



**HAL**  
open science

# ÉTUDES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX ET SÉDIMENTS DE L'ÉTANG BAGES-SIGEAN (AUDE)

Michel Fiala

► **To cite this version:**

Michel Fiala. ÉTUDES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX ET SÉDIMENTS DE L'ÉTANG BAGES-SIGEAN (AUDE). Vie et Milieu , 1973, pp.21-50. hal-02981996

**HAL Id: hal-02981996**

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-02981996v1>

Submitted on 28 Oct 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# ÉTUDES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX ET SÉDIMENTS DE L'ÉTANG BAGES-SIGEAN (AUDE)

par Michel FIALA  
*Laboratoire Arago, 66 - Banyuls-sur-Mer*

## SOMMAIRE

L'auteur dégage les principales caractéristiques physico-chimiques du complexe lagunaire Bages-Sigean. Des prélèvements réguliers ont permis d'effectuer des mesures de températures, salinités, chlorophylle *a*, sels minéraux et glucose dans les eaux superficielles. Parallèlement les nitrates, phosphates et le glucose ont été dosés dans les eaux interstitielles du premier mètre de sédiment.

Ce travail s'insère dans une large étude du complexe lagunaire de Bages-Sigean (Aude). Les caractéristiques topographiques, hydrologiques, sédimentologiques et climatiques de cet étang ont déjà fait l'objet de plusieurs investigations (PETIT et MIZOULE, 1962; LAGARDE, CAHET et MOURRUT, 1964). Afin de compléter ces études, nous avons suivi régulièrement pendant un an l'évolution de différents paramètres physiques et chimiques dans les eaux et les sédiments de cet étang saumâtre. Divers aspects microbiologiques concernant le cycle de l'azote dans les sédiments seront présentés ultérieurement (1).

(1) Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris le 16 décembre 1969 pour l'obtention du grade de Docteur de 3<sup>e</sup> Cycle (Mention Océanographie biologique).

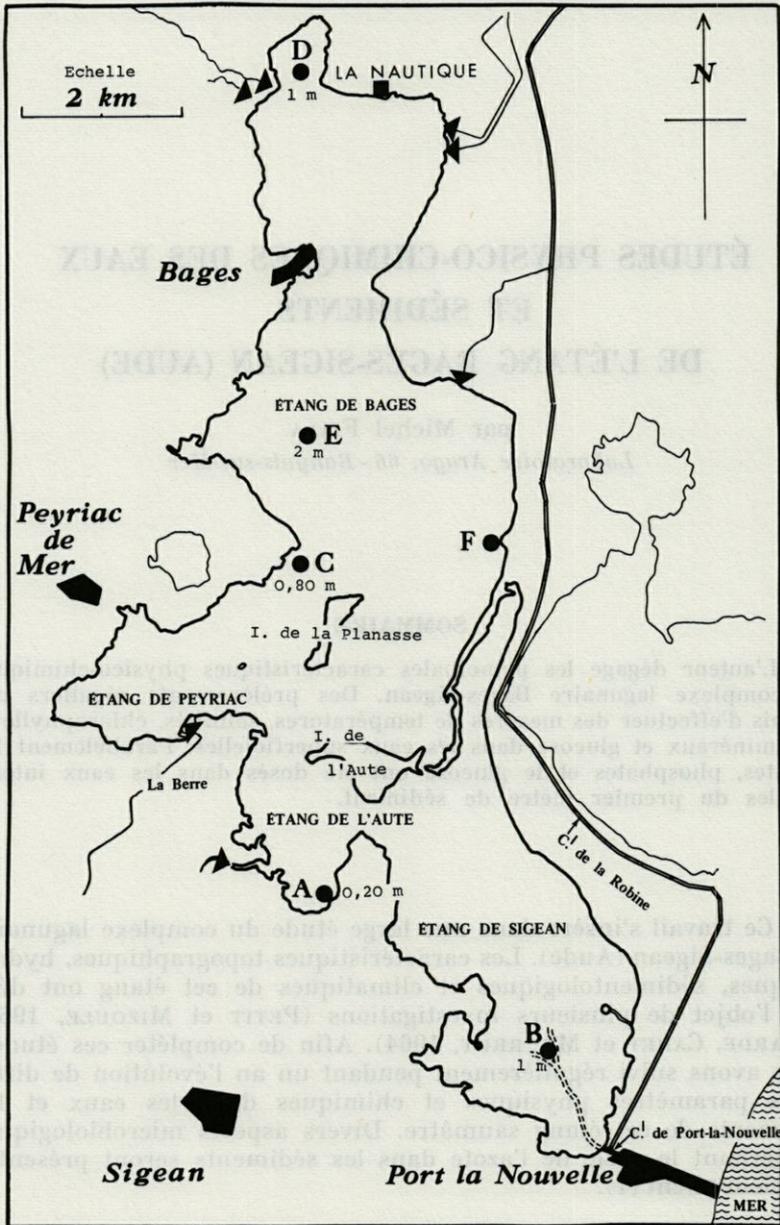


FIG. 1. — Le complexe lagunaire Bages-Sigean. Répartition des stations avec mention de leur profondeur.

## I. — PRÉSENTATION DU MILIEU

Le complexe lagunaire de Bages-Sigean d'une superficie de 5 240 ha fait partie de la guirlande d'étangs saumâtres qui bordent les côtes méditerranéennes de Marseille à Canet. Il s'étend sur 14 km de longueur, de Port-la-Nouvelle au sud, à la Nautique au nord et sur 2,5 km de largeur (fig. 1).

Il est constitué par la juxtaposition de biotopes différents. PETIT et MIZOULE (1962) le divisent en 4 grandes régions :

- 1) Au nord, l'étang de Bages qui se subdivise en 2 : l'étang de Capeille (ou Bages nord) et l'étang de Bages sud, séparés par la passe « village de Bages - Pointe du Trou » ;
- 2) L'étang de Peyriac-de-Mer à l'ouest de l'île de la Planasse ;
- 3) L'étang de l'Aute, limité au nord par la pointe de l'île qui lui donne son nom ;
- 4) L'étang de Sigean, au sud, qui communique avec la mer par le canal de Port-La-Nouvelle.

De nombreux ruisseaux à débit variable, mais peu important (à l'exception du canal de La Robine et de la rivière La Berre) alimentent le complexe en eau douce. Il en résulte une variation de salinité qui détermine une grande diversification de la végétation, composée en majeure partie de Phanérogames : *Zostera*, *Ruppia* et *Potamogeton*.

Ce milieu lagunaire communique avec la mer au sud par le canal de Port-La-Nouvelle. Cependant pour éviter le colmatage du port, les Ponts-et-Chaussées ont mis en place plusieurs vannes mobiles. Du fait de leur faible profondeur ces étangs sont soumis à l'action directe des vents souvent violents dans cette région. La houle fait entrer l'eau de mer et ce, d'autant plus que les vents de secteur sud sont forts. Le phénomène inverse se produit quand les vents de secteur nord soufflent : l'eau saumâtre est rejetée vers la mer et, afin d'éviter une trop grande dénivellation, les vannes sont fermées.

Nous avons choisi 6 stations d'étude les plus représentatives possible. Dans ce but, plusieurs facteurs ont été envisagés : salinité, profondeur, végétation et granulométrie.

Deux stations se situent dans le bassin sud (étang de l'Aute-Sigean) :

— la station A, accessible par tous les temps ; sa salinité variant de 9 ‰ l'hiver à 29 ‰ l'été, permet le développement de *Zostera nana* à faible profondeur (0,10 m à 0,30 m) ;

— la station B, située dans le chenal de la Nadière diffère de la précédente par sa salinité plus élevée (10 - 14 ‰ l'hiver, 35 ‰ l'été), par sa végétation (nombreuses *Acetabularia* sur les coquilles, *Zostera marina* remplaçant progressivement *Zostera nana*) et par sa profondeur plus importante : 1 m en moyenne.

Trois autres stations ont été suivies dans le bassin central (Etang de Bages) caractérisé par sa salinité homogène (7 ‰ l'hiver, 19 ‰ l'été) :

— la station C, proche de la côte, dont le fond est recouvert de *Ruppia* et de *Potamogeton* (profondeur moyenne 0,80 m);

— la station E, au nord de l'île de Planasse, est plus profonde (2 m); les *Zostera nana* y abondent;

— la station F, en bordure de la rive orientale, est sableuse par opposition aux cinq autres stations riches en limon; elle n'est recouverte que par quelques centimètres d'eau et seules quelques mattes de *Zostera nana* sont visibles.

Enfin à l'extrême nord, la station D, de profondeur moyenne 1 m, est peuplée de *Chaetomorpha* et de *Potamogeton* qui s'adaptent à une salinité très faible (5 ‰ l'hiver, 15 ‰ l'été).

## II. — MÉTHODES D'ÉTUDE

### A. MODE DE PRÉLÈVEMENT.

Les prélèvements de sédiment ont été effectués bi-mensuellement à l'aide d'un carottier manuel d'un mètre de longueur et de 5 cm de diamètre. Une gaine en polyéthylène glissée à l'intérieur du cylindre retient la vase lors de l'enfoncement du carottier. Les carottes ainsi obtenues ont une longueur de 0,60 à 0,70 m. Elles sont placées dans une boîte isothermique à  $-20^{\circ}\text{C}$  et rapportées au laboratoire dans la journée.

Au laboratoire on dégèle les carottes de sédiment. De petites fenêtres sont découpées dans la gaine de plastique à trois niveaux :

$N_1$  : 0 - 5 cm;  $N_2$  : 25 cm et  $N_3$  : 50 cm.

