

# HYDROLOGIE DE L'ÉTANG DE THAU

par Jacques AUDOUIN

## SOMMAIRE

### PREMIERE PARTIE

#### GEOGRAPHIE. GEOLOGIE. CLIMAT

##### CHAPITRE I

##### L'ETANG DE THAU

1° Situation géographique .....	7
2° Géologie sommaire .....	8
3° L'époque historique .....	9
4° Le port et les canaux de Sète .....	9

##### CHAPITRE II

##### LES CONDITIONS CLIMATIQUES

1° La température de l'air .....	11
2° Les pluies .....	12
3° Les vents .....	13
4° L'évaporation .....	15
5° L'insolation .....	16

##### CHAPITRE III

TRAVAUX ANTERIEURS SUR L'HYDROLOGIE DE L'ETANG DE THAU	16
--	----

### DEUXIEME PARTIE

#### LA MAREE ET LES COURANTS DANS L'ETANG DE THAU

##### CHAPITRE I

##### LA MAREE

1° Les marégraphes .....	20
2° La marée en mer .....	21
3° La marée dans l'étang .....	22
4° Le niveau de la mer et de l'étang .....	24

A) Influence des vents et de la pression atmosphérique sur les variations du niveau de la mer. Incidence sur le niveau de l'étang .....	24
B) Niveaux maximum et minimum de l'étang .....	25
C) Bilan des échanges entre l'étang de Thau et la mer .....	25
D) Comparaison entre le niveau de la mer et celui de l'étang .....	25
<b>Résumé du chapitre I</b> .....	27

CHAPITRE II  
LES COURANTS

<b>1° Méthodes de mesure</b> .....	28
A) Courantographe ONO. ....	28
B) Courantographe I.P.M. ....	29
C) Bâtons lestés .....	31
D) Méthodes indirectes .....	31
<b>2° Les courants des canaux de Sète. Vitesse et direction</b> .....	31
A) Résultats des mesures faites en hiver avec l'ONO. ....	32
B) Résultats des mesures faites en été avec l'I.P.M. ....	32
<b>3° Les courants de surface dans les Eaux Blanches et la partie orientale du Grand Etang</b> .....	36
<b>Résumé du chapitre II</b> .....	37

TROISIEME PARTIE

LA TEMPERATURE ET LA SALINITE

CHAPITRE I

VARIATIONS JOURNALIERES DES CONDITIONS HYDROLOGIQUES  
DES CANAUX DE SETE EN FONCTION DE LA MAREE

<b>1° Variations de la température</b> .....	40
<b>2° Variations de la salinité</b> .....	41

CHAPITRE II

VARIATIONS JOURNALIERES DES CONDITIONS HYDROLOGIQUES  
DE L'ETANG DES EAUX BLANCHES EN FONCTION DE LA MAREE

<b>Conclusion du chapitre II</b> .....	55
--	----

CHAPITRE III

LA BISE

55

CHAPITRE IV

CYCLE ANNUEL DE L'HYDROLOGIE DE L'ETANG DE THAU  
(température et salinité)

58

<b>I) Période hivernale</b> .....	60
<b>II) Période estivale</b> .....	74
<b>Considérations générales et conclusions du chapitre IV</b> .....	93
<b>RESUME ET CONCLUSIONS GENERALES</b> .....	98
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	100
<b>TABLE DES FIGURES</b> .....	103

Appelé à faire des recherches sur les poissons et les mollusques des étangs méditerranéens et les possibilités qu'offrait leur exploitation, j'ai été amené à définir les caractéristiques physico-chimiques des eaux qui constituent leur habitat. L'intérêt d'une telle étude m'est apparue dès le début, lorsque la bibliographie m'a montré que, si un certain nombre de questions biologiques concernant la faune et la flore avaient été abordées, aucune étude générale du milieu hydrologique n'avait encore été faite. C'est donc vers les conditions météorologiques, courantométriques, hydrologiques que j'ai orienté mes recherches, poursuivies pendant cinq années consécutives, de 1955 à 1959, grâce aux moyens matériels de l'Institut scientifique et technique des Pêches maritimes, notamment son embarcation, l' « Ostrea ».

---

## PREMIERE PARTIE

### GÉOGRAPHIE. GÉOLOGIE. CLIMAT

#### CHAPITRE I

#### L'ÉTANG DE THAU

##### 1° Situation géographique.

L'étang de Thau est situé entre 43°20' et 43°28' de Lat. N, 3°31'50" et 3°42'30" de Long. E Gr. Allongé sensiblement du NE au SO, il occupe une superficie de 7 500 hectares environ et mesure 19,500 km dans sa plus grande longueur (entre le fond de la Crique de l'Angle et les Onglous). Sa largeur maximum est de 4,500 km. Il comprend deux parties principales.

1° *L'étang des Eaux Blanches*. Il a une surface approximative de 600 ha et communique avec la mer par les canaux de Sète. Constituant la partie orientale de l'étang de Thau, il est bordé de plusieurs zones peu profondes et partiellement colmatées, le Dégol au SE et la Fangade au SO. L'étang des Eaux Blanches reçoit à l'est le canal des Etangs et une partie des eaux douces provenant de la source d'Enversac qui filtrent sous la route reliant Sète à Balaruc-les-Bains. Au nord se jette le canal de déversement des eaux thermales de Balaruc-les-Bains.

Sa profondeur au centre n'excède pas 5 à 6 m. Il est traversé à l'est par un chenal dragué maintenant à 9 m.

Le détroit situé entre les pointes de Balaruc et du Barrou avec en son milieu le rocher du Roquerols sépare l'étang des Eaux Blanches du Grand Etang.

2° *Le Grand Etang*. Il a une superficie d'environ 6 900 ha et peut être subdivisé en trois secteurs principaux.

a) La crique de l'Angle, au nord, entre les villages de Balaruc-les-Bains, Bouzigues et Balaruc-le-Vieux. Sa profondeur est faible (1 à 3 m) et décroît à mesure que l'on avance vers le nord. Au fond de cette crique se déverse le seul cours d'eau permanent tributaire de l'étang de Thau : la Vène ou ruisseau d'Issanka ; mais le fait le plus remarquable de cette crique est la présence du gouffre de la Bise, profond de 30 m et situé non loin des falaises qui en constituent la côte orientale.

b) Le secteur de l'est, compris entre le rocher de Roquerols, le cap de Tourre et Villeroi, caractérisé par la présence sur le fond de nombreuses « cadoules », sortes de monticules ayant parfois

plusieurs mètres de haut, mais n'atteignant jamais la surface. La présence de ces monticules apporte une assez grande diversité aux profondeurs que l'on peut observer et qui ne dépassent pas 10 m. Le littoral est bordé du côté du continent d'une ligne de falaises basses. Entre Bouzigues et Mèze plusieurs ruisseaux intermittents se jettent dans l'étang de Thau ; les principaux sont, à l'est de Mèze : le Joncas, le Pallas et le Sesquier. Le Pallas est le plus important et se termine par une sorte de delta marécageux entre la Pointe St Félix et Mèze. A l'ouest de Mèze le ruisseau d'Aygues-Vagues se jette dans une anse marécageuse, la Conque.

c) Le secteur ouest qui s'étend du cap de Tourre à Marseillan et aux Onglous. Sa profondeur va en décroissant de l'est vers l'ouest ; elle est en moyenne de 3 à 4 m. Le rivage nord est constitué par une plage basse que dominant, par endroits, des falaises de quelques mètres de hauteur. Plusieurs ruisseaux y aboutissent : le Valat, la Moue, le Soupier, le Bouzidou ou ruisseau des Fontailles.

Le Canal du Midi aboutit dans la partie occidentale de ce secteur. Une zone sans profondeur termine l'étang de Thau. De là partent les trois graus dont on distingue encore le tracé mais qui pratiquement ne permettent plus la communication entre l'étang de Thau et la Méditerranée : le Rieu, le Pisos Samo et le Quinzième.

Le cordon littoral qui sépare l'étang de Thau et la Méditerranée est limité du côté de la mer par une ligne de dunes très basses. Du côté opposé, une large bande marécageuse borde le rivage de l'étang et se termine par une rangée de bancs de sable parallèles au lido.

## 2° Géologie sommaire.

On doit à SUDRY (1910) une esquisse géologique du bassin versant ainsi qu'une étude sur la formation de l'étang de Thau. Cette étude a été complétée par DENIZOT en 1945.

Le bassin versant de l'étang de Thau ne porte aucun affleurement de terrains archéens ou primaires. Les terrains secondaires, au contraire, y sont largement représentés. Au nord de l'étang, une vaste étendue jurassique se développe. L'orogénèse pyrénéenne est à l'origine de la formation d'anticlinaux parmi lesquels on peut citer les collines de Villeveyrac et de la Gardiole ainsi que le Mont Saint Clair de Sète.

Une partie du bassin versant de Thau est recouverte de sédiments tertiaires. Selon DENIZOT, la zone côtière du Languedoc (sauf pour le promontoire rocheux, de la Gardiole au Mont Saint Clair) est constituée par le pliocène dont les bancs caillouteux terminaux plongent sous les étangs littoraux actuels.

La transgression pliocène a provoqué la submersion partielle de la plaine languedocienne. On note alors un affaissement du golfe du Lion. Le quaternaire ancien paraît y avoir participé et tandis que la mer était reportée en contrebas, il s'est accompagné d'éruptions telles que le volcan d'Agde qui formait alors une île et a été démantelé par la Mer tyrrhénienne. La régression post-tyrrhénienne et pré-flandrienne constitue une étape importante pour le Languedoc. En reportant le rivage à une trentaine de mètres au-dessous du niveau actuel, elle a déterminé le creusement des vallées et entraîné la formation de la cuvette de Thau comme celle de Berre. Un petit réseau fluvial s'est établi facilement à l'ouest et au centre de l'étang de Thau qui débouchait alors par une vallée s'ouvrant à — 25 m.

Lors de la transgression flandrienne, l'ascension de la mer de — 25 à 0 m qui, selon DENIZOT, paraît avoir été assez graduelle, a créé le littoral actuel : le niveau occupé présentement a été atteint dès une date reculée antérieure à l'Histoire. Cet auteur a pu établir que les côtes du Languedoc et du Roussillon, qui ont sans doute modifié sensiblement leur configuration, étaient fixées, quant au niveau de la mer, au mètre près, depuis plusieurs milliers d'années. Dès lors, le fond submergé a constitué l'étang de Thau et ses dépendances ; par suite du colmatage, le littoral a tendu à s'établir sur la ligne déterminée par les reliefs saillants ; ainsi s'est constitué le long cordon qui s'est accroché aux aspérités de la côte : îlot de Maguelonne, montagne de Sète. Les étangs ont été ainsi isolés. L'origine des matériaux constituant ce cordon littoral a donné lieu à diverses interprétations. Selon

certain auteurs, ils proviendraient des apports d'un courant littoral venant du Rhône ; pour d'autres et en particulier pour DENIZOT, ils seraient « le fruit du raclage par la vague sous-marine, de la surface pliocène ».

### 3° L'époque historique.

Quoi qu'il en soit, et c'est ce que nous retiendrons, les contours extérieurs du rivage n'ont pas subi de notables variations pendant l'époque historique sauf au débouché des fleuves. Partout ailleurs comme le note SUDRY « la ligne de séparation du domaine maritime et du domaine continental est demeurée presque invariable ».

La plupart des lagunes voisines de l'étang de Thau ont subi une évolution interne marquée. Leur fond s'est exhaussé, leur colmatage est très accentué et leurs communications avec la mer sont presque inexistantes.

L'évolution de l'étang de Thau a été beaucoup moins rapide et des conditions exceptionnelles lui ont permis de conserver son individualité. Les principales sont la profondeur notable de la cuvette qui est à son origine et aussi la présence des deux pitons de Sète et d'Agde qui ont servi de points d'appui solides au cordon littoral. Ce « lido » était coupé par des passes larges et nombreuses, les graus, tandis qu'à l'est de la montagne de Sète l'étang de Thau débouchait à la mer par un vaste pertuis qui s'est colmaté progressivement. Au xiv<sup>e</sup> siècle un gué, réunissant le continent à la plage de Sète, isolait déjà l'étang de Frontignan de l'étang de Thau.

Au début du xvii<sup>e</sup> siècle l'étang de Thau ne communiquait plus avec la mer que par trois ouvertures, les graus du Quinzième, de Pisos Samo et du Rieu ; déjà leur profondeur était insuffisante pour permettre aux navires de pénétrer dans l'étang. C'est de cette époque que date la première intervention marquante de l'homme : la création du port et le creusement du canal de Sète.

### 4° Le port et les canaux de Sète.

En 1671, dans une lettre contenant la relation et la description des travaux qui se font en Languedoc pour la communication des deux mers, DE FROIDOUR donne des indications sur les ouvrages projetés ainsi que sur la réalisation du canal devant faire communiquer le port de Sète avec l'étang de Thau. Selon lui, ce canal avait 800 toises de long, 8 de base, 16 d'ouverture et 2 de profondeur, soit approximativement 1 500 m de long, 16 m de base, 32 m de largeur et 3,90 m de profondeur. L'étang étant « fort plat sur les bords » il a fallu, précise cet auteur, durant l'espace de 420 toises (800 m environ) « y creuser le canal et le fortifier de ces sortes de murs (bâti ou revêtu de pierres sèches) pour empêcher les eaux de l'endommager ».

Depuis cette époque, diverses modifications ont été apportées au port de Sète ; le canal maritime, le canal latéral ont été créés ainsi que plusieurs bassins. Ils ont subi depuis la fin du siècle dernier de multiples transformations dues au développement industriel de la région de Sète. Ce sont surtout le canal maritime, le canal latéral et le canal de la Bordigue qui ont fait l'objet de ces aménagements.

La figure 1 représente le tracé des canaux de Sète au début du siècle, d'après SUDRY, et le plan actuel. Cet auteur indiquait alors que les étranglements étaient au nombre de dix. Depuis cette époque, il faut noter :

a) les transformations du pont de la gare (création de deux passes de 30 et 21 m en 1904-1905), du pont de Montpellier (création d'une passe de 28 m en 1919), du pont des Moulins (création d'une passe de 43 m en 1930), du pont Sadi-Carnot et du pont du chemin de fer (suppression des piles centrales et création d'une passe de 44 m de 1928 à 1932) ;

b) l'approfondissement du canal maritime et du canal latéral (profondeur antérieurement de 3 à 4 m passant à 7,30 m) (1926-1928) ;

c) la création d'un canal de 7,30 m de profondeur, traversant l'étang des Eaux Blanches (1925-1930) ;

d) la suppression de la culée est (1934-1935), de la culée ouest (1943-1945) du pont Régy et des culées nord de l'ancien pont de bois (1929) ;

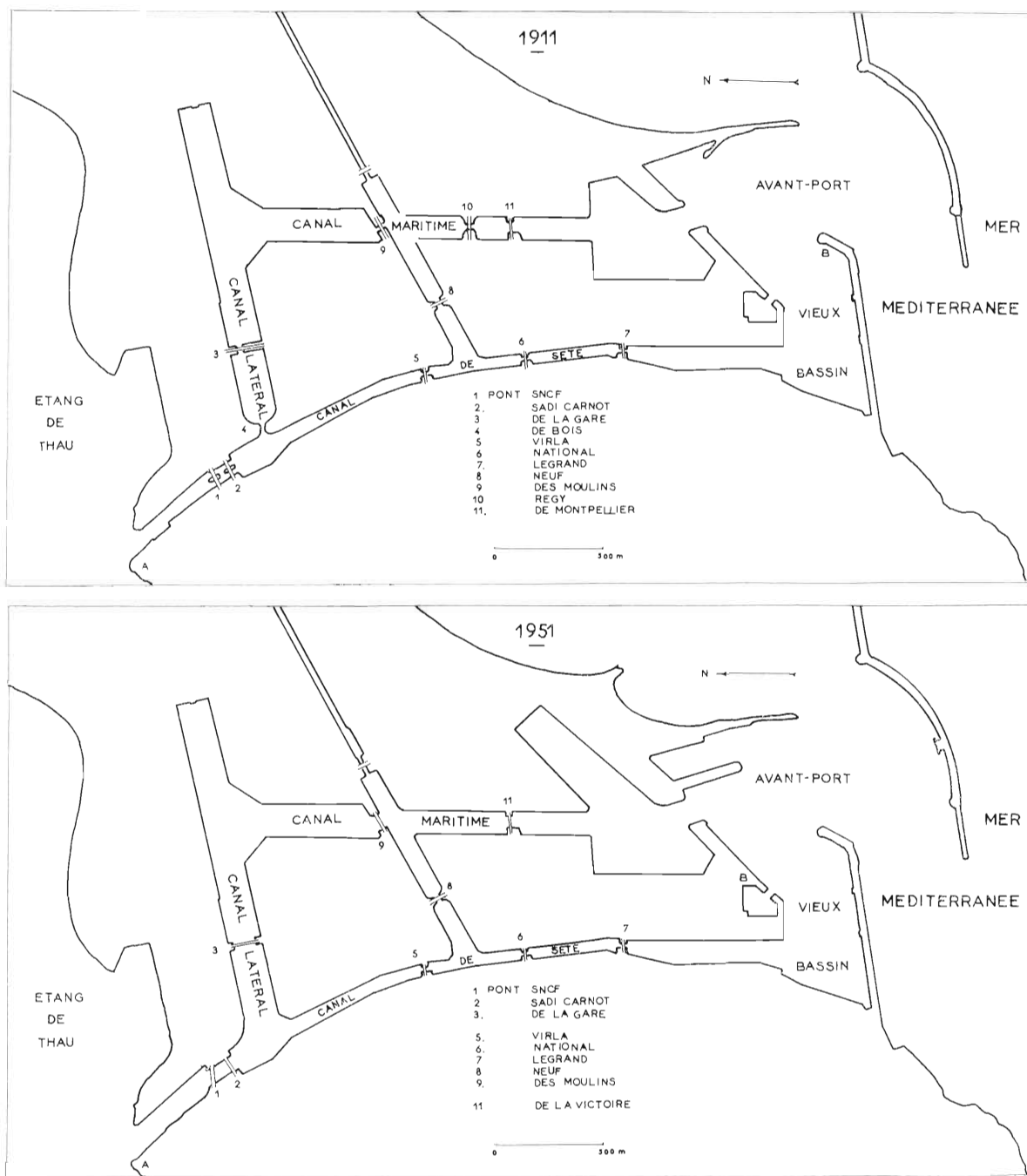


FIG. 1. — Plan des canaux de Sète en 1911 et en 1951.

e) l'approfondissement de l'avant-port et du nouveau bassin jusqu'à 9 m.

