

1351

E160-DAV-E

A

PROGRAMME SARGASSE - ANNEE 1984

RAPPORT D'ACTIVITE

Physico-chimie de Sargassum muticum
en relation avec le milieu
(Prog. Sargasse, Etang de Thau, 1984)

déc. 1985

P. DAVID

Centre d'Océanologie de Marseille

Faculté des Sciences de Luminy

13009 Marseille

Contrat CNEXO 84/7511

IFREMER-DERO/EL



OEL03870

E160
DAV-E

CENTRE D'OCEANOLOGIE DE MARSEILLE

U.A. 41

Directeur: Professeur François BLANC

PROGRAMME SARGASSE

ANNEE 1984

RAPPORT D'ACTIVITE

PROGRAMME SARGASSE

ANNEE 1984

RAPPORT D'ACTIVITE

P. DAVID

Centre d'Océanologie de Marseille

Faculté des Sciences de Luminy

13009 Marseille

SOMMAIRE :

| | |
|--|----|
| Problématique | 2 |
| Stratégie de l'étude | 2 |
| L'étang de Thau | 3 |
| Choix des stations | 4 |
| Choix des paramètres chimiques et physiques | 7 |
| Résultats | 8 |
| Le carbone, l'hydrogène et l'azote dans les Sargasses | 13 |
| Discussion | 14 |
| Composition chimique de Sargassum Muticum | 25 |
| Conclusion | 27 |
| Bibliographie | 32 |

Annexe :

| | |
|------------|--|
| Tableau I | |
| Tableau II | |
| Figure 1 | |
| Figure 2 | |
| Figure 3 | |
| Figure 4 | |
| Figure 5 | |
| Figure 6 | |
| Figure 7 | |
| Figure 8 | |

PROBLEMATIQUE :

L'algue Phaeophycéae *Sargassum Muticum* originaire des côtes Japonaises du Pacifique a considérablement étendu son aire de répartition dans le monde. Implantée sur la côte ouest de l'Amérique du nord de Vancouver au nouveau Mexique (NORTON 1981), signalée sur les côtes de l'Europe, à l'île de Wight, en 1973, puis en France (COSSONS et al 1977), en Belgique (COPPEJANS et al 1980), aux Pays-Bas (NIENHUIS 1982), on récolte en juin 1980 *Sargassum Muticum* pour la première fois dans l'étang de Thau. Aujourd'hui, cette grande algue continue sa progression et l'envahissement des côtes.

STRATEGIE DE L'ETUDE :

Devant l'ampleur de l'invasion, une étude est lancée depuis 1983. Cette étude comporte plusieurs objectifs de recherches fondamentales et appliquées, regroupées dans le " programme coordonné Sargasses ". Un programme annexe, (IFREMER 84/7511) à caractère chimique, a été formulé en vue d'étudier la nature des eaux au voisinage des Sargasses et l'impact éventuel des grandes algues sur le milieu marin. L'étang de Thau a été choisi en

vue de l'application de ce programme. Les résultats des analyses des échantillons prélevés durant quatre sorties prévues en avril, juillet, septembre, décembre 1984, aux stations choisies en fonction de leur intérêt, ont été comparés.

Différents paramètres ont fait l'objet de mesures systématiques :

- physiques: température, salinité, oxygène dissous, pH, turbidité,

- chimiques: nitrates, nitrites, ammonium, azote organique, phosphates inorganiques, phosphore organique, silicates.

Une évaluation du carbone et de l'azote a été réalisée dans plusieurs parties d'une Sargasse.

L'ETANG DE THAU.

L'étang de THAU occupe une surface de 7500 hectares. La profondeur moyenne est de 4.5m environ.

Depuis l'antiquité, l'étang fait l'objet d'une exploitation maritime (pêche, aquaculture), industrielle et plus tard portuaire.

Des études scientifiques furent entreprises dans différents domaines. Pour ne citer que les principales, l'hydrologie a été étudiée dès 1897 par GOURRET, puis récemment par HAMON (1983) et SEGALA en 1985.

Le plancton, phytoplancton et surtout zooplancton ont fait

l'objet de nombreuses études: PAVILLARD (1905), DAVID (1971), HENARD (1978), FATEMI (1939), TUZET (1947). Les recherches concernant la parasitologie ont été nombreuses (EUZET,1955; EUZET,L;SURIANO,M.1977;VAGOT,C;EUZET,1981).

1 CHOIX DES STATIONS.

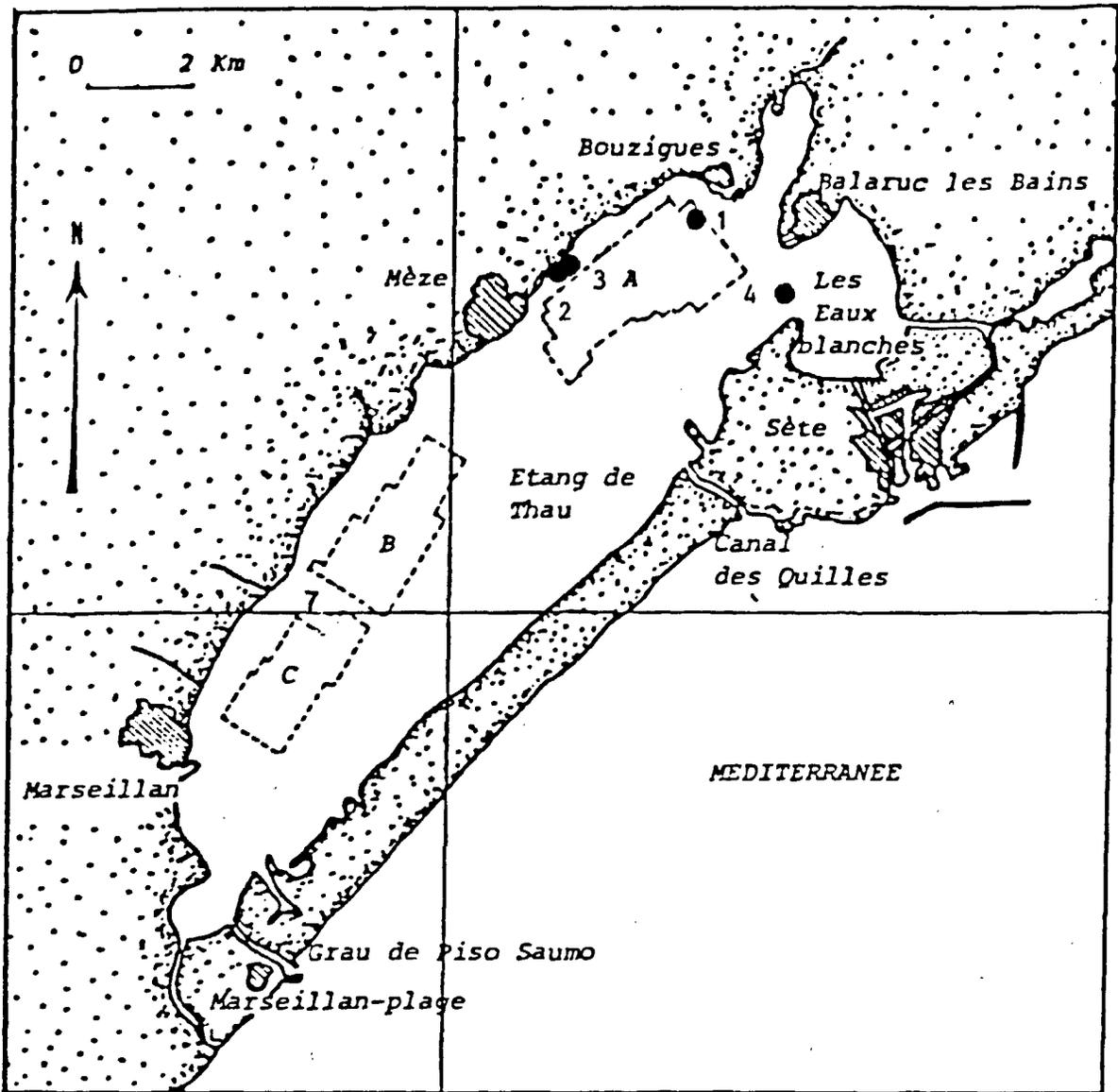
Etant donné la superficie de l'étang de THAU (7500 ha), nous avons dû limiter le nombre de stations de prélèvement en choisissant des sites caractéristiques parmi ceux les plus fréquemment rencontrés. En effet, *Sargassum muticum* se rencontre dans des sites où le substrat lui permet de se fixer : roches, cailloux, coquilles et autres substrats d'origines terrestres (cordes, bois, fer, plastique...) ainsi, quatre stations types ont été choisies.

Station 1 : station située dans les parcs à huitres. Nombreuses Sargasses sur les cordes des parcs. Profondeur 3.60 m. Prélèvements effectués en surface et au fond.

Station 2 : Cette station est située très près de la côte < 50 m. Les sargasses s'y trouvent en grande quantité. Elles sont fixées sur une plaque rocheuse. Profondeur 1.70 m. Prélèvements effectués en surface.

Station 3 : Située à 200 m de la station 2 et à 100 m de la côte. Cette station comporte quelques sargasses éparses fixées sur des coquilles et des cailloux. Profondeur : 1.70 m. Prélèvements effectués en surface.

Station 4 : Cette station , située en dehors des parcs est choisie comme station témoin. Les sargasses y sont pratiquement inexistantes. Elle se situe entre la balise de Roquerol et le petit port de l'école d'Apprentissage maritime de la pointe du Barrou. Profondeur 6 m. Prélèvements effectués en surface et au fond



Etang de Thau : Localisation des stations.

2: CHOIX DES PARAMETRES CHIMIQUES ET PHYSIQUES.

Les paramètres chimiques et physiques ont été choisis en vue d'une part, de déterminer les caractéristiques du milieu dans lequel se développe *Sargassum muticum*, et d'autre part, d'évaluer l'impact de ces algues sur le milieu vis-à-vis des végétaux et animaux marins.

Les évolutions des paramètres choisis seront étudiées en fonction des activités de *Sargassum Muticum*, et plus particulièrement au cours d'un cycle annuel de croissance de l'algue. Des teneurs en carbone, azote et hydrogène seront mesurées dans différentes parties de *Sargassum Muticum* en vue de quantifier les exigences de l'algue lors de sa croissance.

RESULTATS:

- tableau 1 : résultats globaux.

- tableau 2 : valeurs moyennes.

