

RECHERCHES HYDROBIOLOGIQUES

SUR

TROIS MARES D'EAU DOUCE DES ENVIRONS DE LIÈGE

I. — SITUATION ET ORIGINE.

Les trois mares étudiées se trouvent dans la vallée de la Meuse, au Nord de Liège, dans l'Enclave de Chertal, dépendant de la commune de Herstal (fig. 1). Situées à 2 km en aval du pont de Wandre, entre le canal Albert et la Meuse, là où le fleuve décrit une large boucle, elles bordent le chemin qui longe la berge gauche. Dans ce travail, les pièces d'eau sont numérotées I, II, III, d'amont en aval (fig. 1).

La première mare (I) se présente sous la forme d'un quadrilatère ($70 \times 40 \times 1,50$ m); le niveau de la surface est environ à 1 ou 2 m au-dessous du sol environnant; un talus en pente de 45° la délimite (Pl. I, fig. 3).

La seconde mare (II), long quadrilatère ($45 \times 25 \times 0,60$ m), n'offre pas à proprement parler d'eau libre; un talus de 1 m à 50 cm l'entoure (Pl. III, fig. 2).

La troisième mare (III) est éloignée des deux premières par un champ de 35 m de large. De forme elliptique ($40 \times 10 \times 1,50$ m), elle s'étend parallèlement à la berge; son bord n'a qu'une cinquantaine de centimètres de hauteur.

Primitivement, il existait 7 mares (A. MONOYER, 1947) (Pl. IV, fig. 1). Selon un extrait de « La Libre Seigneurie de Herstal », de M. A. COLLART-SACRÉ (1927-1937) ⁽²⁾, ces mares datent d'une centaine d'années; elles représentent des excavations creusées lors de la construction de la digue. A cette époque, la région de Chertal subissait des crues assez fréquentes de la Meuse. Après une inondation importante, en 1850, l'ancienne digue fut emportée. On entreprit alors la construction de la digue actuelle et l'on a prélevé les terres nécessaires en creusant

⁽²⁾ Cet extrait nous fut obligeamment communiqué par M. B. DERUISSEAU, Secrétaire communal, à Herstal.

des fossés près de la rive. Ces fossés se remplirent d'eau; ainsi apparurent les mares étudiées. En 1926, de fortes infiltrations se produisirent dans les berges de la Meuse, et la campagne environnante de Vivegnis-Hermalle fut envahie par l'eau.

Les mares reposent sur un ancien lit de la Meuse, sur un sol d'alluvions avec argile et cailloux. Actuellement, des travaux en cours vont supprimer la boucle que la Meuse décrit à cet endroit et reporter le cours du fleuve vers le coteau Est.

II. — CONDITIONS PHYSIQUES.

En vue de l'étude des phénomènes physico-chimiques et de leur influence sur les êtres vivants, il fut procédé, selon les possibilités, à des mesures de températures : a) de l'eau aux endroits où se prélevaient les échantillons d'organismes (Tableau I, p. 10); b) de la glace et au voisinage de celle-ci; c) sur les berges (p. 63).

a) OBSERVATIONS CLIMATOLOGIQUES.

Les températures de l'air ainsi que de l'eau des trois mares sont indiquées dans le tableau I, p. 10, et dans la figure 2 du texte.

Période du 21 janvier 1940 au 9 avril 1940.

- 2.I.1940. Temps froid, neige poudreuse; T air = -6° C; les 3 mares couvertes d'une couche de glace de 20 à 30 cm; T air sous glace = I, $+1^{\circ}$ C; II, $+0,5^{\circ}$ C; III, $+0,5^{\circ}$ C.
- 9.I.1940. Temps froid, neige poudreuse; T air = $-1,5^{\circ}$ C; les 3 mares recouvertes d'une couche de glace de 25 cm, et sur celle-ci, 10 cm de neige; I, T eau sous glace = $+0,5^{\circ}$ C; II = $+0,5^{\circ}$ C; III = $+0,15^{\circ}$ C.
- 16.I.1940. Temps froid, neige poudreuse; T air = $-0,5^{\circ}$ C; les 3 mares sont recouvertes d'une couche de glace de 40 cm, et sur celle-ci, 10 cm de neige; dans I et II = niveau fortement baissé; dans II il n'y a pas d'eau sous la glace à 3 m du bord : impossible d'avancer pour atteindre l'eau, la glace menaçant de se rompre; dans III, T eau sous glace = $-0,5^{\circ}$ C.
- 23.I.1940. Temps froid, neige poudreuse intermittente; T air = -6° C; les 3 mares sont recouvertes d'une couche de glace de 50 cm, et sur celle-ci, 20 cm de neige; I et II sont impraticables; la glace, prise à une certaine hauteur du fond se fend; III n'a plus d'eau.
- 31.I.1940. Soleil jusqu'à 11 heures, puis ciel se couvrant, léger dégel; T air = $+0,5^{\circ}$ C; les 3 mares sont recouvertes d'une couche de glace de 50 cm, et sur celle-ci, 20 cm de neige; dans I, sous la glace, plus d'eau, le sol complètement durci; dans II, pas d'eau sous la glace, le sol légèrement humide; T = $+3^{\circ}$ C; dans III, pas d'eau sous la glace, le sol légèrement humide; T = $+3^{\circ}$ C.

- 6.II.1940. Temps froid et humide, dégel; T air = + 6° C; I, sur la couche de glace la neige a fondu et s'est recongelée, formant une couche de 3 cm; T eau = 0° C; dans II, pas d'eau; T = + 2,5° C; dans III, glace fondante, avec eau sous la glace; T = 0° C.
- 13.II.1940. Temps froid et gel; T air = — 8° C. Dans I, trois couches de glace de 10 cm d'épaisseur; sous la glace 50 cm d'eau à T = 0° C; II, recouverte d'une couche de glace de 15 à 20 cm, plus d'eau; le fond présente diverses zones : terre humide, terre sèche, eau de 10 cm de profondeur; il règne partout une température de 0° C; III, recouverte de 15 cm de glace, sous celle-ci 75 cm d'eau à T = 1° C.
- 20.II.1940. Temps beau, léger dégel; T air = + 1° C; sur la neige = + 5° C, à 1 m du sol = + 6° C; au soleil, sur la berge, à l'abri du vent = + 16° C. I recouverte de 20 cm de glace; sous celle-ci 25 cm à la T de 0° C; II, recouverte de 25 cm de glace, pas d'eau, terre humide; T = + 0,5° C; III, recouverte de 20 cm de glace; sous celle-ci 20 cm d'eau à T = 0° C.
- 27.II.1940. Temps beau et humide; T air = + 7° C; les 3 mares couvertes d'une couche de glace flottante de ± 5 cm dans I, ± 3 cm dans II, ± 6 cm dans III; T eau, I = + 3° C, II = + 1,5° C, III = + 5° C.
- 5.III.1940. Temps humide et froid, neige intermittente; T air = + 0,5° C; I, recouverte d'une couche de glace de ± 5 cm; T de l'eau : I = + 1° C, II = + 2,5° C, III = + 4,5° C.
- 12.III.1940. Temps légèrement humide; T air = + 9° C; T de l'eau, I = + 8° C, II = + 8° C, III = + 8,5° C.
- 19.III.1940. Pluie et vent violent; T air = + 12,5° C; T eau, I = + 3° C, II = + 11,5° C, III = + 10° C.
- 26.III.1940. Temps humide, vent violent; T air = + 16° C; T eau, I = + 13° C, II = + 13° C, III = + 12° C.
- 2.IV.1940. Pluie et vent violent; T air = + 12,5° C; T eau, I = + 10° C, II = + 10° C, III = + 9,5° C.
- 9.IV.1940. Pluie et vent; T air = + 6° C; T eau, I = + 7,5° C, II = + 7° C, III = + 8° C.
- 16.IV.1940. Vent très violent, pluie et grêle; T air = + 9° C; eau, I = + 9° C, II = + 9° C, III = + 7° C.

Période du 11 décembre 1951 au 5 janvier 1953.

- 11.XII.1951. Beau temps. I = pellicule de glace, II = à sec, III = fine couche de glace.
- 16.XII.1951. Beau temps, brouillard; T air = + 7° C; I = côté Ouest, au bord, entre les plantes sortant de l'eau, surface couverte de 1 cm de glace.
- 24.XII.1951. Ciel nuageux, vent violent; 7.I.1952. Temps couvert; 14.I.1952. Beau temps, soleil.
- 21.I.1952. Ciel couvert, neige fine, couche de mélange glace-neige semi-compacte, de 1 cm à 0° C couvrant une grande partie de la surface des 3 étangs.

- 28.I.1952. Ciel légèrement nuageux; sur les 3 étangs = couche de glace de 1,5 à 2 cm, recouverte de 2 cm de neige; T neige = -2° C; T glace = $-1,5^{\circ}$ C, I et II montrent, suspendues à différents niveaux dans les tiges de *Typha* et *Scirpus*, des couches horizontales de glace; à certains endroits, des plaques étant restées accrochées, il se présente des surfaces d'eau libre.
- 4.II.1952. Temps brumeux; I, une couche de glace fondante couvre encore l'étang, mais près de la berge se trouve une bande d'eau libre où flottent des débris.
- 11.II.1952. Temps couvert, pluie continue; 18.II.1952. Temps couvert, légères chutes de neige; 26.II.1952. Beau temps, soleil; avec, le 24 du mois, la seconde journée de soleil; 3.III.1952. Beau temps, soleil; 10.III.1952. Temps couvert; 17.III.1952. Beau temps; 24.III.1952. Temps couvert; 1.IV.1952. Temps couvert et froid; 8.IV.1952. Temps froid; 15.IV.1952. Temps beau; 21.IV.1952. Temps couvert, pluie; 28.IV.1952. Temps beau; 5.V.1952. Temps beau; 13.V.1952. Temps beau; 19.V.1952. Temps beau; 28.V.1952. Temps beau; 3.VI.1952. Temps beau; 9.VI.1952. Temps couvert; 30.VI.1952. Temps beau, très chaud; 7.VII.1952. Temps beau et chaud; 22.VII.1952. Temps beau et chaud; 4.VIII.1952. Temps beau; 21.VIII.1952. Pluie continue; 29.IX.1952. Temps couvert et froid; 12.X.1952. Temps couvert; 26.X.1952. Temps beau; 29.XII.1952. Brouillard; les trois mares sont réunies par la crue.

Température.

La profondeur minimale et la surface relativement grande comparée au volume des mares font que la température de l'eau suit généralement celle de l'atmosphère. Cette tendance se remarque aussi bien dans le cycle annuel (Tableau I, p. 10) que dans les variations diurnes (Tableau II, p. 12).

A côté de quelques variations d'ordre strictement local et particulièrement difficiles à expliquer sans le concours de mesures microclimatiques appropriées, la température suit le même cours général dans les trois mares (fig. 2, p. 14).

Cependant, des différences existent entre les températures observées le même jour, dans les trois mares. Elles proviennent de la variabilité des profondeurs et des inégalités dans les degrés de recouvrement de la végétation. Elles se manifestent, par exemple, entre l'eau libre et celle située sous la couche d'*Hydrocharis*. On a également observé, le 15 décembre 1952, que la mare I était gelée sur toute sa surface, alors que dans la mare II, l'eau restait libre entre les *Scirpus*, et que dans la mare III la surface demeurait sans glace. L'été, on constate des variations locales dues au fait que, soit les plantes de la berge, soit les héliophytes, soit les hydrophytes forment des écrans isolants.

La courbe annuelle des températures prouve que la masse entière subit un échauffement progressif qui atteint son maximum fin juin, puis va en décroissant. On sait que les masses d'eau opposent leur inertie à l'influence de l'air; en effet, à des températures identiques de l'air extérieur correspondent des variations de la température de l'eau, d'amplitudes différentes suivant les saisons. Parfois,

TABLEAU I. — Températures de l'eau libre, °C. Mesures hebdomadaires.

Date	Mare I	Mare II	Mare III	Air
11.XII.1951	2,0	—	2,0	3,0
16.XII.1951	3,0	—	6,0	7,0
24.XII.1951	3,0	—	4,0	16,0
7.I.1952	5,0	5,2	4,5	4,5
14.I.1952	5,5	4,0	4,0	7,0
21.I.1952	1,0	1,0	1,0	1,5
28.I.1952	1,0	2,0	1,0	1,5
2.II.1952	3,0	3,0	3,0	6,0
11.II.1952	4,0	4,0	3,0	3,5
18.II.1952	2,0	2,0	2,0	4,5
26.II.1952	4,5	4,5	4,5	9,0
3.III.1952	7,0	7,0	7,0	15,0
10.III.1952	8,0	8,0	8,0	8,0
17.III.1952	9,0	11,0	9,0	23,0
24.III.1952	11,0	11,0	11,0	13,0
1.IV.1952	6,0	6,0	6,0	7,0
8.IV.1952	12,0	10,0	12,0	9,0
15.IV.1952	13,0	11,0	11,0	25,0
21.IV.1952	15,0	14,0	15,0	17,0
28.IV.1952	13,0	13,0	13,0	18,0
5.V.1952	18,0	18,0	18,0	18,0
13.V.1952	11,0	11,0	11,0	8,0
19.V.1952	19,0	19,0	21,0	19,0
28.V.1952	10,0	9,0	9,0	19,0
3.VI.1952	19,0	10,0	21,0	23,5
9.VI.1952	15,0	14,0	15,0	15,0
17.VI.1952	17,5	17,5	17,5	19,0
24.VI.1952	19,0	19,0	19,0	28,0
30.VI.1952	28,0	23,0	28,0	30,0
7.VII.1952	25,0	22,0	22,0	25,0
14.VII.1952	18,0	17,0	17,0	17,0
22.VII.1952	20,0	20,0	20,0	25,0
28.VII.1952	20,0	20,0	20,0	17,5
5.VIII.1952	19,0	12,0	19,0	21,0
11.VIII.1952	18,0	18,0	18,0	20,0
21.VIII.1952	17,0	17,0	17,0	17,0
26.VIII.1952	19,0	19,0	19,0	22,5
2.IX.1952	17,0	17,0	17,0	17,5
9.IX.1952	10,0	9,0	10,0	15,0
17.IX.1952	11,5	11,0	12,5	9,5
22.IX.1952	10,5	10,5	10,5	9,5

TABLEAU I (suite).

Date	Mare I	Mare II	Mare III	Air
29.IX.1952	11,5	10,5	11,5	17,5
7.X.1952	10,0	10,0	10,0	10,0
12.X.1952	8,0	8,0	8,0	8,0
20.X.1952	7,5	7,5	7,5	7,5
26.X.1952	9,5	10,5	11,5	21,5
3.XI.1952	9,5	10,0	10,0	11,0
12.XI.1952	7,0	7,0	7,0	6,0
17.XI.1952	5,0	5,0	5,0	6,0
24.XI.1952	2,0	3,0	3,0	6,0
1.XII.1952	6,0	6,0	6,0	6,0
8.XII.1952	1,5	1,0	1,5	3,0
15.XII.1952	1,5	2,0	2,0	4,0
21.XII.1952	5,0	5,0	5,0	6,0
29.XII.1952	1,0	2,0	1,0	4,0
5.I.1953	1,0	2,0	1,0	2,5
15.I.1953	0,5	0,0	0,0	2,0
19.I.1953	0,5	1,0	0,5	5,0
26.I.1953	1,0	2,0	1,0	2,5

une chute brusque se présente, comme celle constatée le 1^{er} avril 1951 et due à une précipitation de neige, qui, fondant dans l'eau, a absorbé de la chaleur (fig. 2, p. 14).

L'écart entre la température maximum de l'eau (+28° C) et la température minimum ($\pm 0^{\circ}$ C) est considérable : 28° C.

Gel.

L'hiver, dès que la glace se forme et pour autant qu'elle reste relativement mince, elle permet la pénétration des rayons solaires. Aussitôt qu'elle s'épaissit progressivement, l'écart entre la température de l'eau et celle de l'air s'accroît. Ce phénomène est dû au pouvoir isolant de la glace, qui, dès sa formation, isole l'eau de l'air extérieur, et auquel s'ajoute encore parfois celui de la neige.

Très souvent, une couche d'air emprisonnée entre l'eau et la glace rend cet isolement plus efficace. Cet espace libre peut se former pour plusieurs raisons : a) la glace se dilate; par suite de l'incompressibilité de l'eau, elle bombe en s'arc-boutant sur les bords et un espace entre la glace et l'eau est ainsi ménagé; b) très souvent, la surface de l'eau étant gelée, son niveau descend. Il demeure une

TABLEAU II. — Observations thermométriques sur l'air et l'eau de deux mares (I et III) durant 24 heures (17-18 septembre 1952).

Heures	Air	Mare I	Mare III
13	19,5° C	13,0° C	12,5° C
14	17,5	13,0	13,0
15	18,0	14,0	13,0
16	16,5	13,0	12,5
17	15,25	13,0	12,0
18	14,0	13,0	12,0
19	12,75	13,0	12,0
20	12,75	12,5	12,0
21	11,75	12,5	12,0
22	11,50	12,5	12,0
23	10,0	12,5	12,0
24	10,0	11,5	11,5
1	11,0	11,5	11,5
2	10,5	11,5	11,5
3	10,5	11,5	11,5
4	9,5	11,5	11,5
5	8,5	11,5	11,5
6	8,0	11,5	11,5
7	8,0	11,0	11,5
8	8,0	11,0	11,5
9	8,25	11,0	11,5
10	9,25	11,5	11,5
11	10,25	12,0	12,0
12	11,75	12,5	12,0

couche de glace suspendue au-dessus de la surface; souvent elle se brise, mais là où abondent des hélophytes (*Scirpus*, par ex.) elle reste suspendue. Il arrive que l'eau regèle et que le même phénomène se reproduise; il en résulte plusieurs couches de glace superposées (Pl. I, fig. 7 et 8; Pl. III, fig. 4).

En passant à l'état solide, l'eau cède à la phase liquide une partie du calorifique latent; de plus, elle reçoit la chaleur du sol du fond de la mare.

Certaines mesures montrent qu'il existe sous la glace de l'eau liquide à une température inférieure à 0° C. Ce fait peut être attribué aux matières organiques et aux sels minéraux dissous qui abaissent le point de solidification. Le gel peut, cependant, solidifier complètement les mares, comme ce fut le cas durant l'hiver 1939-1940.

Influence du gel.

En général, le gel affecte les mares, alors que la majorité des autres milieux aquatiques lui échappent. L'effet d'un gel complet sur leur biologie pose deux problèmes essentiels : d'une part, quelles sont les espèces qui meurent et en quelles proportions; d'autre part, quelle est la possibilité pour telle ou telle espèce de survivre, de se reproduire et de lutter contre la concurrence après avoir été réduite en nombre. Nous n'avons pas trouvé dans la littérature d'étude quantitative se rapportant à un tel sujet, bien que l'effet du gel sur les animaux, et notamment sur ceux qui vivent dans des étangs, ait souvent été traité.

Selon G. RAHM (1921), des Tardigrades, des Nématodes et des Rotifères vivant dans les mousses ont supporté, durant plusieurs heures, des températures de $-271,8^{\circ}$ C et durant, cinq jours -192° C sans dommage. Les Rotifères se réveillent les premiers, puis les Tardigrades et ensuite les Nématodes. Si on les congèle lentement, la plupart supportent -253° C. Par contre, dans le cas de congélation brusque, la mortalité est grande; seuls les Rotifères survivent. Le froid produirait une perte d'eau et une destruction mécanique de la structure protoplasmique.

Les organismes des régions froides sont évidemment adaptés pour supporter des températures basses et une suspension prolongée des activités vitales. Selon P. KAPTEREN (1936), un grand nombre d'animaux, tels que : mollusques, crustacés, larves d'insectes, poissons, vivent dans des mares où l'eau gèle jusqu'au fond. Expérimentalement, il y a de nombreux cas où furent ramenés à la vie des Planorbes gelées dans la glace d'un étang peu profond, ainsi que des Cyclops ayant supporté une température de -20° C. Suivant des expériences sur ces Cyclops, un dégel rapide provoque la mort, de même qu'une congélation rapide jusqu'à -12° C. Suivant M. OLD (1933), les gemmules des éponges d'eau douce supportent la congélation et des alternances de gels et dégels.

V. MAYENNE (1933) a observé les larves du Chironomide *Glyptotendipes polytomus*. Elles supportent très bien le gel du sol en hiver dans des étangs à sec et demeurent jusqu'à la crue du printemps; néanmoins celle-ci ne doit pas tarder, car la dessiccation devient dangereuse.

Selon R. WEIGMANN (1930), si l'eau est entourée de toutes parts par de la glace, il y a une pression hydrostatique due à l'augmentation de volume de l'eau et cette pression peut être nuisible. Les dégâts produits par le froid dans les tissus vivants sont de plusieurs sortes : 1) production d'aiguilles de glace qui déchirent mécaniquement les cellules; 2) congélation des liquides entraînant un accroissement notable de la concentration en sels. La dilution des sels se fait en partie avec l'eau retirée des cellules, dont la pression osmotique augmente fortement. Lors d'un dégel rapide, il se présente brusquement beaucoup d'eau à l'extérieur des cellules, alors qu'à l'intérieur de celles-ci règne une forte pression osmotique, ce qui provoque l'éclatement des cellules.

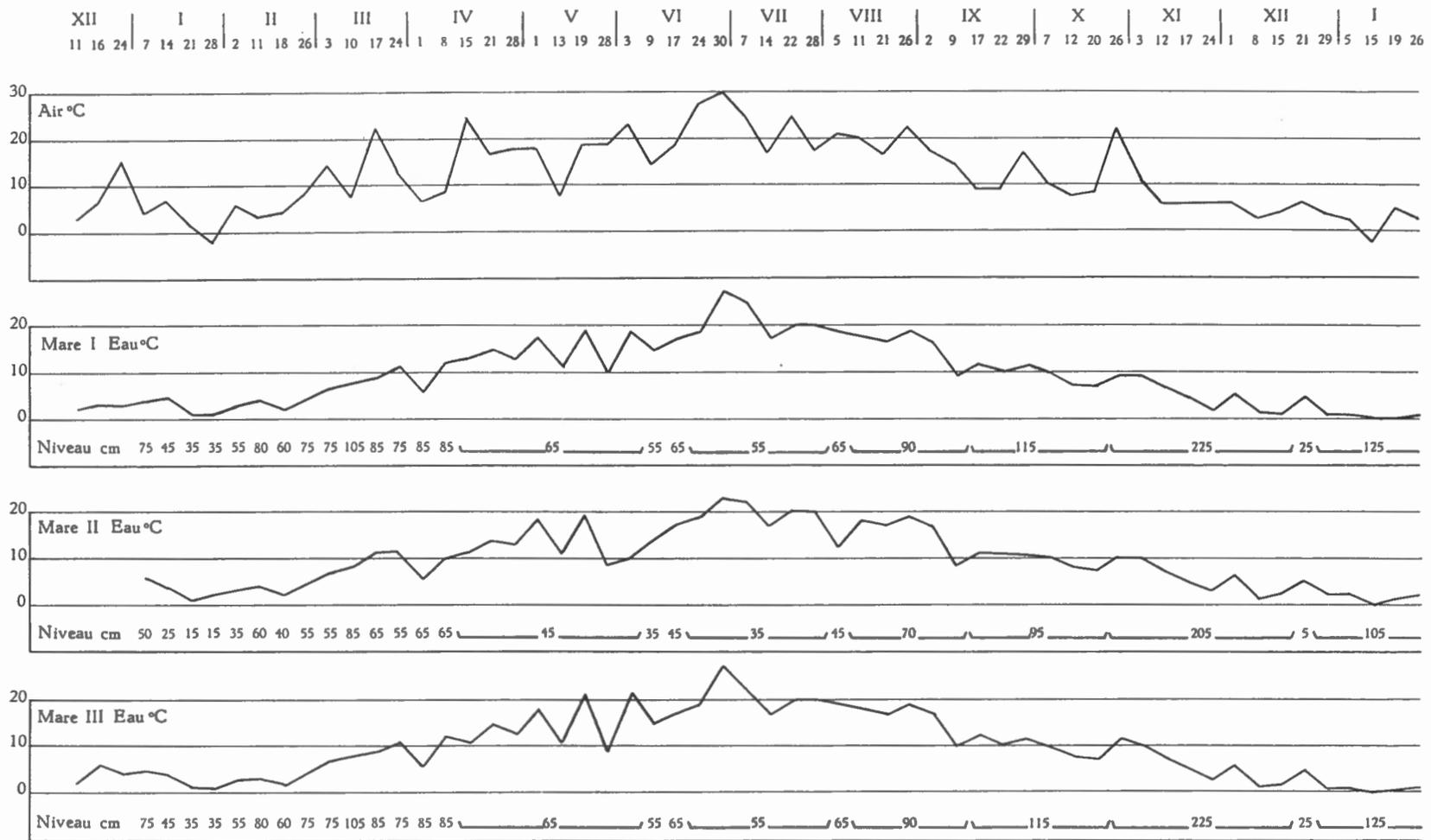


FIG. 2. — Températures de l'air et de l'eau des trois mares; hauteur des niveaux du plan d'eau.

Selon E. CHEATHAM (1934), les mollusques dulcicoles se remuent plus ou moins durant les mois d'hiver en eau libre. Ils deviennent léthargiques par basses températures, mais ils demeurent plus ou moins actifs aussi longtemps qu'il existe de l'eau libre. Quand l'eau gèle et que la couche de glace devient de plus en plus épaisse, les mollusques s'enfoncent dans la vase ou dans la végétation. Lors de la prise totale des étangs, l'auteur a trouvé les coquilles enrobées dans la vase et la végétation et non dans l'eau libre. Le pouvoir des pulmonés dulcicoles de supporter de pareilles conditions est prouvé par l'abondance des adultes au printemps après la fonte de la glace. Quand l'animal est pris dans la glace, l'air présent dans les interstices peut lui suffire pour survivre à des périodes de gel.

Suivant A. E. BOYCOTT (1936), le froid ne représente pas (pour les mollusques d'eau douce de Grande-Bretagne) un dommage important; selon cet auteur, ils ne passent jamais l'hiver à l'état d'œufs; ils hivernent dans la vase. Cependant *Limnea peregra* et *Planorbis corneus* furent aperçues nageant sous la glace, et *Pl. spirorbis* est active dans l'eau à +1° C.

Selon S. O. MAST (1904), *Hydra vulgaris* L. se contracte aux environs de 0° C. Aux basses températures, elle apparaît moins susceptible aux stimulants mécaniques; elle se détache plus facilement de son support et, restant étalée durant la descente, elle tombe sur le fond, où elle échappe au gel. Le gel lui est fatal. Si elle est prise par la glace, elle ne revient pas à la vie.

R. WEIGMANN (1936) fait remarquer que, dans la nature, beaucoup d'organismes peuvent échapper au gel en s'enfouissant. Selon lui, les *Limnea stagnalis* supportent des températures sous 0° C sans être gelées; mais si elles le sont, elles meurent.

C. WESENBERG-LUND (1939) cite H. NORDENSKIÖLD (1899) mentionnant, dans les environs de Stockholm, toute une série de mollusques, surtout des pulmonés, qui ont passé l'hiver dans la glace; ces mollusques étaient en vie. H. NORDENSKIÖLD pense que ces formes passent généralement l'hiver dans ces conditions.

J. GREENBANK (1945) constate que dans un lac très eutrophe, la glace supportant une couche de neige arrête la lumière. Par suite de la suppression de la photosynthèse, la teneur en O₂ tombe de 10 mg/l à 2 mg/l. Un autre lac, dystrophe, peu profond, à eau brune, acide, montrant des écarts en O₂ considérables pour peu de profondeur : surface 2,0 mg, 5 pieds 0 mg, est très influencé par la présence de la neige sur la glace. Dans un étang artificiel riche en *Elodea* et algues filamenteuses, l'action de la photosynthèse a été mise en évidence; des sommets de 21,0 mg et 28,0 mg furent observés. L'auteur admet que la lumière qui pénètre à 50 ou 60 cm à travers la glace sans neige et modérément transparente permet la photosynthèse.

W. SMITH (1933) désigne sous le nom « winter annuals » un groupe d'algues avec végétation en hiver et fructification au printemps. Ces plantes restent vertes une grande partie de l'année, suivant l'épaisseur de la neige sur la glace.

W. SCOTT (1910) dit que sous la glace, *Chaoborus* est vu à toutes les profondeurs, mais qu'il montre plus d'activité vers le fond; des températures plus basses que 2° C leur semblent fatales.

Selon A. MORGAN (1939), on trouve souvent des Coléoptères nageurs au voisinage des poches d'air existant entre la glace et l'eau libre.

J. HICKMAN (1931) a capturé des Haliplides sous 55 cm de glace; ils avaient été gelés pendant deux nuits et ils se sont ranimés. Ces Coléoptères circulent dans les étangs riches en végétation, nageant nombreux sous la glace. Selon A. MORGAN (1939), dans les mares gelées, la couche pauvre en O₂ monte vers la surface au fur et à mesure que s'accumulent les matières en décomposition et que se produit la consommation due aux organismes, quoique cette dernière soit plus faible en hiver qu'en été.

On sait que la formation de la couche de glace a d'abord un effet isolant thermique et qu'elle joue un rôle d'écran pour la lumière et les échanges gazeux avec l'air extérieur. Au fur et à mesure que la couche augmente d'épaisseur, le milieu aquatique liquide est affecté progressivement jusqu'à sa disparition complète. Au début, les organismes se refroidissent lentement et à l'époque où le gel se produit, l'eau a déjà, insensiblement, atteint une température basse. A Chertal il a été permis à l'un de nous (E. LELOUP) de voir des Planorbes (en 1940), des Lymnées et des Tritons circulant sous la glace dans la mare II. Dans de telles conditions, les organismes sont de plus en plus affectés par le manque de lumière, qui provoque la réduction de la photosynthèse et, par conséquent, des perturbations dans la répartition des gaz dissous.

Dès le gel total, les animaux doivent supporter la suppression du milieu liquide. Au cours de l'hiver 1940, il n'existait plus d'eau libre dans la mare III. Sa cuvette était recouverte d'une épaisse couche de glace qu'il fallait casser au pic. Sous cette couche se trouvait un creux de 30—40 cm de hauteur où régnait une atmosphère très humide. Les plantes de *Ceratophyllum* et *Myriophyllum* qui subsistaient étaient imprégnées d'eau; elles recouvraient le fond boueux et abritaient des insectes, des isopodes, des planorbes, des lymnées, des planaires, des hirudinées parfaitement en vie. Beaucoup d'organismes de ces mares sont d'ailleurs bien adaptés pour de telles conditions: soit qu'ils s'enfouissent dans la vase (grenouilles, mollusques), soit qu'ils s'installent dans des abris terrestres (tritons et divers insectes).

La plupart des plantes sont également bien adaptées à ce milieu: les Hélophytes et les turions déposés par les Utriculaires, les *Potamogeton* et les *Hydrocharis* passent l'hiver enfoncées dans la vase. Dans les mares de Chertal, l'assèchement total ne se produit jamais. Si la mare II se montre parfois presque vide, il subsiste néanmoins des flaques où se concentrent les animaux qui, dès la crue, recolonisent rapidement les parties qui furent exondées.

b) TURBIDITÉ.

En général, l'eau des trois mares s'est montrée relativement claire, sans couleur *sui generis*, avec une quantité de matières en suspension relativement très réduite.

Lors de chutes de pluie considérables, le ruissellement peut apporter parfois des matières argileuses qui confèrent à l'eau une légère lactescence ou une couleur ocre, disparaissant assez rapidement par décantation, lorsque les mares reprennent leur calme.