Telles sont les étapes successives qui ont amené les canaux de Sète à leur configuration actuelle. Ils constituent maintenant la seule communication permanente entre la mer et l'étang.

*En résumé*, l'étang de Thau qui comprend deux parties principales, l'étang des Eaux Blanches et le Grand Etang, présente une individualité marquée. Il est plus profond que la plupart des autres étangs du littoral français de la Méditerranée, lesquels ont subi depuis l'époque protohistorique une évolution plus rapide, donc un colmatage plus accentué.

Le lido et les graus qui faisaient communiquer Thau avec la mer se sont modifiés, surtout depuis le  $xiv^e$  siècle. Les canaux de Sète ont été creusés au  $xvii^e$  siècle et ont subi des transformations dont les plus importantes sont intervenues depuis le début du  $xx^e$  siècle. L'élargissement de certaines passes, la diminution du nombre des étranglements et surtout l'approfondissement des canaux ont entraîné des modifications dans l'hydrologie de l'étang : on aura l'occasion d'évoquer plus loin la nature et l'ampleur de tels changements. Il était donc essentiel d'en connaître la cause.

## CHAPITRE II

### LES CONDITIONS CLIMATIQUES

Les facteurs météorologiques ont une influence sur l'hydrologie des étangs salés. Les variations de la température de l'air déterminent des changements dans celle de l'eau qui sont amortis diversement selon l'épaisseur de la couche considérée. L'étang de Thau ne présentant pas une profondeur uniforme, les variations de la température de l'air n'ont pas la même influence dans chacune des parties qui le constituent, sur ses rives et aux points les plus éloignés de celles-ci. Les pluies ont une action sur l'hydrologie et plus spécialement sur la salinité ; l'importance, la fréquence, la durée des précipitations ont des conséquences que nous serons amenés à préciser. Les vents ont également une influence sur les divers facteurs hydrologiques. Les perturbations qu'ils apportent au rythme des courants méritent une mention particulière. L'insolation, l'évaporation interviennent dans le bilan des échanges entre l'étang et la mer et déterminent des modifications des caractères physico-chimiques des eaux.

L'interprétation de certaines observations hydrologiques exige donc la connaissance des conditions météorologiques enregistrées dans la région de Sète de 1954 à 1958 (Sète Saint Clair, Agde, Montbazin) <sup>(1)</sup>.

#### 1° La température de l'air.

A Sète, la température moyenne annuelle calculée sur les cinq années 1954 à 1958 est de  $13^{\circ}7$ , chiffre semblable à celui donné par SUDRY en 1909, et qui correspond à la normale ; c'est le cas pour 1954, 1957 et 1958 (fig. 2). Par contre 1955 a été plus chaud ( $14^{\circ}3$ ) et 1956 plus froid ( $13^{\circ}$ ). Le mois de février est en général le plus froid de l'année, moyenne  $5^{\circ}8$ , tandis que juillet est le plus chaud : moyenne  $21^{\circ}6$  (fig. 5). Les oscillations journalières de la température (fig. 3) atteignent une amplitude minimale en hiver ( $5^{\circ}8$  en janvier) et maximale en été ( $9^{\circ}3$  en juillet) ; l'amplitude de la moyenne est voisine de  $7^{\circ}5$ . En juillet 1954, on a observé la température la plus élevée  $35^{\circ}$  (fig. 4) ; la température la plus basse a été enregistrée en février 1956 ( $-14^{\circ}$ ). Il convient de remarquer que si les maximum ne diffèrent pas, d'une année à l'autre, de plus de  $5^{\circ}$  ( $30$  à  $35^{\circ}$ ), la valeur des minimum peut varier de plus de  $12^{\circ}$  ( $-1^{\circ}5$  à  $-14^{\circ}$ ).

A Agde, la température moyenne annuelle est de  $14^{\circ}1$ . Elle dépasse de  $0^{\circ}4$  celle de Sète (fig. 2). Les courbes mensuelles des minimum, des maximum et de la température moyenne ont la même allure

---

(1) Je remercie vivement MM DE LOUBRESSE et MOLLO, Ingénieurs des Ponts et Chaussées, ainsi que M. le Directeur de la Station bioclimatologique de Bel-Air, qui ont bien voulu me communiquer les données recueillies par leurs services.

que les courbes obtenues à Sète. Il convient cependant de remarquer que les oscillations diurnes (fig. 3) ont une amplitude plus grande (8°9 en janvier et 13°8 en juillet).

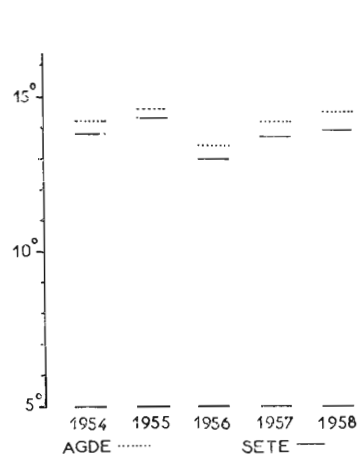


FIG. 2. — Température moyenne de l'air à Sète et Agde (1954 à 1958).

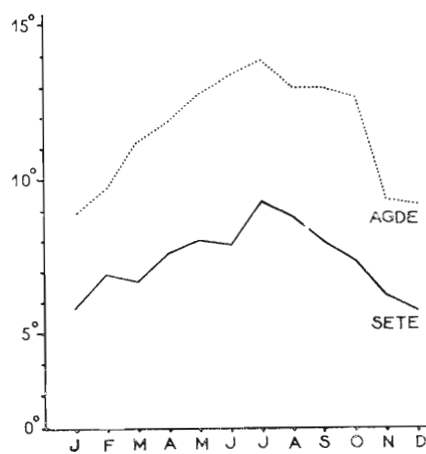


FIG. 3. — Moyennes mensuelles des oscillations journalières de la température de l'air (Sète et Agde).

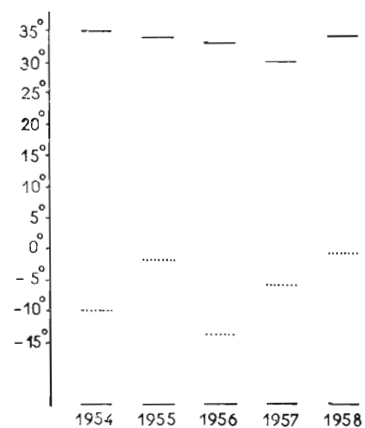


FIG. 4. — Maximum (trait plein) et minimum (pointillé) absolu de la température de l'air à Sète (1954 à 1958).

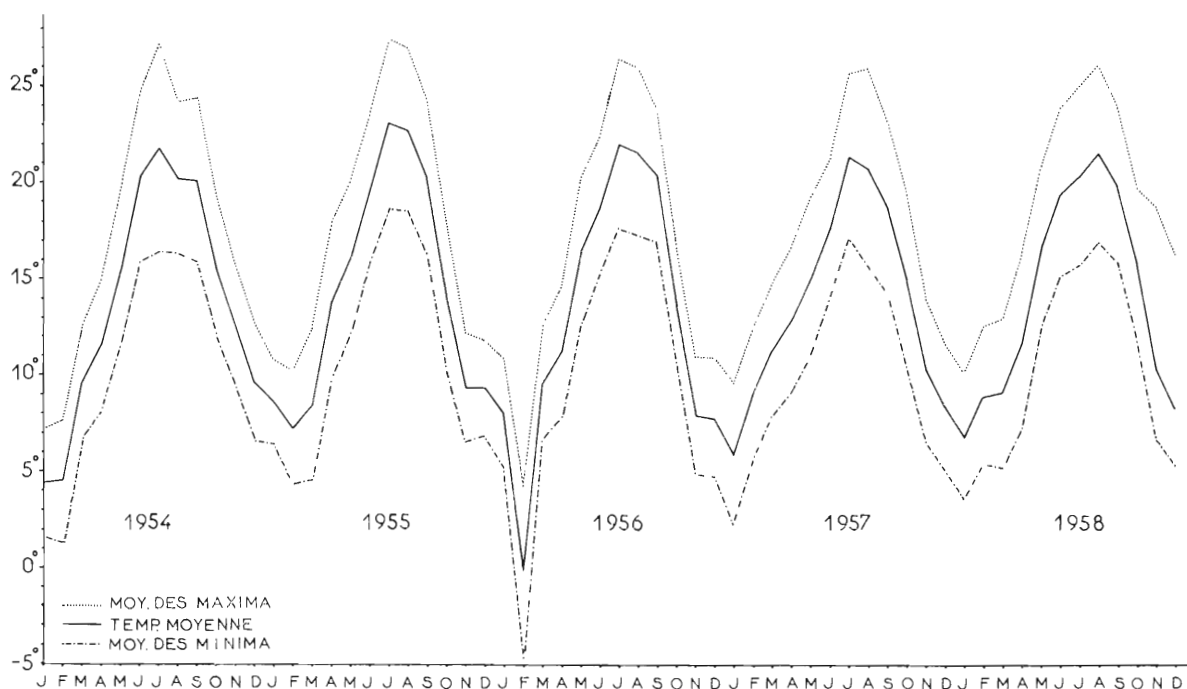


FIG. 5. — Variations de la température maximum, moyenne et minimum de l'air à Sète (1954 à 1958).

## 2° Les pluies.

Les chutes de pluie varient d'une localité à l'autre. Si nous comparons la pluviosité à Sète, Agde et Montbazin entre 1954 et 1958 (fig. 6) nous constatons une certaine similitude entre les conditions réalisées au cours d'une même année. Ainsi l'année 1955 a été caractérisée dans ces trois endroits



par une hauteur d'eau supérieure à celle des autres années. La moyenne annuelle des cinq années considérées est plus élevée à Montbazin (651 mm) qu'à Sète (568 mm) et Agde (498 mm).

Les chutes de pluie atteignent, d'une année à l'autre, un volume essentiellement variable, qui peut aller du simple au double. A Sète, en 1954, on a observé 407 mm et en 1955 881 mm. La

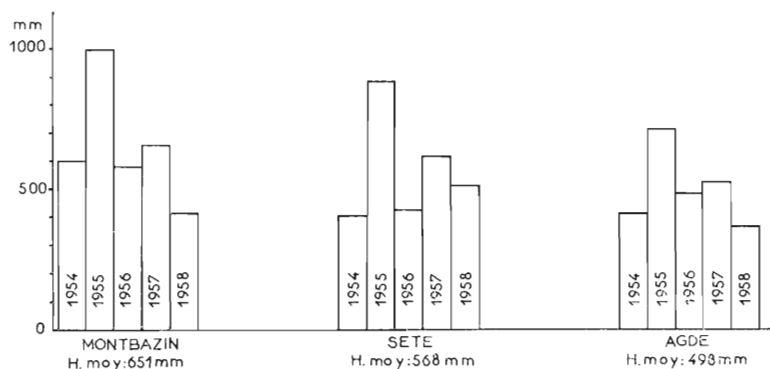


FIG. 6. — Répartition annuelle des précipitations à Montbazin, Sète, Agde (1954 à 1958).

répartition mensuelle des précipitations est très inégale (fig. 7). A titre d'exemple de ces variations nous pouvons comparer les mois de janvier 1955 et janvier 1957. En janvier 1955 on a enregistré à Sète 322 mm de hauteur d'eau en 18 jours de pluie avec, le 3, une précipitation de 114 mm et le 4, de 78 mm. En revanche on n'a pas noté de jour pluvieux en janvier 1957. Le nombre de jours de pluie est le plus souvent faible par rapport aux quantités d'eau qui peuvent tomber. Il est en moyenne de 60 jours par an à Sète.

La quantité moyenne d'eau qui tombe par jour pluvieux est de l'ordre de 9 mm. Il convient de préciser qu'il pleut rarement d'une façon continue pendant plusieurs jours consécutifs. La pluie se manifeste d'une façon souvent violente mais dure parfois moins d'une heure. Les précipitations atmosphériques accompagnent généralement les vents du sud et de l'est et coïncident avec des périodes de basses pressions atmosphériques.

Dans la région de Sète, le régime des pluies est donc typiquement méditerranéen.

### 3<sup>o</sup> Les vents.

Au moment de la création du port de Sète, il semble qu'on n'attribuait pas la même importance relative aux différents vents qui soufflent dans cette région. Le mistral ne semblait pas connu sous ce nom. Ainsi en 1671 DE FROIDOUR mentionne « le grec qui va du levant au couchant » et « la bêche qui, tenant trois quarts du midi et un quart du couchant, va au septentrion et au levant ». Ces vents, précise-t-il, y sont très fréquents et très violents ; par contre le vent de terre n'est jamais rude en cette contrée.

Quoi qu'il en soit, il semble qu'à cette époque les vents y soufflaient souvent. Il en est de même actuellement. On observe peu de jours parfaitement calmes. Toute l'année en effet l'étang de Thau subit leur influence.

En 1955 par exemple, la vitesse moyenne journalière des vents n'a été inférieure à 2 m/s que pendant sept jours seulement. La vitesse moyenne est en général plus élevée en février (5,2 m/s) et est à son minimum en septembre (4 m/s). La moyenne annuelle est de 4,5 m/s.

Le mistral souffle du N NO, la tramontane du NE, le grec de l'E, le levant vient du S, le labech est un vent du SO et l'argade de l'O NO. Le mistral est le plus fort et le plus fréquent (fig. 8). Il est caractérisé par la soudaineté de son apparition. Sa vitesse atteint souvent 10 à 15 m/s avec

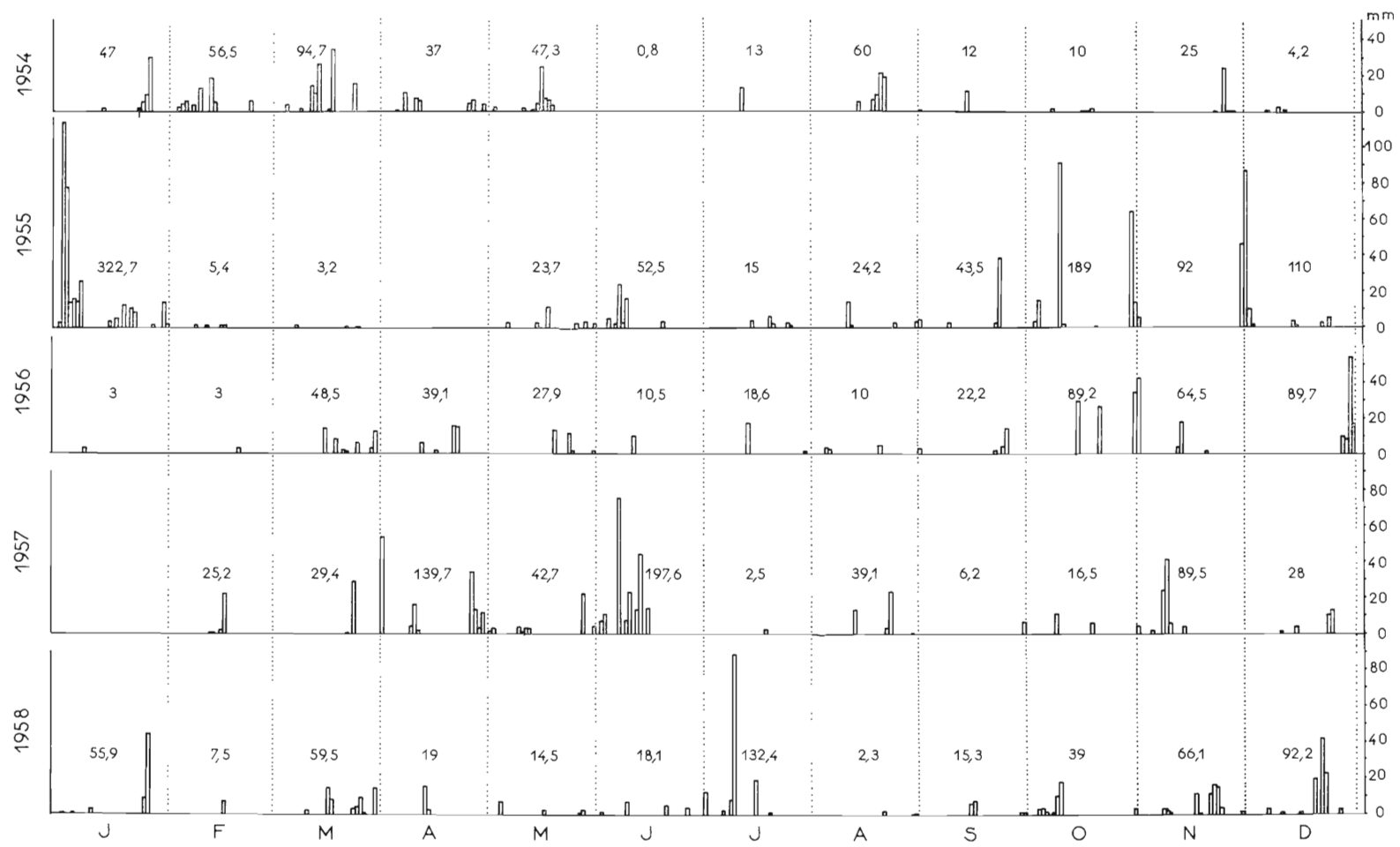


FIG. 7. — Répartition journalière et mensuelle des précipitations à Sète (1954 à 1958).