Les valeurs exprimées correspondent à la valeur moyenne des 6 échantillons prélevés aux 4 stations choisies. Les prélèvements ont eu lieu en Avril, Juillet, Septembre et Décembre.

a - Température : avril : 16.98 ; juillet : 23.88 ; septembre : 20.92 ; décembre : 10.63. On observe que les températures ~~doublent~~ de valeur entre juillet et décembre. Le refroidissement de l'eau est donc plus rapide que son réchauffement. } 1

Hum Cependant, la dispersion des températures autour de la moyenne est peu variable pour chaque sortie. Les écarts types varient de 0.857 à 0.624 pour toutes les températures. Les variations des températures sont par conséquent très rapidement transmises dans toute la masse d'eau de l'étang.

b - Salinité : avril : 37.56 ; juillet : 38.59 ; septembre : 40.44 ; décembre : 35.99. La salinité augmente faiblement mais régulièrement d'avril à septembre, puis baisse très rapidement jusqu'en décembre. Les valeurs des écarts types montrent que le milieu est très homogène au mois d'avril, puisque l'écart type est de 0.052, puis la dispersion des valeurs autour de la moyenne augmente dix fois jusqu'en décembre (écart type : 0.550).

c - Oxygène. Juillet : 5.81 ml/l ; septembre : 5.53 ml/l ;
décembre : 6.64 ml/l. Les teneurs en oxygène dissous accusent
une tendance à la croissance entre les mois de juillet et
décembre. La plus faible dispersion des valeurs autour de la
moyenne est observée au mois de septembre pendant lequel la
concentration moyenne en oxygène est aussi la plus faible.

d - pH : avril : 8.42 ; juillet : 7.74 ; septembre : 8.07 ;
décembre : 7.88 . Entre les mois d'avril et décembre, le pH
varie de 7.74 à 8.42 . La dispersion des valeurs autour des
moyennes calculées , très réduite, montre le caractère diffus
des causes intervenant dans les variations. 9

e - N.T.U. : avril : 1.72 ; juillet : 1.63 ; septembre : 1.35
; décembre : 1.47 . La turbidité des eaux évolue lentement
d'avril à septembre. Les eaux s'éclaircissent faiblement
pendant cette période. En avril, la turbidité est variable
d'un prélèvement à un autre. Les résultats sont dispersés. A
mesure que la turbidité diminue d'avril à septembre, on
observe une diminution de la dispersion des valeurs autour
des moyennes calculées. En décembre, la moyenne calculée
s'élève à 1.47.

f - L' azote est étudié sous la forme des nitrates, nitrites, l'ammonium, l'azote organique et total.

Les Nitrates : Avril : 0,08 ; Juillet : 0,05 ; Septembre : 0,00 ; Décembre : 6,61 (en $\mu\text{atg/l}$)

L'observation des résultats montre que les concentrations des nitrates sont voisines de zéro durant la période s'étendant du mois d'avril au mois de septembre. Par contre, en décembre, on observe une brutale remontée de la concentration des nitrates à toutes les stations et pour chaque prélèvement (surface et fond).

Les Nitrites : Avril : 0,06 ; Juillet : 0,05 ; Septembre : 0,128 ; Décembre : 0,798 (en $\mu\text{atg/l}$)

Les nitrites observent les mêmes variations que les nitrates. L'augmentation de la concentration est enregistrée en décembre.

L' Ammonium. Avril : 0,06 ; Juillet : 0,93 ; Septembre : 0,83 ; Décembre : 9,68 (en $\mu\text{atg/l}$)

L'ammonium suit les mêmes variations que les nitrates et les nitrites. Entre avril et septembre, les teneurs en ammonium ne sont pas nulles, les moyennes évoluent de 0,83 à 1,83. Une nette augmentation de l'ammonium est observée en décembre. En moyenne, les teneurs des eaux de surface sont sensiblement moins élevées qu'en profondeur excepté pour la sortie de décembre où les teneurs en azote ammoniacale sont plus élevées en surface qu'au fond.

Azote organique : Avril 14,82 ; Juillet : 19.26 ; Septembre : 20,33 ; Décembre : 11,00 (en uatg/l)

L'azote organique est présent tout au cours de l'année. Entre avril et septembre, les teneurs moyennes s'élèvent régulièrement, puis diminuent fortement en décembre, contrairement aux autres formes d'azote.

L'Azote total : Le bilan final représentant la somme de l'azote sous toutes ses formes s'accroît régulièrement d'avril à décembre.

Entre avril et septembre, l'azote de l'eau est représenté essentiellement par l'azote organique. Les autres formes (NO₃,NO₂,NH₄) ne représentent que la fraction mineure de la teneur totale en azote. Au contraire, en décembre, l'azote organique diminuant fortement, sans pour cela atteindre des valeurs négligeables, est remplacée par les autres formes d'azote, et plus particulièrement par l'ammonium et les nitrates ; les nitrites augmentent également.

g - Les phosphates :avril: 0,93 ; juillet:1.87 ; septembre :1.92; décembre : 1.56 (en uatg/l).

Le phosphore inorganique (PO₄) est bien représenté tout au long de l'année. Les teneurs moyennes y sont élevées à chaque station et pour chaque prélèvement.

Le phosphore organique :avril : 0,640 ; juillet :0,363 ; septembre : 0,700 ; décembre : 0,360 (en uatg/l)

Les teneurs moyennes en phosphore organique sont très inférieures à celles du phosphore inorganique représenté par

les phosphates. Les concentrations évoluent de 0,360 à 0,700 uatg/l entre les mois d'avril et décembre.

Le phosphore total : le phosphore total représentant les formes organiques et inorganiques croît en moyenne d'avril à septembre, puis décroît en décembre. L'accroissement du phosphore total est dû à l'augmentation du phosphore inorganique représentant la majeure partie du phosphore au cours de l'année.

h - Les silicates : avril : 3.84 ; juillet : 15,80 ; septembre : 14.69 ; décembre : 22.62 (en uatg/l)

Entre les mois d'avril et décembre les eaux s'enrichissent régulièrement en silicates. Les plus faibles valeurs sont enregistrées en avril, la moyenne n'est alors que de 3,84 uatg/l : En décembre, les concentrations en silicates sont les plus importantes (moyenne égale à 22.62 uatg/l) . D'après les résultats, on constate que les stations côtières sont toujours plus riches en silicates que la station témoin (4).

LE CARBONE, L'HYDROGENE, ET L'AZOTE DANS LES SARGASSES.

Les teneurs en carbone, hydrogène et azote ont été mesurées dans différentes parties d'un individu de *Sargassum Muticum* long de 1.70m, prélevé au mois de juin 1984 dans l'étang de Thau (méthode analytique: KERAMBRUN et SZEKIELDA 1969).

| | |
|------------|-----------|
| Apex | C : 24,94 |
| | H : 4,00 |
| | N : 1,55 |
| aérocystes | C : 28,11 |
| | H : 3,92 |
| | N : 1.19 |
| pédicelles | C : 29,2 |
| des | H : 4,15 |
| aérocystes | N : 0,71 |
| stipe | C : 34,25 |
| | H : 4,69 |
| | N : 1,43 |
| crampon | C : 38,11 |
| | H : 4,76 |
| | N : 1,61 |

Résultats: teneurs moyennes en C.H.N. (de 6 échantillons)
exprimés en pourcentage de poids sec.

DISCUSSION

D'après la littérature, il apparaît que la physiologie et l'écologie de *Sargassum Muticum* sont quelque peu différentes d'une région du monde à l'autre.

La taille de *Sargassum Muticum* est plus petite au Japon (1.20m) qu'aux U.S.A et qu'en Grande Bretagne; les plus grandes tailles sont observées en Europe (10 à 15 mètres maximum).

D'après certains auteurs, la croissance serait plutôt reliée à la longueur du jour qu'à l'évolution de la température.

Les rameaux secondaires sont d'autant plus longs qu'ils sont insérés près de la base des rameaux primaires (CHAMBERLAIN 1978 , CHAMBERLAIN et al 1979).

La croissance des rameaux primaires ne continue pas après la reproduction. De nombreux rameaux primaires commencent leur croissance avant la chute complète des rameaux primaires de l'année précédente (JEPHSON et GRAY 1977)

La forme des organes foliacés varie selon leur position sur l'algue, mais aussi selon la saison, la température et l'éclairement (CRITCHLEY 1983b , 1983c ; LEWEY et GORHAM 1984).

En Grande Bretagne, les aérocytes mucronés sont plus abondants aux faibles (10°C) et aux fortes températures (25°C) (CRITCHLEY 1983c)

L'implantation de *Sargassum Muticum*, se situe dans la zone de balancement des marées, dans le haut de l'étage infralittoral.

Les modes calmes sont généralement privilégiés (OKAMURA 1924, OKUDA 1981 , YOSHIDA 1983 , FARNHAM 1980, DE WREEDE 1983).

Le recrutement se produit surtout en automne en liaison avec la fertilité estivale des adultes; de nouveaux rameaux primaires commencent leur croissance. Cependant, certains juvéniles pourraient survivre apparemment sans croissance appréciable pendant au moins six mois (GERBAL 1985).

La croissance est maximale au printemps.

Les biomasses paraissent relativement plus importantes dans l'étang de Thau (GERBAL 1985) que celles mesurées à Roscoff par BAILLY du BOIS (1984).

Le poids sec des algues mesurés en fonction de la taille varie au cours des saisons. La relation exponentielle est due aux nombreuses ramifications développées au printemps (GERBAL 1985).

La taille des individus varie considérablement au cours de l'année. Les plus grandes algues sont observées en juillet. De juillet à septembre, la taille des individus dréssés diminue.

En dehors de tout cycle biologique qui régit la vitalité et le rythme des plantes aquatiques, il faut observer les relations existant entre la présence, la croissance, la disparition ou désagrégation de *Sargassum Muticum* et les variations des paramètres chimiques et physiques du milieu.

En effet, dans l'étang de Thau, *Sargassum Muticum* disparaît à mesure que la température s'élève au-dessus de 17°C. Entre avril et juillet, la taille de *Sargassum Muticum* diminue considérablement alors que la température de l'eau s'élève de 17 à 23°C (fig.2).

De nouveaux rameaux primaires apparaissent en novembre et coïncident avec le retour des températures plus basses et voisines de 17°C.

Sargassum Muticum semble donc exiger pour sa croissance en mer des températures inférieures à 17°C. Au-delà de cette températures, la vitalité de l'algue diminue et s'arrête.

Pour JEPHSON et GRAY (1977), la température estivale devrait être supérieure à 12°C ; l'optimum serait entre 10 et 13°C pour KJELDEN et PHINNEY (1972).

En culture, la croissance de *Sargassum Muticum* semble plus tolérante, le maximum de croissance est obtenu pour 25°C (NORTON, 1977b).

