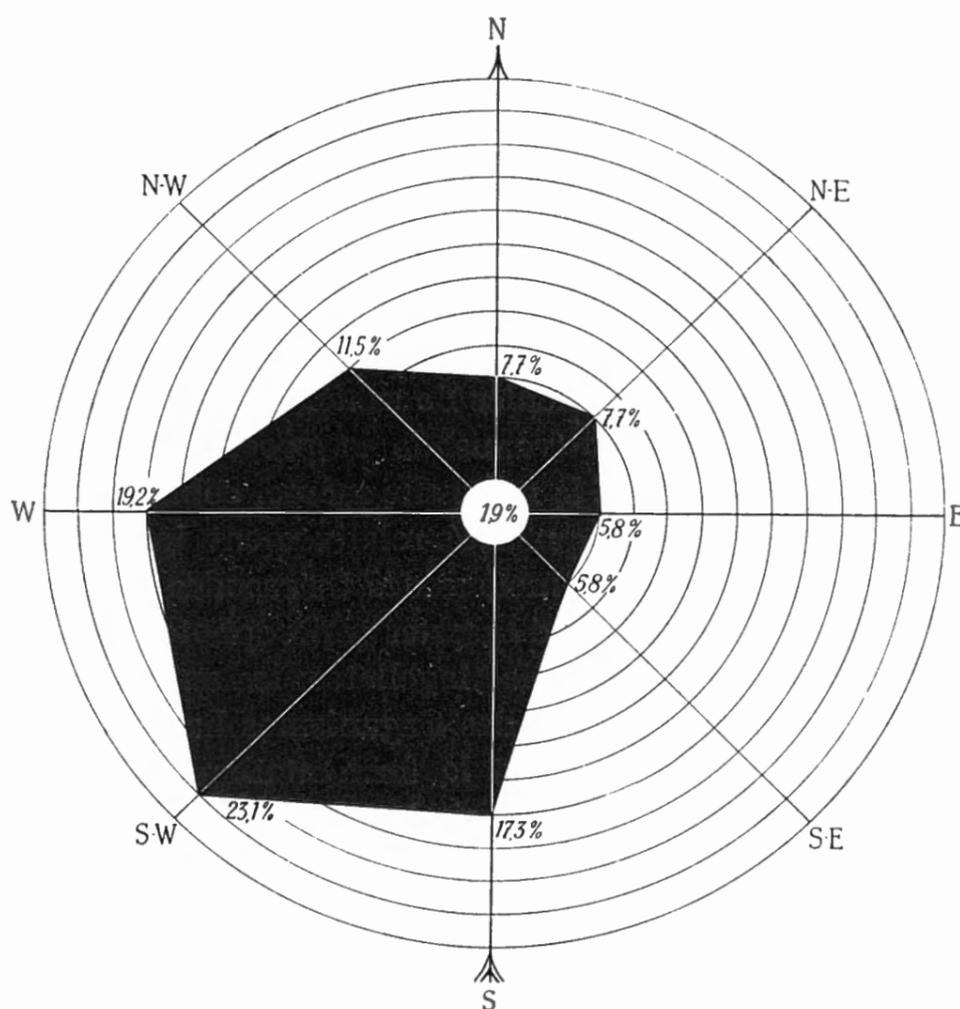


FIG. 4. — Rose de fréquence des vents.

berge poldérienne. Sur celle-ci sont venus s'installer, à côté de quelques rares plantes descendues de la prairie (*Poa*, etc.) : *Ranunculus sceleratus*, *Atriplex hastatum*, et des végétaux halophiles, notamment *Aster tripolium*, *Triglochin maritima*, etc. (fig. 16, carte 19).

La grève est étroite, sauf le long de S_2 DEF, où elle forme une sorte de plage et où s'installent, dans le bas, les touffes vert-noir d'un *Vaucheria*. Elle atteint le plus grand développement dans la direction du profil EP; elle y mesure (à partir de la gorge d'affouillement) une largeur de 10 m. environ. Une foule de plantes intéressantes (voir la carte des associations végétales) s'y sont donné rendez-vous.

Mais le Put subit, au point de vue hydrographique, d'autres modifications encore.

On peut le considérer comme étant à peu près soustrait à l'action des marées, tout en étant en communication, lointaine et non ouverte, avec l'Escaut. Par contre, il est sous la dépendance absolue des précipitations et de l'évaporation.

Pendant les étés secs, son niveau baisse lentement, amenant une concentration progressive des électrolytes et découvrant, au pied de la falaise poldérienne, une grève exondée de plus en plus large. La période des pluies provoque l'inondation de la prairie marécageuse d'en face. Elle peut même transformer l'ensemble du Put et du weel en une vaste plaine liquide, constituée par de l'eau presque douce et s'étalant jusque dans les polders. C'est ce que les photographies (fig. II, B, E, H) montrent éloquemment.

Entre la période des hautes eaux et celle des basses eaux s'observe une amplitude de niveau d'environ 30 cm. en moyenne.

Le fond de l'étang, lui aussi, est soumis à de lentes mais continuelles modifications. Il se relève progressivement, par suite de la sédimentation : apports allochtones, formés de particules de sable, d'argile, de feuilles de saule, de grains de pollen de conifères (venus de la proche Campine) et, surtout, apports autochtones, provenant de la mare elle-même, composés d'éléments végétaux et animaux, échoués là en quantité relativement immense, les uns très résistants, comme les cuirasses chitineuses des Ostracodes (microphotos, pl. IV, D, G), les pièces buccales de larves d'Insectes (microphotos, pl. IV, I), le squelette silicifié des Diatomées et des Silicoflagellates; les autres facilement décomposables. Sous l'effet des Bactéries et des Organismes bactérioides, les matières organiques subissent la putréfaction et la fermentation : ainsi se constitue un sédiment important, une gyttja gris-noir à noire, onctueuse, meuble, à odeur sulfhydrique; ainsi prend naissance un milieu à conditions vitales très particulières, habitable seulement par quelques organismes pélophiles à exigences très spéciales. Ces sédiments sapropéliques, dont l'importance augmente d'année en année, transforment lentement la mare du Put en un marécage. Cette transformation a été poussée plus loin dans la mare, toute proche, du Rottegat.

*
**

Arrêtons-nous à présent aux considérations bathymétriques.

Les figures 5 et 17 traduisent les résultats des patients sondages effectués, de deux en deux mètres, suivant les divers profils. Elle montrent que le Put constitue une mare peu profonde; rares sont les « îlots » situés à 1^m65 sous la surface de l'eau (observations faites en avril et mai 1938). La pente du fond est très faible.

Dans une telle mare, les conditions vitales, quant à la température, la lumière, le pH, la salinité, l'aération, sont évidemment très différentes de celles qui règnent dans un lac profond.

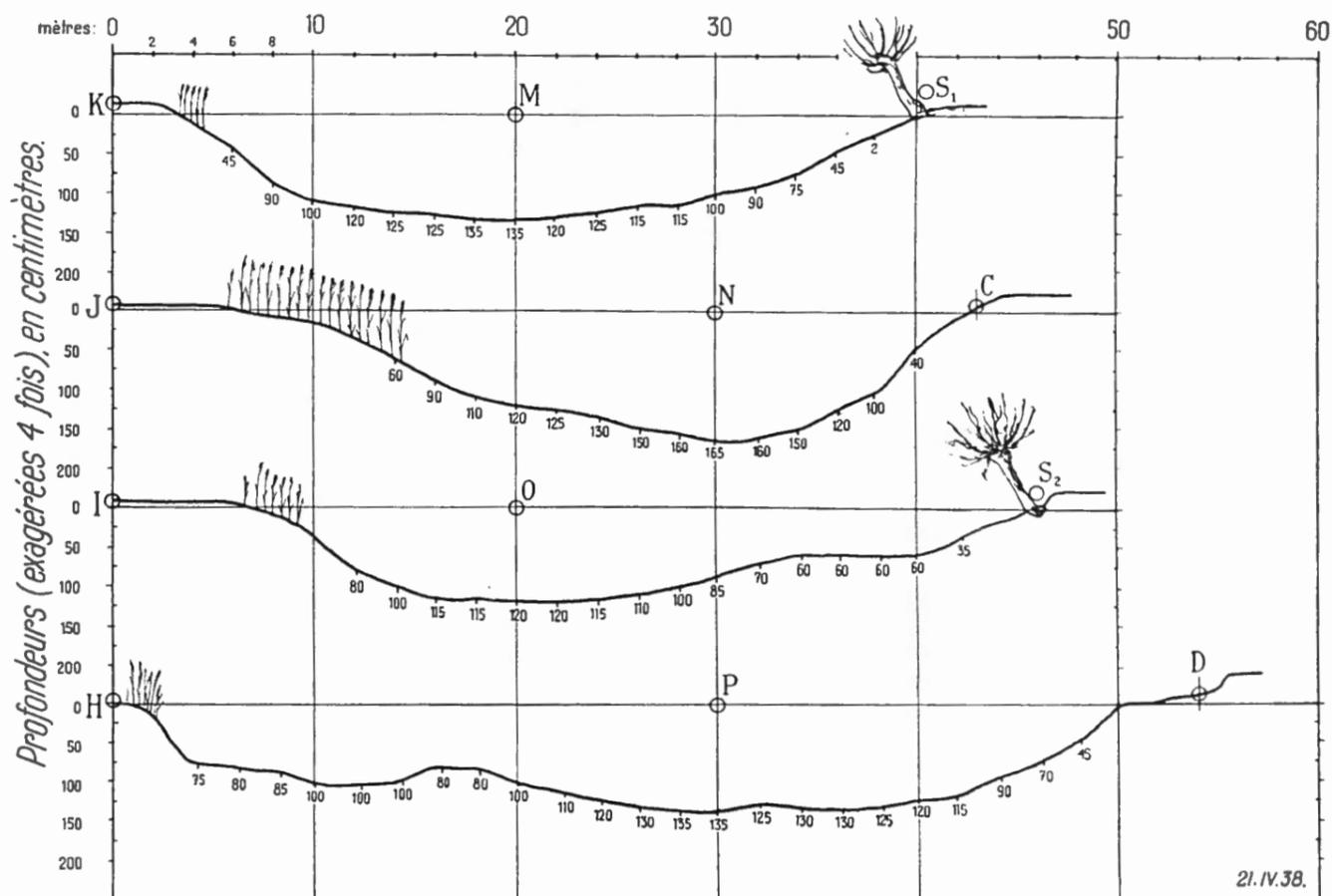


FIG. 5. — Coupes suivant divers profils. (Les profondeurs ont été exagérées 4 fois.)

La masse des sédiments est très importante. Il ne nous a pas été donné d'effectuer des mesures précises; les quelques observations exécutées par des moyens rudimentaires nous ont permis d'évaluer l'épaisseur de la couche de vase à 2 m. environ.

B. — MÉTHODES DE PRÉLÈVEMENT.

L'exploration d'une mare aussi peu profonde que le Put offre de sérieuses difficultés.

Le souci continu doit être d'éviter de bouleverser la stratification thermique, saline, etc. : les mouvements de la barque, des rames, des instruments produisent un brassage des diverses couches et soulèvent les dépôts benthiques.

Notre barque, au lieu d'être déplacée à coups de rames, était halée lentement, le long d'un câble tendu à quelque distance au-dessus de l'eau, de la berge poldérienne à la berge marécageuse, entre les points S_1 et K, C et J, etc. Ensuite, nous avons appliqué la méthode « en cascade », qui consiste, on le sait, à faire les prélèvements (de 30 en 30 cm. de profondeur, par exemple), non à partir

d'un même point de la surface, mais de points distincts, peu éloignés l'un de l'autre. Enfin, nous avons préféré à l'appareil de Ruttner, d'un emploi difficile dans les eaux peu profondes, une simple bouteille de Meyer, c'est-à-dire un flacon pouvant être ouvert, à une profondeur donnée, par un mécanisme peu compliqué. La corde par laquelle on la descend dans l'eau est fixée au centre du bouchon de la bouteille, puis autour du goulot et enfin au lest [rondelles de plomb]. Une brusque traction sur la corde provoque l'ouverture de la fiole et son remplissage à une profondeur voulue.

Par vent fort, il n'est pas possible d'immobiliser parfaitement la barque : il devient difficile, dès lors, d'évaluer exactement la profondeur à laquelle se trouve le récipient de Meyer. Un autre inconvénient résulte du fait que, à moins d'employer un lest assez considérable, la secousse imprimée à la corde peut faire exécuter un bond à la bouteille.

Nous avons remédié à ces inconvénients par un procédé des plus simples. Nous avons fixé la bouteille (sans lest) à l'extrémité d'une longue perche, graduée partiellement en décimètres. La « méthode de la perche » donne une beaucoup plus grande sûreté de main ; la bouteille peut être descendue bien verticalement dans l'eau et même, si on le désire, être enfoncée dans la vase, où elle pénètre sans trop de difficultés, surtout si elle est de petite taille (200 cm³).

Lors des prélèvements d'eau, la bouteille repose sur un disque métallique percé de trous et vissé au bout de la perche. Il empêche le récipient de s'enfoncer dans la vase et permet de récolter, sur place, un échantillon provenant d'une couche située au-dessus du fond, à une distance égale à la hauteur du flacon.

Aux endroits où la profondeur de l'eau est bien connue (par exemple, près des perches graduées plantées en M, N, O et P), il est facile, avec un peu de pratique vite acquise, d'enfoncer la bouteille (au bout de la perche, sans le disque troué) à une profondeur telle des sédiments, que son goulot coïncide avec la surface de ceux-ci. Elle ramène alors un liquide peu souillé par les détritiques qui recouvrent la vase.

En vue du prélèvement d'échantillons de vase profonde, effectué parfois à 2 m. sous la surface, nous nous sommes servi de la sonde de NAUMANN (90, fig. 1), à cône collecteur bien pointu, fixé au bout de la perche, comme la pointe d'un harpon. Près des bords et sur la berge, la sonde décrite par SCHÜTTE (126) nous a rendu d'excellents services et a permis le prélèvement de « carottes » longues de 60 à 80 cm.

L'étude des variations subies, au cours de l'année, par la salinité, le pH, la température, etc., a été faite, dans certains cas (stations autres que le Put), sur des échantillons d'eau moyens. Ils correspondent à la colonne liquide ayant pour sommet et pour base, respectivement la surface et le fond de la mare. En vue de leur prélèvement, nous nous sommes servi d'une bouteille à goulot étroit, descendue dans l'eau — soit par une corde, soit par la perche — avec une lenteur égale et telle que le remplissage soit effectué lorsque le fond est atteint.

La « méthode à la perche » nous a servi également au prélèvement des échantillons destinés au dosage des gaz dissous. Nous avons utilisé les flacons jaugés de WINKLER. L'adaptation d'un bouchon fixé à une corde permet de les remplir à la profondeur voulue. Ceux devant servir au dosage de l'oxygène sont préalablement remplis de gaz carbonique.

Les macrophytes submergés et le feutre à *Vaucheria* ont été ramenés sur la berge ou dans la barque à l'aide d'une petite ancre à trois dents, fixée à une boule métallique servant de lest. L'engin peut être traîné au bout d'une corde ou fixé à une perche.

C. — PHYSIQUE.

AA. — OPTIQUE.

La transparence dépend, avant tout, de la quantité et de la conformation du seston, c'est-à-dire de l'ensemble de tout ce qui flotte dans l'eau : éléments vivants, éléments détritiques (autochtones ou allochtones), corpuscules minéraux. D'autres facteurs, tels que : éclairage, position du soleil, couleur de l'eau, conditions climatologiques, interviennent également.

Parmi les éléments flottants du seston, le plancton joue le rôle le plus important. Il s'ensuit que si son volume augmente, la transparence de l'eau diminuera, et inversement. Comme, d'autre part, son développement offre une certaine périodicité, nous verrons la turbidité de l'eau présenter les mêmes variations saisonnières. Celles-ci dépendent des stations; chez les unes, le maximum de transparence tombe en été; chez d'autres, en automne ou en hiver. Ajoutons que, pour une station donnée, le moment de sa turbidité maximum peut subir un décalage d'une année à l'autre.

Nous nous sommes contenté d'évaluer la transparence au moyen de l'épreuve de SNELLEN⁽¹⁶⁾.

L'eau du Put offre, au plus haut degré, ce manque de transparence qui caractérise les eaux eutrophes. Comme le montre le tableau, la transparence, dans le tube de SNELLEN, atteint à peine 5 à 6 cm. en juillet et en août, alors qu'au mois de décembre elle s'élève au quintuple.

La quantité de plancton — ou plutôt de seston — a été évaluée par sédimentation, pendant 48 heures, de trois ou quatre échantillons « moyens » (c'est-à-dire intéressant les diverses couches liquides depuis la surface jusque près du

(16) Elle consiste à laisser écouler, d'un tube cylindrique gradué, assez du liquide étudié pour qu'un texte typographique (d'une lisibilité donnée) puisse être déchiffré normalement au travers de la colonne liquide. La lecture doit se faire rapidement afin d'éviter la sédimentation. Elle manque un peu de précision (voir 98, p. 3).

fond), prélevés respectivement près des points M, N et P, ou M, N, O et P, et fixés sur place.

Les sédiments des récoltes sont réunis dans une éprouvette cylindro-conique graduée, permettant la lecture du volume (brut) qu'ils occupent. Les résultats sont enfin ramenés à 1 m³.

Le plancton du Put (tableau ci-après) est abondant; sa richesse est due non pas au grand nombre d'espèces qui le constituent, mais plutôt à un nombre très

Mois.	Plancton, en cm ³ /m ³ .	Transparence, en cm. (Snellen).	Matières organiques, en mgr. O ₂ /litre.
1938 : IV . . .	?	12	
V . . .	35	11	
VI . . .	43	8	
VII . . .	87	6	
VIII . . .	90	5	
IX . . .	44	8	8,8 (le 22.IX.1938).
X . . .	34	9,5	
XI . . .	27	10	4,6 (le 7.XII.1938).
XII . . .	4	30	
1939 : I . . .	12	24	
II . . .	16	19	6,8 (le 22.II.1939).
III . . .	18	16	
IV . . .	36	13	7,4 (le 26.IV.1939).
V . . .	26	13	
VI . . .	40	7	
VII . . .	76	6,5	
VIII . . .	91	5	12,8 (le 2.VIII.1939).

élevé d'individus appartenant à quelques espèces seulement. Le volume du plancton subit de fortes variations saisonnières; il atteint une valeur élevée en juillet et en août — les observations à ce sujet se rapportent à deux années consécutives — et une valeur basse en hiver (XII, I).

Les courbes de la figure 6, mieux encore que le tableau, traduisent que la turbidité de l'eau en été et en automne correspond exactement au fort développement du plancton à cette époque de l'année. En hiver, une brusque diminution du plancton se traduit par une brusque augmentation de la transparence (règle d'AUFSESS) (17). Enfin, la quantité des matières organiques (pouvoir réducteur de l'eau) est proportionnelle à la quantité de plancton.

*
**

La couleur de l'eau constitue, avec la transparence, un des caractères qui frappent le plus nos sens. C'est ainsi que les eaux oligotrophes sont bleues à vertes, les eutrophes verdâtres à olivâtres, les dystrophes jaunes à brunes.

La couleur de l'eau dépend d'une foule de facteurs : profondeur, couleur du fond, état du ciel, position du soleil, température de l'eau et teneur en électrolytes (qui modifient l'indice de réfraction), agitation de la surface, enfin, nature, grandeur et quantité des éléments flottant dans l'eau. Parmi ces facteurs, c'est l'ensemble des éléments planctiques, si bien représentés dans le Put, qui jouera un rôle prépondérant.

La couleur de l'eau s'apprécie par comparaison avec celle des solutions types (enfermées dans des tubes scellés) de la gamme FOREL-ULE, modifiée dans la

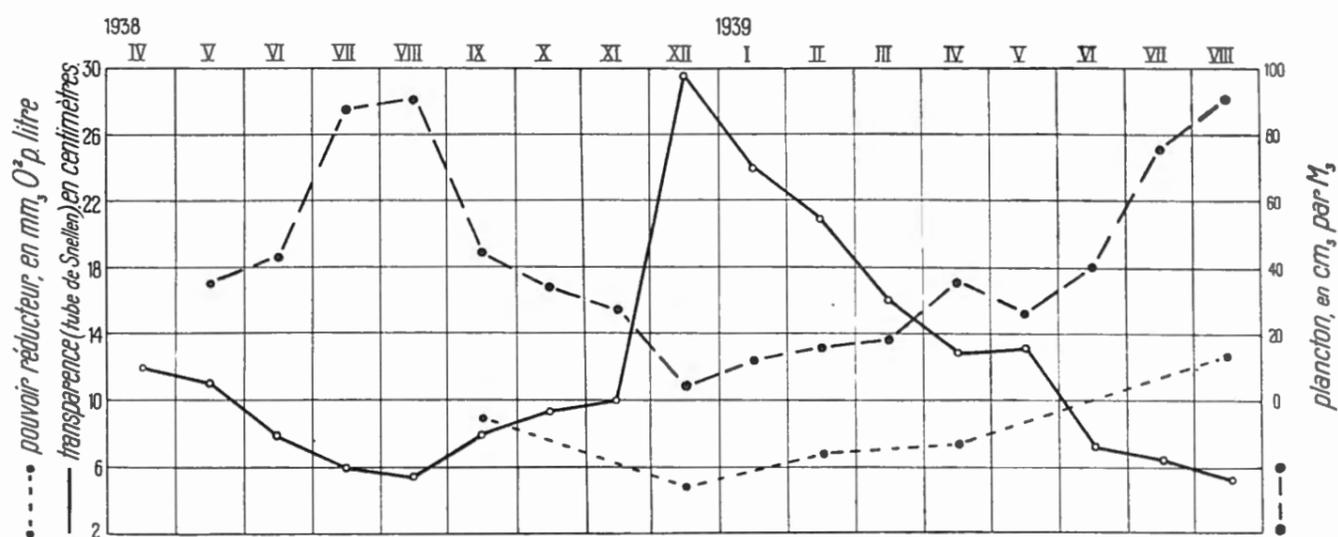


FIG. 6.

Variation mensuelle de la transparence de l'eau et du volume (brut) de plancton.
Variation du pouvoir réducteur (aux dates : 21.IX.38; 7.XII.38; 22.II.39; 26.IV.39; 2.VIII.39).

suite par ULE (1893). Elle va du bleu au jaune. Il y a lieu d'y ajouter une échelle des teintes brunes, constituée par une solution plus ou moins diluée de caramel dans l'eau (1 gr. de sucre par litre).

L'eau du Put, au cours de nos explorations, a passé par deux ou trois teintes différentes, déterminées par la composition du plancton. D'une façon générale et pendant la plus grande partie de l'année, elle est jaune brunâtre à jaune-brun olivâtre; sa teinte est alors intermédiaire entre celle du tube n° 21 de la série FOREL-ULE et celle d'une solution à 60 mgr. de caramel par litre. De temps à autre on assiste à l'accentuation de la teinte jaune-brun, sans mélange de verdâtre. Elle est due au fort développement d'un Péridinien nu, *Massartia rotundata*, et d'une Chrysomonadine, *Pseudopedinella piriformis*, en mélange ou séparés, caractéristiques tous deux du Put. Les Diatomées ne jouent aucun rôle dans la couleur de l'eau du Put.

La variante verdâtre est due, surtout, à la présence, en grande quantité, de deux Volvocales, *Pyramidomonas cuneata* n. sp. et *Carteria excavata*.

