



# MILIEUX HYPERHALINS DU COMPLEXE LAGUNAIRE DE BAGES-SIGEAN : L'ÉTANG DU DOUL

Henri Boutiere

## ► To cite this version:

Henri Boutiere. MILIEUX HYPERHALINS DU COMPLEXE LAGUNAIRE DE BAGES-SIGEAN : L'ÉTANG DU DOUL. Vie et Milieu , 1974, XXIV, pp.355 - 378. <hal-02986003>

**HAL Id: hal-02986003**

**<https://hal.science/hal-02986003v1>**

Submitted on 2 Nov 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.



HAL Authorization

## MILIEUX HYPERHALINS DU COMPLEXE LAGUNAIRE DE BAGES-SIGEAN : L'ÉTANG DU DOUL

par Henri BOUTIERE

*Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer  
Station Lagunaire, 11130 Sigean-BelleVue*

Avec la collaboration de M<sup>lle</sup> Ngoc NU BUI  
et MM. Franck LHOMME et Gilbert POLI

### ABSTRACT

In the lagoon system of Bages-Sigean, permanent hyperhaline waters are almost exclusive to the pond of the DouL near Peyriac-de-Mer. A general description of this pond is given ; its hydrology is characterized by a high salinity (50 to 60 ‰ generally), high summer temperature (30° C) and the absence of stratification. The recent history of the pond is tentatively reconstructed from the remanent salinities of the mud. It is shown that the nutritional elements come from the western threshold where the only communication with the lagoon of Sigean is located.

### INTRODUCTION

Les étangs du complexe lagunaire de Bages-Sigean et de l'Ayrolle sont généralement saumâtres. Toutefois, des eaux plus

(1) Dans le cadre de l'Enseignement du Troisième Cycle de Biologie Marine de l'Université de Paris, j'ai proposé, en 1969, à M<sup>lle</sup> Ngoc Nu Bui, à MM. F. LHOMME et G. POLI de prendre l'étang du DouL, mystérieux à plus d'un titre, comme objet d'un exercice de recherche que l'on pourrait qualifier d'« Océanographie continentale ». Les résultats que nous avons obtenus alors et les mesures faites par la suite permettent de donner une image assez exacte de l'histoire tumultueuse de cette petite lagune.



salées que celle de la mer se rencontrent régulièrement, de façon temporaire ou permanente en plusieurs points.

1) *Dans les micro-lagunes des côtes de conquête continentale.* Ces pièces d'eau extrêmement peu profondes s'isolent lorsque se produit une baisse de niveau de l'étang. La forte évaporation qui accompagne généralement cette baisse dynamique du plan d'eau, concentre l'eau de la micro-lagune. Il peut y avoir dépôt de sel et même dessèchement total avec mort de toute la flore et de la faune. La phase hyperhaline est un phénomène brutal et son effet biologique est une destruction.

2) *Dans la zone peu profonde de la Seiche,* entre l'étang de l'Ayrolle et le nord de l'île de l'Aute. On constate en été des phases d'hyperhalinité modérées lorsque l'intensité de l'évaporation dépasse la vitesse de renouvellement de l'eau à partir du bassin sud de l'étang.

Il s'établit alors un gradient Nord-Sud de salinité qui peut aller de 25 ‰ au Canal des Romains, à 45 ou 50 ‰ au fond de la Seiche. Ces conditions sont instables. La végétation est principalement algale avec de grandes quantités d'Ulves. Il est à noter également une espèce remarquable et assez abondante, *Acetabularia mediterranea*.

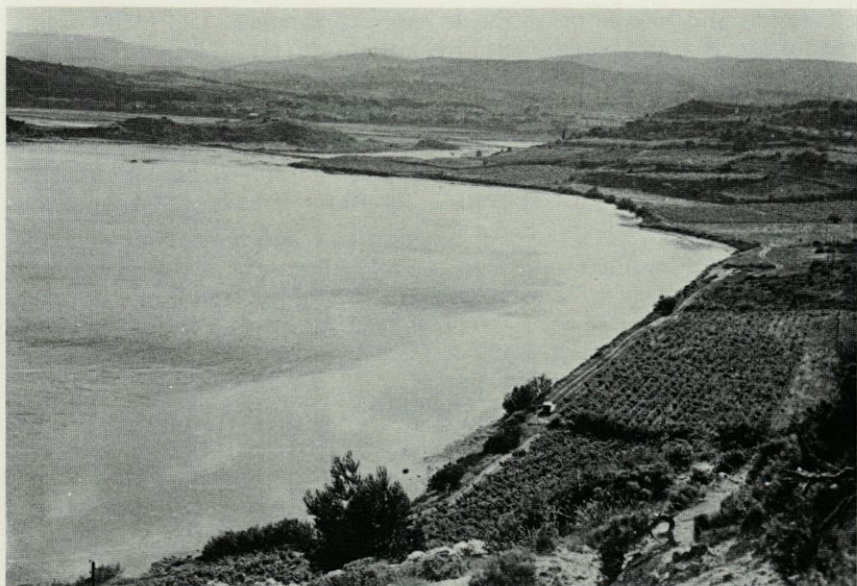
3) *Dans une dépression fermée de la côte occidentale.* C'est le seul étang hyperhalin permanent, profond et bien délimité de toute la région Languedoc-Roussillon. Il s'agit de l'étang du Dou, près de Peyriac-de-Mer. Il constitue une entité à part, originale à plus d'un titre. La suite de ce travail lui sera entièrement consacrée.

## ORIGINALITÉ ET SITUATION DE L'ÉTANG DU DOUL

L'étang du Dou est situé à proximité de la petite ville de Peyriac-de-Mer. Il est à peu près circulaire avec un diamètre de l'ordre de 0,8 km. Son originalité réside dans son isolement presque complet au fond d'un cirque de collines. Un seuil étroit, sur sa côte ouest, lui a permis de communiquer dans le passé avec les pièces d'eau actuelles ou fossiles (carte fig. 1 et photographies).

A une époque récente, la plaine située au nord de Peyriac était submergée et communiquait largement avec l'étang de Bages-Sigean, à la fois vers le nord par les actuels marais de Saint-Paul,





PHOTOGRAPHIES. — Haut : vue de l'étang du DouL montrant les rives nord et ouest et le seuil occidental ; en arrière plan, au centre, l'ancien salin de Peyriac et à gauche l'extrémité de l'étang de Sigean ; au fond, les collines mésozoïques des Corbières. Les bancs d'Algues *Cladophora* forment une grande tache claire le long du rivage. Bas : plage sud-est de l'étang du DouL par fort vent de nord-ouest. Remarquer l'abondance de la mousse d'origine organique qui forme des trainées dans le sens des courants et s'accumule sur la plage. Au premier plan, gisement de végétaux fossiles dans les calcaires oligocènes (Photos H. BOUTIERE).



et vers le Sud par ce qui a été le salin de Peyriac. Les collines qui entourent le Doul formaient au milieu de cette lagune une île circulaire dont le centre déprimé était lui-même envahi par les eaux.