Bien que la température soit un paramètre important pour la physiologie des algues, on ne peut la considérer comme seule responsable de l'activité de *Sargassum Muticum*. Les variations des autres paramètres peuvent considérablement modifier l'influence de la température sur le développement de *Sargassum Muticum*. L'action simultanée des différentes influences peuvent contribuer soit à dépasser la limite des températures tolérables ou au contraire abaisser cette limite à des températures encore plus basses.

Ces considérations pourraient expliquer les raisons pour lesquelles par exemple, en culture, la croissance maximale de *Sargassum Muticum* est observée à 25°C.

Sargassum Muticum semble tolérer des variations importantes de la salinité. D'après KJELDSEN et PHINNEY (1977b), la salinité optimale se situe entre 27 à 35‰ ; la germination est possible jusqu'à 20 ‰, tandis que celle des rameaux se poursuit jusqu'à 9‰. En Hollande, *Sargassum muticum* s'est établie dans des lacs où la salinité varie seulement de 15 à 17‰ (NIENHUIS, 1982). *Sargassum Muticum* s'est implantée dans de nombreux estuaires.

Dans l'étang de Thau, la plus grande taille des Sargasses est observée en avril alors que la salinité est de l'ordre de 37‰. L'augmentation de la salinité durant la période estivale coïncide avec la disparition rapide de *Sargassum Muticum*. En septembre, alors que la salinité atteint son maximum, les grandes Sargasses dressées ont totalement disparu (fig.3) et se trouvent dans un état de désagrégation.

Les nouveaux rameaux apparaissent dans le courant de l'automne, alors que la salinité diminue et atteint des valeurs voisines de 36‰ en décembre.

Comme pour la température, la salinité ne peut être considérée comme seule responsable des évolutions biologiques de *Sargassum Muticum*. Cependant, après le printemps, ces deux paramètres agissent ensemble dans un sens défavorable à l'évolution normale et continue de *Sargassum Muticum*.

Enfin , la lumière ayant des conséquences directes sur la température et la salinité, peut également influencer directement ou indirectement la physiologie de *Sargassum Muticum*.

L'éclairement agit qualitativement et quantitativement sur le milieu et les individus phototrophes. La durée plus ou moins longue de l'éclairement associée à la quantité et qualité de la lumière émise peut entraîner de fortes variations des paramètres physiques, chimiques et biologiques.

L'éclairement correspondant à celui du printemps semble parfaitement convenir à la croissance de *Sargassum Muticum*. Il entraîne une élévation modérée de la température et de la salinité . Le développement important des thalles et des aérocytes des grandes algues semble confirmer cette hypothèse.

Pendant la période estivale, l'éclairement ne cessant de croître, entraîne alors un réchauffement et une augmentation de la salinité , intolérables au développement prolongé de *Sargassum Muticum*. L'excès de lumière et ses conséquences deviennent alors des facteurs limitants.

Des analyses de carbone, hydrogène et azote dans différentes parties de *Sargassum Muticum* ont fait apparaître des teneurs moyennes d'azote et des variations dans différentes parties de l'algue.

Sargassum Muticum contient en moyenne 1.5 % d'azote (poids sec) assimilé dans le milieu marin. Le crampon est sensiblement plus riche en azote que le reste de l'algue (1.6%).

Par ailleurs, on observe, d'après les résultats des analyses des eaux de l'étang de Thau, que l'azote, indispensable à *Sargassum Muticum*, comme aux autres algues (phytoplancton et macrophytes), est totalement absent sous les formes nitrates et nitrites pendant la majeure partie de l'année et plus particulièrement à partir du printemps.

Entre avril et septembre, l'azote inorganique représenté par l'ammonium évolue vers des concentrations décroissantes, alors que l'azote organique croît lentement pendant la même période (fig.4).

La période de décroissance de l'algue coïncide également avec l'absence de nitrates et de nitrites assimilables. Pendant cette période, l'ensemble des végétaux assimilent par conséquent les autres formes d'azote inorganiques (NH_4) et organiques (l'azote organique représentant presque la totalité de l'azote disponible) ou vit sur des réserves.

De plus, on remarquera que pendant cette même période, le stock d'azote organique augmente parallèlement à la disparition de *Sargassum Muticum* dans l'étang. Cela nous amène à supposer que le mécanisme de minéralisation très probablement saturé en avril ne peut s'accélérer pendant la période estivale, alors que le stock de matière organique animale et végétale (dont *Sargassum muticum* en état de décomposition) ne cesse d'augmenter pendant cette même période.

En revanche, en septembre, alors que la plupart des grandes Sargasses ont pratiquement disparu, on observe une

nette augmentation des nitrates et de l'ammonium alors que les teneurs en azote organique chutent considérablement. En automne, la minéralisation se poursuit, le stock de matière organique diminue; la demande en nitrates et ammonium diminue également en raison de la disparition de *Sargassum Muticum*.

La présence, la décroissance et la disparition de *Sargassum Muticum* sont parfaitement liées aux variations des teneurs en azote dans l'étang de Thau.

Sargassum Muticum semble donc exiger pour sa croissance de fortes teneurs de nitrates et d'ammonium. La présence des grandes Sargasses coïncide avec l'absence des nitrates et de l'ammonium. Au contraire, en leur absence, les teneurs de ces composés azotés augmentent considérablement.

En ce qui concerne le phosphore, il est largement représenté. Les teneurs en phosphore inorganique sont très importantes entre avril et décembre (concentration supérieure à 1 $\mu\text{atg/l}$). Compte tenu des fortes teneurs, ce paramètre chimique ne peut constituer un facteur limitant (fig.5).

On remarquera cependant l'évolution des phosphates inorganiques entre les mois d'avril et décembre; en effet, cette évolution est tout à fait contraire à celle de *Sargassum Muticum*. Les variations observées résultent de l'influence plus ou moins grande de deux tendances opposées :

- les apports (extérieurs et intérieurs)
- la consommation (assimilation par le phytoplancton et les macrophytes).

L'augmentation du phosphore, observée entre les mois d'avril et de septembre pourrait provenir :

- soit d'apports continentaux en phosphore inorganique, (en particulier d'origine agricole),
- soit plutôt de la minéralisation de la matière organique, ce qui expliquerait la diminution des teneurs en phosphore organique, enregistrées au mois de juillet,
- soit d'une diminution de l'activité biologique des végétaux (y compris de *Sargassum Muticum*) pendant cette période, suivie de l'augmentation du stock du matériel détritique minéralisable après le mois de juillet.

Un ralentissement de l'activité biologique peut être en effet envisagé en observant le fort enrichissement des eaux en silicates (fig.6), à moins que l'augmentation des silicates soit due à des apports terrigènes ou à la dissolution des tests des diatomées pendant l'été.

Malheureusement, ces résultats préliminaires ne nous permettent encore, ni d'évaluer la quantité de phosphore indispensable à l'activité de *Sargassum Muticum*, ni de mesurer la capacité de l'algue à apporter elle-même des variations significatives des teneurs en phosphates.

La concentration de l'oxygène dissous dans l'eau est directement influencée par la température et la salinité. On constate en effet, d'après les résultats obtenus dans l'étang de Thau, que les valeurs moyennes calculées de l'oxygène dissous observent cette loi fondamentale: une eau moins salée et plus froide dissout relativement plus d'oxygène. L'exemple

est particulièrement bien marqué entre les mois de septembre et décembre (fig.7).

Entre juin et septembre, la diminution de la température de l'eau de l'étang favorise la dissolution de l'oxygène. Cependant, on observe au contraire une diminution notable de la valeur moyenne de l'oxygène. Bien que les teneurs moyennes de salinité (qui augmentent) ne favorisent pas l'oxygénation de l'eau à cette époque (la solubilité de l'oxygène étant plus sensible à la température qu'à la salinité pour les valeurs qui nous intéressent) il y a lieu de constater d'une part que les grandes algues dressées, productrices d'oxygène sont absentes, mais que d'autre part, le mécanisme de la minéralisation de la matière organique (consommateur d'oxygène) semble se faire ressentir au niveau des variations des valeurs moyennes de l'oxygène dissous.

La diminution de l'oxygène pendant la saison estivale résulterait vraisemblablement donc de l'effet simultané de plusieurs vecteurs: absence de macrophytes et en particulier des Sargasses, augmentation de la salinité de l'eau de l'étang, oxydation de la matière organique.

La présence des Sargasses est très importante pour le milieu en raison de la forte activité photosynthétique qu'elles développent. L'activité métabolique des Sargasses enrichit l'eau en oxygène, au point de distinguer facilement la station 2, particulièrement fournie en Sargasses, des autres stations. Les concentrations en oxygène dissous des échantillons prélevés à la station 2 sont non seulement plus élevées

qu'aux autres stations, mais sont supérieures aux valeurs moyennes calculées en surface pour l'ensemble des stations d'une même sortie.

| | juillet | septembre | décembre |
|-------------------------|---------|-----------|----------|
| O2 moyen (ml/l) | 5.81 | 5.53 | 6.64 |
| O2 ST. 2 (ml/l) | 7.77 | 6.17 | 7.67 |
| O2 moyen surface (ml/l) | 6.05 | 5.53 | 6.92 |

L'activité photosynthétique de *Sargassum Muticum* particulièrement importante dans l'étang de Thau modifie avantageusement le milieu en enrichissant les eaux naturellement oxygénées par l'atmosphère, en favorisant la respiration des êtres vivants, et en facilitant la biodégradation de la matière organique.

Le pH a sensiblement varié au cours de la saison s'étendant d'avril à décembre. Les valeurs moyennes du pH sont typiquement plus élevées au printemps (8.42). Elles sont minimales (7.88) en hiver lorsque la biomasse autotrophe est réduite (fig.8).

Au cours de l'année, le pH est toujours très légèrement plus élevé à la station (2) riche en Sargasses qu'aux autres stations. Les conséquences d'une augmentation du pH sont importantes même dans un milieu tamponné comme l'eau de mer:

- une augmentation du pH stimule la respiration des algues,
- une diminution du pH entraîne un déséquilibre du système tampon carbonates-bicarbonates et un appauvrissement des

sources de calcium biologiquement utilisable.

La présence de *Sargassum Muticum* semble donc pouvoir influencer localement sur l'équilibre du système tampon de l'eau de mer.

COMPOSITION CHIMIQUE DE SARGASSUM MUTICUM

Pour les organismes marins, le rapport atomique moyen en C.N.P est évalué à 106:16:1 (REDFIELD et al 1963). Pour les algues benthiques le rapport est plus élevé et généralement voisin de 550:30:1. D'après ATKINSON et SMITH 1983, ce rapport serait plutôt de 700:35:1.