parfois des pointes à plus de 20 m/s. Il souffle le jour mais est moins fort ou cesse la nuit pour reprendre le lendemain matin. Il subsiste souvent plusieurs jours consécutifs. Il est plus violent en hiver qu'en été. C'est un vent sec qui est accompagné de hautes pressions. Les orages sont généralement suivis de rafales de mistral. L'argade et la tramontane sont aussi violents que le mistral mais durent moins et ont, l'un et l'autre, tendance à s'orienter progressivement N NO. Ils précèdent le

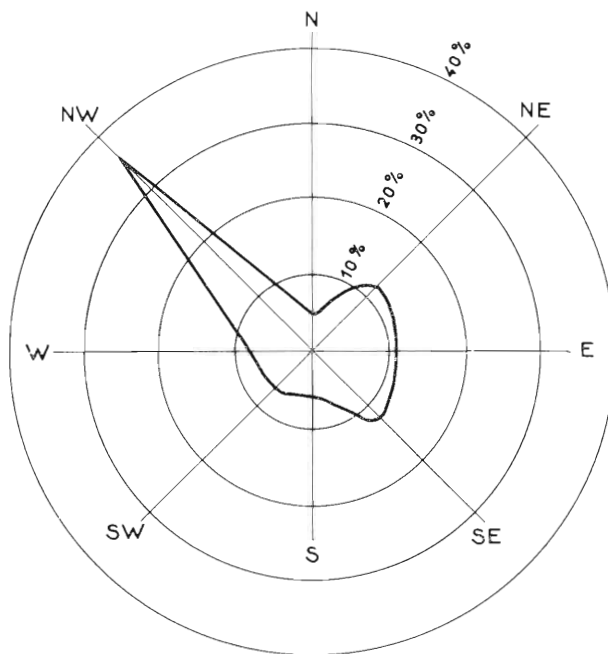


FIG. 8. — Polygone de fréquence des vents.

mistral : les pêcheurs disent alors que « le vent se dresse » ou « qu'il tourne au mistral ». Les vents marins du sud et de l'est, chauds et humides, s'observent surtout en été et coïncident avec des périodes de basses pressions. Souvent, à cette saison, les vents soufflent de terre le matin et font place l'après-midi à la brise marine.

#### 4° L'évaporation.

A notre connaissance, aucune mesure relative à l'évaporation n'est effectuée par les stations météorologiques situées dans le voisinage immédiat de l'étang de Thau. Cependant les mesures faites à la Station bioclimatologique de Bel Air près de Montpellier permettent de suivre les fluctuations de l'évaporation ; les valeurs trouvées doivent être du même ordre que celles de la région de Sète.

La couche d'eau évaporée à Montpellier en une journée varie entre 0 et 10 mm environ, ce dernier chiffre n'étant que très rarement dépassé (en 1955 par exemple l'évaporation journalière a dépassé cette valeur pendant trois jours seulement).

Les valeurs les plus élevées de l'évaporation coïncident généralement avec des périodes de mistral. L'évaporation totale mensuelle croît de janvier à juillet et décroît de juillet à décembre (fig. 9). La hauteur d'eau évaporée en moyenne annuellement est de 1 300 mm environ.

Comme l'a noté SUDRY en relatant les travaux de DIEULAFAIT : « une nappe d'eau salée perd « moins d'eau par évaporation qu'une nappe d'eau douce et le rapport de la hauteur d'eau disparue à la hauteur d'eau douce disparue dans les mêmes conditions est de 0,965 ».

Si nous retenons ce rapport il nous donne pour l'étang de Thau une valeur annuelle de 1 250 mm environ, qui correspond approximativement à 93 750 000 m<sup>3</sup>.

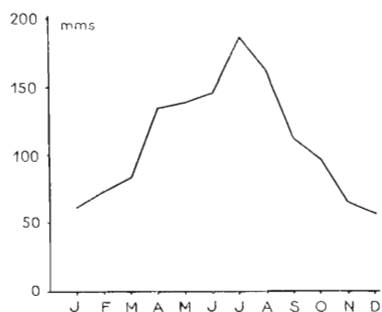


FIG. 9. — Variations mensuelles de l'évaporation moyenne (1955 à 1958).

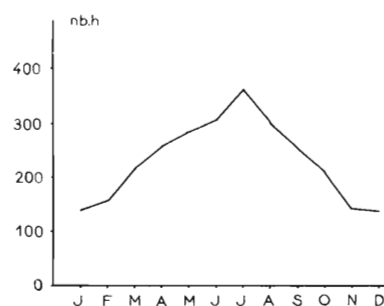


FIG. 10. — Variations mensuelles de l'insolation moyenne (1954 à 1958).

### 5° L'insolation.

La figure 10 dressée d'après les observations faites à la Station de Montpellier Fréjorgues donne les valeurs de l'insolation mensuelle correspondant à la moyenne des années 1954 à 1958.

L'insolation moyenne mensuelle croît de janvier à juillet et décroît ensuite, ce qui n'est pas spécial à la région. On note cependant en hiver des variations assez nettes d'une année à l'autre si l'on compare les mêmes mois. A titre d'exemple citons janvier 1955 (73 h) et janvier 1957 (160 h). Le premier a été, il est vrai, très pluvieux ce qui motive cette durée d'insolation faible. En été par contre, on note peu de différence.

Dans l'ensemble, l'insolation a une valeur considérable. La durée annuelle moyenne d'insolation calculée sur les cinq années considérées s'élève à 2 760 heures.

## CHAPITRE III

### TRAVAUX ANTERIEURS SUR L'HYDROLOGIE DE THAU

Paul GOURRET est à notre connaissance le premier qui ait donné des indications sur les conditions physico-chimiques de l'étang de Thau. Dans ses « Notes zoologiques sur l'étang de Thau » publiées en 1892 il évoque les communications de cette nappe d'eau avec la mer, indique qu'en raison des courants rapides établis entre la mer et l'étang par l'intermédiaire des canaux de Sète, la densité des eaux ne paraît pas différer sensiblement de celle de l'eau de mer normale. Selon cet auteur la densité est quelque peu modifiée par la fontaine sous-marine d'Enversac qui pendant l'automne et l'hiver alimente d'eau douce la portion orientale de l'étang, et la salure est en outre diminuée sur la même rive par les apports du canal des Etangs ainsi que par les eaux fluviales. En 1897, dans la préface de son étude sur les « Etangs saumâtres du Midi de la France » il note qu'il importe d'observer avant tout les variations de la densité qui entraînent des variations faunistiques importantes et que le mouvement des eaux dû aux courants et aux vents exerce une influence capitale sur la vitalité des étangs. Son chapitre premier est consacré à l'étang

de Thau et comporte une description physique de celui-ci. Il y indique que les courants des canaux de Sète d'habitude très rapides se dirigent vers l'étang avec les vents d'est et vont en sens inverse quand souffle le mistral ainsi qu'après des pluies torrentielles qui, entraînant une masse d'eau considérable, déterminent un courant vers la mer. La communication de l'étang avec la mer par le grau des Onglous est considérée par GOURRET comme un fait exceptionnel. Ses observations relevées en 1891-1895 font ressortir une salure de l'étang oscillant entre 3°2 Baumé et 3°5 avec les courants de sortie, entre 3°3 et 3°8 avec les courants d'entrée. D'après lui, la densité dans l'étang de Thau est amoindrie par la source thermale de l'Abygge, par trois rivières d'un débit assez restreint (le Soupier, le Deglas et la Vène) et par quelques torrents (le Joncas, le ruisseau du Moulin, le ruisseau de St Marcel). Il note que la température des eaux superficielles est sujette à de grandes variations. En été elle atteint 27° C tandis qu'elle marque en moyenne pendant l'hiver 11°. Toutefois, de décembre à février, GOURRET a observé souvent + 5° et de temps à autre 0° ou même - 1°.

En 1905, dans ses « Recherches sur la Flore pélagique de l'étang de Thau » Jules PAVILLARD apporte quelques éléments nouveaux à la connaissance de l'hydrologie de cette nappe d'eau qui, pour cet auteur, est occupée par des eaux dont la salure, légèrement variable suivant les stations et les circonstances météorologiques, demeure voisine de celle de la Méditerranée. Il évoque aussi la fosse de l'Abygge, dépression sous-marine en entonnoir irrégulier au fond de laquelle jaillit une source d'eau douce (?) probablement très abondante. Il précise que le régime hydrographique de l'étang demeure en réalité sous la dépendance à peu près exclusive de celui de la Méditerranée, les tributaires continentaux, sources, rivières, etc., ne jouant dans la circonstance qu'un rôle insignifiant. Il note que dans la Méditerranée le mouvement de la marée est toujours sensible malgré son amplitude réduite cependant qu'on observe aussi de petites oscillations secondaires se répétant plusieurs fois par heure et d'origine incertaine. Il les compare aux seiches des lacs continentaux. Pour lui, ces deux catégories de mouvements n'exercent aucune influence notable sur le niveau de l'étang, tout au plus sont-ils susceptibles de provoquer le long des canaux du port un système de courants inverses peu accentués, incapables d'agir sur l'équilibre général de l'étang. Il considère qu'il en est autrement des variations déterminées par les circonstances météorologiques, reproduit quelques fragments simplifiés des tracés marégraphiques, et note qu'on ne peut y relever aucune trace de l'influence exercée par les marées et les autres oscillations secondaires. Il indique que le niveau de l'étang, coïncidant rarement avec celui de la Méditerranée, la dénivellation presque permanente qui en résulte provoque des courants dont l'action peut se faire sentir jusque dans les parties les plus lointaines du grand étang. D'après lui, la stagnation prolongée des eaux est exceptionnelle et le brassage perpétuel qu'elles subissent tend à maintenir sans cesse l'uniformité des conditions physico-chimiques aux diverses profondeurs. PAVILLARD donne ensuite quelques indications sur les conditions de milieu dans les Eaux Blanches. Il a fait, à l'occasion de la récolte d'échantillons de plancton, des mesures de température à l'aide d'un thermomètre gradué au 1/5° de degré, par lecture directe dans l'eau à 10 cm de profondeur environ. Il a effectué quelques mesures comparatives à divers niveaux avec un thermomètre à maxima et minima ordinaire. A ce propos, il précise que la température du fond entre 6 et 8 m n'a jamais montré de différence notable avec celle des couches superficielles. L'auteur donne en outre des indications sur la transparence, la coloration et aussi la salinité et précise que le défaut de temps et de moyens techniques l'ont empêché d'entreprendre des recherches détaillées sur la composition chimique des eaux de l'étang.

La salinité, selon cet auteur, peut subir des variations assez étendues et sa valeur la plus normale est probablement 36,65 ‰ (moyenne de 12 observations). Elle s'élève rarement au-delà de 37 ‰. Tandis qu'il note en juin - juillet des salinités de 33 à 34 ‰, il considère comme exceptionnellement basse, celle de 30,73 ‰ qu'il a trouvé le 9 février 1905.

En 1910, SUDRY dans son ouvrage « L'étang de Thau » s'étend longuement sur l'historique, la topographie et la bathymétrie de l'étang de Thau et expose les résultats de sa remarquable étude lithologique. La quatrième partie de son ouvrage, consacrée aux eaux, constitue un complément à l'esquisse tracée par PAVILLARD quelques années auparavant. Après un exposé des conditions météorologiques, SUDRY donne des indications sur les eaux marines, les courants devant Cette et expose les résultats d'une vingtaine de prélèvements hydrologiques faits en mer

en plusieurs points et à différentes époques. Il constate en particulier que contrairement à la règle générale, pendant la saison où la terre est plus chaude que l'eau, la température de la mer est notablement plus basse près de la terre et que la densité des eaux marines s'accroît au voisinage immédiat de la côte. Il en résulte pense-t-il une constance plus grande de la température et de la densité des eaux marines qui pénètrent dans l'étang de Thau par les canaux.

Plusieurs chapitres de cet ouvrage sont consacrés aux courants des canaux de Sète et à leurs causes. Comme PAVILLARD, SUDRY indique que la marée n'est pas perceptible et qu'il n'existe pas de seiches malgré la longueur de l'étang. Il pense que la différence de densité qui se maintient tout le long de l'année entre Thau et la mer empêche qu'il s'établisse jamais un équilibre véritable. Suivant cet auteur, une coexistence des deux courants tend à se réaliser et a lieu réellement pendant quelques minutes : courant profond d'entrée d'eaux marines denses et courant superficiel de sortie d'eaux saumâtres.

Il expose dans un tableau le résultat des mesures de courants et des observations de température et de densité qu'il a effectuées au mois de septembre 1908. Certaines d'entre elles diffèrent de celles de PAVILLARD. Contrairement à ce qu'a observé ce dernier, SUDRY note que la température superficielle diffère de la température du fond qui se rapproche davantage de celle de la mer. Il pense que les variations saisonnières suivent celles de l'air avec un léger retard et s'atténuent en profondeur. A des distances croissantes à partir de la Bordigue, la température devient de plus en plus différente de celle de la mer et l'écart entre la surface et le fond diminue. La densité est presque toujours notablement inférieure à celle de la Méditerranée et plus forte au fond qu'à la surface. Les changements qu'elle subit consistent en une suite d'abaissements brusques au moment des pluies et de relèvements graduels dus à l'évaporation et aux échanges avec la mer. Les variations saisonnières, très considérables à la surface, s'affaiblissent vers le fond. Plus on s'éloigne de la Bordigue, plus la densité diminue ainsi que la différence entre le fond et la surface. La distribution des températures et des densités est réglée par les courants des canaux.

SUDRY enfin, il est juste de le souligner, fut le premier à faire sur la Bise (ou Abysses) des observations valables. Il put préciser que l'eau de la source était tiède et presque douce, légèrement gazeuse et se rapprochait par toutes ses propriétés des sources voisines de Balaruc-les-Bains.

Il faut attendre plus de vingt ans pour que des données nouvelles sur l'hydrologie de l'étang soient publiées. Dans une « Etude sur l'étang de Thau » parue en 1932, MATHIAS et TCHERNIAKOVSKY dressent un inventaire de la faune et de la flore de l'étang de Thau et font précéder leur travail d'un exposé sur les conditions de milieu telles qu'elles leur sont apparues à la suite des observations qu'ils ont faites. Ces auteurs notent que le développement industriel considérable de la région de Sète a amené l'approfondissement des canaux du port et en particulier de celui de la Bordigue qui fut creusé entre la Station zoologique et le pont du chemin de fer jusqu'à 7,80 m de profondeur, ce qui a amélioré grandement les communications entre la mer et l'étang de Thau.

MATHIAS et TCHERNIAKOVSKY exposent les résultats détaillés d'une trentaine de mesures de surface, du pH, de la densité et de la température faites en mai, juin et septembre tant en mer, au voisinage du port de Sète, que dans l'étang de Thau. Ils constatent que le pH des eaux de l'étang (compris entre 7,8 et 7,9) est inférieur à celui des eaux côtières pour lesquelles ils ont trouvé des valeurs plus faibles que celles du large. Les températures qu'ils ont observées sont comprises entre 17° et 22° tandis que la valeur moyenne des densités est de 1026.

En 1938, FATEMI, étudiant les « Variations saisonnières du plancton de l'étang de Thau à l'embouchure du canal de Sète » signale que, pendant près de deux ans, il a noté tous les jours entre 8 et 9 h la température de l'eau de l'étang relevée avec un thermomètre à mercure plongé dans la couche superficielle avec lecture directe. Deux tableaux sont insérés dans son étude ; l'un concerne la température moyenne de l'eau de l'étang pendant l'année 1937, l'autre la densité au cours de la même période, celle-ci variant entre 1 023 et 1 028.

En 1947, O. TUZET à l'occasion d'une note sur « Le plancton du golfe de Lion et de l'étang de Thau » écrit : « les eaux de l'étang n'ont pas une salure normale. Alors que la Méditerranée a une salure de 37 à 38 ‰, celle de l'étang n'est que de 19 ‰ ».

TREGOUBOFF reproduit également ce chiffre de 19 ‰ pour l'étang de Thau qu'il appelle un bassin d'eau saumâtre.

En 1950, EUZET indique que la densité normale de l'étang varie de 1 024 à 1 026 mais peut monter en été à 1 030 tandis que celle de la Méditerranée est de 1 030.

En 1955, J. ESCOT-MOLINIÉ donne sous forme de cartes le résultat de ses mesures du pH et de la teneur en chlore des eaux de Thau au mois de juin de l'année précédente (17,07 à 17,34). Enfin en 1959, BRUNEL-GRASSET fournit quelques indications sur la salinité de la Crique de l'Angle.