Lumière.

La profondeur minime favorise la pénétration de la lumière jusqu'au fond, provoquant ainsi une vie intense. Ce n'est que lorsque la surface aquatique est entièrement couverte de plantes aquatiques flottantes (*Hydrophyta natantia*), comme *Lemna*, *Riccia*, *Hydrocharis*, *Utricularia*, que la lumière est interceptée par cet écran végétal, souvent très enchevêtré, et que des phénomènes de réduction et de fermentation putride peuvent se déclencher.

Pour cette raison d'ailleurs il y a généralement déficit de la saturation d'oxygène, comme nous le verrons plus loin. Le graphique figure 3 (p. 23), montre pour chaque mare les variations de l'oxygène.

c) MOUVEMENTS DE L'EAU.

Eu égard à leur petite superficie, les mouvements de l'eau dans de petits bassins tels que les mares de Chertal sont minimales. L'action des ondulations de la surface est extrêmement réduite. Cette action est d'ailleurs très atténuée par l'existence d'une flore aquatique très dense.

d) FLUCTUATIONS DU NIVEAU.

Dans les mares, le niveau peut subir de fortes variations. Irrégulières, elles dépendent des agents atmosphériques, et non, comme on pourrait le croire, du niveau de la Meuse, qui remplirait les mares en vertu du principe des vases communicants. Les mares, en effet, n'atteignent même pas, en profondeur, le niveau de la nappe phréatique. Suivant F. CHARLES (1952), ce dernier aurait un niveau hydrostatique supérieur, en général, à celui du fleuve.

Durant l'hiver 1952, les mares (surtout II) étaient à un niveau très bas, à cause du dessèchement de l'été précédent. Or, en une semaine, de fortes pluies ont fait remonter le niveau de plus d'un mètre. Durant le cours de l'année, il n'y eut que de petites variations, d'une amplitude de 50 cm (fig. 2). En décembre 1952, par suite d'une longue période de gel, provoquant une grande sécheresse

de l'air, il y eut un abaissement d'environ 1,50 m; ce fut le niveau le plus bas enregistré durant l'année 1952. Ensuite, l'eau revint à son niveau normal. A ce moment, des précipitations abondantes firent déborder les trois mares, qui n'en formèrent qu'une, noyant les champs environnants (Pl. I, fig. 1 et 2).

*
**

En résumé, dans les mares de Chertal, on se trouve dans des milieux affectés considérablement par les facteurs physiques : d'une part, l'eau atteint des températures élevées; d'autre part, le gel peut la supprimer. Le plan d'eau présente également une grande instabilité; soit à cause de fortes chaleurs, soit en période de gel sec, il diminue au point que de grandes surfaces du fond se trouvent exondées. Par contre, lors des précipitations atmosphériques abondantes, les trois pièces d'eau peuvent se réunir.

III. — CONDITIONS CHIMIQUES.

a) GÉNÉRALITÉS.

Dans le but de faciliter la compréhension du cycle biologique des mares de Chertal, M. L. VAN MEEL fut chargé spécialement de l'étude physico-chimique.

Les échantillons d'eau ont été prélevés à des intervalles réguliers d'environ trente jours et soumis aussitôt à l'analyse au laboratoire des Invertébrés récents à l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique. Les résultats d'une année complète d'observations vont être exposés.

Au point de vue technique, les méthodes classiques d'analyse furent adoptées en ce qui concerne l'alcalinité, l'oxygène dissous et les chlorures; pour les nitrates, phosphates et silicates, on a suivi les systèmes colorimétriques habituels. Le calcium fut dosé par la nouvelle méthode au Complexon III; le magnésium par colorimétrie au moyen du jaune de thiazol (jaune de titane), et les sulfates par iodométrie.

Ces diverses méthodes ont permis de faire assez rapidement des dosages en série en même temps que des essais comparatifs sur solutions-étalon de référence.

Les premières analyses faites sur les mares de Chertal datent respectivement des 8 et 15 mars et du 2 avril 1940. Elles furent exécutées, il y a treize ans, par R. PINGUAIR, Directeur du Laboratoire intercommunal de Chimie et de Bactériologie de l'agglomération bruxelloise.

Un des premiers aspects intéressants de la question est la possibilité de comparer les analyses faites il y a douze ans avec celles faites en 1952-1953 et de rechercher si une évolution quelconque peut être constatée dans toutes ou dans une des trois mares.

Le tableau III donne les résultats analytiques en mg/litre tels qu'ils furent communiqués en 1940. Tous les éléments dosés ne nous intéressant pas au point de vue limnologique, les principaux seulement en seront retenus.

TABLEAU III. — Résultats analytiques de 1940 en mg/l.

	Mare I	Mare II	Mare III
CaO	30,57	101,77	47,85
MgO	8,7	8,4	8,5
NaCl.	12,0	25,0	18,9
SO ₃	2,95	52,48	20,26
SiO ₂	8,5	27,3	70,0
Fe ₂ O ₃ -Al ₂ O ₃	6,5	10,5	32,5

Ces résultats, présentés à la manière usuelle des chimistes analystes, demandent à être recalculés si on veut les comparer aux chiffres tels qu'ils sont exprimés actuellement par les limnologues.

Afin d'établir une balance ionique pour chacune des mares, d'après TELKESY et R. MAUCHA (1932), la méthode simplifiée, publiée récemment par J. KUFFERATH (1951), fut adoptée.

Les milliéquivalents des divers ions ont été calculés à partir des résultats analytiques, les alcalins cherchés par différence et le CO₂ obtenu par des artifices de calcul, puisque l'alcalinité n'est pas renseignée parmi les résultats des analyses (tableau V).

TABLEAU IV. — Résultats de 1940 en mg/l.

	Mare I	Mare II	Mare III
Ca ⁺⁺	21,84	72,72	34,19
Mg ⁺⁺	5,25	5,066	5,13
Cl ⁻	7,28	15,165	11,46
SO ₄ ⁻	3,54	62,965	24,31

TABLEAU V. — Résultats analytiques de 1940 exprimés en milliéquivalents/l.

	Mare I	Mare II	Mare III
Ca ⁺⁺	1,09	3,629	1,70
Mg ⁺⁺	0,43	0,416	0,42
Na ⁺ + K ⁺	0,28	1,737	0,83
Cl ⁻	0,205	0,427	0,32
SO ₄ ⁼	0,073	1,31	0,50
CO ₃ ⁼	1,52	4,045	2,13

Les balances ioniques s'établissent alors comme suit :

TABLEAU VI. — Balances ioniques.

	Milliéqui- valents	% des ions totaux		Milliéqui- valents	% des ions totaux
MARE I.					
Ca ⁺⁺	1,09	60,55	Cl ⁻	0,205	11,39
Mg ⁺⁺	0,43	23,89	SO ₄ ⁼	0,073	4,06
Na+K ⁺	0,28	15,56	CO ₃ ⁼	1,52	84,44
	1,80	100,00		1,80	100,00
MARE II.					
Ca ⁺⁺	3,629	62,76	Cl ⁻	0,427	7,38
Mg ⁺⁺	0,416	7,14	SO ₄ ⁼	1,31	22,65
Na+K ⁺	1,737	30,04	CO ₃ ⁼	4,045	69,95
	5,781	99,94		5,782	99,98
MARE III.					
Ca ⁺⁺	1,70	57,62	Cl ⁻	0,32	10,84
Mg ⁺⁺	0,42	14,237	SO ₄ ⁼	0,50	16,94
Na+K ⁺	0,83	28,13	CO ₃ ⁼	2,13	72,20
	2,95	99,98		2,95	99,98

Ces divers pourcentages d'ions permettent de construire les diagrammes correspondants et de conclure pour les trois mares en 1940 à une eau hexa-ionique complète ou encore isovalente d'après le schéma :



Les eaux des trois mares étant ainsi définies au point de vue chimique, les analyses peuvent déjà donner lieu à quelques conclusions préliminaires.

Si les teneurs en calcium sont remarquablement analogues dans les trois mares, il n'en est pas de même pour le magnésium, dont la teneur est la plus élevée pour la mare. On peut faire la même remarque pour les autres éléments de la même mare.

La présence de chlore et de sulfates en quantités assez appréciables est peut-être due, jusqu'à plus ample information, aux apports par ruissellement des terrains cultivés avoisinants.

Les trois éléments principaux sont calcium-magnésium-acide carbonique, composants des roches dolomitiques dont on rencontre des massifs dans la vallée de la Meuse en amont des mares de Chertal. Il est hors de doute que les eaux des mares doivent leur composition aux alluvions des rives de la Meuse, qui contiennent plus que probablement les éléments enlevés aux massifs dolomitiques.

Il ne sera pas question ici des autres éléments comme Al_2O_3 et Fe_2O_3 , qui n'ont pas de rôle à jouer dans la balance ionique sous sa forme simplifiée, telle qu'elle a été adoptée ici.

Un dernier mot cependant au sujet de SiO_2 . La silice est la plus abondante dans la mare III, pour des raisons qui nous échappent encore. Aussi cet élément fut-il recherché au cours du cycle biologique étudié.

Cependant, trois analyses, sporadiques, faites même dans les meilleures conditions et avec une exactitude remarquable, ne permettent pas de procéder à un examen biologique et limnologique un peu poussé.

C'est dans le but d'essayer d'expliquer certains phénomènes qu'on s'est efforcé de visiter les mares toutes les semaines, d'y déterminer chaque fois la température, pH et oxygène dissous et d'en ramener chaque mois des échantillons d'eau copieux pour l'analyse approfondie, le temps et les moyens matériels à notre disposition ne permettant pas de faire, chaque semaine, des analyses complètes.

Examinons séparément les résultats de ces mesures et essayons ensuite de les comparer les uns aux autres afin d'en dégager l'influence sur le comportement des animaux et des végétaux du plancton pris dans le sens le plus large.

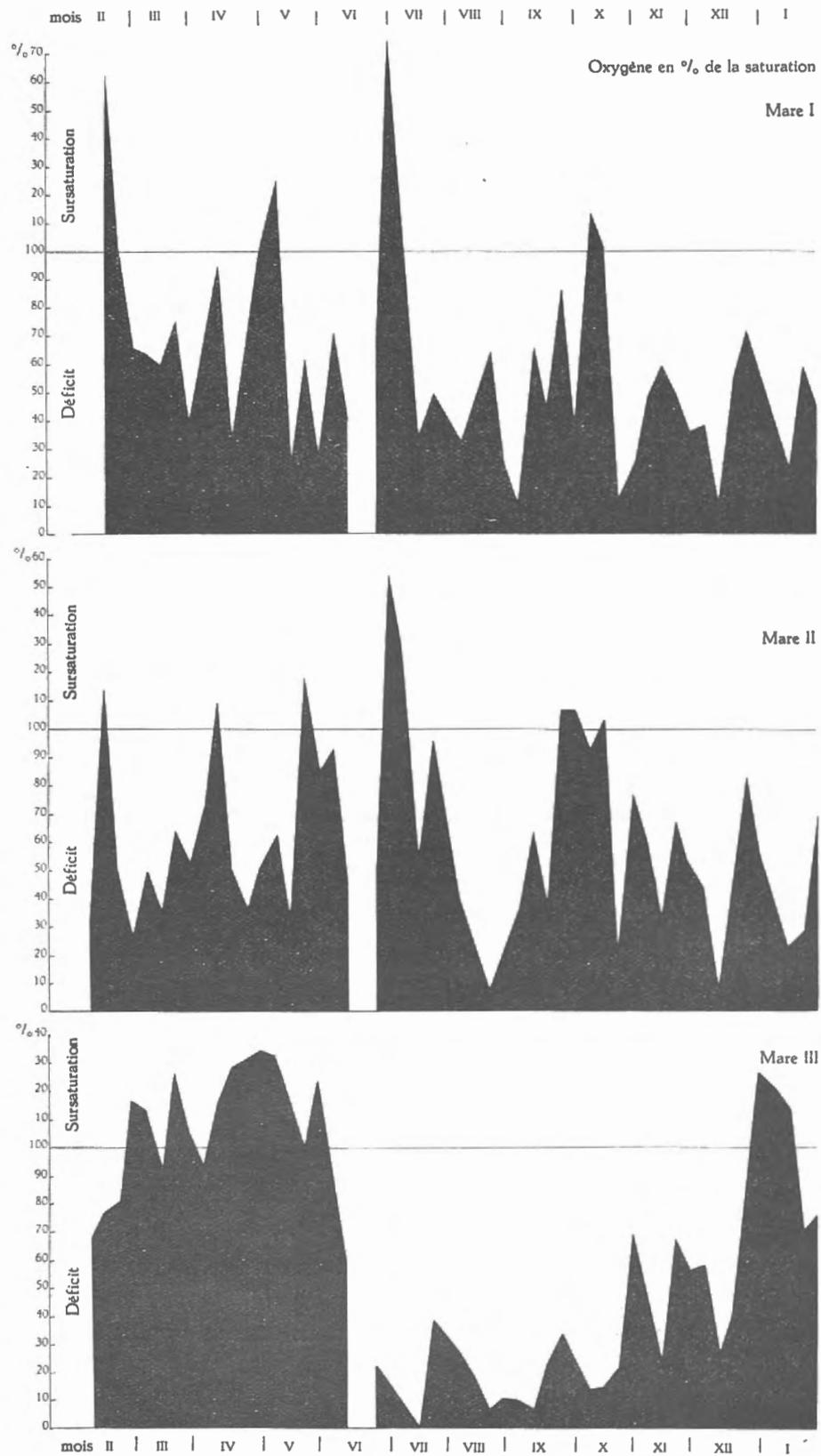


FIG. 3.

Au point de vue limnologique, les mares de Chertal peuvent être considérées comme des pièces d'eau d'origine artificielle relativement récente et d'une profondeur très minime. Des trois, deux (I et III) sont permanentes, la troisième se dessèche parfois au cours de certains hivers (1939-1940) et, à l'occasion de fortes précipitations faisant s'élever le niveau de l'eau phréatique, les trois mares n'en forment parfois qu'une (hivers 1939-1940 et 1952-1953).

b) OXYGÈNE DISSOUS.

Le tableau V et le graphique (fig. 3) montrent très clairement une déficience généralisée dans les trois mares en ce qui concerne la saturation de l'oxygène. En dehors de quelques sommets dans les courbes se rapportant à des sursatura-

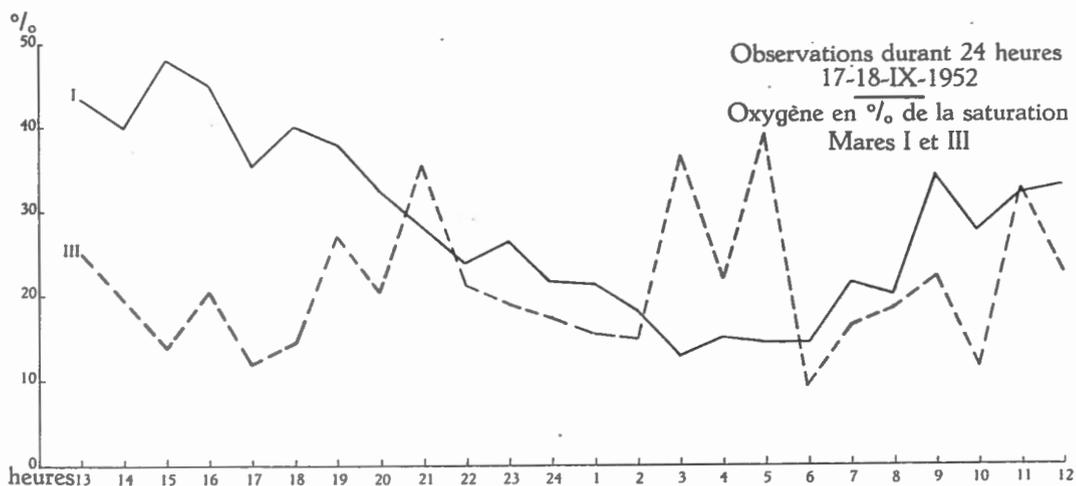


FIG. 4.

tions, il n'y a que dans la mare III, au cours des premiers mois de l'année, que l'on se trouve en présence d'une courbe nettement ascendante et pénétrant fort loin dans la zone de la sursaturation. La présence de quantités assez considérables d'algues filamenteuses couvrant le fond et les chaumes des Graminées, Cypéracées et autres plantes aquatiques n'est certainement pas étrangère à ce phénomène.

Comme il ne peut être question ici d'une pollution anthropobiotique directe, il faut incriminer plus que probablement la vie végétale et animale intense de ces mares, où les fermentations de la matière morte, les réductions, la respiration des animaux, poussées à un degré très élevé, occasionnent les déficits de la saturation observés, ainsi qu'une influence anthropozoobiotique indirecte consistant dans les déjections du bétail et la fumure des champs environnants.

Dans le tableau XII, les résultats des observations et des relevés hebdomadaires ont été groupés mentionnant l'oxygène en cc ‰, en mg ‰ et en % de la saturation (fig. 3).

Il se fait parfois qu'au cours de la nuit, l'eau des mares remplies de plantes peut avoir un déficit complet en oxygène (0 %), par l'action combinée des animaux, des plantes et des dépôts de vase.

Sans arriver à un déficit total, le cycle de 24 heures que nous avons tenu à réaliser à Chertal, le 17 et le 18 septembre 1952, montre clairement, dans la mare I, une diminution progressive de la teneur en oxygène dont le minimum se situe à trois heures du matin avec 1,454 mg ‰ et une saturation de 13,37 %

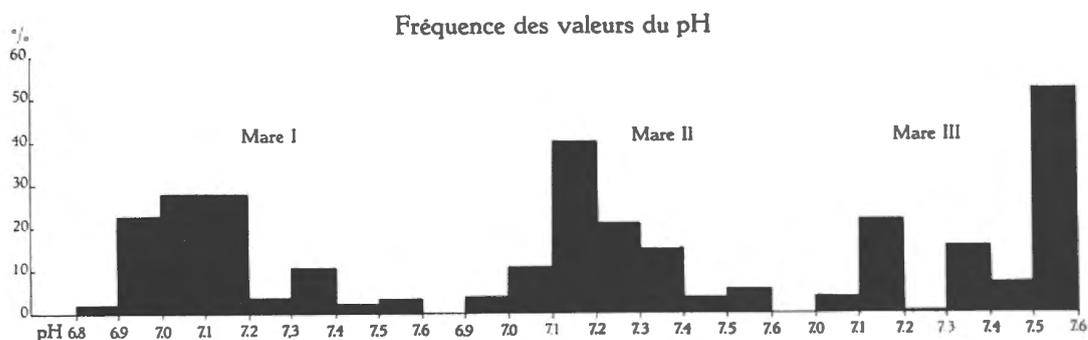


FIG. 5.

seulement; dans la mare III, le minimum de 1,635 mg ‰ et une saturation de 15,03 % ont lieu à deux heures du matin. Toutefois, on peut remarquer ici un second déficit à six heures du matin, avec 9,58 %, dont l'explication nous échappe encore en ce moment.

Dès l'apparition de la lumière matinale, la photosynthèse reprend son action, la lumière peut agir, et la concentration en oxygène augmente graduellement. C'est ce que montre clairement le graphique de la figure 4.

La couverture du fond, composée d'algues filamenteuses, a une grande importance. Le phénomène est surtout remarquable pour la mare III, où, aux mois de mars, avril et en partie encore de mai, et aux mois de décembre et janvier, cette couverture concourt à provoquer deux périodes de sursaturation en oxygène.

c) ALCALINITÉ ET pH.

L'examen du tableau IX, des mesures hebdomadaires du pH et du graphique (fig. 5) qui y correspond montre que les trois mares ont un pH s'étendant de la neutralité à une légère alcalinité. La mare III est toutefois la plus alcaline des trois avec un pH se maintenant assez longtemps à pH : 7,6. Une fois seulement, le pH est descendu au-dessous de pH : 7,0, notamment le 14 juillet 1952, dans la mare I.

TABLEAU VII. — Oxygène dissous. Observations hebdomadaires.

Date	cc $^{\circ}/_{00}$	mg $^{\circ}/_{00}$	$^{\circ}/_{0}$ saturation
MARE I.			
11.II.1952	14,465	20,673	163,09
18.II.1952	9,253	13,224	99,71
26.II.1952	5,806	8,298	66,14
3.III.1952	5,360	7,661	64,51
10.III.1952	4,893	6,992	60,19
17.III.1952	6,078	8,686	76,46
24.III.1952	3,157	4,513	41,55
1.IV.1952	5,841	8,348	68,80
8.IV.1952	7,146	10,213	96,06
15.IV.1952	2,444	3,493	33,58
21.IV.1952	5,090	7,274	73,13
28.IV.1952	7,394	10,567	101,57
5.V.1952	8,267	11,814	126,41
13.V.1952	1,732	2,475	22,79
19.V.1952	4,108	5,871	64,20
28.V.1952	1,978	2,826	25,46
3.VI.1952	4,668	6,671	72,95
9.VI.1952	3,154	4,495	45,2
17.VI.1952		à sec	
24.VI.1952	3,417	4,884	53,4
30.VI.1952	9,740	13,920	175,83
7.VII.1952	5,704	8,151	99,03
14.VII.1952	2,317	3,311	35,43
22.VII.1952	3,177	4,541	50,60
28.VII.1952	2,635	3,766	41,97
5.VIII.1952	2,134	3,050	33,35
11.VIII.1952	3,243	4,635	49,60
21.VIII.1952	4,399	6,287	65,86
26.VIII.1952	1,704	2,436	26,64
2.IX.1952	0,790	1,129	11,83
9.IX.1952	5,342	7,634	68,75
17.IX.1952	3,200	4,573	43,53
22.IX.1952	6,872	9,821	89,48
29.IX.1952	3,273	4,677	43,52
7.X.1952	9,001	12,864	115,85
12.X.1952	8,427	12,043	103,65
20.X.1952	1,015	1,450	12,34
26.X.1952	1,903	2,719	24,21

TABLEAU VII (suite).

Date	cc ‰	mg ‰	‰ saturation
3.XI.1952	3,860	5,517	49,12
12.XI.1952	5,021	7,176	60,43
17.XI.1952	4,469	6,387	51,49
24.XI.1952	3,439	4,914	37,06
1.XII.1952	3,394	4,851	39,99
8.XII.1952	1,293	1,848	13,75
15.XII.1952	5,080	7,260	54,75
21.XII.1952	6,345	9,068	73,10
29.XII.1952	5,028	7,185	52,98
5.I.1953	3,749	5,358	39,59
15.I.1953	2,208	3,156	23,0
19.I.1953	5,726	8,183	59,65
26.I.1953	4,320	6,174	45,53
MARS II.			
4.II.1952	4,119	5,886	45,36
11.II.1952	10,167	14,530	114,63
18.II.1952	4,458	6,371	48,04
26.II.1952	2,375	3,394	27,05
3.III.1952	4,216	6,025	50,73
10.III.1952	2,983	4,264	36,70
17.III.1952	4,913	7,021	64,65
24.III.1952	3,985	5,695	52,44
1.IV.1952	6,175	8,825	72,74
8.IV.1952	8,600	12,290	110,69
15.IV.1952	3,724	5,322	49,01
21.IV.1952	2,690	3,844	37,78
28.IV.1952	3,805	5,437	52,27
5.V.1952	4,141	5,917	63,32
13.V.1952	2,675	3,822	35,19
19.V.1952	7,585	10,839	118,51
28.V.1952	6,718	9,600	84,50
3.VI.1952	5,901	8,433	92,20
9.VI.1952	3,051	4,361	42,86
17.VI.1952		à sec	
24.VI.1952	3,080	4,401	48,12
30.VI.1952	9,325	13,327	156,94
7.VII.1952	7,272	10,392	120,40

TABLEAU VII (suite).

Date	cc ‰	mg ‰	‰ saturation
14.VII.1952	3,266	4,668	48,90
22.VII.1952	6,054	8,651	96,40
28.VII.1952	4,262	6,091	67,88
5.VIII.1952	2,928	4,185	39,36
11.VIII.1952	1,575	2,251	24,08
21.VIII.1952	0,588	0,853	8,81
26.VIII.1952	1,401	2,002	21,89
2.IX.1952	2,510	3,587	37,57
9.IX.1952	5,165	7,382	64,98
17.IX.1952	2,860	4,087	38,03
22.IX.1952	8,249	11,788	107,40
29.IX.1952	8,165	11,669	106,32
7.X.1952	7,197	10,285	92,63
12.X.1952	8,305	11,869	102,15
20.X.1952	1,886	3,317	22,95
26.X.1952	5,883	8,408	76,61
3.XI.1952	4,614	6,594	59,39
12.XI.1952	2,702	3,861	32,52
17.XI.1952	5,836	8,341	67,25
24.XI.1952	4,810	6,874	51,84
1.XII.1952	3,726	5,326	43,90
8.XII.1952	0,666	0,952	7,02
15.XII.1952	4,279	6,115	46,61
21.XII.1952	7,143	10,208	82,30
29.XII.1952	5,080	7,260	54,75
5.I.1953	3,169	4,815	36,31
15.I.1953	2,241	3,203	23,10
19.I.1953	2,678	3,828	28,23
26.I.1953	6,352	9,078	68,45
MARS III.			
4.II.1952	6,250	8,932	68,83
11.II.1952	7,160	10,232	78,85
18.II.1952	7,563	10,809	81,50
26.II.1952	10,252	14,652	116,77
3.III.1952	9,411	13,450	113,26
10.III.1952	7,411	10,634	91,53
17.III.1952	10,196	14,572	128,26

TABLEAU VII (suite).

Date	cc ‰	mg ‰	‰ saturation
24.III.1952	7,954	11,367	104,66
1.IV.1952	7,961	11,378	93,77
8.IV.1952	8,697	12,428	116,89
15.IV.1952	9,806	14,014	129,03
21.IV.1952	9,175	13,112	131,83
28.IV.1952	9,841	14,064	135,19
5.V.1952	8,729	12,475	133,48
13.V.1952	8,902	12,722	117,14
19.V.1952	6,451	9,219	100,80
28.V.1952	9,807	14,015	123,36
3.VI.1952	5,609	8,016	91,07
9.VI.1952	4,091	5,847	58,78
24.VI.1952	1,410	2,015	22,04
30.VI.1952	0,890	1,273	15,90
7.VII.1952	0,484	0,693	8,02
14.VII.1952	0,000	0,000	0,0
22.VII.1952	2,544	3,636	40,51
28.VII.1952	2,136	3,052	34,01
5.VIII.1952	1,761	2,517	27,52
11.VIII.1952	1,206	1,724	18,45
21.VIII.1952	0,560	0,801	8,39
26.VIII.1952	0,799	1,143	12,49
2.IX.1952	0,774	1,107	11,60
9.IX.1952	0,896	0,852	7,68
17.IX.1952	1,855	2,651	24,94
22.IX.1952	2,801	4,002	36,47
29.IX.1952	1,936	2,767	25,75
7.X.1952	1,167	1,668	15,02
12.X.1952	1,377	1,968	16,93
20.X.1952	1,844	2,635	22,43
26.X.1952	5,351	7,647	71,15
3.XI.1952	3,733	5,335	48,61
12.XI.1952	2,055	2,937	24,73
17.XI.1952	3,579	5,114	41,23
24.XI.1952	5,253	7,507	57,86
1.XII.1952	5,079	7,258	59,83
8.XII.1952	2,440	3,488	26,02
15.XII.1952	3,885	5,552	41,86
21.XII.1952	7,942	11,350	91,50
29.XII.1952	12,085	17,270	127,34
5.I.1953	11,705	16,392	120,87

TABLEAU VII (suite).

Date	cc ⁰ / ₀₀	mg ⁰ / ₀₀	⁰ / ₀ saturation
15.I.1953	11,097	15,859	114,41
19.I.1953	6,858	9,802	71,43
26.I.1953	7,328	10,478	77,22

TABLEAU VIII. — Variations de l'oxygène dissous. Observations durant 24 heures (17-18 septembre 1952) cc ‰ et % de la saturation.

Heures	Mare I		Mare II	
	cc ⁰ / ₀₀	%	cc ⁰ / ₀₀	%
13	3,200	43,53	1,855	24,94
14	2,949	40,12	1,442	19,62
15	3,474	48,31	1,031	14,03
16	3,354	45,63	1,534	20,62
17	2,643	35,96	0,922	12,26
18	2,957	40,24	1,085	14,43
19	2,778	37,80	2,027	26,96
20	2,433	32,70	1,576	20,96
21	2,089	28,08	2,617	34,80
22	1,790	24,06	1,596	21,23
23	1,991	26,76	1,422	18,91
24	1,642	21,58	1,326	17,43
1	1,646	21,63	1,182	15,54
2	1,436	18,87	1,144	15,03
3	1,017	13,37	2,781	36,54
4	1,149	15,10	1,707	22,43
5	1,116	14,66	3,030	39,22
6	1,126	14,79	0,729	9,57
7	1,648	21,43	1,254	16,48
8	1,562	20,31	1,437	18,88
9	2,638	34,30	1,724	22,65
10	2,095	27,54	0,905	11,89
11	2,459	32,70	2,448	32,55
12	2,465	33,14	1,685	22,41

TABLEAU IX. — Mesures hebdomadaires du pH.

Date	Mare I	Mare II	Mare III	Date	Mare I	Mare II	Mare III
11.XII.1952	7,2	—	7,5	7.VII.1952	7,2	7,4	7,2
16.XII.1951	7,2	—	7,4	14.VII.1952	6,8	7,2	7,6
24.XII.1951	7,0	—	7,4	22.VII.1952	7,2	7,2	7,2
7.I.1952	7,2	7,1	7,2	28.VII.1952	7,2	7,2	7,2
14.I.1952	7,2	7,2	7,2	5.VIII.1952	7,0	7,2	7,2
21.I.1952	7,2	7,2	7,6	11.VIII.1952	—	—	—
28.I.1952	7,5	7,2	7,6	21.VIII.1952	7,0	7,2	7,2
4.II.1952	7,0	7,2	7,4	26.VIII.1952	7,1	7,2	7,2
11.II.1952	7,1	7,1	7,5	2.IX.1952	7,2	7,2	7,2
18.II.1952	7,1	7,0	7,4	9.IX.1952	7,1	7,4	7,2
26.II.1952	7,0	7,2	7,6	17.IX.1952	7,4	—	—
3.III.1952	7,0	7,2	7,6	22.IX.1952	7,1	7,4	7,4
10.III.1952	7,2	7,3	7,6	29.IX.1952	7,1	7,6	7,6
17.III.1952	7,4	7,3	7,6	7.X.1952	7,1	7,3	7,6
24.III.1952	7,3	7,4	7,6	12.X.1952	7,1	7,5	7,6
1.IV.1952	7,2	7,4	7,6	20.X.1952	7,1	7,2	7,6
8.IV.1952	7,4	7,3	7,6	26.X.1952	7,2	7,6	7,6
15.IV.1952	7,4	7,3	7,6	3.XI.1952	7,6	7,5	7,4
21.IV.1952	7,4	7,2	7,6	12.XI.1952	7,6	7,6	7,6
28.IV.1952	7,4	7,2	7,6	17.XI.1952	7,2	7,2	7,6
5.V.1952	7,3	7,4	7,6	24.XI.1952	7,1	7,2	7,6
13.V.1952	7,1	7,3	7,6	1.XII.1952	7,1	7,1	7,6
19.V.1952	7,1	7,4	7,6	8.XII.1952	7,0	7,1	7,4
28.V.1952	7,0	7,3	7,6	15.XII.1952	7,0	7,1	7,6
3.VI.1952	7,0	7,3	7,6	21.XII.1952	7,1	—	7,4
9.VI.1952	7,0	7,3	7,2	29.XII.1952	—	7,2	7,5
17.VI.1952	7,0	7,3	7,5	5.I.1953	7,2	7,2	7,6
24.VI.1952	7,0	7,3	7,6	15.I.1953	7,1	7,1	7,4
30.VI.1952	7,2	7,4	7,2	19.I.1953	7,2	7,0	7,1
				26.I.1953	7,1	7,2	7,1

Représentée sous forme d'un histogramme (fig. 5), la fréquence du pH montre pour les mares des pH compris généralement entre 7,0 à 7,2 pour la mare I; 7,1 à 7,2 pour la mare II et 7,5 à 7,6 pour la mare III, ce qui permet de conclure à une alcalinité croissante depuis la mare I à la mare III.