La station F étant composée de sable, l'enfoncement du carottier s'y est avéré impossible. Nous ne considérerons donc que la couche superficielle. Pour les autres stations, on peut estimer que le tassement de la vase dû à l'enfoncement du carottier est de l'ordre de 0,30 m.

130 à 180 grammes de vase prélevés aux trois niveaux sont centrifugés à 4000 tours par minute. L'eau interstitielle ainsi extraite est alors filtrée sur membrane en fibres de verre Whatman GF/C et conservée à  $-20^{\circ}\text{C}$  pour les dosages chimiques (nitrates, phosphates et glucose).

## B. TECHNIQUES DE DOSAGES.

### 1. Salinité.

Les chlorinités sont mesurées dès le retour au laboratoire par la méthode classique de Mohr-Knudsen avec l'emploi d'une burette à eau saumâtre. La conversion des chlorinités en salinités est obtenue grâce aux tables de Knudsen.

### 2. Phosphate minéral dissous.

Pour le dosage de ce sel dissous dans les eaux, nous avons employé la méthode de Murphy et Riley (1962) préconisée pour l'eau de mer par STRICKLAND et PARSONS (1968). Cette méthode, indépendante de la salinité, peut être utilisée pour les eaux saumâtres.

### 3. Glucides dissous.

Les glucides dissous sont dosés par la méthode de Dubois et coll. (1956). La réaction est fondée sur l'action de l'acide sulfurique sur les sucres. L'acide hydrolyse les oses en monosaccharides puis les cyclise en dérivés du furfural; les dérivés sont alors condensés par le phénol pour donner un chromophore. Les mesures sont effectuées au spectrophotomètre Beckman modèle DU à la longueur d'onde de 490 nm dans des cuves de 10 mm de trajet optique.

### 4. Nitrate dissous.

Le dosage des nitrates est réalisé à l'aide de l'AutoAnalyzer Technicon d'après la méthode de Kamphake et coll. (1967) modifiée par LAGARDE (1968).

Son principe est le suivant : les nitrates dissous dans les eaux sont réduits en nitrites par le sulfate d'hydrazine. Les nitrites ainsi formés sont mis en contact avec une solution colorée composée d'acide

phosphorique, de sulfanilamide et de I-N naphtyléthylènediamine dihydrochlorate. L'absorption de la solution obtenue est mesurée colorimétriquement (longueur d'onde : 540 nm).

### 5. Détermination des pigments chlorophylliens.

La méthode d'estimation des chlorophylles utilisée est proche de celle recommandée par le groupe de travail Scor-Unesco (1966).

Trois litres d'eau superficielle sont filtrés sur membrane en fibres de verre Whatman GF/C sans carbonate de magnésium. Les filtres sont broyés à froid en présence d'acétone à 90 % au broyeur de Potter. On prolonge l'extraction pendant deux heures puis on centrifuge les extraits 15 minutes à 4 000 tours par minute. Les lectures des absorptions sont faites à 750 nm (turbidité), 663 nm, 645 nm et 430 nm (cuves de 10 mm de trajet optique) au spectrophotomètre Beckman. Si l'extraction ne peut se faire immédiatement, on conserve les filtres à 0 °C sur gel de silice.

Les équations utilisées pour les calculs sont celles préconisées par le Scor-Unesco (1966). Nous n'avons retenu, dans ce travail, que les mesures de chlorophylle *a*, l'interprétation de celles des chlorophylles *b* et *c* étant actuellement controversée.

## III. — PHYSICO-CHIMIE DES EAUX

### A. TEMPÉRATURES DE L'AIR ET DE L'EAU.

Les moyennes hebdomadaires des températures de l'air et de l'eau superficielle de février 1966 à octobre 1967 sont portées sur la figure 2. Les deux courbes ainsi obtenues sont parfaitement parallèles, mettant en évidence l'influence directe de la température de l'air sur celle de l'eau; les moindres variations de l'une se répercutent immédiatement sur l'autre. Les différences entre les températures de l'air et celles de l'eau sont de l'ordre de 2 °C en hiver et de 4 °C durant les autres saisons (1).

On peut dégager de la courbe thermique de l'eau les caractéristiques suivantes :

— la période de maximum thermique s'étend de juin à septembre (optimum en juillet : 20 °C) avec une moyenne de 17 °C;

(1) Les relevés quotidiens de températures m'ont été aimablement communiqués par H. BOUTIERE.

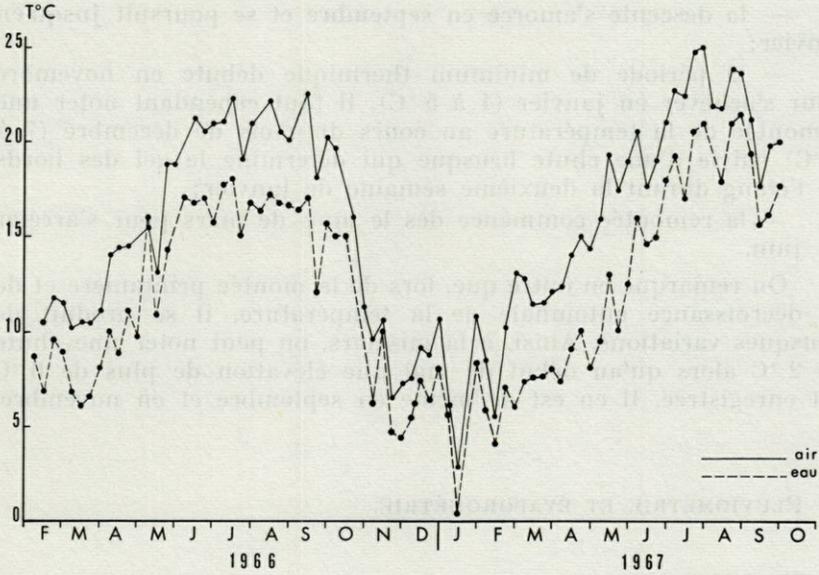


FIG. 2. — Moyennes hebdomadaires des températures de l'air et de l'eau de surface à la station A.

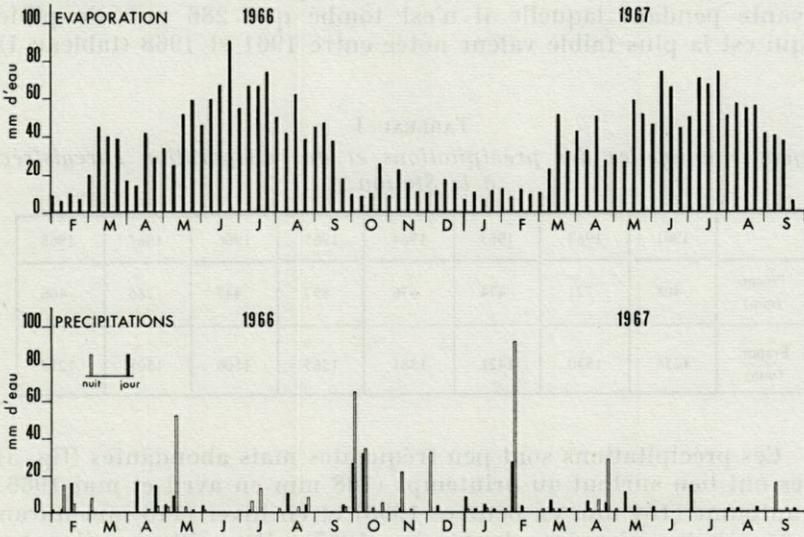


FIG. 3. — Moyennes hebdomadaires des précipitations et de l'évaporation à la station A.

— la descente s'amorce en septembre et se poursuit jusqu'en janvier;

— la période de minimum thermique débute en novembre pour s'achever en janvier (4 à 5 °C). Il faut cependant noter une remontée de la température au cours du mois de décembre (7 à 8 °C) suivie d'une chute brusque qui détermine le gel des bords de l'étang durant la deuxième semaine de janvier;

— la remontée commence dès le mois de mars pour s'arrêter en juin.

On remarque en outre que, lors de la montée printanière et de la décroissance automnale de la température, il se produit de brusques variations. Ainsi, à la mi-mars, on peut noter une chute de 2 °C alors qu'au début de mai une élévation de plus de 6 °C est enregistrée. Il en est de même en septembre et en novembre.

## B. PLUVIOMÉTRIE ET ÉVAPOROMÉTRIE.

### 1. Pluviométrie.

Au cours de l'année 1966 les précipitations ont été moyennes pour la région : 444 mm d'eau. Il n'en a pas été de même l'année suivante pendant laquelle il n'est tombé que 286 mm de pluie, ce qui est la plus faible valeur notée entre 1961 et 1968 (tableau I).

TABLEAU I

*Moyennes annuelles des précipitations et de l'évaporation enregistrées à la Station A*

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Précip. (mm)	408	721	474	676	897	447	286	466
Évapor. (mm)	1256	1530	1421	1381	1365	1506	1501	1215

Ces précipitations sont peu fréquentes mais abondantes (fig. 3). Elles ont lieu surtout au printemps (108 mm en avril et mai 1966), en automne (164 mm en octobre 1966) et en hiver (118 mm durant la deuxième quinzaine de février 1967). Par ailleurs, il est à remarquer que les précipitations sont plus abondantes la nuit que le jour (exactement le double en 1966 : 298 mm contre 149 mm).

## 2. *Evaporométrie.*

L'évaporation est très importante (fig. 3). Elle est deux à trois fois plus élevée que les précipitations.

Cette évaporation est évidemment maximale durant l'été (juin et juillet). Elle est liée à l'ensoleillement de longue durée, aux températures élevées de l'air et de l'eau et à un régime de vent sec.

## C. SALINITÉ.

Comme nous l'avons mentionné par ailleurs, les stations ont été notamment choisies en fonction de leur position géographique; elles se répartissent du sud au nord tout au long de l'étang.