D'après nos résultats obtenus en analysant différentes parties d'une Sargasse, longue de 1.70m et prélevée en juillet, le rapport atomique en C et N évoluerait de 621:33 à 951:34 selon l'échantillon prélevé sur une même algue.

Le crampon est très sensiblement plus riche en carbone que le stipe et l'apex. Il en est de même pour l'azote, mais les différences sont moins marquées.

Ces fortes teneurs en carbone et azote dévoilent un besoin très grand en CO₂ et azote dissous dans l'eau, et montrent par conséquent le rôle compétitif de Sargassum Muticum vis-à-vis des algues pélagiques moins exigeantes.

Les Sargasses assimilent deux fois plus d'azote que le phytoplancton et sept fois plus de CO₂; la consommation du phosphore est identique.

L'équation stoéchiométrique de l'équilibre entre la masse de carbone des algues benthiques et la composition chimique du milieu semble convenir pour Sargassum Muticum en apportant quelques modifications mineures.

L'équation proposée serait alors:



en admettant que la source d'azote ne soit uniquement sous la forme NO_3 mais plutôt NH_4 et en remarquant que l'activité métabolique de *Sargassum Muticum* entraîne une très forte production d'oxygène.

Enfin, les hautes teneurs en carbone et azote de *Sargassum Muticum* ont une autre conséquence. En effet, si nous utilisons le facteur de conversion standard:

(6.25 x poids sec = poids de protéines)

nous obtenons une valeur moyenne de protéines voisine de 10 % du poids sec, ce qui est faible, comparé au 50% de protéines généralement obtenu dans le plancton (PARSONS et al, 1961, 1977).

La valeur nutritive de *Sargassum Muticum* serait donc très faible.

CONCLUSION :

Les grandes algues (10m) dressées et flottantes sur les eaux jusqu'en avril, se couchent sur le fond de l'étang et se désagrègent lentement à partir du printemps. A partir de septembre, de jeunes pousses (inférieures à 5cm) apparaissent sur les crampons pérénants.

Si l'implantation de Sargassum Muticum dans l'étang de Thau résulte du fait de conditions acceptables, son développement rapide est lié à des conditions très favorables. Sargassum Muticum s'est intégrée dans l'étang en s'adaptant au milieu et aux conditions générales imposées par des paramètres climatiques, biologiques, chimiques, etc....

L'impact de Sargassum Muticum sur le milieu ne fait aucun doute, mais les conséquences de sa présence sont difficilement décelables en raison du fait que ses exigences se confondent avec celles des autres végétaux. Des analyses de constitution ont fait apparaître ses besoins et des coïncidences d'ordre chimique ont révélé sa grande activité.

Sa robuste constitution nécessite une assimilation importante de minéraux et diverses substances qui prive d'autant le phytoplancton utile à la croissance des bivalves exploités (huîtres, moules). Sargassum Muticum est un compétiteur redoutable pour le phytoplancton.

L'activité de Sargassum Muticum se fait sentir au niveau de certains paramètres (physiques et chimiques): elle augmente ou réduit l'amplitude des variations. L'activité apparaît

Contradictoire 9

donc au niveau des écarts observés par rapport aux moyennes enregistrées.

Pendant la période s'étendant d'avril à septembre, correspondant à la phase de désagrégation lente de l'algue (ou diminution de l'assimilation) Sargassum Muticum subit des variations de trop grande amplitude de la part des paramètres physiques: température (17 à 24°C), salinité (37 à 40‰) dérivant de la lumière.

On constate alors que:

- ayant contribué à épuiser l'azote sous les formes NO₃, NO₂, Sargassum Muticum assimile désormais NH₄ comme les autres végétaux.
- le stock d'azote organique augmente pendant la période de désagrégation de Sargassum Muticum.
- le phosphore minéral, bien que fortement assimilé par les végétaux demeure à des niveaux très hauts (10 µg/l). Les macrophytes utiliseraient 30 fois moins de phosphore que d'azote.
- le phosphore organique diminue très lentement jusqu'en juillet. Le niveau des teneurs est bas; les variations sont contraires à celles du phosphore minéral.
- l'oxygène diminue pendant la période de déclin de Sargassum Muticum (alors que l'on observe une augmentation des teneurs en phosphore et azote inorganiques).
- les silicates augmentent considérablement pendant la

période de désagrégation de Sargassum Muticum (4 à 16 uatg/l). Une stabilisation apparaît entre les mois de Juillet et septembre.

- le pH diminue de 8.42 à 7.88 en décembre.

En automne, avec le retour des températures (21 à 11°C) et des salinités (37‰) modérées, on observe l'arrivée de très jeunes pousses de Sargasses incapables d'entraîner elles-mêmes des variations remarquables du milieu. Simultanément, on constate que:

- les teneurs des nitrates et des nitrites inexistantes jusqu'alors s'élèvent respectivement à 6 et à 0.8 uatg/l.
- l'ammonium a fortement augmenté (10 uatg/l).
- contrairement aux teneurs en NO₃, NO₂, NH₄, l'azote organique diminue.
- le stock de phosphore minéral et organique diminue.
- l'oxygénation de l'eau revient à des niveaux modérés (6.64 ml/l) peut-être en raison du retour des Sargasses ou d'une diminution de l'oxydation de la matière organique.
- les silicates augmentent fortement et avoisinent 23 uatg/l.

En définitive, Sargassum Muticum assimile le CO₂ dissous et l'azote minéral en très grande quantité. D'après nos calculs, les Sargasses exigent deux fois plus d'azote que le phytoplancton. La quantité de phosphore assimilé est très probablement identique à celle du phytoplancton.

En contre partie, elle participe activement à l'oxygénation de l'eau en fournissant 760 molécules d'oxygène alors que le

phytoplancton en produit 138.

Après sa période de forte activité métabolique (entre décembre et avril) la matière végétale se décompose petit à petit dans l'étang et la minéralisation commence.

D'autre part, bien que *Sargassum Muticum* soit un consommateur exigeant en azote, les analyses de l'algue ont révélé un pouvoir nutritif relativement bas. En effet, les teneurs moyennes de protéines n'excèdent pas 20%.

Enfin, même si l'étang de Thau est un milieu particulièrement riche en matières minérales, et un site privilégié pour l'élevage des mollusques, le développement croissant de *Sargassum Muticum* se fera au dépend du phytoplancton. Un calcul simple permet d'évaluer la quantité de biomasse végétale produite par l'étang en une année, compte tenu:

- du volume évalué de l'étang : $337.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
(7500 ha, 4.5 m de profondeur moyenne)
- d'une évaluation raisonnable de l'azote mis à la disposition des végétaux : 50.6 Tonnes pour 10 uatg/l (N-N03).
- des teneurs de l'azote dans les Sargasses: 1.5% poids sec.
- du rapport poids sec - poids humide trouvé voisin de 15 à 19 %.

On calcule que l'étang peut produire 22 275 Tonnes de végétaux (poids humide, type Sargasse), soit 0,297 kg/m², ce qui est considérable.

Sargassum Muticum n'a pas révélé toutes ses capacités; le prochain rapport (1985) complètera cette étude. Dès à présent, on peut déjà envisager de s'engager dans deux

directions de recherches complémentaires : lutte et valorisation. La lutte (chimique, mécanique...) ne semble pas être la voie la plus facile étant donné l'implantation de Sargassum Muticum dans des sites particulièrement riches en végétaux utiles. La valorisation peut-être envisagée sous différentes formes: production d'hydrocarbures acycliques (méthanes), pharmacologie, engrais, etc... .

Plus le
titre de
DERO

BIBLIOGRAPHIE :

ATKINSON M.J., SMITH S.V., 1983. C:N:P ratios of benthic marine plants. *Limnol. Oceanogr.*, 28(3) : 568-574.

BAILLY DU BOIS P., 1984. Prolifération de la Sargasse japonaise. *Rapp. Stage Maitrise Sci. Techn. Protection Environnement, Univ. Paris 7, Fr.:* 9p.num., 1-140.

CHAMBERLAIN A.H.L. 1978. Preliminary observations of apical dominance effects in *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. *Br. phycol. J.*, U.K., 13:198.

CHAMBERLAIN A.H.L., GORHAM J., KANE D.F., LEWEY S.A., 1979. Laboratory growth studies on *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. III. Apical dominance. *Botanica marina, Germ.*, 22(1) : 11-19.

COPPEJANS E., RAPPE G., PODDOOR N., ASPERGE M., 1980. *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt ook langs de Belgische kust aangespoeld. *Dumontiera, Belg.*, 16: 7-13.

COSSON J., DUGLET A., BILLARD C., 1977. Sur la végétation algale de l'étage littoral dans la région de Saint-Vaast-la Hougue et la présence d'une espèce japonaise nouvelle pour les côtes française : *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt (Phéophycées, Fucales). *Bull. Soc. linn. Normandie, Fr.*, 105 : 109-116.

CRITCHLEY A.T., 1983b. *Sargassum muticum* : a morphological description of European material. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 63 : 813-824.

CRITHLEY A.T. 1983c. Experimental observations on variability of leaf and air vesicle shape of *Sargassum muticum*. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 63 : 825-831.

DAVID A. 1971. Relation trophique entre le plancton, les huîtres d'élevage et les ciones épibiontes (étang de Thau). *Bull. Inst. Scient. Tech. Pêches marit.* 201, 15 p.

DE WREEDE R.F., 1983 *Sargassum muticum* (Fucales, Phaeophyta) : regrowth and interaction with *Rhodomela larix* (Ceramiales, Rhodophyta). *Phycologia*, U.K., 22 (2) : 153-160.

EUZET L. 1955. Larves gyrodactyloïdes nageantes de quelques Trématodes monogénétiques de Poissons marins. *Bull. Soc. Neuchâteloise Sc. Nat.*, 78: 71-79.

EUZER L , SURIANO M. 1977. *Ligophorus* n.g. (Monigenea, Ancyrocephalidae) parasite de Mugilidae (Téléostéens Méditerranée). *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat. Paris* 3(472) Zoo, 329 : 799-822.

FARNHAM W.F., 1980. Studies on aliens in marine flora of southern England . The shore environment. Vol 2 : Ecosystems. J.H. PRICE, D.E.G. IRVINE, W.F. FARNHAM ed., Academic Press publ., U.K.: 875-914.

FATEMI M., 1938. Variations saisonnières du plancton de l'étang de Thau à l'embouchure du canal de Sète. Thèse Doc. Sci. Montpellier.

GERBAL M. 1985 . L'invasion de l'étang de Thau par des algues japonaises. Les peulements a *Sargassum muticum* et la flore accompagnatrice. Rap. DEA d'Ecologie Méditerranéenne. Fac. Sci. Luminy . Marseille Fr.