Le dosage de l'alcalinité permet le plus souvent de faire toute une série de calculs et de considérations. On ne possède qu'un dosage par mois et par mare.

A partir de ces résultats, on a calculé le pH théorique au moyen de la table de R. CZENSNY.

TABLEAU X. — Fréquence du pH en %.

Mare I		Mare II		Mare III	
	%		%		%
6,8 à 6,9	1,75	—	—	—	—
6,9 à 7,0	22,80	6,9 à 7,0	3,77	—	—
7,0 à 7,1	28,07	7,0 à 7,1	10,52	7,0 à 7,1	3,50
7,1 à 7,2	28,07	7,1 à 7,2	39,62	7,1 à 7,2	21,05
7,2 à 7,3	3,50	7,2 à 7,3	20,75	7,2 à 7,3	0
7,3 à 7,4	10,52	7,3 à 7,4	15,09	7,3 à 7,4	15,78
7,4 à 7,5	1,75	7,4 à 7,5	3,77	7,4 à 7,5	7,01
7,5 à 7,6	3,50	7,5 à 7,6	5,66	7,5 à 7,6	52,63

La comparaison de ces valeurs permet d'émettre quelques considérations très importantes (fig. 6) :

Mare I. — Le pH réel est généralement plus petit ou égal au pH théorique. Aux mois d'avril et de novembre, il y a équilibre. L'eau contient donc un excès d'anhydride carbonique libre durant presque toute l'année et elle est en état de dissoudre du carbonate de calcium.

Mare II. — Dans cette mare, il y a des alternances très curieuses. D'abord inférieur, puis égal au pH théorique, le pH réel est supérieur pendant les mois

TABLEAU XI. — Alcalinité en CO₂ milliéquivalents %. Valeurs mensuelles.

Mois	Mare I	Mare II	Mare III
II	4,06	4,26	5,30
III	4,22	4,64	4,32
IV	4,50	5,72	5,02
V	4,54	5,72	4,94
VI		à sec	
VII	5,28	5,58	4,70
VIII	4,66	4,64	5,04
IX	5,20	5,56	5,80
X	5,09	5,51	5,60
XI	6,39	6,12	5,70
XII	4,23	—	4,96
I	4,20	4,10	1,99

TABLEAU XII. — pH réel et pH théorique. Valeurs mensuelles.

Mois	Mare I		Mare II		Mare III	
	Réel	Théorique	Réel	Théorique	Réel	Théorique
II	7,0	< 7,53	7,2	< 7,5	7,6	> 7,26
III	7,3	< 7,52	7,4	= 7,4	7,6	> 7,49
IV	7,4	= 7,44	7,2	> 7,18	7,6	> 7,32
V	7,0	< 7,43	7,3	> 7,18	7,6	> 7,33
VI				à sec		
VII	7,0	7,26	7,2	= 7,2	7,2	7,39
VIII	7,1	7,4	7,2	7,4	7,2	7,31
IX	7,1	7,28	7,6	7,21	7,6	7,17
X	7,2	7,32	7,6	7,22	7,6	7,2
XI	7,1	= 7,1	7,2	7,12	7,6	7,18
XII	7,1	7,52	—	—	7,4	7,34
I	7,1	7,52	7,2	7,53	7,1	8,02

d'avril et mai; il y a probablement décalcification biologique à ce moment. En juin, la mare est à sec. Dès le retour de l'eau, les deux pH sont en équilibre. En août, le pH est plus petit, il y a présence d'acide carbonique libre. En septembre et octobre, le pH réel est supérieur, donc nouveau phénomène de décalcification avec alcalinisation à cause de l'hydrolyse et de l'ionisation du carbonate de calcium précipité. La fin du cycle annuel est marquée par un pH réel inférieur, ce qui prouve la présence d'acide carbonique libre.

Mare III. — Au cours des premiers mois de l'année, de février à mai, le pH réel est supérieur; il y a décalcification probablement sous l'influence d'une production végétale importante, en fait une grande abondance d'organismes planctoniques à chlorophylle et de végétation flottante à hydrophytes.

En juin, la mare est à sec. Dès la réapparition de l'eau, le pH réel est inférieur pendant les mois de juillet et août. En septembre, octobre, novembre et décembre, il y a de nouveau décalcification: le pH réel est supérieur au pH théorique. En janvier, l'acide carbonique réapparaît et produit l'inversion du phénomène.

On verra plus loin les variations des teneurs en Ca^{++} par rapport à ce mécanisme.

d) ÉLECTROLYTES.

On a fait régulièrement tous les mois la mesure de la résistivité. Celle-ci varie assez bien entre les eaux des trois mares.

W. ATKINS et G. T. HARRIS (1924) ont montré que la conductivité (inverse de la résistivité) est haute lorsque le pH est bas, et réciproquement; ils suggèrent que ce phénomène peut être dû à la précipitation des carbonates de Ca^{++} et Mg^{++} , à cause de la diminution du CO_2 en solution et que la diminution de la conductivité peut résulter du fait de l'absorption des électrolytes par les algues.

Des variations de conductivité peuvent se présenter non seulement au cours de l'année, mais aussi au cours de la journée.

Cette dernière considération nous amène à trouver, dans les mesures de la résistivité des mares I et III, une différence notable dans le comportement au cours de 24 heures, les 17 et 18 septembre 1952.

Mare I. — La plus petite résistivité en valeur absolue, donc la plus grande concentration en électrolytes, se présente à six heures du matin, ce qui tend à prouver une redissolution d'électrolytes au cours de la nuit. La plus grande résistivité, c'est-à-dire la plus petite concentration en matières minérales, se trouve à 18 heures de l'après-midi, moment où, après le maximum de la photosynthèse, le milieu s'est progressivement appauvri en électrolytes.

TABLEAU XIII. — Variations mensuelles de la résistivité.
à 18°

Mois	Mare I	Mare II	Mare III
II	1959	1300	1405
III	1796	1418	1563
IV	2281	1221	2557
V	2118	1239	1821
VI		à sec	
VII	2590	2132	1991
VIII	2346	2401	1736
IX	2101	1759	1551
X	2000	1609	1585
XI	2200	1322	1324
XII	1314	inondation	1676
I	2254	1902	3519

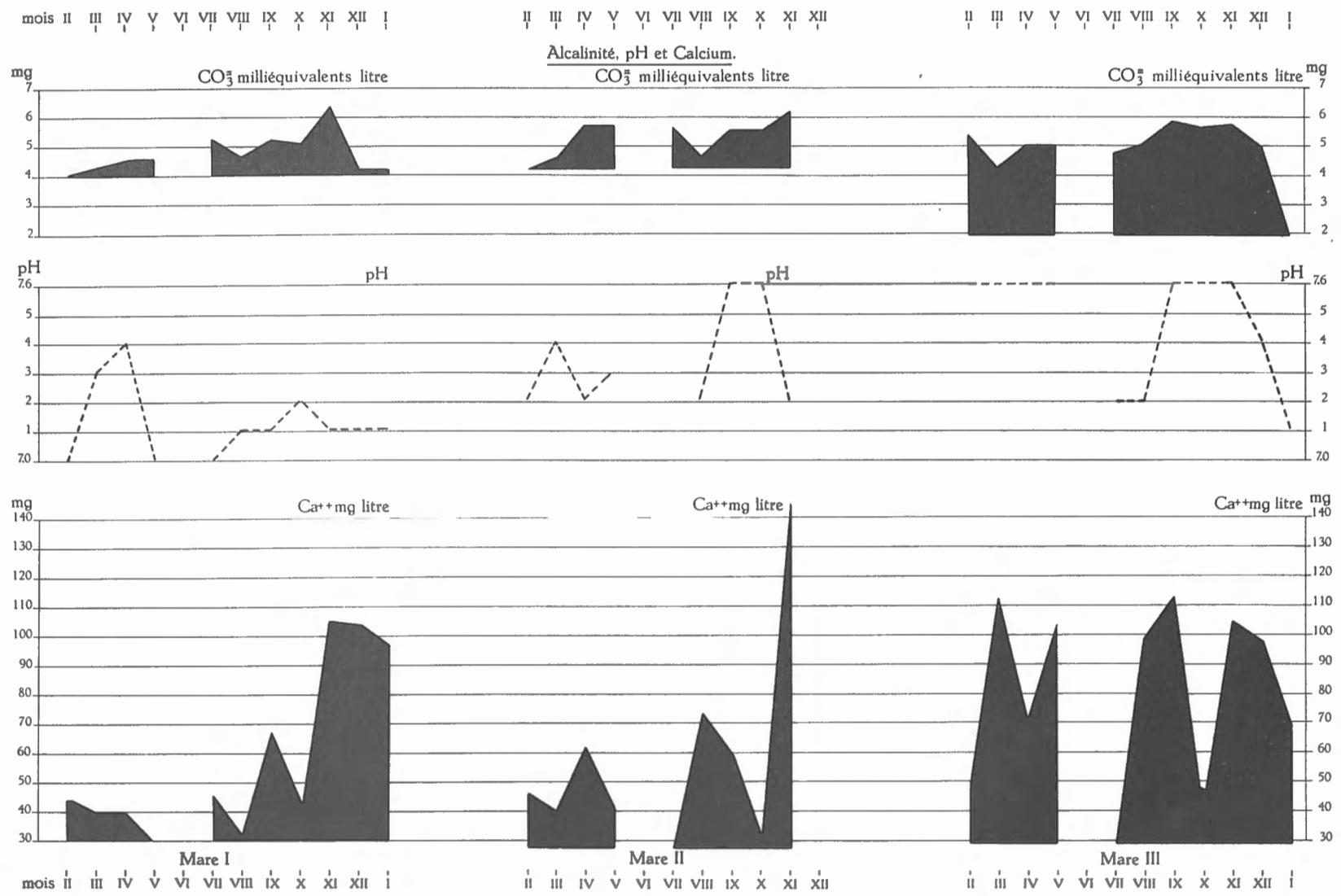


FIG. 6.

Mare III. — Le minimum d'électrolytes se présente à six heures du matin et le maximum à une heure de l'après-midi. Il y a ici probablement des réactions secondaires dont nous devons rechercher plus loin les raisons d'être.

e) CALCIUM.

Assez considérables sont les variations des teneurs en Ca^{++} au cours du cycle biologique annuel et varient de plus du simple au double. Elles sont en relation étroite avec la présence plus ou moins grande d'acide carbonique libre en solution, dû à l'équilibre avec l'atmosphère et aux fermentations de la vase ainsi qu'à la respiration des animaux qui peuplent les eaux.

TABLEAU XIV. — Calcium en mg Ca^{++} litre. Valeurs mensuelles.

Mois	Mare I	Mare II	Mare III
II	43,6	47,84	43,2
III	40,8	40,8	112,16
IV	40,0	60,16	69,76
V	29,6	41,92	104,40
VI		à sec	
VII	47,6	28,4	29,76
VIII	32,8	73,6	98,8
IX	67,2	59,84	112,40
X	43,2	30,0	40,0
XI	105,6	144,8	104,8
XII	104,8	—	96,4
I	97,2	144,0	67,6

L'abondance d'organismes à chlorophylle produit à certains moments un appel de CO_2 . L'acide libre étant consommé, les organismes retirent alors l'acide carbonique dont ils ont besoin des bicarbonates de Ca^{++} et de Mg^{++} . L'équilibre étant rompu, le carbonate de calcium se précipite par conséquent, est hydrolysé, et les ions hydroxydes mis en liberté provoquent une alcalinisation que des pH supérieurs à 7,0 nous indiquent immédiatement.

Afin d'avoir une meilleure vue d'ensemble du mécanisme de la décalcification et de la redissolution du carbonate de calcium, groupons dans le tableau XV les pH réel et théorique et la teneur en Ca^{++} correspondante pour les trois mares.

Comme il a été dit à l'occasion des considérations au sujet du pH, le pH réel étant plus petit ou égal au pH théorique dans la mare I, il semble donc, pour autant que des visites mensuelles permettent de le supposer, que la présence probable d'acide carbonique libre empêche la précipitation de carbonate de calcium,

TABLEAU XV. — pH réels et théoriques et valeurs correspondantes du Ca⁺⁺ en mg/l.
Valeurs mensuelles.

Mois	Alcalinité	pH réel	pH théorique	Ca ⁺⁺ mg/l
MARE I.				
II	4,06	7,0	< 7,53	43,6
III	4,22	7,3	< 7,52	40,8
IV	4,50	7,4	= 7,44	40,0
V	4,54	7,0	< 7,43	29,6
VI			à sec	
VII	5,28	7,0	< 7,26	47,6
VIII	4,66	7,1	< 7,4	32,8
IX	5,20	7,1	< 7,28	67,2
X	5,09	7,2	< 7,32	43,2
XI	6,39	7,1	= 7,1	105,6
XII	4,23	7,1	< 7,52	104,8
I	4,20	7,1	< 7,52	97,2
MARE II.				
II	4,26	7,2	< 7,5	47,84
III	4,64	7,4	= 7,4	40,8
IV	5,72	7,2	> 7,18	60,16
V	5,72	7,3	> 7,18	41,92
VI			à sec	
VII	5,58	7,2	= 7,2	28,4
VIII	4,64	7,2	< 7,4	73,6
IX	5,56	7,6	> 7,21	59,84
X	5,51	7,6	> 7,22	30,0
XI	6,12	7,2	> 7,12	144,8
XII			inondation	
I	4,10	7,2	< 7,53	144,0
MARE III.				
II	5,30	7,6	> 7,26	43,2
III	4,32	7,6	> 7,49	112,16
IV	5,02	7,6	> 7,32	69,76
V	4,94	7,6	> 7,33	104,40

TABLEAU XV (suite).

Mois	Alcalinité	pH réel	pH théorique	Ca ⁺⁺ mg/l
VI			à sec	
VII	4,70	7,2	< 7,39	29,76
VIII	5,04	7,2	< 7,34	98,8
IX	5,80	7,6	> 7,17	112,40
X	5,60	7,6	> 7,20	40,0
XI	5,70	7,6	> 7,18	104,8
XII	4,96	7,4	> 7,34	96,4
I	1,99	7,1	< 8,02	67,6

ou bien que, pour des raisons indéterminées, la quantité de matière végétale à chlorophylle reste proportionnelle à l'acide carbonique et ne doit pas faire appel aux bicarbonates.

Dans la mare II, il y a des alternances très curieuses qu'il faut certainement mettre en rapport avec des apparitions plus ou moins grandes de végétation flottante.

Les plus fortes décalcifications semblent se produire dans la mare III, où le pH réel est la plupart du temps supérieur au pH théorique.

TABLEAU XVI. — Mg⁺⁺ en mg/l. Valeurs mensuelles.

Mois	Mare I	Mare II	Mare III
II	5,5	6,7	13,0
III	6,5	8,3	9,6
IV	6,7	8,3	9,6
V	7,1	9,2	13,0
VI		à sec	
VII	8,3	9,2	10,0
VIII	6,9	7,5	8,3
IX	6,9	7,5	14,0
X	7,3	10,0	13,0
XI	16,0	17,5	18,0
XII	9,6	—	2,1
I	12,0	10,0	7,9

f) LE MAGNÉSIUM.

Accompagnant le calcium dans la dolomie, le magnésium se rencontrera donc aussi dans les eaux en relation avec cette formation géologique. La concentration en Mg^{++} des eaux des trois mares n'est pas très importante et ne dépasse que rarement une bonne dizaine de milligrammes au litre.

g) SULFATES.

Le soufre, élément nécessaire dans la construction des molécules complexes des albumines, est généralement présent dans les eaux sous forme de sulfate de calcium, ou, dans certains cas, sous forme d'hydrogène sulfuré. Lorsque l'oxy-

TABLEAU XVII. — SO_4^- en mg/l. Moyennes mensuelles.

Mois	Mare I	Mare II	Mare III
II	81,7	99,1	84,3
III	84,3	90,5	84,9
IV	44,6	91,1	65,7
V	40,9	95,4	51,4
VI		à sec	
VII	32,2	78,7	37,8
VIII	33,5	81,8	58,9
IX	43,4	96,6	69,4
X	47,1	96,6	72,5
XI	68,6	90,4	99,1
XII	68,4	—	126,4
I	59,9	102,9	80,1

gène est présent en grandes quantités, l'hydrogène sulfuré est facilement oxydé en acide sulfurique. Mais, dans le cas de production massive, lorsque l'oxygène fait défaut, le gaz se concentre vers le fond, en dessus et dans la vase. Les sulfates précipités dans la vase peuvent être réduits dans certaines circonstances par des thiobactériacées qui libèrent l'hydrogène sulfuré.

Dans les mares de Chertal, la concentration en ions SO_4^- varie entre 32,2 et 126,4 mg/l. Il y a des différences très importantes entre les trois mares, et la mare I est celle qui en contient relativement le moins. La mare III semble être la plus riche en sulfates.

A remarquer les variations locales de la teneur en sulfates. Au mois de décembre 1952, l'inondation avait unifié les trois mares, qui ne faisaient ainsi

qu'une seule nappe d'eau. A la place habituelle dans la mare I et la mare III, on a prélevé un échantillon d'eau et l'analyse a révélé une différence notable : 68,4 mg et 126,4 mg/l respectivement. L'origine de ces quantités de sulfates doit être, sans aucun doute, recherchée dans l'eau de ruissellement qui entraîne les sulfates utilisés comme engrais sur les champs et les pâturages environnants.

TABLEAU XVIII. — Cl⁻ en mg/l. Valeurs mensuelles.

Mois	Mare I	Mare II	Mare III
II	26,41	28,18	—
III	28,18	26,41	38,75
IV	28,18	28,18	42,26
V	31,69	29,92	44,03
VI		à sec	
VII	31,69	31,69	45,81
VIII	26,41	26,41	44,03
IX	24,64	24,64	44,03
X	26,41	26,41	42,26
XI	29,92	31,69	31,69
XII	26,42	—	28,18
I	26,40	29,9	15,8

h) CHLORE.

Comme le chlore intervient dans l'établissement des balances ioniques, il faut en parler, malgré que dans les cas qui nous occupent il ne constitue pas un élément d'importance capitale. La teneur ne dépasse pas 45,8 mg/l.

Le principal facteur pouvant avoir une influence sur la plus ou moins grande concentration en Chlore est l'évaporation du dissolvant : on remarque la diminution relative après l'inondation du mois de décembre, où toutefois la différence entre la mare I et la mare III est significative et donne à croire qu'il y a là des influences locales non négligeables. L'origine du Cl⁻, élément très largement répandu dans la nature, est à chercher ici aussi dans la fumure des terres.

i) NITRATES.

Élément très important, stade final de l'oxydation de la matière morte, les nitrates sont à la base de l'alimentation azotée des organismes à chlorophylle. Par définition même, les nitrates étant un produit d'oxydation, il y a une relation très étroite entre la concentration en oxygène d'une eau et la teneur en nitrates.

TABLEAU XIX. — NO_3^- en mg/l. Valeurs mensuelles.

Mois	Mare I	Mare II	Mare III
II	6,63	5,15	3,25
III	3,10	4,75	4,12
IV	4,37	4,37	3,10
V	4,12	4,9	5,15
VI		à sec	
VII	2,87	4,37	4,12
VIII	2,87	3,25	3,25
IX	2,875	2,875	3,25
X	2,50	3,50	2,00
XI	1,25	1,65	1,40
XII	4,12	—	6,00
I	3,25	6,20	4,95

Il serait toutefois illusoire de vouloir observer une relation mathématique entre l'oxygène et les nitrates produits, ceux-ci pouvant être consommés à mesure de leur production. Ce n'est donc qu'avec une grande circonspection qu'il faut essayer de tirer des conclusions des chiffres analytiques.

Ne possédant que des analyses complètes mensuelles, il est difficile de suivre l'évolution exacte des nitrates. Quoi qu'il en soit, en comparant les courbes des deux éléments oxygène et nitrates pour les trois mares, on peut remarquer ce qui suit :

TABLEAU XX. — Nitrates et oxygène. Variations en mg/l et % de la saturation. Valeurs mensuelles.

Mois	Mare I		Mare II			Mare III			
	NO_3 mg/l	O_2 mg/l	O_2 %	NO_3 mg/l	O_2 mg/l	O_2 %	NO_3 mg/l	O_2 mg/l	O_2 %
II	6,63	8,29	66,14	5,15	3,39	27,05	3,25	14,65	116,77
III	3,10	4,51	41,55	4,75	5,69	52,44	4,12	11,36	104,66
IV	4,37	10,56	101,57	4,37	5,43	52,27	3,10	14,06	135,19
V	4,12	2,82	25,46	4,90	8,43	92,20	5,15	5,84	58,78
VI					à sec				
VII	2,87	3,05	33,35	4,37	4,18	39,36	4,12	2,51	27,52
VIII	2,87	2,43	26,64	3,25	2,00	21,89	3,25	1,14	12,49
IX	2,87	4,67	43,52	2,87	11,66	106,32	3,25	2,76	25,75
X	2,50	2,71	24,21	3,50	8,40	76,61	2,00	7,64	71,15
XI	1,25	4,91	37,06	1,65	6,87	51,84	1,40	7,50	57,86
XII	4,12	9,06	73,10	—	10,20	82,30	6,00	11,35	91,50
I	3,25	6,17	45,53	6,20	9,07	68,45	4,95	10,47	77,22

Mare I. — La courbe des nitrates suit celle de l'oxygène très régulièrement, sauf aux mois de juillet, août et septembre, durant lesquels peu d'oxygène fut disponible à cause du grand déficit de la saturation. La quantité de nitrates décroît rapidement, mais, dès que l'oxygène augmente, l'oxydation augmente aussi et suit presque parallèlement l'évolution de l'oxygène.

Mare II. — Depuis février, jusqu'en mai, il y a une légère inflexion, avec consommation maximale au mois d'avril. Puis, augmentation avec un accroissement de l'oxygène. L'abaissement de ce dernier en juillet et août a pour conséquence directe une diminution des nitrates, qui continuent à être assimilés malgré l'augmentation de l'oxygène. Il y a ensuite une légère ascension vers octobre, puis diminution parallèle en novembre et remonte en janvier. Ce dernier phénomène de parallélisme parfait s'explique par l'absence presque totale d'assimilation massive durant cette période.

Mare III. — A une diminution d'oxygène correspond d'abord un accroissement des nitrates en mars; il y a ensuite absorption jusqu'en août, puis montée parallèlement à une diminution d'oxygène.

En juillet, il y a diminution progressive jusqu'en août; puis la consommation des nitrates augmente considérablement, de sorte qu'ils atteignent un minimum en novembre. A une augmentation rapide de l'oxygène correspond alors un accroissement des nitrates.

On peut donc conclure de ce qui précède à une corrélation sensible entre les teneurs en oxygène et les concentrations en nitrates, sauf là où la consommation des nitrates par les organismes à chlorophylle dépasse le pouvoir oxydant de la quantité d'oxygène disponible. Dès qu'il n'y a plus d'assimilation, les deux courbes sont presque parallèles (fig. 7).

Quant aux variations diurnes, un seul exemple est à notre disposition : Au cours d'un cycle de 24 heures (17/18.IX.1952), les nitrates ont été dosés d'heure en heure aux mares I et III. Le tableau XXI renseigne la concentration en oxygène en mg/l, le % de la saturation et les nitrates en mg NO₃ litre.

Mare I. — L'oxygène décrit une courbe descendante depuis 13 heures jusqu'à 3 heures du matin, puis une courbe ascendante s'amorce lentement et monte presque en flèche à 6 heures du matin. Sans être très explicite, la courbe des nitrates montre une opposition nette entre l'oxygène et les nitrates. Au moment des concentrations notables de l'oxygène, les nitrates sont présents en quantités minimales et inversement. Il est vrai que, dans l'après-midi, l'assimilation chlorophyllienne a utilisé une certaine quantité de nitrates et que, pendant la nuit, ces derniers se sont accrus au détriment de l'oxygène et des matières organiques.

Mare III. — Il est fort difficile de comparer les deux graphiques, celui de l'oxygène présentant des anomalies.

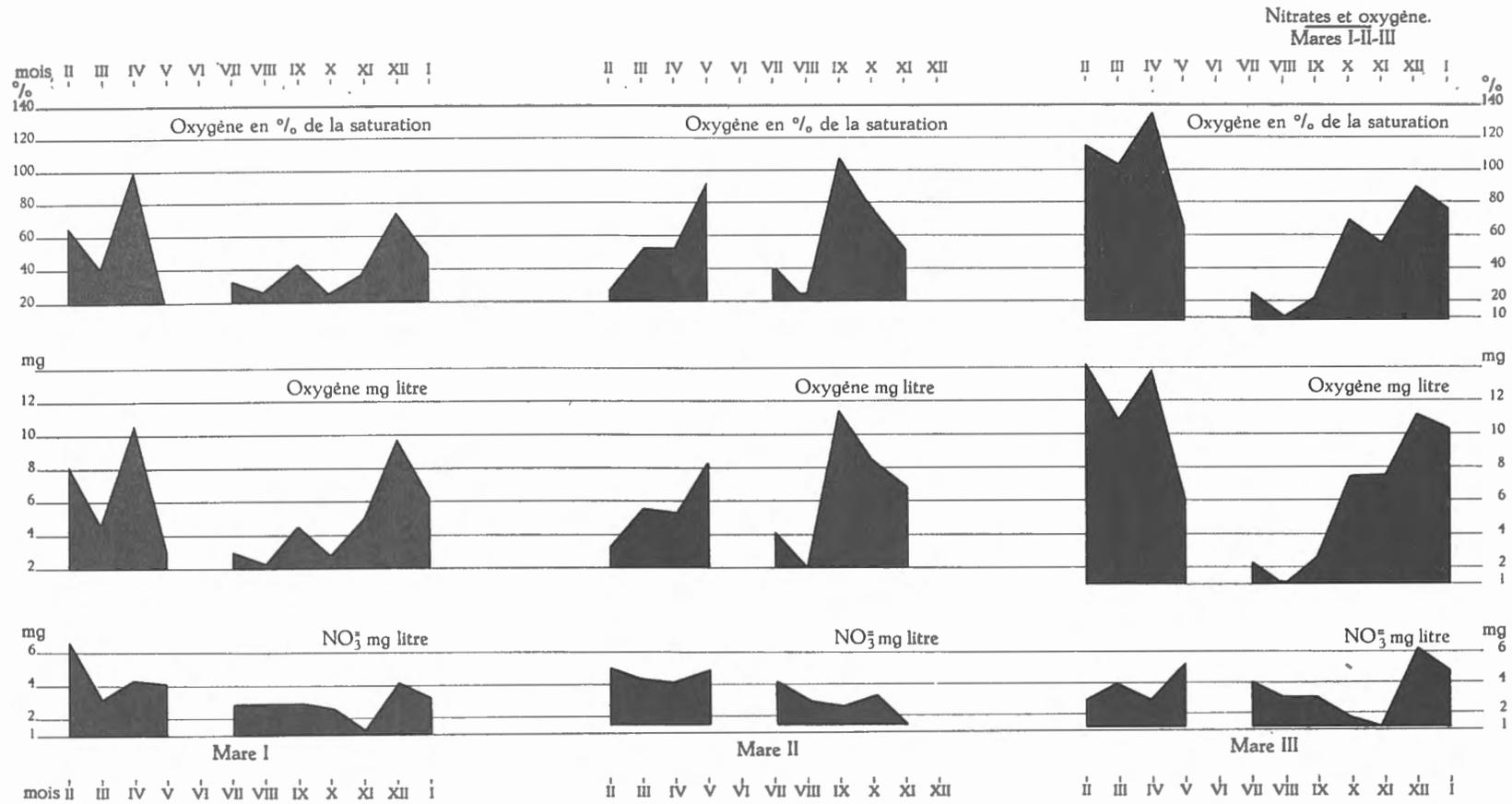


FIG. 7.

Cependant, les nitrates sont en moindre quantité durant le jour et augmentent pendant la nuit. Il est curieux de souligner ici une diminution forte entre 7 et 9 heures du matin, correspondant à une pointe d'oxygène. Il faudrait donc admettre qu'à ce moment il y ait eu un accroissement subit de l'activité photosynthétique.

TABLEAU XXI. — Variations de l'oxygène et des nitrates au cours de 24 heures.

Heure	Mare I			Mare III		
	O ₂ mg °/100	%	NO ₃ ⁻ mg °/100	O ₂ mg °/100	%	NO ₃ ⁻ mg °/100
13	4,573	43,53	1,50	2,651	24,94	2,10
14	4,214	40,12	1,25	2,060	19,62	2,25
15	4,966	48,31	1,65	1,474	14,03	1,65
16	4,794	45,63	2,25	2,192	20,62	1,25
17	3,777	35,96	1,65	1,318	12,26	2,10
18	4,226	40,24	1,85	1,551	14,43	1,65
19	3,971	37,80	1,65	2,897	26,96	1,65
20	3,477	32,70	2,50	2,253	20,96	1,65
21	2,986	28,08	1,85	3,740	34,80	1,25
22	2,559	24,06	1,25	2,281	21,23	2,10
23	2,845	26,76	1,65	2,032	18,91	2,10
24	2,347	21,58	1,50	1,896	17,43	1,65
1	2,353	21,63	2,50	1,690	15,54	2,50
2	2,052	18,87	2,50	1,635	15,03	2,50
3	1,454	13,37	2,50	3,974	36,54	2,50
4	1,642	15,10	2,50	2,440	22,43	2,50
5	1,594	14,66	2,50	4,331	39,22	2,87
6	1,609	14,79	3,10	1,042	9,58	2,25
7	2,356	21,43	3,25	1,792	16,48	1,65
8	2,232	20,31	2,50	2,054	18,88	1,65
9	3,770	34,30	2,10	2,463	22,65	1,65
10	2,995	27,54	2,50	1,293	11,89	3,10
11	3,514	32,70	2,50	3,498	32,55	1,65
12	3,523	33,14	2,10	2,408	22,41	2,50

Les diverses sources de l'azote des eaux d'une mare sont : l'azote atmosphérique dissous par les échanges avec l'atmosphère, l'azote nitrique apporté par les pluies orageuses, les nitrates et matières organiques fournis par les eaux de ruissellement, les nitrates produits au cours de l'oxydation des matières organiques albuminoïdiques de déchets des animaux et des plantes. Plusieurs de ces sources restent actuellement incontrôlables. La seule dont on pourrait se servir pour constituer un ordre de grandeur est la teneur en azote du phytoplancton et du

zooplancton recueillis quantitativement. Au cours de leur période de décroissance, ils produisent nécessairement une augmentation de la matière organique et par conséquent de nitrates.

Dans des petites mares, telles que celles de Chertal, de tels prélèvements de planctons divers sont extrêmement difficiles; car la filtration conduirait très rapidement à une turbulence locale faussant tous les résultats. Nous devons donc nous en tenir au dosage des nitrates, en considérant toutefois que les résultats obtenus ne sont pas complets.

j) PHOSPHATES.