L'exposé des principaux résultats hydrologiques obtenus par les auteurs et que nous venons d'analyser, appelle les remarques suivantes : leurs conclusions sont le fruit d'un nombre relativement restreint d'observations, la plupart des mesures ont porté sur la couche d'eau superficielle qui est directement en contact avec l'air ambiant.

Or, les variations de la température de l'air, qui sont souvent importantes au cours d'une même journée, ont une influence considérable sur la température de cette couche superficielle. De telles mesures sont entachées d'erreur et ne peuvent guère renseigner sur l'origine des masses d'eau considérées.

La densité de l'eau superficielle est souvent nettement différente de celle des couches sous-jacentes. L'eau douce ne se mélange qu'avec difficulté à des eaux plus denses et peut provoquer en surface une diminution momentanée de la salinité qui est pourtant sans grande importance et sans influence sur les couches inférieures. D'autre part les mesures de température en un point donné de l'étang de Thau ne peuvent être étendues à l'ensemble de cette nappe d'eau. Il est certain par exemple que celles de FATEMI ne peuvent représenter la température moyenne de l'eau de l'étang pendant l'année 1937, mais seulement « la moyenne des variations de la température superficielle d'un point particulier du canal de Sète entre 8 et 9 h du matin au cours de l'année 1937 ».

Les communications de l'étang avec la mer se sont modifiées par étapes successives ainsi que nous avons eu l'occasion de le préciser dans une note antérieure.

Il est peu probable que les éléments recueillis par les auteurs précités soient valables aujourd'hui, à l'exception des plus récents.

Toutes ces considérations ne pouvaient que m'inciter à entreprendre l'étude hydrologique d'ensemble de l'étang de Thau.

## DEUXIEME PARTIE

# LA MARÉE ET LES COURANTS DANS L'ETANG DE THAU

### CHAPITRE I

#### LA MARÉE

##### 1° Les marégraphes.

Il existe à Sète deux marégraphes. L'un enregistre les variations du niveau de l'étang. Il est installé près de la Station de Zoologie à l'extrémité de la pointe longue, au débouché des canaux de Sète dans l'étang de Thau (fig. 1, point A). L'autre a été monté en 1949 dans l'avant-port de Sète (fig. 1, point B) ; il enregistre les variations du niveau de la mer. Afin d'apprécier la valeur des indications que l'on peut tirer de l'examen des courbes qu'ils donnent, il convient d'en exposer les principales caractéristiques.

L'un et l'autre sont des marégraphes à flotteur. L'enregistrement graphique du marégraphe de la mer est obtenu sur une feuille de papier spécial que l'on change chaque semaine. La vitesse de déroulement du papier est de 2 mm par heure ; l'échelle des hauteurs est de 20 cm pour 1 m (entre les cotes 0 et + 100 cm). Nous n'avons pas noté de différence appréciable entre l'heure réelle des observations et celle que l'on peut lire sur le diagramme. La vitesse de déroulement est trop faible et ne permet pas l'étude précise des oscillations à courte période de la mer. Lorsque le niveau dépasse 1 m, le style inscripteur se bloque à la limite supérieure de l'échelle.

Le marégraphe de l'étang est d'un type ancien. Il était prévu autrefois un changement journalier de la bande d'enregistrement. Il a été modifié afin que ce changement intervienne seulement tous les quinze jours. La vitesse de déroulement du papier est théoriquement de 3 cm par heure ; l'échelle des hauteurs est de 40 cm pour 1 m (entre la cote — 10 cm et 110 cm). Des différences parfois sensibles ont été notées entre l'heure réelle des observations et l'heure indiquée par le style inscripteur. Ceci est dû à la conception même de l'appareil. Chaque jour le rouleau récepteur du papier qui assure en même temps le mouvement fait un tour complet. Au début de chaque quinzaine on ne constate pas de perturbation appréciable mais au fur et à mesure que les couches de papier, si minces soient-elles, se superposent sur le rouleau, la vitesse horaire s'accroît. La longueur du papier correspondant à une journée augmente théoriquement chaque jour de  $2 \pi a$ , si on appelle « a » l'épaisseur du papier.

En fait le papier étant insuffisamment tendu (une plus grande tension risquerait de stopper le mouvement d'horlogerie), le décalage horaire constaté à la fin d'une quinzaine est variable. Il peut dépasser deux heures.

L'exploitation rigoureuse des résultats donnés par cet appareil apparaît dès lors délicate, vu la difficulté éprouvée pour effectuer une correction systématique. Pour pallier cela nous avons suivi la marche de cet appareil pendant plus d'un an en nous astreignant à noter le plus souvent possible les différences constatées : ceci nous a permis de construire des courbes corrigées.



On peut considérer, compte tenu de ces éléments, que les indications horaires des marégraphes, que nous aurons à utiliser et à interpréter, peuvent être affectées d'une erreur maximale d'un quart d'heure.

La fidélité du marégraphe de l'étang, concernant les hauteurs, est assez bonne et les différences de + ou — 0,5 cm qui ont été notées parfois n'ont pas une importance considérable. Il n'en est pas de même des indications de niveau du marégraphe de la mer : le diagramme obtenu est souvent composé par la juxtaposition ou la superposition de traits verticaux correspondant aux oscillations à courte période, d'amplitude souvent supérieure à 10 cm. Ainsi, pour l'utilisation d'un tel diagramme, l'observateur est obligé de tenir compte d'une valeur moyenne du niveau et peut commettre des erreurs d'appréciation notables.

Quoiqu'il en soit, les indications des marégraphes nous ont permis de suivre l'allure de certains phénomènes, d'apprécier leur ordre de grandeur, d'en expliquer le déterminisme et d'en prévoir les conséquences.

#### *Méthode utilisée pour la lecture et l'interprétation des diagrammes des marégraphes.*

1° Dans le paragraphe relatif aux marégraphes nous avons vu que les deux enregistrements graphiques obtenus avaient des échelles de temps et des échelles de hauteurs dissemblables. Il importait de pouvoir superposer les diagrammes ; il fallait donc les ramener aux mêmes échelles. Aussi, des graphiques comportant les données concernant à la fois le niveau de l'étang et celui de la mer ont été établis sur papier millimétré.

Pour les hauteurs, la même échelle que celle du marégraphe de l'étang soit 40 cm pour 1 m a été conservée et une échelle intermédiaire pour le temps (0,5 cm par heure) a été adoptée.

On a obtenu la courbe des niveaux de l'étang en reportant heure par heure les valeurs correspondantes et celle concernant la mer par le tracé des valeurs moyennes toutes les deux heures. Ce procédé permet en effet d'éliminer les variations à courte période qui nuisent à l'observation du phénomène qui nous intéresse.

2° Procédé d'étude des variations du niveau moyen. Lorsqu'on examine les graphiques conçus pour l'étude de la marée, on se rend compte qu'ils ne permettent pas d'apprécier valablement le niveau moyen relatif de l'étang et de la mer sauf dans des cas particuliers (quand les courbes ne se rencontrent pas). La plupart du temps, par le jeu des marées, le niveau de la mer se trouve alternativement au-dessus ou au-dessous de celui de l'étang. Il convient donc d'éliminer les oscillations dues au flux et au reflux. Ce résultat a été obtenu en dressant les courbes des niveaux moyens journaliers de l'étang et de la mer. Bien des variations étant imputables à l'influence des vents, la direction des vents dominants a été portée chaque jour.

Pour la constitution de ces diagrammes nous sommes convenus d'adopter les échelles suivantes : pour les hauteurs 20 cm par mètre et pour le temps 0,5 cm par jour.

## **2° La marée en mer.**

En examinant les courbes obtenues au marégraphe situé dans l'avant port de Sète, on observe pour chaque jour lunaire deux pleines mers et deux basses mers.

Généralement les marées du matin diffèrent sensiblement des marées d'après-midi ; les pleines mers successives arrivent rarement au même niveau ; il en est de même des basses mers.

L'une des deux hautes mers d'une même journée est plus élevée que l'autre ; l'une des basses mers l'est moins que l'autre. Ceci entraîne une inégalité de durée des deux périodes de flot successives (exemples : 3/I/58 au 8/I/58) (fig. 11). Cette marée d'un type mixte est caractérisée par une inégalité diurne et est à ce titre nettement différente des marées des côtes françaises de l'Atlantique qui sont d'un type semi-diurne presque parfait (abstraction faite d'une inégalité diurne de 1 à 2 cm qui est négligeable comparée à l'amplitude de la marée). L'inégalité diurne varie au cours d'un mois : les différences des niveaux atteints par deux hautes mers successives varient à Sète de 1 à 15 cm et peuvent exceptionnellement dépasser ce chiffre. L'amplitude est

également l'objet de fluctuations qui se situent entre 1 et 30 cm environ (la fig. 12 représente la courbe de fréquence des amplitudes de marée : elle a été établie en fonction des observations de l'année 1958) et présente un mode à 14 cm. L'amplitude moyenne est également de 14 cm.

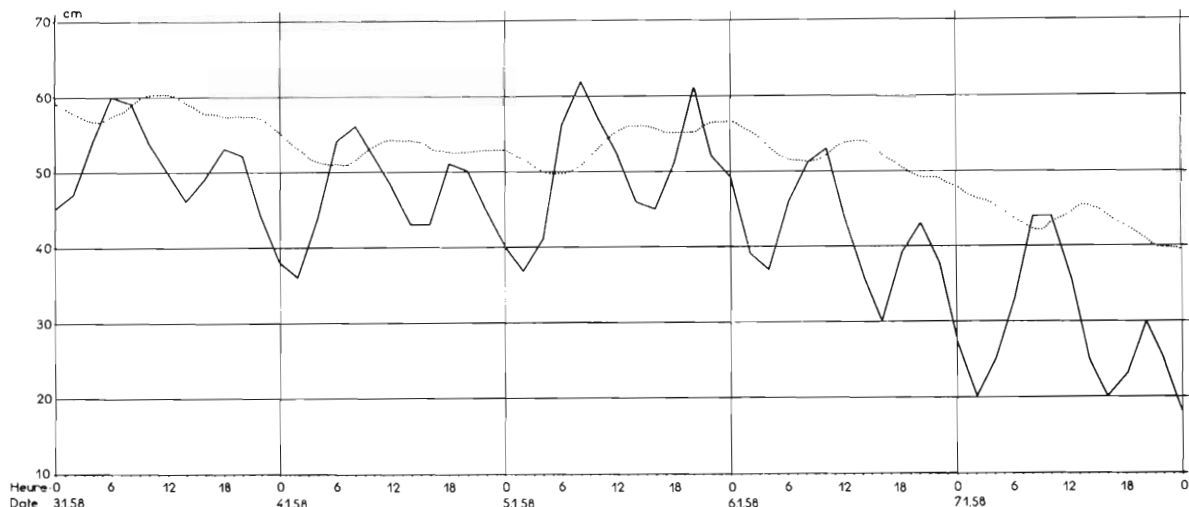


Fig. 11. — Courbes des niveaux de la mer (trait plein) et de l'étang (pointillé) · période du 3 au 8-1-1958.

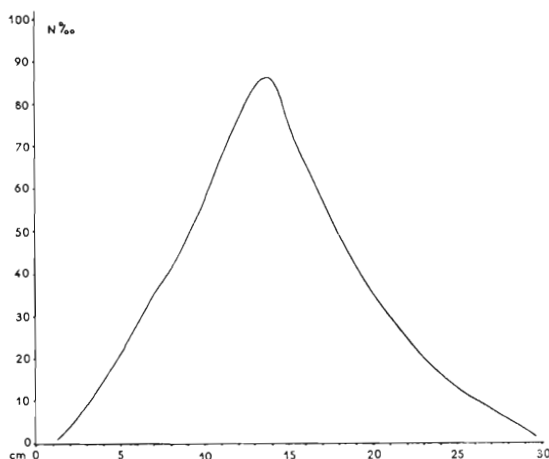


Fig. 12. — Courbe de fréquence des amplitudes de la marée.

La durée du flux et celle du reflux sont variables; mais souvent la première est plus courte que la seconde. En 1958 par exemple, le flot a duré en moyenne cinq heures trente-cinq minutes et le jusant six heures quarante et une minutes.

### 3° La marée dans l'étang.

Les abaissements et les élévations périodiques du niveau de la mer dus à la marée provoquent des variations de niveau correspondantes de l'étang. Cependant l'amplitude de ces variations est moindre et n'est pas rigoureusement proportionnelle à l'amplitude du mouvement qui la provoque; différents facteurs empêchent en effet que la similitude des deux courbes de marée ne soit absolue. L'un des principaux est le débit limité des canaux de Sète variant en fonction des dénivellations relatives de l'étang et de la mer.

La durée du flux et du reflux est variable : d'une façon générale, plus les variations du niveau de la mer sont rapides, moins l'augmentation du niveau correspondant de l'étang est élevée.

Examinons à titre d'exemple les courbes des marégraphes pour la période des 4 et 5 août 1959 (fig. 13). A 12 h le 4 août la mer est basse et son niveau est de 34 cm ; elle monte jusqu'à 20 h et son maximum atteint 62 cm soit une amplitude de 28 cm .

Le niveau de l'étang qui était à 19 h légèrement supérieur à 44 cm s'élève jusqu'à 49,5 cm, cote atteinte à 3 h 30 le 5 août. Le décalage horaire observé entre les maximum de la mer et de l'étang est de 7 h 30 dans ce cas particulier et l'augmentation du niveau de l'étang est de 3,5 cm .

La marée suivante d'amplitude moindre (12 cm) provoque une augmentation de niveau qui est légèrement inférieure à 1 cm. La durée du flot dans l'un et l'autre cas (8 h et 4 h) est la même en mer et dans l'étang.

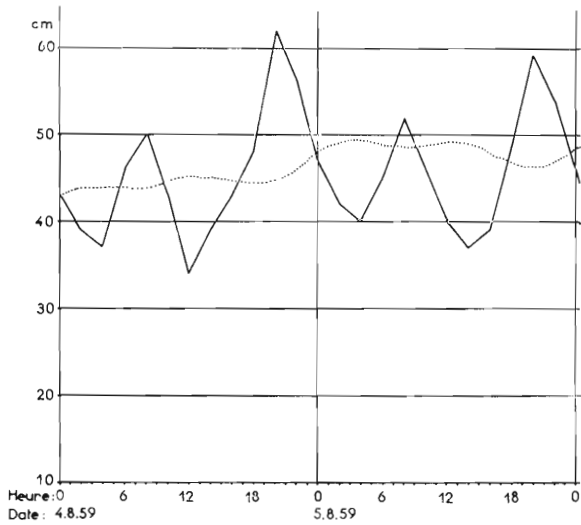


FIG. 13. — Courbes des niveaux de la mer (trait plein) et de l'étang (pointillé) : période des 4 et 5-VIII-1959.

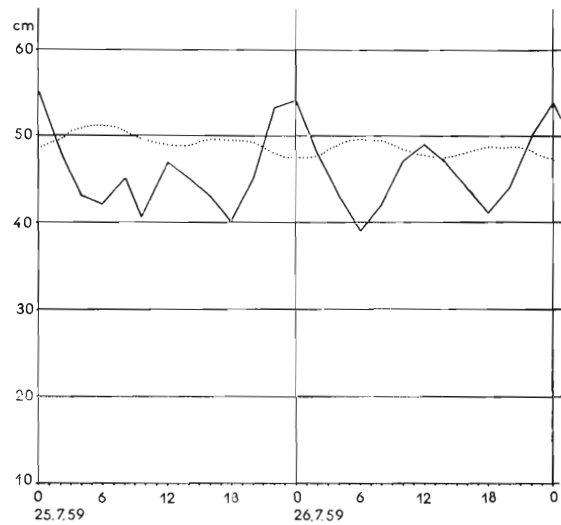


FIG. 14. — Courbes des niveaux de la mer (trait plein) et de l'étang (pointillé) : période des 25 et 26-VII-1959.

La période des 25 et 26 juillet 1959 (fig. 14) nous offre un autre exemple des repercussions de la marée dans l'étang. A 18 h le 25 la mer est basse, son niveau est de 40 cm et s'élève jusqu'à 54 cm le 26 à 0 h soit une amplitude de 14 cm. L'étang s'élève parallèlement de 2 cm entre 23 h le 25 et 5 h le 26. La marée suivante, d'une amplitude de 10 cm, provoque une élévation de l'étang légèrement supérieure à 1 cm.

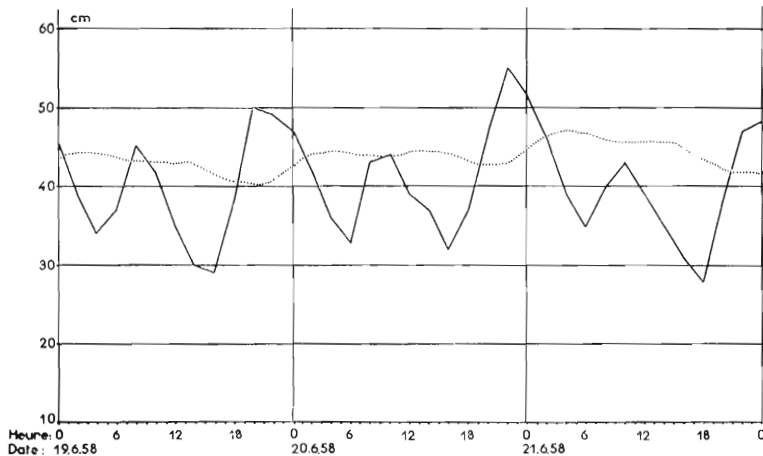


FIG. 15. — Courbes des niveaux de la mer (trait plein) et de l'étang (pointillé) période du 19 au 21-VI-1958.