GOURRET P., 1897. Les étang saumâtres du Midi de la France et leurs pêcheries. *Ann. Mus. Hist. Nat. Marseille* (5),1, 1-55.

HAMON P.Y., 1983. Croissance de la moule *Mytilus galloprovincialis* dans l'étang de Thau. Estimation des stocks de mollusques en élevage. Thèse Doc. Etat, USTL, Montpellier, 331p.

HENARD D. 1976. Production primaire d'une lagune méditerranéenne: l'étang de Thau. Thèse 3^e cycle, Univ. Montpellier, 85p.

JEPHSON N.A., GRAY P.W.G., 1977. Aspects of ecology of *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt, in the Solent region of british Isles. I. The growth cycle and epiphytes. *Biology of benthic organisms*, B.F. KEEGAN, P. OCEIDIGH, P.J.S. BOADEN ed., Pergamon Press publ., U.K. : 367-375.

KERAMBRUN P., SZEKIELDA K. 1969. Dosage simultané du carbone, de l'hydrogène et de l'azote dans le matériel en suspension dans l'eau de mer. note technique. Tethys 1(3): 581-584.

KJELDSSEN C.K. PHINNEY H.K., 1972. Effects of variations in salinity and temperature on some estuarine macroalgae. Proc. intl. Seaweed Symp., K. NISIZAWA ed., Univ. Tokyo Press, Jap., 7: 301-308.

LEWEY S.A. GORHAM J., 1984. Pigment composition and photosynthesis in *Sargassum muticum*. Mar. Biol., Germ., 80(1) : 109-115.

NIENHUIS P.H., 1982. Attached *Sargassum muticum* found in the south-west Netherlands. Aquatic Botany, Netherl., 12(2) : 189-195.

NORTON T.A., 1977b. Ecological experiments with *Sargassum muticum*. J. mar. biol. Ass.U.K. 57 : 33-43.

NORTON T.A., 1981a. The varied dispersal mechanisms of an invasive seaweed, *Sargassum muticum*. Phycologia, U.K., 20(2) : 110-111.

OKAMURA K. 1984. Icones of Japanese algae. Kazama Shobo ed., Tokyo, Jap., 5(3) : 43-67, pl. 211-215.

OKUDA T, 1981. Egg liberation in some Japanese sargassaceae (Phaeophyceae). Proc. intl. Seaweed Symp., T. LEVRING ed., GRUYTER publ., Ger., 10 : 197-202.

PARSONS, T.R., K. STEPHENS, and J.D. STRICKLAND 1961. On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankton. J. Fish. Res. Bd. Can. 18: 1001-1016.

PAVILLARD J. 1905. Recherches sur la flore pélagique de l'étang de thau. Trav. Inst. Univ. Bot. Montpellier et station zool. Sète, série mixte n°2.

REDFIELD A.C., B.H. KETCHUM, and F.A. RICHARDS. 1963. The

influence of organisms on the composition of sea-water, p.26-77. in M.N. Hill(ed) ,The sea, v.2.Wiley.

SEGALA B. 1985. Contribution à l'étude de la dynamique et de la qualité des eaux en milieu lagunaire et côtier par télédétection aérienne. Thèse USTL, Montpellier.

TUZET O. 1947. Le plancton du golfe du Lion et de l'étang de Thau. Bull. Mus. Hist. nat. 7, 23, 91-95.

VAGO C. , EUZET L. 1981. Importance des paramètres pathologiques et parasitologiques dans l'utilisation aquacole des zones humides et littorales. Bull. Mem. O.N.C.:133-136.

YOSHIDA T., 1983. Japanese species of Sargassum subgenus Batrophycus (phaeophyta, Fucales). J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., ser.5 (Bot.), Jap., 13(2) : 99-246.

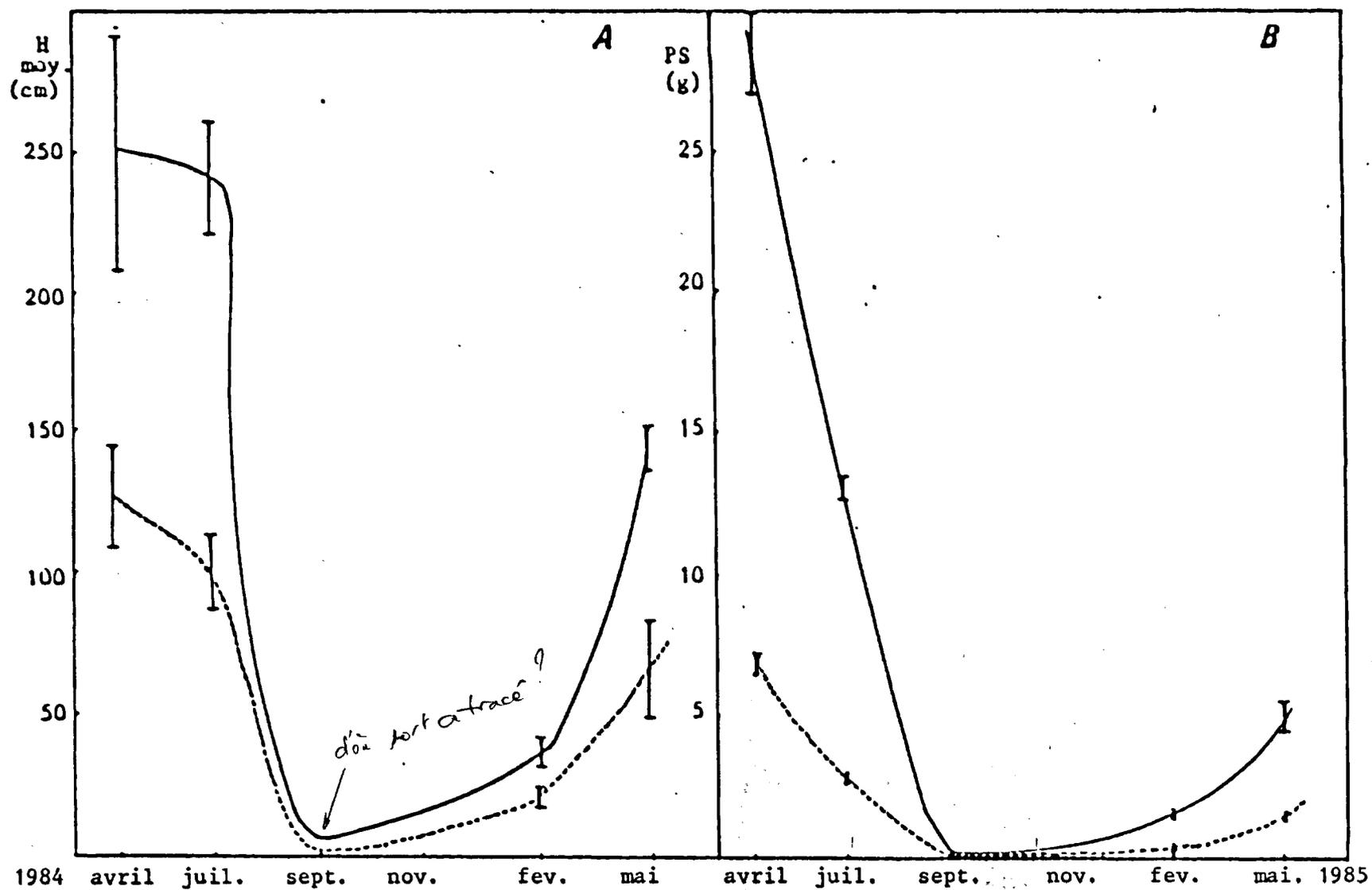


Fig 1: Variations de la taille (H) moyenne, (A) et du poids sec (PS) moyen, (B) en fonction du temps; station 4. En trait discontinu: moyenne de la population. En trait plein: moyenne des 10 plus grands individus. D'après GERBAL 1985.

Tableau I : Paramètres physicochimiques (Pascal DAVID) : Température (T°C), Salinité (‰), Oxygène dissous (O₂ en ml/l), pH, Turbidité (en NTU), NH₄⁺ (en µatg/l), NO₃⁻ (en µatg/l), NO₂⁻ (en µatg/l), Silicates (Si, en µatg/l), PO₄³⁻ (en µatg/l), Phosphore organique (P org., en µatg/l), Azote organique (N org., en µatg/l). La profondeur (Prof.) est en m.