Sédimentation et variation de niveau du plan d'eau ont amené l'émersion de la plaine de Peyriac, l'envasement progressif des étangs de Saint-Paul, et, la main de l'homme aidant, la constitution puis le comblement des salins de Peyriac.

Les échanges avec le reste du complexe lagunaire sont devenus de plus en plus difficiles par l'étroit goulet du seuil occidental finalement barré par l'homme pour les besoins des salines. Ce seuil a joué un rôle capital dans l'évolution et la vie de l'étang du Doul. Seule communication possible avec les autres lagunes, il a livré passage à ses faunes successives.

Il en a maintenu aussi le niveau car la cuvette du Doul fonctionne comme un puits d'évaporation (1).

## LES RIVAGES DE L'ÉTANG

Les rives présentent plusieurs aspects liés à la structure géologique. La partie la plus remarquable, en dehors du seuil, est la plage qui s'étend au sud de la rive orientale. Elle a une façade d'environ 300 m et se poursuit sans transition vers le nord par une côte rocheuse abrupte où la roche vive en place apparaît presque partout. Les strates sont redressées vers le Nord-Est et sont souvent très érodées par les vents et les embruns. Elles sont formées de calcaires et de roches détritiques et organogènes oligocènes contenant des vestiges de végétaux fossiles à plusieurs niveaux. Cette partie de la côte a une orientation sensiblement Nord-Sud. A angle droit avec elle, débute la côte nord de l'étang qui se poursuit sans solution de continuité vers le Sud-Ouest puis vers le Sud jusqu'au seuil occidental. Nulle part le substrat géologique n'est en contact direct avec l'étang. Les rives sont formées d'éboulis et d'alluvions à peine transportés, directement issus des collines calcaires qui dominent le plan d'eau de 50 à 70 mètres.

La rive sud n'est pas très différente. Elle est dominée par des collines semblables, de 30 à 50 mètres de hauteur, coupées de corniches verticales. Une petite route a été construite à ras de l'eau et ses empièvements constituent la rive actuelle de l'étang.

(1) Pluviosité estimée : 600 mm ; Rapport Bassin versant/étang : 1,3 ; Pluviosité équivalente  $600 \times 1,3 = 780$  mm. Evaporation estimée : 1400 mm. Déficit estimé :  $1400 - 780 = 620$  mm.



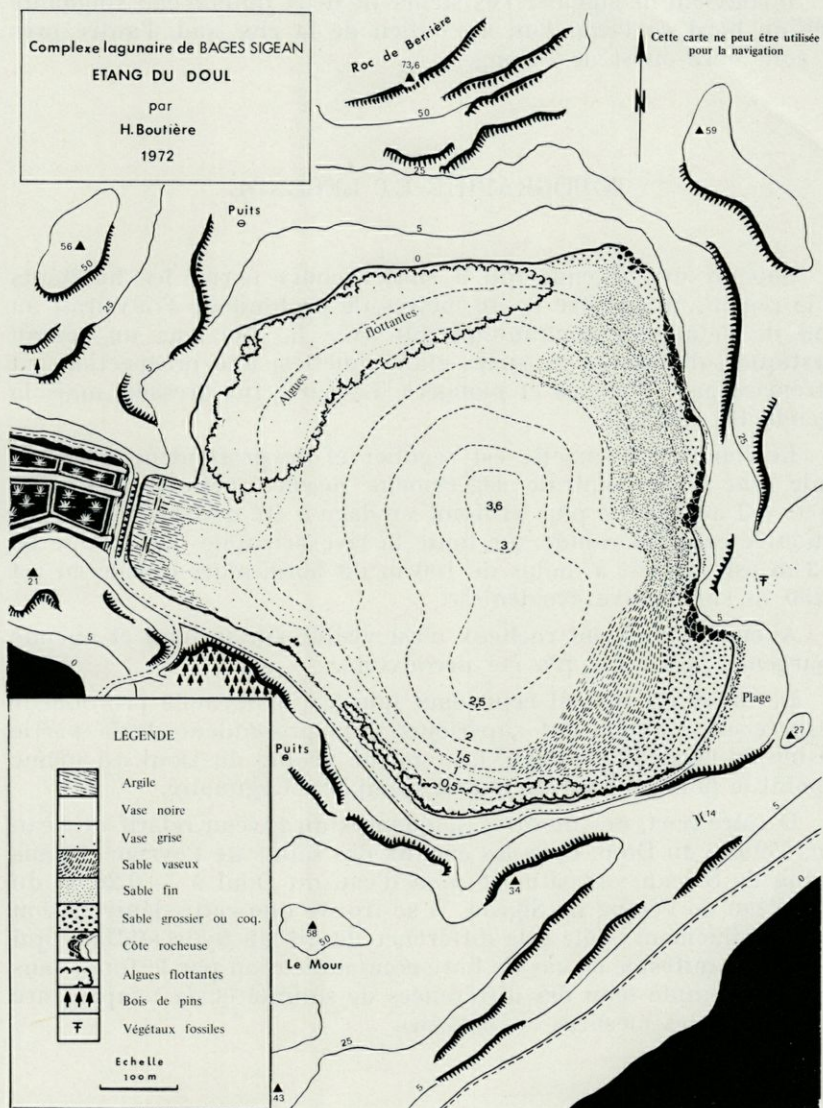


FIG. 1. — Carte générale de l'étang du Dou.

Il convient de signaler l'existence de deux puits d'eau stagnante près du bord de l'eau, l'un au milieu de la rive sud, l'autre près du coin nord-ouest de l'étang.

## TOPOGRAPHIE ET LÉGENDE

Suivant une légende qui a encore cours parmi les habitants de la région, un gouffre de 40 mètres de profondeur s'ouvrirait au fond de l'étang et communiquerait avec la mer par un réseau karstique submergé. Les cartes étant muettes, une prospection fut entreprise par sondages et plongées. La carte fut dressée, mais la légende fut détruite.

Le fond de la cuvette est régulier et de profondeur modeste. Seule une zone centrale légèrement décalée vers le Nord-Est dépasse 3 mètres. Le plus profond sondage a été de 3,60 mètres. La remontée est plus rapide sur toute la rive orientale où la ligne de — 2 m est souvent à moins de 100 m du bord, alors qu'elle en est à 250 m sur la rive occidentale.

Aucun pointement rocheux n'est visible sur le fond et aucune résurgence apparente n'a été découverte.

Le fait à retenir est cependant que la plus grande profondeur mesurée est notablement supérieure à la profondeur de la partie voisine de l'étang de Sigeau. Le fond de l'étang du Doul est même le point le plus profond de tout le Complexe Lagunaire.