Pendant le mois d'octobre 1938, comme pendant le mois d'août 1939, nous avons assisté à un développement rapide et intense de plusieurs Chroococcacées

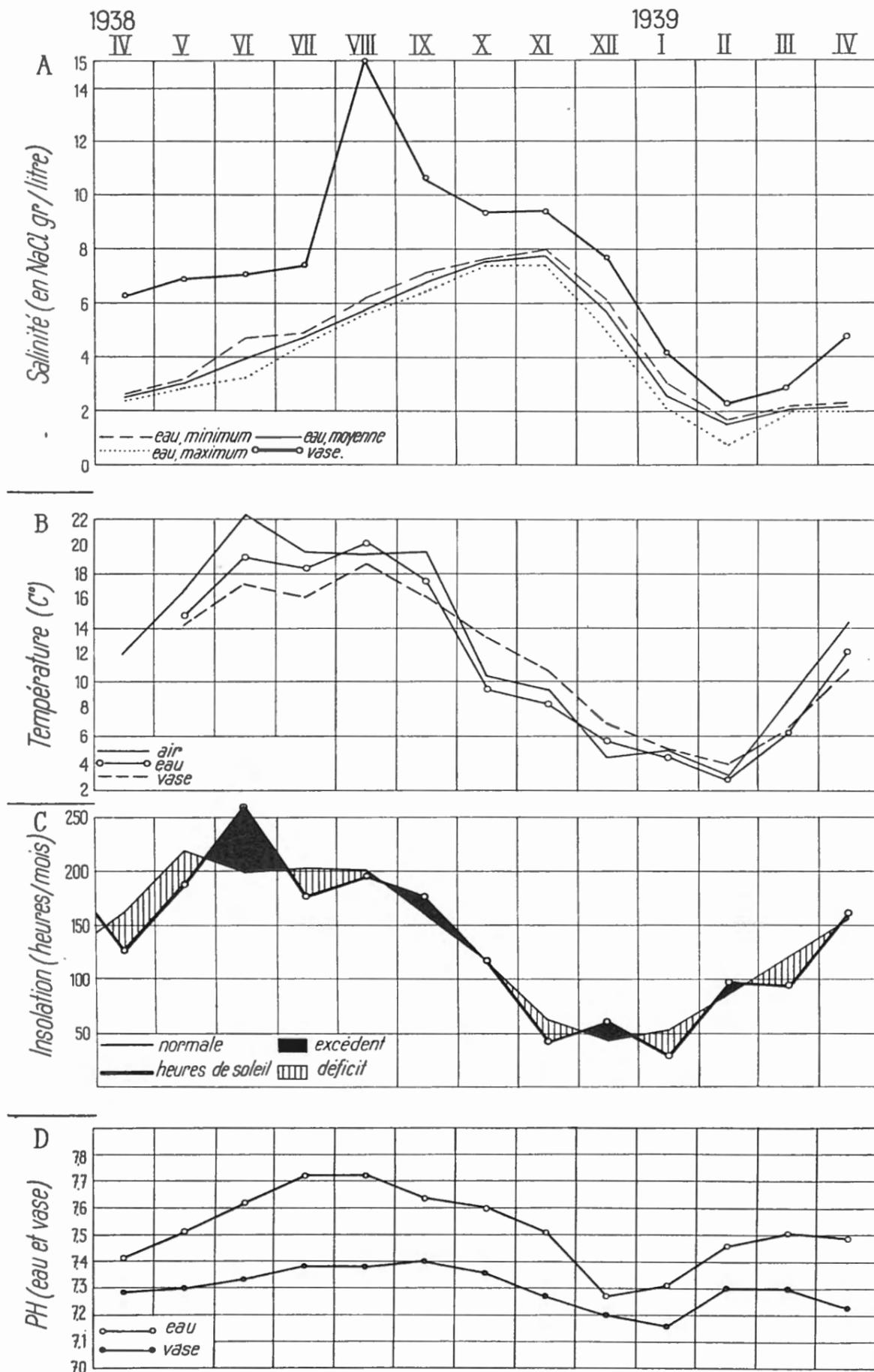


FIG. 7. — Variations saisonnières de la salinité, de la température, de l'insolation, du pH. (Dans le diagramme A, il faut lire : - - -, max.;, min.)

planctiques (*Dactylococopsis raphidioides*, *D. irregularis*, *Merismopedia tenuissima*, *Romeria leopoliensis*, etc.), entraînant un virage de la couleur vers la teinte n° 21 de FOREL-ULE.

Pendant le mois de décembre 1938, l'eau du Put a été à peu près incolore.

BB. — TEMPÉRATURE.

La température a été déterminée, à l'aide d'un thermomètre sensible au 1/10 de degré centigrade, sur des échantillons ($\frac{1}{2}$ litre à 1 litre) prélevés toutes les semaines, vers la même heure (entre 10 h. et 10 h. 30), avec les précautions indispensables, au moyen de la bouteille de Meyer.

a) TEMPÉRATURE DE L'EAU. — Elle est sujette à trois genres de variations : horizontales, verticales et saisonnières.

α) Les premières ne nous retiendront pas longtemps. A un moment donné de la journée, on constate parfois des différences de température de plus d'un degré en deux points éloignés de la surface, pris à quelques mètres des berges.

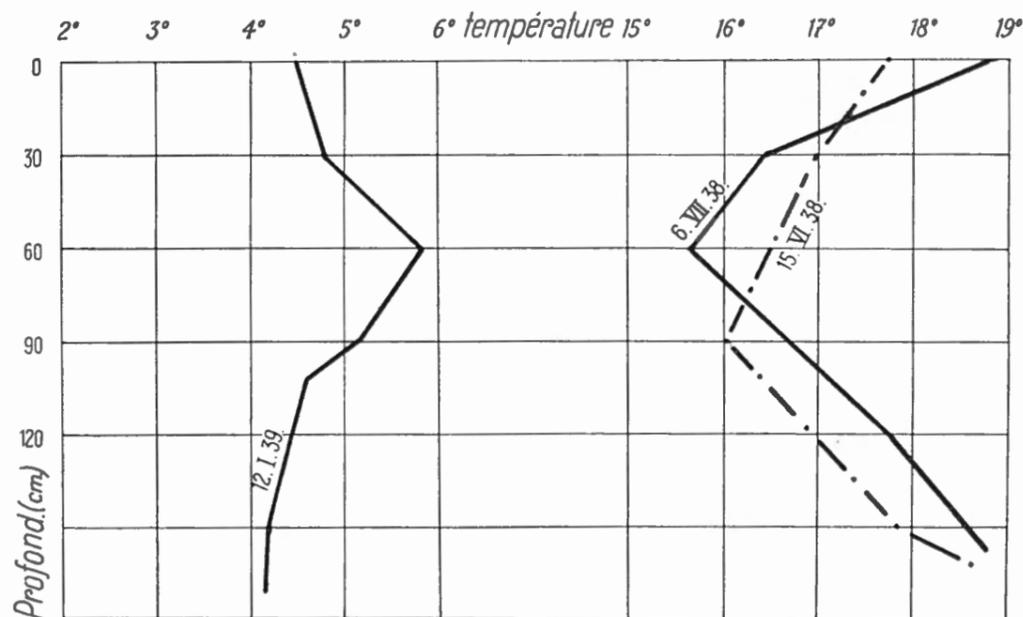


FIG. 8. — Variations verticales de la température dans la vase.

Près de celles-ci, on remarque des différences beaucoup plus marquées. Au pied des Roseaux, la température de l'eau, en été, est souvent supérieure de plusieurs degrés à celle existant aux environs des jalons M, N, O ou P, par suite de la stagnation du liquide, due au manque de vagues.

β) Les variations verticales, révélées par les nombreux sondages effectués de 30 en 30 cm., échelonnés sur toute une année, sont tantôt faibles, tantôt nettement accusées, presque toujours irrégulières. On obtient parfois des courbes différentes, suivant les endroits de l'étang où les mesures s'effectuent. Le Put

paraît parcouru de courants plus ou moins horizontaux, à température différente. Parfois même ces courbes accusent une certaine dichothermie; la température diminue vers le fond, pour augmenter de nouveau au-dessus de la vase (6.VII.38). Celles qui présentent un thermocline net sont rares, et ces modifications brusques de la température se font toujours à peu de distance au-dessus des sédiments vaseux.

Quoi qu'il en soit, il ne doit se manifester dans le Put qu'une microstratification thermique, qui mériterait d'être étudiée de plus près, par des méthodes perfectionnées.

γ) Les variations saisonnières ont été étudiées sur des échantillons « moyens », prélevés toutes les semaines en trois points différents situés vers le milieu de l'étang. Leurs valeurs sont consignées dans le tableau suivant et traduites par les graphiques de la figure 7 B.

Mois.	A T° air.	B T° eau.	Différ. B—A.	C T° vase.	Différ. C—B.
1938 : IV . . .	12.0	—	—	—	—
V . . .	17.0	15.0	— 2.0	14.2	— 0.8
VI . . .	22.4	19.2	— 3.2	17.2	— 2.0
VII . . .	19.6	18.4	— 1.2	16.2	— 2.2
VIII . . .	19.4	20.3	+ 1.1	18.8	— 1.5
IX . . .	19.6	17.7	— 1.9	16.4	— 1.3
X . . .	10.4	9.4	— 1.0	13.4	+ 4.0
XI . . .	9.4	8.4	— 1.0	10.8	+ 2.4
XII . . .	4.4	5.6	+ 1.2	7.0	+ 1.4
1939 : I . . .	5.0	4.4	— 0.6	5.1	+ 1.3
II . . .	3.2	2.8	— 0.4	4.0	+ 1.2
III . . .	9.6	6.2	— 3.4	6.6	+ 0.4
IV . . .	14.6	12.2	— 2.4	10.9	— 1.3

b) TEMPÉRATURE DE LA VASE. — Trois sondages, effectués respectivement en juin et juillet 1938 et en janvier 1939, nous fournissent quelques renseignements sur la distribution de la température, en profondeur, dans la vase. Nous avons pu pénétrer à 1^m60 sous la surface des sédiments. Les températures observées aux diverses profondeurs ont été réunies dans un petit tableau; leurs valeurs sont rendues par le graphique de la figure 8.

Ces données traduisent des faits bien intéressants.

Pendant l'hiver, la température de la vase augmente depuis la surface jusqu'à une certaine profondeur, puis diminue brusquement. A partir d'une profondeur d'un mètre, elle ne varie plus que faiblement.

Des phénomènes inverses, accusant des écarts de température beaucoup

plus grands, se constatent en été. La température de la vase décroît rapidement et considérablement, depuis la surface jusqu'à une certaine profondeur, puis augmente brusquement.

Ces faits pourraient bien être en rapport avec les phénomènes de fermentation et de putréfaction, particulièrement intenses en été, dont le fond du Put est le siège. Des phénomènes analogues, plus nets et plus réguliers toutefois, ont été observés par BIRGE et JUDAY, dans leurs célèbres études sur certains lacs américains (10, 11).

Profondeur dans la vase (cm).	Température.		
	15.VI.1938.	6.VII.1938.	12.I.1939.
0	17.7	18.8	4.5
.	.	.	.
.	.	.	.
30	17.0	16.4	4.8
.	.	.	.
.	.	.	.
60	16.5	15.7	5.8
.	.	.	.
.	.	.	.
90	16.0	.	5.15
100	.	.	4.6
.	.	.	.
120	.	17.7	.
.	.	.	.
.	.	.	.
150	18.0	.	4.2
160	.	18.8	.

c) Pour finir, comparons entre elles les variations saisonnières de la température de l'air, de l'eau et de la vase.

Le graphique 7 B fait ressortir les faits suivants :

1° La température moyenne de l'eau suit de près celle de l'air, dont elle subit directement l'influence. Les deux courbes se superposent presque. Pendant les mois d'août 1938 et de décembre 1938, elle a été supérieure à celle de l'air. Pendant le restant de l'année, elle lui a été inférieure; on enregistre des écarts de 1° (octobre et novembre 1938) à 3°4 (mars 1939).

2° La température de la vase s'écarte assez fort de celle de l'eau. Elle lui est supérieure pendant les mois d'octobre à mars, avec un écart de 0°4 seulement en mars, mais de 4° en octobre. A noter aussi que la supériorité de la température de la vase sur celle de l'eau se produit deux mois plus tard que la supériorité de la température de l'eau sur celle de l'air.

D. — CHIMIE.

AA. — pH.

La détermination de la concentration en ions H a été effectuée, toujours vers la même heure, à l'aide du comparateur de HELLIGE, avec, comme indicateur, une solution de méthanitrophénol (pH : 6,8 à 8,4).

Les variations du pH dépendent, avant tout, de l'équilibre CO₂-carbonates; elles sont donc liées intimement à l'activité photosynthétique de la zone trophogène, elle-même sous la dépendance de la lumière. Le pH se modifie, par conséquent, non seulement de mois en mois, mais au cours de la journée. A une intensification de l'élaboration chlorophyllienne de la part des végétaux de la zone littorale et du plancton autotrophe correspond, dans la région trophogène, une avide absorption de CO₂, une élévation du pH et une décalcification prononcée des eaux.

On n'enregistre guère de variations verticales du pH dans les couches trophogènes. Elles ne deviennent nettes que dans la zone épisapropélique, tropholytique. On y remarque une diminution du pH, due aux phénomènes de fermentation dont elle est le siège.

En envisageant les fluctuations saisonnières du pH (tableau ci-après, fig. 7 D), on constate que sa valeur a varié de 7,27 à 7,72. La valeur maximum

Mois.	pH	
	Eau.	Vase.
1938 : IV . . .	7.41	7.18
V . . .	7.51	7.30
VI . . .	7.62	7.33
VII . . .	7.70	7.38
VIII . . .	7.72	7.38
IX . . .	7.63	7.40
X . . .	7.60	7.35
XI . . .	7.51	7.27
XII . . .	7.27	7.20
1939 : I . . .	7.31	7.16
II . . .	7.46	7.30
III . . .	7.51	7.30
IV . . .	7.48	7.23

correspond aux mois de juin, juillet, août et septembre; la valeur minimum aux mois de décembre et janvier. La courbe qui traduit ces variations est à peu près inverse de celle ayant trait aux variations de la teneur en chaux (fig. 9).

L'eau du Put constitue une solution légèrement alcaline.

Le pH de la vase, lui, varie de 7,16 (janvier) à 7,40 (septembre); ses fluctuations se traduisent par une courbe moins régulière que celle relative à l'eau.

Dans une mare aussi peu profonde que le Put, les précipitations exercent une certaine influence sur la valeur du pH. Mais ces variations n'affectent guère les valeurs moyennes établies sur les mensurations hebdomadaires, à moins qu'il ne s'agisse d'une période particulièrement pluvieuse.

BB. — COMPOSITION CHIMIQUE DE L'EAU.

Le dosage des chlorures a été effectué toutes les semaines; celui des gaz dissous dans l'eau, à peu près tous les mois. Des analyses plus complètes ont été faites sur les cinq échantillons « moyens » mentionnés ci-dessous.

Dates.	Résidu sec (mgr./litre).
1938 : 21.IX.	9713
7 XII.	7125
1939 : 22.II.	2435
26.IV.	3233
2.VIII.	6845
Moyenne.	5870

a) RÉSIDU SEC (fig. 9 A). — Il a été obtenu par évaporation de l'eau (non filtrée) et dessiccation à 105° C. jusqu'à poids constant. Il comprend les matières organiques (organisées et inorganisées) et les substances minérales, formées surtout de chlorure de sodium.

La quantité de résidu sec est, on le voit, très élevée. Elle croît au printemps et en été, et diminue en automne et en hiver.

Comparons-la aux valeurs correspondantes relatives à l'Escaut (à Lilloo et à Burcht) et au « fossé aux *Ruppia* » (à Nieuport), intéressant (avant la guerre 1914-1918) par la composition de sa flore et sa richesse en organismes inférieurs (MASSART, 80, pp. 223, 325).

Mgr./litre.	Escaut (Burcht).		Escaut (Lilloo).		Fossé aux <i>Ruppia</i> .
	Marée haute.	Marée basse.	Marée haute.	Marée basse.	
Résidu sec	3126	1098	10208	8640	6282
Na Cl	2163	661	8476	6489	5056

b) MATIÈRES ORGANIQUES (fig. 6). — Le pouvoir réducteur a été déterminé par la méthode de KUBEL, suivant la modification de SCHULZE-WINKLER (en solution alcaline, à cause de la forte salinité de l'eau) (82).

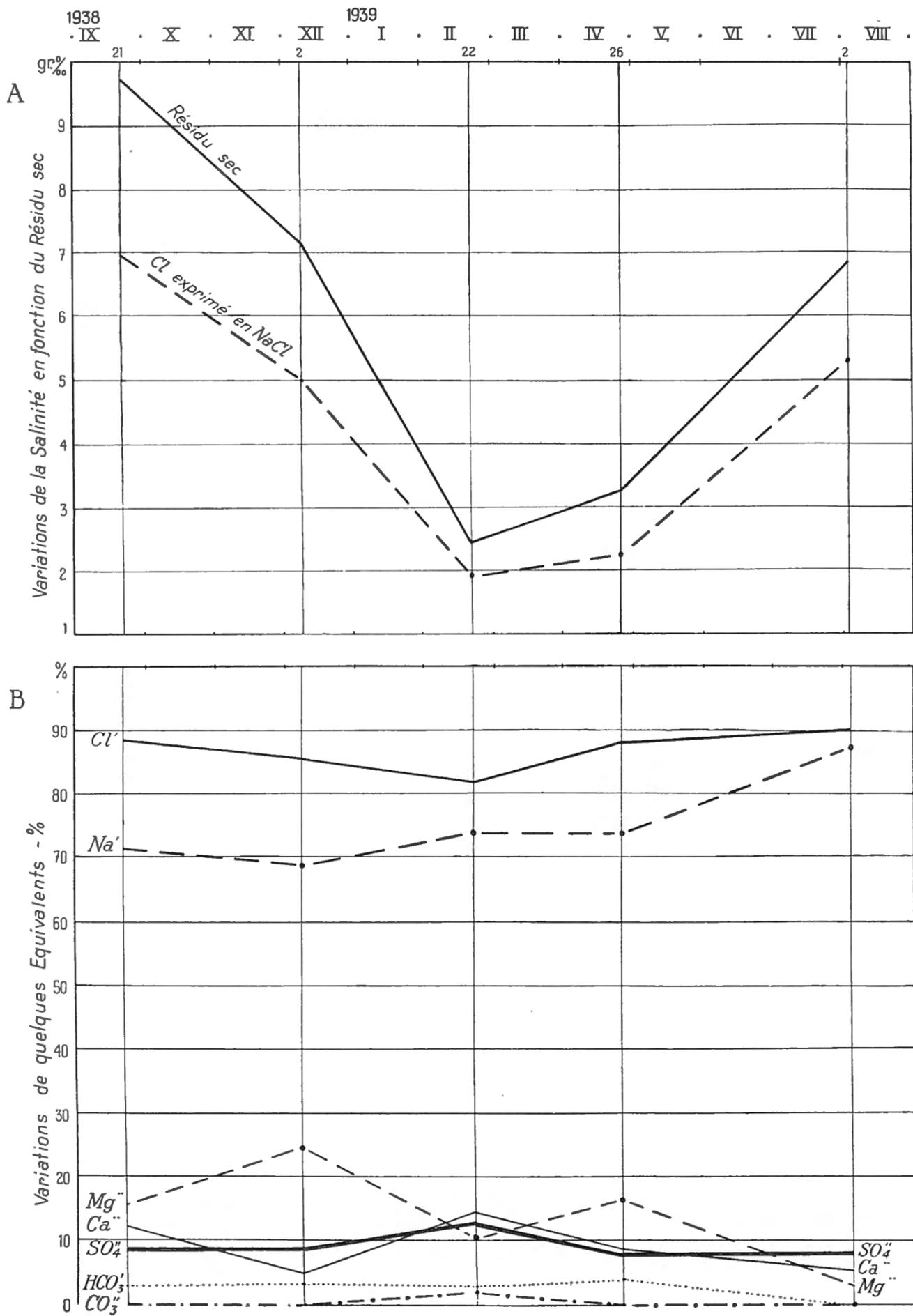


FIG. 9.

A. Variations de la salinité en fonction du résidu sec.
 B. Variations de quelques équivalents-%.

Le taux des matières organiques, dans le Put, atteint des valeurs élevées; leur courbe (fig. 6) suit assez exactement celle relative au volume du plancton : valeurs maxima en été et en automne, valeurs minima en hiver.

c) ÉLÉMENTS MINÉRAUX. — Dans les cinq échantillons (moyens) prélevés au cours de nos recherches, nous avons dosé les éléments K^+ , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , d'une part, et CO_3H' , CO_3'' , SO_4'' , Cl' , d'autre part.

Ils suffisent à la caractérisation biologique des eaux.

Ce qui lui donne son empreinte particulière, c'est bien moins la richesse de l'eau saumâtre en sels (elle est > 600 mgr. par litre) que la variabilité de sa composition. Elle ne constitue point un biotope déterminé, mais bien tout un ensemble de milieux auxquels correspondent parfois divers groupements d'associations.

Même si l'on fait un instant abstraction de cette variabilité, on ne peut considérer l'eau saumâtre ni comme de l'eau douce concentrée, ni comme de l'eau de mer diluée.

On sait que, dans l'eau de mer — dont la composition est bien connue (cf. H. WATTENBERG, 163a) — le pH, sur toute la surface du globe, ne varie qu'entre 8,10 et 8,20 et que les divers éléments s'y rencontrent dans un rapport constant, indépendant de la longitude et de la latitude. Il suffit de connaître la valeur de Cl, par exemple, et d'appliquer les formules de KNUDSEN, pour établir le taux en sels totaux ou en l'un des sels constituants.

Dans l'eau du Put ou même celle du fleuve tout proche, cet équilibre n'existe point; le rapport entre les divers éléments diffère de celui établi pour l'eau de mer, comme le montre le tableau suivant. Ces eaux ne peuvent être considérées comme de l'eau de mer diluée; elles sont d'ailleurs soumises à d'amples variations.

	Dates des prélèvements.	Ca gr. ‰	Mg gr. ‰	Cl gr. ‰	A 100 gr. Cl correspondant		A 100 gr Mg correspondant gr. Ca
					gr. Ca	gr. Mg	
EAU DU PUT	1938 : 21.IX	0,3420	0,2785	4,2247	8,09	6,12	122,80
	7.XII	0,1221	0,3726	3,0350	4,02	12,27	32,76
	1939 : 22.II	0,1285	0,0576	1,0258	12,52	5,61	223,09
	26.IV	0,0931	0,1055	1,4022	6,64	7,52	88,24
	2.VIII	0,1107	0,0714	3,2292	3,42	2,21	155,04
	Moyenne. .	0,1593	0,1791	2,5834	6,94	6,74	124,38
EAU DE MER					2,16	6,75	32,0
BALTIQUE (Baie de Riga [180, p. 300])					2,94-2,89	7,01	45,61

L'équation de KNUDSEN ne peut donc s'appliquer — comme on le fait encore trop souvent — à l'eau saumâtre (pour laquelle elle n'a point été établie) à

Il s'agit, à présent, de représenter ces données par un graphique. Nous aurons recours à la méthode très ingénieuse et très expressive due à TELKESY, telle qu'elle a été modifiée par R. MAUCHA (82) (18).