La station B, située dans le chenal de la Nadière, qui reçoit les eaux d'origine marine, a une salinité élevée (36 ‰) pendant près de huit mois (mai à janvier). Cependant elle subit périodiquement de brusques variations avec des chutes de l'ordre de 11 ‰ en juin par exemple, 13,5 ‰ en octobre et 12 ‰ à la fin novembre. Celles-ci sont toujours suivies de remontées aussi soudaines. C'est à la mi-décembre que s'amorce la décroissance hivernale. Elle est assez rapide puisqu'en l'espace de deux mois et demi la salinité passe de 35 ‰ à 9 ‰. La période minimale, très courte (février), est suivie d'une remontée rapide (figure 4a).

A mesure que l'on se déplace vers le nord les variations s'atténuent. Elles sont encore assez marquées à la station A où la valeur maximale ne dépasse pas 30 ‰ (août et octobre) et la valeur minimale ne descend pas au-dessous de 4 ‰ (janvier-février). Il faut noter une brusque remontée de 7 ‰ au début de février.

Les 4 autres stations F, C, E et D ont un profil de salinité à peu près identique (figure 4b) : lente remontée durant la fin de l'hiver et le début du printemps, bref maximum en juillet, août ou septembre puis descente progressive jusqu'en février-mars où le minimum est atteint. Ainsi aux stations C, E et F situées dans le bassin central les salinités minimales enregistrées en mars sont voisines de 7 ‰, alors que les maxima atteignent 18 ‰ et 19 ‰ en août et septembre. Une dessalure se manifeste début novembre; elle est bien marquée en F (avec une chute de 8 ‰) puis s'estompe en C (chute de 5 ‰) et en E (chute de 2 ‰).

La station D, à l'extrême nord du complexe lagunaire, présente un profil très régulier. La salinité augmente progressivement à

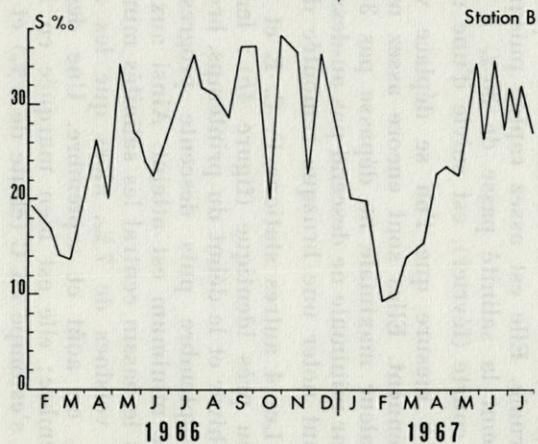
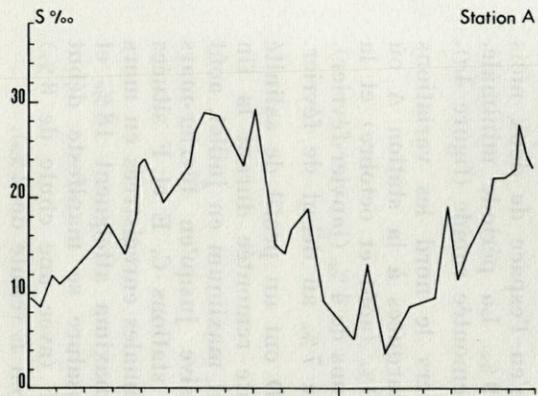


FIG. 4a. — Variations des salinités aux stations A et B.

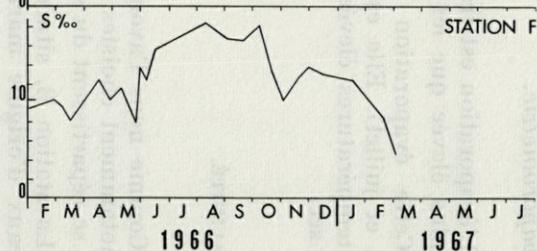
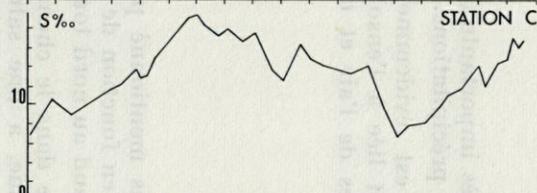
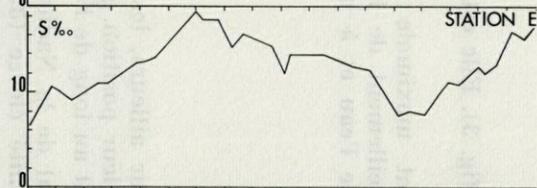
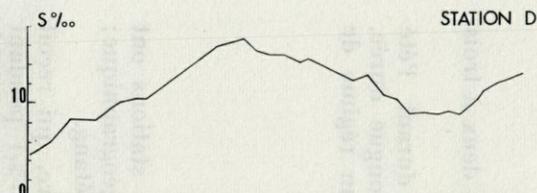


FIG. 4b. — Variations des salinités aux stations C, D, E et F.

partir de février pour atteindre un maximum de courte durée en septembre (16 ‰) puis la descente, tout aussi régulière, se poursuit jusqu'en mars-avril (8 ‰).

Les brusques variations de salinités sont dues à l'influence marine et au jeu combiné de l'évaporation et des précipitations. Ainsi, les pluies abondantes en mai et octobre 1966 et février 1967 sont responsables des dessalures importantes observées dans les stations centrales et septentrionales. Au sud, la station B est directement soumise aux influences marines; les changements de salinité ont pour cause, outre les précipitations et l'évaporation, l'entrée d'eau de mer et la sortie d'eau saumâtre selon la direction des vents.

#### D. GLUCOSE DISSOUS.

Le matériel organique dissous dans les eaux douces, saumâtres et marines est composé de glucides, lipides, acides aminés et de molécules complexes telles les vitamines et les hormones (DUURSMAN, 1965).

Les micro-organismes hétérotrophes tirent l'énergie nécessaire à leur croissance et à leur reproduction de la destruction de cette matière organique carbonée; les produits minéraux ainsi formés servent à la synthèse des organismes autotrophes.

Les glucides, le glucose en particulier, sont rapidement minéralisés ce qui expliquerait pour VACCARO et JANNASCH (1966) qu'ils ne s'accumulent pas. Il y aurait compétition entre les différents organismes pour l'utilisation du glucose.

TABLEAU II

*Teneurs en glucose (mg/l) dans les eaux de l'étang d'avril à août 1967*

	A	B	C	D	E
16 - 4	14	4	2	3	2,5
28 - 4	2	3	5	2,5	2
11 - 5	1	1	17,5	traces	2
26 - 5		1,5	1	4,5	1
8 - 6	1	17	6	0,5	0,5
21 - 6	5	1	2	1,5	8
30 - 6	1	traces	0		
1 - 7	3	0	1,5	1,5	8
12 - 7	0,5	1	1,5		
8 - 8	0	0	0		0

Les teneurs en glucose des eaux de l'étang de Sigean (tableau II), enregistrées d'avril à août 1967, varient entre 0,5 et 17,5 mg/l. Cependant les moyennes, peu différentes d'une station à l'autre, oscillent autour de 3 mg/l. Ces valeurs sont nettement supérieures à celles trouvées par VACCARO et coll. (1968) dans la région des Bermudes (0,9 à 1,30 mg/l) et au large des côtes africaines (0,075 à 0,275 mg/l).

#### E. SELS MINÉRAUX DISSOUS - NITRATES ET PHOSPHATES.

L'azote et le phosphore sont deux éléments constitutifs de la matière vivante. On les trouve sous forme organique et minérale. L'azote entre dans la composition des matières protéiques qui sont indispensables à toute vie. Le phosphore se rencontre, entre autre, dans les acides nucléiques, les lipides phosphorés et dans l'adéno-sine triphosphate (ATP), source d'énergie cellulaire.

A la mort des organismes, les éléments organiques constitutifs sont dégradés essentiellement par des bactéries hétérotrophes : c'est le passage à l'état minéral. Les éléments minéraux sont alors utilisés par les organismes autotrophes pour leurs synthèses cellulaires : c'est le retour à la forme organique. Ces réactions de synthèses et de minéralisations ne se font pas de manière brutale mais par de longues chaînes s'intégrant dans plusieurs cycles (cycles de l'azote, du carbone, du phosphore, du soufre...).

L'azote se présente sous trois formes minérales : ammoniacque, nitrite et nitrate; le phosphore minéral se rencontre sous forme d'orthophosphate (sel de l'acide orthophosphorique).

##### 1. Nitrates dissous.

Les teneurs en nitrates dissous (figure 5) sont variables d'un point à l'autre du complexe lagunaire. Elles sont faibles à la station A, n'y dépassant pas 0,1 mg/l. Aux stations D et B ces concentrations peuvent atteindre 0,2 mg/l, mais c'est aux stations C et surtout E que les plus fortes valeurs ont été enregistrées, avec respectivement, 0,4 et 0,8 mg/l.

Ces valeurs sont sensiblement supérieures à celles trouvées par GENOVESE (1965) dans les étangs saumâtres de la côte tyrrhénienne nord-orientale de la Sicile (0,34 mg/l dans le lac de Ganzirri et 0,079 mg/l dans l'étang de Faro). Il faut cependant remarquer que cela n'a rien d'anormal, ces étangs étant beaucoup plus profonds (6,50 m et 28 m).