Il arrive parfois que seule la marée la plus forte provoque une augmentation sensible du niveau de l'étang, celle qui la suit n'entraînant qu'une stabilisation de ce niveau (19, 20 et 21 juin 1958) pendant plusieurs heures (fig. 15).

Mais, à part quelques cas exceptionnels, les augmentations de niveau de l'étang dues à la marée, si faibles soient-elles, sont toujours perceptibles. Il convient de rapprocher ces observations de celles de SUDRY qui constatait en 1909 que la marée n'était pas perceptible dans l'étang, et que seul un examen attentif de la courbe du marégraphe de l'étang révélait toutefois dans certains cas une oscillation de 1/2 cm d'amplitude et d'une période de 6 h environ.

Ces différences, essentielles quant à leurs conséquences sur l'hydrologie de l'étang, sont dues aux importantes modifications apportées aux canaux de Sète depuis cette époque, modifications signalées au début de ce travail.

#### 4° Le niveau de la mer et de l'étang.

##### a) *Influence des vents et de la pression atmosphérique sur les variations du niveau de la mer. Incidence sur le niveau de l'étang.*

Outre le phénomène de la marée, le niveau de la mer subit principalement l'influence des conditions météorologiques et en particulier des vents et de la pression atmosphérique.

Ces variations plus lentes sont plus importantes que celles de la marée. Le mistral provoque un abaissement du niveau de la mer au voisinage de la côte tandis que les vents d'est entraînent une élévation de celui-ci.

Ces modifications de niveau sont progressives et d'un rythme plus lent que la marée car elles sont réparties sur une période de temps plus étendue. Elles sont la cause d'élévations ou d'abaissements du niveau de l'étang : l'examen des courbes des marégraphe en révèle de nombreux exemples. En voici quelques-uns choisis parmi les plus caractéristiques.

Le 12 mars 1954 à 0 h le niveau de l'étang est de 51 cm. Les vents soufflent du SE et sont accompagnés de pluie. Le niveau de la mer s'élève et parallèlement entraîne l'élévation du niveau de l'étang qui monte régulièrement : il atteint 60 cm à 18 h, 62 cm le 13 à 0 h, 77 cm à 10 h, 82 cm à 23 h 30 puis, le vent cessant, le niveau baisse progressivement. Le 16 à 6 h il n'est plus que de 55 cm. Ainsi il a monté de 31 cm en 48 h puis diminué de 27 cm en 54 h. Le volume de l'étang a ainsi augmenté de plus de 23 millions de m<sup>3</sup> d'eau marine du 12 au 14, puis, pendant les deux jours suivants, une quantité presque équivalente d'eau de l'étang a été dirigée vers la mer.

A la suite d'une période de mistral soufflant au début de décembre 1957, le niveau de l'étang était de 38 cm le 10 à 10 h. Par vents de SE violents le niveau est monté rapidement. Le 11 à 0 h, 46 cm. Le 11 à 18 h, 70 cm. Le maximum est atteint le 13 à 18 h avec 83 cm. Ainsi une augmentation de 45 cm a été enregistrée en 80 h : elle correspond à un apport d'eau marine voisin de 34 millions de m<sup>3</sup> soit en moyenne 425 000 m<sup>3</sup> par heure.

Nous avons pu observer le cas le plus caractéristique de la période 1954-1958 en décembre 1958. Par suite d'une élévation rapide du niveau de la mer, accompagnant une tempête de SE le niveau de l'étang qui était de 82 cm le 22 décembre à 4 h, a atteint 113 cm le 23 à 2 h : en 22 h le volume des eaux de Thau s'est accru de 23 millions de m<sup>3</sup> environ. Le débit horaire moyen des canaux de Sète a dépassé 1 million de m<sup>3</sup> ce qui peut être considéré comme une limite.

Souvent des périodes de hautes pressions accompagnant des vents violents du secteur N NO (mistral) font suite aux périodes de basses pressions et de vents marins. Le niveau de la mer, qui s'était élevé, s'abaisse puis se stabilise, tant que dure le mistral. Corrélativement, le niveau de l'étang diminue et l'équilibre se rétablit peu à peu.

La période s'étendant du 1<sup>er</sup> au 10 décembre 1955 nous fournit un exemple de la succession de ces phénomènes.

A la suite d'une nuit pluvieuse accompagnée de coups de vents de SE, le niveau de l'étang qui est de 62 cm le 1<sup>er</sup> décembre 1955 atteint 89 cm le 2 à 12 h puis le mistral s'établit et le niveau baisse régulièrement. Le 4 à 9 h, on note 48 cm. Le 6 à 11 h, 34 cm. Tant que le mistral dure, le niveau oscille entre 34 et 38 cm. Le 10, on observe 37 cm.

Citons encore un exemple de l'influence des vents de secteur nord : le 16 juillet 1958 à 8 h le niveau de l'étang est de 57 cm lorsque le mistral commence à souffler. Il descend alors assez rapidement, mais régulièrement, le 16 et le 17 : ce jour à 20 h il n'est plus que de 31 cm soit une diminution de 26 cm en 36 h qui correspond à une perte de volume pour l'étang de 19 500 000 m<sup>3</sup> avec une moyenne horaire de 540 000 m<sup>3</sup> environ.

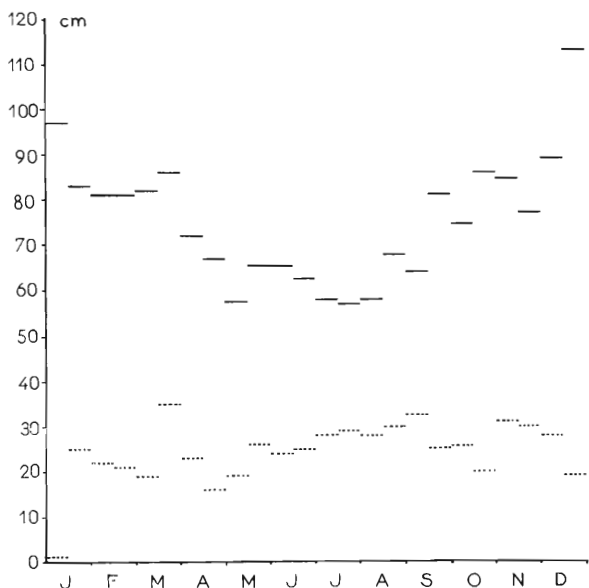


FIG. 16. — Niveaux maximum (trait plein) et minimum (pointillé) de l'étang.

Ainsi les vents qui soufflent de terre et les vents marins ont des conséquences inverses qui aboutissent cependant au même résultat : ils favorisent les échanges entre la mer et l'étang.

#### b) Niveaux maximum et minimum de l'étang.

Nous avons examiné les courbes du marégraphe de l'étang de 1954 à 1958. Pour chaque quinzaine correspondante des cinq années en cause nous avons noté les hauteurs minimales et maximales qui sont groupées sur la figure 16.

Les écarts de niveau les plus importants sont enregistrés en hiver (2<sup>e</sup> quinzaine de décembre et 1<sup>re</sup> quinzaine de janvier). C'est en effet pendant cette période que les vents exercent une influence plus marquée sur le niveau de l'étang.

En été par contre on note les écarts les plus minimes. Pendant la 2<sup>e</sup> quinzaine de juillet la différence entre les hauteurs minimales et maximales n'a pas excédé 28,5 cm au cours de la période considérée. Pendant la première quinzaine de janvier on observe l'amplitude la plus grande : 96 cm.

#### c) Bilan des échanges entre l'étang de Thau et la mer.

La marée entraînant des changements de niveaux de l'étang compris entre 1 et 5 cm on peut dire qu'à chaque marée, soit deux fois par jour, le volume d'eau échangé entre la mer et l'étang est compris entre 750 000 m<sup>3</sup> et 3 750 000 m<sup>3</sup>.

SUDRY a évalué à 700 000 m<sup>3</sup> environ le volume d'eau apporté pendant chaque période de 6 heures : la comparaison de nos chiffres avec les siens montre que les seuls échanges dus à la marée sont considérablement plus étendus et laisse prévoir que les conditions physico-chimiques de l'étang sont nettement différentes de ce qu'elles étaient il y a cinquante ans.

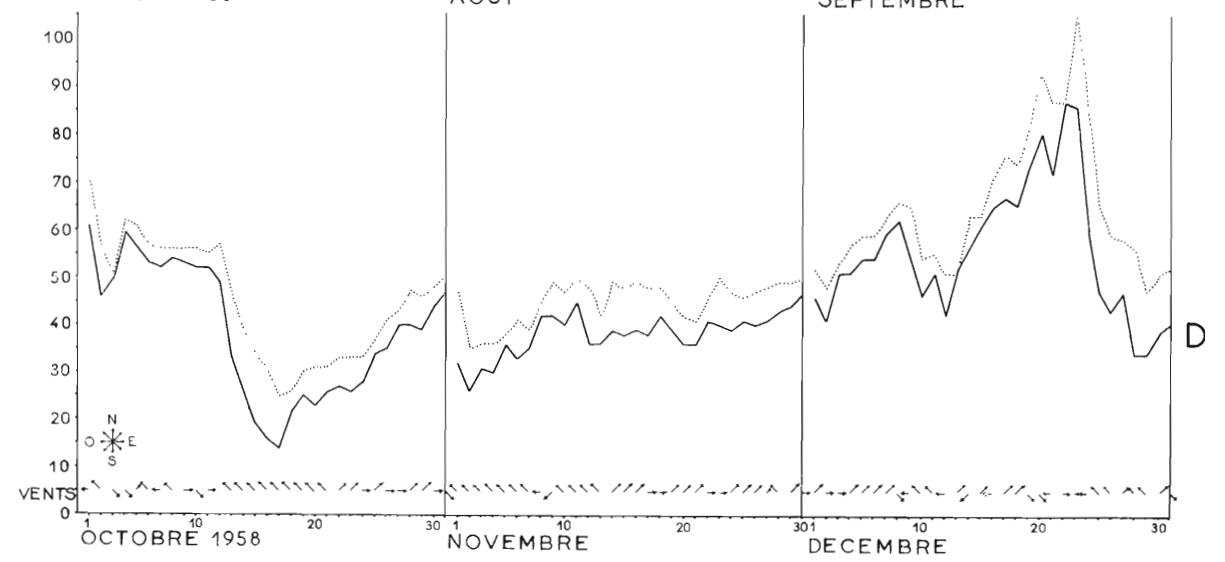
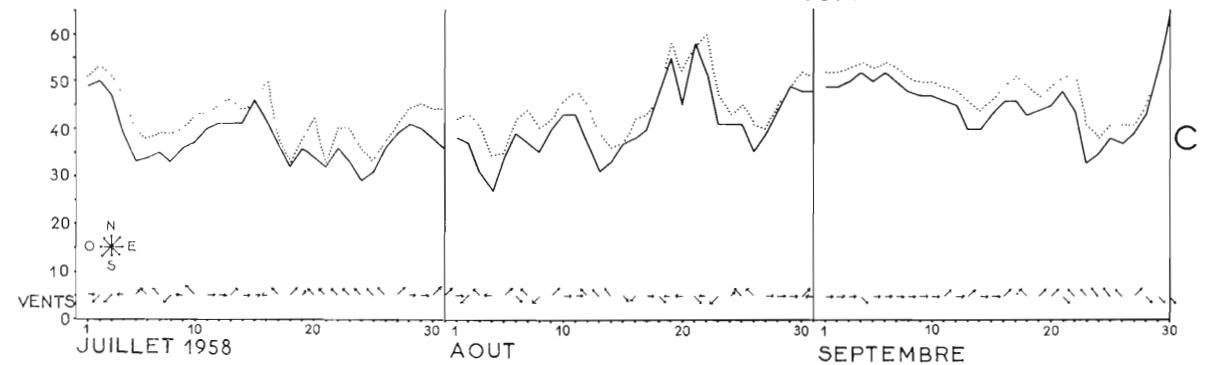
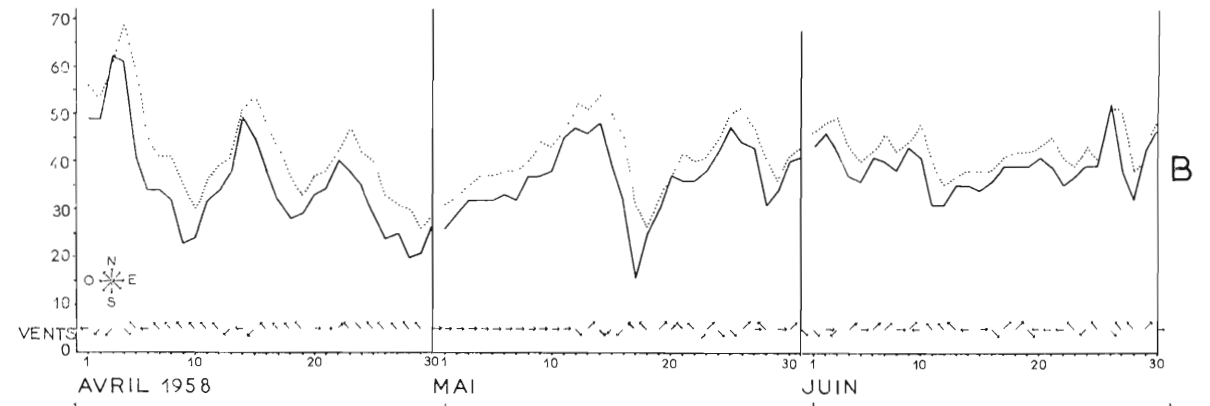
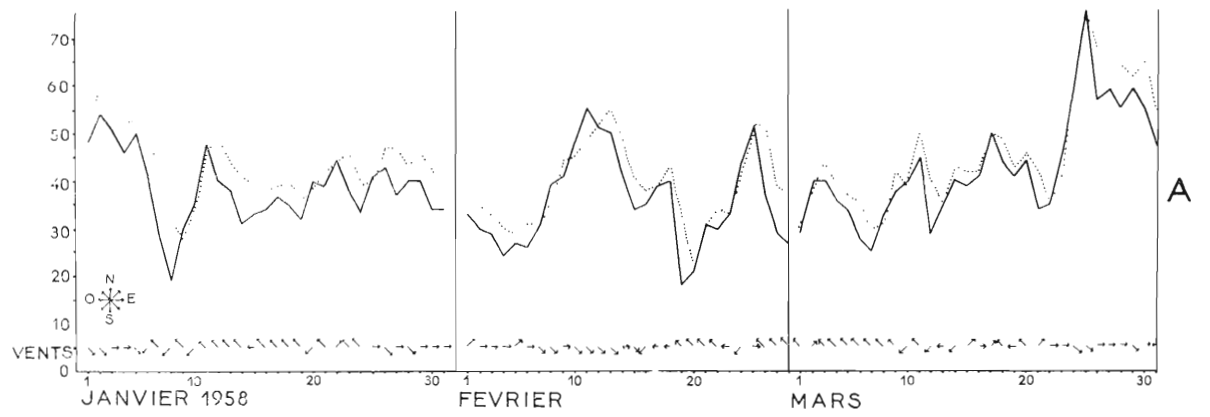
On peut évaluer l'ordre de grandeur des échanges plus lents qui surviennent pendant une période d'un mois et qui viennent s'ajouter à ceux que la marée provoque, en calculant les volumes correspondant aux dénivellations successives.

Ainsi, en avril 1958 par exemple (fig. 17 B), l'étang a reçu 42 750 000 m<sup>3</sup> d'eau d'origine marine et a laissé sortir 63 000 000 m<sup>3</sup>. L'étang a donc perdu durant ce mois 20 250 000 m<sup>3</sup> d'eau. En revanche, en mai 1958, 44 250 000 m<sup>3</sup> y ont pénétré et 35 250 000 m<sup>3</sup> en sont sortis, soit un gain de 9 000 000 m<sup>3</sup>.

#### d) Comparaison entre le niveau de la mer et celui de l'étang.

L'examen des courbes concernant une année complète (1958) permet d'envisager la plupart des cas qui peuvent se présenter (fig. 17).

On constate une succession irrégulière d'élévations et d'abaissements du niveau d'amplitudes diverses. On y retrouve l'influence caractéristique du mistral (11 au 14 janvier, 26 au 28 février, 22 au 29 avril, etc.). On y voit également celle des vents marins d'est (1<sup>re</sup> au 11 mai par exemple).



Les deux courbes ont la même allure, mais celle de l'étang est « en retard » sur l'autre : elle la suit, ce qui constitue une preuve de plus de l'influence prépondérante du niveau de la mer sur celui de l'étang. Ce décalage, visible surtout aux valeurs maximales et minimales des courbes, est de l'ordre d'une journée.

Le mois d'avril en fournit des exemples caractéristiques. Si nous avons affaire à deux mouvements périodiques (dans certains cas le phénomène étudié ressemble à de tels mouvements, en avril 1958 par exemple), nous dirions qu'ils présentent l'un par rapport à l'autre une différence de phase, la même période et sensiblement la même amplitude.

Cette différence de phase est due aux canaux de Sète qui s'opposent à la concordance. Il est pratiquement impossible de définir parfaitement la loi du mouvement, trop de facteurs étant variables.

Le niveau moyen de la mer est presque toujours inférieur à celui de l'étang.

Pendant la période s'étendant du 4 avril au 20 mai, par exemple, la courbe intéressant l'étang a toujours dominé l'autre et les différences de niveau ont atteint 10 à 12 cm.