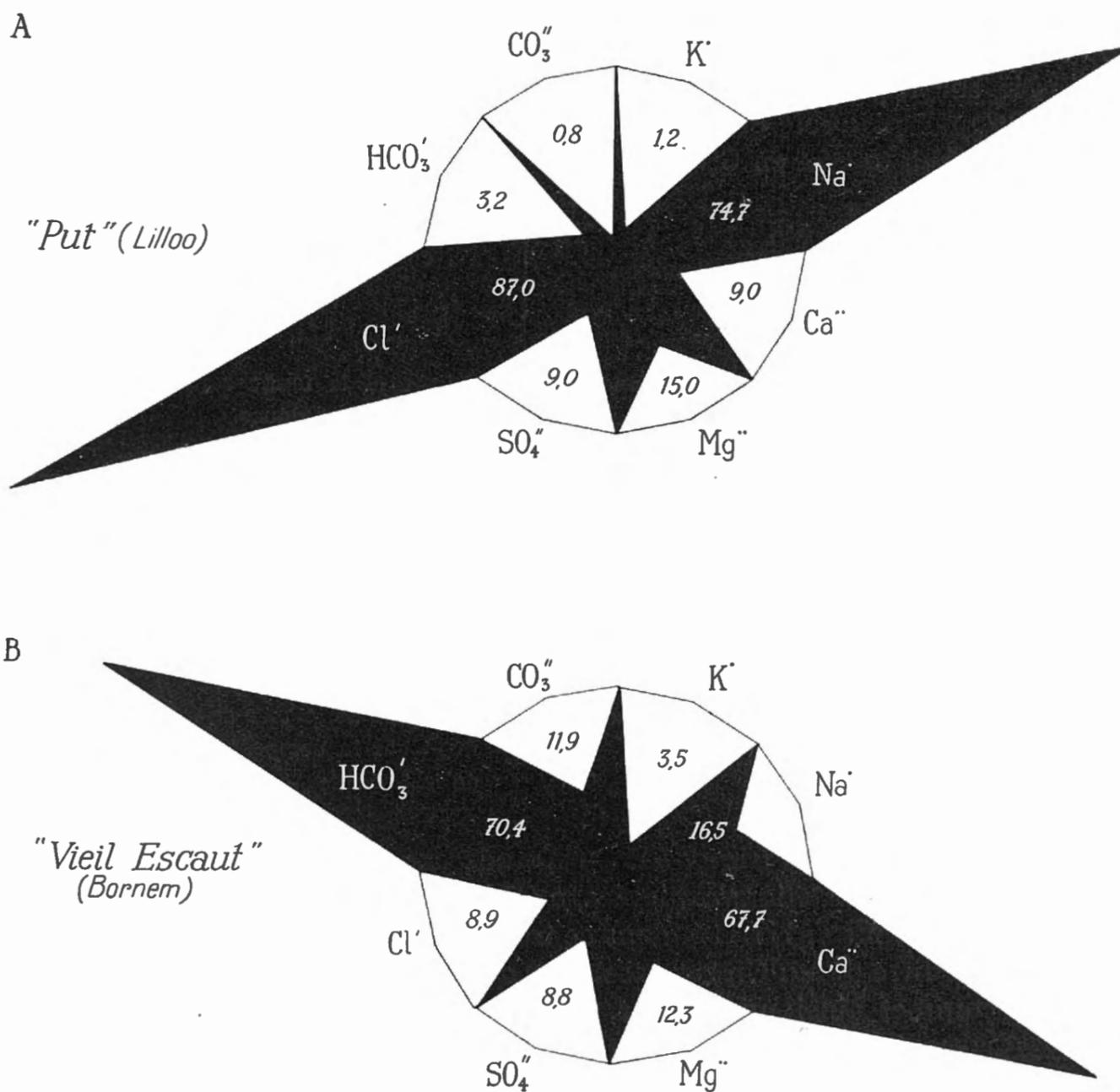


FIG. 10. — Représentation graphique des caractéristiques biochimiques d'une eau.

A. Eau saumâtre : Put, à Lilloo.

B. Eau douce : Vieil Escaut, à Bornem.

(18) Le principe de cette méthode est le suivant : Un polygone régulier à 16 côtés, de surface égale à 200 mm², — le rayon de la circonférence circonscrite est de 8^{mm}082, — est décomposé en huit champs égaux, figurant les huit éléments chimiques (en équivalents-%) qui seuls nous intéressent. Chacun de ces « champs ioniques » — ceux de la moitié gauche sont réservés aux anions, ceux de l'autre aux cations — offre une surface de 25 mm². On calcule (voir 82, p. 88) la longueur à porter, à partir du centre, sur la bissectrice de l'angle au centre de chaque champ ionique et l'on joint le point trouvé

Si, en regard de ce schéma relatif au Put, nous envisageons celui fourni par une station d'eau douce (fig. 10, relative au Vieil Escaut, à Bornem ^[19]), nous serons frappés, au premier coup d'œil déjà, sans même avoir besoin de consulter les valeurs analytiques, par la dissimilitude de ces graphiques. Ceux-ci traduisent avec une éloquence surprenante ces différences essentielles entre l'eau douce et l'eau salée sur lesquelles nous avons insisté plus haut : richesse en Ca^{++} et en CO_3^{--} ou $\text{CO}_3\text{H}'$, pauvreté en SO_4^{--} chez l'une; richesse en Na^+ , Mg^{++} , Cl' , SO_4^{--} , mais pauvreté en Ca^{++} et en CO_3^{--} (et $\text{CO}_3\text{H}'$) chez l'autre.

Salinité (gr./litre).		Dénomination.	Caractéristiques.
Cl.	Na Cl.		
0.1—1.0	0.165—1.65	Eau oligohaline.	La flore et la faune rappellent très fort celles de l'eau douce.
1.0—5.0 5.0—10.0	1.65—8.25 8.25—16.50	Eau α -mésohaline. Eau β -mésohaline.	Constituent les eaux saumâtres <i>sensu stricto</i> . A côté de formes d'eau douce et de formes marines, on y rencontre des espèces plus ou moins caractéristiques.
> 10.0	> 16.50	Eau polyhaline.	L'influence de la mer se fait sentir clairement sur la composition de la faune et de la flore.

d) SALINITÉ DE L'EAU (fig. 7 A). — L'étude des variations subies par la salinité, dans les diverses stations explorées, a été le principal objet de nos recherches.

Nous appellerons salinité, dans ce travail, le taux des chlorures « exprimés en Na Cl », par litre d'eau. On suppose donc que tout le chlore soit lié intimement à Na. On commet ainsi une erreur, — que nous considérerons comme assez

aux deux angles extrêmes extérieurs du champ. On délimitera ainsi deux triangles égaux (formant un quadrilatère tantôt concave, tantôt convexe), dont la surface totale, en millimètres carrés, représentera la valeur des éléments exprimés en %-équivalents. (Si ceux-ci étaient tous égaux, la composition de l'eau se traduirait, graphiquement, par la surface même du polygone inscrit.)

⁽¹⁹⁾ Bras mort de l'ancien cours de l'Escaut; avant 1523 (voir J. MASSART, *Pour la Protection de la Nature en Belgique*, 1912, p. 124, fig. 112) le confluent de l'Escaut et de la Durme était à Tamise. On ne peut considérer le Vieil Escaut comme une station saumâtre, comme l'a fait L. VAN MEEL (*Les Naturalistes belges*, sept. 1938, pp. 185-187). La salinité de ses eaux n'est guère variable; elles communiquent avec le fleuve en une portion où ne se manifestent que des marées d'eau douce. Le Vieil Escaut est à peine oligohalin.

négligeable, — puisque ce Cl est combiné également à d'autres métaux, notamment à Mg, mais en proportion infiniment moindre. C'est ainsi que 1 gr. Cl correspond à 1^{er}6488 NaCl (approximativement 1^{er}65) et, inversement, 1 gr. NaCl à 0^{er}6071 Cl. Nous avons exposé plus haut que les tables de KNUDSEN sont inutilisables pour l'eau saumâtre.

REDEKE a distingué, pour la Néerlande, trois régions dans le domaine des eaux saumâtres (111). Nous adopterons son système pour la Belgique. Il n'a évidemment rien d'absolu : les Organismes ne se laissent pas « enfermer dans les cases d'un classer ».

La salinité a été déterminée, toutes les semaines, sur des échantillons moyens prélevés vers le milieu de la mare. Le dosage a été fait par la méthode VOLHARD (98, p. 72).

a) Variations verticales de la salinité (fig. 11). — Dans le but d'établir la distribution verticale de la salinité, nous avons prélevé des échantillons d'eau, plusieurs fois au cours de l'année, de 30 en 30 cm., depuis la surface jusqu'au-dessus du fond.

Cette salinité, comme le montre le tableau ci-après et le graphique de la figure 11, varie très peu, en profondeur, en un point donné de l'étang, mais, dès qu'on arrive à la région en contact avec les sédiments, l'analyse fournit des valeurs en Cl nettement plus élevés. On peut donc considérer que, en ce qui concerne la salinité, les eaux du Put comprennent deux régions. L'une, s'enfonçant jusqu'à peu de distance au-dessus du fond, offre une salinité pratiquement égale dans ses diverses couches, à un moment donné. L'autre, d'une épaisseur de 10 à 20 cm., est en contact avec la vase et en imprègne les couches superficielles; elle accuse une augmentation très nette — généralement brusque — de la teneur en électrolytes. Il s'agit là d'une véritable *microhalostratification*.

Profondeur (cm.).	I (moy.).	II (moy.).	V (moy.).	15.VI.	6.VII.	3.VIII.	IX (moy.).	X (moy.).
0	2.45	1.70	3.02	3.85	4.80	5.15	6.40	7.45
30	2.55	—	—	4.00	4.80	—	—	—
60	—	1.95	3.15	—	—	5.35	—	7.60
90	2.55	—	—	4.30	4.80	—	6.55	7.65
120	—	2.45	3.30	4.60	4.80	5.60	6.90	—
150	—	—	—	—	5.20	—	—	—

Cette augmentation brusque et intense de la salinité, à une profondeur donnée, est parfois frappante dans les eaux saumâtres définitivement séparées des estuaires. L'exemple le plus saillant est celui du lac de Hemmeldorf, près de Lübeck, auquel GRIESEL (43, 44) a consacré de belles recherches. Cet étang,

profond de 45 mètres, offre une eau peu salée ($0^{\text{er}}2\text{‰}$ NaCl) jusqu'à $35^{\text{m}}30$ de profondeur. A partir de ce niveau, l'augmentation des électrolytes est forte et brusque; elle a pu être déterminée avec une grande précision (en fonction de la résistivité électrique), de 5 en 5 cm. A partir de $35^{\text{m}}35$, la salinité monte subitement à $2^{\text{er}}6$; à $35^{\text{m}}45$, elle atteint $9^{\text{er}}5$; à 36 m., $14^{\text{er}}8$.

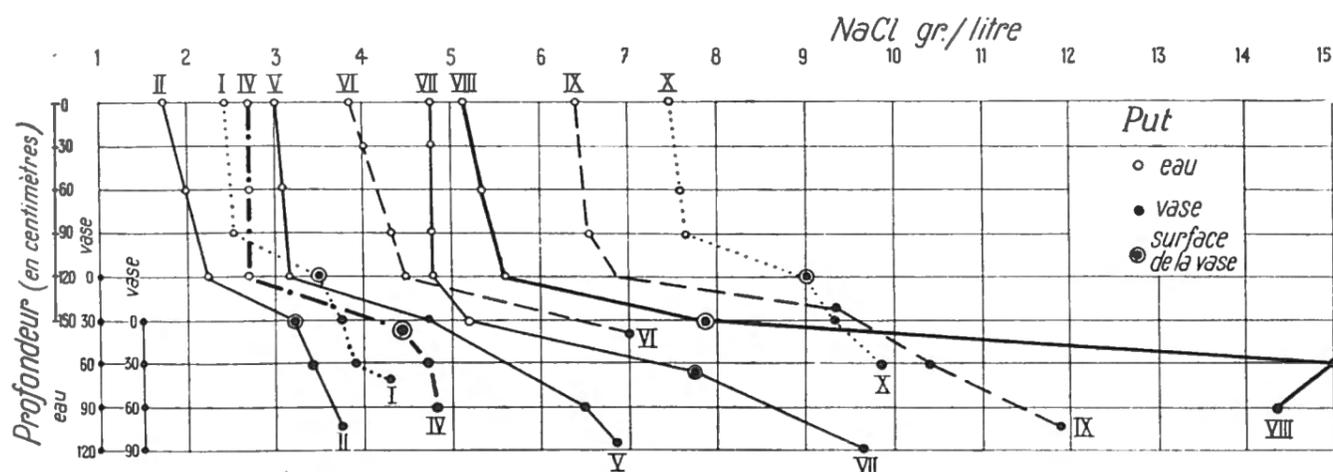


FIG. 11. — Variations verticales de la salinité.

Cette augmentation subite de la salinité est accompagnée d'une brusque augmentation de la teneur en H_2S . Un cas analogue, mais dans des proportions beaucoup plus réduites, s'observe dans le Put.

Quant aux différences entre la salinité de l'eau et celle du liquide qui imprègne la vase, elles peuvent devenir énormes, comme nous le montrerons plus loin.

β) *Variations saisonnières de la salinité de l'eau.* — Elles sont traduites par le diagramme de la figure 7 A (voir tableau); il fournit, pour chaque mois, la valeur moyenne établie sur les dosages hebdomadaires.

Ces données (moyennes mensuelles) nous apprennent les faits suivants :

1° La salinité minimum diffère assez peu de la valeur maximum; l'amplitude des variations (écart moyen annuel) n'est que de $0^{\text{er}}64$ NaCl par litre. L'écart le plus sérieux a été enregistré en juin : il était de $1^{\text{er}}40$.

2° La salinité augmente progressivement depuis le mois de février, atteint son maximum en octobre et novembre et retombe, brusquement, en janvier et février. Entre la moyenne mensuelle de février et celle de novembre il existe un écart de $5^{\text{er}}25$ NaCl ‰ .

Nous verrons plus loin qu'il existe parfois une différence énorme entre la salinité de l'eau et celle de la vase; l'écart le plus marqué a été accusé au mois d'août 1938; il a été de $9^{\text{er}}25$ NaCl par litre.

3° La salinité du Put est comprise entièrement dans le spectre α -mésohalin. Aux treize mois d'observations envisagés ci-dessus ne correspond qu'une

seule valeur (moyenne mensuelle) inférieure à 1^{er}65 NaCl ‰, c'est-à-dire appartenant à la région oligohaline.

Mois.	Salinité de l'eau (gr. Na Cl par litre).			
	Moyenne mensuelle.	Maximum.	Minimum.	Différence.
1938 : IV . . .	2.60	2.70	2.40	0.30
V . . .	3.20	3.27	2.87	0.40
VI . . .	3.94	4.73	3.33	1.40
VII . . .	4.70	4.85	4.52	0.33
VIII . . .	5.75	6.13	5.67	0.46
IX . . .	6.75	7.13	6.43	0.70
X . . .	7.56	7.65	7.36	0.29
XI . . .	7.75	7.90	7.30	0.60
XII . . .	5.66	6.07	4.94	1.13
1939 : I . . .	2.56	3.02	2.10	0.93
II . . .	1.53	1.95	0.78	1.17
III . . .	2.09	2.20	1.90	0.30
IV . . .	2.20	2.31	2.02	0.29
Moyennes. . .	4.33			0.64

γ) *Causes des variations périodiques de la concentration de l'eau.* — Au cours de l'année, la teneur en électrolytes subit deux graves modifications directement antagonistes :

αα) *Concentration*, se traduisant principalement par une augmentation de la salinité.

L'arrivée de l'eau de l'Escaut par les écluses du Beer, du Kom et du Watergang et par le chenal reliant le Put au Gat ne joue qu'un rôle de second plan; pendant toute la durée de nos recherches, la vanne W₂ est restée fermée; tout au plus pourrait-on parler d'infiltrations dues à une fermeture imparfaite. Les infiltrations, au travers du schorre labouré et du Ringdijk, sont peut-être moins négligeables qu'on ne le pense souvent. D'autre part, la glaciation amène une augmentation sérieuse de la salinité.

Mais la cause la plus sérieuse réside dans le phénomène d'évaporation. Ne perdons pas de vue que la surface de l'eau du Put est, en réalité, énorme par rapport à son volume; qu'elle n'est aucunement ombragée, ni protégée contre les vents; elle est exposée, au maximum, aux effets de l'insolation et de la chaleur. L'évaporation y est à ce point intense que le niveau de l'eau, pendant la bonne saison, baisse habituellement de 20 à 30 cm.

ββ) *Dilution*, entraînant une diminution de la salinité. Elle est entièrement sous la dépendance des précipitations (pluie, grêle, fonte de la neige et de la

glace). Situé à un niveau particulièrement bas, le Put peut être considéré comme le déversoir dans lequel affluent les eaux recueillies par les nombreux fossés qui sillonnent les polders. Elles provoquent, chaque année, des inondations pouvant transformer en un grand lac l'ensemble du Put, de la prairie marécageuse, du Gat et de certaines parties avoisinantes des polders.

La dilution, à la suite des pluies, sera évidemment d'autant plus marquée que la station sera plus petite; cela se remarque le mieux sur les flaques creusées

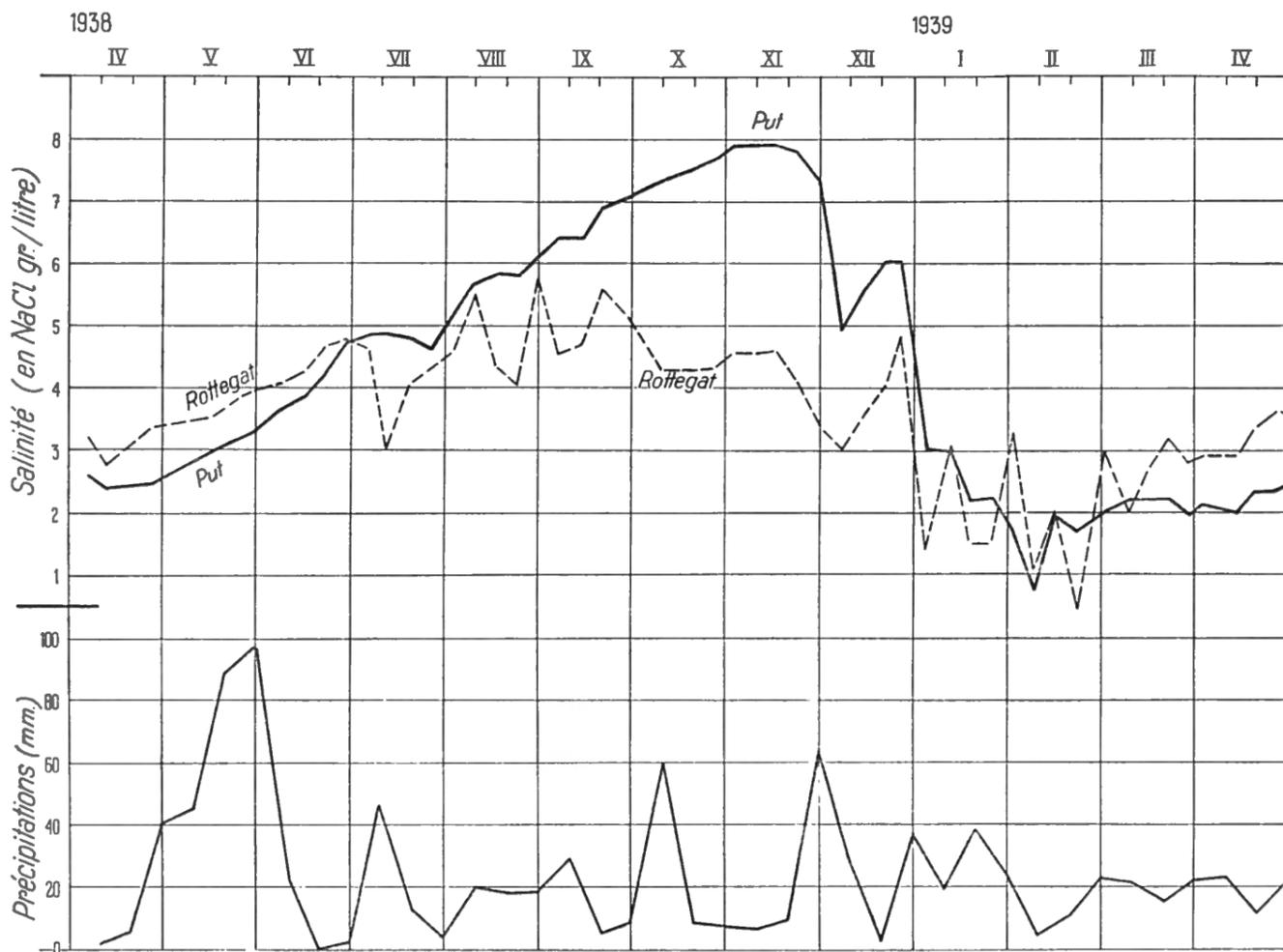


FIG. 12. — Variations de la salinité (analyses hebdomadaires) de l'eau du Put et du Rottegat. Précipitations.

sur le schorre, dont le dessalement peut être complet en quelques heures. Dans la mare du Put, les effets des pluies sont plus complexes qu'on ne pourrait le supposer. A la suite d'une averse, on n'observe pas toujours une diminution de la salinité; souvent même, celle-ci augmente. Ce fait, à première vue absolument déroutant, s'explique pourtant par l'action mécanique exercée par la pluie sur le fond très riche en sel. Un vent violent produira le même effet.

Il existe encore une autre cause de dilution de l'eau, d'essence biotique celle-ci: la décalcification biogène; il en sera question plus loin.

Le graphique représentant les variations hebdomadaires (fig. 12) est infiniment moins régulier que celui des variations mensuelles (fig. 7 A), mais aussi beaucoup plus éloquent pour l'étude des conditions vitales du biotope ⁽²⁰⁾. Les organismes qui y vivent ont à tenir compte moins des variations moyennes (hebdomadaires, mensuelles), que des modifications de tous les instants. Il serait intéressant de déterminer la salinité tous les jours, ne fût-ce que pendant certaines périodes de l'année.

e) SALINITÉ À LA SURFACE ET DANS LA PROFONDEUR DE LA VASE. — Nous avons établi plus haut que la couche profonde de l'eau, comme la couche superficielle des sédiments, doit être considérée comme une région plus ou moins autonome, dans laquelle s'observe une modification brusque de la température, de la teneur en sel et en gaz dissous dans l'eau. L'accentuation de la salinité, l'appauvrissement en oxygène, l'apparition de quantités sérieuses de H₂S la caractérisent et y créent des conditions d'existence particulières, auxquelles correspondent, comme nous le verrons, des associations spéciales également.

Quant à la distribution verticale de la salinité, au sein même de la solution qui imprègne les dépôts sapropéliques, elle peut s'étudier au moyen des données — peu nombreuses, il est vrai — fournies par le tableau suivant et traduites par le graphique de la figure 14.

Profondeur dans la vase (cm.).	Salinité (gr. Na Cl par litre).					
	VII.1938.	VIII.1938.	X 1938.	I.1939.	II.1939.	IV.1939.
0	7.75	7.85	9.00	3.50	3.20	4.50
10	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—
30	—	10.84	9.30	3.75	3.42	3.61
40	—	—	—	—	—	—
50	7.93	—	—	3.90	—	—
60	—	15.00	9.80	—	—	4.68
70	9.70	14.26	—	4.50	3.75	6.84

Beaucoup plus nombreux ont été les échantillons « moyens » de vase, prélevés à une profondeur variant de 60 à 80 cm. au-dessous du fond de l'eau. Ils permettent de nous faire une idée des variations saisonnières (voir tableau suivant et graphique de la figure 7 A).

Si l'on compare la salinité moyenne mensuelle de la vase à la valeur correspondante de l'eau, on remarque que la salinité de la vase est toujours supérieure

⁽²⁰⁾ La différence entre la courbe moyenne mensuelle et l'hebdomadaire est plus marquée encore dans les graphiques 22 et 23, relatifs à W₁, W₂, W₃.

à celle de l'eau, surtout au printemps et en été (où l'écart maximum observé a été d'environ 9 gr. NaCl ‰) et que ces différences s'atténuent brusquement en hiver, pour s'accroître à nouveau au printemps suivant.

Mois.	Salinité de la vase.				Différence entre la salinité de la vase et celle de l'eau.
	Moyenne.	Maximum.	Minimum.	Différence.	
1938 : IV . . .	6.31	6.81	5.20	1.61	3.71
V . . .	6.90	8.22	3.07	5.15	3.70
VI . . .	7.10	8.05	5.22	2.83	3.16
VII . . .	7.25	7.84	4.99	1.85	2.55
VIII . . .	15.00	15.54	5.46	10.08	9.25
IX . . .	10.60	11.28	7.24	3.04	3.85
X . . .	9.33	9.47	8.40	1.07	1.77
XI . . .	9.40	9.82	8.10	1.72	1.65
XII . . .	7.81	8.42	6.72	1.70	2.15
1939 : I . . .	4.12	5.18	2.25	2.93	1.55
II . . .	2.32	5.02	1.89	3.13	0.79
III . . .	2.91	4.97	2.31	2.66	0.82
IV . . .	4.80	5.38	4.10	1.28	2.60
Moyennes. . .	7.22				2.89

f) GAZ DISSOUS. — *a) Oxygène.* — L'oxygène dissous dans l'eau provient surtout de l'air, qui en cède des quantités dépendant de la température, de la pression atmosphérique, etc.; sa solubilité diminue lorsque la salinité augmente (98, p. 523). Il tire également son origine de l'élaboration chlorophyllienne des macrophytes submergés, des algues, ainsi que du plancton autotrophe. La photosynthèse, qui ne se produit qu'à la lumière, provoque donc un enrichissement en O₂ des couches superficielles de l'eau, qui peut aller jusqu'à la sursaturation. Il sera moins important à une certaine profondeur, où la lumière pénètre mal, et deviendra nul dans les régions profondes, aphotiques. Dans une mare très peu profonde, comme celle du Put, le problème se pose sous un aspect assez simple, on le conçoit.