D'autre part, des mesures soigneuses du niveau relatif de l'eau dans l'étang du Doul, dans les canaux des salins de Peyriac et dans l'étang de Sigeau, ont situé le plan d'eau du Doul à — 0,20 m du plan d'eau de l'étang de Sigeau. Il se trouve que cette dénivellation était sensiblement égale à la différence de niveau hydrostatique qui se serait manifestée en cas de libre communication par le fond, sans mélange, compte tenu des différences de salinité et de température au moment des mesures (— 0,24 m).

## MÉTÉOROLOGIE

Il n'existe à notre connaissance aucune série de mesures météorologiques faites dans la cuvette du Doul, en dehors de celles de



l'équipe Ngoc-Lhomme-Poli, exécutées en juin-juillet 1969, pendant une durée qui exclut toute tentative de climatologie.

### Températures

Ces mesures peuvent être comparées à celles faites simultanément au bord de l'étang de Bages-Sigean, au poste de Port-Mourrut. La comparaison est résumée dans le tableau I.

Les températures moyennes du DouI sont nettement plus élevées que celles de Port-Mourrut, ce qui confirme l'impression ressentie par vent calme. L'eau, près du rivage, demeure en moyenne plus chaude que l'air, à cette époque.

TABLEAU I

*Moyennes hebdomadaires des températures fin juin-juillet 1969 sur la rive sud de l'étang du DouI et valeurs correspondantes sur l'étang de Sigean.*

	Étang du DouI Rive Sud				Étang de Sigean Port-Mourrut
	6 h TU	12 h TU	18 h TU	Moyenne	Moyenne
Température moyenne de l'air sous abris	20,6°	27,5°	23,7°	23,7°	20,0°
Température moyenne de l'eau sur la rive	21,0°	27,9°	25,6°	24,6°	18,5°

### Vents

Les vents sont ceux qui règnent généralement dans la région. C'est en premier lieu la Tramontane, vent dominant de NW, violent et fréquent. En second lieu viennent les vents de secteur Sud et SE, parfois violents et liés à de basses pressions atmosphériques, mais souvent modérés en été. Ces vents sont modifiés localement par le relief et constituent l'un des facteurs climatiques des plus importants. Le vent de NW aborde la cuvette du DouI en franchissant la ligne des crêtes entre les sommets de 56 m de l'Ouest et de 59 m du Nord, ainsi que par le seuil ouest et balaie l'étang obliquement. Les vents du secteur S et SE, soufflant en sens inverse du précédent, dévalent les pentes de l'isthme SE, projetant le sable de la plage vers l'étang et viennent se heurter aux collines de la rive opposée.

### Précipitations

Nous ne possédons pas de relevés de pluie étalés sur une période significative. D'après les courbes d'égale pluviosité moyenne



dressées pour l'ensemble du bassin de Bages-Sigean, l'ordre de grandeur de la pluviosité moyenne dans la région du Doul peut être estimée à 600 mm par an (BOUTIÈRE, 1973). Il se peut, toutefois, qu'il existe une anomalie due au relief.

### TEMPÉRATURES ET SALINITÉS ACTUELLES DE L'ÉTANG

Des données cohérentes sur la température de la masse de l'eau de l'étang n'ont été recueillies qu'en période estivale. La masse de l'eau de l'étang est alors généralement hétérogène et faiblement stratifiée. Les surfaces isothermes sont très labiles.

La salinité est toujours forte. Pendant l'été 1969, en surface, elle était généralement comprise entre 53 et 57 ‰. Elle aurait été plus forte dans le passé comme nous le verrons plus loin. Comme celle des températures, la distribution des salinités a montré un léger accroissement de la salinité du fond avec la profondeur : 57,5 ‰ sur fond de 1 m ; 58 ‰ sur fond de 1,5 m ; 59 ‰ à 2 m, mais il n'est pas possible de généraliser.

En tous cas, il n'y a pas de masse d'eau beaucoup plus salée que la surface dans la partie profonde de l'étang.

L'étude critique des diverses données recueillies sur les températures et les salinités de l'étang du Doul en 1969 et 1970 permet de dégager quelques traits généraux de son hydrologie en été :

1) Une masse d'eau relativement froide se trouve en permanence devant la plage du sud-est, et souvent sur toute la côte orientale.

2) Une masse d'eau relativement chaude, mobile, existe généralement le long de la côte sud où elle occupe la surface et le fond. Elle peut, semble-t-il, être sursalée (gradient thermique inversé).

3) La zone peu profonde du seuil ouest est la plus instable : chaude ou très chaude pendant la journée, elle peut devenir le point le plus froid au matin (rayonnement nocturne). L'eau peut devenir plus salée *in situ* par évaporation diurne. Il semble qu'elle glisserait alors le long de la côte sud et viendrait constituer la masse mobile signalée plus haut. En période de pluie, la zone ouest est celle qui tend à se dessaler le plus rapidement (baisse quasi-immédiate de salinité de 2 g par litre pour une chute de pluie de 6 mm en 45 minutes).

Ce schéma de la distribution estivale des masses d'eau s'accorde bien avec les courants observés (fig. 2, carte A). Le rayonnement



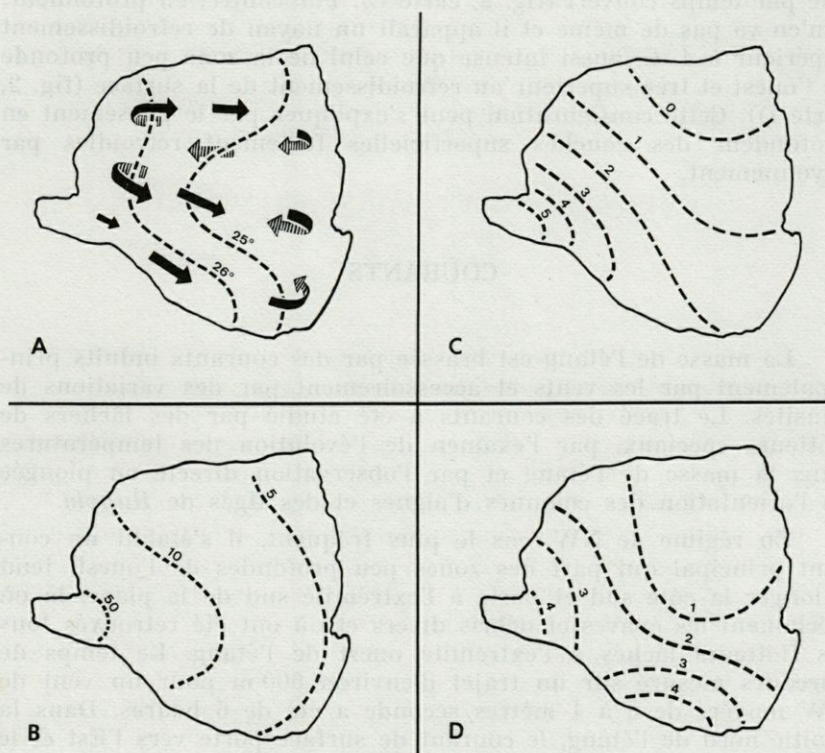


FIG. 2. — Carte A : allure des isothermes de surface et des courants en été, en régime de NW. Carte B : distribution des maxima de concentration en Phosphore minéral dans la couche supérieure de la vase (microatomes-grammes par litre d'eau interstitielle). Carte C : allure des courbes d'égale refroidissement nocturne en été par ciel clair en surface (degrés C). Carte D : allure des courbes d'égale refroidissement nocturne en été par ciel clair sur le fond (degrés C).

superficiel nocturne peut être assez intense pour entraîner des réajustements de densités que l'examen des cartes d'égale refroidissement permet de déceler.