Comme plusieurs auteurs ont pu le démontrer, le phosphore agit comme limitant sur la production du plancton, plus encore que les nitrates. Lorsque le phosphore disparaît au printemps, le développement des algues du plancton et des algues filamenteuses cesse. On a aussi démontré la relation inverse entre la lumière du soleil et la concentration en phosphore. Plus la lumière développe l'activité photosynthétique, plus les algues puiseront dans la réserve en phosphore du milieu et plus celui-ci s'appauvrit. La remise en solution a lieu dès la destruction de la matière organisée. De cette façon, nous devons retrouver le phosphore vers la fin de l'automne et en hiver.

Dans les mares de Chertal, nous nous trouvons au début de l'année en présence d'une quantité assez considérable de PO_4 , surtout dans les mares I et II, où l'analyse a permis de déceler des teneurs de 0,275 mg/l. Cette quantité diminue

TABLEAU XXII. — PO_4 en mg/l. Valeurs mensuelles.

Mois	Mare I	Mare II	Mare III
II	0,275	0,275	0,140
III	0,225	0,275	0,263
IV	0,190	0,340	0,135
V	0,190	0,360	1,00
VI		à sec	
VII	0,190	0,160	0,665
VIII	0,210	0,275	0,315
IX	0,000	0,000	0,635
X	0,180	0,062	0,320
XI	0,075	0,115	0,060
XII	0,060	—	0,045
I	0,140	0,285	0,275

progressivement jusqu'en juillet. Elle augmente à nouveau, mais tombe à zéro au mois de septembre. Au mois de janvier, elle atteint une valeur se rapprochant, *mutatis mutandis*, de la valeur initiale observée au début du cycle.

Dans la mare III, le PO_4 ne disparaît pas totalement; son point le plus bas est en décembre avec 0,045 mg/l. La croissance se produit ensuite en flèche.

k) SILICE.

La teneur en silice semble surtout liée à la nature du fond de la cuvette lacustre, un fond argileux tendant à l'augmenter. Les quantités varient de cuvette à cuvette, d'après les saisons, d'après la présence ou l'absence de stratification, la quantité de Diatomées du plancton, la profondeur et d'autres facteurs. La solubilité dépendant principalement de l'alcalinité de l'eau, on peut constater, par

TABLEAU XXIII. — SiO_2 en mg/l — $\text{CO}_3^{=}$ en milliéquivalents/l. Valeurs mensuelles.

Mois	Mare I		Mare II		Mare III	
	SiO_2	$\text{CO}_3^{=}$	SiO_2	$\text{CO}_3^{=}$	SiO_2	$\text{CO}_3^{=}$
II	80,25	4,06	39,59	4,26	42,80	5,30
III	80,25	4,22	40,01	4,64	39,59	4,32
IV	50,29	4,50	53,50	5,72	46,01	5,02
V	34,24	4,54	39,59	5,72	39,59	4,94
VI			à sec			
VII	42,80	5,28	23,54	5,58	46,01	4,70
VIII	35,21	4,66	34,24	4,64	42,80	5,04
IX	26,75	5,20	34,24	5,56	35,31	5,80
X	13,37	5,09	16,05	5,51	19,26	5,60
XI	40,12	6,39	36,38	6,12	40,12	5,70
XII	27,82	4,23	—	—	33,17	4,96
I	46,01	4,20	50,29	4,10	42,80	1,99

l'examen du tableau XXII, un certain rapport entre celle-ci exprimée en milli-équivalents-litre et les teneurs en SiO_2 en mg/l. A la plus petite alcalinité devrait correspondre la plus petite teneur en silice et réciproquement.

A la mort des Diatomées et des plantes accumulant de la silice, celle-ci est libérée sous sa forme minéralisée et rentre progressivement en solution.

Comme un de nous a eu l'occasion de le démontrer (lac Upemba, au Congo belge, L. VAN MEEL, 1953), on peut difficilement trouver une proportionnalité réelle entre l'alcalinité et les teneurs en silice, surtout à cause du développement de la végétation groupant les héliophytes, les hydrophytes et les organismes à

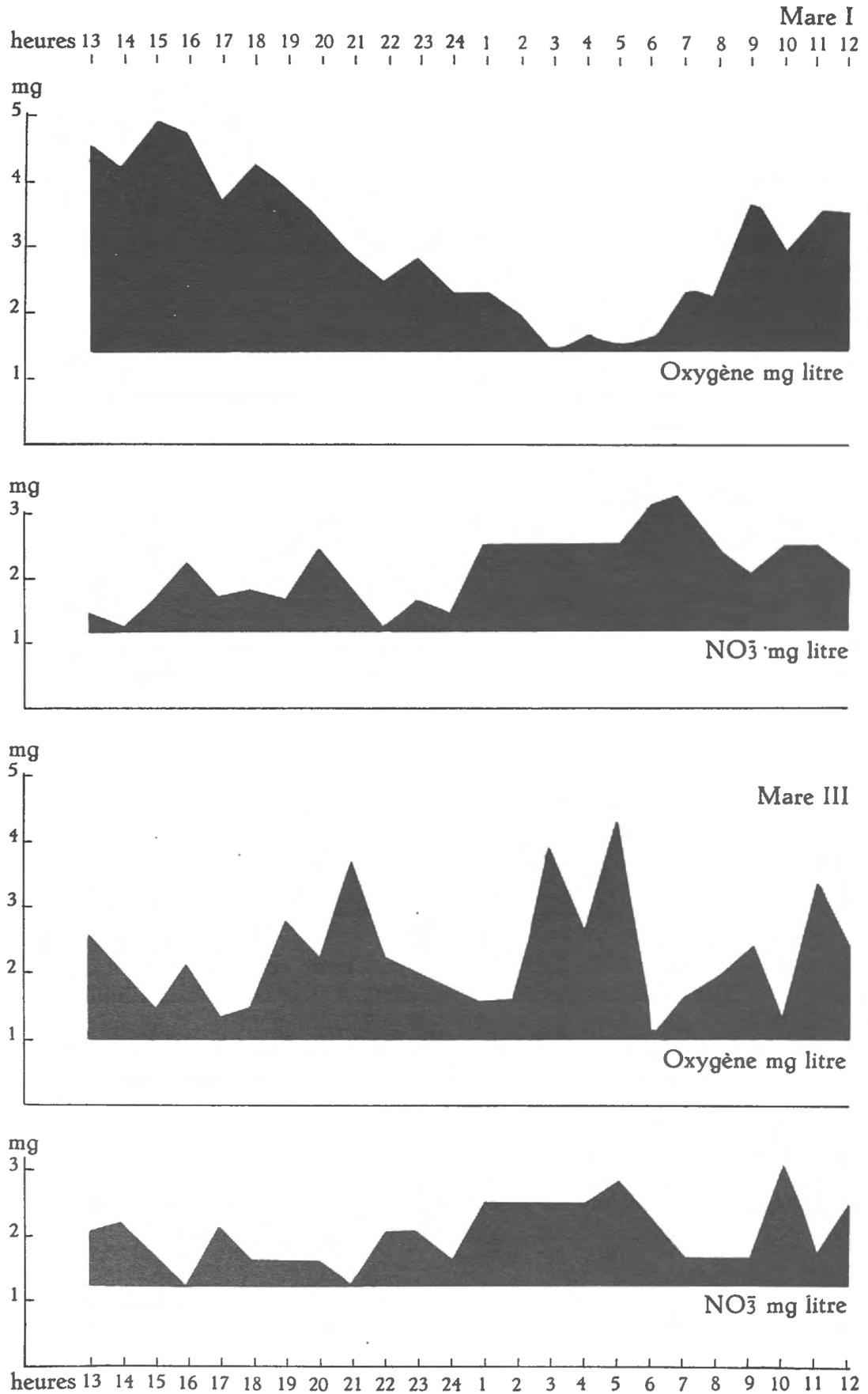


FIG. 8.

chlorophylle du plancton. Si l'on considère des périodes dans le cycle annuel, on voit cependant que quelques alcalinités maximales correspondent à une teneur en silice assez élevée. Ainsi pour la mare I au mois de novembre, 6,30 méq CO₃ correspondent à 40,12 mgr SiO₂, soit la pointe maximale depuis le mois d'août; dans la mare II au mois d'avril, 53,50 mg de SiO₂ répondent à une alcalinité de 5,72 méq CO₃; dans la mare II, aucun cas ne mérite d'être plus spécialement cité. Dans ce cas aussi il est difficile de démontrer l'exactitude de cette théorie, puisque la végétation continue à se développer aux dépens des réserves minérales dissoutes, de sorte que l'établissement d'une balance exacte devient impossible.

1) ESSAI D'UN CYCLE DE 24 HEURES.

Dans le but de démontrer l'utilité des cycles de 24 heures, un tel essai a pu être effectué à Chertal avec une intention purement spéculative, les 17 et 18 septembre 1952.

TABLEAU XXIV. — Alcalinité en CO₃⁼ milliéquivalents/l, pH réel, pH théorique.

Heure	Mare I			Mare II		
	CO ₃ ⁼	pH réel	pH théorique	CO ₃ ⁼	pH réel	pH théorique
13	4,96	7,25	7,33	5,40	7,40	7,24
14	5,00	7,15	7,32	5,42	7,30	7,24
15	5,02	7,10	7,32	5,46	7,30	7,23
16	5,00	7,25	7,32	5,44	7,40	7,23
17	5,04	7,25	7,31	5,52	7,22	7,35
18	5,02	7,24	7,32	5,50	7,35	7,22
19	5,02	7,26	7,32	5,44	7,34	7,23
20	4,96	7,20	7,33	5,42	7,34	7,24
21	4,95	7,17	7,33	5,52	7,32	7,22
22	4,92	7,15	7,34	5,46	7,23	7,32
23	4,98	7,15	7,32	5,48	7,31	7,22
24	4,99	7,12	7,32	5,44	7,30	7,23
1	4,96	7,15	7,33	5,40	7,35	7,24
2	5,08	7,15	7,30	5,41	7,35	7,24
3	5,06	7,15	7,31	5,43	7,35	7,23
4	5,06	7,15	7,31	5,45	7,32	7,23
5	4,98	7,18	7,32	5,40	7,35	7,24
6	5,12	7,20	7,30	5,50	7,35	7,22
7	5,04	7,20	7,31	5,44	7,35	7,23
8	5,00	7,20	7,32	5,42	7,33	7,24
9	4,97	7,20	7,33	5,45	7,36	7,23
10	4,98	7,20	7,32	5,58	7,39	7,20
11	5,02	7,20	7,32	5,52	7,40	7,22
12	5,06	7,25	7,31	5,60	7,42	7,20

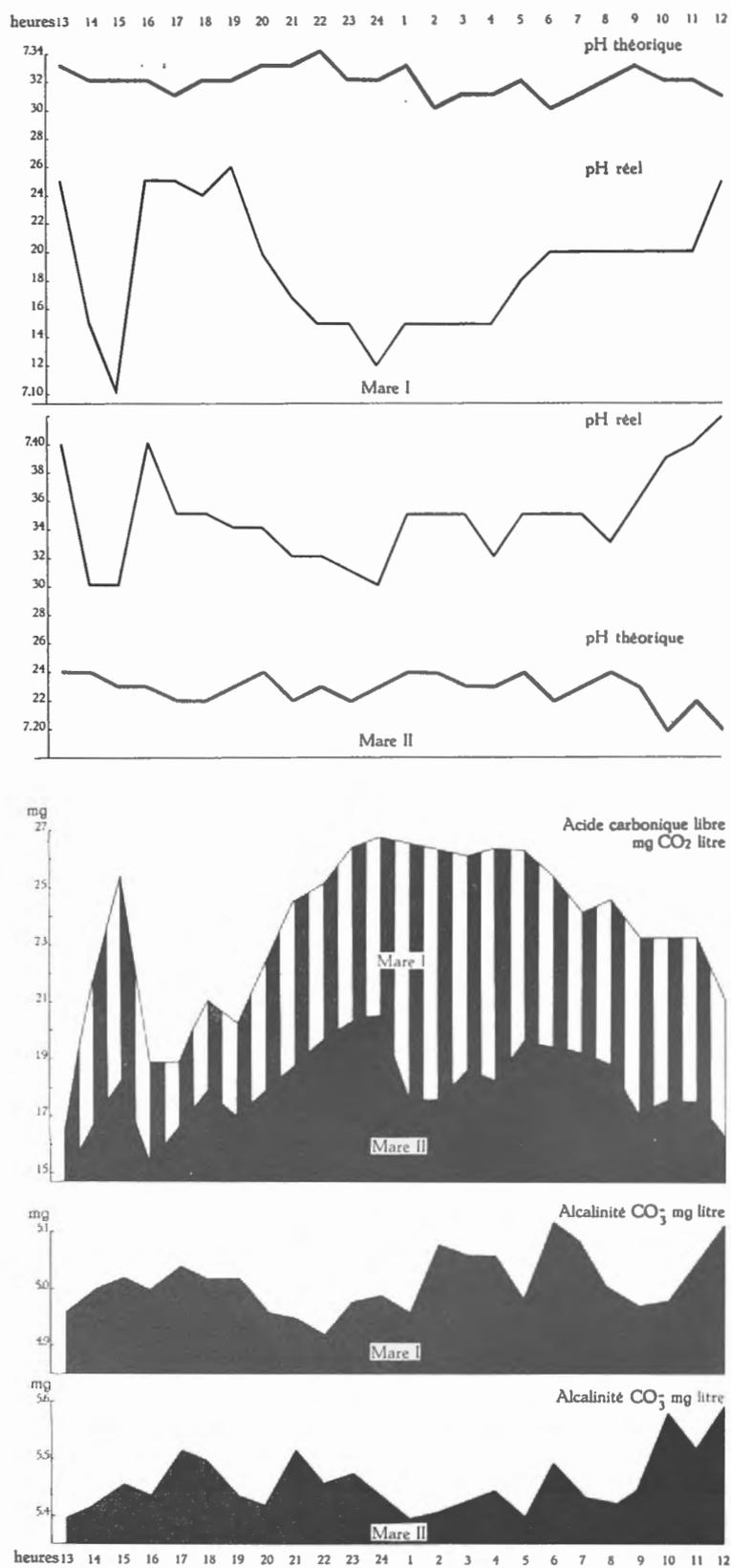


FIG. 9.

Plusieurs éléments ont pu être déterminés à cette occasion, notamment, d'heure en heure : température, pH, alcalinité, oxygène dissous, acide carbonique libre, nitrates. Les phosphates, chlorures, silicates, sulfates, calcium et magnésium ont été déterminés respectivement à 13 h, 18 h, 24 h, 6 h et 12 h.

L'évolution de la température a déjà été examinée précédemment, de même que l'oxygène dissous et les nitrates (fig. 8).

TABLEAU XXV. — Acide carbonique libre en mg/l.

Heure	Mare I	Mare III
13	16,16	14,74
14	21,78	16,72
15	25,52	18,48
16	18,92	15,40
17	18,92	16,72
18	21,12	18,04
19	20,24	17,04
20	22,44	18,04
21	24,64	18,92
22	25,18	19,80
23	26,40	20,46
24	26,84	20,68
1	26,62	17,60
2	26,40	17,60
3	26,18	18,70
4	26,40	18,36
5	26,40	19,80
6	25,52	19,58
7	24,20	19,36
8	24,64	18,92
9	23,32	17,16
10	23,32	17,60
11	23,32	17,60
12	21,12	16,24

Ajoutons encore qu'à divers points de la mare I les nitrates ont été recherchés à midi. Les résultats donnent respectivement 2,5, 2,5, 2,25 et 2,5 mg ‰. Il y a donc similitude entre les teneurs en azote nitrique à ces quatre endroits.

Des renseignements très intéressants peuvent être tirés de la courbe du pH, de l'alcalinité et de l'acide carbonique libre pour les mares I et III (fig. 9).

Mare I. — Ce qui ressort immédiatement est la production beaucoup plus forte d'acide carbonique libre dans la mare I. Un premier maximum, court, se fait sentir entre 14 et 16 heures, et un second, d'une durée très longue, s'amorce à 19 heures pour se terminer à peu près à même concentration vers le midi suivant. La production maximale a eu lieu à minuit. La teneur atteint alors 26,9 mg d'acide libre au litre. L'assimilation fait tomber cette concentration vers 18,7 mg/l à 13 heures de l'après-midi. Le pH réel suit très bien cette évolution du CO_2 et marque aussi deux pointes correspondant exactement à celles du gaz carbonique.

Ayant un pH réel plus acide que le pH théorique, l'eau de la mare est en état de dissoudre du carbonate de calcium. En effet, si nous suivons les valeurs du Ca^{++} durant les 24 heures, nous remarquons aisément que de 40 mg, il passe à 106,4 mg, y reste durant toute la nuit et retombe à 24 mg % le lendemain à midi, à mesure que le taux de CO_2 libre s'abaisse.

TABLEAU XXVI. — Cycle de 24 heures (17-18 septembre 1952).
Nitrates NO_3^- mg/l.

Heure	Mare I	Mare III
13	1,50	2,10
14	1,25	2,25
15	1,65	1,65
16	2,25	1,25
17	1,65	2,10
18	1,85	1,65
19	1,65	1,65
20	2,50	1,65
21	1,85	1,25
22	1,25	2,10
23	1,65	2,10
24	1,50	1,65
1	2,50	2,50
2	2,50	2,50
3	2,50	2,50
4	2,50	2,50
5	2,50	2,87
6	3,10	2,25
7	3,25	1,65
8	2,50	1,65
9	2,10	1,65
10	2,50	3,10
11	2,50	1,65
12	2,10	2,50

Mare III. — Dans la mare III, l'acide carbonique libre est sensiblement inférieur à celui de la mare I. Le maximum observé vers minuit n'est que de 20,5 mg/l. L'allure de la courbe est beaucoup plus irrégulière. Le pH réel suit plus ou moins cette dernière, sans s'y superposer comme dans la mare I. Ici, le pH théorique est plus acide que le pH réel. Cette eau peut donc être le siège d'une décalcification biologique. En effet, les teneurs en Ca^{++} sont minimales, de 40,0 mg/l à 13 heures, 65,2 à 24 heures et 37,2 mg le lendemain à midi.

L'évolution des nitrates au cours du même cycle de 24 heures montre un certain appauvrissement de midi à minuit et un enrichissement jusque vers midi du lendemain en ce qui concerne la mare I. Pour la mare III, le phénomène, un peu plus capricieux, n'est pas aussi explicite; il y a toutefois enrichissement à partir de minuit jusque vers 6 heures du matin. Les rares points qui tombent en dehors de ces courbes ascendante et descendante restent momentanément sans explication.

MARE I.

Heure	Point C	Point D	Point E	Point F
12	2,50	2,50	2,25	2,50

MARE II.

Heure	Point A	Point B
16	2,50	2,50
24	2,50	2,50
8	2,55	2,50
12	2,50	2,10

Un dernier mot au sujet des balances ioniques : On s'est astreint à établir dans ce travail la balance pour chaque mois et pour chaque étang. Les figures 19, 20 et 21 montrent bien l'évolution relative de chaque ion.

Quant à la question qui nous préoccupait au début de savoir s'il y a eu changement dans les eaux depuis la première analyse, c'est-à-dire depuis douze ans, on voit immédiatement que, dans le cours des temps, des changements sont intervenus qui ne permettent pas de comparer entièrement les analyses d'eaux si

variables que celles de ces petites mares. Le seul élément qui soit resté sensiblement le même en valeur % des ions totaux est le Chlore; les autres subissent des variations trop grandes, de sorte que toute comparaison est illusoire.

m) CONCLUSIONS.

Les mares de Chertal renferment une eau hexa-ionique ou isovalente du point de vue géochimique; elles appartiennent sans aucun doute au type limnologique des eaux eutrophes, un peu mitigé cependant.

Elles sont peu profondes, la couleur de l'eau est peu marquée et la transparence généralement moyenne. Les détritiques en suspension n'y sont pas très abondants. De même la quantité de plancton est loin d'atteindre les quantités généralement produites par les eaux du type *sensu stricto*. Il se produit généralement un seul maximum annuel qui peut durer plus ou moins longtemps d'après la mare.

La faune benthique renferme des Chironomides en petite quantité. La vase est autochtone, riche en matières organiques.

Au point de vue chimique, les teneurs en Ca^{++} sont moyennes, les matières nutritives abondantes. La teneur en oxygène est généralement déficiente, sauf rares exceptions. Le pH est plutôt alcalin et cette zone est surtout appréciable dans la mare III. Cette dernière est aussi sujette à la décalcification biologique.

Le peu de profondeur des mares ne permet pas de faire une différenciation entre la température et la teneur en oxygène des eaux de surface et de fond.

Par ces quelques données on se rend compte de l'intérêt que présente, au point de vue limnologique, l'étude physico-chimique des petites mares. La plus grande difficulté réside dans l'obtention de valeurs au point de vue plancton quantitatif, pour les raisons exposées plus haut. Il n'est pas exclu que les méthodes de dosage de la chlorophylle et de l'azote du plancton permettent dans ce cas d'approcher sensiblement la réalité et de faire le bilan complet de la production biogénique de ces pièces d'eau. Pour des raisons d'ordre pratique, il n'a pas été possible d'aborder ce genre de recherches.

Il est évident qu'il est impossible de déterminer mathématiquement la corrélation entre tous ces facteurs divers étudiés dans le présent travail. Il est néanmoins certain que dans les mares de Chertal, les variations au cours de l'année et durant le jour ne sont pas semblables pour les trois pièces d'eau et que des recherches continues seraient nécessaires si l'on voulait atteindre le bilan complet des actions biologique et physico-chimique.

Quoi qu'il en soit, les résultats obtenus jusqu'à présent démontrent clairement tout l'intérêt d'une investigation approfondie d'une mare ou d'une pièce d'eau, soient-elles encore aussi petites que celles de Chertal; on y trouve parfois l'explication de phénomènes intéressants des eaux plus étendues, même des lacs, et qu'on aurait vainement cherché dans ces derniers.

IV. — FLORE.

a) RELEVÉ DES AUTEURS.

Selon A. MONOYER (1940), les mares de Chertal formaient un chapelet de sept pièces d'eau. Elles sont à ce moment en voie de comblement par des dépôts d'immondices et par des boues déversées par le charbonnage voisin. Il cite la disparition d'*Hippuris vulgaris* LINNÉ et il donne les espèces s'y trouvant encore :

Rumex lapathifolium LINNÉ, *Stellaria palustris* RETZ, *Ceratophyllum demersum* LINNÉ, *Senecio paludosus* LINNÉ et sa variété *tomentosus* KOCH, *Myriophyllum verticillatum* LINNÉ, *Oenanthe fistulosa* LINNÉ, *O. aquatica* (LINNÉ) POIRET, *Veronica anagallis* LINNÉ, *Utricularia vulgaris* LINNÉ, *Typha angustifolia* LINNÉ, *T. latifolia* LINNÉ, *Butomus umbellatus* LINNÉ, *Alisma plantago* LINNÉ, *Hydrocharis morsus-ranæ* LINNÉ, *Elodea canadensis* RICH, *Lemna minor* LINNÉ, *L. trisulca* LINNÉ, *Phragmites communis* TRINIUS, *Leernia orizoides* (LINNÉ) SOWERBY, *Scirpus lacustris* LINNÉ, *Potamogeton crispus* LINNÉ, *P. densus* LINNÉ, *P. lucens* LINNÉ, *P. natans* LINNÉ, *P. obtusifolius* MERT. et KOCH, *P. pectinatus* LINNÉ, *P. pusillus* LINNÉ.

Nous remercions vivement M. A. MARÉCHAL (1940), qui, *in litteris*, nous a communiqué une liste de plantes observées dans les mares :

Chara fœtida, *C. fragilis*, *Riccia fluitans* LINNÉ, *Equisetum palustre* LINNÉ, *Rumex hydrolapathum* H., *Polygonum amphibium* LINNÉ, *Stellaria palustris* RETZ, *Ceratophyllum demersum* LINNÉ, *Ranunculus sceleratus* LINNÉ, *R. aquatillis* LINNÉ, *Roripa amphibia* (LINNÉ) BESSER, *R. silvestris* LINNÉ, *Lotus uliginosus* LINNÉ, *Myriophyllum alterniflorum* DC., *Hippuris vulgaris* LINNÉ, *Apium nodiflorum* (LINNÉ) LAY, *Sium latifolium* LINNÉ, *Oenanthe aquatica* (LINNÉ) POIRET (*O. phillandrium* LAM.), *O. fistulosa* LINNÉ, *Veronica anagallis* LINNÉ, *Utricularia vulgaris* LINNÉ, *Stachys palustre* LINNÉ, *M. prolegium* LINNÉ, *Galium uliginosus* LINNÉ, *Bidens tripartitus* LINNÉ, *Senecio paludosa* LINNÉ, *Alisma plantago* LINNÉ, *Hydrocharis morsus-ranæ* LINNÉ, *Elodea canadensis* RICH., *Potamogeton densus* LINNÉ, *P. lucens* LINNÉ, *P. natans* LINNÉ, *P. obtusifolius* LINNÉ, *P. perfoliatus* LINNÉ, *P. pusillus* LINNÉ, *Iris pseudacorus* LINNÉ, *Acorus calamus* LINNÉ, *Spirodela polyrrhiza* (LINNÉ) SCHLUMBERGER, *Lemna minor* LINNÉ, *L. trisulca* LINNÉ, *Typha angustifolia* LINNÉ, *Sparganium ramosum* H., *Heleocharis palustris* (LINNÉ) R. BROWN, *Carex disticha* HUDSON, *C. hirta* LINNÉ, *Phragmites communis* TRINIUS, *Phalaris arundinacea* LINNÉ (*Baldingera*).

Le relevé est peut-être antérieur à la date de la lettre, vu le grand nombre d'espèces observées et surtout *Hippuris vulgaris* LINNÉ, que A. MONOYER n'a pas retrouvé à la même date.

Donnant un compte rendu d'une excursion de la Société de Botanique de Liège, G. SÉPULCHRE (1943) mentionne des relevés effectués à Chertal. Il est d'abord question d'une première mare en allant vers Liège; elle est aujourd'hui disparue. Il la nomme : « mare aux *Salix purpurea* ». Elle comprenait :

Salix purpurea LINNÉ, *Equisetum heleocharis* EHRENBERG (= *Equisetum limosum* WILLDENOW), *Ranunculus sceleratus* LINNÉ, *Oenanthe fistulosa* LINNÉ, *O. aquatica* (*O. phellandrium* LAMARCK), *Carex contigua* HAPPE (*C. muricata* LINNÉ), *C. nemorosa* WILLDENOW, *C. vulpina* LINNÉ, *Alisma plantago* LINNÉ, *Iris pseudacorus* LINNÉ, *Heleocharis palustris* R. BROWN, *Juncus lamprocarpus* EHRENBERG, *J. glaucus* EHRENBERG, *Bidens tripartitus* LINNÉ, *Veronica beccabunga* LINNÉ, *V. anagallis* LINNÉ, *V. scutellata* LINNÉ, *Rumex conglomeratus* MURRAY, *Epilobium parviflorum* SCHLUMBERGER, *E. tetragonum* LINNÉ, *Mentha aquatica* LINNÉ, *Lycopus europæus* LINNÉ, *Solanum dulcamara* LINNÉ.

Le même auteur cite alors une mare séparée de la première par un chemin de campagne et l'appelle : « mare aux *Typha latifolia* LINNÉ ». Sur la carte illustrant son article, il apparaît que l'homme comble progressivement cette mare qui abrite :

Typha latifolia LINNÉ, *Glyceria aquatica* WAHLENBERG, *Phalaris arundinacea* LINNÉ, *Lysimachia vulgaris* LINNÉ, *Rumex hydrolapathum* HUDSON, *Equisetum heleocharis* EHRENBERG, *Carex acutiformis* EHRENBERG, *C. disticha* HUDSON, *Lemna trisulca* LINNÉ, *Utricularia vulgaris* LINNÉ, *Epilobium hirsutum* LINNÉ, *E. obscurum* SCHREBER, *E. parviflorum* SCHLUMBERGER.

Vient une troisième mare, riche en *Typha angustifolia* LINNÉ, actuellement presque comblée et qui contient :

Typha angustifolia LINNÉ, *T. latifolia* LINNÉ, *Butomus umbellatus* LINNÉ, *Scirpus lacustris* LINNÉ, *S. silvaticus* LINNÉ, *Carex acutiformis* EHRENBERG, *C. disticha* HUDSON, *Lemna trisulca* LINNÉ, *Utricularia vulgaris* LINNÉ, *Lycopus europæus* LINNÉ, *Rumex hydrolapathum* HUDSON, *Equisetum heleocharis* EHRENBERG, *Riccia fluitans* LINNÉ.

G. SÉPULCHRE donne ensuite une liste de plantes trouvées dans une mare qu'il nomme : « mare aux *Salix alba* ». Elle représente la mare III. En voici le relevé floristique :

Typha latifolia LINNÉ, *Iris pseudacorus* LINNÉ, *Butomus umbellatus* LINNÉ, *Phalaris arundinacea* LINNÉ, *Heleocharis palustris* R. BROWN, *Scirpus lacustris* LINNÉ, *Lemna trisulca* LINNÉ, *Stellaria glauca* WITHERING (*S. palustris* RETZ), *Galium palustre* var. *elongatum*.

Poursuivant son exploration vers Liège, l'auteur mentionne des mares à sec, situées aux environs de la ligne aérienne des wagons transbordeurs du charbonnage proche. Il les distingue sous le nom de « mares disparues à *Oenothera aquatica* ». Actuellement remplies d'eau, elles répondent aux mares II et I. G. SÉPULCHRE y signale la présence de *Typha latifolia* LINNÉ, *Alisma plantago* LINNÉ, *Ranunculus sceleratus* LINNÉ, *Sagittaria sagittifolia* LINNÉ.

b) ÉTAT ACTUEL DE LA VÉGÉTATION.

Les cuvettes.

Actuellement, les mares I et II sont en voie de comblement par suite de l'évolution de la végétation et notamment des héliophytes *Typha* et *Scirpus*, qui possèdent un grand pouvoir d'atterrissement. Par sa profondeur, la mare III, plus importante, contient peu d'héliophytes.

Dans la mare I (Pl. I, fig. 3) (fig. 10) (*), qui forme un quadrilatère, seule la partie Nord-Ouest renferme encore un plan d'eau libre, non envahi par les héliophytes, et qui représente environ 1/8 de la surface totale. Cette région reste libre jusqu'en mai, époque à laquelle elle commence à être envahie par *Hydrocharis morsus-ranæ* LINNÉ, qui, en deux semaines, couvre complètement la surface (Pl. II, fig. 10). Le long de cette eau libre s'étend, dans le sens Nord-Sud, une zone à *Equisetum palustre* LINNÉ qui s'élargit du côté Sud (Pl. II, fig. 9). Cette zone est encore visible au début de l'hiver (Pl. I, fig. 4), les tiges mortes se dressant au-dessus de l'eau; elle disparaît ensuite avec l'élévation du plan d'eau. Elle se reforme vers la fin avril, pour atteindre, en trois semaines, son plein épanouissement (Pl. II, fig. 9). A ce moment, ce faciès représente la seule partie qui demeure plus ou moins libre; car entre les tiges d'*Equisetum* il ne se trouve aucune plante flottante, à l'exception de quelques rares amas de *Lemna trisulca* LINNÉ.