A cet enrichissement de l'eau en O₂ s'oppose un phénomène dont les causes, indépendantes cette fois de la lumière, sont abiotiques ou biotiques. Les animaux, les plantes, les planctontes, du fait de la respiration, constituent d'avidés consommateurs d'oxygène. D'autre part, la lente combustion des cadavres planctoniques et des débris organiques, qui finissent par s'accumuler à la surface de la vase, et dont les molécules complexes y subissent un clivage progressif en molécules de plus en plus simples, exige également de grandes quantités d'oxygène.

Le dosage de l'oxygène dans le Put a été opéré tous les mois. Il a été fait suivant la méthode de WINKLER, modifiée par ALSTERBERG (82, p. 56; 165, p. 17).

Le tableau suivant donne les résultats des analyses fournis par des échantillons provenant, les uns des couches superficielles de l'eau, les autres de la surface de la vase (fig. 13) :

Mois.	Gaz dissous (en mgr. par litre).			
	O ₂ (surface).	O ₂ (fond).	H ₂ S (surface).	H ₂ S (fond).
1938 : IV . . .	9.80	2.00	0	2.91
V . . .	9.55	1.85	0.52	5.41
VI . . .	9.00	0	1.15	7.40
VII . . .	8.20	0	1.10	6.80
VIII . . .	7.52	0	1.50	8.00
IX . . .	6.35	0.45	traces	7.10
X . . .	6.05	1.85	traces	4.35
XI . . .	5.75	2.85	0	1.55
XII . . .	6.50	4.60	0	1.25
1939 : I . . .	8.70	4.70	0	traces
II . . .	9.06	4.28	0	0.50
III . . .	9.50	2.84	traces	0.95
IV . . .	9.90	2.05	traces	1.82

Les couches profondes, par suite de leur densité plus élevée, due à la forte salinité, s'opposent à la circulation verticale du liquide et à la « ventilation » de la mare. Ainsi s'établit en cette région une pauvreté en oxygène caractéristique, pouvant aller jusqu'à la disparition complète de ce gaz en été.

β) *Hydrogène sulfuré.* — H₂S a été recherché, dans les échantillons sitôt prélevés, par la méthode organoleptique ou celle de CARO (98, p. 53), toutes deux très sensibles. Le dosage a été fait par la méthode d'OHLE (93) : l'échantillon est traité, sur place, en excès, par une solution acide de CdSO₄; le titrage iodométrique se fait 48 heures après.

Le tableau précédent et le graphique de la figure 11 montrent que le fond du Put n'est jamais tout à fait exempt de H₂S. A l'état de traces, pendant quelques semaines, en hiver, ce gaz devient plus abondant dès le printemps, pour décroître assez brusquement après l'été. Pendant les mois d'avril à octobre, H₂S dépasse 1^{mgr}8 par litre et atteint, de juin à septembre, des valeurs considérables, voisines de 7 à 8 mgr. Pendant cette période de l'année, la vase superficielle répand une odeur insupportable, et H₂S, dont elle est imprégnée, se communique, en quantité assez sérieuse, à toute la masse liquide de l'étang; le fond de celui-ci accuse alors un déficit complet en oxygène.

Ces facteurs éliminent irrémédiablement certains organismes, mais fournissent à d'autres, aux exigences très spéciales, — comme les Thiobactéries, — un milieu propice à leur développement.

H₂S tire son origine non seulement des phénomènes de putréfaction dont la vase est le siège, mais encore de la réduction des sulfates, toujours abondants

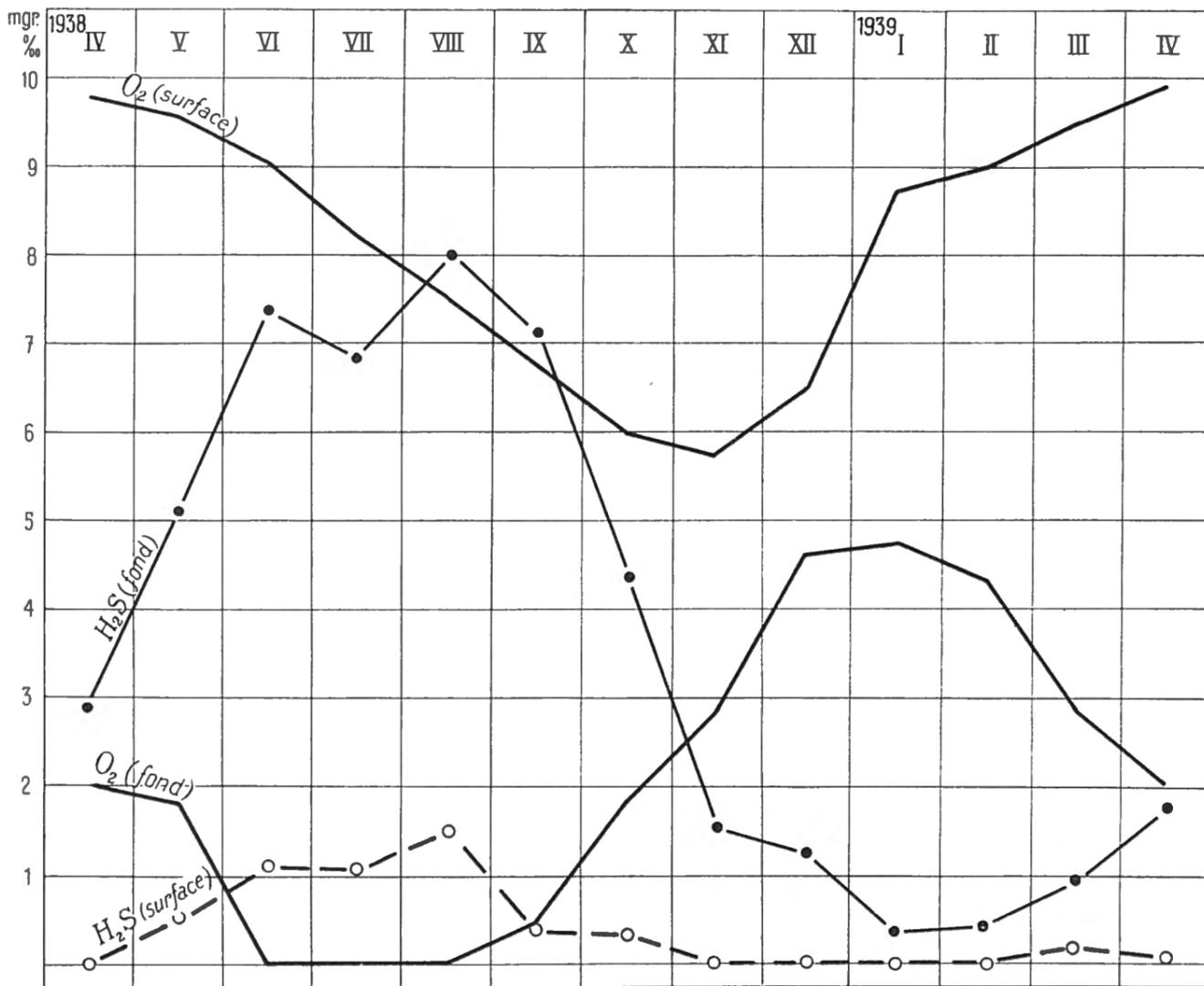


FIG. 13. — Variations saisonnières de O₂ et H₂S, à la surface et au fond de l'eau du Put.

dans les eaux saumâtres. Nous nous arrêterons ailleurs à ces phénomènes importants.

D'une façon générale, la valeur de H₂S, dans les couches profondes, atteint rarement 1 mgr./litre. Mais on connaît des eaux où ce taux est de loin dépassé : il est de 15 mgr. dans le lac de la Girotte (27); de 23 à 30 mgr. dans le lac Ritom (23), en Suisse (où il provient surtout de la décomposition des sulfates). L'exemple le plus remarquable, par son étonnante teneur en H₂S, est celui du lac de Hemmelsdorf, près de Lübeck (43, 44), qui contient, à 33 m. de profondeur, jusqu'à 300 mgr. de H₂S (c'est-à-dire près de 200 cm³) par litre.

Il est intéressant de constater, dans la mare du Put, une H₂S-stratification qui se traduit par une courbe (fig. 14) parallèle à celle ayant trait à la distribution

verticale de la salinité. Les couches salées, par leur densité supérieure, retiennent ainsi des masses considérables de H_2S sur le fond, où elles prennent naissance. Ces phénomènes se présentent d'une façon infiniment plus frappante dans les observations de GRIESEL (43, 44), dont nous avons déjà parlé. C'est ainsi que

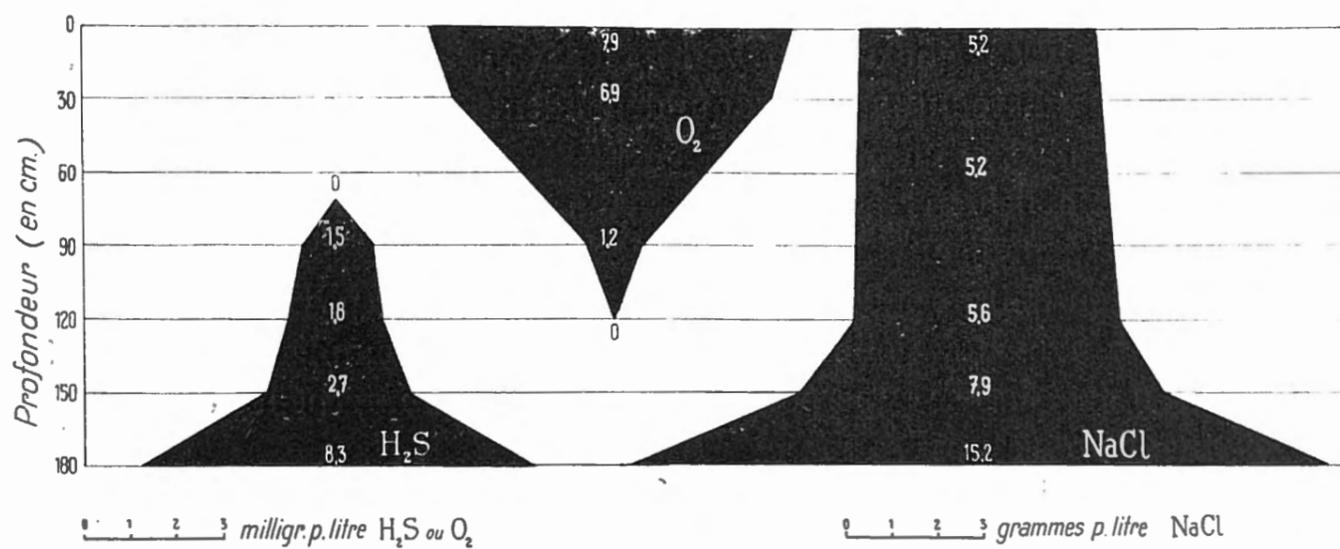


FIG. 14. — Variations verticales de H_2S , O_2 et de la salinité.

dans le lac de Hemmelsdorf, entre 32 et 33 m. de profondeur, nous assistons à une brusque augmentation de la salinité en même temps que du taux en H_2S , qui passent, la première, de 238 mgr. Cl par litre à 5148 mgr., le second, de 0 mgr. H_2S à 234 mgr. par litre.

2. FACTEURS BIOTIQUES.

Dans la première partie de ce travail, nous avons envisagé, parmi les facteurs qui règnent sur la mare du Put, ceux qui dépendent surtout des conditions climatologiques, physiques et chimiques.

Il nous faut considérer à présent les agents biotiques, c'est-à-dire ceux qui ont leur origine dans l'activité même des associations.

La séparation entre ces deux genres de facteurs n'est pas toujours possible. D'autre part, les facteurs biotiques sont souvent d'une complexité déroutante et les jeux de ces facteurs se superposent, interfèrent et s'interpénètrent à l'infini.

Demandons-nous quelles sont les diverses régions que nous pouvons envisager dans le Put, quelles sont les principales biocénoses qui les peuplent; quelles sont les modifications que celles-ci font subir au milieu, du fait de leur activité vitale et, enfin, quelle est l'interdépendance de ces diverses associations.

A. — LES ASSOCIATIONS VÉGÉTALES.

L'axe LF (fig. 2) partage le Put, également au point de vue phytosociologique, en deux régions bien distinctes (fig. 19) :

1° La région Sud-Ouest, basse et fréquemment inondée, comprend la berge proprement dite et la prairie marécageuse attenante (fig. 15).

La première est occupée par une phragmitaie, mais cette phragmitaie offre un développement très inégal. Dans sa plus grande étendue, elle constitue une ceinture dense, mais peu large, donnant pourtant lieu, près du jalon J, à un massif plus important, s'avancant de près de 10 m. dans l'eau. Le coin G, par contre, est occupé par un épais fourré de Roseaux, qui rend imprécises les limites de l'étang et transforme celui-ci, en cet endroit, en une portion très marécageuse, inaccessible même en dehors de la saison des pluies. Ce massif à *Phragmites* se prolonge jusqu'à l'entrée du fossé établissant la communication entre le Put et le Gat. Il n'est séparé de la roselière du Gat, également dense, que par un passage conduisant à un étroit espace, plus élevé, avoisinant le bord sud de ce fossé.

La prairie marécageuse séparant le Put du Watergang constitue une association complexe (fig. 15), où domine *Phleum pratense*, var. *nodosa*. Les *Phragmites* y sont très clairsemés et mal venus. Ils ne prospèrent que dans les espaces de la prairie où le gazon a été enlevé par les pêcheurs. Parmi les *Phleum*, très abondants, vivent *Triglochin maritima*, *Glaux maritima*, *Juncus Gerardi*, *Aster tripolium* et la forme blanche de *Spergularia salina*.

Les mêmes plantes halophiles se rencontrent sur l'autre bord du Watergang, au pied du Ringdijk.

Au pied des roseaux s'étend, jusque contre la prairie marécageuse, un feutrage vert foncé, plutôt vert noirâtre, formé par un *Vaucheria* (jamais rencontré à l'état fructifié), qui s'y relève en d'innombrables petites touffes dressées en pinceaux. Il constitue la partie aérienne, mais toujours imprégnée d'eau, de l'immense *vaucherie tum* qui tapisse toute la cuvette de l'étang. Il forme un

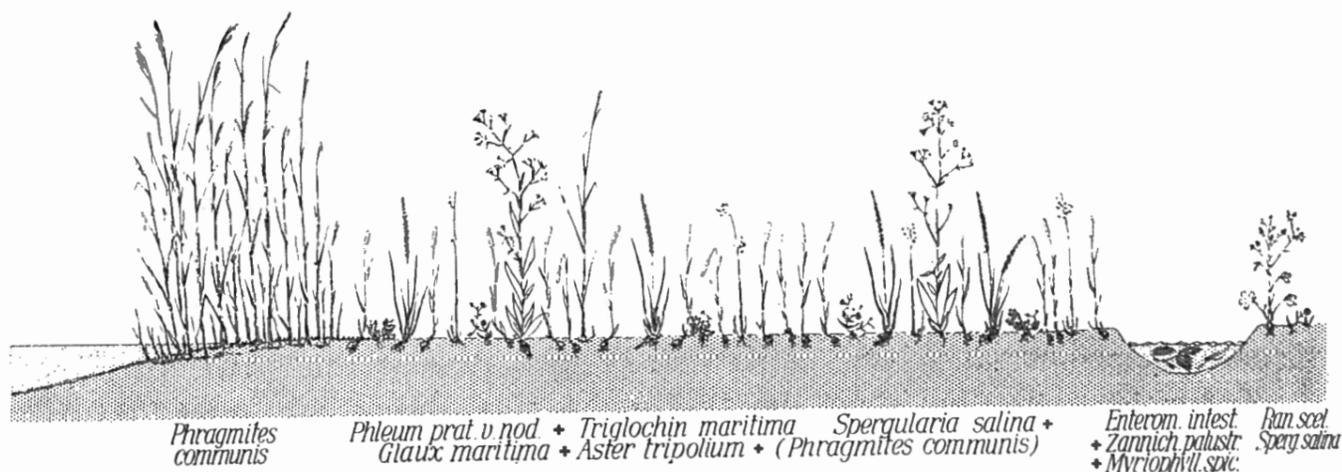


FIG. 15. — Schéma des associations végétales (berge sud et prairie marécageuse).

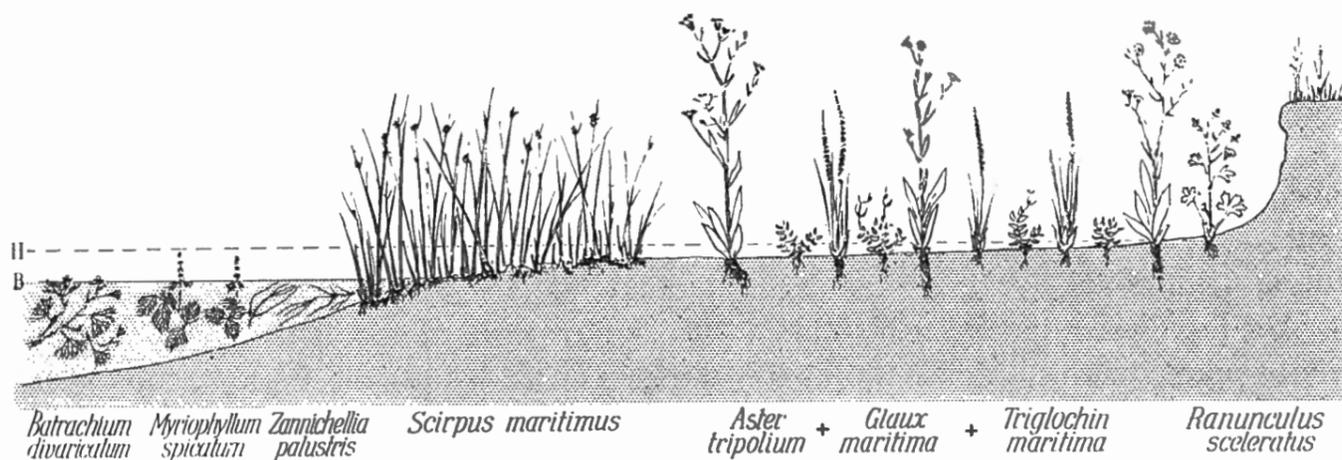


FIG. 16. — Schéma des associations végétales (berge poldérienne).

refuge à d'innombrables larves d'Insectes, Vers, Amphipodes, Isopodes, etc. La partie profonde de ce « feutre organique » (FOREL) abrite une foule de Sulfuraires qui la colorent parfois en rose ou en rougeâtre.

2° La berge poldérienne (ou N.-E.) comprend, au pied de la gorge d'affouillement qui la sépare de la prairie, une sorte de plage vaseuse, recouverte d'une mince couche de sable. Elle constitue une bande étroite et longue, qui ne s'élargit qu'à ses extrémités : à l'Est se constitue une baie minuscule (pl. II, photo A); à l'Ouest, une baie beaucoup plus vaste qui porte, à part quelques rares végétaux descendus de la prairie, une association formée de *Ranunculus sceleratus* (abondant surtout près du fossé E), *Aster tripolium* (volontiers brouté

par les vaches), *Glaux maritima*, *Atriplex hastata*, *Triglochin maritima* (fig. 16).

A la limite inférieure de la grève, une scirpaie inégale, mince, discontinue, constituée par *Scirpus maritimus*. Elle ne se développe en massifs plus denses que dans la moitié Nord du côté AB, dans le coin A, à l'extérieur de la phragmitaie, ainsi qu'au pied du jalon F et sur la berge Nord du fossé reliant le Put au Gat.

Envisageons, à présent, les plantes aquatiques proprement dites, à organes végétatifs submergés.

Elles constituent un anneau très allongé, régulier, ininterrompu, et à zonation horizontale nette au pied de la scirpaie de la berge Nord, mais peu et irrégulièrement développé, souvent interrompu, sur la berge opposée, au pied de la phragmitaie.

Cette association constitue la potamogétaie. Elle comprend *Potamogeton pectinatus*, *Ceratophyllum submersum* et, surtout, *Batrachium divaricatum*, *Myriophyllum spicatum*, *Zannichellia palustris* var. *pedicellata* (forme caractéristique des stations saumâtres, alors que l'espèce type se rencontre un peu partout), parmi lesquels s'installent des Diatomées, des Algues épiphytes, des Nématodes, des Acariens, des larves d'Insectes (notamment des Chironomides mineuses de feuilles) et, parmi les Mollusques, *Hydrobia jenkinsi*. Dans ces taillis submergés, la décalcification biogène est très active; il en sera question plus loin.

Nymphaea, *Nuphar*, *Elodea*, *Fontinalis*, *Typha*, *Butomus* manquent complètement dans les eaux du Put.

La potamogétaie, nous l'avons dit, présente, dans sa portion Nord, une zonation horizontale très nette, que la carte 19 indique clairement. La largeur de cette bande végétale est de 6 à 7 m., sauf entre les points P et D, où elle est beaucoup plus considérable.

De l'extérieur vers l'intérieur, nous remarquons d'abord une zone à *Zannichellia palustris*, var. *pedicellata*, développée entre les points F et A, tout le long de la berge poldérienne; puis une zone à *Myriophyllum spicatum*, beaucoup plus large, surtout en A et dans la baie S₂DEF. De nombreux îlots de *Myriophyllum* se rencontrent également près de la berge phragmitétifère. Tout le long de l'autre rive, entre la bande à *Zannichellia* et celle à *Myriophyllum*, une zone de transition formée par le mélange de ces deux plantes.

Près du point A, la potamogétaie compte, mêlés à *Myriophyllum spicatum*: *Ceratophyllum submersum* ⁽²¹⁾ et *Potamogeton pectinatus*. A l'entrée du fossé reliant le Put au Gat, un îlot de *Potamogeton crispus*, qui n'existe nulle part ailleurs.

Signalons encore, au pied de la berge Est, une petite charaie à *Chara foetida*.

⁽²¹⁾ Dans le Rottegat, tout proche, *Ceratophyllum submersum* est remplacé par *C. demersum*.

Le bord Ouest (= AB) du Put offre quelques particularités. La moitié BL porte une scirpaie; la moitié LA, par contre, une phragmitaie. Il n'offre point de plantes halophiles, mais, installées jusqu'au pied des Scirpes et des Roseaux, des plantes ubiquistes (*Bellis*, *Poa*, *Camomilla*, *Malva*, etc.), descendues du sentier qui sépare le Put du Rottegat.

La prairie poldérienne porte des associations très différentes, nous l'avons vu, de celles de la prairie marécageuse d'en face. La première n'offre que des plantes propres aux pâturages, la seconde, par contre, est colonisée par une foule de halophytes.

Ce fait trouve une explication très claire dans la composition fort différente du sol de ces milieux, donnée par le tableau suivant :

	Pr. poldérienne (à 4 m. derrière S.)		Prairie marécageuse.			
	0-20 cm.	55-70 cm.	près du jalon A		près du bord de W	
			0-20 cm.	50-70 cm.	0-20 cm.	50-70 cm.
gr. H ₂ O (sur 100 gr. de terre)	22,30	22,93	40,88	21,00	48,80	29,82
gr. Na Cl (sur 100 gr. de terre).	0,017	0,045	0,139	0,088	0,130	0,180
gr. Na Cl (sur 1000 gr. d'eau d'imbibition)	0,76	1,91	3,40	4,20	2,66	6,01

La prairie poldérienne n'est donc guère salée. La marécageuse, par contre, est non seulement deux fois plus humide (44,9% H₂O, dans les couches superficielles), mais encore plus salée que l'eau du Put (moyenne : 2^{re}08 Na Cl ‰) et du Watergang (moyenne : 1^{re}55 Na Cl ‰). Au moment des prélèvements (1.V.1939), la salinité de l'eau d'imbibition, près du jalon A et près du bord du Watergang, était de 3 gr. Na Cl ‰ à la surface et de 5 gr. Na Cl ‰ entre 50 et 70 cm. de profondeur.