| MOIS | station | prof. | T°C | S‰ | O ₂ | pH | NTU | NH ₄ ⁺ | NO ₃ ⁻ | NO ₂ ⁻ | Si | PO ₄ ³⁻ | P org. | N org. |
|-----------|---------|-------|------|-------|----------------|------|-----|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------|-------------------------------|--------|--------|
| AVRIL | 1 | 0.0 | 17.7 | 37.40 | - | 8.39 | 1.3 | 1.55 | 0.25 | 0.06 | 3.67 | 0.73 | 0.00 | 6.79 |
| | | 3.6 | 16.4 | 37.52 | - | 8.37 | 2.2 | 2.81 | 0.04 | 0.06 | 6.56 | 1.23 | 0.62 | 16.47 |
| | 2 | 0.0 | 16.7 | 37.60 | - | 8.50 | 1.6 | 1.74 | 0.17 | 0.06 | 5.90 | 1.19 | 0.85 | 20.15 |
| | 3 | 0.0 | 18.3 | 37.60 | - | 8.49 | 1.7 | 1.60 | 0.06 | 0.06 | 5.66 | 0.96 | 0.58 | 15.28 |
| | 4 | 0.0 | 16.8 | 37.56 | - | 8.38 | 1.4 | 1.45 | 0.00 | 0.06 | 0.25 | 0.81 | 1.17 | 15.67 |
| | | 6.0 | 16.0 | 37.60 | - | 8.39 | 2.1 | 1.84 | 0.00 | 0.06 | 0.98 | 0.96 | 0.62 | 16.56 |
| JUILLET | 1 | 0.0 | 23.9 | 38.60 | 4.88 | 8.06 | 1.5 | 1.34 | 0.05 | 0.05 | 19.50 | 2.00 | 0.00 | 16.61 |
| | | 3.6 | 23.9 | 38.59 | 4.91 | 8.08 | 1.6 | 1.35 | 0.05 | 0.05 | 20.30 | 2.03 | 0.30 | 22.65 |
| | 2 | 0.0 | 24.8 | 38.78 | 7.77 | 5.81 | 1.5 | 0.98 | 0.08 | 0.05 | 15.20 | 1.97 | 0.00 | 7.30 |
| | 3 | 0.0 | 24.3 | 38.70 | 5.84 | 8.20 | 1.4 | 0.44 | 0.05 | 0.05 | 18.80 | 1.90 | 0.96 | 26.53 |
| | 4 | 0.0 | 23.2 | 38.44 | 5.53 | 8.14 | 1.5 | 0.47 | 0.05 | 0.05 | 10.40 | 1.66 | 0.50 | 20.77 |
| | | 6.0 | 23.2 | 38.44 | 5.93 | 8.16 | 2.3 | 1.01 | 0.05 | 0.05 | 10.60 | 1.66 | 0.42 | 21.49 |
| SEPTEMBRE | 1 | 0.0 | 21.0 | 40.16 | 5.39 | 8.08 | 1.3 | 0.52 | 0.00 | 0.10 | 13.48 | 1.72 | 0.72 | 19.23 |
| | | 3.6 | 21.3 | 40.46 | 5.65 | 8.09 | 1.3 | 0.81 | 0.00 | 0.08 | 15.91 | 1.92 | 0.56 | 18.40 |
| | 2 | 0.0 | 21.5 | 40.69 | 6.17 | 8.10 | 1.2 | 0.74 | 0.00 | 0.10 | 15.15 | 2.08 | 0.88 | 21.83 |
| | 3 | 0.0 | 21.5 | 40.73 | 5.38 | 8.02 | 1.1 | 1.20 | 0.00 | 0.15 | 14.20 | 2.24 | 0.76 | 22.36 |
| | 4 | 0.0 | 20.0 | 39.79 | 5.18 | 8.09 | 1.6 | 0.77 | 0.00 | 0.19 | 14.24 | 1.54 | 0.76 | 22.58 |
| | | 6.0 | 20.2 | 40.81 | 5.41 | 8.06 | 1.6 | 0.93 | 0.00 | 0.15 | 14.69 | 2.02 | 0.52 | 17.36 |
| DECEMBRE | 1 | 0.0 | 10.1 | 35.14 | 8.22 | 7.89 | 1.5 | 7.22 | 6.44 | 0.83 | 23.51 | 1.56 | 0.32 | 10.22 |
| | | 3.6 | 11.5 | 36.35 | 6.15 | 7.86 | 1.5 | 7.97 | 4.57 | 0.69 | 23.63 | 1.72 | 0.40 | 13.10 |
| | 2 | 0.0 | 10.0 | 36.14 | 7.67 | 7.94 | 1.6 | 17.00 | 9.00 | 0.82 | 22.16 | 1.72 | 0.52 | 6.62 |
| | 3 | 0.0 | 10.1 | 35.67 | 6.22 | 7.85 | 1.3 | 10.30 | 5.82 | 0.77 | 23.11 | 1.49 | 0.39 | 10.30 |
| | 4 | 0.0 | 11.0 | 35.91 | 5.56 | 7.91 | 1.2 | 8.25 | 8.84 | 0.92 | 21.49 | 1.45 | 0.22 | 8.20 |
| | | 6.0 | 11.1 | 36.72 | 6.04 | 7.84 | 1.7 | 7.35 | 4.99 | 0.76 | 21.77 | 1.43 | 0.31 | 17.30 |

| | Avril | Juillet | Septembre | Décembre |
|----------------------------|-------|---------|-----------|----------|
| Température °C | 16.98 | 23.88 | 20.92 | 10.63 |
| Salinité | 37.56 | 38.59 | 40.44 | 35.99 |
| Oxygène ml/l | | 5.81 | 5.53 | 6.64 |
| pH | 8.42 | 8.12 | 8.07 | 7.88 |
| NTU | 1.72 | 1.63 | 1.35 | 1.47 |
| NH ₄ uatg/l | 1.83 | 0.93 | 0.83 | 9.69 |
| NO ₃ uatg/l | 0.08 | 0.05 | 0.00 | 6.61 |
| NO ₂ uatg/l | 0.06 | 0.05 | 0.13 | 0.80 |
| Si uatg/l | 3.84 | 15.80 | 14.70 | 22.62 |
| PO ₄ uatg/l | 0.93 | 1.87 | 1.92 | 1.56 |
| Phosphore organique uatg/l | 0.64 | 0.36 | 0.70 | 0.36 |
| Azote organique uatg/L | 14.82 | 19.26 | 20.33 | 10.99 |
| N uatg/L | 16.80 | 20.29 | 21.18 | 28.09 |
| P uatg/l | 1.57 | 2.23 | 2.62 | 1.92 |