Le reste de la mare, en allant du Nord au Sud (Pl. I, fig. 5; Pl. II, fig. 14), présente une bande de *Typha latifolia* LINNÉ et une autre de *Scirpus lacustris* LINNÉ orientées Nord, Sud-Est. C'est la seule végétation apparaissant encore l'hiver; leurs tiges sèches restent longtemps visibles. Les *Typha latifolia* LINNÉ commencent à reverdir vers la fin avril. Les jets de *Scirpus* sortent de l'eau et, fin mai, ils atteignent leur développement complet. Le reste de la cuvette, c'est-à-dire le coin Sud-Est et une bande longeant la rive Sud jusqu'à la zone à *Equisetum*, est occupée par *Phragmites* (Pl. II, fig. 13).

Entre ces derniers, la rive Est et une partie de la rive Sud jusqu'aux *Equisetum*, se trouve une zone de faible profondeur, presque à sec l'hiver, qui, dès le printemps, se couvre d'*Hydrocharis morsus-ranæ* LINNÉ (Pl. II, fig. 11), *Utricularia vulgaris* LINNÉ, *Riccia fluitans* LINNÉ. Bientôt, cette couche ne se voit plus

(*) Dans les coupes schématiques de végétation (fig. 10, 11, 12, 13), certaines distances relatives n'ont pas été respectées pour la clarté de la représentation des végétaux.

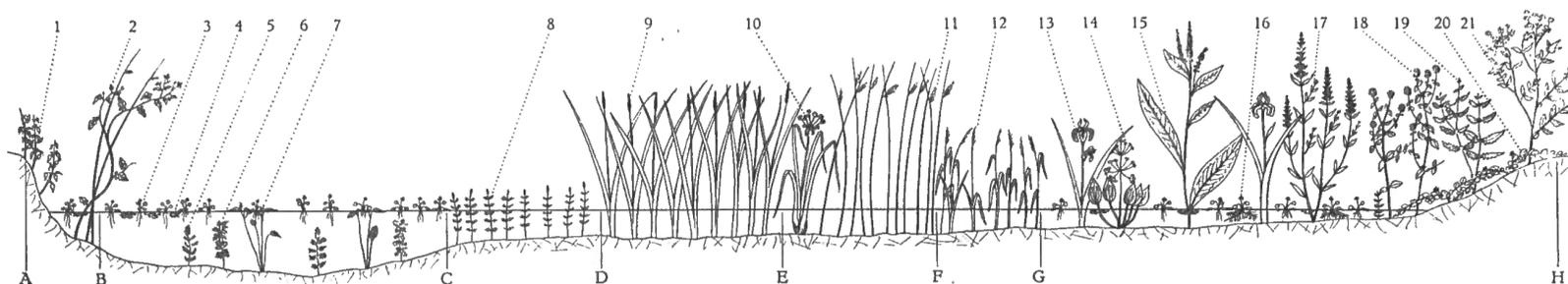


FIG. 10. — Schéma de la répartition des plantes suivant la direction A H de la fig. 1, p. 6 (Mare I).

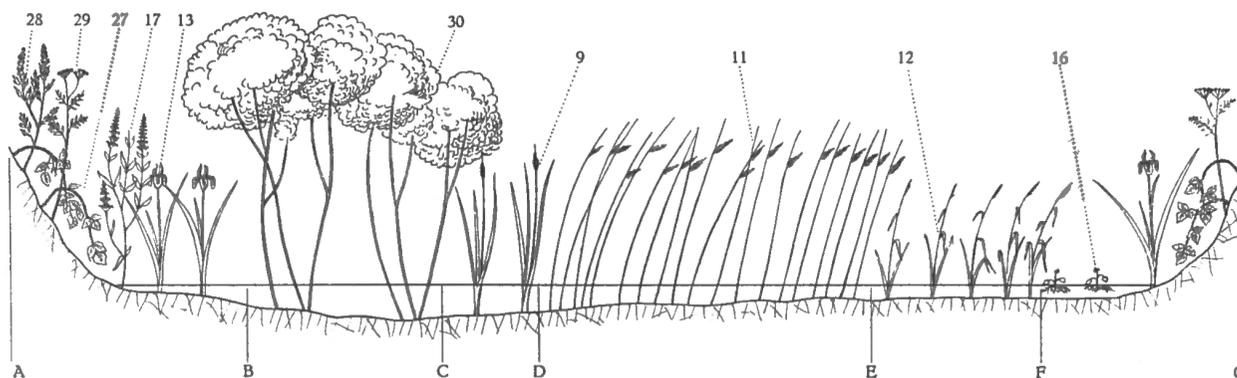


FIG. 11. — Schéma de la répartition des plantes suivant la direction A G de la fig. 1, p. 6 (Mare II).

1. *Urtica dioica* L.; 2. *Solanum dulcamara* L.; 3. *Hydrocharis morsus-ranæ* L.; 4. *Riccia fluitans* L.; 5. *Ceratophyllum demersum* L.; 6. *Myriophyllum alterniflorum* DC.; 7. *Potamogeton natans* L.; 8. *Equisetum palustre* L.; 9. *Typha latifolia* L.; 10. *Butomus umbellatus* L.; 11. *Scirpus lacustris* L.; 12. *Glyceria aquatica* L.; 13. *Iris pseudacorus* L.; 14. *Alisma plantago* L.; 15. *Rumex hydrolapathum* H.; 16. *Utricularia vulgaris* L.; 17. *Lythrum salicaria* L.; 18. *Mentha aquatica* L.; 19. *Lycopus europæus* L.; 20. *Lysimachia nummularia* L.; 21. *Filipendula ulmaria* MAXIM.; 22. *Lysimachia vulgaris* L.; 23. *Epilobium roseum* SCHREB.; 24. *Roripa amphibia* (L.) BESS.; 25. *Callitriche stagnalis* SCOP.; 26. *Potamogeton crispus* L.; 27. *Rubus* sp.; 28. *Artesimia vulgaris* L.; 29. *Tanacetum vulgare* L.; 30. *Salix caprea* L.; 31. *Lemna minor* L.

par suite du développement rapide d'un cortège de plantes aquatiques : *Lycopus europæus* LINNÉ, *Alisma plantago* LINNÉ, *Lythrum salicaria* LINNÉ, *Mentha aquatica* LINNÉ, *Rumex hydrolapathum* H. et *Iris pseudacorus* LINNÉ. Ce groupement colonise également la partie marécageuse de la berge; à cet endroit, il n'y a pas de limite bien définie entre les milieux aquatique et terrestre (Pl. II, fig. 12).

En hiver, cette zone est envahie par l'eau; il s'y forme un amas de plantes plus ou moins décomposés. Les iris repoussent les premiers vers la mi-avril; après deux semaines, ils arrivent à leur plein développement.

La mare II a la forme d'un long quadrilatère. Du Nord au Sud (fig. 11 et fig. 12), il présente d'abord une petite dépression de faible profondeur plantée d'*Iris pseudacorus* LINNÉ et de *Lythrum salicaria* LINNÉ (Pl. III, fig. 3 et 8). A celle-ci succèdent : un bosquet de *Salix caprea* LINNÉ, une zone à *Typha* et *Scirpus*,

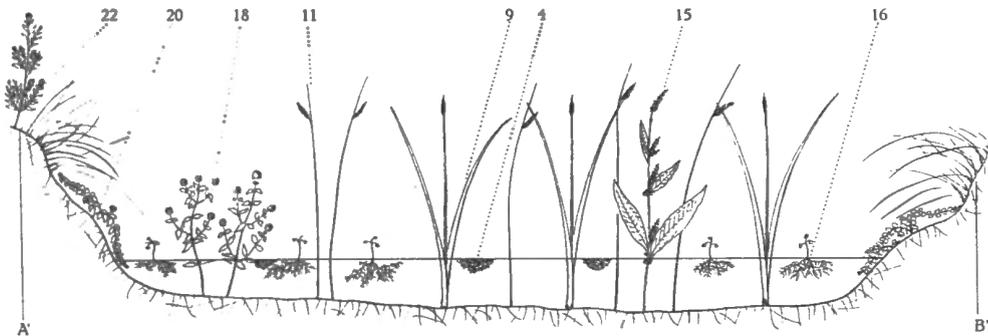


FIG. 12. — Schéma de la répartition des plantes suivant la direction A B de la fig. 1, p. 6 (Mare II).
(Pour la légende, voir fig. 11.)

occupant environ $1/9$ de la surface totale, un groupement de *Scirpus* envahissant $3/9$ et suivi par un groupe de *Phragmites* occupant $2/9$, et s'étendant en fin lisière entre la berge et les *Scirpus* et pénétrant dans ces derniers (Pl. III, fig. 5). Le long de la berge se trouvent des *Sparganium ramosum* H. (Pl. II, fig. 7). Quelques *Iris* poussent çà et là. Lorsque les Hélophytes ne sont pas en formations serrées, apparaissent des Hydrophytes, *Riccia fluitans* LINNÉ et surtout *Utricularia vulgaris* LINNÉ.

La mare III a un caractère eutrophe beaucoup moins marqué que les deux premières. Par suite de sa cuvette profonde et à berges abruptes, les hélophytes peuvent difficilement y croître et y amener un atterrissement progressif (fig. 13). Seuls se remarquent quelques groupements de *Phragmites*, surtout du côté Ouest, où ils forment une bande d'environ 3 m de large; l'hiver ils disparaissent jusqu'à la mi-avril. Au côté Sud-Est se trouve un petit groupe de *Scirpus lacustris* LINNÉ (Pl. IV, fig. 2). La pleine eau reste libre de plantes durant l'hiver, mais le fond

se couvre en partie d'algues filamenteuses (*Spirogyra*) avec, çà et là, quelques amas de *Callitriche stagnalis* Scop. Vers la mi-mars, les algues filamenteuses commencent à développer au fond de la mare une couche épaisse, couvrant les tiges de *Glyceria* immergées; à la surface, quelques rares *Lemna minor* LINNÉ flottent. Un mois après, des amas de *Callitriche* commencent à apparaître, tandis que, sur le fond, les algues filamenteuses se multiplient de plus en plus (Pl. IV, fig. 4). Au début de mai, la mare est complètement recouverte par les *Callitriche*, parmi lesquels percent les feuilles de *Potamogeton crispus* LINNÉ; le voile de *Lemna minor* LINNÉ se développe surtout entre les *Glyceria*. Jusqu'au début d'août, la surface est complètement couverte d'une épaisse couche de végétation

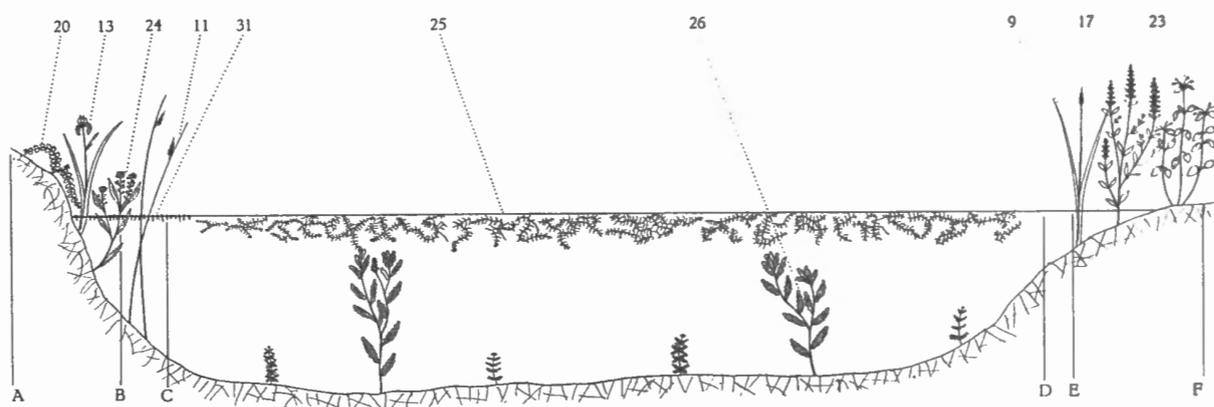


FIG. 13. — Schéma de la répartition des plantes suivant la direction A F de la fig. 1, p. 6 (Mare III).
(Pour la légende, voir fig. 11.)

dont les racines envahissent toute l'épaisseur de l'eau. Il se produit ensuite une décomposition rapide amenant la disparition de la couche flottante. Il est fait mention de l'évolution de la flore plus en détail dans les chapitres consacrés aux différents biotopes.

Les berges.

La rive Nord de la mare I est plantée d'un rideau de *Salix purpurea* LINNÉ dont quelques exemplaires poussent également sur les autres côtés; certains sont en pleine eau. La mare III est environnée de *Salix alba* LINNÉ (Pl. IV, fig. 3). Les plantes basses des berges se différencient en deux groupes : a) celles de la rive proprement dite et sans appétence pour le milieu aquatique, et b) celles vivant dans l'eau en bordure de la berge ou en terrain fortement mouillé.

Les plantes des rives proprement dites sont surtout représentées par des Orties, qui constituent la plante dominante. La rive Est est plantée de *Filipendula ulmaria* MAXIM. Certaines parties, notamment le coin Sud-Est de la mare I et le côté Sud de la mare II, sont couvertes de *Rubus*. Sous les Saules, la flore est

rare : quelques plants de *Glechoma hederaceum* (LINNÉ). La rive Ouest de la mare II est couverte de *Lysimachia vulgaris* LINNÉ. Les plantes hydrophyles comprennent notamment *Solanum dulcamara* LINNÉ, poussant dans l'eau près des berges, grimpant aux roseaux et atteignant un fort développement; elle est commune, surtout dans la mare I, le long des berges Sud et Ouest. *Roripa amphibia* (LINNÉ) BESS, au même mode de vie (Pl. IV, fig. 6), se situe dans les mares I et II de 50 cm, à 1 m de la rive. Des plantes comme *Lythrum salicaria* LINNÉ croissent dans les terrains très humides ou directement dans l'eau; cette espèce est surtout commune dans le côté Est de la mare I et Nord des mares II et III; *Mentha aquatica* LINNÉ abonde particulièrement sur la berge Est de la mare I; dans les mares I et II, c'est la seule plante du site qui, l'hiver, présente encore des feuilles aquatiques vertes. Elle donne à l'eau une odeur particulière. Dès le printemps, les Menthes se montrent en quantité dans les parties très humides de la berge, leurs racines plongeant souvent dans l'eau. Cette espèce est mélangée aux espèces citées plus haut, à propos de la mare I, où leur groupe atteint un grand développement. *Lysimachia nummularia* LINNÉ croît dans la zone marginale alternativement exondée et inondée; on le trouve à divers endroits des rives des trois mares, rampant sur le sol sous la strate herbacée.

c) RELEVÉS PHYTOSOCIOLOGIQUES.

On peut reconnaître dans les mares de Chertal des associations provenant de deux classes : *Phragmitetea* et *Potametea* KOCH. Il s'agit du *Scirpeto-Phragmitetum* KOCH [Alliance *Phragmition eurosibericum* (KOCH) TÜXEN, Ordre *Phragmitetalia eurosiberica* (KOCH) TÜXEN]. Cette association se caractérise par *Glyceria aquatica*, *Rumex hydrolapathum* HEEDS, *Typha latifolia* LINNÉ, *T. angustifolia* LINNÉ, *Phragmites communis* LINNÉ; elle est bien représentée dans les mares I et II. Les deux plantes dominantes, *Scirpus lacustris* LINNÉ et *Typha latifolia* LINNÉ, se présentent en formation serrée, ne laissant s'introduire aucune autre espèce parmi elles. Cet aspect s'explique par leur mode de propagation par rhizomes. Il existe néanmoins, en touffes éparses dans les mares, des groupes ou des individus d'une de ces espèces. *Scirpus lacustris* LINNÉ forme une frange le long des berges Sud et Ouest de la mare I; il y pousse en compagnie de *Solanum dulcamara* LINNÉ, qui grimpe le long de ses tiges. *Rumex hydrolapathum* LINNÉ ne pousse que là où il n'y a guère plus de cinquante centimètres d'eau. En ce qui concerne la classe des *Potametea*, on peut trouver les caractéristiques de l'ordre des *Potametalia* : *Lemna minor* LINNÉ, *L. trisulca* LINNÉ, *Potamogeton natans* LINNÉ, *P. crispus* LINNÉ, *Hydrocharis morsus-ranæ* LINNÉ, *Riccia fluitans* LINNÉ. Mais il est difficile d'y distinguer une ou des associations bien définies. Il s'agit, semble-t-il, du reliquat de plusieurs associations. D'après les anciens relevés, beaucoup d'espèces ont maintenant disparu; il ne demeurerait que celles qui ont pu supporter, d'une part, l'évolution des conditions physiographiques (atterrissement

toujours plus envahissant) et, d'autre part, une concurrence vitale qui joue ici un rôle important par la présence des formations denses comme les *Hydrocharis* ou les *Callitriche*. Sur le pourtour et dans la mare III, par faible profondeur, on peut reconnaître un groupement de l'alliance *Calthion palustris* TÜXEN avec, comme caractéristiques, *Filipendula ulmaria* MAXIMOWITZ, *Lythrum salicaria* LINNÉ, *Lysimachia vulgaris* LINNÉ; *Lythrum salicaria* LINNÉ se retrouve un peu partout dans les trois mares; *Filipendula ulmaria* MAXIMOWITZ ne pousse que là où la berge est presque à niveau de l'eau. A ces plantes se mêlent des fragments de l'association *Tanaceto-Artemisietum* (TÜXEN) SISSINGH, qui renferment d'autres rudérales nitrophiles : *Lamium album* LINNÉ, *Chelidonium major* LINNÉ, *Urtica dioica* LINNÉ. Dans l'eau, près de la berge, et principalement dans la mare III, croît *Roripa amphibium* LINNÉ (RESS), qui formait certainement avec *Bidens tripartitus* LINNÉ, signalé précédemment, un *Bidentetum tripartitii* KOCH, association colonisatrice des vases exondées régulièrement.

Ces mares évoluent vers leur climax qui est la saulaie; d'ailleurs, aux environs, les anciennes mares forment des bosquets de diverses espèces de *Salix*.

d) OBSERVATIONS PHÉNOLOGIQUES.

11.XII.1951, Mare I. — Quelques *Riccia fluitans* LINNÉ et *Lemna trisulca* LINNÉ flottent à la surface, dans le coin Nord-Est, amas de *Riccia fluitans* LINNÉ bien en vie. Fond avec turions d'*Hydrocharis morsus-ranæ* LINNÉ.

21.I.1952. — Berge, sous les herbes sèches, petites plantules d'*Urtica dioica* LINNÉ.

19.II.1952, Mare I. — Début de reverdissement chez *Riccia fluitans* LINNÉ et *Lemna trisulca* LINNÉ.

10.III.1952. — *Salix* en chatons.

17.III.1952. — Berges, reverdissement des graminées; les feuilles d'*Iris pseudacorus* LINNÉ apparaissent à la surface.

Mare III. — Grand développement des algues filamenteuses; à la surface flottent quelques *Lemna minor* LINNÉ.

24.III.1952. — *Ficaria ranunculus* LINNÉ en fleur, pousses de *Tanacetum vulgare* LINNÉ et *Solanum dulcamara* LINNÉ.

15.IV.1952. — Tiges vertes de *Typha* sortant de l'eau.

Mare I. — Apparition d'*Hydrocharis morsus-ranæ* LINNÉ et *Utricularia vulgaris* LINNÉ.

Mare II. — *Callitriche verna* LINNÉ à la surface.

Berges. — Floraison de *Glechoma hederaceum* LINNÉ et de *Prunus spinosa* LINNÉ.

21.IV.1952, Mare I. — Surface complètement couverte par *Hydrocharis morsus-ranæ* LINNÉ. Jets de *Scirpus lacustris* LINNÉ et *Equisetum palustre* LINNÉ apparaissant à la surface.

5.V.1952. — Floraison des aubépines et d'*Iris pseudacorus* LINNÉ.

Mare III. — *Potamogeton crispus* LINNÉ apparaît à la surface.

19.V.1952. — Floraison de *Roripa amphibia* (LINNÉ) RESS.

17.VI.1952. — Floraison de *Filipendula ulmaria* MAXIMOWITZ et *Hydrocharis morsus-ranæ* LINNÉ.

30.VI.1952. — Floraison de *Lythrum salicaria* LINNÉ *Iris pseudacorus* LINNÉ en fruit.

7.VII.1952. — Floraison de *Calystegia sepium*, *Butomus umbellatus* LINNÉ, *Tanacetum vulgare* LINNÉ.

22.VII.1952. — Floraison d'*Epilobium hirsutum* LINNÉ, *Typha latifolia* LINNÉ, en fruit.

4.VIII.1952. Floraison d'*Alisma plantago* LINNÉ et *Mentha aquatica* LINNÉ

Mare III. — Grande surface libre à la surface.

11.VIII.1952. — Aubépine en fruits.

21.VIII.1952. — Fin de la floraison des Eupatoires et des Tanaisies.

8.IX.1952. — Décomposition d'*Hydrocharis morsus-ranæ* LINNÉ, jaunissement des hélophytes.

29.IX.1952, Mare III. — Le tapis de *Lemna minor* LINNÉ se reforme.

20.X.1952, Mare III. — *Lemna minor* LINNÉ est presque disparue.

26.X.1952, Mare I. — *Riccia fluitans* LINNÉ ne présentant presque plus de parties vertes. *Lemna minor* LINNÉ encore commune.

3.XI.1952. — *Equisetum palustre* LINNÉ en décomposition.

2.XII.1952. — Décomposition complète de la végétation.

V. — LA FAUNE.

GÉNÉRALITÉS.

La physiographie différente de chacune des trois mares a provoqué la formation de faciès biologiques variés. Chaque mare montre, en effet, un stade d'évolution particulier.

La mare III présente une cuvette profonde et une berge en pente raide; la surface couverte par l'eau ne variant presque pas, les fluctuations du niveau de l'eau n'y affectent pas les organismes.

La mare I possède encore une cuvette assez profonde, mais sa plus grande partie a subi un atterrissement important. Le fond présente peu de relief et, de ce fait, une augmentation même faible du niveau de l'eau amène l'inondation d'une surface considérable.

La mare II ne contient presque plus d'eau et sa plus grande partie se montre parfois à sec; dès que le niveau de l'eau varie, une grande superficie en subit les fluctuations.

Avec la saison, l'aspect varie considérablement pour les mares I et II. Il en résulte des évolutions différentes pour les entités biologiques déterminées par la constitution d'habitats divers, ce mot pris au sens de NICHOLS, c'est-à-dire des milieux présentant chacun une uniformité des conditions de vie.

Chaque mare peut être divisée en plusieurs de ces habitats jouissant d'une homogénéité relative tant au point de vue morphologique que taxonomique.

a) LES BERGES.

MICROCLIMATS.

Les relevés de températures furent effectués en même temps que les relevés faunistiques. Les mesures furent prises : 1) pour le sol, en enfonçant le bulbe du thermomètre à 1 cm de profondeur; 2) pour les habitats d'hiver, en déposant le thermomètre dans les petits abris formés par les feutrages d'herbes.

21.I.1952, Mare I, côté Sud. — La berge est un talus de 1,50 m de hauteur et de 45° de pente, couvert de touffes de longues herbes sèches en ce moment couchées, ployant sous le poids de petits amas de neige et ménageant des cavités entre elles et le sol détrempé.

T air = +1°5 C; neige = 0° C; sous les touffes = +2° C.

28.I.1952, mare I, côté Sud; couche de 1,5 à 2 cm de neige.

T air = -1°5 C; neige = -2° C; -1°5 C; sous une touffe située dans la partie supérieure du talus et n'ayant pas subi la crue : +1° C. Le niveau de l'eau étant descendu, une couche de glace couvre la rive, laissant entre elle et le sol un espace d'une quinzaine de centimètres.

T sous les herbes et sous la glace = +1° C; air sous la glace = -1° C.

Mare II. — Même aspect. T sous les herbes, dans la partie sèche = +1° C; sous la glace, dans les herbes = +2° C; air, sous la glace = +2° C.

4.II.1952, mare I, berge Sud. — T air = +4° C; sous les herbes de la partie supérieure n'ayant pas subi l'inondation = +4° C; sous les herbes exondées, gelées = +3° C; sous les herbes et débris exondés contenant de la glace = +2° C; sol sous l'eau = +3° C; à la surface de l'eau, où flottent des glaçons = 0°; eau au voisinage de la glace = +2° C.

Coin Sud-Ouest. — Le terrain a une pente d'environ 30°; couverte principalement de petites ronces, dont les tiges couchées forment un toit assez épais, moins dense que celui formé par des graminées; sous cette voûte le sol est nu.

T air = +4° C; sol du chemin au-dessus de la berge = +4° C; sous les plantes dans la partie n'ayant pas été inondée = +4° C; sol exondé et sec = +3° C; sol exondé et humide = +4° C; sol exondé et détrempe = +4° C; eau = +4° C.

18.II.1952. — Même phénomène que le 28.I.1952 : une couche de glace couvre la berge par suite de la diminution du niveau de l'eau. Elle recouvre une surface d'autant plus grande que la pente de la berge est douce. Sous cette glace, le sol est humide, quoique les végétaux présentent un léger givrage.

Mare I, zone Sud. — T air = +3,5° C; neige = 0° C; sous les touffes sèches = +1° C; sous les touffes recouvertes de neige = +0,5° C; sol sous la glace = +1° C.

Mare II. — T sol sous les touffes sèches = +1° C; air sous les touffes sèches = +3,5° C; air sous la glace = +2° C; fond de l'eau = +3° C.

Mare III. — T touffe sèche = +1° C; sol sous la glace = +0° C; air sous la glace = +1° C; fond de l'eau = +3° C.

3.III.1952, mare I, côté Ouest. — Talus vertical, avec près du bord une petite pente douce. T dans touffe sèche = +9° C; sol sec = +7° C; sol mouillé = +7° C; sol sous eau = +7° C.

Mare I, côté Est. — Pente en angle faible ± +12° C, recouverte d'une épaisse couche de hautes herbes couchées.

T sol du chemin bordant la rive = +8° C; sous l'herbe du chemin = +10° C; sous les herbes couchées = +10° C; sol = +8° C; sol mouillé = +8° C; eau = +8° C.

Mare I, côté Sud-Ouest. — T sol sous les herbes = +8° C; air sous les herbes = +12° C; sol mouillé = +8° C; sol sous eau = +8° C.

Mare II. — T air sous l'herbe du chemin = +10° C; sol du chemin = +8° C; air sous les herbes de la berge = +10° C; sol de la berge = +8° C; sol mouillé = +8° C; sol sous eau = +8° C.

10.III.1952. — Temps couvert, T air = +9° C. Le feu a été mis dans les graminées de la berge des deux premières mares, il a détruit les herbes sèches. Dans la mare I, la zone couverte de ronces est complètement brûlée et le sol apparaît nu. A la mare II, par suite de la densité des herbes sèches, le feu fut violent et le sol est complètement découvert. Le chemin de terre qui sépare les mares, étant couvert d'un gazon court et vert, a été épargné. La zone brûlée est délimitée, d'une part, par le niveau de l'eau, et, d'autre part, par le plan horizontal formé par le chemin. En lisière de celui-ci on remarque une ceinture de longues herbes

couchées et dont la base a été consommée. Le sol est recouvert d'une couche de cendres; mais, çà et là, la base d'une touffe de gazon a été épargnée; sous celle-ci, le sol est meuble et humide.

17.III.1952, mare II. — Berge brûlée; beau temps, du soleil, T air = +17° C à +23° C; sol brûlé et nu = +14° C; sous abri, à la base d'une touffe, T = +10° C, +15° C; sous les débris exondés = +9° C.

19.V.1952, mare I, berge Sud-Ouest. — T air = +19° C; sol poudreux, T sous les Orties = +17° C; T sol mouillé = +11° C; T eau = +19° C; sol à 50 cm de l'eau, T = +14° C; sol à 10 cm de l'eau = T +9° C; air à cet endroit = +10° C; T sol au sommet de la berge = +14° C; T air sous les herbes du sommet = +16° C.

Berge Est. — T air près de l'eau = +22° C; air sous les herbes = +22° C; sol mouillé = +22° C; sol à 50 cm de l'eau = +19° C; sol à 10 cm de l'eau = +18° C; sol de la berge = +19° C.

Coin Nord-Est. — T du sol = +9° C; à ras du sol = +11° C; eau = +12° C.

Mare II. — T air = +18° C; eau à 1 m de la rive = +21° C; eau près de la berge = +23° C; sol sous l'eau = +19° C; air dans une niche, sous les herbes couchées = +18° C; sol sous les herbes = +19° C; sol près de l'eau = +19° C; sol près du bord supérieur de la berge = +18° C.

14.VII.1952, mare I. — T air = +17° C; T eau = +18° C; T sol sous eau = +17,5° C; T sol fraîchement exondé = +17° C; T sol près de l'eau = +11° C; T sol de la partie supérieure de la berge = +11° C; T sol sous le gazon = +11° C.

Mare II. — T eau = +17° C; T couche submergée = +17° C; T débris exondés = +17° C; T berge = +18° C.

REMARQUES.

21.I.1952. — Sous les herbes, l'air est de +0,5° C plus élevé qu'à l'extérieur (1,5° C), par suite de l'effet isolant de la neige et des graminées.

28.I.1952. — La température sous le gazon des berges est supérieure à celle de l'air, bien que les herbes soient recouvertes d'une couche de neige à environ +0,5° C plus froide que l'air; il y a donc une différence de 2,5° C avec l'air, et de 2° C avec la neige. Sous la glace, l'air est emprisonné, plus chaud que l'air extérieur; il montre une différence de 0,5° C pour la mare I, et de 2° C pour la

mare II. Sous les gazons des berges, l'air présente également une température plus haute de $+2^{\circ}$ C, pour les mares I et II.

4.II.1952. — L'air extérieur et l'air sous gazon ont la même température.

Dans les plantes exondées, la température est 1° C plus basse que l'air, et dans les débris, 2° C. Ces plantes furent mouillées et gelées, et l'intérieur de la masse se réchauffe lentement par suite de l'effet isolant de la couche de surface. De plus, les débris exondés renferment des morceaux de glace. Le fond de l'eau est à $+3^{\circ}$ C; il subit peu les variations de la surface; la température irrégulière va de $+4^{\circ}$ C à 0° C avec formation de glace.

Le coin Sud-Ouest de III, récemment inondé, montre le même phénomène : dans la partie supérieure, la température du sol des berges est identique à celle de l'air; ensuite vient une zone de sol exondé, sec et gelé, puis, de nouveau, une région à sol mouillé à $+4^{\circ}$ C. On peut donc distinguer deux zones extrêmes : l'une, la supérieure, réchauffée par l'air, et l'autre, l'inférieure, recevant de la chaleur non seulement de l'air mais surtout de l'eau. La zone transitoire, ayant gelé mouillée, se réchauffe moins vite, vu sa grande teneur en eau à 0° C.

18.II.1952, pour la mare I. — L'air sous les touffes d'herbes et le sol sous la glace sont plus froids que l'air extérieur, parce qu'isolés par les herbes, la neige ou la glace; ils n'ont pas bénéficié de la hausse de la température. Une touffe sèche où les tiges encore dressées, donc où l'air extérieur a un meilleur accès, montre une température de $0,5^{\circ}$ C plus élevée. Il faut remarquer que, bien que couverts d'une neige à 0° C, les creux sous les herbes possèdent une température de $+0,5^{\circ}$ C.