*
**

En résumé, la mare du Put offre les associations végétales suivantes :

1° Une phragmitaie, couvrant toute la berge sud et la moitié de la berge ouest;

2° Une scirpaie, longeant toute la berge nord et formant deux petits massifs sur une partie des berges latérales;

3° Une potamogétaie, bien développée partout, sauf le long du *phragmitetum*;

4° Une charaie minuscule, près du jalon F;

5° Un vaste vaucherietum, tapissant toute la cuvette de l'étang et se développant même dans la zone supra-littorale, parmi les roseaux.

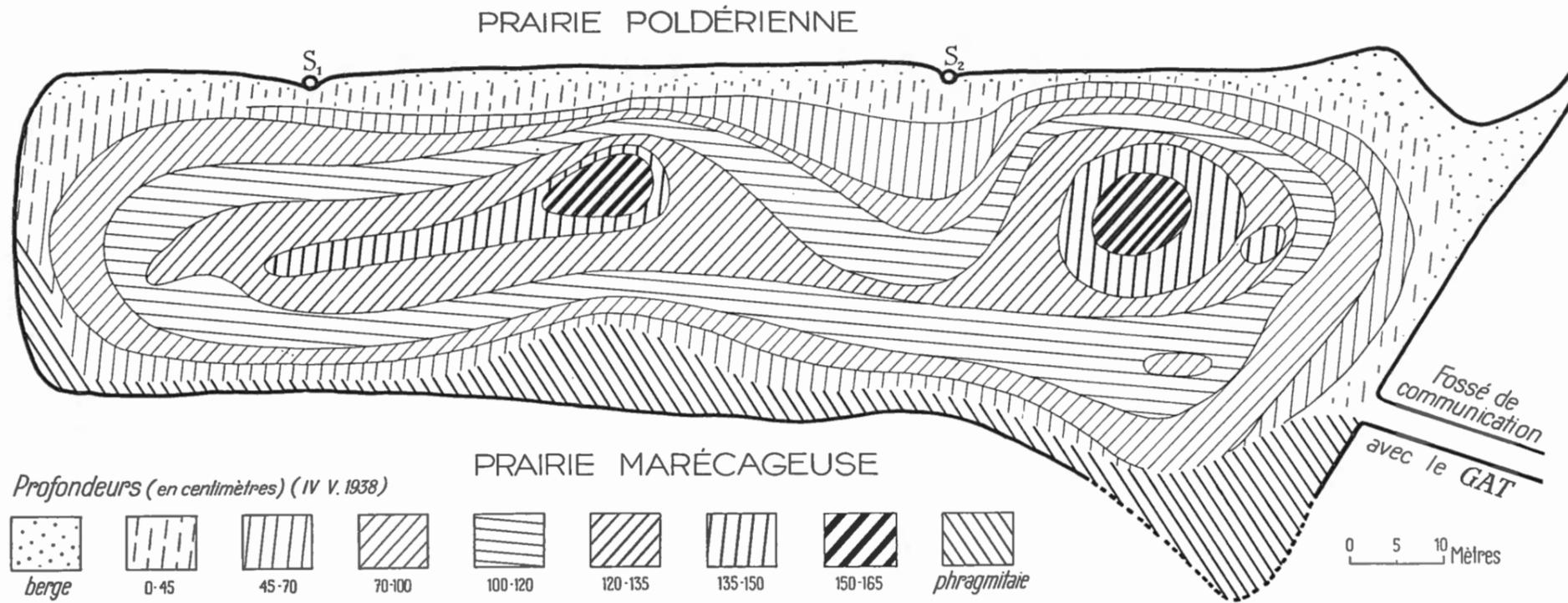


FIG. 17. — Considérations bathymétriques.

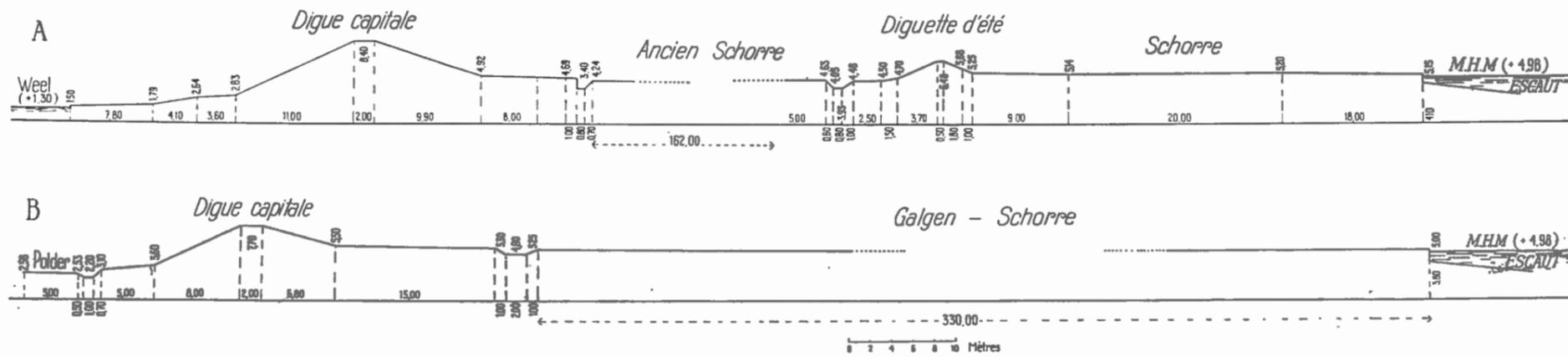


FIG. 18. — Coupe de la berge de l'Escaut, des digues, du schorre, etc. : A, à 800 mètres en amont de l'église de Lilloo; B, à 600 mètres en aval. (Due à l'obligeance du « Bijzondere Dienst der Zeeschelde », à Anvers.)

B. — LES DIVERSES RÉGIONS DE LA MARE ET LEURS ASSOCIATIONS.

La mare du Put comprend deux districts nettement différents l'un de l'autre par les conditions d'existence qui y règnent et les associations qui les peuplent.

AA. — LE PÉLAGIAL.

Le pélagial est la région libre de l'eau, par opposition au benthial, qui constitue le fond de la cuvette. L'étude physiographique en a été faite plus haut. Il comprend diverses biocénoses, très inégalement développées.

a) Le NECTON est représenté par les poissons suivants : Perche, Gardon ordinaire, Gardon rouge, Tanche, Brême, Carpe, Anguille, toutes espèces d'eau douce, auxquelles se joint une espèce d'origine marine, le Flet — on sait que celui-ci s'accommode bien des eaux saumâtres et même tout à fait douces — et, plus rarement, un représentant du genre *Trigla*.

b) PLEUSTON. — Les plantes du pleuston ont été envisagées plus haut. Ajoutons-y *Enteromorpha intestinalis*, qui n'y arrive d'ailleurs jamais à un fort développement, alors qu'il abonde en W_1 et W_2 . *Lemna* (dont *L. gibba*) y est également mal représenté; pourtant, le Beer en charrie parfois de grandes quantités qui s'accumulent devant les vannes du Watergang. Parmi les Insectes vivant à la surface de l'eau, signalons des *Gerris*, des *Limnobates* et des *Gyrinides*.

c) Le NEUSTON est l'ensemble des micro-organismes, originaires du plancton, venant passer la plus grande partie de leur existence à la limite supérieure extrême de l'eau, dans le film superficiel. Il constitue un milieu parfaitement défini, parfaitement indépendant, où règnent les curieuses lois de la tension superficielle. Un même organisme, suivant qu'il évolue dans le film neustique ou dans la zone liquide sous-jacente, peut se comporter très différemment quant à sa forme et à ses mouvements ⁽²²⁾.

Le film neustique ne peut se former et se maintenir que dans les stations absolument tranquilles, telles que flaques ou baies bien abritées. Le vent, la pluie, les vagues, les oiseaux aquatiques le détruisent irrémédiablement. L'eau du Put, toujours exposée au vent. — l'absence totale de vent n'a été constatée qu'une fois sur 53 observations, — n'offre point de conditions favorables à l'établissement du neuston. Une seule fois nous avons pu observer une pellicule neustique, du plus beau vert, dans une baie en miniature, au pied de la phragmitaie; son existence fut d'ailleurs éphémère. Elle était due à *Asteromonas cornuta*, n. sp., une Volvocale. La densité de la population y atteignait près de 6.000 cellules par millimètre carré.

⁽²²⁾ *Bull. Mus. roy. Hist. nat. Belg.*, t. XVI, n° 1, 1940.

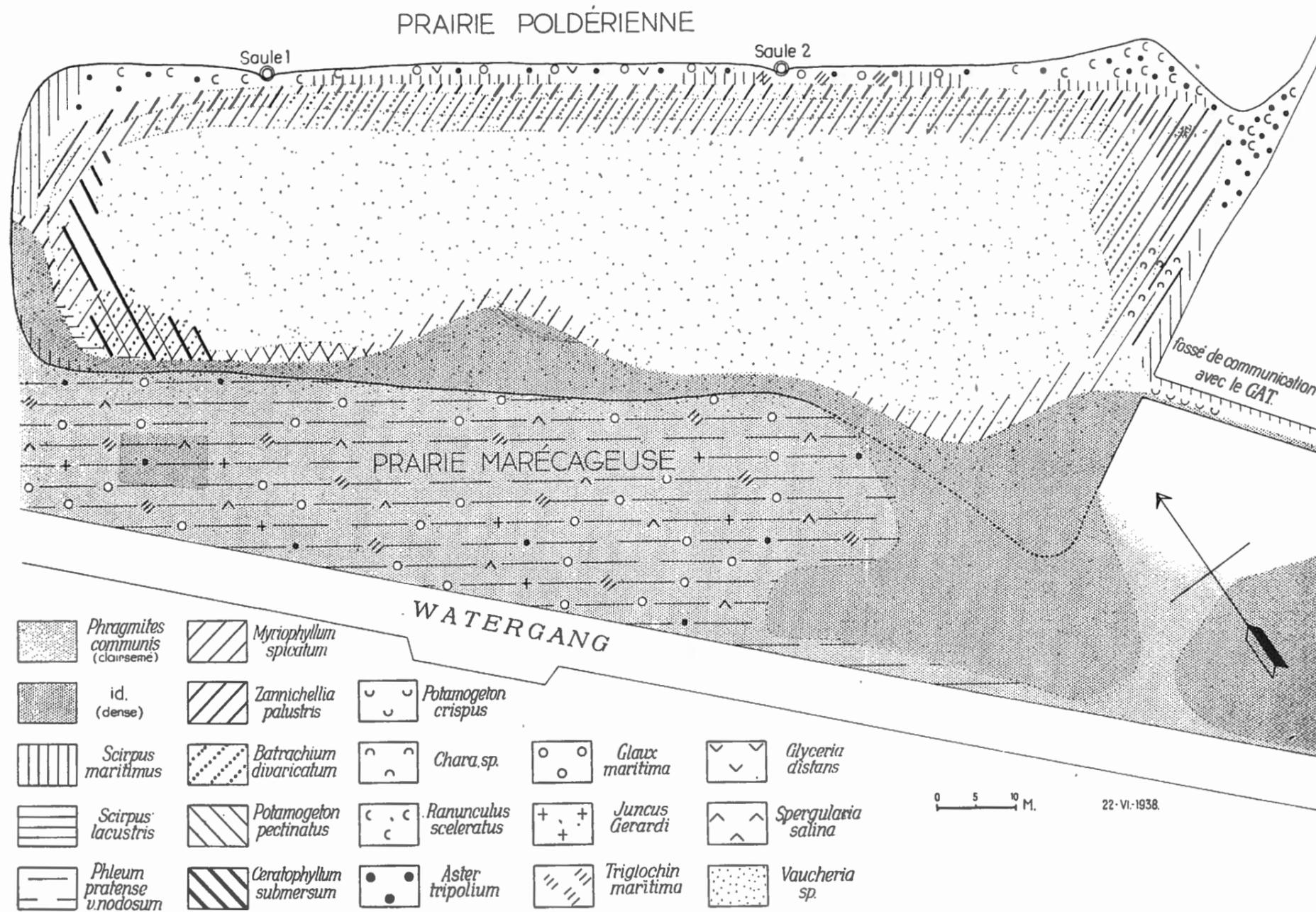


FIG. 19. — Associations végétales.

d) PLANCTON. — L'association la plus importante que nous aurons à envisager dans la mare du Put est constituée par le plancton. Elle comprend l'ensemble des petits Crustacés, Rotifères et Organismes inférieurs qui flottent dans l'eau ou même s'y déplacent, en exécutant des mouvements peut-être énormes par rapport à leur taille, mais négligeables si on les compare à ceux du milieu même.

Certaines formes appartiennent au plancton pendant toute leur existence (holoplanctontes); d'autres ne s'y rencontrent que temporairement; d'autres encore montrent une périodicité plus ou moins nette.

Nous n'avons pas à nous arrêter ici à la composition du plancton. Elle fait l'objet des recherches qui seront publiées dans la seconde partie de ce travail.

*

**

Le plancton forme l'association la plus riche en espèces, la plus riche aussi en individus. Il joue dans les conditions économiques du biotope un rôle très considérable. Il constitue non seulement un maillon important dans cette grande chaîne que représente l'ensemble des diverses biocénoses, un facteur capable de modifier les conditions d'équilibre entre ces diverses associations, mais aussi un agent capable de modifier profondément les conditions d'existence qui règnent dans la mare.

Tout d'abord ses représentants autotrophes — le phytoplancton — qui exploitent les matières minérales dissoutes dans l'eau et, par les synthèses mystérieuses de l'élaboration chromophyllienne, parviennent à constituer des produits organiques aussi complexes que matières protéiques, grasses et hydrocarbonées, servent de nourriture au zooplancton, soit directement, soit indirectement. Le zooplancton est donc sous la dépendance du phytoplancton. Tous deux occupent une place importante dans le régime alimentaire d'une foule d'animaux, notamment des jeunes poissons.

Ensuite, le plancton joue un rôle important dans la constitution et la production des sédiments. Après leur mort, les planctontes s'acheminent lentement vers le fond. Il se produit une continuelle pluie de cadavres planctiques. Une partie devient la proie des Bactéries avant de toucher le fond et est ainsi soustraite aux dépôts sédimentaires, mais la masse prépondérante va rejoindre, à la surface de la vase, les amas de détritiques de tous genres, végétaux surtout, dont elle est jonchée et les associations biotiques qui y sont installées.

On est réellement autorisé à parler de ruissellement de cadavres planctiques, car la population du plancton est parfois étonnamment dense. Les Copépodes, les Rotifères peuvent être à ce point abondants, qu'ils donnent à l'eau une turbidité grisâtre ou rosée. Le phytoplancton atteint souvent, dans les eaux eutrophes (dont le Put est un exemple), un développement tellement rapide et tellement exubérant, qu'il donne lieu à des « fleurs d'eau » qui attirent l'attention même du non-initié, par les troubles intenses ou les colorations voyantes qu'elles provoquent à la surface ou dans les couches plus profondes des eaux.

En peu de temps, par suite du développement inouï de certaines Oscillaires (*Oscillatoria rubescens*, *O. prolifera*) ou de certains Flagellates (*Euglena sanguinea*, *E. haematodes*, *Haematococcus pluvialis*), l'eau devient couleur de sang. Les Volvocales (*Chlamydomonas*, *Pandorina*, *Eudorina*, *Gonium*, *Volvox*) ou certaines Protococcales (*Scenedesmus*, *Pediastrum*) remplissent les mares d'un liquide vert intense. D'autres Schizophycées, appartenant habituellement aux genres *Microcystis*, *Gloeotrichia*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*, provoquent des « fleurs d'eau » d'une teinte olivâtre à glauque.

Dans ces « fleurs d'eau », le nombre des planctontes est étonnamment élevé. Aux environs de Plön, on a compté (141, p. 186) 6.10^4 cellules de *Dactylococcopsis raphidioides*, 76.10^3 filaments d'*Oscillatoria Redekii*, 7.10^5 cellules de *Dictyosphaerium Ehrenbergianum* par centimètre cube ! Le film neustique, dû à certains *Chlamydomonas* ou à certains *Chromulina*, compte respectivement 10^6 et 4.10^6 cellules par centimètre carré.

D'imposantes « fleurs d'eau » s'observent aussi dans la région de Lilloo; la périodicité de leur apparition sera étudiée ailleurs. C'est ainsi que *Hymenomonas roseola* dans la station W₃, et *Chaetoceras* sp., dans les fossés des Fortifications, prennent, à certains moments de l'année, un développement tel que le matériel adhère à la soie du filet à plancton sous la forme d'un enduit gélatineux brunâtre. En ce qui concerne le Put, ses eaux subissent, plusieurs fois par an, une intense « discolouration » par suite du développement exubérant de certains planctontes, ce qui entraîne des modifications profondes de la transparence. En juin et juillet 1938, l'eau était colorée en vert assez pur, par suite de la culmination de deux petites Volvocales : *Pyramidomonas cuneata* n. sp. et *Carteria excavata*. Pendant les mois d'août et septembre 1938, elle était nettement brunâtre, tant était grand le développement pris par quelques Flagellates bruns : *Massartia rotundata* (un Péridinien), *Pseudopedinella piriformis*, *Hymenomonas roseola*, *Calicomonas gracilis* (des Chrysomonadines). Pendant le mois d'octobre de la même année, et aussi en août 1939, il s'est produit, à la surface de la mare, une abondante « fleur d'eau » glauque, due à une série de Chroococcacées : *Dactylococcopsis irregularis*, *D. raphidioides*, *Merismopedia tenuissima*, etc. *Anabaena spiroides* s'y est signalé également, à un certain moment, par une apparition massive.

*
**

Quelles répercussions ces « fleurs d'eau » peuvent-elles avoir sur les conditions vitales du milieu ?

Tout d'abord, elles forment un véritable écran et absorbent une quantité considérable de chaleur et de lumière; la transparence de l'eau diminue fortement et empêche les végétaux d'opérer normalement la photosynthèse, du moins à une certaine profondeur; ils finissent par se localiser près des berges et par constituer une zone annulaire caractéristique; c'est ce qu'on observe parfaitement pour le Put (carte, fig. 19).

Ensuite, ces masses considérables de phytoplancton sont elles-mêmes le siège de phénomènes photosynthétiques extrêmement actifs. Elles transforment l'énergie solaire en énergie chimique; elles provoquent non seulement un enrichissement prononcé en O₂ des couches superficielles, pouvant aller jusqu'à la saturation, voire la sursaturation, mais encore une puissante absorption de CO₂, ce qui se traduit par une élévation graduelle du pH et une précipitation du carbonate de calcium.

*
**

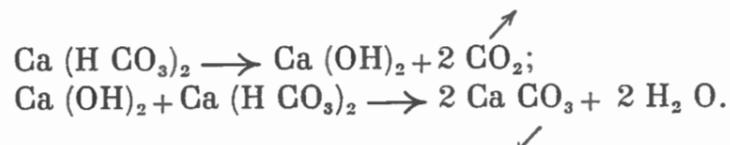
Ces imposantes « fleurs d'eau » déclinent et disparaissent, d'habitude, aussi rapidement qu'elles se sont constituées (les facteurs qui président à cette culmination sont encore fort mal connus). Cette destruction, à un rythme accéléré, produit une grande masse de cadavres, de vastes associations nécrotiques, capables de modifier les conditions vitales du biotope.

Les éléments riches en matières grasses ou pourvus de vacuoles à gaz flotteront encore pendant un certain temps à la surface des eaux et y empêcheront l'aération. Les autres cadavres participeront d'emblée au ruissellement des matières organiques à travers les diverses couches liquides, dépouillant celles-ci de l'oxygène, qui servira à la combustion lente des matériaux protéiques. Cette diminution du taux en O₂ est souvent poussée aussi loin qu'il en résulte de véritables débâcles, entraînant la mort de tous les poissons, dont les cadavres viennent constituer, dès lors, une nouvelle cause de désoxygénation. La situation est d'autant plus catastrophique que la disparition de l'oxygène s'accompagne de la mise en liberté de H₂S en quantité souvent très sérieuse, du fait des phénomènes de putréfaction anaérobie dont les déchets sont l'objet dans la région profonde.

Ces phénomènes se comprendront aisément si l'on parvient à se rendre compte de la masse de bioeston que peut abriter une mare ou un étang et de la quantité d'oxygène nécessaire à sa complète minéralisation. KOLKWITZ et NAUMANN (146, p. 187) ont calculé que tel étang peut contenir, en fait d'*Oscillatoria Agardhii*, une quantité de matière correspondant à près de 3000 kilogrammes de résidu sec par hectare. D'après SCHRÖTER (146, p. 187), le transport de tout le plancton, à l'état sec, du lac de Zurich (12.V.1896) eût nécessité un train de marchandises composé de sept wagons.

*
**

Le plancton autotrophe peut encore, concouremment avec la végétation macrophytique, opérer d'autres modifications profondes du biotope, en décomposant le bicarbonate calcique, soluble, avec précipitation de carbonate insoluble :



Il s'agit là de l'important phénomène de la décalcification biogène.

On sait depuis longtemps que, dans les eaux quelque peu riches en chaux, il se forme, à la fin de la bonne saison, une bande blanche due à la calcite, à la base des tiges des Roseaux, et que les feuilles des plantes immergées, surtout des *Elodea* et des *Potamogeton*, sont souvent complètement encroûtées de calcaire. RUTTNER (16, p. 172) a démontré expérimentalement qu'elles sont capables de décomposer le bicarbonate calcique, de le transformer en carbonate insoluble et d'utiliser le CO_2 mis en liberté en vue de la photosynthèse. Cent kilogrammes d'*Elodea* peuvent précipiter ainsi, par heure, plus de 200 gr. de chaux. HUBERT (53, p. 268) a montré que 100 gr. de la même plante font passer, en huit heures, le pH de l'eau d'un aquarium de 7,3 à 9,5.

Les phanérogames ne sont pas les seules plantes capables de décalcifier l'eau. Parmi les Algues, les *Chara* représentent un exemple vraiment classique : ils sont à ce point minéralisés, que leurs cendres (*Chara foetida*) contiennent jusqu'à 95 % de CaO ; *Vaucheria* provoque de véritables dépôts tuffiers (34); HUBERT les a signalés chez une Algue saumâtre, *Enteromorpha*. Parmi les Schizophycées, les genres *Rivularia* et *Schizothrix* sont d'actifs producteurs de tuffs calcaires; peut-être opèrent-ils en collaboration avec des Calcibactéries. Les Mousses également précipitent des quantités considérables de chaux. La chute d'eau d'Urach (Forêt Noire) offre une paroi de 40 m. de hauteur, constituée par une masse végétale complètement incrustée de calcite (16 p. 173). Parmi les Desmidiacées, les *Oocardium* constituent des amas tuffiers en forme de tuyaux d'orgue (cf. 161).

La décalcification s'opère activement dans la mare du Put : les feuilles des *Potamogeton* y sont complètement encroûtées de carbonate de calcium. Les autres plantes submergées offrent également des feuilles, des tiges, des rameaux ou des radicelles recouverts de calcite (aragonite ?). Ces organes, après la bonne saison, dépérissent et se détachent. Ainsi se produit, au fond de la cuvette du Put, une imposante sédimentation d'éléments tuffiers, épousant parfaitement la forme des organes qu'ils ont incrustés. Ces éléments calcaires sont brunâtres, par suite de leur richesse en matières organiques. L'acide chlorhydrique dilué dissout la gangue minérale et dégage le noyau végétal. Après la décomposition de ce dernier, elle devient blanche. Le dépôt de CaCO_3 est transformé lentement en sulfate, à la surface de la vase.

Les photographies A et B de la planche V montrent l'abondance, dans les dépôts du Put, de tubes provenant de brindilles ou de radicelles de la potamo-gétaie, encroûtés de calcite ou hérissés d'aiguilles d'aragonite. On peut les confondre avec les minuscules fourreaux construits par certains Diptères de la section *Tanytarsus connectens*.