En été, par temps couvert et vent calme, le refroidissement nocturne de surface est de l'ordre de 5 °C sur la partie ouest peu profonde, de 1 à 2° vers le centre du bassin et sensiblement nul ou négatif (réchauffement) sur la côte orientale. En profondeur, les lignes d'égale refroidissement ont un aspect analogue.

Par temps clair et vent calme, le refroidissement superficiel est plus intense (7 à 8° à l'ouest) mais varie dans le même sens



que par temps couvert (fig. 2, carte C). Par contre, en profondeur, il n'en va pas de même et il apparaît un noyau de refroidissement supérieur à 4 °C, aussi intense que celui de la zone peu profonde de l'ouest et très supérieur au refroidissement de la surface (fig. 2, carte D). Cette configuration peut s'expliquer par le glissement en profondeur des couches superficielles fortement refroidies par rayonnement.

## COURANTS

La masse de l'étang est brassée par des courants induits principalement par les vents et accessoirement par des variations de densités. Le tracé des courants a été étudié par des lâchers de flotteurs spéciaux, par l'examen de l'évolution des températures dans la masse de l'étang et par l'observation directe en plongée de l'orientation des colonnes d'algues et des tiges de *Ruppia*.

En régime de NW, cas le plus fréquent, il s'établit un courant principal qui part des zones peu profondes de l'ouest, tend à longer la côte sud et porte à l'extrémité sud de la plage, là où s'échouent les épaves et débris divers et où ont été retrouvés tous les flotteurs lâchés à l'extrémité ouest de l'étang. Le temps de parcours mesuré sur un trajet d'environ 600 m pour un vent de NW modéré de 3 à 4 mètres/seconde a été de 6 heures. Dans la moitié nord de l'étang, le courant de surface porte vers l'Est et le SE. La plongée des eaux se fait principalement devant la plage du SE. Il s'établit un contre-courant de fond Est-Ouest qui modèle les paquets cotonneux d'algues (*Cladophora*) et courbe les tiges des *Ruppia* proches du fond. L'émergence se fait le long de la côte nord-ouest (fig. 2, carte A).

En régime de Sud-Est, les courants sont à peu près inversés. Les courants de surface portent vers le NW et le NNW, tandis que s'établissent des contre-courants de fond qui convergent vers la plage devant laquelle se fait la remontée des eaux.

## ÉVOLUTION DE LA SALINITÉ DE L'ÉTANG

Le principal intérêt de l'étang du Doul réside dans la forte salinité de ses eaux : une fois et demie supérieure à celle de la Méditerranée voisine. C'est un milieu hyperhalin d'un volume



assez considérable et unique dans la région. En a-t-il toujours été ainsi ? Il n'y a pratiquement pas eu d'observations scientifiques dans le passé. D'après PETIT et SCHACHTER, la salinité aurait été de 62,6 ‰ en 1959. MARS indique 65 ‰ le 28 septembre 1959 et trouve l'étang complètement azoïque. MIZOULE a mesuré une salinité de 71,3 ‰ le 19 novembre 1960. L'ayant visité nous-même souvent depuis dix ans, nous pouvons affirmer qu'il est en état de sursalure permanente au moins depuis 1959.

Il résulte d'une enquête faite auprès de plusieurs habitants de Peyriac-de-Mer et des hameaux voisins, notamment d'anciens employés des Salines que, jusqu'à l'abandon des marais salants de Peyriac en 1967, des échanges d'eau provoqués volontairement pour l'extraction du sel avaient lieu entre l'étang du Doul, l'étang de Sigean et les salins mais le sens de ces échanges n'était pas constant. Les restes des canaux et des vannes sont encore visibles actuellement. L'étang aurait été vidé partiellement par pompage, en 1908 (pourquoi ?) et à une date plus récente « parce qu'il était devenu insalubre et dégageait une odeur pestilentielle ». Il semblerait que le niveau de l'étang ne monte pas de plus de 0,50 m en hiver, même quand il se produit de fortes pluies. Il a été souvent question de communication souterraine avec l'extérieur.

Beaucoup de témoignages demeurent douteux : les concrétions de sel sur les rives pourraient bien avoir été des amoncellements d'écume séchée, effectivement très abondante dans certaines conditions, et les dépôts de soufre signalés risquent fort d'avoir été du pollen de *Ruppia*. Il n'en demeure pas moins que l'étang a subi des vicissitudes diverses qui auraient bouleversé ou détruit sa flore et sa faune à plusieurs reprises. La salinité n'a pas toujours été excessive puisqu'on y a pêché à certaines époques. La phase d'hyperhalinité actuelle ne semble pas devoir remonter avant les années 50. Peut-on préciser cette histoire autrement que par la lecture de vieilles chroniques ? C'est ce qui a été tenté avec la technique des Salinités rémanentes.

### SALINITÉS RÉMANENTES

La trace des variations de salinité peut être recherchée dans la vase du fond de l'étang. En effet, si la salinité étant constante pendant un temps indéfini, l'eau interstitielle de la vase aurait à tous les niveaux la même concentration en sels que l'eau surnageante. Si à un moment donné l'eau de l'étang est remplacée par une eau de salinité très différente, un réajustement va se pro-



TABLEAU II

*Salinités rémanentes dans les vases superficielles et profondes de l'étang du Dou.*

Distance au bord ouest m	Profondeur de l'eau m	Ecart de salinité eau-vase supérieure g par litre	Ecart de salinité eau-vase profonde g par litre
200	1	0,5	12,5
400	1,50	16	30
700	2	7	25

duire dans la vase, d'abord à sa surface, puis progressivement en profondeur. La connaissance de la variation de la salinité de l'eau interstitielle en fonction de la profondeur dans la couche de vase permettrait, en principe, de reconstituer les variations de salinité de l'eau qui la recouvrait.