Les concentrations en nitrates des eaux de la Méditerranée sont, au large, mille fois moins élevées que celles de l'étang de Sigean. Ainsi, COSTE et MINAS (1968) ont trouvé des teneurs de l'ordre de 0,14 à 2,8  $\mu\text{g/l}$  au large des côtes occidentales corso-sardes; sur les côtes, elles atteignent 65,8  $\mu\text{g/l}$ . Ces mêmes auteurs (1967) ont enregistré en mars 1966 à l'embouchure du Rhône, zone particulièrement riche en matières organiques, 355  $\mu\text{g/l}$ , ce qui correspond à la valeur maximale de la station C de l'étang de Sigean.

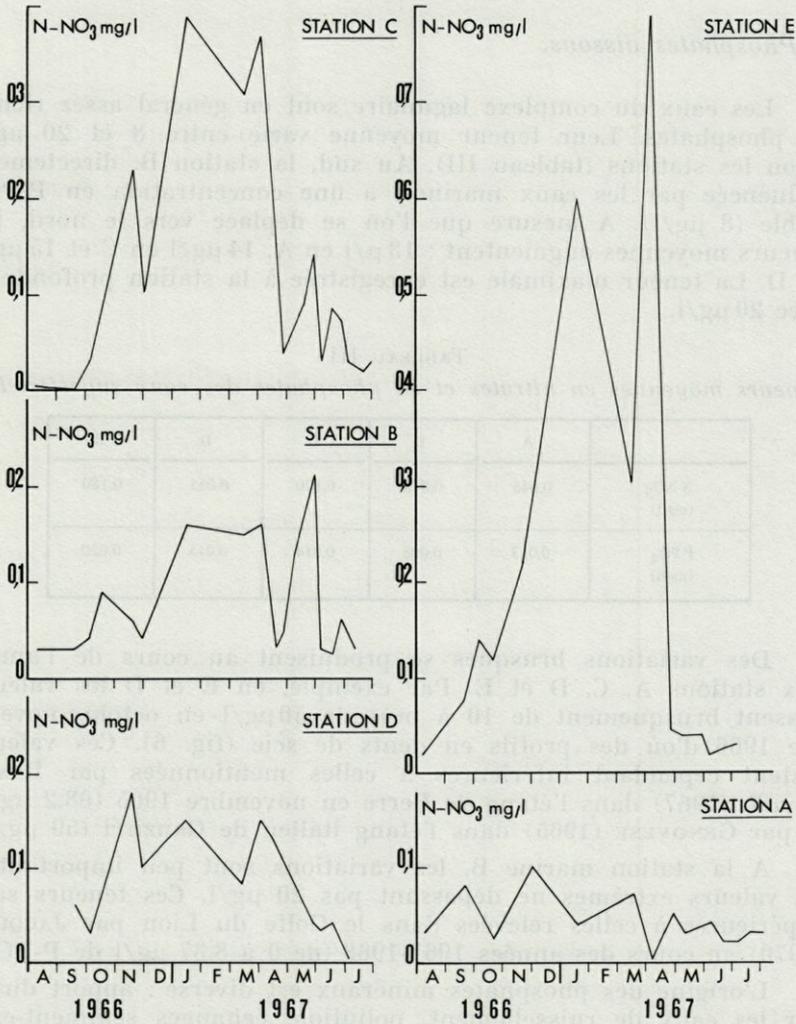


FIG. 5. — Variations des teneurs en nitrates minéraux des eaux de surface.

Si l'origine des nitrates en mer est controversée, dans cet étang il ne fait aucun doute que ce sont les eaux de ruissellement qui les apportent. Il est caractéristique que c'est toujours après les grosses pluies (cf. figure 3) que les concentrations en nitrates augmentent dans les eaux de l'étang : il en est ainsi en octobre 1966, janvier-février 1967. Les périodes de sécheresse relative (deuxième quinzaine de décembre 1966 et de mars 1967) sont suivies d'une baisse sensible des nitrates dans les eaux.

## 2. Phosphates dissous.

Les eaux du complexe lagunaire sont en général assez riches en phosphates. Leur teneur moyenne varie entre 8 et 20  $\mu\text{g/l}$  selon les stations (tableau III). Au sud, la station B, directement influencée par les eaux marines, a une concentration en  $\text{P-PO}_4$  faible (8  $\mu\text{g/l}$ ). A mesure que l'on se déplace vers le nord, les teneurs moyennes augmentent : 13  $\mu\text{g/l}$  en A, 14  $\mu\text{g/l}$  en C et 15  $\mu\text{g/l}$  en D. La teneur maximale est enregistrée à la station profonde E avec 20  $\mu\text{g/l}$ .

TABLEAU III

Teneurs moyennes en nitrates et en phosphates des eaux superficielles

	A	B	C	D	E
$\text{N-NO}_3$ (mg/l)	0,046	0,078	0,120	0,085	0,180
$\text{P-PO}_4$ (mg/l)	0,013	0,008	0,014	0,015	0,020

Des variations brusques se produisent au cours de l'année aux stations A, C, D et E. Par exemple, en E et D les valeurs passent brusquement de 10 à près de 50  $\mu\text{g/l}$  en octobre-novembre 1966 d'où des profils en dents de scie (fig. 6). Ces valeurs restent cependant inférieures à celles mentionnées par BLANC *et coll.* (1967) dans l'étang de Berre en novembre 1965 (68,2  $\mu\text{g/l}$ ) et par GENOVESE (1965) dans l'étang italien de Ganzirri (59  $\mu\text{g/l}$ ).

A la station marine B, les variations sont peu importantes, les valeurs extrêmes ne dépassant pas 20  $\mu\text{g/l}$ . Ces teneurs sont supérieures à celles relevées dans le Golfe du Lion par JACQUES (1970) au cours des années 1967-1968 (de 0 à 8,37  $\mu\text{g/l}$  de  $\text{P-PO}_4$ ).

L'origine des phosphates minéraux est diverse : apport direct par les eaux de ruissellement, pollution, échanges sédiment-eau, minéralisation des phosphates organiques par les bactéries. Il est

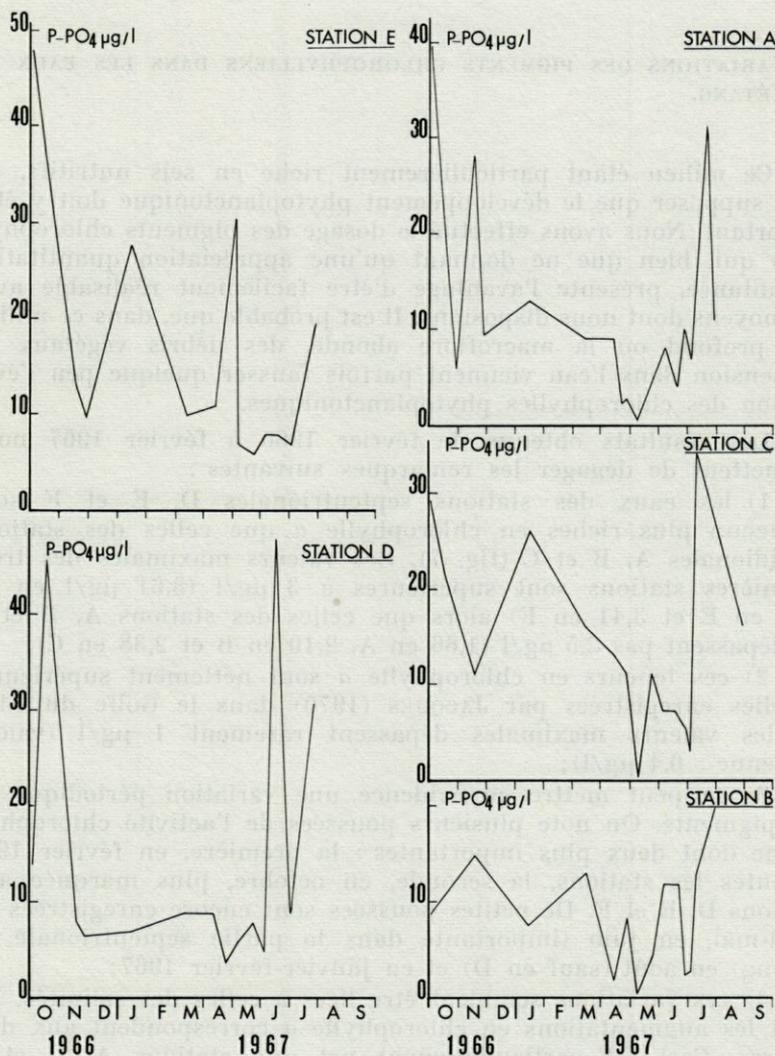


FIG. 6. — Variations des teneurs en phosphates minéraux des eaux de surface.

difficile de déterminer avec précision la part de chacun dans ce biotope. Cependant, comme nous le verrons plus loin, les sédiments sont beaucoup plus riches que les eaux; ceci laisserait à penser qu'une des origines des phosphates dans les eaux pourrait être due essentiellement aux sédiments et aux eaux de ruissellement. Par contre, à la station B, l'apport de phosphates serait plutôt d'origine marine.

## F. VARIATIONS DES PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS DANS LES EAUX DE L'ÉTANG.

Ce milieu étant particulièrement riche en sels nutritifs, on peut supposer que le développement phytoplanctonique doit y être important. Nous avons effectué le dosage des pigments chlorophylliens qui, bien que ne donnant qu'une appréciation quantitative instantanée, présente l'avantage d'être facilement réalisable avec les moyens dont nous disposons. Il est probable que, dans ce milieu peu profond où la macroflore abonde, des débris végétaux en suspension dans l'eau viennent parfois fausser quelque peu l'évaluation des chlorophylles phytoplanctoniques.