A la décalcification par les végétaux se superpose la décalcification planctogène, très intense également. Parmi les Flagellates, les Coccolithophoracées, dont la cellule est flanquée d'éléments calcaires nommés coccolithes,

et représentées, dans les eaux douces et saumâtres, par *Hymenomonas roseola* (qui y prend souvent un développement inouï), modifient profondément la dureté des eaux.

Le phénomène de la décalcification planctogène a été étudié minutieusement par FEILMANN et MINDER (33) dans le lac de Zurich, où il est particulièrement intense depuis que cette eau, de la phase oligotrophe, est entrée dans la phase eutrophe. Le développement exubérant du plancton, au printemps, est accompagné d'une importante précipitation de calcite, sous la forme de cristaux que le filet à plancton recueille en masse; la transparence de l'eau, à cette époque, tombe rapidement de 6 m. à 1^m60.

Parmi les animaux décalcifiants, les Mollusques occupent une place importante.

Toutes les données concernant le phénomène de la décalcification biogène ont été réunies et envisagées sous un angle critique par PIA (104).

BB. — LA RÉGION LITTORALE.

La région littorale est celle où les conditions d'éclairage permettent l'installation des végétaux supérieurs. Leur répartition dans le Put a été étudiée plus haut.

La profondeur à laquelle descendent les macrophytes est donc liée, entre autres, à la transparence de l'eau, elle-même fonction de la composition et de la densité du plancton.

Dans les lacs alpins, cette zone littorale peut s'étendre à une profondeur de 30 m.; dans le lac de Genève, la plaque photographique ne se voile plus à 200 ou 300 m. de profondeur. Dans nos eaux eutrophes, elle ne dépasse guère 4 à 7 m.; elle est moindre encore, nous l'avons vu, dans le Put.

La transparence de l'eau du Put est très faible pendant la plus grande partie de l'année. A cette zone bien éclairée fait suite une région dysphotique, où l'élaboration chlorophyllienne ne s'opère que péniblement. Le fond, au milieu de l'étang, est peut-être même aphotique, malgré sa faible profondeur. On n'y rencontre pas de macrophytes. Seule une Algue, du genre *Vaucheria*, parvient à s'y maintenir tant bien que mal, sans jamais produire d'organes reproducteurs.

Quelles sont les conditions d'existence qui caractérisent la zone littorale ?

Le pouvoir de pénétration de la lumière n'est pas le seul facteur important. Le vent, les vagues, l'aération se font sentir dans la région littorale avec le maximum d'intensité. Nous avons déjà vu l'effet des vagues et du vent sur la configuration des berges et la composition de la flore phanérogamique qui s'y installe. Les variations de la température peuvent y être énormes et dépasser 10° au cours de la journée.

Les plantes fixées de la zone littorale, les massifs végétaux submergés offrent, aux organismes innombrables qui y trouvent refuge, nourriture ou frayères, une

surface utile énorme, dont l'étendue ne cesse d'augmenter avec le développement de la végétation. Elle abrite tout un monde d'Insectes aquatiques, — notamment des larves de Chironomides mineuses de feuilles, des larves d'Odonates, de Trichoptères, d'Éphéméroptères, — d'Isopodes, d'Amphipodes, de Crevettes (*Palaeomonetes varians*), de Mollusques (entre autres *Hydrobia jenkinsi*, qui y abonde, *Assiminea grayana*, *Limnaea ovata* et *L. truncatula*, *Succinea pfeifferi*, *Myxas glutinosa*), de Nématodes, d'Oligochètes, d'Acariens. Les Algues et les Schizophycées épiphytes y sont communes : les colonies globuleuses d'*Aphanothece*, de *Nostoc* y abondent.

Dans le grand lac de Plön on a compté, à 2 m. de profondeur, par mètre carré, 10⁵ organismes parmi la potamogéaie (79).

Ces taillis submergés, comme les fourrés de Scirpes et de Roseaux, sont les grands producteurs de matières organiques; accumulés au fond de la mare, ces imposants dépôts seront exploités, transformés, minéralisés par une foule d'autres organismes, qui les réincorporeront, sous la forme de molécules très simples, dans l'éternel cycle alimentaire. Nous nous y arrêterons encore plus loin.

Là où la phragmitaie offre une grande densité, les conditions d'éclairage, d'aération surtout, sont défectueuses, ce qui se traduit par la diminution ou la disparition des Mollusques. Les déchets végétaux, les cadavres animaux ne sont pas entraînés jusque dans la région profonde de la mare : ils s'accumulent au pied des *Phragmites* et subissent, sur place, les phénomènes de fermentation et de putréfaction, qui les transformeront en une gytta imprégnée d'hydrogène sulfuré. La vase noire, au pied de la roselière, héberge, elle aussi, tout un monde d'organismes, parmi lesquels domine *Cypria ophthalmica* (Jur.), var. *subsalsa* Redeke, Ostracode rencontré jusqu'ici seulement dans le Zuiderzee (113, vol. II, 1936, p. 99).

CC. — LE FOND.

Dans les eaux eutrophes, dont le Put est un exemple, la région profonde est très développée par rapport à la région libre, par suite de la faible profondeur de l'étang et de l'importance des sédiments.

Ceux-ci, par leur origine, leurs caractères, leurs transformations, impriment à l'étang son cachet particulier.

La nappe liquide immédiatement en contact avec la surface de la vase est épaisse de 1 dm. environ; elle constitue, à certains points de vue, un milieu à part : la température y éprouve les modifications brusques signalées plus haut; le taux en sel y est beaucoup plus élevé; celui en O₂, beaucoup plus faible que dans les autres couches liquides; on peut même y assister, en été, à la disparition complète de l'oxygène et à la formation d'importantes quantités d'hydrogène sulfuré.

On ne peut pourtant la considérer comme un milieu indépendant. L'absence de plantes assimilatrices, rend impossible l'élaboration des matières organiques à

partir de substances minérales. (Tout au plus est-elle revêtue d'un feutrage, dû à un *Vaucheria*, qui ne parvient pas à constituer des organes reproducteurs, mais qui abrite des quantités inouïes de Sulfuraires et de larves de Chironomides).

La région profonde n'est pas trophogène (constructive), tout au contraire. Les matières organiques — très riches en éléments nutritifs, comme nous le verrons — qui recouvrent la surface de la vase ou sont incorporées dans celle-ci y sont l'objet de transformations profondes qui les soumettent à une minéralisation progressive. Dans cette région se produit donc une continuelle démolition de molécules organiques : elle est tropholytique.

La comparaison du fond de la mare avec un vaste cimetière, où viennent échouer les restes des plantes et les cadavres des animaux et des planctontes, est, en réalité, boiteuse : la région profonde, en effet, est en même temps — et nous insistons sur ce point — un vaste chantier où règne une étonnante activité.

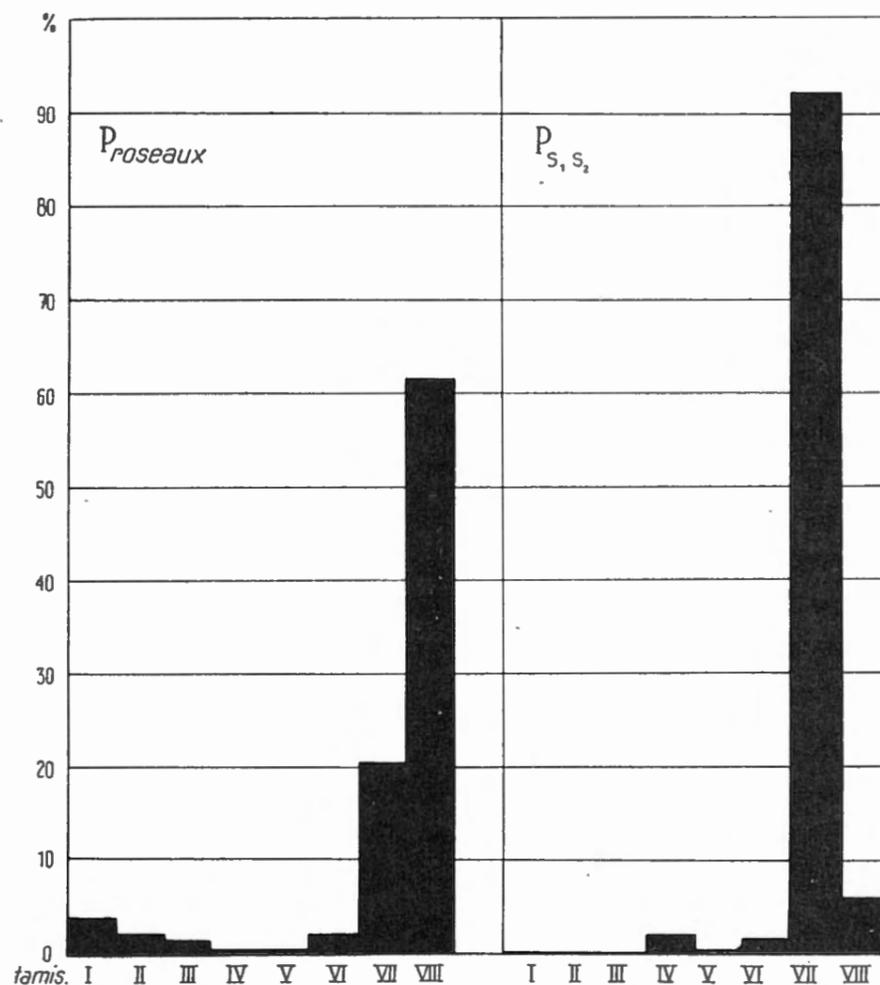


FIG. 20. — Triage mécanique de la vase.

a) EXAMEN MACROBENTHIQUE. — Les sédiments du Put se présentent sous l'aspect d'une vase meuble, onctueuse, gris-noir à noire, jonchée de débris végétaux souvent identifiables à l'œil nu (pl. V, D). Sa couleur noire est due à sa richesse en sulfures de fer (FeS et FeS_2 [hydrotroïlite]). A l'air, ceux-ci s'oxydent rapidement et la vase devient brune, par suite de la formation de limonite.

Desséchée, elle paraît grise. Traitée par HCl dilué, elle dégage toujours H₂S; d'ailleurs, la plupart du temps la vase fraîche possède déjà une odeur sulfhydrique très prononcée. Nous avons vu que l'eau fortement salée qui l'imprègne peut en contenir plus de 10 mgr. par litre.

Le triage mécanique consiste à faire passer la vase à travers une série de tamis métalliques à mailles de grandeur connue (ALLEN, 1; GILSON, 39, p. 43). La séparation du « sable fin » d'avec les particules ténues de la « vase » (« silt »), passés tous deux par le tamis n° VI, constitue une opération laborieuse et se fait par lévigation. Les huit portions ainsi obtenues sont alors examinées, puis séchées à 105° C., et leurs poids respectifs ramenés à 100. Le tableau ci-après traduit les résultats de l'analyse mécanique de deux échantillons de vase prélevés en deux points différents. Nous ne nous sommes pas arrêté aux nombreuses larves de Chironomides qui peuplent la surface des sédiments.

La vase récoltée dans le voisinage du *phragmitetum* est très riche en débris végétaux de grande taille, résistant longtemps à la décomposition, et constitués surtout de fragments de tiges de Roseaux (pl. V, D). Celle prélevée entre les Saules S₁ et S₂, à une douzaine de mètres de la berge, contient beaucoup plus d'éléments minéraux moins fins; les grands débris végétaux manquent. Les restes de la potamogéaie sont infiniment moins lignifiés et se décomposent beaucoup plus rapidement; il n'en subsiste que de petits lambeaux que seul l'examen microscopique peut parfois identifier.

Les coquillages d'*Hydrobia jenkinsi*, ainsi que les dépôts tuffiers (sous la forme de tubes et de croûtes calcaires), abondent surtout dans le voisinage de la berge poldérienne (pl. V, A). Les Ostracodes, par contre, sont extrêmement nombreux au pied du *phragmitetum*. Il suffit d'abandonner la vase, dans un cristalliseur, pendant quelque temps, pour que la surface de l'eau qui s'en sépare se charge de centaines de carapaces; elles viennent y former comme un poudroieusement grisâtre nacré. Les Ostracodes constituent l'élément dominant des dépôts sapropéliques du Put : c'est une vraie gyttja à Ostracodes (*Cypria ophthalmica*, var. *subsalsa*) (pl. IV, G).

Il y a lieu d'insister à nouveau sur les différences morphologiques — et écologiques — des deux berges, que le triage mécanique (cf. tableau) fait ressortir également.

Les eaux tranquilles de la berge Sud-Ouest, mieux protégée contre le vent, permettent la sédimentation régulière et abondante des végétaux et leur décomposition lente par les bactéries. Il s'ensuit un enrichissement considérable en vase organique, autochtone; il s'ensuit aussi une température de l'eau plus élevée en été, et un taux en O₂ plus faible, d'abord à cause de l'aération moins intense, puis à cause des fermentations plus actives qui s'y manifestent et du dégagement de H₂S. Cet état de choses a une répercussion profonde sur les organismes qui y vivent : ceux qui exigent beaucoup d'oxygène (par exemple les Mollusques) évitent cette région; ceux pour qui elle offre un attrait particulier (par exemple les Ostracodes et les Thioorganismes) peuvent y pulluler.

Le long de la berge Nord-Est, érodée par le vent et les vagues, se déposent presque exclusivement des sédiments minéraux (cf. Triage mécanique). Fouettée par les vagues, cette région offre une oxygénation intense — les Mollusques s'y installent en nombre, les organismes de la vase y sont rares — et empêche la formation de dépôts sapropéliques riches en matières organiques.

	Tamis ALLEN.		%	PRINCIPAUX CONSTITUANTS IDENTIFIABLES (après séparation des larves d'Insectes, etc.).
	Nos	Diam. des trous (mm.).		
Vase prélevée entre J et N (côté roselière).	I	15	6.65	Grands débris végétaux : tiges et rhizomes de <i>Phragmites</i> (pl. V, D).
	II	5	2.20	
	III	2 ½	1.50	Petits débris végétaux, surtout de tiges et de feuilles de <i>Phragmites</i> .
	IV	1 ½	0.50	
	V	1	0.50	Débris de plantes diverses. Brindilles encroûtées de calcaire. <i>Hydrobia jenkinsi</i> peu abondants; très nombreux Ostracodes (<i>Cypria ophthalmica</i> , var. <i>subsalsa</i>).
	VI	½	2.00	
	(VII)		20.50	Masse grise (après dessiccation), très friable, mêlée de grains de sable; minuscules débris de coquillages et d'organes végétaux.
	(VIII)		66.15	
Vase prélevée entre C et N (côté prairie poldérienne).	I	15	—	Rien.
	II	5	—	Rien.
	III	2 ½	—	Rien.
	IV	1 ½	2.00	Minuscules débris de feuilles, de rameaux et de racines. Ostracodes. Coquilles (et fragments) d' <i>Hydrobia jenkinsi</i> ; brindilles encroûtées de calcaire. Fourreaux de Chironomides (section <i>Tanytarsus connectens</i>).
	V	1	0.50	
	VI	½	1.50	Muscules débris organiques et particules minérales.
	(VII)		92.00	Masse grise (après dessiccation) très friable, minuscules grains de sable; minuscules débris de coquillages; poussière d'organes végétaux.
	(VIII)		6.00	

b) ANALYSE CHIMIQUE. — Il est indispensable de compléter l'opération du triage mécanique par quelques dosages chimiques. Voici le compte rendu de l'analyse d'une demi-douzaine d'échantillons de vase, prélevés près de la perche P :

Ces données soulignent la richesse de la vase en matières organiques. Celles-ci varient entre 22,8 et 41,7 % du résidu sec total. SELIGO (127) et WILLER (169) ont obtenu des chiffres plus élevés encore. Nous devons en conclure que ces sédiments constituent un vaste garde-manger où vont puiser une foule d'organismes. Ils représentent aussi les matières premières que l'activité des Bactéries et des organismes analogues va décomposer et réincorporer, dans le cycle économique de la mare, sous une forme directement assimilable par le phytoplancton.

Nos	H ₂ O %	Résidu sec. %	Perte à la calcination = mat. organ. %	Na Cl sur 100 gr. résidu sec.
1	71.42	28.58	30.41	0.814
2	76.81	23.19	22.82	0.727
3	80.40	19.60	38.04	1.290
4	68.78	31.22	28.90	0.579
5	92.40	7.60	37.14	0.629
6	83.92	16.08	41.76	0.765

c) EXAMEN MICROSCOPIQUE. — Son intérêt ne le cède en rien à celui de l'étude macroscopique.

Les éléments des associations pélogènes sont très variées : lambeaux de feuilles plus ou moins décomposées, fragments de tiges ou de racines de plantes aquatiques (pl. IV, B, C, D et G). Les éléments fortement chitinisés et, partant, très résistants, abondent. Ils proviennent d'Insectes et de leurs larves : morceaux d'exosquelette, pièces buccales, couronnes de crochets provenant des pseudopodes de larves de Chironomides, poils, etc. Les apports des Crustacés sont plus importants encore : les cuirasses d'Ostracodes, nous l'avons vu, sont à ce point abondantes, qu'elles donnent aux sédiments du Put le caractère de gyttja à Ostracodes.

Les éléments minéraux — argile, sable, CaCO₃, sulfure de fer — se reconnaissent facilement. La chaux se présente sous la forme de concrétions amorphes ou de cristaux de calcite ou d'aragonite. Le sulfure de fer affecte la forme, soit de flocons noirs, imprécis (pl. IV, B), soit de masses arrondies remplissant souvent les carapaces des Diatomées (pl. IV, E) ou des Ostracodes (pl. IV, D). Il parsème les apocyties des *Vaucheria* de petits grains noirs ou se dépose sous l'aspect d'une fine buée noirâtre à la surface des squelettes des *Pleurosigma*, des *Melosira* et d'autres Diatomées.

Parmi les éléments vivants :

BACTÉRIES, THIOBACTÉRIES, ORGANISMES BACTÉRIOÏDES : innombrables.

SCHIZOPHYCÉES : nombreuses. Parmi les filamenteuses, quelques formes jaune-vert (*Oscillatoria chlorina*, *limosa*, *putrida*) qui tissent leur feutrage ténu à la surface de la vase.

FLAGELLATES : assez nombreux, généralement incolores. Fait intéressant, dans la région épisapropélique du Put fourmille une minuscule Cryptomonadine d'un beau bleu : *Chroomonas vectensis*.

INFUSOIRES : très abondants. *Didinium nasutum*, *Lacrymaria olor*, *Paramecium aurelia*, *Mesodinium pulex*, *Euplotes harpa*, *Vorticella striata*, *Cothurnia innata*, etc.

FORAMINIFÈRES : assez rares. *Quinqueloculina agglutinata*, *Cornuspira involvens*, *Pulvinula repanda*, *punctulata*, etc.

THÉCAMÉBIENS : quelques-uns. *Centropyxis aculeata*, *Diffugia constricta*, *Lesquereusia* sp.

DIATOMÉES : peu de formes vivantes (*Nitzschia palea*, etc.), mais nombreuses carapaces vides, souvent embuées de sulfure de fer.

Les unes appartiennent à l'eau douce : *Tabellaria fenestrata*, *Diatoma elongatum*, *Fragillaria crotonensis*, *Synedra acus*, *Asterionella gracillima*, *Nitzschia sigmoides*, *Melosira varians*, etc.

Les autres sont des formes saumâtres ou marines : *Melosira Borreri*, *Hyalodiscus stelliger*, *Coscinodiscus excentricus*, *radiatus*, *Actinoptychus undulatus*, *Bacillaria paradoxa*, *Thalassiothrix nitzschioides*, *Surirella gemma*, *Actinocyclus Ralfsii*, *Rhaphoneis amphiceros*, *R. amphiceros* var. *rhombrica*, et de nombreuses espèces de *Pleurosigma* : *Pl. balticum*, *angulatum*, *rigidum*, *elongatum*, etc.

PROTOCOCCALES : représentées presque exclusivement par *Scenedesmus quadricauda*, qui paraît pouvoir suppléer à une élaboration chlorophyllienne insuffisante par l'alimentation diffusive; il est peu abondant.

d) QUELQUES BIOCÉNOSES. — Dans les recherches limnologiques, on se contente souvent d'étudier les échantillons prélevés dans la région pélagiale. On a l'air, ainsi, de considérer le fond de l'eau comme la limite inférieure de la mare ou de l'étang, et au delà de laquelle il n'existe plus rien d'intéressant.

Conception inadmissible, parce que l'origine des sédiments, les transformations complexes qu'ils subissent sont indissolublement liées aux conditions vitales de la mare, qu'elles contribuent, précisément, à créer. A côté des vastes associations nécrotiques, formées de cadavres d'animaux et de planctones et de débris végétaux, règne la puissante activité d'aussi vastes biocénoses. On est enclin à considérer cette région de la mare, où la lumière pénètre mal, où l'oxygène est souvent raréfié, voire absent, où se forment de sérieuses quan-

tités de produits toxiques ou délétères, — acides aminés, phénols, scatol, mercaptans, hydrogène sulfuré, méthane, — comme un domaine azoïque, c'est-à-dire dépourvu de vie. LAUTERBORN (65), KOLKWITZ et MARSSON (57, 58), ALSTERBERG (4) et d'autres ont montré qu'il n'en est rien et que ce milieu, très spécial, bien entendu, est peuplé d'organismes représentés par un assez petit nombre d'espèces, peut-être, mais par un nombre immense d'individus. Elles sont spécialement adaptées à ce milieu, et leur activité est au moins aussi remarquable que celle des planctontes. Dans ce biotope, qui élimine la plupart de leurs concurrents, elles arrivent à un développement tel que leur présence se manifeste par les colorations voyantes ou les troubles intenses qu'elles peuvent provoquer.

Nous avons déjà signalé quelques-uns des habitants du fond de la mare. Nous ne nous arrêterons pas aux rares espèces de Copépodes, de Rotifères, très peu exigeantes, qui se contentent de ce milieu, ni aux larves de *Corethra*, qui pullulent dans la zone épisapropélique et déciment les petits Crustacés, ni même aux innombrables Infusoires (auxquels WETZEL, entre autres [168], a consacré de belles recherches) qui vivent dans ces dépôts. Ils ne jouent, dans l'écologie de la mare, qu'un rôle absolument effacé.

Il en est tout autrement des Tubificides, des Chironomides, des Bactéries et des Sulfuraires.

a) Les *Tubificides* fonctionnent comme transporteurs de sédiments. ALSTERBERG (3, 4) a consacré à ces Oligochètes à sang rouge — ils sont capables de teinter en rouge de grandes étendues benthiques — de patientes recherches et a mis en lumière le rôle important qu'ils jouent au fond des eaux.

Ils vivent partiellement enfoncés, verticalement, dans la vase, à une profondeur de 3 à 6 cm. La portion libre de leur corps exécute de continuel mouvements pendulaires. Ils absorbent de grandes quantités de sédiments et en rejettent les éléments fécaux à la surface même de la vase, où fait saillie leur arrière-train. A mesure que le niveau des sédiments est rehaussé par la sédimentation, les vers remontent d'une hauteur correspondante. Ils exploitent donc successivement diverses couches nutritives, continuellement maintenus à une profondeur de 3 à 6 cm.

L'activité des Tubificides est remarquable. On l'a comparée à celle des vers de terre. Ils sont capables de puiser dans la couche nutritive, en vingt-quatre heures, une quantité de détritus dont le résidu sec vaut quatre, voire six fois leur propre poids, et de les rejeter à la surface des dépôts (4, p. 322). Au bout d'un an, ils auront fouillé et déplacé, sur une étendue d'un mètre carré, une quantité de déchets correspondant à trois kilogrammes de résidu sec.

Remuées, émiettées, aérées continuellement, grâce à l'activité des Tubificides, ces couches pourront devenir le siège des phénomènes d'oxydation qui les minéraliseront.

Disons encore que la population des Tubificides dans le weel du Put est clairsemée. Ces vers n'y jouent donc qu'un rôle de second plan.

β) Les *Chironomides*. — Les larves des Chironomides nous intéressent à plusieurs points de vue.

D'abord, elles jouent un rôle important dans l'alimentation des Poissons. Les amateurs d'aquarium, les pêcheurs les connaissent sous le nom de « vers rouges ». Les adultes se réunissent en grand nombre et exécutent des danses aériennes; ils provoquent des essaims très denses, fort désagréables, pareils à des nuages grisâtres.