Ces différences sont plus importantes entre les portions ascendantes des courbes qu'entre les portions descendantes. Ainsi, entre le 4 avril et le 9 avril, elles varient de 8 à 12 cm, tandis que du 10 au 14 avril, elles sont comprises entre 6 et 2 cm.

Mais ces variations ne sont qu'apparentes et ne correspondent pas à une instabilité réelle de l'équilibre des deux masses d'eau en présence : il suffit pour s'en rendre compte de placer les courbes en concordance. Elles deviennent alors sensiblement parallèles et tout se passe comme si on les avait tracées en utilisant deux axes de coordonnées horizontaux également parallèles et correspondant, l'un au niveau moyen de l'étang, l'autre au niveau moyen de la mer, cette notion de niveau moyen étant considérée dans un sens plus large que celui donné par nous jusqu'à présent.

Si l'on choisit une période où l'amplitude des oscillations est faible, par exemple du 1<sup>er</sup> au 20 septembre, on constate encore que le niveau de l'étang est supérieur à celui de la mer et que la différence varie moins (2 à 5 cm).

Le niveau moyen annuel (moyenne des niveaux journaliers) de la mer s'est élevé en 1958 à 40,8 cm et en 1959 à 42,8 cm. Les valeurs de celui de l'étang ont été : 45,7 cm pour 1958 et 48,3 cm pour 1959.

Cette constance des observations traduit un état d'équilibre entre les deux masses d'eau, celle de l'étang et celle de la mer. Cet état d'équilibre est précaire puisque les différents niveaux qui le caractérisent sont eux-mêmes variables. Il n'en existe pas moins.

En fait, l'étang et la mer constituent à l'échelle de la nature, l'expérience des vases communicants. Le fait que le niveau de l'étang est presque toujours supérieur à celui de la mer indique clairement que la plupart du temps les eaux de l'étang sont, à des degrés divers, plus légères que celles de la mer, que leur densité est plus faible.

Il arrive cependant quelquefois, durant une courte période, que le contraire soit réalisé. Ceci se produit, soit après une période où l'évaporation a été intense dans l'étang et a dépassé en volume les apports d'eau douce (par exemple le 20 août 1958), soit lorsque les eaux marines côtières sont l'objet d'un abaissement marqué de densité.

## RESUME DU CHAPITRE I.

A Sète la marée est d'un type mixte caractérisé par une inégalité diurne variant au cours d'un mois. Nous avons déterminé l'amplitude moyenne de la marée qui est de 14 cm en mer, tandis que dans l'étang elle est moindre, tout en atteignant cependant plusieurs centimètres. La durée du flux et

FIG. 17. — A niveaux moyens de l'étang et de la mer, janvier, février, mars 1958.  
B niveaux moyens de l'étang et de la mer, avril, mai, juin 1958.  
C niveaux moyens de l'étang et de la mer, juillet, août, septembre 1958.  
D niveaux moyens de l'étang et de la mer, octobre, novembre, décembre 1958.

(En ordonnées, les niveaux en cm; en pointillé celui de l'étang, en trait plein celui de la mer.)

du reflux est variable. Les différences entre nos propres observations et celles de SUDRY, vieilles de 50 ans, ont été mises en évidence : ces différences sont dues aux modifications hydrologiques résultant de l'approfondissement des canaux de Sète.

Des exemples sont donnés ici concernant l'influence des vents et de la pression atmosphérique sur les variations du niveau de la mer. Le mistral qui s'accompagne de hautes pressions provoque un abaissement des niveaux de la mer et de l'étang : les vents d'est et les basses pressions entraînent au contraire une élévation de ceux-ci. Dans l'un et l'autre cas, les vents favorisent les échanges entre la mer et l'étang. Plus fréquents en hiver qu'en été, les vents sont cause d'échanges corrélatifs de cette fréquence. Pour la même raison, l'étang subit des variations de niveau plus grandes au cours de la saison hivernale que pendant la période estivale.

Une comparaison des courbes représentatives des niveaux nous a permis de dégager l'influence déterminante du niveau marin sur celui de l'étang et de noter que celui-ci était généralement supérieur à celui-là. La similitude des deux courbes témoigne de la dépendance de l'étang par rapport à la mer et traduit un état d'équilibre entre les deux masses d'eau, expression même du principe des vases communicants. L'exposé de nos mesures de salinité apportera la confirmation de ces observations tirées du seul examen des diagrammes des marégraphes.

## CHAPITRE II

### LES COURANTS

#### 1° Méthodes de mesure des courants.

Différentes méthodes ont été adoptées selon qu'il s'agissait d'étudier les courants des canaux de Sète ou ceux de l'étang proprement dit.

Un courantographe japonais ONO a servi dans une première série de mesures, puis, vu les difficultés rencontrées dans son utilisation, nous avons conçu et réalisé un courantographe dont la description sera donnée plus loin.

Ces deux appareils ont permis d'étudier la vitesse des courants chaque fois que celle-ci était supérieure à 0,5 cm par seconde.

Pour les vitesses inférieures, des bâtons lestés ont été utilisés. Nous avons eu recours aux méthodes indirectes basées sur les variations de la température et de la salinité dans le cas où les techniques précédentes étaient inapplicables.

#### a) Courantographe ONO.

Conçu pour être utilisé jusqu'à 50 m de profondeur, l'ONO se compose essentiellement d'un caisson en bronze. Etanche et profilé, il comporte un empennage stabilisateur. Le mécanisme d'enregistrement est placé à l'intérieur du caisson. À l'extérieur et à l'avant de celui-ci se trouve une hélice couplée à un aimant par un jeu d'engrenages. À travers la paroi avant du caisson cet aimant peut entraîner un second situé à l'intérieur. Ce dernier est solidaire d'une vis sans fin qui actionne une roue dentée portant une came. Cette came appuie sur l'extrémité d'un levier dont la partie opposée :

1° bloque un compas magnétique comportant quatre plumes encrées de différentes couleurs correspondant aux points cardinaux ;

2° actionne, par l'intermédiaire d'un jeu de tiges et de renvois, une plume destinée à enregistrer les vitesses des courants.



Les plumes correspondant aux directions et aux vitesses reposent sur une bande de papier de 6 cm de largeur qui s'enroule autour d'un tambour mû par un mouvement d'horlogerie. La vitesse de déroulement du papier est théoriquement de 6 cm par heure.

Chaque fois que la came appuie sur le levier, soit tous les 100 tours d'hélice, l'une des plumes du compas inscrit une trace colorée sur le papier tandis que la plume des vitesses inscrit une courbe en dents de scie, chaque dent correspondant également à 100 tours de moulinet.

L'appareil est prévu en principe pour fonctionner trois jours. Il comporte deux erses de suspension destinées à être reliées respectivement à une bouée et à un poids, le poids reposant sur le fond et la bouée soutenant l'appareil au niveau désiré. Il est livré avec un jeu de trois hélices différentes correspondant à des vitesses de 0 à 2 nœuds, 0 à 4 nœuds et 0 à 6 nœuds.

La conception de l'appareil est relativement simple, séduisante même. Cependant, le fonctionnement de l'ONO s'avère défectueux. Il nous a déçu à maints égards. Résumons donc ses défauts : les plumes, composées d'un petit godet conique contenant l'encre, ne consentent à remplir leur rôle que pendant quelques heures à peine, l'encre se répandant souvent sur le papier. L'inscription des caps est très imprécise et la marge d'incertitude atteint 10 à 20 degrés. L'action qu'exercent les aimants sur le compas est sensible. Théoriquement, le papier se déroule à la vitesse de 1 mm par minute. Ceci est valable tant que l'épaisseur du papier enroulé sur le tambour du mouvement d'horlogerie est faible, c'est-à-dire au début de l'enregistrement d'une bande. Par la suite, l'interposition de plusieurs couches de papier sur ce tambour entraîne une augmentation progressive de la vitesse de déroulement qui nécessite certaines corrections lors du dépouillement du résultat. On observe un décalage horaire dû au jeu des pignons du mouvement d'horlogerie. Pour y remédier, il faut freiner légèrement la vitesse de déroulement du papier. Mais la lecture des diagrammes est souvent difficile.

Cependant quelques enregistrements convenables ont été obtenus après bien des essais infructueux.

#### **b) Appareil I.P.M.**

Ayant pratiquement renoncé à utiliser l'ONO à cause de ses imperfections, nous avons conçu et mis au point un appareil dérivé de l'ONO par certains aspects, mais mieux adapté aux mesures désirées.

Il comprend deux parties distinctes reliées par un câble électrique. L'une est immergée à l'endroit des mesures, l'autre peut être placée, soit à terre, soit à bord d'une embarcation.

Sa partie immergée se compose d'un caisson étanche en forme de fusée, muni de stabilisateurs comparables à ceux de l'ONO, caisson à l'avant duquel est placé une hélice. A travers la paroi avant, le mouvement de l'hélice est transmis à l'intérieur du caisson par un entraînement magnétique solidaire d'une came qui commande des contacts à rupture brusque reliés à un câble à deux conducteurs de faible section. Ce câble, qui sort du caisson par un presse-étoupe, est disposé de façon à ne pas influencer les mouvements du courantographe. Il vient s'insérer dans les torons de la corde reliant le courantographe au poids qui l'immobilise sur le fond et au bateau ou à la rive.

La partie émergée est composée :

a) d'un boîtier comportant des piles et 2 relais dont un relais de comptage, 1 minuterie, ainsi que des circuits électriques câblés suivant le schéma de la figure 18 ; ce boîtier reçoit le câble à deux conducteurs provenant de la partie immergée ;

b) un dispositif d'inscription : c'est un relais spécial « indicateur d'opérations » ; la palette de ce relais commande le déplacement d'un style contenant une réserve d'encre et reposant sur la bande d'un mécanisme enregistreur ;

c) un mécanisme enregistreur qui peut être réservé spécialement aux mesures de courant ou provenir d'un autre type d'appareil de mesures comportant lui-même un système d'enregistrement sur bande.

Nous avons utilisé nous-mêmes un pont de Wheatstone électronique enregistreur qui nous servait déjà pour des mesures de température. Des observations thermiques et des mesures de courant ont pu être ainsi conjointement enregistrées.

Le déroulement du papier diagramme est assuré par un moteur électrique et l'on peut faire varier la vitesse de déroulement à volonté entre 12 et 2 438 mm/h. La plupart de nos mesures ont été faites en utilisant une vitesse de déroulement de 100 mm/h. Cet appareil fonctionne indifféremment, soit à bord d'une embarcation même légère, soit à terre.

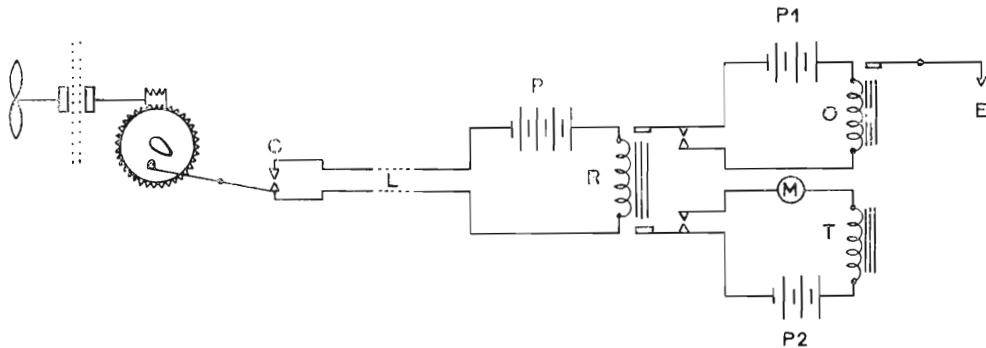


FIG. 18. — Courantomètre I.P.M., schéma de montage

*Principe de fonctionnement de l'ensemble.*

Tous les 100 tours d'hélice, la came, agissant sur le contact à rupture brusque, provoque la fermeture d'un circuit électrique composé du contact C, de la pile P, et du relais R. La palette du relais R, en étant attirée, commande la fermeture de deux circuits ; l'un comprend la pile P1 et l'indicateur d'opérations O, l'autre est composé de la pile P2, du relais de comptage totalisateur T et de l'interrupteur-minuterie M.

Le style de l'indicateur d'opérations inscrit un diagramme composé d'une succession de créneaux, l'un de ceux-ci ayant une longueur correspondant à la vitesse du courant. Par ailleurs, tous les 100 tours d'hélice, le chiffre porté au relais de comptage augmente d'une unité. Ainsi il suffit de noter la différence des deux chiffres du totalisateur au début et à la fin d'un temps donné et de reporter l'indication sur un abaque pour avoir la vitesse moyenne du courant. En comptant le nombre de créneaux compris sur le diagramme entre deux traits distants d'un quart d'heure, une heure etc. et en le reportant sur le même abaque, on obtient de la même façon la vitesse du courant.

Ce dispositif comporte évidemment un inconvénient par rapport au précédent : il nécessite la présence d'un câble électrique reliant les deux principales parties de l'appareil. En fait, dans son utilisation, nous n'avons jamais été gênés par ce câble qui fait partie intégrante de la corde reliant la boîte de mesure à l'enregistreur. De toute façon, on est bien obligé de relier l'appareil, soit à une bouée visible à la surface, soit à un bateau, soit à la rive ; qu'il s'agisse d'un simple câble de jonction ou d'un câble comportant deux conducteurs, ceci ne change rien à la difficulté.

Le relais R est extrêmement sensible. Il fonctionne entre 20 et 32 volts continus et ne consomme pas plus de 50 milliampères. Dans ces conditions la longueur du câble n'a que peu d'importance. Nous avons utilisé des câbles de plus de 200 m de long : la chute de tension dans la ligne n'excédait pas 1 volt et n'affectait en rien le fonctionnement du relais.

Par contre, il présente de nombreux avantages. A tout moment l'observateur, qui voit le diagramme se dérouler sous ses yeux, suit le phénomène. Si le courantomètre est immergé au fond, il a en même temps la possibilité de noter ce qu'il observe directement en surface. Dans le cas parti-

culier de notre montage, la température est mesurée simultanément. Aucun organe coûteux ne se trouve immergé ; l'enregistreur est à l'abri, soit à bord de l'embarcation, soit à terre et ne court pas le risque d'être perdu ou endommagé. Les observations peuvent être poursuivies en un même point pendant une période assez longue sans inconvénient. Nos mesures ont été limitées volontairement à des périodes de 15 jours.

### c) *Bâtons lestés.*

Les courantographes permettent de mesurer avec une certaine précision les variations de vitesse et éventuellement de direction des courants en un point, mais il faudrait disposer d'un grand nombre d'appareils fonctionnant simultanément en divers endroits pour avoir une idée exacte de la situation générale des courants dans une aire donnée. Ne disposant que d'un seul courantographe, nous avons été obligés d'avoir recours à la méthode qui paraît la plus simple, celle qui consiste à suivre les déplacements de flotteurs. En pratique, des séries de bâtons en bois de 2 m de longueur ont été utilisés. Ils ont été convenablement lestés à l'une des extrémités, de façon qu'ils se maintiennent verticalement, l'extrémité opposée dépassant de 0,50 m environ la surface de l'eau. Leur position a été repérée à intervalles rapprochés, à l'aide de cercles hydrographiques.

Afin d'éliminer autant que possible l'influence du vent, des jours calmes ont été choisis. L'expérience montre d'ailleurs que cette méthode est impossible à utiliser lorsqu'il y a un peu de houle : on perd rapidement de vue les bâtons qu'il est difficile de retrouver ensuite.

A noter que cette méthode renseigne seulement sur les courants de surface.

### d) *Méthodes indirectes.*

L'étang de Thau est une aire relativement petite. Les échanges entre la mer et la lagune, dus au courant, mettent ainsi en mouvement les différentes masses d'eau aux caractères physico-chimiques variés qui constituent l'ensemble des eaux de l'étang. Considérons le cas où, au cours d'une même journée, on fait des séries de mesures de température et de salinité en trois points A, B, C, de cette étendue.

Si on constate à l'heure H des températures T1, T2, T3 et des salinités S1, S2, S3 respectivement en A, B, C et si, à l'heure H', on note en B une température et une salinité sensiblement égales à T1 et S1 et en C du même ordre que T2 et S2, on peut valablement supposer que les masses d'eau qui se trouvaient en A à l'heure H sont en B à l'heure H' et que celles qui étaient en B sont en C.

Tel est, très schématisé, le principe de cette méthode qui a été appliquée avec toute la prudence qui convient pour éviter les erreurs d'interprétation.

## 2° **Les courants des canaux de Sète. Vitesse et direction.**

L'étude des variations de la température permet de préciser le rôle de la marée et d'apprécier la nature des échanges entre l'étang de Thau et la mer.

Afin de guider et de favoriser l'interprétation des résultats de mesures sur la vitesse des courants, les variations de la température obtenues à l'aide du pont de Wheatstone électronique ont été enregistrées simultanément au cours de plusieurs séries d'observations faites dans des conditions nettement différentes, au débouché des canaux de Sète dans l'étang.

La première a été effectuée en hiver, les 11 et 12 février 1959, à l'aide du courantographe ONO (fig. 19) ; la seconde, pendant la période s'étendant du 26 juillet au 6 août 1959 (fig. 20 et 21) avec le courantomètre I.P.M.

Les figures comportent :

le diagramme de la vitesse et de la direction du courant au fond : l'indication de la direction du courant en surface ;

la courbe des températures de l'eau au fond pour la figure 19, en surface et au fond pour les figures 20 et 21.