Dans la mare II, le sol n'est pas encore réchauffé; sous la glace, ayant probablement été fortement gelé, il est même à une température plus basse de $0,5^{\circ}$ C. Sous les gazons, l'air est à la même température qu'à l'extérieur, probablement parce que les graminées sont libres de neige. Sous la glace, l'air est à $+2^{\circ}$ C; donc plus froid que l'air ambiant; mais il présente cependant une température assez élevée pour un tel milieu.

A la mare III, la T du sol nu est entre 0° C et $+0,5^{\circ}$ C; sous la glace, elle est de $+0,5^{\circ}$ C; au voisinage de l'eau, celle-ci l'ayant imbibé et réchauffé, il est de $+2^{\circ}$ C; il a certainement reçu aussi de la chaleur du fond de l'eau, où règne une température de $+3^{\circ}$ C.

L'air dans un gazon peu touffu est à $+1^{\circ}$ C, sous la glace également. Ces mesures prouvent que, pour le sol, la couche herbeuse détermine la différence de température par rapport à l'air extérieur, et ce par un écran empêchant le réchauffement, isolant ainsi le sol de l'air. Les gazons ont néanmoins protégé le sol lors d'un refroidissement postérieur, refroidissement que l'élévation de la

température ambiante n'aurait pas encore compensé. En ce qui concerne l'air des hibernacula, les herbes empêchent l'air extérieur de pénétrer dans les abris.

3.III.1952. — En ce moment, l'inverse se produit. Le sol est à une température de $+7^{\circ}\text{C}$ à $+8^{\circ}\text{C}$, plus basse que l'air; on le remarque d'autant mieux qu'à la mare I, là où le talus est vertical, la température du sol est partout de $+1^{\circ}\text{C}$ inférieure, parce que mieux protégé de l'air chaud et de l'insolation. Sous les herbes, l'air montre également le rôle joué par celles-ci comme isolant; en effet, sur la berge verticale de la mare I, l'air y est de $+9^{\circ}\text{C}$, alors que sous les herbes des autres berges, il atteint $+10^{\circ}\text{C}$, sauf dans la zone à plantes terrestres ($+12^{\circ}\text{C}$), moins denses et où le talus en faible pente reçoit une insolation directe.

17.III.1952. — Un incendie dans les herbes a fortement réduit le nombre et la surface des abris; le sol nu subit un échauffement rapide. Les quelques abris qui subsistent conservent un pouvoir isolant mais considérablement amoindri, parce que l'écran de hautes herbes a été réduit. Les débris exondés se réchauffent très lentement par suite de leur épaisseur et de leur haute teneur en eau.

19.V.1952. — Les mesures montrent de notables écarts de température suivant les différents points des berges; ces variations se retrouvent dans l'eau également, à cause de sa profondeur et de l'épaisseur plus ou moins grande du recouvrement végétal. Le coin Nord-Est de la mare I présente une température de l'eau assez basse, parce que des buissons arrêtent les rayons du soleil. Là où, par suite d'une bonne insolation, l'eau s'échauffe fortement, elle communique de la chaleur au sol mouillé. Toutefois, à une certaine distance de l'eau, cet effet disparaît; car l'humidité joue alors le rôle inverse et la température augmente moins rapidement que celle de la berge sèche et chauffée par le soleil. Le sol mouillé, s'il n'est pas pénétré par l'eau échauffée, montre une température plus basse que le sol sec, c'est-à-dire qu'il subit des écarts moindres de températures; dans le cas présent, il n'a pas encore récupéré la chaleur perdue au cours de la nuit.

14.VII.1952. — Les gazons conditionnent un microclimat empêchant le réchauffement du sol. On observe que la berge à gazon ras est à $+18^{\circ}\text{C}$. Elle présente un écart de 7°C avec le sol sous abri, mais si ce dernier est mouillé, il bénéficie par contre de la chaleur de l'eau, qui provoque une stabilité de la température.

Cette inertie aux changements de températures a plusieurs causes: 1° Le feutrage d'herbes qui, emprisonnant l'air, forme un excellent isolant. Dans les abris à ras du sol, la température varie moins. R. HINGSTON (1925) cite des observations sur le mont Everest, d'après lesquelles, en 35 h, la température de l'air varie de 44°F , tandis que sous une pierre la variation est seulement de 19°F . 2° La présence de neige, mauvais conducteur de la chaleur. A. MORGAN (1939) rapporte que la température d'un sol couvert de neige est de -1°C , alors que

celle de l'air est de -17°C . W. HODSON (1937) donne un tableau des températures de l'air et du sol couvert de neige; les écarts vont de $+2^{\circ}\text{C}$, $+5^{\circ}\text{C}$, $+10^{\circ}\text{C}$, jusqu'à $+24^{\circ}\text{C}$. 3° L'inclinaison des berges, protégeant les abris du vent et de l'insolation. 4° L'humidité, entretenue par la protection des végétaux. W. HODSON

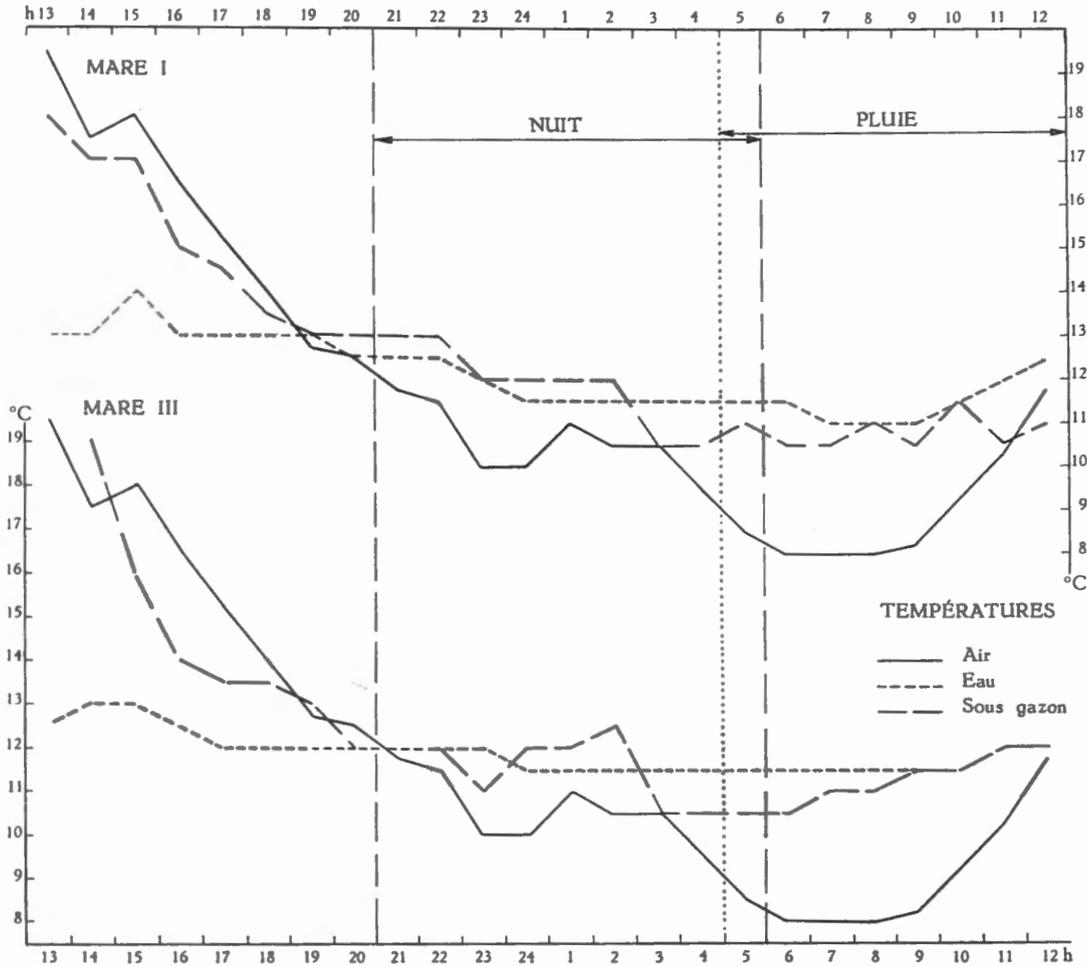


FIG. 14. — Fluctuations des températures, de l'air extérieur, de l'eau des mares I et III et de l'air dans les abris fréquentés par la faune ripicole. Observations continues de 24 heures (17-18.IX.1952).

(1937) mentionne que ces genres d'hibernacula restent souvent à la saturation d'humidité, celle-ci jouant le rôle de tampon amortissant les fluctuations de températures.

Il se constitue donc sous les plantes des berges un microclimat qui, durant l'hiver, subit peu le gel et qui, pendant la bonne saison, présente des conditions d'humidité élevée. Cette inertie a été bien observée durant un cycle de 24 h (18.IX.1952). Sous le gazon, les fluctuations de températures sont moins accu-

sées que pour l'air ambiant, et encore faut-il tenir compte qu'il n'y avait pas, comme durant l'hiver, l'effet isolant de la neige et que la pluie a contribué à égaliser les conditions de températures (fig. 14, p. 68).

RELEVÉS FAUNISTIQUES.

21.I.1952. — Un grand nombre d'organismes montraient de l'activité sur le sol détrempé. Araignées et Collemboles constituaient la majorité de la faune; un carabide : *Demetrius atricapillus* LINNÉ, était fréquent. Arachnides : *Pachygnatha clerkii* (SUNDERVALL), *Antistea elegans* (BLACKWALL), *Gnathonarium dentatum* WIDER, *Lycosa* sp., *Clubiona* sp., *Xysticus* sp. Collemboles : *Isotomurus palustris* (MÜLLER), *Tomocerus minor* LUBBACK, *Orchesella villosa* LINNÉ. Hémiptère : *Gerris argentea* LINNÉ.

28.I.1952. — Nombreux Collemboles et Araignées, actifs. Arachnides : *Pisaura mirabilis* CLERCK, *Leptyphantes tenuis* BLACKWALL, *Gonatium rubens* BLACKWALL, *Lycosa* sp., *Clubiona* sp., *Micriphantiidæ*. Coléoptères : *Demetrius atricapillus* LINNÉ, *Nanophyes marmoratus* GOEZE, ainsi qu'un petit Diptère *Dolichopodidæ* : *Achalcus cinereus* WALKER, que A. COLLART (1953) signale comme nouveau pour la Belgique. Ce Diptère carnassier fréquente les lieux humides; il ferait partie d'une génération automnale.

4.II.1952, mare I. — Dans la partie exondée, sous les plantes, la faune est nombreuse. Collemboles : *Tomocerus minor* LUBBACK.

11.II.1952, mare I, côté Sud. — Faune allant jusqu'au niveau de l'eau mais surtout nombreuse à la partie supérieure de la berge. Arachnides : *Pachygnatha clerkii* SUNDERVALL, *Gonatium rubens* BLACKWALL, *Pisaura mirabilis* CLERCK, *Gnathonarium dentatum* WIDER, *Clubiona* sp., *Lycosa* sp. Coléoptères : *Acupalpus meridianus* LINNÉ, *Dromius longiceps* DEJEAN.

Mare II. — Débris exondés. Coléoptères : *Cercyon analis* PAYKULL, *Atomaria mesomelaena* GOEZE, *Phalacrus fimetarius* F. Collemboles : *Isotomurus palustris* (MÜLLER), *Entomobrya nivalis* LINNÉ.

18.II.1952. — Faune terrestre sous la glace, dans la partie exondée, mais en nombre plus restreint que dans la zone supérieure. Arachnides : *Pachygnatha atricapillus* LINNÉ, Coléoptères : *Galerucella calmariensis* LINNÉ (sur *Lythrum salicaria* LINNÉ), *Dromius longiceps* DEJEAN, *Phytonomus pedestris* PAYKULL, *Halysia vigintiduopunctata* LINNÉ, *Anisosticta novemdecimpunctata* LINNÉ. Collemboles : *Isotomurus palustris* MÜLLER, *Tomocerus minor* LUBBACK, *Tomocerus vulgaris* PULLBERG. *Entomobrya nivalis* LINNÉ.

3.III.1952, mare I. — Faune nombreuse, Collemboles communs, Araignées très actives, près de l'eau. Sur le sol humide et couvert de débris, un petit isopode commun : *Trichoniscus pusillus* SARS. Coléoptères : *Bembidium mannerheimi* SAHLBERG, *Acupalpus brunniceps* STURM.

Berge Est. — Même faune; sur les végétaux terrestres abonde un mollusque : *Zonitoides nitidus* (MÜLLER).

Coin Nord-Est. — Berge nue, sous les *Riccia* exondées se trouvent beaucoup de Collemboles : *Isotomurus palustris* (MÜLLER), *Tomocerus minor* LUBBACK, *Tomocerus vulgaris* PULLBERG, *Orchesella villosa* LINNÉ, *Entomobrya nivalis* LINNÉ. Arachnides : *Gnathonarium dentatum* WIDER, *Gonatium rubens* BLACKWALL, *Antistea elegans* BLACKWALL, *Lephyphantes tenuis* BLACKWALL, *Lycosa* sp., *Philodromus* sp., *Clubiona* sp., *Xysticus* sp., *Pirata* sp. Coléoptères : *Europhilus thoreyi* DEJEAN, *Platynus obscurus* HERBST, *Pterostichus diligens* STURM, *Bembidium lampros* HERBST. Collemboles : *Lepidocyrtus* sp.

10.III.1952. — Sur les cendres circulent quelques rares Araignées : *Lycosa* sp., *Clubiona* sp., *Micryphantides*, et des Staphylinides, faune groupée à la base des touffes.

Sous la lisière de hautes herbes couchées, en bordure du chemin, faune riche, surtout des Carabides. Sous les gazons du chemin, pas d'organismes.

17.III.1952. — Sur les cendres. — Les Lycoses courent avec agilité, ainsi que des fourmis, des Carabides et des Staphylinides.

A la base des touffes épargnées par le feu se localise une faune très abondante.

Les galeries creusées par les mulots et effondrées montrent une faune riche en Araignées et Collemboles.

Sous les débris exondés. Arachnides, Coléoptères et Collemboles. Les débris retirés de la mare et posés sur le sol sont tout de suite explorés par les Collemboles et les Carabides.

Coléoptères : *Phytonomus pedestris* PAYKULL, *Notiophilus palustris* DUFT, *Badister peltatus* PANZER, *Bembidium lampros* HERBST, *Europhilus fuliginosus* PANZER, *Platynus obscurus* HERBST, *Europhilus thoreyi* DEJEAN, *Bembidium assimile* GYLLENHAL, *B. lampros* HERBST. Collemboles : *Isotomurus palustris* (MÜLLER), *Orchesella villosa* LINNÉ.

24.III.1952, mare I, côté Nord-Est. — Dans les *Riccia* exondées, Coléoptères et Collemboles.

Coléoptères : *Cercyon convexiusculus* STEPHENS, *Acrotrichis thoracica* (WALTHER), *Phosphuga atrata* LINNÉ, *Oodes helopioides* F., *Europhilus fuliginosus* PANZER, *E. thoreyi* DEJEAN, *Platynus obscurus* HERBST, *Phytonomus pedestris* PAYKULL, *Pterostichus diligens* STURM, *Amura convexior* STEPHENS, *Acupalpus bruniceps* STURM, *Dyschirius globosus* HERBST. Collemboles : *Isotomurus palustris* (MÜLLER), *Tomocerus minor* LUBBACK.

8.IV.1952. — La faune est groupée dans les abris, quelques Araignées, Staphylinides et Fourmis circulent. *Trichoniscus pusillus* SARS commun partout. Les débris sont explorés par les Lycoses; les Collemboles y sont communs.

Arachnides : *Lycosa* sp., *Xysticus* sp., *Clubiona* sp., *Micryphantidæ*, *Gnathonarium dentatum* WIDER. Coléoptères : *Rhizobius litura* F., *Badister peltatus* PANZER, *Bembidium mannerheimi* SAHLBERG, *Cercyon granarius* ERICHSON. Collemboles : *Isotomurus palustris* (MÜLLER), *Tomocerus minor* LUBBACK, *Tomocerus vulgaris* PULLBERG.

15.IV.1952. — Sur les berges, les touffes de gazon présentent encore une certaine humidité; on y trouve des Carabides et Arachnides. Au bord de l'eau est déposée une couche d'herbes mortes et de débris; sous celle-ci le sol est détrempe et présente des flaques. Une faune nombreuse et variée y circule : Carabides, Staphylinides, Collemboles, Lycoses. Dans le coin Sud-Est, l'eau a laissé une étendue nue et boueuse parcourue par des Coléoptères du genre *Bembidium*.

Coléoptères : *Pterostichus diligens* STURM, *Bembidium assimile* GYLLENHAL, *Agonum dahli* PREUDH. DE BORRE, *Europhilus fuliginosus* PANZER, *E. thoreyi* DEJEAN. Sur les feuilles d'*Iris pseudacorus* LINNÉ, *Aphthona non-striata* GOEZE.

24.IV.1952. — Coléoptères : *Notiophilus palustris* DUFTSCHMID, *Bembidium mannerheimi* SAHLBERG, *Europhilus fuliginosus* PANZER, *Platynus dorsalis* PONTAP, *P. obscurus* HERBST, *Pterostichus diligens* STURM, *Stenolophus mixtus* HERBST, *Bogous glabrirostris* HERBST. Collemboles : *Tomocerus minor* LUBBACK.

21.IV.1952. — Coléoptères : *Oodes helopioides* F., *Europhilus fuliginosus* PANZER, *E. Thoreyi* DEJEAN, *Acupalpus exiguus* DEJEAN, *Aerotrachis thoracica* (WALTHER).

19.V.1952. — Sous les Orties, Fourmis

Coin Nord-Est, peu de faune. Mare II, dans les niches mouillées, Isopodes, Myriapodes, Arachnides, Carabides et Staphylinides, Mollusques.

Dans la zone sèche quelques Mollusques, Fourmis et Staphylinides. Coléoptères : *Philhydrus testaceus* F., *Acupalpus tuteatus* DUFTSCHMID, *Bembidium obtusum* STURM. Sur *Iris pseudacorus* LINNÉ, *Mononychus punctum album* HERBST; sur *Lythrum salicaria* LINNÉ, *Galerucella calvariensis* LINNÉ; sur *Mentha aquatica* LINNÉ, *Cassida viridis* LINNÉ.

14.VII.1952. — Dominance de Lycoses courant près de l'eau et sur l'eau, Carabides, Collemboles rares, Fourmis. Il n'y a plus de niches, la faune est répandue partout. Il y a disparition des Myriapodes et des Isopodes. Dans les matériaux exondés, un mollusque : *Zonitoides nitidus* (MÜLLER), commun. Coléoptères : *Platynus obscurus* HERBST, *Pterostichus diligens* STURM.

17.IX.1952. — Le nombre de Lycoses est toujours considérable; c'est l'organisme dominant de la zone détrempe. On y trouve également quelques Carabides. Coléoptères : *Platynus obscurus* HERBST cc., *Pterostichus minor* GYLLENHAL, *Leistus ferrugineus* LINNÉ, *Agonum dahli* PREUDH. DE BORRE, *Bembidium assimile* GYLLENHAL, *Stenolophus mixtus* HERBST, *Demetrius atricapillus* LINNÉ, *Europhilus fuliginosus* PANZER, *E. thoreyi* DEJEAN, *Oodes helopioides* F.

INFLUENCES DES FACTEURS CLIMATOLOGIQUES.

Température et humidité.

Ces deux facteurs exercent sur la faune des influences si intimement liées, qu'ils doivent être traités ensemble. Leur action a été étudiée par un grand nombre d'auteurs.

B. UVAROV (1931) et W. HODSON (1937) citent de nombreux travaux mettant en évidence le fait qu'un certain degré de déshydratation permet aux insectes une plus grande résistance aux basses températures. F. PAYNE (1927) montre, en outre, que la résistance au froid est diminuée par une nourriture riche en eau. Cette sensibilité aux basses températures serait due à une augmentation de l'eau gelable dans les tissus.

Selon N. SACHAROV (1928), le rapport eau-graisse joue également un rôle important dans la résistance au froid. Mais quoique les insectes semblent avantageés par une perte d'eau, un grand nombre d'entre eux (W. HODSON, 1937) préfèrent un habitat d'hiver humide. Des expériences de ce même auteur prouvent que des insectes, non encore engourdis, recherchent des abris humides lorsque la température descend; cette réaction participe probablement au choix de l'habitat. Un endroit très mouillé est défavorable lorsque la température approche du zéro; un milieu moyennement humide est favorable au-dessus du zéro, et, enfin, une zone sèche est néfaste à toute température. Selon les expériences de W. ROBINSON (1926), les limites varient d'ailleurs selon les espèces: deux espèces de *Sitophilus* présentent des différences spécifiques quant au moment de la mort par le froid.

Selon W. BRISTOWE (1941), les Araignées seraient très sensibles aux changements de température et elles choisiraient des endroits où ceux-ci seraient amortis. A. GREVILLIUS (1905) a établi expérimentalement que *Nygmia phacorrhæa* supporte des chutes de -34°C en 24 h, tandis qu'elle succombe à une baisse de -14°C se produisant en quelques heures.

La protection offerte par les hibernacula est mise en évidence dans le tableau que donne B. UVAROV (1937) d'après G. BARBER, et qui établit que la mortalité est moindre là où l'abri est couvert de neige. Selon A. HOLMQUIST (1931), les racines et les feuilles mortes offrent une bonne protection contre les basses températures; dans ses expériences la température à ces endroits demeure vers 0°C et elle descend rarement à des points de gel insupportables pour les insectes.

L'humidité maintenue sous les herbes est de première nécessité; selon W. BRISTOWE (1941), son importance pour les Araignées se manifeste par le grand nombre de ces Arthropodes qui habitent les marais: beaucoup de ces Araignées périssent rapidement en milieu sec. L'humidité s'avère également indispensable pour les Collemboles, qui, selon M. DAVIES (1928), doivent vivre

dans une atmosphère saturée; *Isotoma viridis* BOULENGER et *Tomocerus vulgaris* TULLB, par exemple, ne peuvent vivre plus d'une heure dans une atmosphère contenant 50 % d'humidité.

En ce qui concerne les mares de Chertal, les Arthropodes trouveraient un complexe de facteurs bénéfiques : fluctuations de température atténuées, protection contre le gel, humidité.

FACTEURS HUMAINS.

Incendie.

L'incendie, provoqué volontairement au printemps, pour le nettoyage des talus, a évidemment occasionné une mortalité assez élevée dans la faune ripicole, ainsi que l'attestent les cadavres carbonisés.

Il a perturbé fortement le microclimat du site. Rapide, superficiel, il a permis aux organismes cachés dans des abris (mottes de gazons, cavités du sol) de survivre. De petites superficies de terrain présentent encore des degrés d'humidité et d'isolement avec l'air extérieur, ce qui les rapproche des conditions primitives. La faune s'y est réfugiée et l'on peut appliquer à ces endroits le terme de « niches écologiques », selon la définition qu'en donne R. PAULIAN (1948) : « Milieu de dimensions limitées (dans l'espace et dans le temps) dérivant d'un milieu très proche de lui, de dimensions considérables, dans lequel il est inclus, l'isolement entre la niche écologique et le milieu père étant tel que le groupement faunistique équilibré réalisé diffère considérablement dans les deux ». Cette dernière condition existe sur les berges des mares de Chertal par la concentration des Carabides et la disparition des Collemboles détruits par une perte d'humidité, car ces derniers ont besoin d'un taux élevé d'humidité. Selon J. FORD (1935), les Collemboles fuient les sols nus, ils sont les plus communs à 3 cm sous le sol et ils s'enfoncent davantage là où la structure meuble le permet. Plus bas, l'humidité diminuant, il s'y trouve moins de Collemboles.

Inondations.

Lors des précipitations atmosphériques, une partie importante de la berge subit une série d'inondations et d'exondations. Les crues ne semblent pas nuire à la faune ripicole, sauf peut-être pour les insectes engourdis; car la faune en activité suit les fluctuations de niveaux. A. EMERTON (1909) cite un cas où les Araignées, surprises par la crue et bien qu'en partie gelées, se sont ranimées à la chaleur du sol et son redevenues actives. Par suite de leur faculté de flotter à la surface, les Collemboles n'ont pas à craindre une inondation; selon J. GLASCOW (1939), ils ne semblent pas souffrir de la crue. Les débris flottants contiennent uniquement des cadavres de Coléoptères (Chrysomélides, Coccinellides, Curculionides). Lors du retrait des eaux, la faune ripicole recolonise rapidement le terrain exondé, le principal de ces organismes étant un carabide : *Bembidium mannerheimi* SAHLBERG. Les Collemboles y abondent, car ils y trou-

vent, combinée à une humidité élevée, une source importante de nourriture. Dans le coin Nord-Est de la mare I, dès qu'il y a exondation de la couche de *Riccia*, les Collemboles, auparavant très rares, s'accumulent dans les débris végétaux.

D'ailleurs, le peuplement des débris exondés acquiert plus d'importance lorsque la température clémente provoque une plus grande activité de la faune.

La partie de la berge proche de l'eau est peuplée d'Araignées circulant sur l'eau.

FACIÈS SAISONNIERS.

Hiémal.

Durant l'hiver, de décembre à février, la faune des berges se compose presque uniquement d'Araignées et de Collemboles et, en nombre très restreint, de Carabides. On sait que la nourriture des Collemboles consiste surtout en matières végétales en décomposition, petites algues, mycélium, pollens; selon J. FORD (1935), la majorité est saprophage. Ils constituent les proies des Araignées; dans une étude sur les populations animales d'une prairie, J. FORD (1935) considère en effet les Araignées comme les plus grands destructeurs de Collemboles. Les Carabides jouent également un rôle de prédateurs, mais peuvent cependant devenir la proie des Lycoses de forte taille.

Prévernal.

Dès les premiers beaux jours, au mois de février, la berge et la mare passent rapidement dans une phase prévernale et ce changement se manifeste par l'apparition de nouvelles espèces. Le relevé du 3 mars 1952 est le premier où l'on note l'apparition de toiles d'Araignées à la base des herbes ainsi qu'une circulation des Lycoses en terrain découvert et sur l'eau. De nombreux Carabides et un Isopode, *Trichoniscus pusillus* Sars, sont présents. Les semaines suivantes voient le changement s'accroître. L'incendie qui a dispersé la faune permet cependant de mieux apercevoir l'intense circulation des animaux. La faune primitive, Collemboles et une partie des Araignées, se trouve confinée dans les débris exondés et dans les niches; le sol brûlé et la zone près de l'eau sont explorés par les Lycoses qui accompagnent des Fourmis et de nombreux Carabides. De plus, à la faune autochtone vient s'ajouter une autre faune de provenance aérienne composée de Diptères et de Staphylins, ces derniers étant, selon J. FORD (1935), des mangeurs de Collemboles. Ces organismes explorent le sol et les matériaux abandonnés par l'eau.

La phase prévernale débute donc brusquement. Elle se caractérise par une circulation de la faune hors des hibernacula. Cette faune comprend les organismes actifs en hiver (Araignées) et ceux qui se trouvaient plus ou moins engourdis (Coléoptères, fourmis); de plus, elle s'enrichit, par apport aérien, en Staphylinides et Diptères.

On peut donc résumer et opposer les deux faciès : hiémal : Collemboles et Arachnides; prévernal : Collemboles, Arachnides, Carabides.

Les sociétés d'animaux d'hiver observées ici peuvent être appelées hiémales en opposition aux sociétés hibernales (G. CARPENTER, 1936), les premières comprenant des animaux qui passent l'hiver en activité, tandis que les dernières sont composées d'organismes qui s'engourdissent pendant la mauvaise saison.

Les phases vernale, estivale et sérotinale se confondent. En effet, le gazon ayant poussé, les conditions deviennent plus uniformes et se maintiennent. Au cours de ces phases, on peut diviser le biotope des mares en deux zones : d'une part, le talus de la berge et, d'autre part, près de l'eau, une zone marginale au sol gorgé d'eau, tant par capillarité que par baisse lente du niveau de l'eau des mares. Dans cette dernière, le sol est recouvert d'un fouillis de débris détrem-pés, de mottes de boue, de mousses. Par contre, le reste de la berge présente une grande homogénéité : il n'y a plus de niches humides alternant avec des espaces découverts, mais des aires étendues jouissant de conditions d'humidité assez uniformes. Dans cette dernière zone, le climat est conditionné par l'inclinaison des berges et la distance de l'eau. La nature de la végétation y joue également un rôle important. En effet, parmi les Orties, par exemple, le sol est très sec, pulvérulent. Par contre, dans la partie couverte de gazon, le sol est compact, avec des plantules entre les touffes; une forte humidité y règne, due sans doute au fait que la végétation y est dense depuis la base, alors que les hautes tiges des Orties laissent circuler l'air facilement.

Partout dans la zone marginale on retrouve, en été, une faune analogue à celle d'hiver et du premier printemps; *Bembidium mannerheimi* SALHBURG est très commun dans les parties fraîchement exondées.

Dès qu'on s'éloigne du bord de l'eau, la faune diminue rapidement. Dans la zone à Orties, elle disparaît; après cinquante centimètres, il ne demeure que des Fourmis. Dans les parties plantées de graminées, on retrouve une faune identique mais en nombre faible.

En résumé, durant la bonne saison, l'aspect de la faune ripicole se présente donc comme suit : population riche dans une zone marginale très humide, à débris, et disparition de la mosaïque des petits habitats avec fusion en grandes zones.

La phase automnale voit une raréfaction progressive des individus; insensiblement, le faciès d'hiver se prépare.

CONSIDÉRATION SUR LA FAUNE DES BERGES.

Par sa physiographie, le talus incliné offre des abris, absents dans la partie supérieure plane des berges. Il en résulte que, durant la saison froide, on y trouve, groupés, de nombreux animaux qui ne se trouvent pas sur le terrain environnant et dont certains paraissent des espèces banales et non propres aux

berges. Cette région forme la zone de transition (l'écotone) entre le milieu aquatique proprement dit et le milieu terrestre; elle possède une faune spéciale surtout bien apparente en hiver. Cette population, comprise entre l'eau et le terrain nu et pauvre qui l'entoure, devient moins visible en été quand, par suite du développement de la végétation, les conditions d'humidité s'étendent au reste du terrain. Alors la faune, ou du moins une partie, ne reste plus confinée aux débris exondés offrant protection et nourriture. Elle circule et se disperse; néanmoins, il subsiste dans la zone marginale une population d'organismes ripicoles. Cette zone des berges est soumise à des variations de superficie, surtout à l'automne et au printemps, par suite des précipitations atmosphériques. Tantôt elle s'étend lors du retrait des eaux, tantôt elle disparaît sous la crue. Évidemment, ces changements affectent une étendue d'autant plus importante que la pente des berges est plus faible. Durant toute l'année, il y a une suite de fluctuations faibles, découvrant et inondant alternativement une petite bande de terrain, et ce phénomène élimine un grand nombre d'espèces de la proximité immédiate de l'eau. En effet, on trouve, le long des berges, surtout durant la mauvaise saison, des espèces banales, ubiquistes qui fréquentent cet endroit parce qu'il leur offre de nombreux abris. A ces espèces se joignent des organismes aquatiques hibernant hors de l'eau.

On peut cependant distinguer un groupement propre aux rives; il comprend des organismes qui peuplent l'extrême limite de l'eau et des berges et qui suivent le retrait des eaux en colonisant les matériaux exondés. Ces animaux circulent dans un microclimat constitué par des paquets de débris végétaux et continuellement saturé d'humidité : tiges de roseaux, *Riccia*, etc., reposant sur un sol vaseux détrempe et parsemé de petites flaques d'eau.