Les résultats obtenus de février 1966 à février 1967 nous permettent de dégager les remarques suivantes :

1) les eaux des stations septentrionales D, E et F sont beaucoup plus riches en chlorophylle *a* que celles des stations méridionales A, B et C (fig. 7). Les valeurs maximales des trois premières stations sont supérieures à 3  $\mu\text{g/l}$  (3,61  $\mu\text{g/l}$  en D, 3,52 en E et 3,41 en F) alors que celles des stations A, B et C ne dépassent pas 2,5  $\mu\text{g/l}$  (1,66 en A, 2,10 en B et 2,38 en C);

2) ces teneurs en chlorophylle *a* sont nettement supérieures à celles enregistrées par JACQUES (1970) dans le Golfe du Lion où les valeurs maximales dépassent rarement 1  $\mu\text{g/l}$  (valeur moyenne : 0,4  $\mu\text{g/l}$ );

3) on peut mettre en évidence une variation périodique de ces pigments. On note plusieurs poussées de l'activité chlorophyllienne dont deux plus importantes : la première, en février 1966 à toutes les stations, la seconde, en octobre, plus marquée aux stations D, E et F. De petites poussées sont encore enregistrées en avril-mai, en juin (importante dans la partie septentrionale de l'étang) en août (sauf en D) et en janvier-février 1967;

4) ces variations semblent être liées à celles des salinités. En effet les augmentations en chlorophylle *a* correspondent aux des-salures. Ceci est particulièrement net aux stations A, B et C (cf. fig. 4a et b).

Le complexe lagunaire de Bages-Sigean apparaît comme un milieu à forte production phytoplanctonique. Le développement des cellules végétales est lié aux variations de salinités donc à l'approvisionnement de l'étang en eau de ruissellement riche en sels nutritifs. Il y a enrichissement périodique de ce biotope en matériel organique d'origine phytoplanctonique.

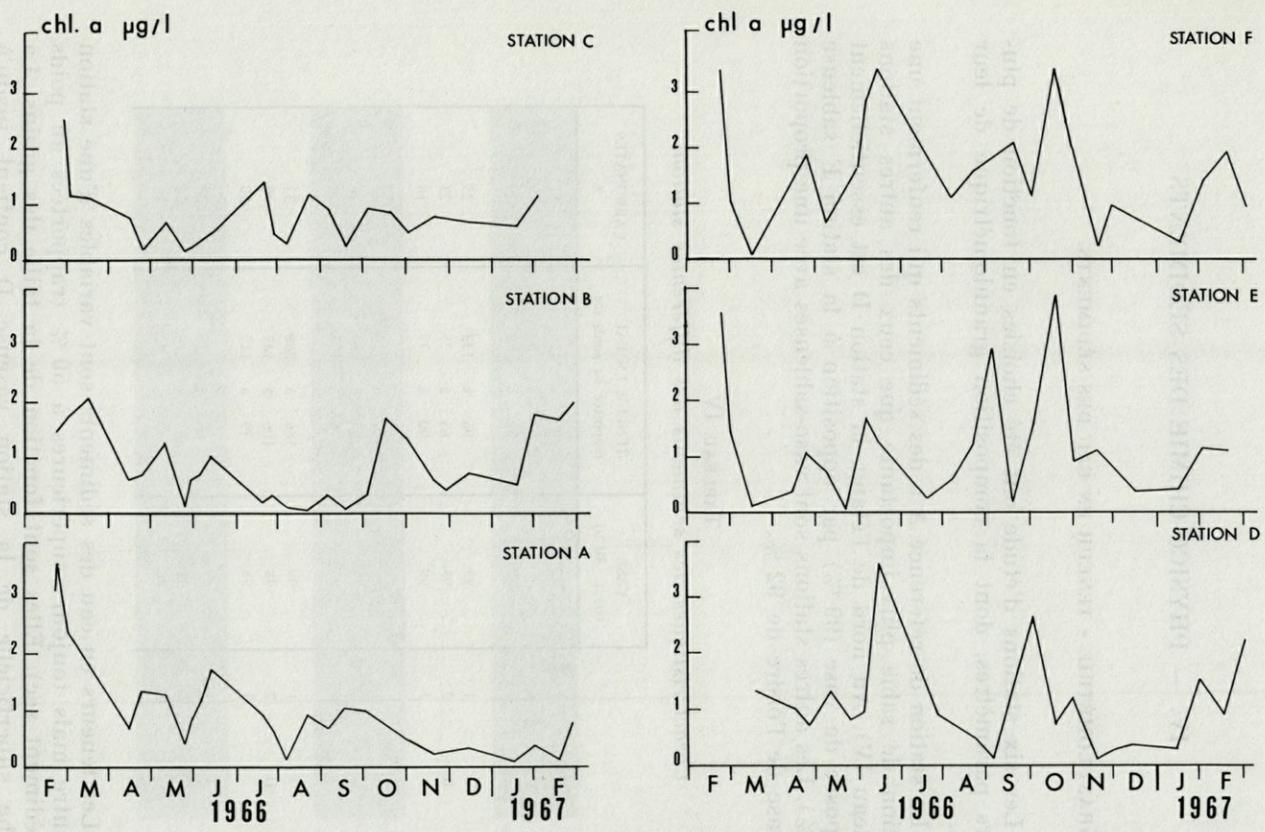


FIG. 7. — Variations quantitatives de la chlorophylle a aux stations A, B, C, D, E et F.

## IV. — PHYSICO-CHEMIE DES SÉDIMENTS

## A. GRANULOMÉTRIE - TENEUR EN EAU DES SÉDIMENTS.

Les six stations d'étude ont été choisies en fonction de plusieurs paramètres, dont la composition granulométrique de leur fond.

La station de référence A a des sédiments qui renferment une fraction de sable plus importante que ceux des autres stations (tableau IV). Au nord de l'étang, la station D est essentiellement composée de vase (99 %) par opposition à la station F sableuse (99 %). Les autres stations sont vaso-sableuses avec une proportion de vase de l'ordre de 92 %.

TABLEAU IV

*Caractéristiques des sédiments des différentes stations*

		VASE % (fract. 40 u)	TENEUR EN EAU % rapportée au poids sec	CARBONATES %
A	1	82	94 à 126	51
	2	90	57 à 84	39
	3	88	55 à 79	29
B	1	93	96 à 133	25
	2	93	63 à 75	23
	3	99	90 à 77	18
C	1	92	101 à 123	27
	2	98	63 à 84	26
	3	96	75 à 105	20
D	1	99	186 à 288	33
	2	98	106 à 147	20
	3	98	79 à 115	20
E	1	92	65 à 79	23
	2	91	67 à 118	22
	3	96	60 à 82	26

Les teneurs en eau des sédiments sont variables d'une station à l'autre mais toujours supérieures à 50 % (rapportées au poids de sédiment sec). Elles sont fonction de la taille des grains. La couche superficielle de la station vaseuse D contient jusqu'à 288 % d'eau. Pour les autres stations les teneurs sont voisines

de 100 % à l'exception de la station E qui est beaucoup moins riche en eau.

Les débris coquilliers tiennent une place importante au sein des sédiments de milieux saumâtres. La station A, peu profonde, renferme 51 % de carbonates dans sa couche superficielle. Les autres stations sont un peu moins riches (de 20 à 27 %).

#### B. GLUCOSE DISSOUS DANS LES EAUX INTERSTITIELLES.

Le glucose, composé énergétique des micro-organismes hétérotrophes, est abondant dans les sédiments saumâtres. Nous l'avons dosé d'avril à juillet 1967. Les teneurs oscillent en surface autour de 49  $\mu\text{g/ml}$  d'eau à la station A, 38  $\mu\text{g/ml}$  en B et entre 17 et 24  $\mu\text{g/ml}$  aux stations C, D et E.

Les variations sont importantes, les valeurs extrêmes atteignant 100  $\mu\text{g/ml}$  (niveau inférieur de la station B). On remarque (fig. 8) que bien souvent les niveaux inférieurs sont plus riches que les couches supérieures (station C). Les quelques mois de prélèvements ne permettent pas de mettre en relief une périodicité dans les variations des teneurs en glucose.

Des dosages identiques ont été effectués sur l'eau interstitielle de sédiment marin de la région de Banyuls-sur-Mer (CAHET et FIALA, non publié). Les concentrations s'y révèlent plus faibles; les valeurs maximales dépassent rarement 30  $\mu\text{g/ml}$  (avec une moyenne de 10  $\mu\text{g/ml}$ ).

#### C. PHOSPHATE MINÉRAL DISSOUS DANS LES EAUX INTERSTITIELLES.

Les phosphates minéraux sont très abondants dans les sédiments. Leur teneur moyenne en surface varie entre 0,20  $\mu\text{g/ml}$  et 0,36  $\mu\text{g/ml}$  (tableau V) soit de l'ordre de 20 fois plus que dans les eaux de l'étang.

Ils diminuent avec la profondeur aux stations A et D; par contre, ils sont plus abondants en profondeur qu'en surface aux stations B et E (0,61  $\mu\text{g/ml}$  en E<sub>3</sub>, plus forte moyenne relevée).