**a) Résultat des mesures faites en hiver avec le courantomètre ONO.**

Les 11 et 12 février le niveau de l'étang est nettement plus élevé que celui de la mer. Les oscillations du niveau de l'étang consécutives à la marée sont visibles. A la mer on observe plusieurs marées d'amplitude inégale. Pendant le reflux la température des eaux du fond reste invariable : elle

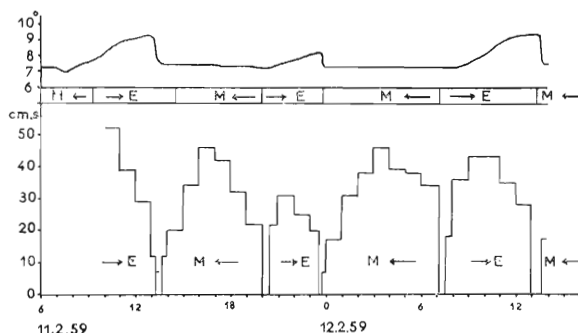


FIG. 19. — Vitesse des courants dans les canaux de Sète (période des 11 et 12-II-1959).

est voisine de 7°2 . Elle augmente assez rapidement pendant les premières heures du flux, plus lentement ensuite. La température atteint un maximum de 9° . Au moment où le courant change de sens, on note un abaissement brutal et de nouveau la température tombe à 7°2 . Entre 20 h 30 et 23 h 30 la marée, de plus faible amplitude que la précédente et la suivante, s'accompagne d'une élévation de température moins marquée : le maximum atteint seulement 8°20 .

Entre 7 h 15 et 13 h 15 le 11, le courant se dirige vers l'étang au fond, tandis qu'en surface il continue d'aller vers la mer jusqu'à 9 h 15. A 13 h 30 le courant au fond s'est inversé et se dirige vers la mer alors que le courant de surface continue lentement d'aller vers l'étang jusqu'à 14 h 30, puis se dirige vers la mer jusqu'à 20 h, moment où l'un et l'autre changent de sens simultanément. Ainsi le 11 février 1959 entre 7 h 15 et 9 h 15, ils étaient inverses. L'eau de surface moins dense s'écoulait vers la mer tandis que l'eau marine plus dense pénétrait dans la lagune par le fond. On note un décalage également entre 13 h 30 et 14 h 30, vraisemblablement sous l'influence des vents marins qui accélèrent la vitesse du courant en surface et prolongent la durée du flux.

Pendant cette période on constate que la durée du flux est plus courte que celle du reflux.

Vers 10 h le 11 février, alors que la marée atteint une forte amplitude, la vitesse du courant dépasse 50 cm par seconde au fond, puis diminue graduellement alors que la mer baisse. Les trois marées successives sont d'inégale amplitude ; la vitesse correspondante atteinte pendant le flot n'est pas la même. La seconde entraîne des courants de 30 cm/s au maximum et la durée du flot n'excède pas trois heures. Les courants atteignent 43 cm/s lors de la troisième marée et la durée du flot est nettement supérieure ; elle dépasse en effet cinq heures.

Les vitesses de courants observées pendant le flux sont du même ordre de grandeur.

**b) Résultats des mesures faites en été avec le courantomètre I.P.M.**

Lors de la deuxième série de mesures entre le 26 juillet et le 6 août 1959, les courants subissent des influences météorologiques diverses. Leur allure, leur vitesse, la forme des courbes qui les représentent sont également variées.

Nous distinguerons trois périodes caractéristiques :

1° **Période du 26 au 28 juillet** : les résultats obtenus correspondent à une période de beaux temps. L'influence des vents est très faible ; l'amplitude des marées est moyenne.

Les diagrammes de température ont une allure différente au fond et en surface mais ces différences sont surtout marquées lorsque le courant se dirige vers la mer.

Au cours du reflux la température varie peu en surface : elle dépasse  $23^{\circ}$  ce qui correspond à l'ordre de grandeur de la température des eaux superficielles de l'étang à cette époque. Le début du flot est marqué par un abaissement progressif de la température qui atteint un minimum à la fin de cette phase de la marée ( $18^{\circ}$  environ). Lorsque les eaux superficielles sortent à nouveau de la lagune on observe une élévation brutale.

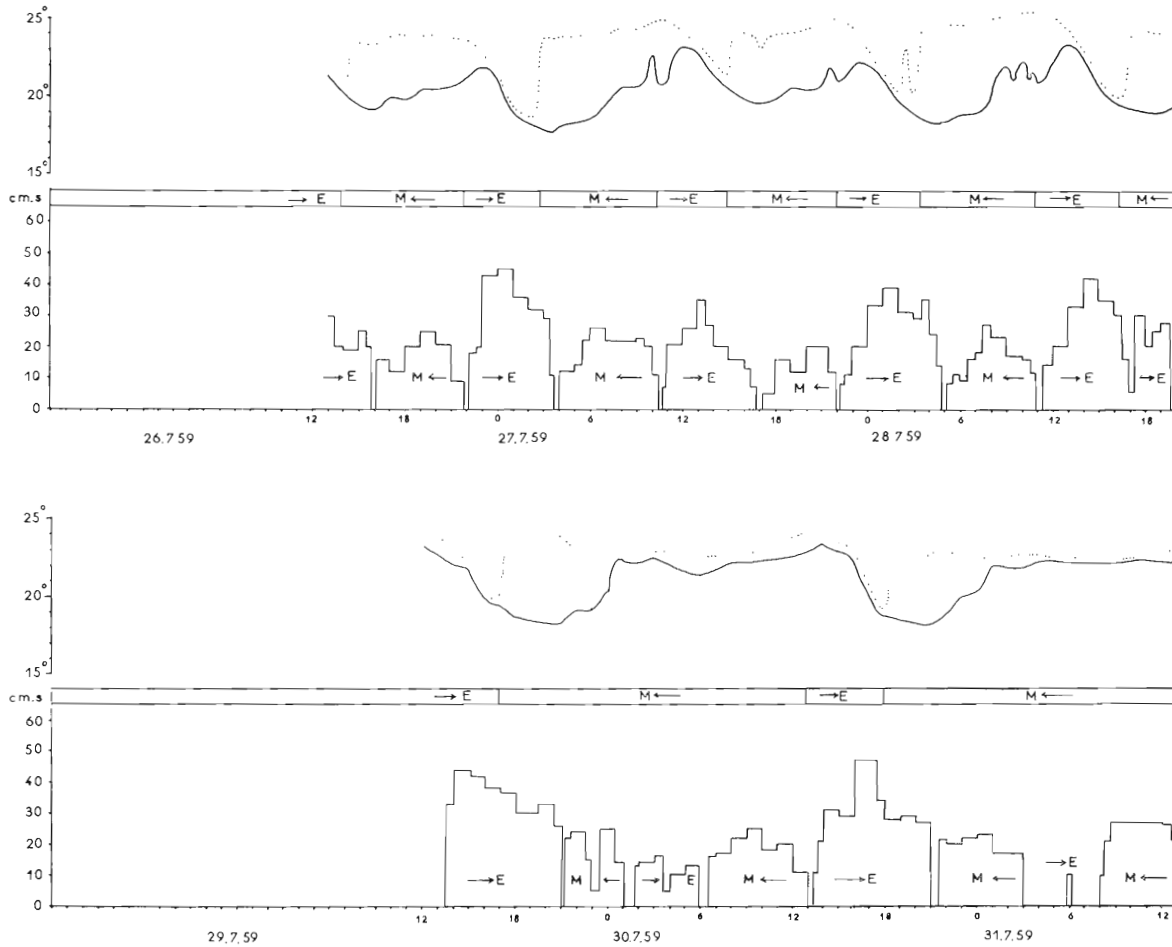


FIG. 20. — Vitesse des courants dans les canaux de Sète (période du 26 au 31-VII-1959).

Au fond, les variations sont plus atténuées. La température est toujours inférieure à celle de la surface. Pendant le flot les courbes sont parallèles ; elles ont la même allure et les températures diffèrent peu ; le moment du changement de courant au fond ne se traduit pas par une variation brutale de la température comme on l'a noté en surface : la température s'élève progressivement mais reste notablement inférieure à celle des eaux de surface. Le début du flot s'accompagne d'une élévation de la température suivie d'une diminution progressive.

Ces observations se justifient par les considérations suivantes. En été la zone côtière marine est plus fraîche que la surface de l'étang. Lorsque le courant se dirige encore vers la mer, à la fin

de la phase de sortie, les canaux de Sète sont remplis par les eaux provenant de celui-ci, donc plus chaudes que les eaux marines. Elles sont les premières à y pénétrer à nouveau, tant en surface qu'au fond, au début du flux. C'est ce qui explique l'augmentation de la température enregistrée au fond à ce moment. Les eaux marines pénètrent ensuite dans l'étang, tant en surface qu'au fond. Elles entraînent avec elles, en s'y mélangeant, des eaux sorties lors des reflux précédents et accumulées dans l'avant-port. Lors du flux, on observe donc un abaissement de température d'autant plus marqué que la prédominance des eaux marines est plus forte. A la fin du flux la température se stabilise : ce

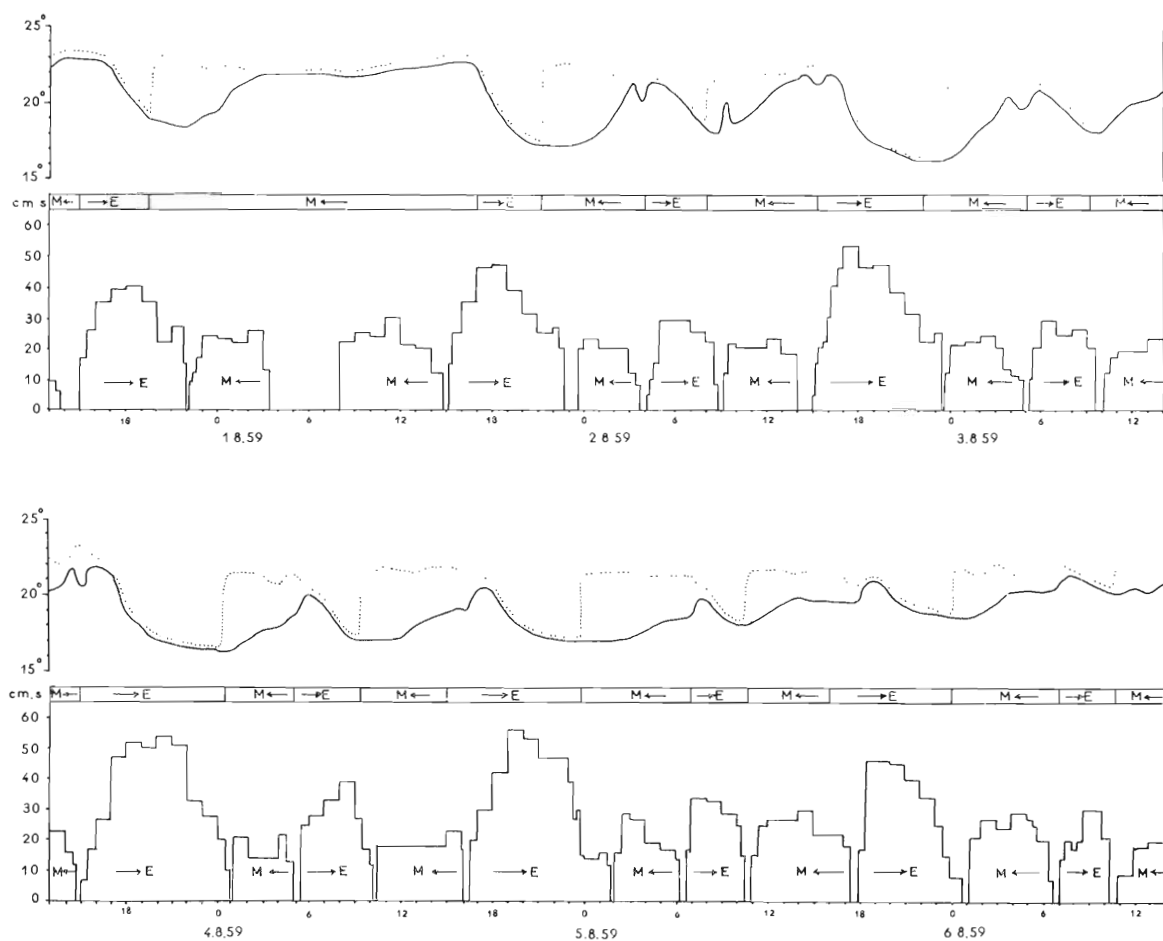


FIG. 21. — Vitesse des courants dans les canaux de Sète (période du 1 au 6-VIII-1959).

sont, à ce moment, des eaux d'origine purement marine qui pénètrent dans l'étang. Généralement plus denses, elles tendent à s'insérer sous la couche superficielle chaude qui amorce un mouvement inverse. Dès que la vitesse du courant n'est plus suffisante pour contenir les eaux de surface qui se sont accumulées principalement dans la partie orientale de l'étang des Eaux Blanches, celles-ci glissent au-dessus des eaux plus denses du canal et sont entraînées vers la mer. Le courant profond, vers l'étang, peut alors continuer pendant un temps plus ou moins long, parfois pendant plusieurs heures, tant que les niveaux entre la mer et le bassin sont voisins de l'état d'équilibre. On note alors un certain ralentissement de la vitesse du courant au fond.

Le 27 juillet, la coexistence de ces deux courants inverses se manifeste entre 2 h 30 et 3 h 30, puis entre 15 et 17 h, le 28 entre 3 h et 5 h.

Le mouvement de la couche superficielle finit par se communiquer à celle du fond par suite du frottement. On assiste alors à un mouvement de sortie des eaux recouvrant le fond de l'étang des Eaux Blanches et qui étaient entrées pendant les phases de flux antérieures. Elles ne sont mélangées que partiellement aux eaux de surface. Ceci motive une température plus basse et les différences de température entre les observations en surface et au fond lors du reflux.

Pendant cette période, lorsque le courant se dirige vers l'étang, la vitesse maximum, au fond, se situe entre 30 et 40 cm/s ; elle est légèrement plus élevée que la vitesse atteinte lors du reflux (25 cm/s).

**2° Période du 29 juillet au 1<sup>er</sup> août :** elle se caractérise par l'influence du mistral. Le 29 juillet, en effet, il commence à souffler.

Au fond, le courant va vers l'étang entre 13 h 30 et 21 h, mais sous l'influence du mistral, dès 17 h, les eaux superficielles sortent sans interruption jusqu'au lendemain à 13 h. Aussi, entre 17 h et 21 h, les courants sont inverses en surface et au fond. Le courant au fond garde cependant une vitesse notable (plus de 30 cm/s). A partir de ce moment, les phases de la marée ne sont plus visibles qu'au fond. Elles sont fortement atténuées. Ainsi entre 2 h et 6 h le 30 juillet la vitesse du courant d'entrée des eaux ne dépasse pas 16 cm par seconde. On note seulement un léger fléchissement de la température, il ne dépasse pas 1°. Le niveau de l'étang s'abaisse régulièrement. On observe le 30 une marée assez forte qui provoque au fond l'entrée des eaux, de 13 h 30 à 21 h (la vitesse au fond atteint 17 cm/s) ; en surface les eaux rentrent également mais seulement entre 13 h 30 et 18 h, puis sortent à nouveau pendant 17 heures consécutives. Cependant au fond, le courant se dirige vers la mer de 21 h 30 à 3 h, puis sa vitesse devient inférieure à la limite de sensibilité du courantographe. Pendant un court laps de temps, un quart d'heure à peine, vers 6 h, le 31 juillet, le courant se dirige vers l'étang (la vitesse ne dépasse pas 10 cm/s) puis il s'annule à nouveau. A 8 h, il porte vers la mer. Le jour suivant les observations sont semblables. Sur le fond, le courant s'annule au moment où, normalement, il aurait dû se diriger vers l'étang ; simultanément, en surface il ralentit mais continue de se diriger vers la mer. Le 2 août, le mistral ayant cessé de souffler, la situation redevient normale.

Ainsi le mistral entraîne des perturbations dans le mécanisme de la marée. Ce vent favorise par contre l'établissement de courants de densité, lorsqu'il n'est pas très violent.

Pendant cette période on constate que, lors des reflux successifs, la vitesse au fond reste du même ordre, 20 à 30 cm/s environ. En revanche, les flux, lorsqu'ils existent, sont d'importance très variable.

**3° La période du 2 au 6 août 1959 :** elle est caractérisée par l'influence des vents marins et s'accompagne de marées successives, d'amplitude inégale mais généralement forte.

Les remarques faites concernant la période du 26 au 28 juillet pour la température restent valables ici. Les écarts entre minimum et maximum sont cependant plus importants (ils dépassent parfois 5°).

Au fond, les périodes de flux successives sont inégales, comme les marées qui les provoquent. Les plus grandes marées s'accompagnent, non seulement d'une durée plus longue du flot, mais aussi d'une vitesse de courant plus grande. Réciproquement les petites marées causent un flot moins long et moins rapide. Ainsi le 2 août, le flot de la matinée qui correspond à une marée de 9 cm d'amplitude a duré 4 h 30 ; la vitesse maximum a été de 29 cm/s. Le flot de la soirée correspondant à une marée de 17 cm, a duré 8 h 30 et la vitesse maximum a atteint 53 cm/s. Les périodes de reflux successives sont d'importance équivalente et la vitesse du courant au fond est généralement faible (20 à 30 cm/s) : la durée du reflux est de 4 à 5 heures.