Tableau II : Valeurs moyennes calculées à partir des résultats du tableau I

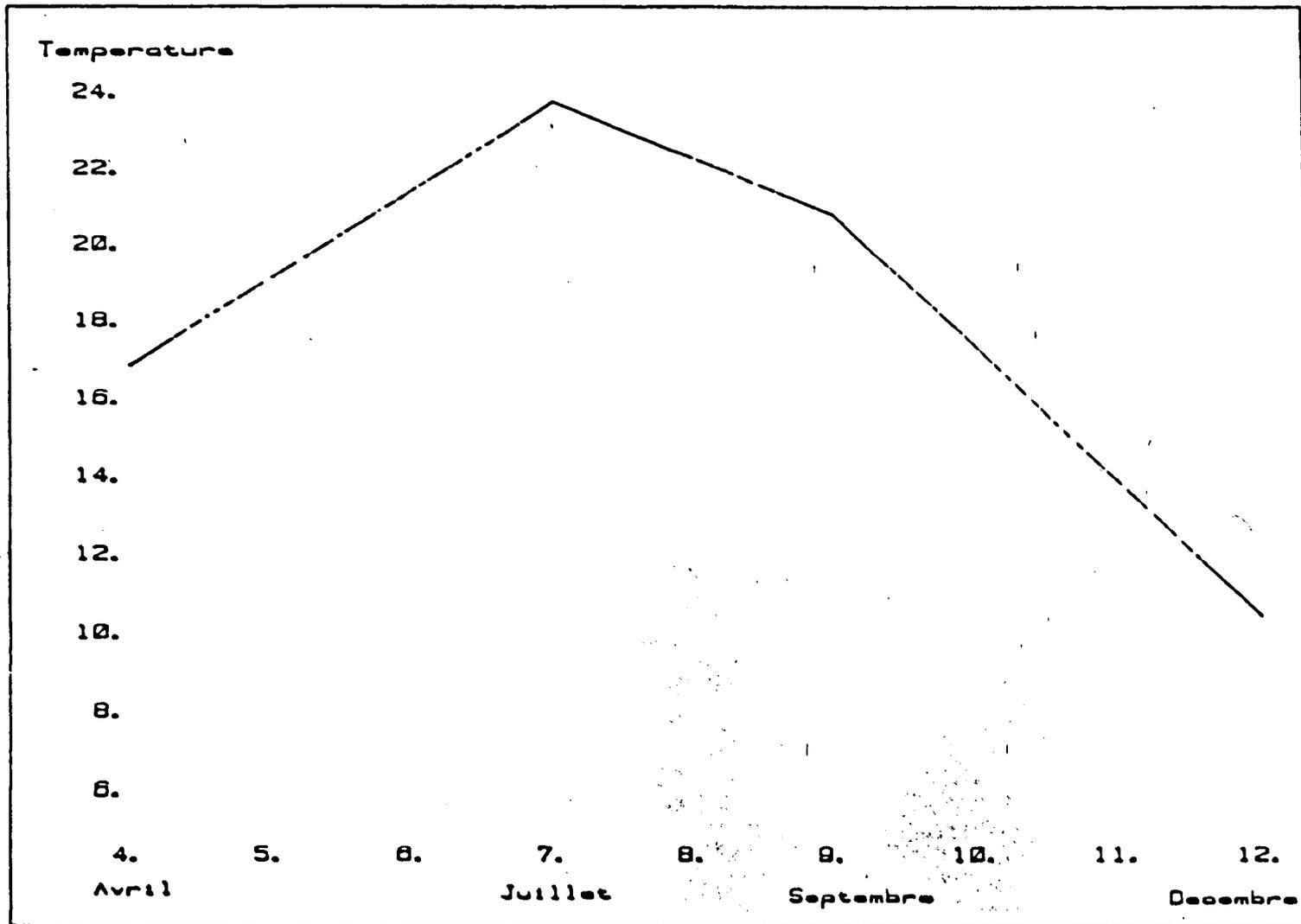


Figure 2 : Evolution des températures moyennes au cours de l'année

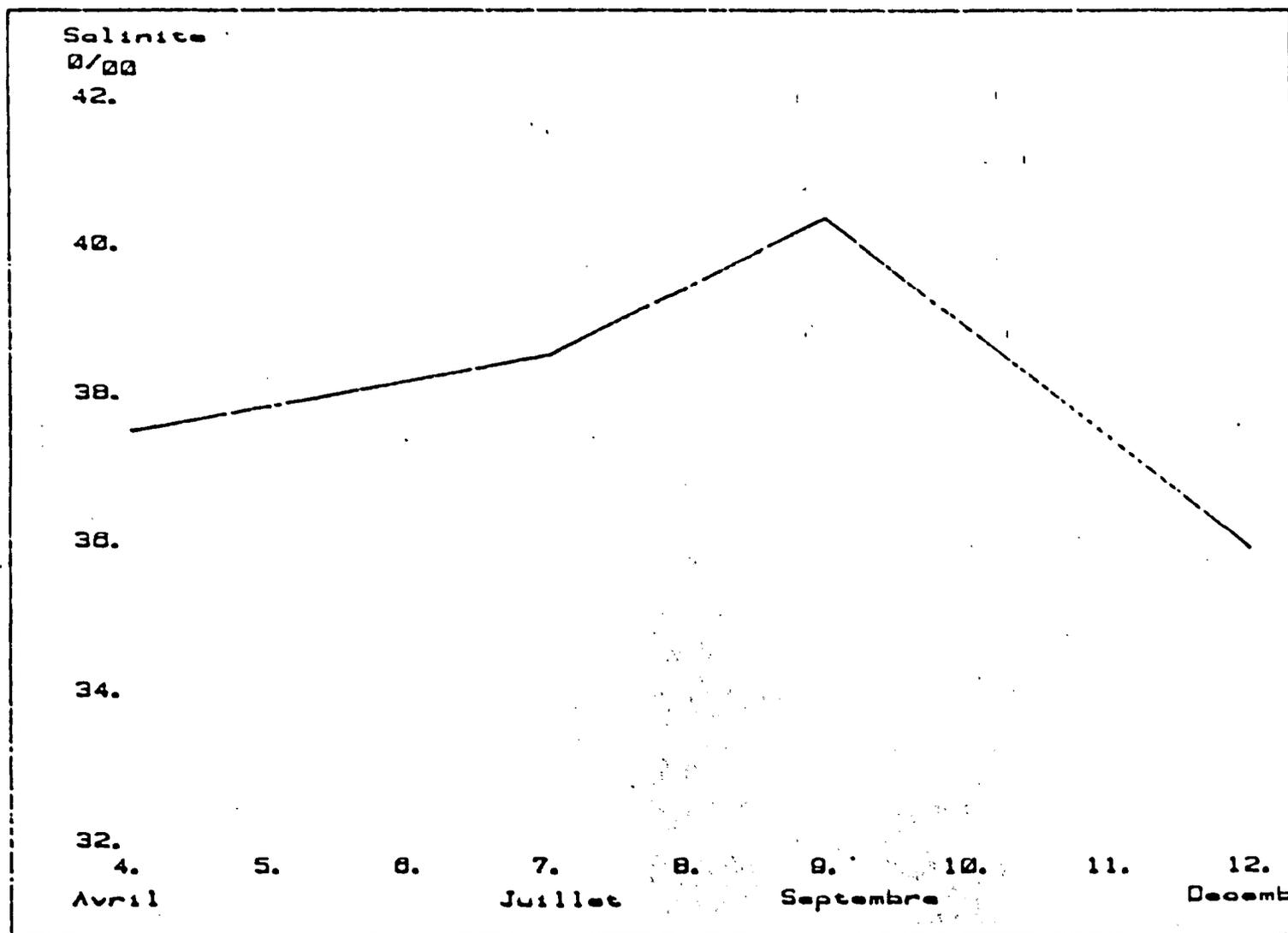


Figure 3 : Evolution des salinités moyennes au cours de l'année

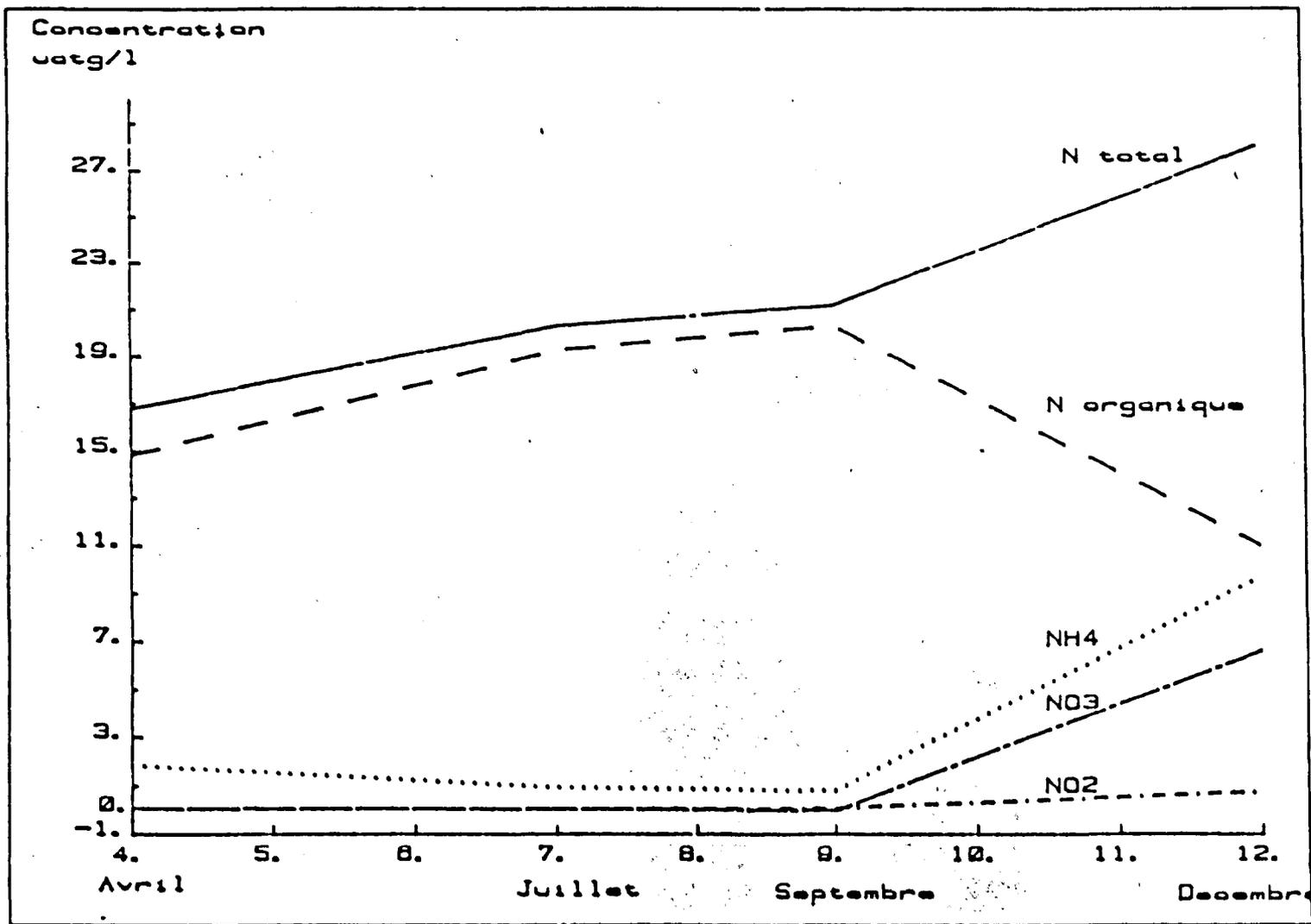


Figure 4 : Evolution des teneurs moyennes en azote