Leurs variations sont brusques et souvent importantes pour une même station; chaque niveau évolue indépendamment des

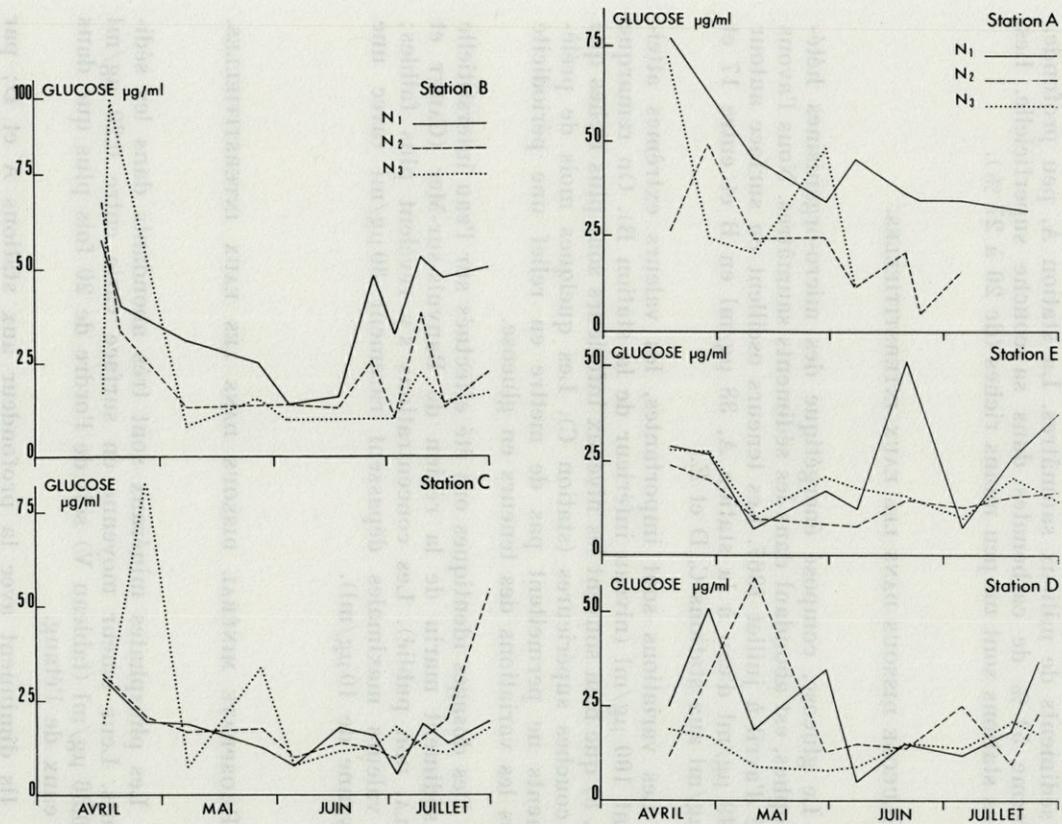


FIG. 8. — Variations des teneurs en glucose des eaux interstitielles. aux stations A, B, C, D et E.

TABLEAU V

Teneurs moyennes en nitrates et phosphates des eaux interstitielles

		N - NO <sub>3</sub> ug / ml	P - PO <sub>4</sub> ug / ml
A	1	0,04	0,20
	2	0,05	0,11
	3	0,10	0,10
B	1	0,05	0,19
	2	0,05	0,16
	3	0,07	0,45
C	1	0,09	0,19
	2	0,07	0,07
	3	0,08	0,18
D	1	0,04	0,36
	2	0,05	0,19
	3	0,05	0,05
E	1	0,02	0,21
	2	0,05	0,19
	3	0,09	0,61

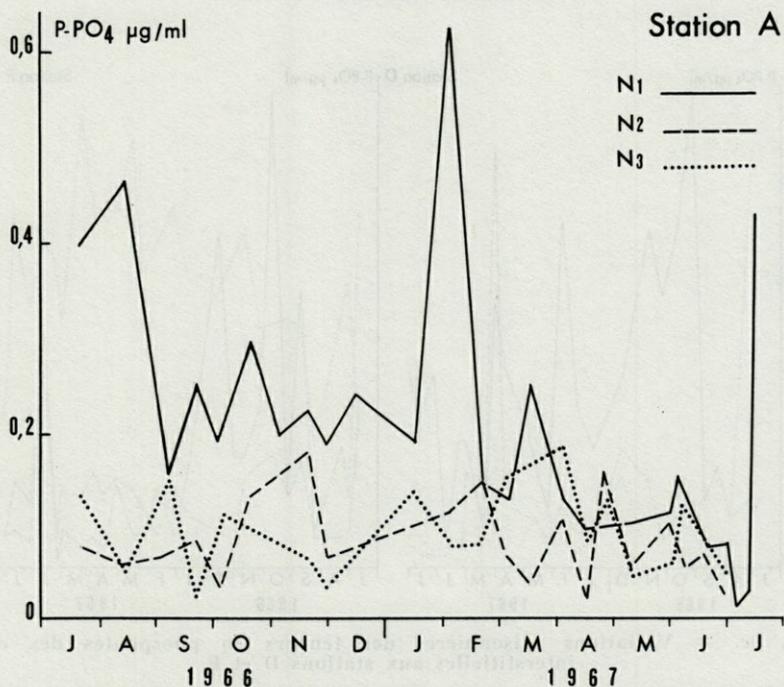


FIG. 9a. — Variations saisonnières des teneurs en phosphates des eaux interstitielles à la station A.

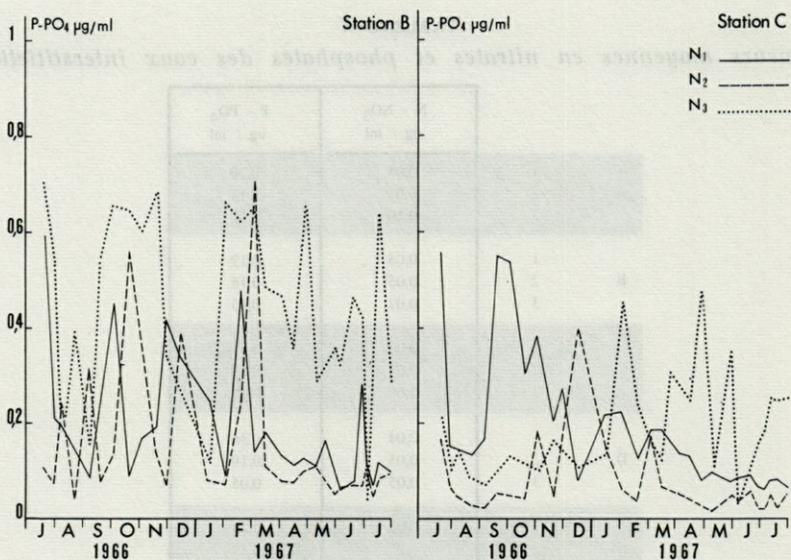


FIG. 9b. — Variations saisonnières des teneurs en phosphates des eaux interstitielles aux stations B et C.

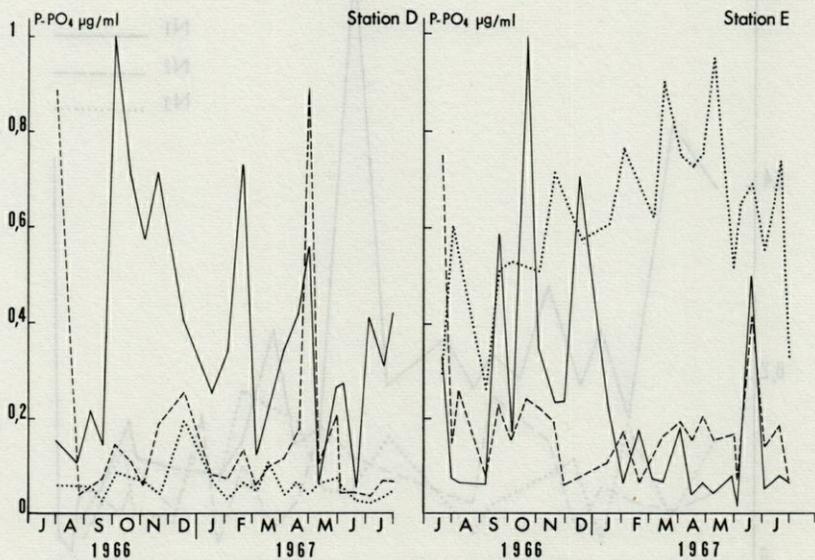


FIG. 9c. — Variations saisonnières des teneurs en phosphates des eaux interstitielles aux stations D et E.