En juillet 1969, des carottages ont été faits en des points recouverts par un mètre, 1,5 et 2 mètres d'eau, à des distances croissantes du seuil ouest. Pour chaque carotte, l'eau interstitielle a été extraite séparément par centrifugation d'échantillons prélevés dans la partie supérieure des carottes, la plus proche de la surface, et dans la partie inférieure, la plus profonde. Les résultats sont résumés dans le tableau II. Ils permettent les conclusions-ci-après :

1) La salinité de l'étang était autrefois plus forte que maintenant.

2) Le plus fort écart enregistré (+ 30) indique que l'eau de l'étang a atteint une salinité d'au moins 90 g par litre (salinité actuelle + 30).

3) Les échantillons de vase de même niveau (superficiel ou profond) ne sont pas contemporains.

Le liquide extrait de l'échantillon de vase superficielle pris à un mètre de fond est à peu près en équilibre avec l'eau actuelle. Il est donc très récent. Le même échantillon pris à 1,5 m, qui présente un écart de 16 est le plus ancien. Il est en particulier plus ancien que celui pris à 2 mètres. La différence des écarts étant en sens inverse de la variation de profondeur de l'eau, elle ne peut être due à une stratification ancienne de l'eau.

L'échantillon profond du prélèvement fait à — 1m a un âge intermédiaire entre les deux précédents. On peut donc en déduire que la carotte de — 1 m, à 200 m environ du seuil a été faite dans une zone à sédimentation rapide. Les deux autres échantillons pro-



fonds sont les plus anciens et sans doute contemporains. Ils ont dû être en contact avec des eaux de plus de 90 ‰ de salinité. La chronologie absolue de cette évolution est inconnue.

### SÉDIMENTOLOGIE

Le fond de l'étang du Doul est formé par une couche d'épaisseur inconnue formée principalement de vases noires et grises et également de sables et d'argiles détritiques.

Les sédiments le long de la côte orientale sont partout sableux : sable grossier au pied des rochers calcaires, petites plages entre les blocs et grande plage du Sud-Est. Devant cette dernière s'étend une bande de sable coquillier suivie d'une zone de sable vaseux dur. Vers le Nord, il y a passage au sable fin.

A l'extrémité ouest de l'étang devant le seuil qui le sépare du salin de Peyriac, s'étale un glacis d'argile détritique provenant de la colline tout proche, tantôt immergé, tantôt exondé suivant les variations toujours faibles du niveau de l'étang.

Le reste du bassin est recouvert d'une couche de vase noire ou grise, plus argileuse à la périphérie, de structure hétérogène comme l'ont montré les carottages et les sondages thermiques. La couche superficielle de ces vases, siège d'une intense activité microbiologique est épaisse et uniforme près du seuil (40 cm). Son épaisseur décroît au fur et à mesure que l'on s'en éloigne (3 cm vers le centre). La couche sous-jacente contient de nombreuses intercalations de débris végétaux, de coquilles, de sables, d'argiles, et garde la trace de toute l'histoire de l'étang au cours des siècles passés.

La configuration actuelle du fond de l'étang est le résultat de la pénétration d'eau, de sédiments et de matière organique venus de l'extérieur et du transport et du classement des sédiments minéraux et organogènes par les courants intérieurs.

Les sables provenant de la désagrégation des roches de l'Est soulevés par le ressac en régime NW ou arrachés à la plage par régime de SE, ne pouvant demeurer en suspension, sont transportés sur une faible distance par les contre-courants de fond et viennent constituer la bordure sablo-vaseuse orientale. Les particules de vase et d'argile très ténues et d'un transport facile s'étaient largement. Les vases s'élaborent d'autre part sur place en quantités d'autant plus importantes que les apports (biomasse *in situ* ou transports à l'entrée) sont supérieurs. Or, les apports



dans le passé n'ont pu se faire que par le seuil ouest. Actuellement on peut constater que la biomasse — surtout végétale — est très importante sur les fonds moyens de la partie ouest, et décroît vers le centre — le plus profond — et vers la côte sableuse orientale. Si la décroissance en profondeur peut s'expliquer par la décroissance de la lumière au fond, la décroissance à partir du seuil doit être liée à un appauvrissement en éléments nutritifs. Les nitrates et les phosphates ont une origine continentale, or le bassin versant de la cuvette du Doul est réduit (rapport surface des pentes à surface de l'étang = 1,3). La forte productivité de l'étang doit donc être liée à d'autres apports. Des mesures de la teneur en phosphates (Phosphore minéral) de la vase prélevée à diverses profondeurs et à divers niveaux ont fourni des résultats intéressants.

### CONCENTRATION EN PHOSPHATES

Dans la couche d'eau immédiatement en contact avec le fond, les quantités dosables de phosphates n'existent qu'à proximité de la communication avec les salins de Peyriac. Dans les canaux de salinité comparable à celle de l'étang (55 à 60 ‰) et fonds de vase noire, la teneur en P minéral de l'eau en contact avec le sédiment est de l'ordre de 0,9 microatome-gramme par litre. Dans l'étang, la teneur de l'eau du fond a une valeur comparable jusqu'à 300 m de l'entrée (0,8) puis elle décroît rapidement et devient nulle à 600 m de l'entrée.

Dans le sédiment, la teneur est en général plus élevée. Elle augmente rapidement dans la couche de vase superficielle et atteint un maximum à une profondeur comprise entre 5 et 10 cm sous la surface du sédiment. Ce premier maximum se situe généralement juste sous la couche de vase la plus superficielle. Ensuite la teneur en P minéral diminue et atteint un minimum très faible, parfois nul, à une profondeur comprise entre 25 et 30 cm. A ce niveau, la vase est généralement grise, hétérogène et contient fréquemment des débris végétaux et parfois des coquilles brisées.

Au-delà de ce minimum, la teneur en P minéral augmente à nouveau. Les mesures poursuivies jusqu'à plus de 50 cm n'ont pas permis de situer un nouveau maximum. L'allure de la variation relative de la teneur en P avec la profondeur dans la vase est très comparable dans les divers points de l'étang. La valeur du maximum de la couche superficielle décroît rapidement en fonc-



TABLEAU III

*Variation des maxima et des minima de la teneur en Phosphore minéral (en micro-atome gramme par litre) et leur profondeur (en centimètre) dans la vase de l'étang du DouI en fonction de la distance au seuil occidental.*

Distance au seuil W (en mètres)	100	250	500	600	700	750
Teneur en P MAXIMA (Profondeur)	80 (10)	15 (10)	8 (9)	7 (8)	7 (5)	6 (5)
Teneur en P MINIMA (Profondeur)	50 (30)	2 (30)	1 (30)	0 (25)	1 (30)	1 (20)

tion de la distance à l'entrée (fig. 2, carte B). La valeur du minimum décroît aussi très rapidement dans le même sens.

La profondeur à laquelle le maximum est atteint décroît légèrement (de 10 à 5 cm) en fonction de cette même distance à l'entrée. La profondeur du minimum semble manifester la même tendance (30 à 20 cm). Ces diverses remarques apparaissent à la lecture du tableau III.