Dans ce groupement, on peut distinguer deux synusies principales : 1° l'une formée d'éléments carnassiers, Arachnides et Carabides, et 2° l'autre comprenant des saprophages, notamment des Collemboles.

Parmi les Arachnides de la première synusie, il existe des animaux typiquement ripicoles, telles les Araignées du genre *Pirata*. D'autres exigent une forte humidité; *Gnanthonarium dentatum* WIDER, notamment, commun ici, est une espèce des marais; en effet, J. DENIS (1945) l'a observée comme organisme dominant de la vase humide d'étang desséché. Les Araignées du genre *Pachygnatha* colonisent également les endroits humides, vivant dans les herbes et ne faisant pas de toiles.

Parmi les Carabides, on distingue également des espèces ripicoles : *Notiophilus palustris* DUFT, *Dyschirius globosus* HERBST, *Oodes helopioides* F., *Bembidium lampros* HERBST, *Agonum dahli* PREUDH. DE BORRE, *Acupalpus bruniceps* STURM. Les autres Carabides appartiennent à des espèces qui vivent sous les feuilles, les pierres, cherchant l'ombre et l'humidité. Ces derniers Coléoptères représentent des espèces que l'on trouve toute l'année; les plus communs sont *Platynus obscurus* HERBST, *Europhilus thoreyi* DEJEAN, *E. fuliginosus* PANZER, espèces de marais, vivant sous les détritiques. Les *Bembidium* sont très

communs; on peut les considérer comme des Coléoptères colonisant les premiers le terrain exondé et presque les seuls explorant les matériaux et le sol encore fortement mouillés.

Il est intéressant de comparer ces relevés avec ceux effectués par F. PIERRE (1951) concernant des peuplements de vases exondées, à Versailles et à l'étang de Saint-Quentin (Seine-et-Oise). Parmi les espèces trouvées par cet auteur, certaines sont représentées à Chertal : *Notiophilus palustris* DUFTSCHMID, des *Bembidium*, dont *B. lampros* HERBST, *Dyschirius globosus* HERBST (nettement pélophile), de même que des *Agonum*. A Chertal, la faune se caractérise également par la présence de Carabidés ripicoles carnassiers.

La seconde synusie se compose de saprophages, surtout de Collemboles, qui y trouvent un milieu favorable : humidité optimale et abondance de nourriture dans les matériaux exondés. Les autres insectes sont des Coléoptères du genre *Cercyon* : *C. analis* PAYKULL, *C. convexinusculus* STEPHENS et *C. granarius* ERICHSON, le plus commun qui fut trouvé principalement dans les amas de *Riccia* exondées. On rencontre également *Atomaria mesomelæna* HERBST et *Phalacrus fimetarius* F. A ces insectes saprophages s'associe un Isopode : *Trichoniscus pusillus* BROWN, très commun sur terrain détrempe.

Certains éléments des organismes des berges font également partie de l'Ephydron; il s'agit des *Lycosa* et des *Pirata* qui, dès les premiers beaux jours, circulent sur la surface des étangs.

b) LES STRATES FLOTTANTES.

Les matériaux flottants jouent un rôle primordial dans la biologie des pièces d'eau de Chertal; leur flore particulière abrite une faune riche en nombre et en espèces.

On peut reconnaître des strates flottantes de deux natures : 1° débris d'origine terrestre ou aquatique; 2° hydrophytes, les deux étant souvent plus ou moins mélangées.

1° La première strate se compose principalement de graines de *Rumex hydrolapathum* HUDSON, de débris secs de *Scirpus*, *Typha*, *Equisetum*, de morceaux de bois, de brindilles. Dès la première crue importante, cette couche se forme. Ensuite elle diminue; car, au fur et à mesure qu'ils s'imbibent, les débris tombent au fond, à l'exception toutefois des graines de *Rumex* qui continuent à flotter en épaisse couche. Les petites fluctuations du niveau de l'eau apportent encore quelques débris d'origine terrestre mais en qualité négligeable.

2° Les plantes flottantes sont des *Lemna*, *Riccia*, *Hydrocharis*, *Utricularia*, *Callitriche*.

Mare I.

Si l'on examine les couches de la mare I, on remarque qu'elles peuvent être divisées en trois groupes, à savoir :

α) Les côtés Ouest et Sud, c'est-à-dire l'eau libre d'hélophytes et la zone à *Equisetum*.

β) le côté Est, où se trouve la zone de faible profondeur à *Rumex hydro-lapathum* H.

γ) Le coin Nord-Est, espace d'eau libre, sous les Saules pourpres.

α) Côtés Ouest et Sud.

A. — Hiémal. — Au cours de l'hiver, les premiers relevés montrent une couche flottante très mince, très dispersée et présentant peu de traces de vie. De rares *Lemna trisulca* LINNÉ et *Riccia fluitans* LINNÉ montrant peu de parties vertes. La crue survient et, tout en amenant des débris, elle supprime, par la hausse du niveau de l'eau, toutes les tiges des *Equisetum* et des *Typha* qui fragmentaient la couche. Le vent groupe et chasse les *Lemna* sur les bords. Les Entomostracés y font leur apparition; comme le montrent des pêches planctoniques réussies dans les environs de la couche, ils y sont plus nombreux que dans l'eau libre. Les Coléoptères s'y rencontrent, surtout *Haliplus ruficollis* DE GEER et *Hydroporus*; par contre, dans les environs de la couche et dans les autres mares, il faut attendre les premiers beaux jours pour les voir apparaître. La couche contient également des Ostracodes: *Cyclocypris ovum* JURINE et *Cypricercus fuscatus* JURINE. Les premiers relevés révèlent quelques acariens nageurs qui disparaissent ensuite dans le courant de l'hiver. Un Oribate: *Hydrozetes confervæ* SCHRANCK, très commun, est caractéristique des couches de *Riccia*. Les Mollusques restent rares, les larves de l'*Ablabesmyia* et des jeunes Trichoptères y sont fréquents. *Chlorohydra viridissima* (PALLAS) y est présente et se retrouve durant toute l'année.

B. — Prévernal. — En fin février, dès les deux ou trois premiers beaux jours, la nappe entre brusquement dans la phase prévernale, caractérisée par l'apparition de nombreux Coléoptères, principalement des *Haliplus* et des Hémiptères: *Naucoris cimicoides* LINNÉ et *Corixides*; la faune d'hiver reste qualitativement identique. Une nouvelle espèce d'Acariens nageurs apparaît; leur nombre devient rapidement aussi élevé que celui des *Hydrozetes confervæ* SCHRANCK, ce dernier se multipliant fortement. *Lemna* et *Riccia* reverdissent et sont envahies par des algues filamenteuses vers la fin mars. L'allure détritique de la couche fait place à un aspect vivant.

C. — Vernal. — Dès le mois de mars, la couche subit un profond changement, de nouvelles plantes apparaissent en grand nombre (6 par 50 cm²); il s'agit d'*Hydrocharis morsus-ranæ* LINNÉ et d'*Utricularia vulgaris* LINNÉ. Bientôt ces végétaux flottants couvrent presque toute l'eau libre. De nouvelles espèces animales se montrent. *Rana esculenta* LINNÉ, déjà présente à la fin du prévernal, pullule et coasse au soleil. Les Tritons circulent dans les végétaux flottants. *Argyroneta argentea* LINNÉ est fréquente dans les plantes de la couche. Parmi les *Riccia*, les chenilles de *Cataclysta lemnata* LINNÉ et de *Nymphula nymphæata* LINNÉ construisent des étuis avec cette plante et attaquent des feuilles d'*Hydrocharis*; elles sont fréquentes dès le début d'avril. La plupart des larves de Trichoptères subissent leur nymphose.

Sur les feuilles d'*Hydrocharis*, un Éphydride pullule et demeure jusqu'à l'automne : *Cænia palustris* (FALLÉN). D'après les renseignements communiqués par notre collègue A. COLLART, cette espèce, répandue dans toute l'Europe, fréquente les endroits marécageux; on la trouve de mars à octobre. Les insectes de cette famille se tiennent sur les plantes aquatiques flottantes ou riveraines des eaux. Ils sont soit carnassiers, soit saprophages. Certaines espèces ont la faculté de se mouvoir à la surface. Les œufs sont pondus dans l'eau ou à proximité. Certaines espèces insèrent leurs œufs dans les tissus végétaux aquatiques. Il est probable que, dans le cas présent, la larve se nourrisse d'*Hydrocharis*, car le parenchyme des feuilles de cette plante est fortement attaqué par une larve mineuse.

On y rencontre également un Sphærocéride : *Apterina pedestris* (MEIGEN). Selon le renseignement d'A. COLLART, ces insectes se rencontrent sur les matières en décomposition, les larves étant coprophages ou saprophages. On les observe souvent dans les endroits marécageux avec les Éphydrides.

D. — Estival. — Du début de juin à la mi-août, la couche à *Hydrocharis* fleurit (Pl. II, fig. 15 et 16). *Rana esculenta* LINNÉ est devenue plus rare. Les Tritons ont presque entièrement disparu, mais leurs larves sont communes et le resteront jusqu'à août, époque à laquelle les jeunes sortent de l'eau. Les Entomostracés ont diminué. *Argyroneta argentea* LINNÉ est toujours présente. Les Acariens nageurs continuent à être communs, de même que des Coléoptères : *Noterus* STURM, *N. erithrocephalus* LINNÉ, *Naucoris cimicoides* LINNÉ est observé dans toute la mare. Les Chironomides sont toujours en petit nombre.

C. — Sérotonal. — Dès la fin septembre, la végétation jaunit. Rapidement, après environ deux semaines, les *Hydrocharis* ont complètement disparu. Il ne reste que *Lemna trisulca* LINNÉ. *Naucoris cimicoides* LINNÉ y abonde encore. *Hydrozetes confervæ* SCHRANCK y est présent en quantité appréciable. Les Coléoptères et les Entomostracés sont devenus rares.

β) Côté Est.

A. — Hiémal. — Décembre. — La couche en cet endroit est principalement composée de graines de *Rumex hydrolapathum* H., les organismes y sont rares : quelques larves de Trichoptères et l'Acarien *Hydrozetes confervæ* SCHRANCK.

B. — Prévernal. — Février. — Les *Riccia*, rares durant l'hiver, maintenant se développent, des animaux apparaissent, notamment des Acariens nageurs et un grand nombre de Coléoptères (*Noterus*, *Hydroporus*, *Haliphus*), *Naucoris cimicoides* LINNÉ, les larves de Trichoptères et les Entomostracés deviennent plus communs. Les Tritons s'y trouvent en nombre; ils se tiennent sur les débris, la moitié du corps hors de l'eau; ils plongent au moindre bruit.

C. — Vernal. — La couche est constituée maintenant par une forte proportion de *Riccia*. L'Utriculaire s'y est fortement développée. Les graines de *Rumex* montrent des plantules. Cette couche est donc passée, comme celle des coins Ouest et Sud, de la phase « morte » à la phase « vivante », mais elle n'a pas l'épaisseur de la couche à *Hydrocharis*, épaisseur due au système racinaire de cette plante.

D. — Estival. — La couche demeure plus ou moins stationnaire. L'Utriculaire devient rare, sauf entre les tiges d'Iris; il est probable que cette diminution résulte de l'abaissement du plan d'eau. Les *Hydrozetes confervæ* SCHRANCK sont toujours en nombre ainsi que les Entomostracés. L'apparition d'*Hydrocharis* se fait vers le début d'août, beaucoup plus tard que dans le reste de la mare; elles se propagent alors rapidement. Les Tritons disparaissent peu à peu; on trouve les adultes encore en août. Leurs larves partagent la dominance avec *Naucoris cimicoides* LINNÉ. Celle-ci apparaît brusquement en grandes quantités au début de mai; il s'agit de jeunes individus et cette population se maintient et régresse lentement jusqu'à la mi-septembre. On remarque çà et là quelques chenilles de *Cataclysta lemnata* LINNÉ et *Nymphula nymphæata* LINNÉ.

E. — Sérotinal. — Septembre. — *Hydrocharis*, qui commençait à se décomposer à la mi-septembre, a disparu à la fin du mois. Par contre, on assiste à un brusque développement et reverdissement des *Riccia*, arrivant à un état jamais atteint l'été. Cet épanouissement peut être attribué à la suppression de la concurrence des *Hydrocharis*. La faune se compose presque uniquement d'*Hydrozetes confervæ* SCHRANCK, qui y abondent, et de Coléoptères, surtout *Noterus crassicornis* O. F. MÜLLER.

γ) Le coin Nord-Est.

A. — Hiémal. — Décembre. — La couche du coin Nord-Est était, durant l'hiver, la seule présentant encore des signes d'activité végétale, les *Riccia*, bien vertes, se déposant en couche épaisse. Deux organismes seulement y sont en nom-

bre considérable : un Mollusque : *Anisus nitidus* (MÜLLER) et *Hydrozetes confervæ* SCHRANCK accompagnés, mais en quantité restreinte, par des Entomostracés, des Aselles, des larves de Chironomides ainsi que de quelques Coléoptères et des larves de *Cloëon dipterum* LINNÉ.

B. — Prévernal. — La fin de février voit un énorme accroissement d'*Hydrozetes confervæ* SCHRANK et l'apparition de quelques Tritons. Les Coléoptères deviennent plus nombreux. Les Mollusques diminuent.

C. — Vernal. — En mars, la faune reste la même, mais augmente en nombre; quelques grosses larves de Trichoptères apparaissent.

D. — Estival. — En juin, la couche de *Riccia* a maintenant envahi toute l'eau, mais les plantes sont jaunâtres par suite sans doute de l'écran formé par les saules. La faune reste inchangée.

E. — Sérotinal. — En septembre, il n'y a guère de changement, le nombre des Entomostracés augmente.

MARE III.

Étant données ses berges verticales et sa cuvette profonde, la mare III n'a pas de couche de débris. Durant l'hiver, on ne remarque pas de matériaux flottants (Pl. IV, fig. 2); il faut attendre le printemps pour voir apparaître une strate flottante.

A. — Prévernal. — Avec les premiers beaux jours en fin février, des *Glyceria* déracinées flottent près de la berge encombrée d'algues filamenteuses et de *Lemna*, le tout sur une surface dépassant à peine 1 m². Une faune extrêmement riche s'y trouve concentrée; par contre, le reste de la mare ne montre presque aucune de ces espèces. Cette concentration se disperse et, après une semaine, il n'existe plus de matériaux flottants.

B. — Vernal. — Vers la fin mars apparaissent brusquement de grosses touffes de *Callitriche vernalis* LINNÉ, mêlées de *Lemna minor* LINNÉ; ce milieu abrite une faune nombreuse et variée, caractérisée par une grande abondance de Phryganes et de Lymnées. Les Coléoptères y abondent, surtout *Haliphus rificollis* DE GEER. Un Hémiptère : *Plea minutissima* LINNÉ, y est observé fréquemment ainsi que *Naucoris cimicoides* LINNÉ, organisme très commun dans les trois mares. *Argyroneta argentea* LINNÉ est très fréquente. C'est en ce moment et dans un tel milieu que se trouvent réunies, en ce qui concerne les trois mares, le plus grand nombre d'espèces.

C. — *Estival*. — De mai à août. Cette phase est caractérisée par un développement rapide des Hydrophytes (Pl. IV, fig. 5 et 6). Les Callitriches se multiplient extraordinairement vite. Leur expansion est suivie par celle des *Lemna* qui couvrent d'un voile épais la surface déjà envahie par les premières. A son tour, *Potamogeton crispus* LINNÉ se développe et grandit jusqu'à la surface. L'eau libre est donc pratiquement supprimée. Il ne s'agit plus, pour les animaux, de choisir, comme dans le prévernal, un milieu qui leur procurait de bonnes conditions (végétaux verts pour les phytophages et supports permettant de se placer près de la surface), mais, au contraire, de subir un milieu défavorable. En effet, la couche se présente comme un fouillis inextricable de tiges jaunâtres encombrées de débris végétaux en décomposition. Cet état provient de la croissance exagérée des Callitriches qui, combinée à l'interception de la lumière par le voile de *Lemna*, amène très tôt les plantes dans un état déficient (Pl. IV, fig. 7). La faune est affectée par cet état de choses qui supprime presque tout l'espace vital libre et amène une très forte diminution de la teneur en oxygène, ainsi que les analyses le montrent. La faune décroît rapidement. Les Lymnées disparaissent les premières ainsi que les Entomostracés. Par contre, les mangeurs de détritus, comme *Asellus* et les larves de Chironomides, subsistent; on rencontre encore des Coléoptères ainsi que *Naucoris cimicoides* LINNÉ; *Plea minutissima* LINNÉ semble se tenir surtout dans les *Lemna*. Le début de mai voit l'apparition de jeunes Corixides. Les Grenouilles vertes et les Tritons, puis leurs larves sont communs. Vers le début du mois d'août, la décomposition de la couche se précipite et cette dernière disparaît en une semaine.

D. — *Sérotinal*. — Septembre. — La mare se recouvre de nouveau et pour peu de temps d'un voile de *Lemna*, mais sans réapparition des Callitriches. Le milieu abrite peu d'organismes : des Chironomides, de rares Mollusques et *Naucoris cimicoides* LINNÉ en petit nombre. La saison est d'ailleurs déjà trop avancée pour qu'un si grand domaine soit colonisé au point de montrer une certaine densité de population. Par contre, consécutivement au dégagement du milieu pélagique, le plancton est riche en espèces d'eau libre : Cladocères : *Daphnia pulex* DE GEER et *Simocephalus vetulus* (O. F. MÜLLER).

E. — *Automnal*. — D'octobre au début de décembre. — Il demeure quelques *Lemna minor* LINNÉ habitées par de rares *Lymnea stagnalis* LINNÉ; le faciès général est celui de la phase hiémale.

MARE II.

A cause de son aspect particulier provoqué par une exondation presque totale, la mare II sera traitée dans son ensemble et non par parties comme pour I et III. Elle permet l'observation d'un territoire terrestre colonisé par la faune aquatique.

On peut diviser cette mare en 6 zones : a) à plantes terrestres; b) à Saules; c) à *Scirpus* et *Typha*; d) à *Scirpus*; e) à *Phragmites*; f) eau libre.

a) Complètement à sec, la première zone est couverte de graminées.

b) Très marécageuse et plantée de *Salix caprea* LINNÉ, la deuxième zone présente un réseau de flaques peu profondes s'étendant entre les pieds des arbres. Le sol formé d'une vase noire, à odeur prononcée de H₂S, renferme de nombreux morceaux de feuilles en décomposition. Cette vase de débris organiques est épaisse, car le petit filet de récolte arrive difficilement à la couche minérale du sol.

c) Dans la troisième zone, l'eau, encombrée de tiges de plantes, atteint une cinquantaine de centimètres de profondeur. Le fond est le même que pour la zone précédente.

d) e) Les zones à *Scirpus* et à *Phragmites* sont complètement exondées. Le sol est cependant très humide et, entre les tiges, on remarque une strate inférieure à *Hypnum* et *Galium*.

f) La sixième zone est complètement atterrie, mais dès la crue elle forme une cuvette d'eau libre.

La période hiémale, de décembre 1951 au début de janvier 1952, voit deux états bien définis de la mare II : d'une part, assèchement et, d'autre part, remplissage lors de l'inondation du 7 février 1952. Le premier aspect se caractérise par la présence d'un milieu aquatique très réduit; la faune y est pauvre; seuls *Asellus* et *Pisidium* y sont communs. L'abondance des matières organiques en décomposition est défavorable à la faune en général. Dès l'inondation, un vaste espace est occupé par l'eau (Pl. III, fig. 1, 2). Quinze jours après, les organismes aquatiques n'y ont pas encore fait leur apparition. La semaine suivante, les relevés montrent, dans la partie qui contenait de l'eau au début (zone sous les saules), un accroissement de la faune; il s'agissait surtout d'Entomostracés et de larves d'*Ablabesmyia*. Par contre, les animaux sont encore rares dans la zone à *Phragmites*, sauf *Anisus nitidus* (MÜLLER), très commun; on trouve aussi quelques Phryganes. Environ un mois après l'inondation, la faune présente une certaine homogénéité dans toute la mare; *Asellus* abonde et quelques *Naucoris cimicoides* LINNÉ ont fait leur apparition.

Au début de mars, le Copépode *Diaptomus castor* JURINE fait son apparition; à cette époque, les Cladocères et les Acariens se développent intensément. Ce plancton est le plus riche observé durant le cycle dans les trois mares; il se montre surtout dans la partie Sud, là où il y a peu de tiges d'hélophytes et une eau libre et claire. Sous les saules, le plancton, riche également, contient plus de Cladocères et moins de Copépodes. On note la présence de nombreux Ostracodes : *Cyclocypris lævis* O. F. MÜLLER, *Cypricercus fuscatus* JURINE. Quelques Coléo-

ptères ont fait leur apparition : *Hydroporus dorsalis* LINNÉ et *Hydrobius fuscipes* LINNÉ. Cette abondance correspond à la phase prévernale observée dans les autres mares dès les premiers beaux jours.

Durant les phases hiémales, il se passe donc une colonisation du territoire, nouvellement inondé, par la faune du reliquat primitif; restant enfoui dans le sol exondé et mouillé, *Anisus nitidus* MÜLLER passe à la vie active. Ensuite, il y a égalisation de la faune et dominance d'*Asellus*. La mare est un milieu aquatique normal lorsque se présente la phase prévernale.

Avant la crue, la mare II présente un milieu aquatique influencé fortement par les matières organiques, A. BIRGE et C. JUDAY (1911) citent la décomposition de celles-ci comme un facteur important de consommation d'O₂. D. MIGADI (1934) confirme ce fait et S. KUSNETZOV (1935) cite l'oxydation bactérienne du CH₄ et du H₂S comme principale source de diminution d'O₂ l'hiver. D'après E. LAURIE (1942), la boue capte également l'O₂ dissous, mais pour les pièces d'eau de faible profondeur et de grande surface, l'air remédie à cette diminution.

Les deux espèces présentes : *Pisidium* et *Asellus*, sont des animaux de fond boueux, surtout la première (C. HUMPHRIES, 1936; L. LINDEMAN, 1941). Selon A. BIRGE et C. JUDAY (1911), *Pisidium* s'engourdit en hiver; il obture sa coquille quand l'O₂ devient rare et il l'ouvre à nouveau dès que se présente un surplus d'O₂. Selon L. LINDEMAN (1942), il subirait d'ailleurs son habitat plutôt que de le choisir. *Asellus aquaticus* LINNÉ mange des détritiques des fonds vaseux.

L'inondation ne répand pas tout de suite ces organismes colonisateurs, dont d'ailleurs il n'existe qu'un potentiel réduit. Le seul qui se montre rapidement en grand nombre est *Anisus nitidus* MÜLLER, mais ce dernier était déjà présent, enfoui dans la terre. La colonisation tardive, puis l'accroissement rapide d'*Asellus* s'expliquent par le fait que ces animaux doivent d'abord se répandre de la cuvette primitive et que, d'autre part, les régions inondées leur offrent de la nourriture en abondance sous forme de débris en décomposition. Dans une étude sur la faune littorale de Windermere, P. MOON (1935) mentionne que les *Asellus* se localisent sous les pierres là où se trouvent des détritiques. Dans un travail sur les crues à Windermere, le même auteur observe que ces Isopodes colonisent les zones inondées et que leur nombre croît alors que les larves d'insectes aquatiques diminuent. Il attribue ce phénomène au fait que ces dernières se nourrissent d'algues et les premiers de détritiques. Cette explication pourrait justifier l'abondance d'*Asellus* et la rareté des Entomostracés dans la mare II, le phytoplancton n'étant pas encore développé. La prolifération considérable du zooplancton à laquelle on assiste ensuite dérive d'un accroissement des algues planctoniques, conséquence des premiers beaux jours. La faune des territoires inondés ne diffère pas qualitativement de celle des flaques primitives; mais il y a augmentation des individus, suite à la constitution d'un milieu favorable combiné à une élévation de la température.

La phase vernale (mars à mai) ne voit guère de changement. Le plancton se maintient riche; au début de mai, apparaissent Tritons et Grenouilles.

La période estivale (mai à septembre) est marquée à la fois par une baisse des eaux et un grand développement des algues, ce qui entraîne une disparition presque totale du plancton. Par contre, les larves de diptères, *Ablabesmya falcigera* K. et *A. monilis* LINNÉ ainsi qu'*Asellus*, sont très nombreuses. Entre les tiges des Hélophytes, là où l'eau est plus profonde, on trouve encore des Entomostracés planctoniques ainsi que des larves de *Chaoborus fuscatus* JURINE; les Ostracodes sont très développés (*Cypricercus*). Le début de juillet voit l'apparition de larves de Corixides; les têtards de Tritons sont très communs, les Mollusques rares. Sous les Saules, il n'y a toujours presque pas d'organismes. Brusquement, on assiste, à certains jours, à des apparitions massives d'espèces (*Hydrozetes confervæ* et *Paranaïs uncinata* en juillet). Le fond présente toujours une boue à H₂S et quelques Chironomides. La partie Nord, complètement à sec au cours de l'hiver, est couverte d'une mince couche d'eau; celle-ci devient vite une masse d'algues filamenteuses. *Naucoris cimicoides* LINNÉ, *Hydrozetes confervæ* SCHRANCK et des larves de Chironomides y sont communs, mais le nombre des Entomostracés diminue fortement par suite de la prolifération des algues filamenteuses supprimant l'eau libre.

La zone à *Typha* et *Scirpus* demeure, durant l'été, le seul endroit ayant une eau claire et libre, par suite de l'absence de couche flottante. De plus, les roseaux suffisamment espacés permettent l'arrivée de la lumière. A cet endroit poussent *Mentha aquatica* LINNÉ et *Riccia fluitans* LINNÉ. Cette dernière se présente en petites touffes; elle atteint un développement optimum, non observé dans les autres mares. On y trouve également *Utricularia vulgaris* LINNÉ, qui s'étale surtout entre les *Scirpus* là où il y a de l'eau libre

Sérotinal. — Septembre. — Le plancton devient rapidement plus riche, par suite de la hausse du niveau de l'eau et d'un déclin de la végétation aquatique, le tout provoquant un accroissement du volume d'eau libre. Les Utriculaires sont fréquentées par un Coléoptère: *Hydroporus erythrocephalus* LINNÉ. Dans l'eau libre du côté Sud, *Hydrozetes confervæ* est commun ainsi que les Chironomides et des Corixides. C'est dans cette mare que le déclin de la végétation est le moins marqué. Les petites étendues d'eau libre situées au côté Nord et au côté Sud (Pl. III, fig. 6) sont remplies d'algues filamenteuses qui ne présentent aucun signe de décomposition. D'autre part, les Menthes aquatiques et les *Riccia* ne montrent guère de marques de décrépitude; l'Utriculaire commence à jaunir et *Hydrozetes confervæ* SCHRANCK est commun parmi ces végétaux.

DISCUSSION.

Dans les mares de Chertal, par suite de la végétation abondante, on remarque des phases bien nettes en fonction de la saison. Il s'agit de changements brusques dans la nature des couches de la végétation et dans la composition de la faune. Ces modifications résultent soit du développement rapide d'espèces pré-existantes, soit d'un apport saisonnier de nouvelles espèces.

La nappe flottante renferme une faune dans laquelle on peut distinguer : 1° des espèces propres aux plantes flottantes et ne vivant pratiquement que sur elles; 2° des espèces qui, y cherchant abri et nourriture, s'y montrent beaucoup plus nombreuses qu'ailleurs; 3° des espèces errantes présentes accidentellement.

1° L'espèce typique du premier groupe est un Acarien Oribate : *Hydrozetes confervæ* SCHRANCK. Présent partout dans les matériaux flottants, il augmente en nombre avec le beau temps. Animal lent, le fouillis végétal lui offre protection; il s'y nourrit du tissu des *Riccia*, des *Lemna* et des *Utricularia*. Les chenilles de *Cataglyphis lemna* LINNÉ et *Nymphula nymphæata* LINNÉ sont des espèces propres à la strate flottante; elles se construisent des étuis en *Riccia* et broutent les Hydrophytes : *Hydrocharis*, *Lemna*, *Riccia*. Ayant passé l'hiver au fond de l'eau, elles apparaissent en mai et, après deux mues, se métamorphosent. Les adultes se voient posés sur les tiges des Hélophytes. Ils pondent sur les feuilles d'*Hydrocharis*.

Argyroneta argentea LINNÉ habite la couche flottante; on la trouve dans les trois mares, où elle construit son abri parmi les plantes aquatiques. Au début d'avril, on remarque un grand nombre de jeunes.

2° Les organismes du deuxième groupe forment la majorité. Pour eux, la saison joue un rôle important. En effet, pendant l'hiver, il existe une notable différence entre la couche flottante et le reste de l'étang, la strate de surface représentant un des rares milieux vivants. Cette différence s'atténue avec l'avancement de la saison. De plus, l'augmentation de la température provoque une circulation plus intense des organismes de l'eau libre (Coléoptères, Phryganes, Acariens nageurs). Dès le printemps, la couche flottante perd donc le privilège d'une faune riche. Elle reste néanmoins très peuplée, car les espèces abondent toujours dans cet endroit, qui offre de bons abris. Bientôt, cette couche s'étend au point que les espèces n'ont plus possibilité de choisir un autre milieu. Toutefois, certains coins deviennent défavorables aux animaux par suite de l'exubérance des plantes et, de ce fait, ils se dépeuplent. Les organismes de ce biotope sont principalement des Coléoptères, des larves de Diptères, des Hémiptères, des Ostracodes, des Mollusques.

Naucoris cimicoides LINNÉ ne vit pas exclusivement dans la strate flottante, mais il y forme des populations extrêmement denses. Il abonde dès les premiers beaux jours. Son maximum se place en mai, quand apparaît la nouvelle généra-

tion; à ce moment, cette espèce pullule, surtout dans la mare I, dans les *Riccia* du côté Est. Encore commune en automne, elle ne disparaît qu'au début de l'hiver.

Les Ostracodes montrent une prédilection pour les matériaux flottants. Organismes plus ou moins benthiques, la strate d'Hydrophytes leur fournit un substrat où ils peuvent circuler et brouter des Épiphytes. Ce milieu leur est plus favorable que le fond de la mare, couvert par l'écran de la nappe flottante. Ils abondent spécialement en hiver et ils semblent atteindre leur maximum de fréquence vers mars, époque où se place d'ailleurs le grand développement des Entomostracés. L'espèce la plus commune, *Cyclocypris ovum* JURINE, se trouve toute l'année et dans les trois mares; *Cypria ophthalmica* JURINE est fréquent également. *Cypricerus fuscatus* JURINE apparaît parfois en grand nombre, surtout dans la mare II. *Notodromas monacha* O. F. MÜLLER-VAVRA n'est trouvée qu'à l'arrière-saison. Toutes les espèces ne vivent pas dans chaque mare; la mare II particulièrement semble contenir le plus d'espèces différentes. Néanmoins, comme les mares sont parfois en communication lors des crues, il est permis de supposer que les trois pièces d'eau contiennent des faunes d'Ostracodes sensiblement identiques qualitativement. On constate parfois des accroissements brusques d'une espèce en un point très localisé. Dans la mare III, les Ostracodes, rares, se tiennent sur le fond, car la couche flottante est d'un accès malaisé, vu la profondeur plus grande que dans les deux autres pièces d'eau.

Les larves de Diptères sont présentes toute l'année; il s'agit principalement de larves d'*Ablabesmyia falcigera* K. Elles apparaissent parfois en grand nombre à certains points, notamment là où la couche de surface forme un milieu analogue à une flaque de peu de profondeur dont le fond serait formé d'un rideau serré de végétaux divers et d'algues filamenteuses. Ces larves se nourrissent de détritits et des Diatomées épiphytes.