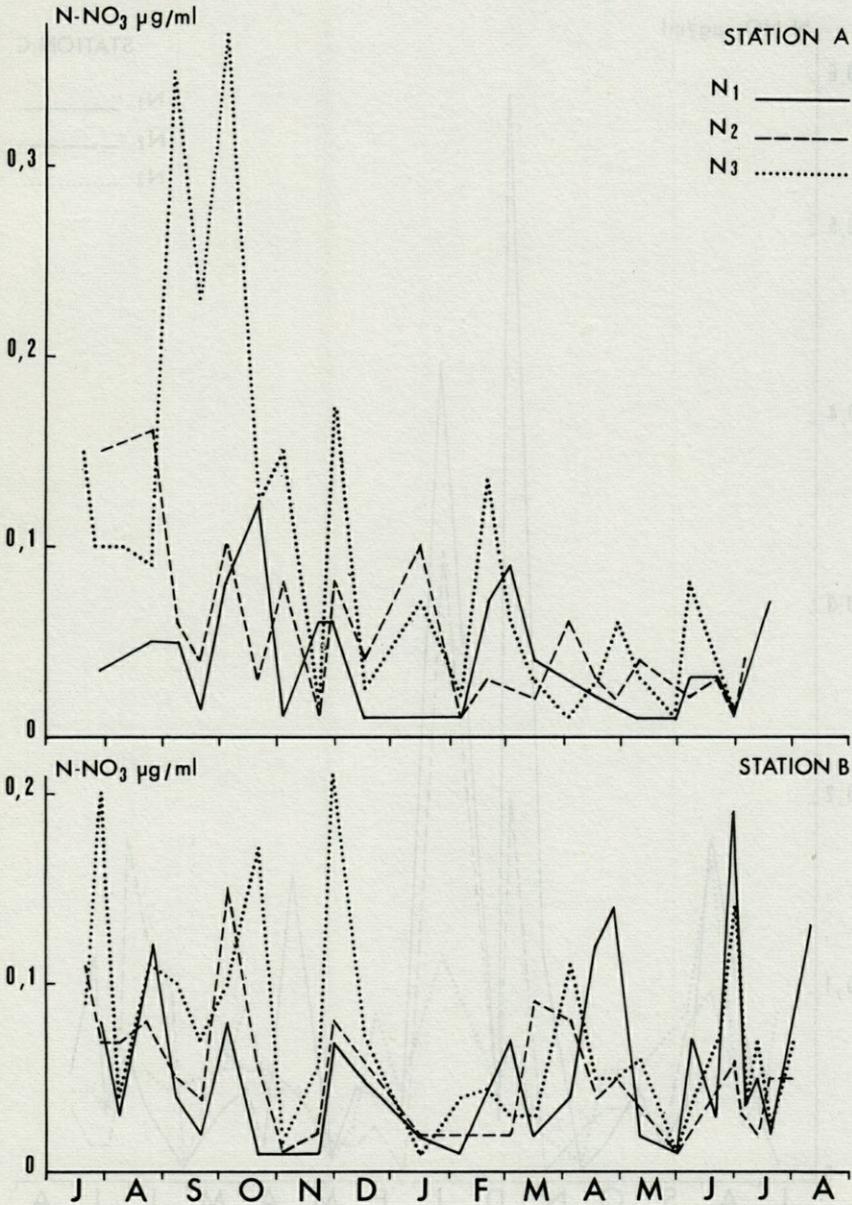


FIG. 10a. — Variations saisonnières des teneurs en nitrate des eaux interstitielles aux stations A et B.

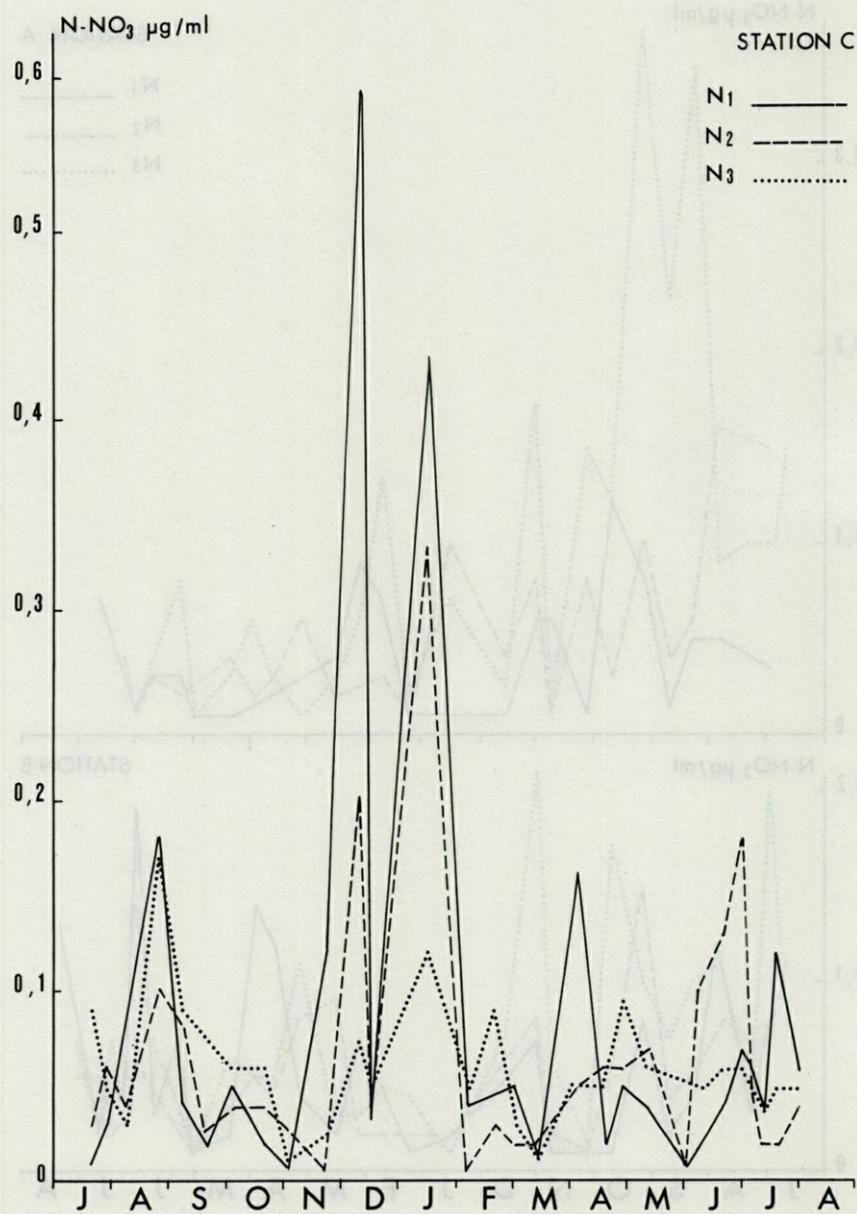


FIG. 10b. — Variations saisonnières des teneurs en nitrate des eaux interstitielles à la station C.

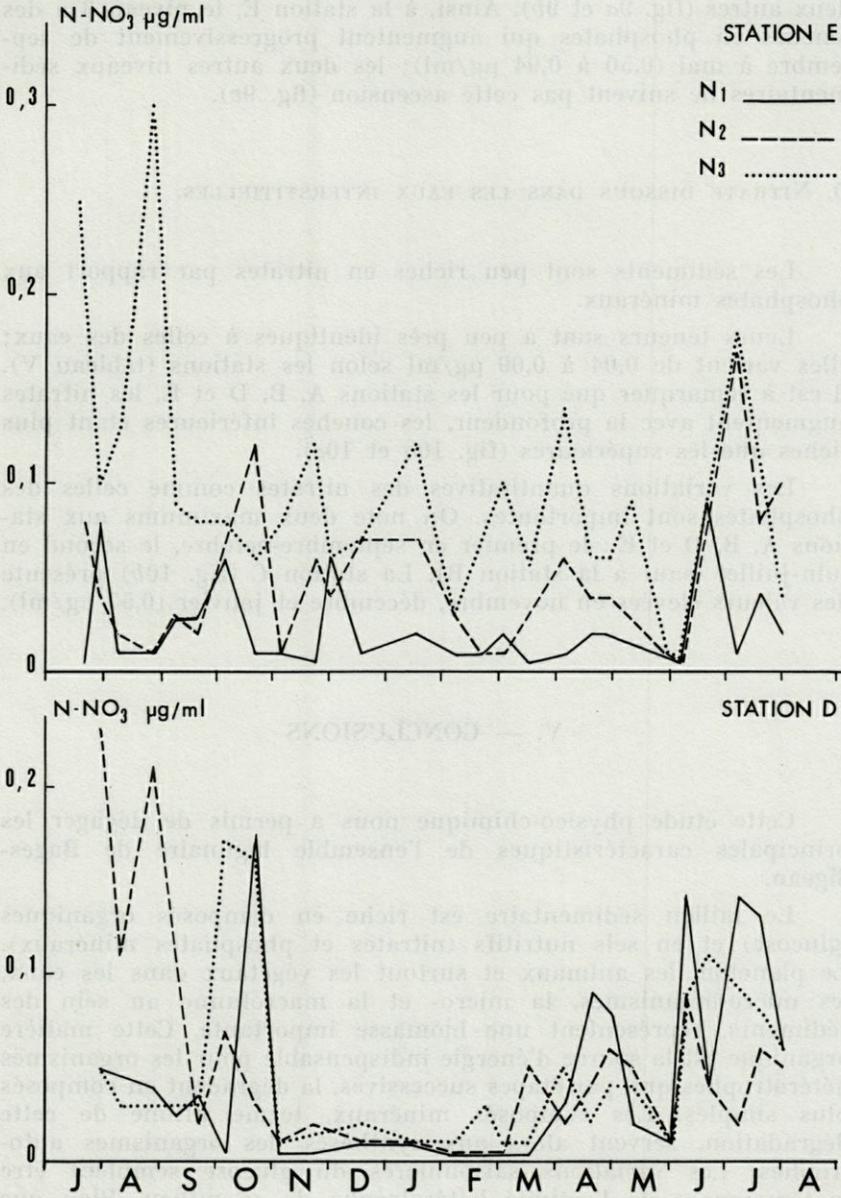


FIG. 10c. — Variations saisonnières des teneurs en nitrates des eaux interstitielles aux stations E et D.

deux autres (fig. 9a et 9b). Ainsi, à la station E, le niveau 3 a des teneurs en phosphates qui augmentent progressivement de septembre à mai (0,50 à 0,94  $\mu\text{g/ml}$ ); les deux autres niveaux sédimentaires ne suivent pas cette ascension (fig. 9c).

#### D. NITRATE DISSOUS DANS LES EAUX INTERSTITIELLES.

Les sédiments sont peu riches en nitrates par rapport aux phosphates minéraux.

Leurs teneurs sont à peu près identiques à celles des eaux; elles varient de 0,04 à 0,09  $\mu\text{g/ml}$  selon les stations (tableau V). Il est à remarquer que pour les stations A, B, D et E, les nitrates augmentent avec la profondeur, les couches inférieures étant plus riches que les supérieures (fig. 10a et 10c).

Les variations quantitatives des nitrates comme celles des phosphates sont importantes. On note deux maximums aux stations A, B, D et E: le premier en septembre-octobre, le second en juin-juillet (sauf à la station B). La station C (fig. 10b) présente des valeurs élevées en novembre, décembre et janvier (0,57  $\mu\text{g/ml}$ ).