Les observations relatées ci-dessus tendent à prouver l'existence d'apports actuels ou passés par le seuil ouest d'éléments dissous ou figurés ayant favorisé la végétation dans la partie occidentale de l'étang et la formation d'une couche plus importante de vase.

L'existence de grands bancs d'algues flottantes stables sur toute la côte NW montre que les courants y sont faibles. La vase formée tend à évoluer sur place. La topographie actuelle de l'étang avec une zone plus profonde décalée vers l'Est n'a peut-être pas d'autre origine que la plus grande production de vase organogène dans la partie ouest de l'étang induite par des apports nutritifs par le seuil occidental. La sédimentation détritique sableuse s'explique mécaniquement comme il a été dit plus haut.

### GRADIENTS THERMIQUES DANS LA VASE

Dans le détail, les choses sont plus compliquées. La structure de la vase est hétérogène. La stratification qui se manifeste par



OUEST

EST

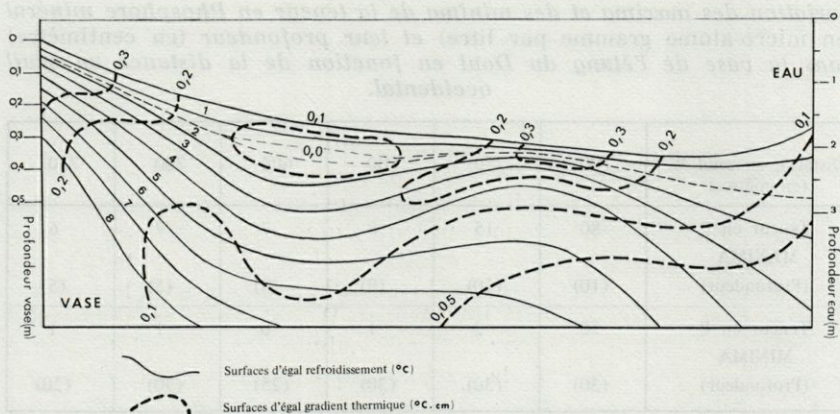


FIG. 3. — Coupe ouest-est de l'étang du Dou montrant la forme des surfaces d'égal refroidissement et les surfaces d'égal gradient thermique dans la vase en été.

divers niveaux de débris végétaux ou coquilliers est ponctuelle. Les couches se succèdent en une sédimentation entrecroisée de type deltaïque dans laquelle il serait vain de chercher une continuité. Peut-être un carottage plus profond avec recherche de pollens fossiles permettrait-il de reconstituer les grandes phases de la sédimentation. L'hétérogénéité du milieu de la vase est corroborée par d'autres faits tels que les variations de la composition ionique de l'eau interstitielle ou les fluctuations de la conduction thermique.

Des sondages thermiques réalisés avec MIZOULE ont révélé des anomalies importantes dans la répartition des gradients thermiques. La coupe de la figure 3 est la plus démonstrative. Elle est orientée à peu près Est-Ouest et va du seuil occidental à la plage du SE. Elle montre que le refroidissement est rapide, supérieur à  $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  par centimètre de profondeur dans la vase au voisinage du seuil alors qu'il est inférieur à  $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$  dans les sables du SE.

Entre ces deux extrêmes, les variations sont très irrégulières. Vers 300 m du seuil, il existe un noyau d'inversion thermique proche de la surface peut-être dû à une activité bactérienne locale particulièrement intense (mais due à quoi ?). Plus à l'Est au contraire il apparaît une zone où le gradient thermique est très fort en surface (plus de  $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) mais il s'atténue très vite en profondeur, et n'est plus que de  $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$  par centimètre à 50 cm dans la vase grise. Cette anomalie est-elle due à une variation de la conductibilité spécifique ou à une pénétration de la nappe phréatique continentale dont l'existence toute proche est révélée par la présence d'un puits sur la rive sud de l'étang ?



## PEUPLEMENT DE L'ÉTANG DU DOUL

Milieu hypersalé très chaud en été, souvent bouleversé dans un proche passé, l'étang du Doul était réputé azoïque. Cette opinion peut-être extrême ne semble pas s'être étayée sur des tentatives systématiques de récoltes ou d'observations en plongée. Une telle prospection a été faite en 1969 et 1970 et a montré que l'étang était alors abondamment peuplé par diverses espèces, à vrai dire peu nombreuses. Nous savions d'ailleurs depuis plusieurs années que les *Ruppia* et des *Chlorophyceae* y proliféraient. Ces deux types de végétaux sont encore de très loin les deux espèces vivantes les plus importantes.

*Algues.*

Les algues sont très visibles du bord. Elles forment une très grande nappe flottante permanente sur la côte NW et une nappe plus petite sur la côte sud (carte fig. 1 et photographie). Il s'agit de Siphonocladales qui appartiennent au genre *Cladophora*. Les échantillons qui ont été déterminés appartenaient à l'espèce *C. prolifera*. Elles se développent en tapis épais sur les fonds de vase qu'elles peuvent recouvrir de plusieurs centimètres de masses cotonneuses. Allégées par les bulles de gaz, elles ont tendance à quitter le fond, formant d'abord des colonnes de 0,5 m à 1 m de hauteur d'aspect cumuliforme puis des masses flottantes plus ou moins reliées au fond, donnant en surface l'aspect d'un tapis continu qui se maintient là où l'effet des vents et des courants est atténué. Le tapis est assez résistant pour supporter les débris divers qui peuvent y choir, y compris des graines de végétaux terrestres (BOUTIERE, 1972). Il peut même devenir un piège mortel pour les rares Poissons de l'étang qui, bondissant hors de l'eau, retombent sur le tapis de *Cladophora*, et ne peuvent regagner l'eau libre.

Ces algues, présentes sur presque tout le fond, constituent une biomasse importante qui peut atteindre dans les zones les plus riches 1 kg/m<sup>2</sup>.

Une autre Siphonocladale abondante dans l'étang de Bages-Sigean a été retrouvée en quelques points de la côte rocheuse orientale dans la partie inférieure des cavités rocheuses, il s'agit de *Chaetomorpha aerea*. Les Ulvacées sont représentées par *Enteromorpha* cf. *intestinalis* présent uniquement sur la côte rocheuse orientale et par *Ulva lactuca* dont quelques thalles se rencontrent disséminés sur la vase du fond.



### *Bactéries.*

Nous ne traiterons pas de bactériologie lagunaire, objet de bien des controverses. Signalons cependant la présence régulière de bactéries du groupe des Bactéries Pourprées. Dans les tapis flottants de *Cladophora*, décolorés en surface par une trop forte insolation, se creusent dans la masse des algues de petites cuvettes d'eau claire de 10 à 20 cm de profondeur, rapidement colonisées par une intense prolifération de Bactéries Pourprées. Ces cuvettes, visibles du bord de l'étang, se reconnaissent à leur coloration rosée ou franchement vineuse.