Les Mollusques fréquentent volontiers les plantes flottantes; en hiver, ils y sont plus nombreux que dans le reste de la mare, car la strate flottante représente le seul milieu où ils peuvent encore trouver des végétaux verts. A cette époque, une population de Mollusques extrêmement riche se montre dans le coin Nord-Est de la mare I, là où une couche de *Riccia* est encore verte. *Lymnea stagnalis* LINNÉ est vue presque uniquement dans les paquets de Callitriches flottant au printemps dans la mare I.

Les Copépodes sont également communs durant l'hiver dans les débris flottants des mares, où ils trouvent plus d'Épiphytes par suite des meilleures conditions de luminosité; lors de l'intense développement des végétaux de surface, ils se raréfient.

Rana esculenta LINNÉ est un habitant de la strate de surface; d'avril à septembre, elle nage à la surface, traçant des sillons dans les Hydrophytes.

3° Dans le troisième groupe, il s'agit ici principalement d'organismes nageurs : larves de *Clæon dipterum* LINNÉ, *Chaoborus*, Coléoptères, Cladocères, Acariens. Ces animaux circulent dans toute la mare. Vu l'espace important qu'occupent les strates flottantes, il y sont souvent présents; mais ils ne manifestent pas un choix particulier pour le biotope qui leur procure des conditions défavorables par la réduction de l'eau libre et l'abaissement de la teneur en oxygène dissous.

Les couches de surface des trois mares présentent donc certaines différences. Dans les mares I et II, il existe, dès l'hiver, une strate flottante. Pour la mare III, il faut attendre le prévernal pour voir apparaître quelques matériaux flottants où pullulent les animaux dont la brusque apparition correspond à la transition nette observée dès les premiers beaux jours dans les trois pièces d'eau; ce phénomène se remarque plus dans cette mare, parce que la faune est concentrée en un même point. Dans les trois mares, le rapide développement de la végétation se produit à la même époque (fin avril). Cependant, dans la mare III, on observe une autodestruction des Hydrophytes (*Callitriches*) due à leur développement trop intense (Pl. IV, fig. 8), et ensuite une nouvelle prolifération au cours de l'été. Dans la mare I, *Hydrocharis* s'étend en surface et, de ce fait, les plantes se nuisent peu. Mais dans la mare III, les *Callitriches*, se développant en volume, s'étouffent et enlèvent la lumière déjà interceptée en grande partie par le voile de *Lemna*.

La faune présente également certaines différences. L'organisme typique des mares I et II : *Hydrozetes confervæ* SCHRANCK fait défaut dans la mare III. Par contre, *Lymnea* s'y trouve en grand nombre. On y remarque aussi quelques larves d'Hydrophiles. Les Phryganes (*Limnophilus*) sont également très communes en mai dans les *Callitriches* de la mare III, alors que, pour les deux premières, elles ne sont pas concentrées dans les strates flottantes. Ce fait s'explique parce que dans la mare III il n'y a pas de matériaux où les larves peuvent grimper et qu'elles n'ont le choix qu'entre le fond vaseux et ces amas végétaux qui leur procurent une nourriture abondante. Les strates flottantes jouent le rôle principal dans la biologie des mares de Chertal. Milieu bénéfique pour la faune durant l'hiver, il devient un milieu de prédilection au prévernal; toute la faune s'y concentre. Lors du développement intense des végétaux, les organismes n'ont plus le loisir de choisir ce biotope : ils le subissent. Comme les Hydrophytes forment un écran à la surface, l'eau libre et le fond deviennent des milieux défavorables, et les animaux trouvent donc uniquement des conditions propices dans la partie supérieure des strates flottantes.

c) L'EAU LIBRE.

Les organismes de pleine eau se divisent en organismes : 1) planctoniques flottant passivement en groupes et 2) nageurs se déplaçant individuellement et sillonnant l'eau en tous sens. Parmi les premiers, on peut ranger les Entomo-

stracés : Cladocères et Copépodes, ainsi que les larves de *Chaoborus*; aux seconds peuvent être rattachés les larves d'Ephéméroptères, les Dytiscides, les Hydracariens, les Corixides, les Coléoptères : *Haliphus*, *Hydroporus*, *Noterus*.

1. LE PLANCTON.

Le nombre des pêches planctoniques est relativement restreint; seuls les relevés effectués dans l'eau libre ont été retenus comme tels. Les autres résultats de prélèvements ont été traités dans le chapitre des strates flottantes, car le filet à plancton revenait encombré de végétaux.

Il convient néanmoins, pour l'examen de la vie pélagique, de tenir compte des relevés des couches végétales de surface, car pour les organismes planctoniques, il n'existe évidemment aucune limite bien précise entre les deux milieux.

Mare I. — Durant les périodes hiémale et prévernale, l'eau libre couvre une surface importante. Les dragages, effectués dans la partie la plus profonde, montrent une faune pauvre. A proximité des plantes flottantes, les organismes planctoniques sont plus nombreux. Les parties inondées par la crue d'hiver sont vite colonisées par les organismes planctoniques. Vers le début du vernal, c'est-à-dire la mi-avril, le milieu pélagique s'est fortement peuplé en Entomostracés et en Acariens nageurs; ceux-ci d'ailleurs y sont présents durant tout le printemps. A cette époque, les *Hydrocharis* commencent à se développer et leurs racines gagnent le fond. Dès lors, on ne peut plus parler de milieu « pélagique », celui-ci étant encombré par un fouillis de racines entrelacées qui joignent le fond à la surface. Les captures effectuées dans ces conditions montrent simultanément des organismes de surface, de pleine eau et de fond. On ne peut néanmoins considérer les organismes nageurs tels que les Copépodes et les Cladocères comme appartenant uniquement au milieu pélagique. Des relevés montrent souvent une abondance d'Entomostracés qui broutent dans les matériaux flottants, alors qu'à proximité, l'eau libre en était pauvre. A la fin de la période vernale, il ne demeure de l'eau libre qu'entre les tiges d'*Equisetum*; les Entomostracés y sont de plus en plus rares. Durant la période estivale apparaissent un grand nombre de larves de *Chaoborus*.

La période sérotinale voit une augmentation du plancton due sans doute à la disparition de la couche d'*Hydrocharis*. La phase automnale n'apporte pas de changement notable et ressemble au faciès d'hiver.

Mare II. — Etant lié aux fortes différences du niveau de celle-ci, le plancton de la mare II est traité globalement avec les autres synusies animales (p. 82).

Mare III. — Dans cette mare assez profonde, le milieu aquatique libre ne subit pas de modification avant le début de mai, époque où se produit l'envahissement de l'eau par la végétation : *Callitriches* et *Lemna*. Ce phénomène dure

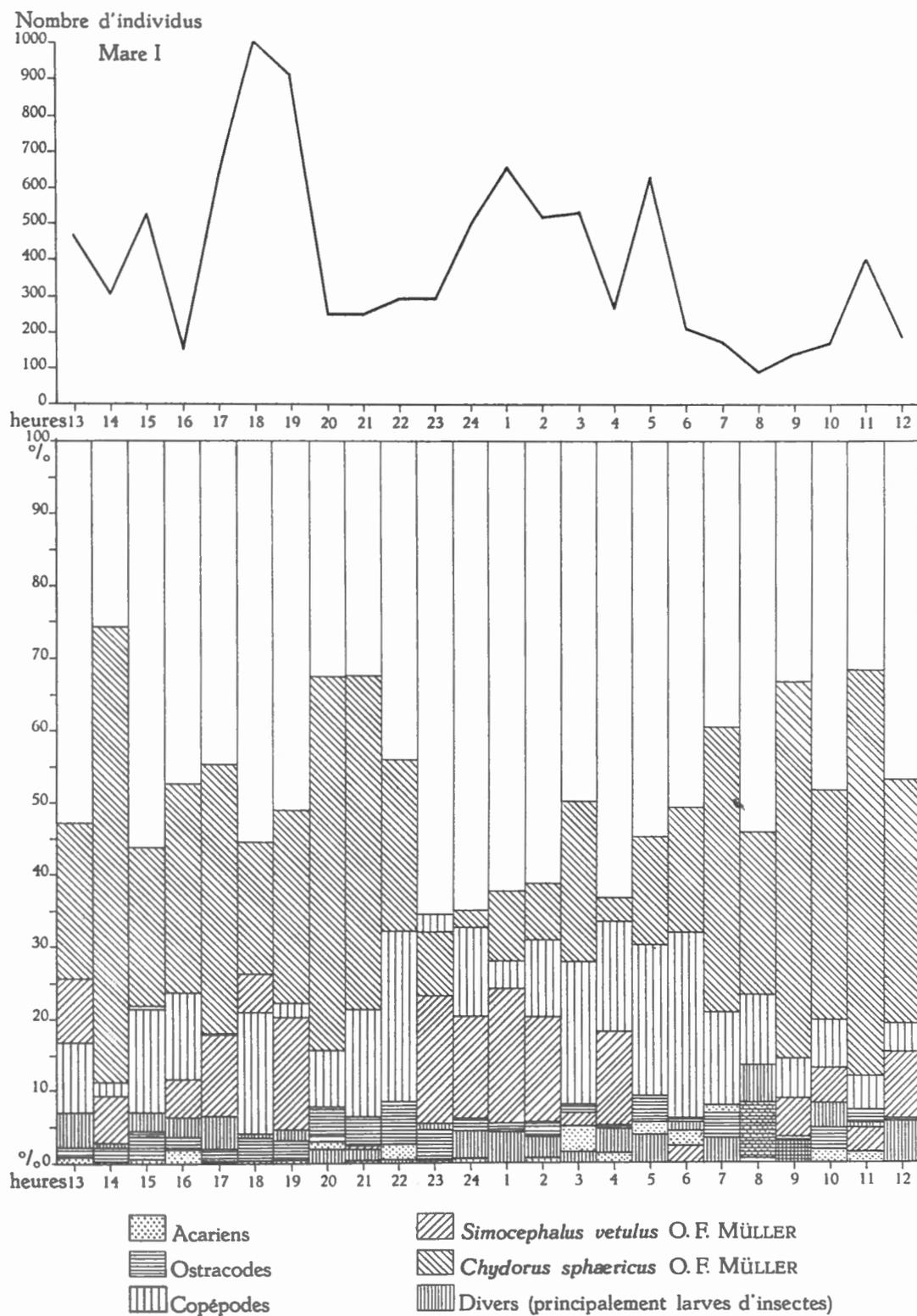


FIG. 15. — Variation de la composition du plancton de la mare I durant 24 heures (17-18.IX.1952).

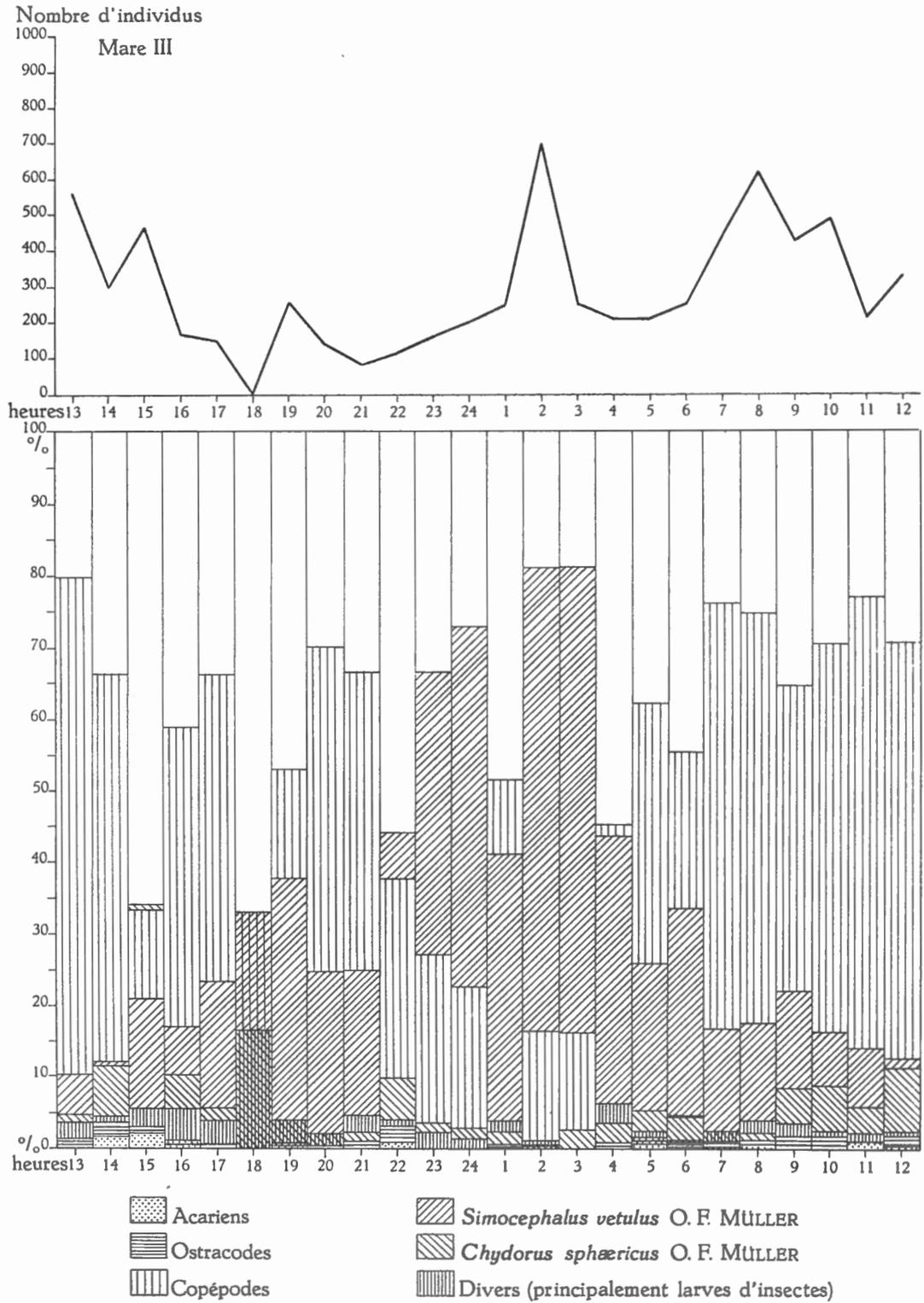


FIG. 16. — Variation de la composition du plancton de la mare III durant 24 heures (17-18.IX.1952).

jusqu'à la mi-août, lorsque la couche d'Hydrophytes disparaît. Au cours de la période hiémale, le plancton demeure rare; mais dès les premiers beaux jours il augmente rapidement, avec un maximum à la mi-avril. Il se raréfie avec le développement des Callitriches. Les phases vernale et estivale voient le maintien de cette situation. Vers la fin-août, entre les périodes estivale et sérotinale, se place un second maximum, vraisemblablement consécutif au dégagement de l'eau.

A Chertal, on remarque, pour toutes les espèces de Copépodes présentes, que la période de ponte se place principalement en janvier-février. On trouve parfois également des femelles porteuses d'œufs en avril et décembre. Ceci correspond assez bien au maximum de printemps. En ce qui concerne les migrations journalières, il est malaisé de les étudier aux mares de Chertal, vu la faible profondeur de la mare et l'encombrement de la végétation. Néanmoins, en septembre 1952, il fut procédé à des mesures durant 24 heures (fig. 15 et 16).

W. SCOTT (1910) a observé pour *Daphnia pulex* DE GEER une migration nocturne; un fin filet promené à la surface montre l'absence de Cladocères pendant le jour et un grand nombre au cours de la nuit. A. PACAUD (1939) observe que *Daphnia longispina* (O. F. MÜLLER) est, durant le jour, répartie également; la nuit, elle est rare en surface, mais le matin elle s'y trouve en quantité. Parlant des migrations de *Simocephalus vetulus* (O. F. MÜLLER), le même auteur affirme que la localisation en surface est due à la carence en oxygène dissous plutôt qu'à un phototropisme; car ces Cladocères se trouvent souvent sous les feuilles des plantes flottantes, où ils ne peuvent pas recevoir de la lumière.

Le zooplancton des mares de Chertal comprend surtout des Copépodes et des Cladocères. Pour les premiers, les espèces les plus communes sont *Megacyclops viridis* JURINE et *Eucyclops serrulatus* FISCHER; *Mesocyclops leuckartii* CLAUSS, *Brehmiella trispinosa* BRADY et *Eudiaptomus vulgaris* SCHMEIL furent observées rarement. On retrouve les mêmes espèces dans les trois mares, sauf *Diaptomus castor* JURINE, qui semble propre à la mare II, où il est le principal organisme du plancton; dès mars, il y constitue la population planctonique la plus dense qui fut observée dans les trois mares durant le cycle annuel. Dans les mares de Chertal, les femelles de toutes les espèces sont nettement plus fréquentes que les mâles. Les Cladocères les plus communs sont *Daphnia pulex* DE GEER et *Simocephalus vetulus* (O. F. MÜLLER) et, en quantité moindre, *Chydorus sphaericus* O. F. MÜLLER; d'autres espèces se montrent très rarement: *Ceriodaphnia reticulata* S. O. SÆRS, *Alona quadrangularis* O. F. MÜLLER, *Eurycercus lamellatus* O. F. MÜLLER, et sur les végétaux flottants, *Acroperus harpæ* BAIRD.

Selon A. PACAUD (1939), *Daphnia pulex* DE GEER semble supporter des limites assez larges de pH; il vit dans des eaux de pH de 4,9 à 5,5; *Simocephalus vetulus* (O. F. MÜLLER) semble éviter les pH acides. *Chydorus sphaericus* O. F. MÜLLER possède une très grande tolérance; on le trouve dans des eaux ayant des pH de 4 à 4,5. D'après ce même auteur, *Daphnia pulex* DE GEER et *Simocephalus vetulus*

(O. F. MÜLLER) seraient défavorisés par les matières humiques dissoutes; le Ca ne jouerait pas un rôle direct, mais influencerait la production d'algues servant de nourriture aux Cladocères.

Simocephalus vetulus (O. F. MÜLLER) peut vivre dans des eaux polluées, à condition qu'il y ait des plantes aquatiques lui permettant de se fixer loin du fond. Il change alors de niveau suivant l'heure. *Daphnia pulex* DE GEER offre une très grande résistance à l'asphyxie; les teneurs d'oxygène observées à Chertal sont au-dessus du minimum vital déterminé par A. PACAUD.

Les Entomostracés, Copépodes et Cladocères, sont présents toute l'année dans les mares I et III, également dans la mare II, pour autant que le niveau d'eau le permette.

Fluctuations du plancton.

Dans la mare I, les Entomostracés, rares en hiver, se tiennent dans les débris flottants. Dans la mare III, ils occupent tout le milieu aquatique libre; au premier printemps, cependant, ils se trouvent près du fond, au voisinage des amas d'algues filamenteuses qui tapissent ce dernier; leur situation benthique est peut-être due à une carence de nourriture au sein de l'eau. On note deux maxima de plancton au printemps et à l'arrière-saison. Il est très probable que ces fluctuations résultent des brusques changements de la végétation qui, à Chertal, affectent fortement le milieu. A. PACAUD (1939) observe un minimum de plancton en hiver et il constate que sa disparition est en rapport étroit avec l'augmentation de la teneur en matières humiques. Il note en outre que dans les mares à *Lemna*, comme la mare III, la décomposition de cet Hydrophyte donne une vase noire, très pauvre en O₂. A. MOSLEY (1939) remarque qu'au printemps l'abondance de végétation (il s'agit de plantes poussées durant l'assèchement d'été) est en partie néfaste au plancton et il cite KOFOID observant pour le Flag Lake une augmentation de plancton liée à une diminution de plantes. M. GRIFFITH (1935) remarque aussi que l'apparition du phytoplancton correspond à la pourriture des feuilles de nénuphars. Le développement de la végétation joue d'ailleurs un rôle dans la production du phytoplancton. A. HASLER (1949) a fait des expériences montrant que ce dernier est moins dense dans les lacs qui contiennent des plantes supérieures.

L'abondance des Entomostracés étant liée à la présence d'algues planctoniques, un développement rapide et considérable du zooplancton peut amener une carence de nourriture. W. PENNINGTON (1927) a observé que les Cladocères en culture réduisent considérablement le nombre d'algues et il croit que des faits semblables se produisent dans la nature: les algues disparaissent, l'eau est noirâtre et le zooplancton se concentre à la surface là où l'eau contient de l'oxygène; ce phénomène se produit souvent dans les mares de fermes.

Le même auteur a observé également une riche faune d'Entomostracés habitant les paquets d'algues.

La larve de *Chaoborus* est présente dès l'hiver; elle se trouve toujours en petit nombre dans les mares I et III. Elle suit les fluctuations des autres organismes du plancton. Elle est présente à peu près toute l'année dans la mare III, avec un maximum vers la fin de l'été. Il n'a pas été observé de jeunes larves dans cette mare; par contre, une jeune génération apparaît en nombre dans la mare I, à la fin mai. Selon C. JUDAY (1921), ces larves entrent en nymphose la dernière semaine d'avril, et en mai on observe une importante diminution de larves, le minimum étant atteint en août, il y a ensuite une augmentation en septembre avec maximum entre novembre et décembre. Cet auteur cite MUTTKOWSKI, selon lequel il y aurait deux générations d'été et une d'hiver. De son côté, W. SCOTT (1910) la donne comme commune en automne. Le manque de jeunes larves, dans le cas présent, ne permet pas de donner des précisions sur ce point; de plus, il faut tenir compte du fait que les observations de ce dernier ont lieu dans un lac, alors que dans les mares de Chertal, le développement excessif de la végétation provoque des perturbations dans la faune.

Chaoborus est un prédateur du plancton. W. SCOTT (1910) dit qu'elle mange des Ostracodes. L. LINDEMAN (1942) confirme ces habitudes et la mentionne comme se nourrissant de zooplancton et de petits organismes benthiques. Selon B. GRIFFITH (1944), elle mange des Rotifères et des Entomostracés. T. MACAN (1949) remarque que *Chaoborus* a une existence planctonique la nuit; le jour elle reste dans la vase. Suivant C. JUDAY (1921), elle est fortement photo-négative; mais, à Chertal, les prises planctoniques, bien que faites le jour et près de la surface, ramènent des *Chaoborus*; elle résisterait d'ailleurs bien aux conditions anaérobies.

Le plancton des mares de Chertal est donc un groupement d'Entomostracés et de larves de *Chaoborus*; néanmoins, certains des éléments de ce groupement de pleine eau peuvent fréquenter les plantes flottantes ou les algues du fond, ceci surtout en hiver et au premier printemps.

2. LES ANIMAUX NAGEURS.

Ce sont des insectes ou des larves d'insectes, bien adaptés à la nage et presque tous carnassiers.

Les plus marquants parmi ces organismes, les Hémiptères des genres *Corixa* et *Notonecta*, apparaissent dès le premier printemps, en avril; l'eau étant claire, on les voit nager en grand nombre. Dans le courant de mai, on remarque les larves. Les Notonectes sont des carnassiers; selon B. GRIFFITH (1944), leurs larves mangent des Entomostracés et les adultes s'attaquent aux insectes et même aux têtards. Par contre, les *Corixa* semblent être végétariennes; d'après M. SUTTON (1951), elles marquent une préférence pour les détritiques et surtout pour les algues filamenteuses. Néanmoins, d'après le même auteur, elle furent parfois observées mangeant des Aselles et des Daphnies; il y eut des cas de cannibalisme. M. SUTTON

(1946) confirme les observations de HUNGERFORD concernant la présence dans le canal alimentaire des Corixides, de Rotifères, de filaments d'*Oscillatoria*, de Diatomées, avec, en plus, des pattes de Crustacés, des larves de Chironomides et des nymphes d'Ephémères. D'après C. ESSENBERG (1915), ces larves seraient très sensibles à l'eau contaminée et elles viendraient alors plus fréquemment à la surface. A Chertal, cependant, elles furent trouvées en grand nombre à des endroits où l'eau n'était qu'un amas d'algues filamenteuses en décomposition. T. MACAN (1941) observe de grandes populations de Corixides dans les mares très polluées; il s'agit d'une pollution due au bétail et qui amène une prolifération de Flagellates et autres Protozoaires, telle que la vue ne pénètre pas à quelques centimètres de la surface. Selon le même auteur, les Corixides auraient une tendance à décroître là où la végétation supérieure est dense; *Notonecta* choisirait surtout des pièces d'eau d'une certaine étendue.

d) LE FOND.

Nature.

Au début de l'hiver 1951, on pouvait considérer deux types de fond, un couvert par l'eau libre et l'autre exondé. Le premier, caractérisé par une vase noire, à odeur de H_2S , contient des débris végétaux. Le second présente, avant et au début de son immersion, un sol minéral de même nature que le sol alluvionnaire des berges, sans trace de vase; à cette boue se joignent les poussières des charbonnages voisins. Il est encombré de débris végétaux non putréfiés, tiges et racines de *Typha*, de *Scirpus*. Ces débris varient quantitativement suivant la zone végétale: la zone à *Typha* en contient plus que celle à *Glyceria*. Le sol minéral évolue rapidement vers le premier type, riche en matières organiques décomposées; dès le printemps, il se transforme déjà en boue sapropélique à odeur de H_2S . La mare I présente les deux types de fond et la mare II surtout un fond du second type; le fond de la mare III appartient uniquement à la première catégorie. Dans les mares I et II, le sol, recouvert d'un amas de tiges de roseaux, n'est pas directement accessible. Le côté Sud de II et le côté Est de I montrent un matelas de tiges couchées (Pl. I, fig. 6), assez serrées, d'une épaisseur de parfois 30 cm, qui, au printemps, se couvrent d'algues épiphytes.

Influence des saisons.

Les saisons influencent le faciès biologique des fonds, soit normalement par des apparitions successives d'organismes, soit en modifiant leur structure biologique au cours d'assèchements ou d'inondations. Evidemment ce dernier cas n'intervient pas dans la mare III.

En hiver, la crue des eaux provoque un sérieux accroissement du domaine aquatique.

La mare I montre au côté Est, avant l'inondation, une vaste partie presque sans eau, présentant des flaques d'eau entre les mottes du sol et les roseaux; la faune de ce milieu comprend quelques rares *Pisidium*, *Anisus* et *Asellus*. La zone continuellement submergée a le fond couvert d'une vase noire avec les mêmes éléments faunistiques auxquels viennent s'ajouter de rares larves de Trichoptères. Quand l'eau envahit toute la surface de la mare, les organismes déjà présents augmentent en nombre; les *Pisidium* et les *Anisus* sortent de la boue et circulent dans le réseau des tiges mortes; quelques rares Copépodes font leur apparition. Durant ce temps, la faune de la partie profonde de l'étang demeure pauvre: les Chironomides dominant; les Aselles, peu nombreux, sont généralement représentés par de gros spécimens, les plus grands trouvés dans l'ensemble des mares. *Dendrocœlum lacteum* MÜLLER habite également le fond. Avec le printemps, la couche végétale de surface se développe, supprimant ainsi l'accès de la lumière au fond. Par suite de l'accroissement des racines d'*Hydrocharis morsus-ranæ* LINNÉ, il se forme entre le fond et la surface un réseau végétal, un milieu qui subit les mêmes conditions que le fond proprement dit: faune très pauvre et matières organiques décomposées avec odeur de H₂S.

La mare II. — La colonisation des nouveaux territoires de cette mare a été traitée ci-avant, p. 82.

La mare III évolue quelque peu différemment. Dès l'hiver, on peut distinguer, à travers l'eau claire, de larges plaques d'algues filamenteuses *Spirogyra* et quelques touffes de *Callitriches*.

Au premier printemps, la couche d'algues filamenteuses se développe intensément; elle recouvre toute la cuvette et enveloppe les tiges dressées des *Glyceria*. Au voisinage du fond, le plancton abonde, notamment les Cladocères. Avec la formation du voile de *Callitriches* et de *Lemna* intervient l'interception de la lumière avec comme conséquence le retour de la couche de vase noire. Cet état dure jusque tard dans l'arrière-saison, lors de la disparition des Hydrophytes.

Les organismes benthiques.

Au cours de l'hiver, le fond abrite des turions de nombreuses plantes: Potamots, Utriculaires, *Hydrocharis*. Les Grenouilles s'y enfouissent dès l'approche de la mauvaise saison.

Les organismes benthiques proprement dits sont des *Pisidium* et les larves de Chironomides. Ces dernières ne sont pas typiques du fond, car on n'y distingue pas deux milieux bien différenciés: l'eau libre et le fond. En effet, par suite de l'abondance de la végétation et du peu de profondeur en général, il se constitue une série de milieux végétaux pouvant servir de support aux larves de Chirono-

mides. Néanmoins, *Chironomus plumosus* LINNÉ habite presque exclusivement dans la vase du fond, ces larves de Chironomides vivant dans des biotopes mortels pour les autres organismes.

Le tube digestif de la larve de *Chironomus* contient des fragments végétaux et des Diatomées (O. JOHANNSEN, 1905; J. MALLOCH, 1915) ou des Algues filamenteuses, soit fraîches, soit en débris (W. PENNINGTON, 1927). D'après M. WALSCHE (1947), la larve de *Chironomus plumosus* LINNÉ sécrète un entonnoir de salive; en se remuant, elle provoque un courant d'eau entraînant les particules sur le cône salivaire, où elles se fixent. La larve sortant de son étui se rapproche de cet ensemble et mange le tout rapidement; ensuite elle recommence. Parfois la larve quitte son tube et répand de la salive sur la vase environnante; dans ce cas, elle avale indistinctement tout ce qui entre dans le filet ainsi tendu.

Selon A. COLE (1921), G. MAIL (1900) et HAMMOND (1900) ont conservé en vie des larves de Chironomides après un séjour de 49 heures dans de l'eau bouillie et saturée de CO₂. J. PAUSE (1918) en conserve dans de l'eau sans O₂ durant 54 heures; leur résistance serait proportionnelle à la teneur du sang en hémoglobine, les jeunes larves étant les plus sensibles.

A. COLE (1921) fait des expériences sur *Chironomus tentans*. Il constate que la larve se nourrit de fines particules en suspension. La partie postérieure du corps accomplit un mouvement ondulatoire continu qui se poursuit même lorsque O₂ est absent. On sait que la présence d'hémoglobine chez les invertébrés est liée à un habitat pauvre en oxygène. Or, A. COLE remarque que les larves de ce Chironomide se trouvent régulièrement là où s'accumulent des débris végétaux et, à ce propos, il signale que les petits fragments de plantes, même à l'abri de la lumière, dégagent de l'oxygène à l'état atomique. Pour cet auteur, les organismes emploient surtout cette source d'oxygène, dans les conditions anaérobies.

Dans les mares de Chertal, le fond constitue donc un milieu où ne peuvent subsister que des êtres adaptés à des conditions bien particulières. La présence des couches denses d'Hydrophytes flottants permet aux organismes non nageurs d'y trouver un support dans des conditions vitales plus favorables.

e) GROUPEMENTS ANNEXES.

En plus du milieu aquatique proprement dit et des berges, un point d'eau contribue à la formation d'une série de synusies animales dont la plupart des constituants mènent une vie aquatique à un moment de leur existence ou dépendent de l'eau d'une manière indirecte.

Dans les mares de Chertal, on peut reconnaître trois de ces groupements : 1) la faune spéciale circulant sur la pellicule de surface : l'éphydron; 2) les animaux fréquentant l'espace aérien au-dessus de la mare; 3) les organismes parasites des Hélophytes ou des plantes aquatiques.