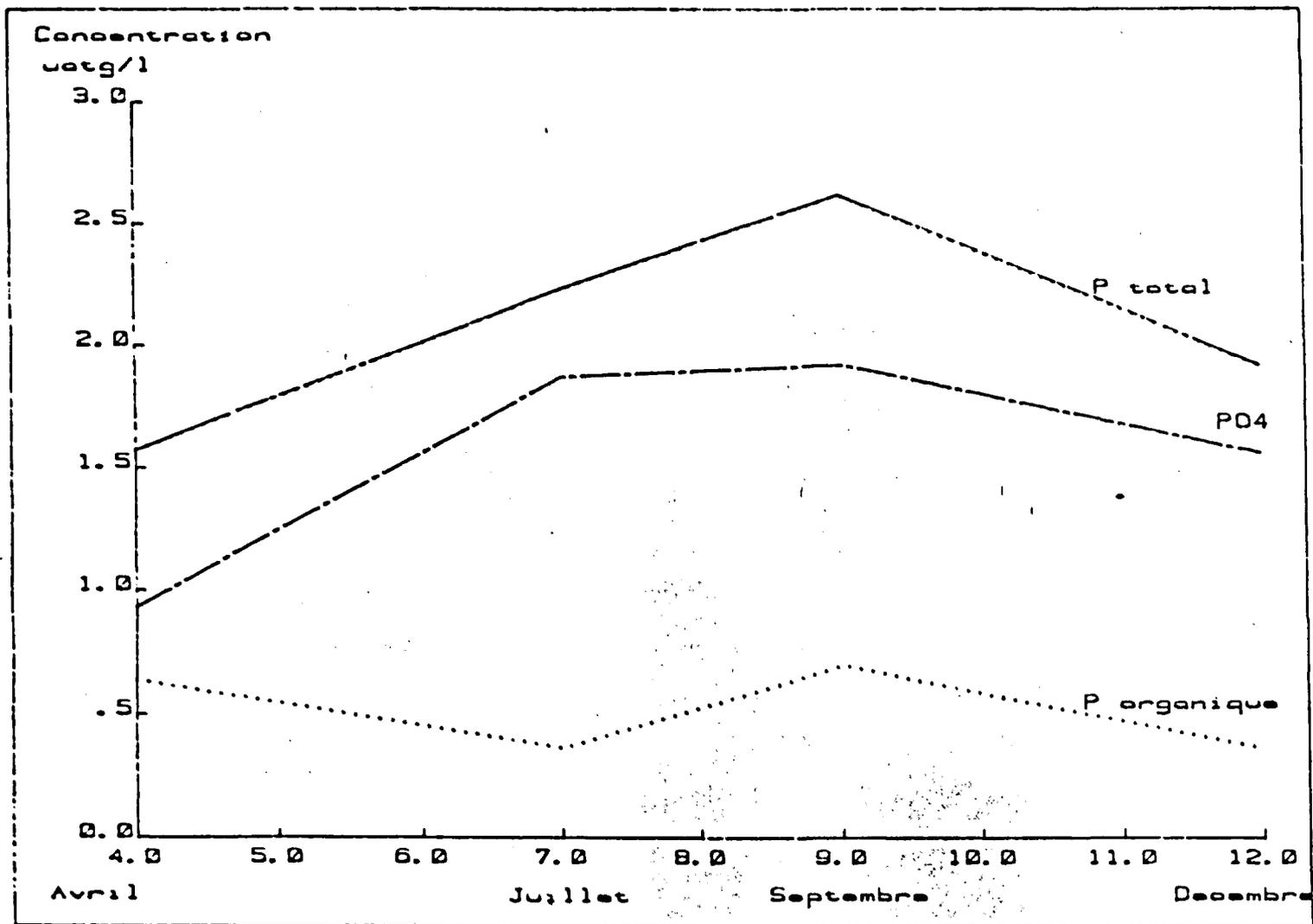


Figure 5 : Evolution des teneurs moyennes en phosphore

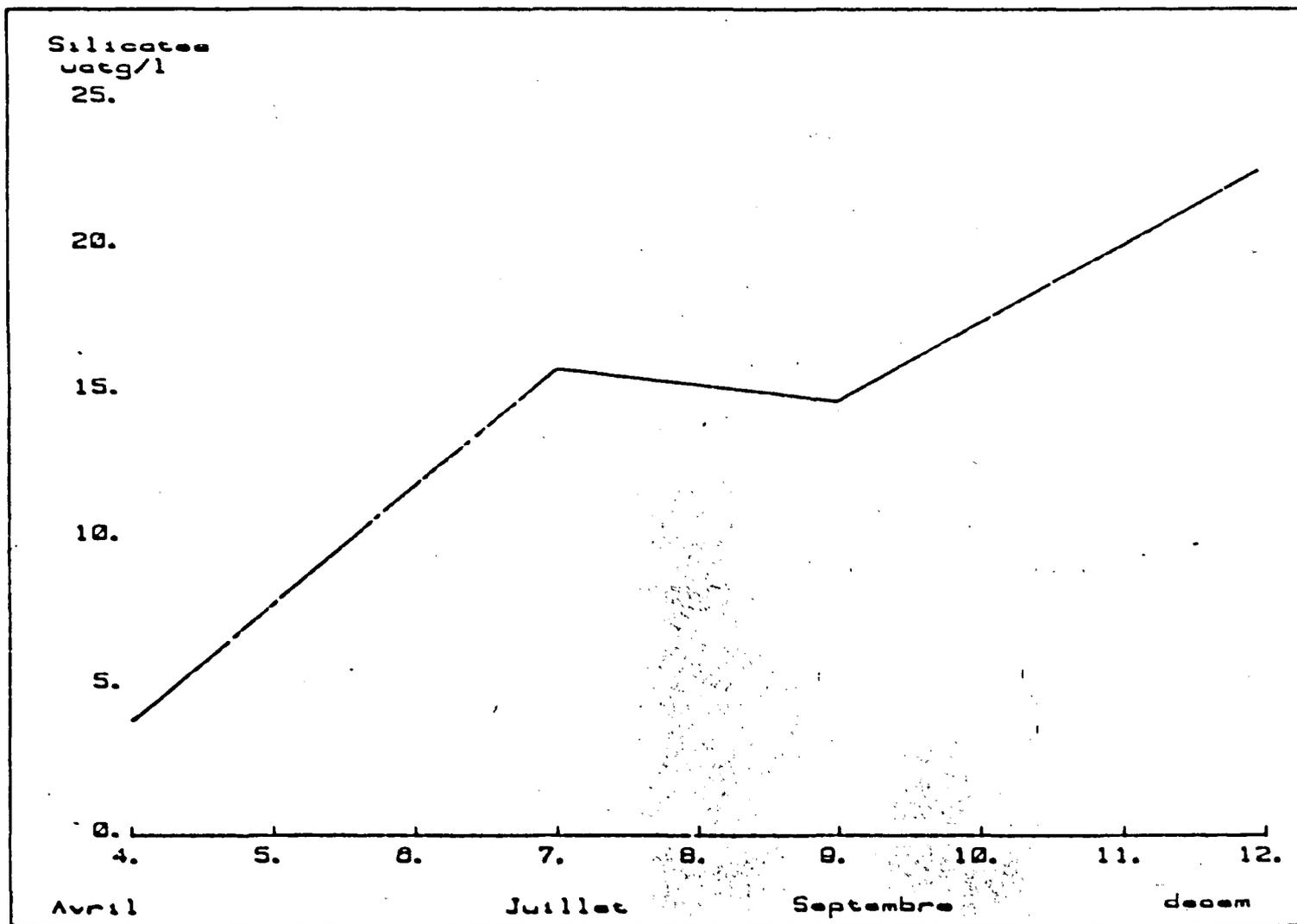


Figure 6 : Evolution des teneurs moyennes en silicates

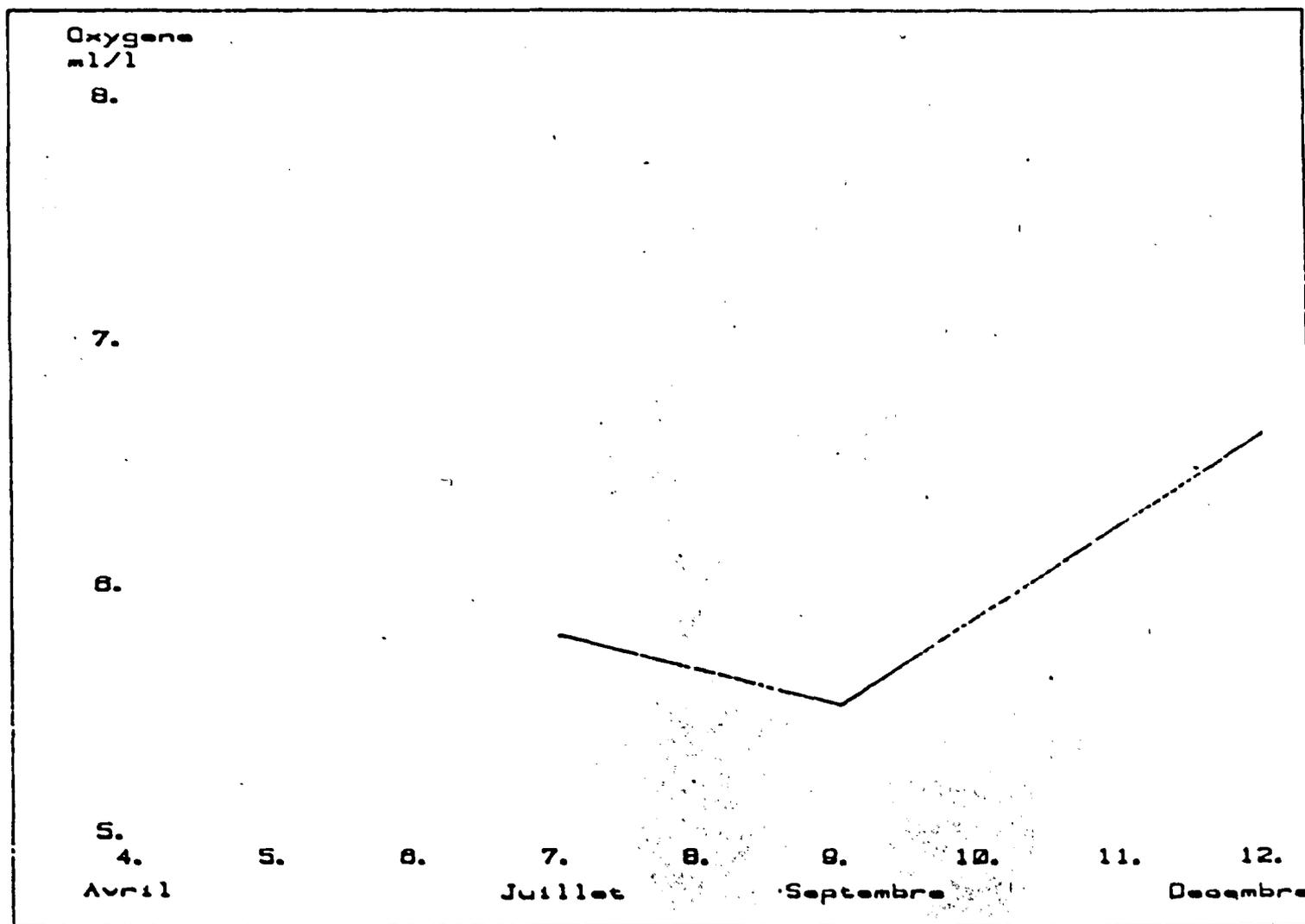


Figure 7 : Evolution des teneurs moyennes en oxygène dissous.

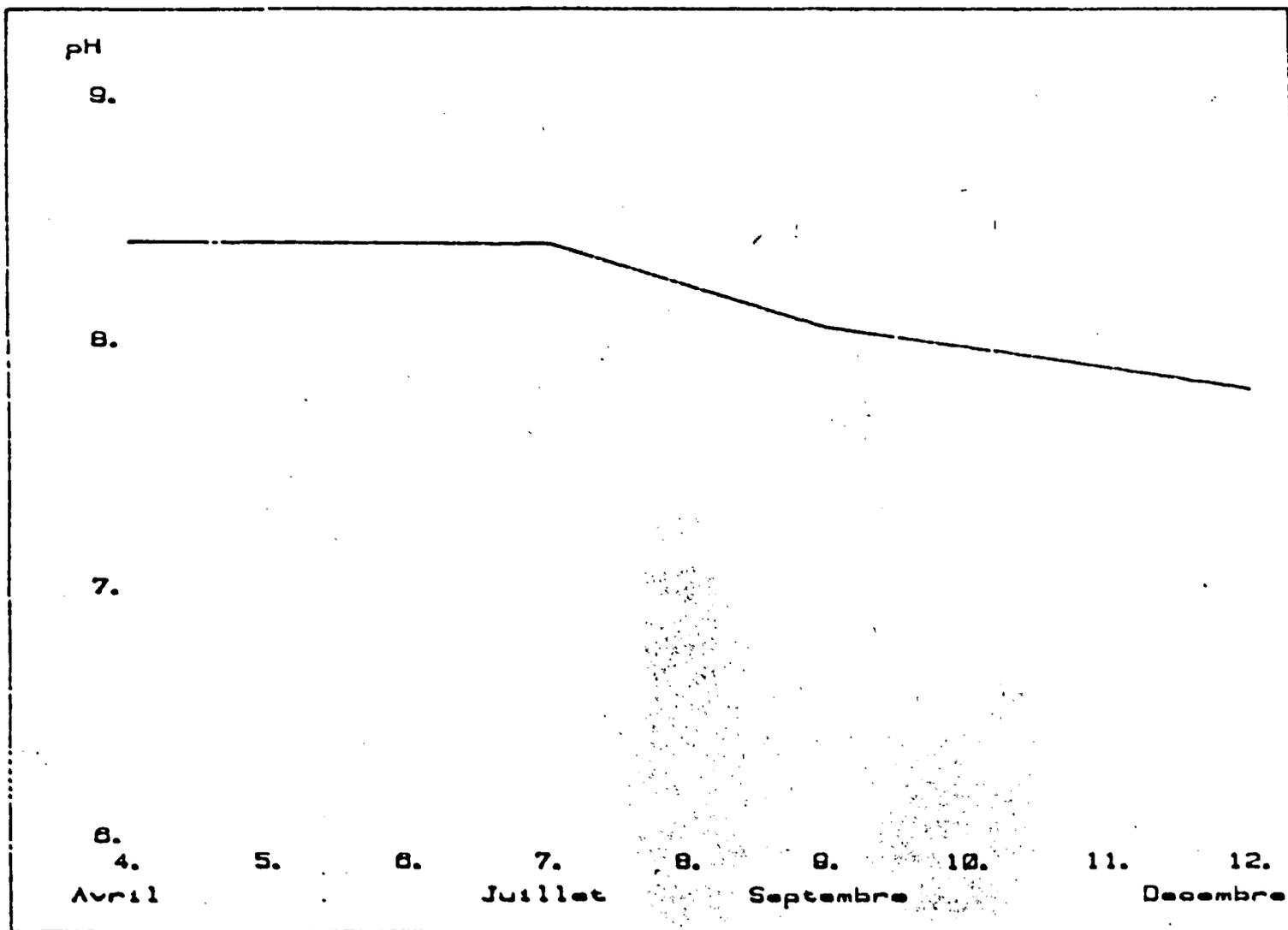


Figure 8 ; Evolution du pH au cours de l'année (moyenne des valeurs).