Ensuite leur étude, dans le cadre de l'écologie limnologique, est d'une importance capitale. Nos connaissances de ces Diptères, grâce aux travaux d'ALM, ALSTERBERG, DECKSBACH, LENZ, LUNDBECK, NAUMANN, THIENEMANN et d'autres, ont évolué en même temps que celles de l'hydrobiologie; elles se sont mutuellement complétées et leur évolution a été rapide et étonnante. Un excellent résumé de nos connaissances a été donné par NAUMANN (94) et, tout récemment, par THIENEMANN (148), à qui je renvoie (23).

La faune des Chironomides est intimement liée aux conditions vitales des eaux dans lesquelles leurs larves se développent. Ces larves, aux exigences écologiques étonnamment variées (24), constituent très souvent des tests, des indicatrices à ce point précieuses qu'elles permettent de caractériser les divers biotopes limniques.

C'est ainsi que les larves du groupe *Tanytarsus* (140, 141) sont propres aux eaux du type oligotrophe (= « subalpin »), bien aérées, mais pauvres en éléments nutritifs et en plancton, et dont les sédiments, peu riches en matières organiques, ne forment point une gyttja. Les larves du genre *Chironomus*, par

(23) En une vingtaine d'années, le nombre des Chironomides décrits pour la France a atteint celui connu précédemment pour le monde entier.

La connaissance des larves et des pupes a fait des progrès plus rapides encore. En 1908, les métamorphoses complètes n'étaient connues que chez 4 à 5 % de Chironomides; en 1933-1936, elle l'était chez 25 % des Cératopogonides et chez 54 % des Tanypodinés.

Les recherches de HUMPHRIES sur un lac de la région de Plön ont amené la découverte de plus de 100 espèces nouvelles de Chironomides, et THIENEMANN (143) évalue à 2000 le nombre des espèces paléarctiques.

(24) On les trouve dans les milieux les plus variés, les plus inattendus. Certaines vivent sur les glaciers, d'autres, dans les sources chaudes; les unes se rencontrent dans les eaux neutres ou alcalines, alors que d'autres se développent dans les eaux très acides (pH=2.85) des solfatares; celles-ci se complaisent dans les microbiotopes éphémères, comme l'aisselle des feuilles des plantes (tropicales) ou le creux des pierres; celles-là, dans les eaux à courant rapide; celles-là, enfin, dans les eaux tranquilles, où elles mènent une existence de mineuses de plantes aquatiques ou d'exploratrices infatigables des sédiments vaseux. A côté de formes halo-indifférentes — des larves de *Tendipes* supportent le passage de l'eau salée à 55 gr. de sel ‰ dans l'eau douce — on rencontre des formes exclusivement marines — *Clunio marinus* des jetées et des brise-lames de notre côte — et d'autres, caractéristiques de l'eau saumâtre (cf. 148).

contre, préfèrent les eaux du type eutrophique, où le plancton est abondant, où se forment d'importants sédiments sapropéliques au-dessus desquels l'eau est très pauvre en oxygène, mais imprégnée de H₂S. On peut donc, biologiquement, parler de mares à *Chironomus*, par opposition aux mares à *Tanypus* ⁽²⁵⁾.

*
**

La mare du Put héberge des Chironomides divers et variés (pl. V, E) dont l'étude détaillée (étude des larves, des pupes, des imagos obtenus par élevage) serait du plus haut intérêt. Déjà l'examen rapide de quelques récoltes (II-III.1939) de larves — elles ne permettent généralement que la détermination des groupes, rarement celles des espèces — a montré la présence, dans le petit weel de Lilloo, des formes suivantes :

Chironomus sp., groupe *halophilus*;
Chironomus sp., groupe *plumosus*;
Chironomus sp., groupe *Thummi*;
Glyptotendipes sp.;
Glyptotendipes sp., probablement *Gl. barbipes* Staeg.;
Phytochironomus sp.;
Paratanytarsus sp.;
Eucricotopus sp.;
Psectrocladius sp.

Il s'agit là d'un ensemble de Chironomides à mœurs très différentes.

Les *Glyptotendipes barbipes* vivent aussi bien dans l'eau douce que dans l'eau saumâtre; ce sont de grands mangeurs de plancton; dans l'eau douce, ils minent les feuilles et les tiges des plantes aquatiques (*Potamogeton*, par exemple); dans l'eau saumâtre, ils paraissent ne pas quitter la vase. Les *Eucricotopus* (parmi lesquels on compte de véritables hyphalmyrobiontes) vivent libres ou dans des fourreaux. Les *Psectrocladius* construisent des galeries soyeuses parmi les Algues; les représentants du genre *Paratanytarsus* édifient des galeries cylindriques ou (section *P. connectens*) de minuscules fourreaux ressemblant à ceux de certains Trichoptères; un examen superficiel peut les confondre avec les brindilles encroûtées de calcaire (pl. V, A) qui abondent au fond de l'eau. Ajoutons à cela des *Chironomus* du groupe *halophilus*, particulier aux eaux saumâtres, et d'autres, du groupe *Thummi*, halo-indifférents, caractéristiques des eaux polluées et actifs minéralisateurs de la vase.

*
**

Arrêtons-nous à ces Chironomides des zones polysaprobe et mésosaprobe. On les trouve par milliers à la surface de la vase du Put. Ils y forment des

⁽²⁵⁾ Nous passons sous silence les eaux dystrophes, riches en matières humiques.

taches d'un beau rouge, qui disparaissent aussitôt que le substrat est remué. Ils ne pénètrent qu'à un ou deux centimètres dans celui-ci. Ils y vivent recourbées en arc, dans une sorte de boyau dont les deux extrémités se prolongent habituellement au-dessus de la vase, en un petit cratère ou une petite cheminée. Leur corps porte de curieux appendices (abdominaux et anaux) qui font office de branchies; il dépasse l'un des orifices; il est animé de continuels mouvements rythmiques, qui provoquent le renouvellement de l'eau.

L'activité de ces larves s'exerce de deux manières bien différentes.

Elles absorbent de grandes quantités de cadavres planctiques et retardent ainsi la sédimentation. D'autre part, elles transforment les sédiments, dont elles font également une énorme consommation. Leur intestin est toujours bourré de vase, qui, après digestion, est rejetée à l'autre bout du corps. Ainsi les larves de *Chironomus* concentrent les dépôts, leur donnent leur caractère coprogène et transforment l'ä f j a — sorte de gyttja *in statu nascendi*, non mûrie — en une gyttja définitive et caractéristique.

γ) *Les Destructeurs de Sédiments et les Producteurs de H₂S.* — La surface et les profondeurs de la vase constituent le règne des Bactéries, des organismes bactéroïdes et des Sulfuraires.

Ils y arrivent souvent à un développement tel — la vase contient communément plus d'un million de Bactéries par centimètre cube — qu'ils produisent des troubles, des nuages ou des enduits blanchâtres, jaune verdâtre ou rouges.

En réalité, la vase offre une microstratification plus ou moins nette, suivant les éléments qu'elle contient et, surtout, suivant les phénomènes — d'oxydation ou de réduction — dont elle est le siège (103). La couche superficielle, remuée, plus ou moins aérée par les Tubificides, les Chironomides, les Ostracodes, constitue un biotope autonome, saprogène, qui n'a qu'une faible épaisseur. C'est là que les matières organiques sont transformées finalement en H₂S, NH₃, nitrates, nitrites, sels d'ammonium, phosphates.

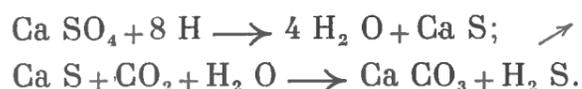
Dans les couches sous-jacentes, là où les phénomènes d'oxydation sont incomplets ou impossibles, les transformations des sédiments s'arrêtent aux produits intermédiaires (généralement malodorants ou toxiques pour les Poissons) dont il a été question plus haut.

Il n'y a pas lieu, ici, de s'arrêter aux cycles des divers éléments biogènes. Le sujet a été clairement exposé par divers auteurs, entre autres par NAUMANN (93) et BAAS-BECKING (6). Nous ne nous attarderons qu'aux organismes producteurs ou transformateurs de H₂S, pour l'étude desquels la mare du Put constitue un milieu très favorable (cf. BAVENDAMM [8]).

*
**

Une partie seulement de l'hydrogène sulfuré tire son origine de la putréfaction des substances protéiques. Des quantités très importantes en sont fournies

par la réduction des sulfites, des hyposulfites et, surtout, des sulfates (de l'eau et de la vase) sous l'action de certaines bactéries anaérobies hétérotrophes (*Microspira desulfuricans* Beyer, *M. aestuarii* Van Delden) :

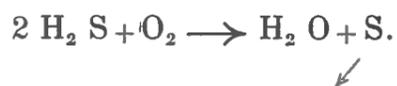


Par sa richesse en sulfates, la mare du Put offre des conditions d'existence très favorables à ces réducteurs, qui y produisent, nous l'avons vu, des quantités considérables de H₂S.

Ce gaz devient le centre d'une imposante activité bactérienne et le cycle du Soufre est l'un des plus complexes, en même temps que l'un des plus importants qui soient (cf. 6, 8).

Tout d'abord, cet H₂S est le point de départ de la formation de sulfure de fer, auquel est due la couleur noirâtre de la vase. Ce sulfure de fer s'oxyde rapidement : il suffit d'appliquer une lame de verre sur la vase noire (contenue dans une boîte de Pétri); tout autour de la lame, la vase devient rapidement brune, par suite de la formation de limonite.

L'hydrogène sulfuré peut également servir directement comme source d'énergie au groupe, extrêmement bien représenté dans la mare de Lilloo, des Sulfuraires ou Thiobactéries. Les Thiobactéries aérobies l'oxydent et le soufre mis en liberté s'accumule dans leurs cellules, sous la forme de grains brillants, réfringents, rougeâtres :



Mais cette oxydation peut aller plus loin encore, suivant la réaction



et donner lieu à des sulfates, grâce aux carbonates et aux bicarbonates en présence.

Ces sulfates peuvent être transformés par les bactéries réductrices, tandis que CO₂, mis en liberté, servira à l'assimilation chromophyllienne des Thiobactéries autotrophes. Ayant besoin de lumière, ces dernières pénètrent parfois jusqu'à la surface de l'eau et y provoquent la formation de « fleurs d'eau ».

Beggiatoa, *Thiothrix*, en présence de beaucoup de H₂S et de O₂, parviennent à bourrer leurs cellules de granulations de soufre. H₂S vient-il à manquer, ils sont obligés de faire appel aux provisions accumulées et de vider petit à petit leur garde-manger : $2 \text{ S} + 3 \text{ O}_2 + 2 \text{ H}_2 \text{ O} \longrightarrow 2 \text{ H}_2 \text{ SO}_4$. Ils passent à l'état de vie latente, dépérissent et meurent, si l'apport en H₂S et en O₂ ne se produit pas à temps.

Innombrables et variées sont les exigences de ces organismes. Les uns sont parfaitement anaérobies, d'autres ne peuvent vivre qu'en présence d'un certain taux en O_2 et meurent si ce taux s'écarte trop, en plus comme en moins, de l'optimum auquel ils sont adaptés. Les Leucothiobactéries se contentent de peu de H_2S , alors que les Rhodothiobactéries (Sulfuraires pourpres) ne prospèrent que dans un milieu riche en ce gaz. Il en est qui, nous l'avons vu, pourvus de véritables chromophylles, sont capables d'opérer la photosynthèse. Ils doivent pouvoir utiliser, à cet effet, la lumière complémentaire que leur transmet l'écran formé par le feutre des *Vaucheria*.

Dans la mare du Put, les *Beggiatoa* forment des enduits blancs dans diverses régions des sédiments. *Chromatium Okenii*, *Chr. vinosum*, *Lamprocystis roseopersicina*, très communs également, constituent des amas rouges : nuages au sein de l'eau, enduits sur les feuilles des plantes immergées, grandes taches parmi les *Vaucheria* tapissant la vase.

La plupart de ces formes sont halo-indifférentes. Toutes se caractérisent par une saprophilie prononcée.

3. RÉSUMÉ.

La mare du Put présente les caractères des eaux du type eutrophe.

Elle est peu profonde et très peu transparente. Elle est très riche en électrolytes, surtout en chlorures et en sulfates. La décalcification biogène s'y opère activement. Le pH varie de 7,27 à 7,72.

La région trophogène héberge un plancton assez peu riche en espèces; mais celles-ci sont représentées habituellement par un nombre tellement élevé d'individus, qu'il en résulte une forte coloration de l'eau. Celle-ci varie du jaune brunâtre au verdâtre, en passant par une teinte olivâtre ou même glauque.

La masse de l'eau de la région tropholytique est très peu développée par rapport à celle de la région trophogène. Elle est très salée, plus ou moins imprégnée de H_2S ; le taux en O_2 y est faible ou même nul en été, tandis que celui en H_2S peut s'élever à 10 mgr. par litre; le pH y oscille entre 7,16 et 7,40.

Les détritiques autochtones — litorigènes et pelagènes — viennent constituer, au fond de la mare, des sédiments sapropéliques à la surface et dans la profondeur desquels Chironomides, Tubificides, Bactéries, Thiobactéries, Infusoires, Flagellates hétérotrophes déploient une grande activité. Ils constituent une gyttja noire, riche en sulfure de fer et en matières organiques, où dominent les restes d'Ostracodes (*Cypria ophthalmica*, var. *subsalsa*).

Mais au caractère d'eau eutrophe se superpose celui de mare saumâtre.

Au point de vue de la salinité, elle constitue un milieu α -mésohalin; l'amplitude des variations mensuelles y est plus faible qu'ailleurs. Elle ne devient oligohaline, passagèrement, qu'à la fin de l'hiver, à la suite des inondations;

le taux des chlorures peut alors devenir inférieur à 1 gr. de Na Cl par litre, alors que la salinité moyenne annuelle (établie sur les analyses hebdomadaires) est de 4^{sr}3 Na Cl ‰, et la valeur maximum 7^{sr}9 Na Cl ‰. Cette salinité correspond à celle de la région de la Baltique s'étendant des golfes de Botnie et de Finlande jusqu'à l'Ouest de la baie de Danzig.

*
* *

La Faune qui peuple la mare du Put fera l'objet de publications ultérieures.

Dès à présent nous pouvons signaler qu'elle compte, à côté d'organismes dulcicoles ou halo-indifférents, diverses espèces plus ou moins nettement halophiles parmi les Poissons, les Gastropodes, les Coelentérés, les Diatomées, les Chironomides. Parmi les Flagellates, quelques formes marines ou, du moins, polyhalinès.

III. — LA MARE DU « ROTTEGAT »

Le Rottegat est une mare minuscule, voisine du Put (avec lequel elle ne communique pas directement) et entourée d'une ceinture épaisse, ininterrompue, de Roseaux (pl. III, A). L'anneau de *Phragmites* se resserre graduellement, tandis que le développement exubérant des plantes submergées — *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Batrachium divaricatum*, *Potamogeton lucens*, *P. pectinatus*, *P. trichoides*, *Zannichellia palustris*, var. *pedicellata* — y crée des taillis impénétrables. Aussi les détritiques végétaux sont-ils à ce point abondants que le fond (constitué par une assise de vase sapropélique noire, molle, imprégnée de H₂S, et épaisse de 2 à 3 m.) se rehausse d'année en année. Les fermentations tumultueuses dont elle est le siège a valu à la mare la dénomination expressive de « Rottegat ». Le taux en H₂S dans les couches superficielles de la vase peut atteindre, comme le montrent les quelques rares dosages que j'ai faits, une valeur élevée :

15.VI.1938	9,2 milligr./litre H ₂ S;
17.VIII.1938	12,4 milligr./litre H ₂ S;
19.X.1938	6,3 milligr./litre H ₂ S.

Le Rottegat a atteint un degré de transformation, due aux phénomènes de « Verlandung » et de « Verkrautung », beaucoup plus avancé que le Put. Ce n'est déjà plus une mare, mais une mare marécageuse, dont la masse liquide, négligeable par rapport à celle des sédiments, se réduit d'année en année; la profondeur de l'eau atteint à peine un mètre. Dans un proche avenir, le Rottegat ne sera plus qu'un marécage.

Les conditions vitales qui règnent dans un tel milieu sont à peu près celles de la zone littorale des mares proprement dites. La lumière pénètre jusqu'au fond et son intensité n'est réduite que par les massifs phanérogamiques submergés; en été, la température de l'eau peut facilement dépasser celle de l'air ambiant. Les fluctuations journalières de la température s'y font sentir intensément et la faible masse liquide se refroidit aussi vite qu'elle ne s'échauffe. Resserrée dans une ceinture de Roseaux, elle est soustraite à l'action des vagues. La décalcification biogène y est intense. Les couches supérieures sont riches en oxygène, alors que la vase, en été, est fortement imprégnée d'hydrogène sulfuré. Elle abrite de grandes quantités de larves de Chironomides et une foule d'organismes endosapropéliques.

Le plancton du Rottegat est différent de celui du Put. Il est plus riche en Copépodes et surtout en Schizophycées non filamenteuses (Chroococcacées). Leur

développement est parfois tel qu'il en résulte une coloration glauque et une forte turbidité de l'eau. Parmi les Flagellates, les formes incolores, à alimentation vacuolaire ou diffuse, prennent le dessus, alors que le nombre des Péridiniens est réduit. Parmi les Flagellates autotrophes domine *Euglena viridis* et des Cryptomonadines bleues minuscules.

*
**

Nous avons prélevé dans le Rottegat, toutes les semaines, des échantillons d'eau moyens, c'est-à-dire comprenant les diverses couches liquides, depuis la surface jusqu'au contact du fond. Nous avons, en outre, de temps à autre, récolté des échantillons de vase, à une profondeur variant de 60 à 80 cm.

Les variations saisonnières de la salinité sont exprimées par le tableau de la page 69, et traduites par les graphiques des figures 12 et 21.

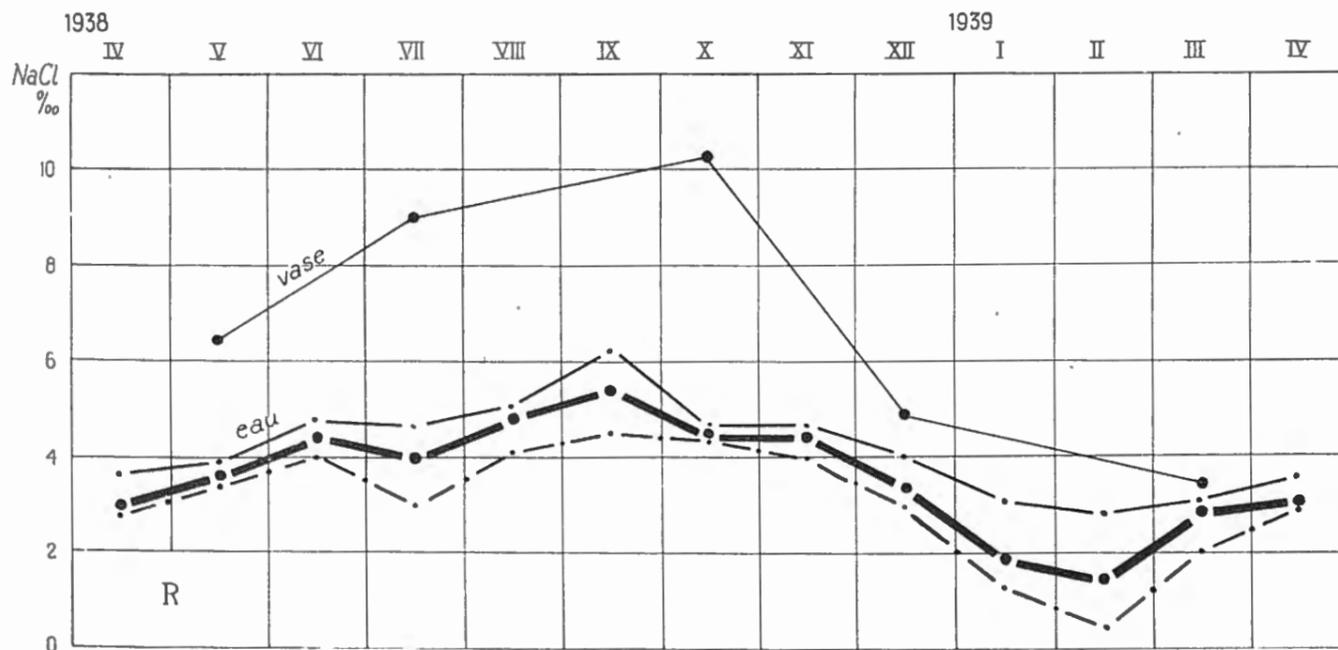


FIG. 21. — Variation saisonnière de la salinité (Rottegat).

La courbe de la salinité de l'eau, envisagée toutes les semaines, est assez irrégulière, à peu près comme celle du Put. Si on lui oppose celle des précipitations, on remarque que de temps à autre les deux courbes sont parfaitement symétriques l'une à l'autre, traduisant ainsi que, à la suite des pluies, la salinité diminue.

Mais cette relation n'est pas aussi simple, aussi directe, répétons-le, qu'on pourrait le croire. L'action purement mécanique du vent et des averses intervient en sens contraire, en jouant le rôle d'une cuiller dans un verre d'eau sucrée : elle remue le fond vaseux, riche en sel, et augmente ainsi la concentration de l'eau en électrolytes.

La courbe fournie par les salinités mensuelles moyennes (fig. 28), dont les valeurs numériques sont données dans le tableau ci-dessous, a, par contre, une

allure beaucoup plus régulière, tout en offrant encore plusieurs sommets au cours de l'année. Elle diffère en cela de celles du Put et des Fortifications, qui n'ont qu'un point culminant unique.

La salinité minimum de l'eau (0^{gr}47 Na Cl) a été observée au mois de février; la salinité maximum (6^{gr}21) au mois de septembre. L'amplitude des variations mensuelles de la salinité s'étend de 0^{gr}31 Na Cl (V.1938) à 2^{gr}31 (II.1939). Les variations les plus sensibles se produisent de juillet à décembre et en janvier et février.

La salinité moyenne annuelle a été de 3^{gr}6 Na Cl par litre; elle est inférieure à la valeur correspondante (4^{gr}3 Na Cl ‰) du Put.

*
**

Nous n'avons effectué que cinq prélèvements de vase profonde au cours de nos explorations.

Le dosage de la salinité montre (fig. 21) que la vase est beaucoup plus riche en électrolytes que le liquide, mais qu'elle subit à peu près les mêmes variations saisonnières.

Mois.	Salinité de l'eau (en gr. Na Cl par litre).				Salinité du liquide imprégnant la vase.
	Moyenne.	Maximum.	Minimum.	Différence.	
1938 : IV . . .	3.08	3.75	2.75	1.00	—
V . . .	3.70	3.86	3.55	0.31	6.42
VI . . .	4.36	4.76	3.97	0.79	—
VII . . .	4.00	4.61	3.03	1.58	8.93
VIII . . .	4.83	5.56	4.09	1.47	—
IX . . .	5.40	6.21	4.55	1.66	—
X . . .	4.33	4.35	4.32	0.03	10.21
XI . . .	4.45	4.61	4.09	0.52	—
XII . . .	3.54	4.04	3.04	1.00	5.78
1939 : I . . .	1.89	3.07	1.46	1.61	—
II . . .	1.57	2.78	0.47	2.31	3.45
III . . .	2.74	3.16	2.05	1.01	—
IV . . .	3.19	3.56	2.92	0.64	—
Moyennes . . .	3.6	4.2	3.0	1.2	6.9

IV. — LE « WATERGANG »

Le Watergang (fig. 2) est un fossé collecteur, parallèle au Ringdijk; il alimente le Hollandsch Gat.

Il comprend deux portions, de largeur très inégale. La première commence aux vannes de la station W_1 (pl. I, G, H), longe la prairie marécageuse du Put (station W_2 ; pl. II, A, B) et la berge sud du Gat; cette partie est large d'environ 6 m. Au delà des mares du Hollandsch Gat, le Watergang se transforme en un fossé étroit (station W_3), qui, un peu plus loin encore, s'infléchit à angle droit, pour longer le Zeedjik; il est très riche en végétaux aquatiques (*Zannichellia*, *Potamogeton trichoides*, etc.).