### V. — CONCLUSIONS

Cette étude physico-chimique nous a permis de dégager les principales caractéristiques de l'ensemble lagunaire de Bages-Sigean.

Le milieu sédimentaire est riche en composés organiques (glucose) et en sels nutritifs (nitrates et phosphates minéraux). Le plancton, les animaux et surtout les végétaux dans les eaux, les micro-organismes, la micro- et la macrofaune au sein des sédiments, représentent une biomasse importante. Cette matière organique est la source d'énergie indispensable pour les organismes hétérotrophes qui, par étapes successives, la dégradent en composés plus simples. Les composés minéraux, terme ultime de cette dégradation, servent alors aux synthèses des organismes autotrophes. Les variations saisonnières du glucose semblent être le témoignage de l'activité hétérotrophe de ce milieu. Bien que nous n'en ayons pas fait la mesure, nos résultats laissent supposer qu'il y a un mouvement important des sels nutritifs envisagés (surtout des phosphates) du sédiment vers l'eau.

Les eaux en général contiennent beaucoup moins de phosphates et de glucose que les éléments qu'elles recouvrent. Outre l'origine sédimentaire de ces composés, l'activité microbienne et les eaux de ruissellement jouent un rôle dans leur approvisionnement. Une partie importante des sels nutritifs est utilisée par les végétaux et le phytoplancton d'où production organique importante, alors qu'une autre fraction est intégrée dans les cycles généraux de l'azote et du phosphore.

En outre, ce biotope est soumis à des conditions climatiques sujettes à de brusques variations; celles-ci doivent influencer sur ses caractères physico-chimiques et son activité biologique. Le complexe lagunaire de Bages-Sigean apparaît comme un milieu en perpétuelle évolution qui garde cependant un caractère homogène par sa végétation benthique.

Ceci donne une vue un peu schématique des phénomènes qui se déroulent dans ce biotope. Nous n'avons dosé que quelques composés chimiques (les formes oxydées et réduites du soufre ont été analysées par CAHET, 1970). Il serait intéressant d'avoir des données sur les autres formes d'azote (ammoniacque, acides aminés, nitrates...) et de phosphore (en particulier le phosphore organique) afin de dresser un bilan plus complet des processus se manifestant dans ce milieu.

## RÉSUMÉ

Cette étude menée pendant un an sur le complexe lagunaire Bages-Sigean a permis de dégager ses principales caractéristiques physico-chimiques.

Ce milieu possède à plusieurs égards des caractères originaux. Sa communication avec la mer entraîne un gradient croissant de salinité du nord (8 ‰) vers le sud (36 ‰). Par ailleurs, ses eaux de surface, soumises aux conditions climatiques de type méditerranéen, présentent des variations brutales de température et de salinité. Une autre particularité est la richesse des eaux et des sédiments en composés nécessaires à la vie des micro-organismes.

Les eaux de surface contiennent en moyenne 3 mg/l de glucose, de 0,1 à 0,8 mg/l de nitrates et de 8 à 20 µg/l de phosphates. Les fortes variations enregistrées au cours de l'année semblent liées, notamment dans le cas des phosphates, aux importantes dessalures. Cette richesse en sels nutritifs minéraux détermine le développement de nombreux micro-organismes chlorophylliens.

Les sédiments sont beaucoup plus riches que les eaux en ce qui concerne le glucose (10 fois) et les phosphates (20 fois environ). Ils se caractérisent, par ailleurs, par leur instabilité; on y enregistre, en effet, des variations complexes des teneurs en ces composés chimiques.

#### SUMMARY

For a year, a study conducted on the lagoon-unity of Bages-Sigean allowed to point out its main physico chemical characteristics. This environment has many specific characters. Its connection with the sea brings an increasing gradient of salinity from North (8 ‰) to South (36 ‰). Furthermore, under the climatic conditions of mediterranean type, the surface waters show sudden variations of temperature and salinity. Another particularity is the richness of compounds in the waters and in the sediments, necessary to the life of the micro-organisms.

The surface waters hold an average of 3 mg/l of glucose, from 0,1 to 0,8 mg/l of nitrates and 8 to 20 µg/l of phosphates. The large variations registered during the year seem, mainly for the phosphates, to be in connection with the strong freshening. This richness in mineral nutritive salts gives rise to the development of numerous chlorophyllian micro-organisms.

The sediments are richer than the waters as regards to the glucose (10 times) and the phosphates (about 20 times). They are also characterized by their instability. We indeed register, in these sediments, intricate variations of the concentration in these chemical compounds.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Die sich über ein Jahr erstreckende Untersuchung des Lagunenkomplexes von Bages-Sigean erlaubt die Beschreibung seiner hauptsächlichlichen physikalisch-chemischen Eigenschaften.

Dieses Milieu trägt in verschiedener Hinsicht besondere Züge. Seine Verbindung mit dem Meer bedingt einen Salinitätsgradienten von 8 ‰ im Norden zu 36 ‰ im Süden. Ferner zeigt das Oberflächenwasser, das den klimatischen Bedingungen des Mittelmeerraumes unterliegt, bruske Temperatur- und Salinitätsschwankun-

gen. Une weitere Eigenart ist der Reichtum des Wassers und der Sedimente an Bestandteilen, die für das Leben der Mikroorganismen von Bedeutung sind.

Das Oberflächenwasser enthält durchschnittlich 3 mg/l Glucose, 0,1 bis 0,8 mg/l Nitrate und 8 bis 20 mg/l Phosphate. Die im Lauf des Jahres auftretenden starken Schwankungen scheinen mit den starken Aussüßungen verbunden zu sein, vor allem im Fall der Phosphate. Dieser Reichtum an mineralischen Nährsalzen bestimmt die Entwicklung zahlreicher chlorophyllhaltiger Mikroorganismen.

Die Sedimente sind gegenüber dem Wasser sehr viel reicher an Glukose (10 x) und an Phosphaten (ca 20 x). Sie sind im übrigen durch ihre Instabilität gekennzeichnet; der jeweilige Gehalt an den genannten chemischen Komponenten unterliegt komplexen Veränderungserscheinungen.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BLANC, F., B. COSTE, H.J. MINAS et K.H. SZEKIELDA, 1967. Distribution et corrélation des principaux facteurs hydrobiologiques dans un milieu de forte production organique (Etang de Berre). *Mar. Biol.*, 1 (1) : 43-55.
- CAHET, G., 1970. Aspects chémotrophiques en sédiments lagunaires. Cas du soufre. *Vie Milieu*, 21 (1B) : 1-36.
- COSTE, B. et H.J. MINAS, 1967. Premières observations sur la distribution des taux de productivité et des concentrations en sels nutritifs des eaux de surface du Golfe du Lion. *Cah. océanogr.*, 19 (5) : 417-429.
- COSTE, B. et H.J. MINAS, 1968. Production organique primaire et sels nutritifs au large des côtes occidentales corso-sardes en février 1966. *Recl Trav. Stn mar. Endoume*, 44 (60) : 49-61.
- DUBOIS, M., K.A. GILLES, J.K. HAMILTON, P.A. REBERS and F. SMITH, 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analyt. Chem.*, 28 (3) : 350-356.
- DUURSMA, E.K., 1965. The dissolved organic constituents of sea water. *In Chemical oceanography*, 1 : 433-475. Edit. J.P. Riley and G. Skirrow, London.
- GENOVESE, S., 1965. Données sur le contenu en sels nutritifs de quelques étangs saumâtres de la Sicile nord-orientale. *Rapp. P.-v. Réun. Commn int. Explor. scient. Mer Méditerr.*, 18 (3) : 665-667.
- JACQUES, G. 1970. Aspects quantitatifs du phytoplancton de la région de Banyuls-sur-Mer (Golfe du Lion) 1965-1969. *Thèse Doc., Fac. Sci. Univ. Paris* : 210 pp.

- KAMPHAKE, L.J., S.A. HANNAH and J.M. COHEN, 1967. Automated analysis for nitrate by hydrazine reduction. *Water Res.*, 1 : 205-216.
- LAGARDE, E., G. CAHET et M. MOURRUT, 1964. Contribution à l'étude des eaux et des sédiments de l'étang de Bages-Sigean (Aude). I. Données climatiques. *Vie Milieu*, suppl. 17 : 35-40.
- LAGARDE, E., 1968. Contribution à l'étude de la réduction bactérienne des composés oxygénés de l'azote minéral dans les milieux sédimentaires lagunaires et marins. *Bull. Ass. Dipl. Microbiol., Nancy*, 110 : 25-27.
- MURPHY, J. and J.P. RILEY, 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica chim. Acta*, 27 : 31-36.
- PETIT, G. et R. MIZOULE, 1962. Contribution à l'étude écologique du complexe lagunaire Bages-Sigean (Aude). *Vie Milieu*, 13 (2) : 205-230.
- STRICKLAND, J.D.H. and T.R. PARSONS, 1968. A practical handbook of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, 167 : 311 pp. Edit. J.C. Stevenson, Ottawa.
- UNESCO, 1966. Determination of photosynthetic pigments in sea water. Monographs on oceanographic methodology : 69 pp.
- VACCARO, R.F. and H.W. JANNASCH, 1966. Studies on heterotrophic activity in sea water based on glucose assimilation. *Limnol. Oceanogr.*, 11 (4) : 596-607.
- VACCARO, R.F., S.E. HICKS, H.W. JANNASCH and F.G. CAREY, 1968. The occurrence and role of glucose in sea water. *Limnol. Oceanogr.*, 13 (2) : 356-360.

Reçu le 7 décembre 1970.