### *Phytoplancton.*

Il est souvent très abondant en particulier au mois d'août mais n'a pas fait l'objet d'étude systématique. Les genres *Peridinium* et *Ceratium* ont été identifiés.

### *Phanérogames.*

Une seule espèce, très abondante se développe un peu partout. Il s'agit de *Ruppia spiralis*. Elle forme un peuplement homogène dense d'individus de taille moyenne ou petite sur les fonds faibles du seuil occidental. Ailleurs, elle est mélangée aux *Cladophora* et existe à toutes les profondeurs. Elle est cependant rare sur les fonds de plus de 3 m et dans le Sud-Est. Certains individus atteignent 3 à 4 m de long et leurs peuplements constituent un étrange paysage sous-marin de longues lianes souples accompagnées de fines spirales de leurs pédoncules floraux et des houppes légères des Algues dans l'eau limpide du début de l'été. Les *Ruppia* du Doul sont en fleur dès le mois de juin, bien avant celles de l'étang de Sigeon et leur pollen abondant se retrouve dans le plancton et forme parfois un liseré couleur de soufre le long du rivage.

### *Zooplancton.*

Peu abondant et peu varié, il est représenté en été par des larves de *Cardium* et de Crustacés et par quelques Copépodes (*Euterpina*).

### *Microfaune littorale.*

Quelques prélèvements faits par l'équipe NGOC-LHOMME-POLI sur la côte sableuse ont fourni des Ostracodes, des Copépodes et des Oligochètes. Cette microfaune était très peu abondante.

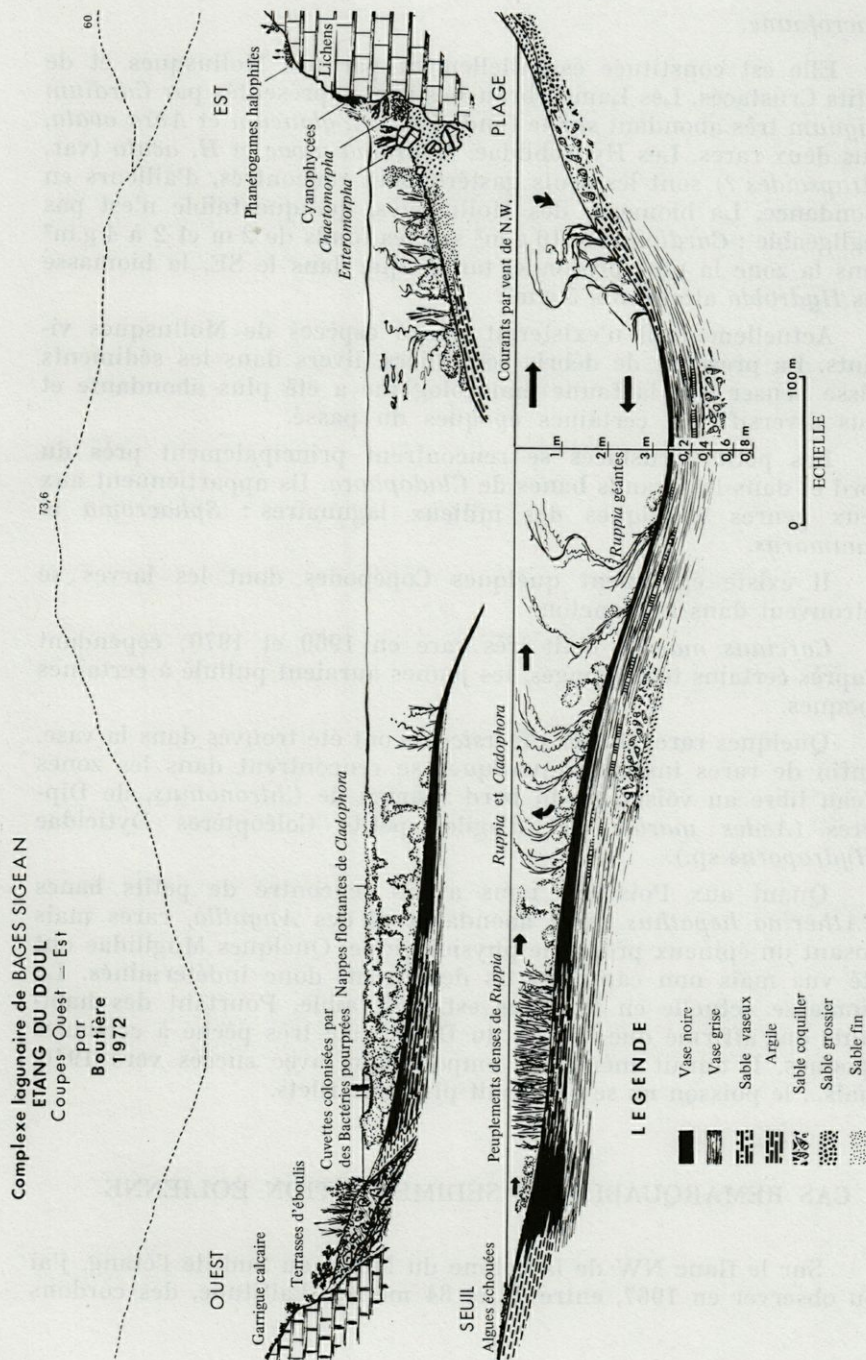


Fig. 4. — Coupes schématiques générales ouest-est de l'étang du DouL.



### Macrofaune.

Elle est constituée essentiellement par des Mollusques et de petits Crustacés. Les Lamellibranches sont représentés par *Cardium exiguum* très abondant sur le fond et par *C. glaucum* et *Abra ovata*, tous deux rares. Les Hydrobiidae, *Hydrobia ulvae* et *H. acuta* (var. *tetrapsoides* ?) sont les seuls gastéropodes rencontrés, d'ailleurs en abondance. La biomasse des Mollusques, quoique faible n'est pas négligeable : *Cardium* 8 à 10 g.m<sup>2</sup> sur les fonds de 2 m et 2 à 4 g.m<sup>2</sup> dans la zone la plus profonde, tandis que dans le SE, la biomasse des *Hydrobia* atteint 3 à 5 g.m<sup>2</sup>.

Actuellement il n'existerait que 5 espèces de Mollusques vivants. La présence de débris coquilliers divers dans les sédiments laisse penser que la faune malacologique a été plus abondante et plus diversifiée à certaines époques du passé.

Les petits Crustacés se rencontrent principalement près du bord et dans les grands bancs de *Cladophora*. Ils appartiennent aux deux genres classiques des milieux lagunaires : *Sphaeroma* et *Gammarus*.

Il existe également quelques Copépodes dont les larves se retrouvent dans le plancton.

*Carcinus maenas* était très rare en 1969 et 1970; cependant d'après certains témoignages, les jeunes auraient pullulé à certaines époques.