Mois.	W_1				W_2				W_3			
	Moy.	Max.	Min.	Différ. entre max et min.	Moy.	Max.	Min.	Différ. entre max. et min.	Moy.	Max.	Min.	Différ. entre max. et min.
1938 : IV . . .	—	—	—	—	4.20	5.43	2.95	2.48	—	—	—	—
V . . .	—	—	—	—	3.15	4.60	2.10	2.50	—	—	—	—
VI . . .	7.00	11.51	3.65	7.81	4.70	8.54	2.90	5.64	3.87	5.37	3.44	1.93
VII . . .	7.96	12.48	0.82	11.22	5.00	8.24	2.10	6.14	4.82	5.50	4.35	1.15
VIII . . .	8.55	10.50	5.37	5.13	7.33	10.64	5.44	5.20	6.25	7.00	5.84	1.16
IX . . .	9.55	13.44	5.72	7.72	10.26	11.28	8.87	2.41	8.26	9.47	7.47	2.00
X . . .	10.70	14.38	7.13	7.25	6.90	9.80	2.40	7.40	7.20	8.04	6.37	1.67
XI . . .	4.83	11.69	1.17	10.52	5.20	9.80	1.20	8.60	5.64	8.12	2.04	6.08
XII . . .	4.47	5.17	3.68	1.49	3.70	4.44	2.94	1.50	4.67	4.97	4.55	0.42
1939 : I . . .	0.78	1.40	0.47	0.93	1.36	1.67	0.70	0.97	2.07	2.66	1.50	1.15
II . . .	0.89	2.22	0.26	1.96	1.08	1.64	0.64	1.00	1.83	2.31	1.30	1.01
III . . .	0.75	1.72	0.44	1.30	1.00	2.37	0.40	1.97	2.12	3.10	1.93	1.17
IV . . .	1.02	1.46	0.46	1.00	1.06	1.87	1.20	0.67	2.20	2.69	1.96	0.73
Moyennes . . .	5.22			5.17	4.32			3.79	4.44			1.68

Les stations W_1 , W_2 et W_3 ont été visitées toutes les semaines, en vue de l'étude des variations de la salinité. Des prélèvements hebdomadaires de plancton ont, en outre, été faits dans les stations W_2 et W_3 .

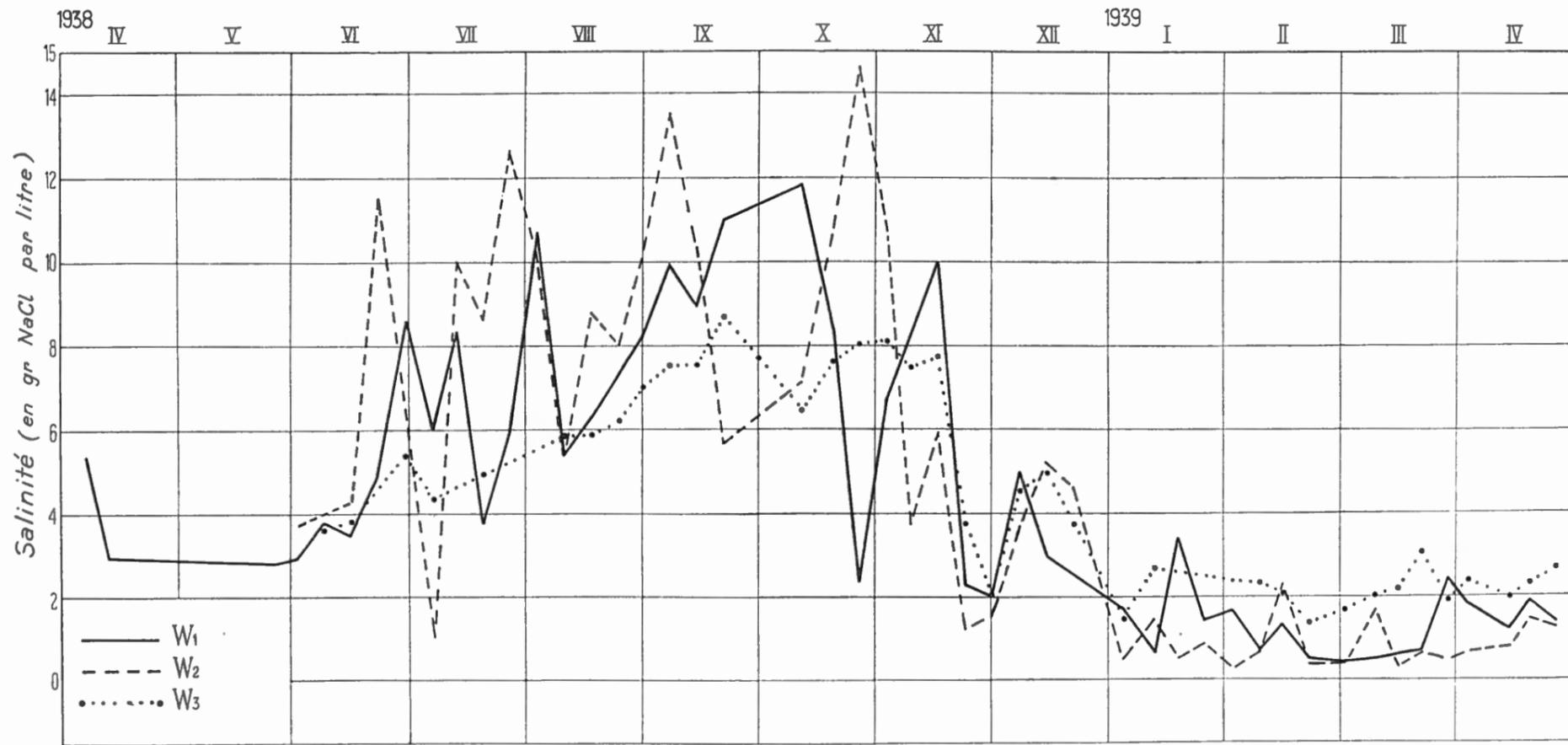


FIG. 22. — Variations hebdomadaires de la salinité du Watergang aux stations W₁, W₂ et W₃.

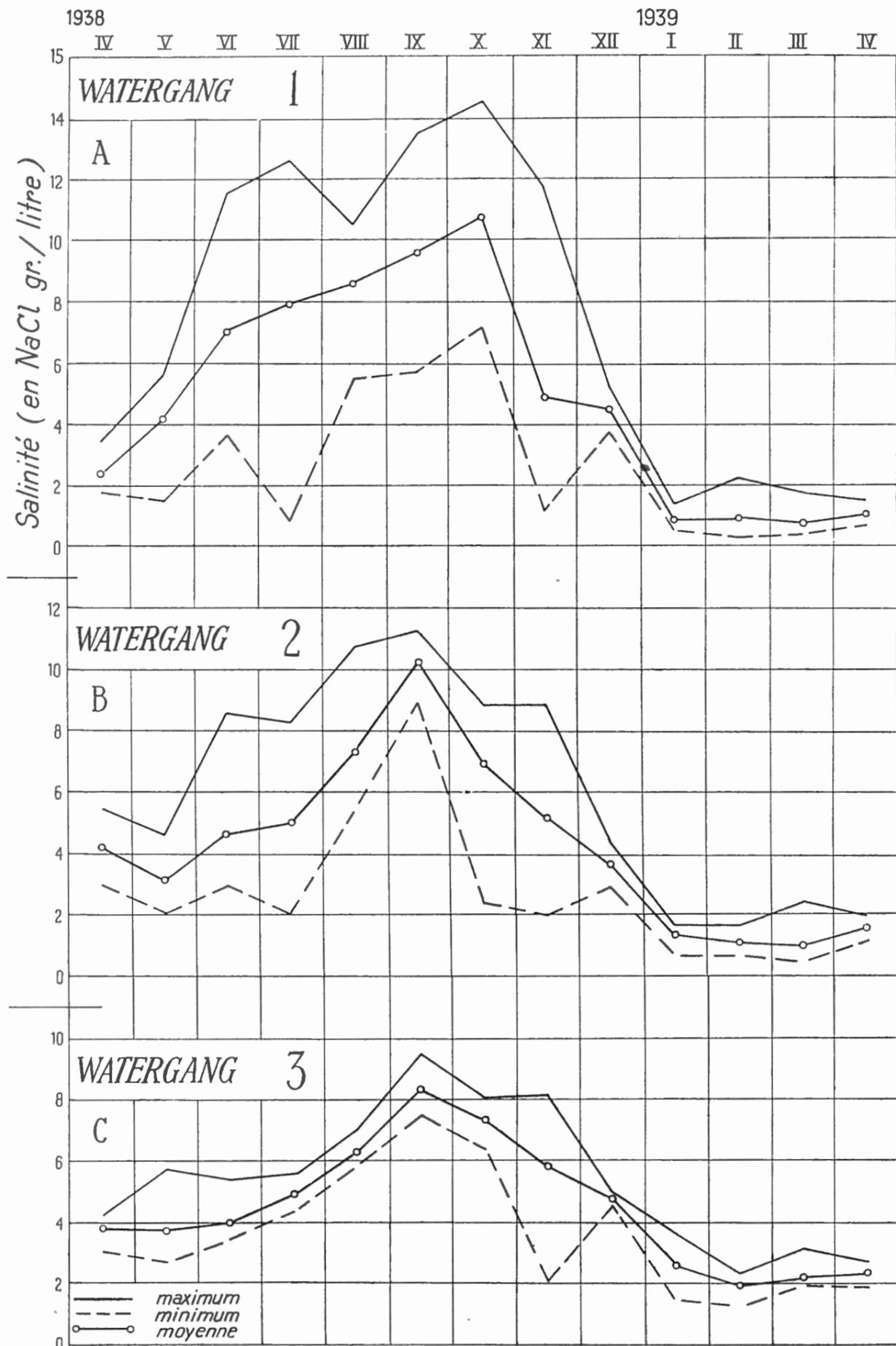


FIG. 23. — Variations saisonnières de la salinité du Watergang, aux stations W_1 , W_2 et W_3 (valeurs moyennes mensuelles).

Les courbes de salinité de ces trois stations, établies d'après les prélèvements hebdomadaires (fig. 22), montrent, avec une grande clarté, les variations étonnantes qu'y subit la concentration en électrolytes. Ces courbes sont mouvementées, zigzagées, s'interpénètrent et offrent des pulsations curieuses.

Bien plus régulières, mais aussi beaucoup moins éloquents, sont celles établies d'après la valeur moyenne mensuelle de la salinité (fig. 23).

La salinité maximum tombe en septembre pour W_2 et W_3 , en octobre pour W_1 . Les valeurs minima sont atteintes au printemps. L'écart le plus important entre le minimum mensuel de la salinité et le maximum se situe en novembre, aussi bien en W_1 qu'en W_2 et W_3 .

Comparons la salinité moyenne annuelle de ces trois stations. Nous remarquons qu'elle est la plus élevée en W_1 (5,22), station la plus rapprochée du fleuve; l'amplitude des variations y atteint la valeur très élevée de 5^{re}17 NaCl ‰. Dans les deux autres stations, la concentration en électrolytes, envisagée sur toute l'année, est sensiblement la même (4,32 et 4,44); mais, alors que l'amplitude des variations annuelles est de 3^{re}79 NaCl ‰ en W_2 , elle n'est plus que de 1^{re}68 en W_3 .

Une comparaison des courbes de salinité du Watergang avec celles du Put et des fossés des Fortifications (fig. 28) montre que ces dernières sont régulières, traduisant une augmentation progressive et lente de la salinité jusqu'en octobre-novembre, suivie d'une diminution graduelle plus rapide en hiver, alors que les changements subis par la salinité en W_1 , W_2 et W_3 sont non seulement irréguliers, mais bien plus rapides; d'ailleurs, les valeurs en NaCl ‰ supérieures à 6 gr. ne s'observent qu'en août, septembre et octobre pour W_2 et W_3 . La période de forte salinité est plus longue pour W_1 .

W_1 appartient, au cours de l'année, aux régimes oligohalin, α - et β -mésohalin; W_2 est surtout α -mésohalin; W_3 enfin, la moins variable de ces stations, est entièrement α -mésohaline.

*
**

La différence de salinité entre W_3 et W_2 a sa répercussion sur la faune protistologique de ces deux stations. Certaines formes, comme *Pseudopedinella piriformis* et *Massartia rotundata*, extrêmement communes en W_2 , deviennent rares en W_3 , où des espèces comme *Noctiluca miliaris*, *Oxyrrhis marina* font complètement défaut. Par contre, en W_3 , signalons le développement inouï qu'y peut atteindre *Hymenomonas roseola*, et l'apparition de formes peu halophiles, comme *Lepocinclis* et *Trachelomonas*, ou même halophobes, comme *Peridinium cinctum*.

V. — LES FOSSÉS DE L'ANCIEN FORT

En forme de fer à cheval, les fossés des anciennes Fortifications entourent le hameau de Lilloo-Fort, ne laissant dégagée que la portion orientée vers le port. Par leur portion sud — elle est en grande partie envahie par les Roseaux et se transforme rapidement en marécage — ils peuvent être mis en communication, au moyen de vannes, avec l'Escaut ou avec le port (fig. 2).

Nous avons exploré le fossé orienté vers le Nord. Les égouts du village s'y déversent à une de ses extrémités et y déterminent une zone fortement polluée.

*

**

L'eau du Fort offre, durant presque toute l'année, une teinte jaune brunâtre parfois un peu olivâtre, et une turbidité plus ou moins prononcée. Elle n'est limpide et à peu près incolore que pendant une partie de l'hiver, faits que traduisent le tableau ci-après et le graphique de la figure 24. Cette « discolouration » est due

Mois.	Quantité de plancton (en cm ³ par m ³)	Transparence (en cm.; SNELLEN)
1938 : III-30. . .	20	18
IV-20. . .	130	3
V- 3. . .	10	26
VI- 1. . .	68	9
22. . .	15	20
VIII-10. . .	10	25
IX-14. . .	30	17
X-19. . .	5	30
XI-16. . .	5	31
XII- 7. . .	5	29
21. . .	3	38
1939 : I-12. . .	3	40
II-22. . .	50	11
III-15. . .	20	13
IV-12. . .	60	11
30. . .	15	21

à la culmination de certaines Diatomées (*Chaetoceras cerastosporum*, *Skeletonema costatum*, *Nitzschia longissima* fa. *closterium*, *Bacillaria paradoxa*, etc.) ou de certains Flagellates (*Massartia rotundata*, *Peridinium heterocapsa*, *Pseudopedinella piriformis*, *Pyrodinium phoneus*, etc.)

Envisageons, à présent, les variations subies par la salinité, établies d'après nos prélèvements hebdomadaires (fig. 25) :

Mois.	Salinité de l'eau (en gr. Na Cl par litre).			
	Moyenne.	Maximum.	Minimum.	Différence.
1938 : III . . .	(3.02) ⁽²⁶⁾	—	—	—
IV . . .	3.71	3.94	3.62	0.32
V . . .	5.93	6.70	5.20	1.50
VI . . .	8.00	9.46	6.71	2.75
VII . . .	9.40	10.20	8.77	1.43
VIII . . .	10.90	11.60	10.52	1.08
IX . . .	12.60	13.25	12.22	1.03
X . . .	13.30	13.44	13.19	0.25
XI . . .	12.92	13.67	11.20	2.47
XII . . .	11.31	12.16	10.44	1.72
1939 : I . . .	7.89	9.94	6.52	3.42
II . . .	3.72	4.53	2.16	2.37
III . . .	3.82	4.27	3.13	1.14
IV . . .	3.02	3.22	2.92	0.30
Moyennes . . .	8.1	8.9	7.3	1.6

La salinité offre une valeur minimum en février, mars, avril, s'élève progressivement et atteint une valeur à peu près triple en octobre. Celle-ci décroît sensiblement en janvier. A la fin de ce mois, elle subit une chute brusque de plus de 4 gr. de sel par litre.

Pendant une partie de l'hiver et pendant tout le printemps, les eaux du Fort appartiennent au type α -mésohalin; le reste de l'année, elles sont β -mésohalines.

Si on les compare à celles du Put, on constate les faits suivants :

- 1° La salinité moyenne de l'année y est presque double de celle du Put;
- 2° Dans les deux stations, elle atteint son minimum au début du printemps et son maximum en octobre et novembre.

*
**

De toutes les stations explorées par nous, les fossés des anciennes Fortifications sont ceux dont la salinité est la plus élevée. Son eau, pendant toute l'année, est réellement saumâtre, au sens propre du mot, c'est-à-dire située uniquement dans les régions α - et β -mésohalines du halo-spectre. Sa salinité correspond à celle de la région de la Baltique qui s'étend des golfes de Finlande et de Botnie jusqu'à la baie de Kiel.

Son plancton, d'ailleurs, est fort différent de celui récolté ailleurs dans la région. Le caractère « marin » y est beaucoup plus accentué. Ils constituent la

(26) Un seul prélèvement.

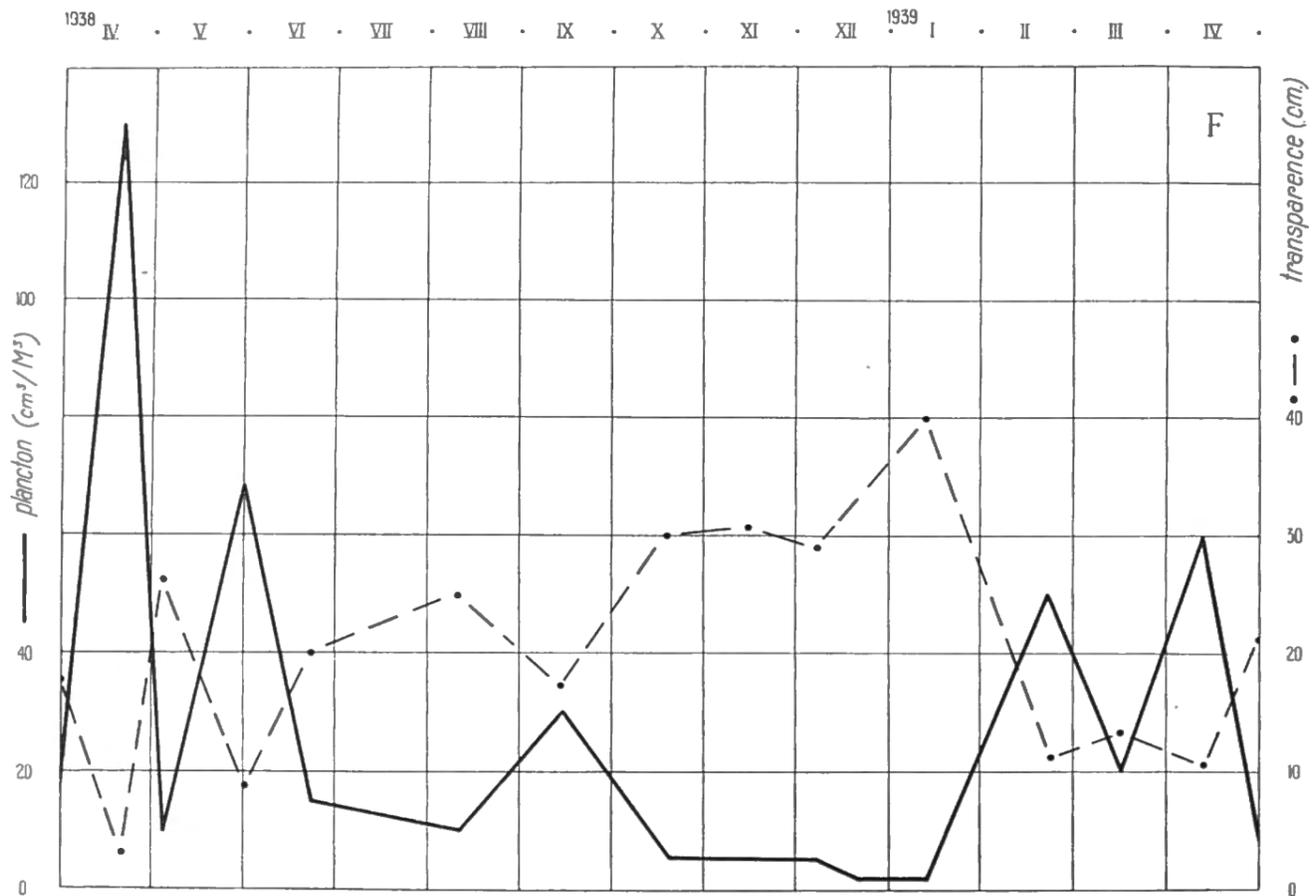
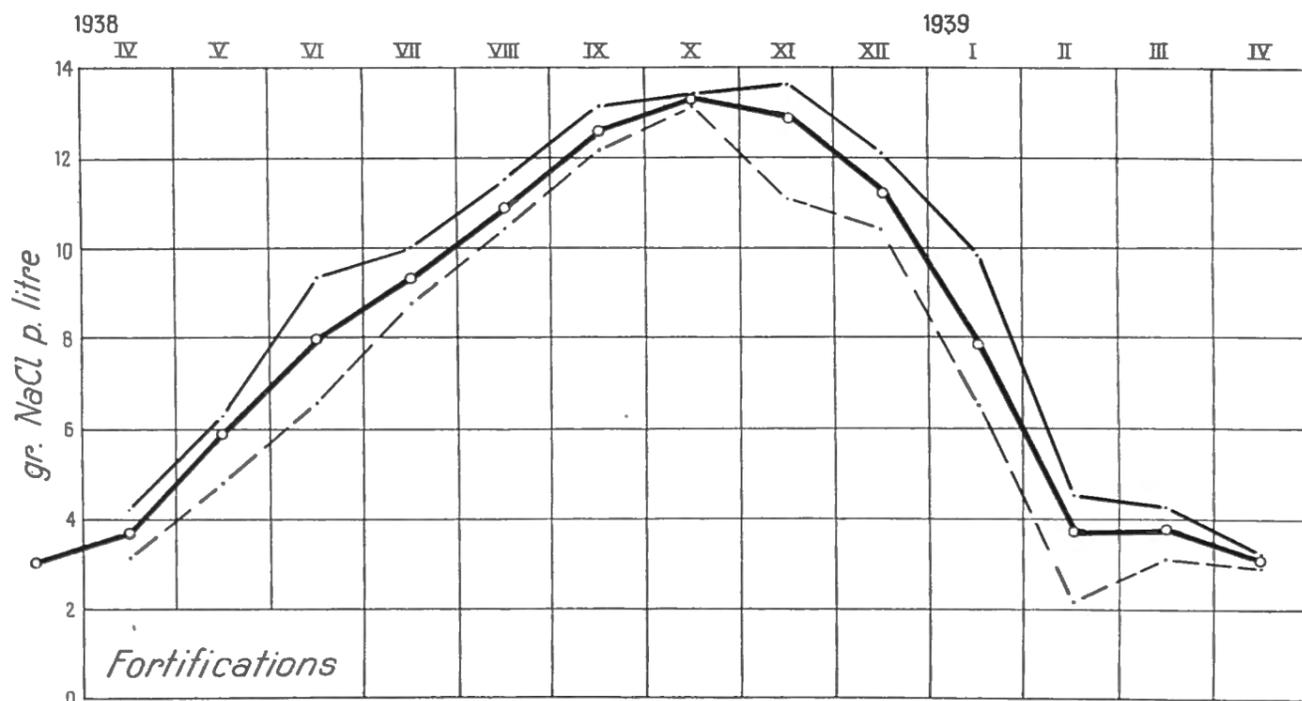


FIG. 24. — Quantité de plancton et transparence (fossés des fortifications).

FIG. 25. — Variations saisonnières de la salinité (fossés des fortifications).
—, maximum; ---, minimum; ———, moyenne.

seule station où abondent, à certaines périodes de l'année, des Organismes inférieurs venus de la mer flamande : nombreux Péridiniens, nombreuses Diatomées du groupe des *Centricae*. Dans le temps, on y a récolté *Hydrobia stagnalis*, espèce nettement polyhalinophile.