Quelques rares *Nereis diversicolor* ont été trouvés dans la vase. Enfin de rares insectes aquatiques se rencontrent dans les zones d'eau libre au voisinage du bord : larves de *Chironomus*, de Diptères (*Aedes mariae*), et d'agiles petits Coléoptères Dyticidae (*Hydroporus* sp.).

Quant aux Poissons, nous avons rencontré de petits bancs d'*Atherina hepatus* assez abondants et des *Anguilla*, rares mais posant un épineux problème physiologique. Quelques Mugilidae ont été vus mais non capturés. Ils demeurent donc indéterminés. La biomasse actuelle en Poissons est très faible. Pourtant des habitants ont affirmé que l'étang du Doul a été très pêché à certaines époques. Il aurait même été empoissonné avec succès vers 1940, mais... le poisson ne se reprenait plus aux filets.

### CAS REMARQUABLE DE SÉDIMENTATION ÉOLIENNE

Sur le flanc NW de la colline du Mour, au Sud de l'étang, j'ai pu observer en 1967, entre 28 et 34 mètres d'altitude, des cordons



de tiges et de feuilles de *Ruppia* fortement tassés apparaissant en divers points sous la terre végétale où poussaient des Graminées (*Brachipodium*). Il y avait réellement intercalation d'une sédimentation d'origine lagunaire dans un milieu typiquement continental. Vue la topographie, l'explication est aisée. Les débris de *Ruppia* ont été roulés ou emportés par le vent de NW parfois très violent qui remonte les pentes de cette colline. Sa pression a suffi pour encastrer ces débris dans des anfractuosités du sol propices. Il a dû se produire ensuite de fortes pluies qui ont raviné la colline et recouvert les débris de *Ruppia* d'une couche de terre incluant ceux-ci intimement dans le sol. La végétation du printemps s'est développée par dessus, peut-être pendant plusieurs années. Plus tard, de nouvelles grosses pluies ont pu remettre à nu cet étrange support marin des plantes des garrigues.

### CONCLUSIONS

Caractère fondamental du Domaine Lagunaire, le rôle du Moment d'Inertie des masses d'eau apparaît clairement dans la stabilité des milieux hyperhalins du Complexe de Bages-Sigean. Au très faible moment des micro-lagunes correspond leur extrême instabilité qui conduit leurs eaux saumâtres à la cristallisation en quelques semaines. Ce sont des milieux hyperhalins fugaces.

Dans la zone plus vaste, assez ouverte et peu profonde de la Seiche, les valeurs extrêmes ne sont jamais atteintes mais l'amplitude annuelle dépasse 30 ‰.

Seul, l'étang du Dou, profond, presque clos, présente un faciès hyperhalin stable à l'échelle de l'année. Son diamètre relativement faible permet aux courants et aux contre-courants de fond d'avoir des temps de parcours réduits, le brassage rapide qui en résulte s'oppose à toute stratification stable. La vase garde la rémanence des salinités du passé et révèle de fortes variations — en partie d'origine humaine — à l'échelle de la dizaine d'années. La variation de la teneur en Phosphates des divers horizons de la vase montre que ces sels ont été apportés par des eaux salées venues de l'extérieur. Ces apports nutritifs non isotropes et le régime des vents suffisent à expliquer la dissymétrie de la sédimentation dans la cuvette du Dou.

Les conditions physiques extrêmes et permanentes qui règnent dans cet étang ne laissent place qu'à une flore et une faune eury-



therme et hyperhaline rigoureusement triée avec, néanmoins, une très forte productivité benthique primaire due aux *Ruppia* et aux *Cladophora*. Cet état paraît susceptible de se perpétuer longtemps s'il n'y a pas d'interventions extérieures.

Si, au contraire, l'homme entreprend de favoriser les échanges d'eaux avec l'étang de Sigean, il entraînera la destruction définitive de cette passionnante lagune.

### RÉSUMÉ

Les milieux hyperhalins permanents du Domaine lagunaire de Bages-Sigean sont représentés à peu près exclusivement par l'étang du Doul, près de Peyriac-de-Mer. Il est donnée une description générale de cet étang et de son hydrologie qui se caractérise par une salinité élevée (50 à 60 ‰ en général), de fortes températures estivales (30 °C) et une absence de stratification. Une tentative de reconstitution de son histoire récente est faite à partir des salinités rémanentes de la vase. Il est montré que les éléments nutritifs proviennent du seuil occidental seule communication avec l'étang de Sigean.

Sa végétation abondante (jusqu'à 1 kg/m<sup>2</sup>) est composée presque exclusivement de *Ruppia* (Phanérogames) et de *Cladophora* (Chlorophycée). La faune, très réduite, comprend surtout des Mollusques (*Cardium* et *Hydrobia*).

### ZUSAMMENFASSUNG

Die andauernd hyperhalinen Milieus der Lagunenzone von Bages-Sigean finden sich fast ausschliesslich im See von Doul bei Peyriac-de-Mer. Der Autor gibt eine allgemeine Beschreibung dieses Sees und seiner Hydrologie, die durch einen hohen Salzgehalt (i.a. 50 bis 60 ‰), hohe Sommertemperaturen (30 °C) und das Fehlen einer Schichtung gekennzeichnet ist. Die Rekonstruktion seiner neueren Geschichte wird anhand des Salzgehaltes im Schlamm versucht. Es wird gezeigt, dass die nutritiven Elemente von der Westschwelle, der einzigen Verbindung mit dem See von Sigean, stammen.

Die reiche Vegetation (bis zu 1 kg/m<sup>2</sup>) besteht fast ausschliess-

lich aus *Ruppia* (Phanerogame) und *Cladophora* (Clorophyze). Die sehr bescheidene Fauna besteht vor allem aus Mollusken (*Cardium* und *Hydrobia*).

## BIBLIOGRAPHIE

La Bibliographie spécifique sur l'étang du DouL est inexistante. Il n'est question du sujet que très accessoirement dans quelques travaux plus généraux parmi lesquels on peut citer :

BOUTIERE, H., 1972. Sols flottants artificiels pour cultures expérimentales. *Annls agron.*, **23** (5) : 567-576.

MARS, P., 1966. Recherches sur quelques étangs du littoral méditerranéen français et sur leurs faunes malacologiques. *Vie Milieu*, Suppl. n° 20.

PETIT, G. et D. SCHACHTER, 1959. Les étangs et lagunes du littoral méditerranéen français et le problème de la classification des eaux saumâtres. *Arch. Oceanogr. Limnol.* suppl. 11 (Venise).

Pour l'ensemble du Complexe Lagunaire, nous renvoyons à la bibliographie citée par l'auteur dans un travail récent :

BOUTIERE, H., 1973. L'étang de Bages-Sigean, modèle de lagune méditerranéenne. *Vie Milieu*, **24** (1 B) : 23-58.

Reçu le 11 juillet 1973