On constate que le flux dure plus longtemps au fond qu'en surface. C'est l'inverse pour le reflux. Il y a en quelque sorte une compensation. Ces inégalités de durée entraînent, comme nous l'avons déjà vu, l'existence de courants inverses apparentés aux courants de densité.

Le flux continue au fond, alors qu'en surface le reflux est déjà amorcé ; à titre d'exemple citons : le 2 août entre 21 h 30 et 22 h 30, puis entre 8 h et 8 h 45. Le 3 août de 22 h 30 à 23 h 30, puis entre 9 h et 9 h 30, etc. Lorsque les courants sont inverses en surface et au fond la vitesse diminue : ceci est particulièrement apparent le 5 août entre 0 h et 1 h 30 : la vitesse passe de 47 cm/s à environ 15 cm/s.

### 3° Les courants de surface dans les Eaux Blanches et la partie orientale du Grand Etang.

Deux séries de « lancers » de bâtons lestés ont été faites le 15 octobre 1957. Le but recherché était de déterminer l'ordre de grandeur des vitesses de courants et aussi la direction générale de ceux-ci pendant le flux.

Le comportement d'un seul flotteur ne peut avoir de signification précise et c'est seulement en comparant les diverses routes suivies par chacun d'eux que l'on peut arriver à définir la tendance générale des courants dans un secteur déterminé. Il convient de préciser d'ailleurs que l'interprétation des résultats donnés par des lancers de flotteurs est assez délicate car, placés à l'origine apparemment dans les mêmes conditions, des flotteurs identiques suivent des routes parfois très différentes.

Le trajet parcouru par les bâtons a été obtenu en reportant sur une carte la position de chacun d'eux, repérée le plus souvent possible à l'aide de cercles hydrographiques.

Nous sommes convenus de relier les différents points obtenus afin de déterminer la distance minimum parcourue ; en fait, il est assez rare que les différents points soient alignés ; le parcours suivi est sinueux et la distance réelle parcourue par les bâtons entre deux des points extrêmes est supérieure à l'espace qui les sépare en droite ligne.

Deux points ont été retenus pour ces opérations, l'un situé au débouché des canaux de Sète dans l'étang, l'autre entre la pointe du Barrou et l'îlot de Roquerols.

Le 15 octobre un premier bâton (n° 1) a été lancé au moment où le courant était nul et peu de temps avant le flot ; les autres l'ont été pendant le flot, un intervalle d'une heure séparant chaque lancement.

Le tableau I indique la direction suivie par les bâtons, la distance totale parcourue pendant l'expérience et la distance du point de repêchage au point du lancer.

N <sup>os</sup>	Direction	Durée de l'expérience	Distance parcourue	Distance du point de départ au lieu du repêchage	Moyenne horaire	cm/s
1	O	1 h 30	660 m	600 m	440 m	12,2
2	N NO	5 h 32	1 900 m	1 850 m	343 m	9,5
3	N NO	5 h 06	1 930 m	1 300 m	378 m	10,5
4	N	4 h 07	1 500 m	1 400 m	364 m	10,1
5	NO	2 h 45	1 470 m	1 450 m	534 m	15,6

TABL. I. — Lancers de bâtons du 15 octobre 1957, 1<sup>re</sup> série.

Ces résultats montrent que la direction générale du courant de flot dans l'étang des Eaux Blanches est la même que celle de la portion terminale des canaux de Sète (entre le pont Sadi Carnot et la pointe de la Bordigue). A son arrivée dans l'étang des Eaux Blanches le flot, rencontrant la masse des eaux qui s'y trouvent déjà, tend à s'épanouir progressivement (la direction prise par le bâton n° 1 en est la preuve). Les eaux de rentrée ayant un « front » plus large que dans le canal perdent progressivement de leur vitesse. La vitesse moyenne du courant de flot dans



l'étang des Eaux Blanches varie entre 300 et 600 m à l'heure ; elle est notablement inférieure à celle que l'on peut observer dans les canaux. Les courants de flot sont nettement visibles dans la moitié ouest de l'étang des Eaux Blanches.

A mesure que le flux s'établit dans l'étang des Eaux Blanches, il entraîne le déplacement des eaux du détroit situé entre les pointes de Balaruc et du Barrou.

Les résultats de la deuxième série de lancers de bâtons nous renseignent sur les courants qui accompagnent ce déplacement (tabl. II).

N <sup>os</sup>	Direction	Durée de l'expérience	Distance parcourue	Distance du point de départ au lieu du repêchage	Moyenne horaire	cm/s
6	O	6 h 00	1 000 m	750 m	166 m	4,6
7	O	4 h 40	940 m	600 m	201 m	5,5
8	NO	2 h 30	580 m	580 m	232 m	6,4
9	NO	1 h 10	380 m	380 m	325 m	9

TABLE II. — Lancers de bâtons du 15 octobre 1957, 2<sup>e</sup> série.

La direction des courants de surface à leur entrée dans le Grand Etang est légèrement différente de celle prise dans l'étang des Eaux Blanches, elle s'infléchit vers l'ouest. Le trajet parcouru par les bâtons est nettement moins long que dans le Grand Etang. Le déplacement horaire moyen est de 250 m environ.

## RESUME DU CHAPITRE II.

Les variations de la vitesse du courant ont été précisées. Celle-ci dépasse parfois 50 cm par seconde dans les canaux de Sète mais reste généralement inférieure à ce chiffre.

Au cours du flux, l'étang des Eaux Blanches est parcouru par des courants de même direction générale que celle de la portion terminale des canaux de Sète (NO). Leur vitesse varie entre 0,20 m et 0,10 m par seconde. Dans le Grand Etang, la direction des courants de surface s'infléchit vers l'ouest et leur vitesse diminue.

Les variations de la vitesse du courant, lors du flux et du reflux dépendent pour une grande part de l'amplitude de la marée qui les provoque. Elles sont également fonction des vents qui créent des perturbations dans le cycle de la marée. Le mistral peut ainsi amener l'annulation du courant de flot au moins en surface et favoriser l'établissement de courants de sens inverse qui s'accompagnent d'une diminution de vitesse. La coexistence de tels courants opposés se manifeste parfois pendant plusieurs heures : la mise en évidence de ce phénomène constitue le résultat le plus marquant de cette recherche courantométrique qui facilitera l'interprétation des phénomènes hydrologiques exposés dans les chapitres suivants.

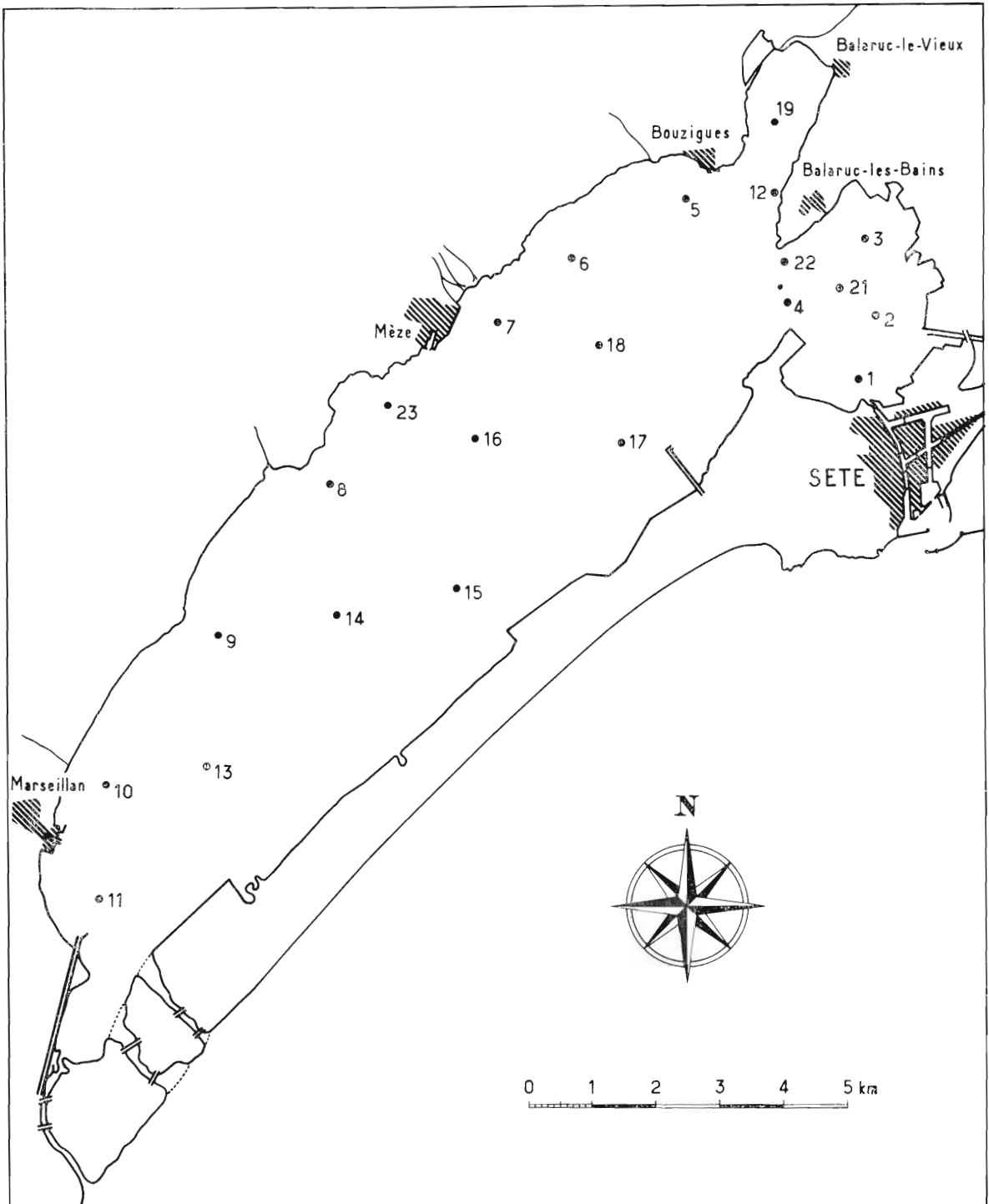


FIG. 22. — Carte des stations hydrologiques effectuées sur l'étang de Thau.

## TROISIEME PARTIE

### LA TEMPÉRATURE ET LA SALINITÉ

Le nombre des stations sur l'étang de Thau, peu après le début de nos observations, s'élevait à vingt-deux, numérotées de 1 à 19 et de 21 à 23 (fig. 22). La station 20 est celle de référence, en mer. A chacune des stations de l'étang, des relevés de température ont été effectués et des échantillons d'eau prélevés. Une à deux fois par mois, une série de mesures a été faite sur l'ensemble du réseau. Deux bouteilles à renversement du type Nansen, l'une étant réservée à des prélèvements effectués à un mètre au-dessous de la surface, l'autre destinée à recueillir des échantillons à un mètre au-dessus du fond, ont été utilisées conjointement. Entre le 1<sup>er</sup> mars 1955 et le 20 août 1958, elles ont permis de récolter 1 865 échantillons dans l'étang de Thau avec le bateau de recherches « Ostrea ».

Les analyses correspondantes ont été faites au Laboratoire de l'Institut des Pêches maritimes. Les chlorures ont été dosés par la méthode de Knudsen, internationalement adoptée et trop connue pour être décrite ici.

La plupart des observations de la température faites dans l'étang aux différentes stations l'ont été à l'aide de thermomètres à renversement Richter et Wiese placés sur les bouteilles Nansen.

Lors des lectures, une précision supérieure au 1/20<sup>e</sup> de degré n'a pas été recherchée celle-ci étant suffisante pour l'étude des nappes d'eau relativement peu étendues et soumises, comme l'étang de Thau, à certaines influences nettement marquées.

Un pont de Wheatstone électronique relié, soit à des résistances thermométriques, soit à des thermistances, a permis des enregistrements continus de la température en surface et au fond dans les canaux de Sète. Nous avons donné une description de cet appareil dans une note antérieure (AUDOIN, 1959). Rappelons qu'il comprend :

- un circuit de mesure ; c'est un pont de Wheatstone modifié ; un mécanisme d'équilibrage composé essentiellement d'un circuit d'entrée, d'un amplificateur électronique et d'un moteur d'équilibrage ;
- un mécanisme enregistreur, ainsi qu'un commutateur qui branche automatiquement et successivement les deux résistances thermométriques, l'appareil comportant deux directions ;
- un moteur qui assure le déroulement du papier diagramme et la commutation automatique.

Deux gammes étaient initialement prévues : 0° à 20° et 20° à 39°. L'adaptation récente d'une gamme intermédiaire, 10° à 30°, permet de disposer de gammes qui se recouvrent entre elles. Accouplé à deux résistances en nickel, l'appareil décèle des variations de température de l'ordre de 1/20<sup>e</sup> de degré.

#### CHAPITRE I

### VARIATIONS JOURNALIÈRES

### DES CONDITIONS HYDROLOGIQUES DES CANAUX DE SÈTE EN FONCTION DE LA MARÉE

En vue d'étudier les variations de la salinité et de la température dans les canaux de Sète, six séries de prélèvements ont été effectuées en 1955 et 1956 au même point, le pont Sadi-Carnot, choisi pour sa situation proche de l'entrée de l'étang. Les échantillons ont été recueillis au milieu

du chenal, en surface et au fond, d'heure en heure. Nous avons déjà donné quelques indications sur les mesures faites et formulé les premières conclusions que l'on pouvait en tirer (AUDOUIN, 1958). Cette étude est reprise ici et complétée. Les figures 23 à 28 donnent le résultat des observations faites à différentes saisons. Outre les courbes de  $T^{\circ}$  et  $S\text{ ‰}$  elles portent l'indication du sens du courant en surface.

### 1° Variations de la température.

En été les eaux de la mer sont moins chaudes que celles de l'étang. Par contre en hiver, leur température est plus élevée. Aussi, en période hivernale, la température croît généralement lorsque le courant se dirige vers l'étang et diminue lorsqu'il se dirige en sens inverse. Ainsi, le 8 novembre 1956 (fig. 28), la température passait de  $10^{\circ}$  à  $12^{\circ}$  lors du flux et s'abaissait lors du reflux. On cons-

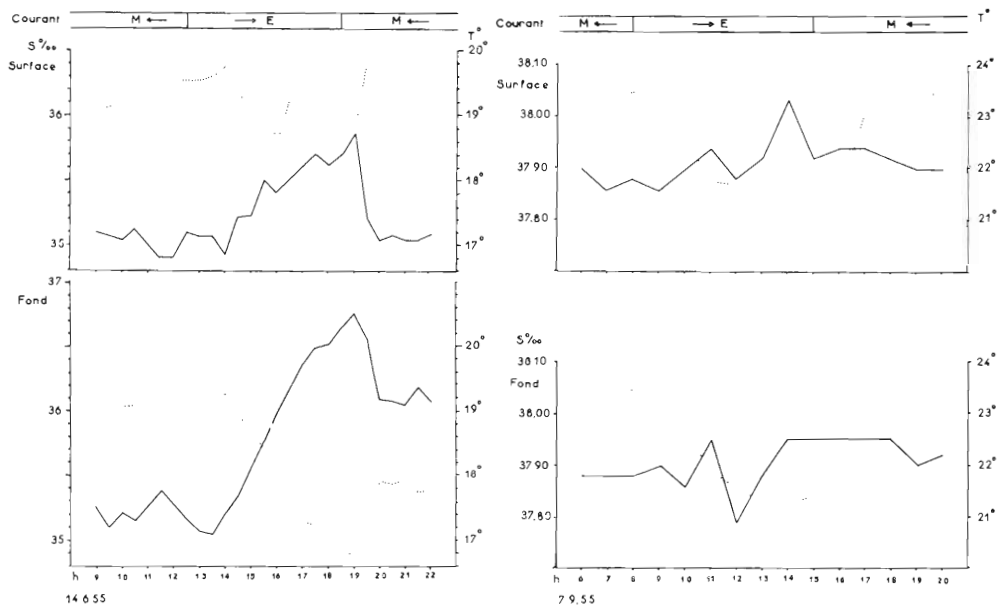


FIG. 23 et 24. — Variations de la température (pointillé) et de la salinité (trait plein) dans les canaux de Sète (14-VI et 7-IX-1955).

tate le contraire en été : le 14 juin 1955 (fig. 23), la température s'abaissait de  $19^{\circ}$  à  $17^{\circ}$  lors du flux et s'élevait lors du reflux. Lorsque l'étang et la mer ont une température voisine (en septembre par exemple), les variations des conditions météorologiques peuvent amener l'étang à être légèrement plus chaud ou plus froid que la mer et ces deux états peuvent apparaître à quelques jours seulement d'intervalle. C'est ce que l'on peut constater en comparant les figures 25 et 26 qui concernent des observations distantes de six jours. Pour la température, les conditions de la figure 25 rappellent un système hivernal et celles de la figure 26 un système estival, bien qu'en valeur absolue les températures soient assez peu différentes ( $20^{\circ}20$  à  $21^{\circ}$  dans le premier cas,  $20^{\circ}60$  à  $22^{\circ}20$  dans le second).

Le 14 juin 1955, les écarts de température entre minimum et maximum étaient plus grands au fond ( $2^{\circ}20$ ) qu'en surface ( $1^{\circ}10$ ) et la courbe avait une plus grande amplitude. Mais les autres exemples nous montrent que ces écarts sont généralement du même ordre dans ces deux plans d'eau. Ils varient selon l'époque de l'année. Ils atteignent une valeur maximale en hiver ( $3^{\circ}$ ) et au début de l'été ( $5^{\circ}$ ) au moment où les différences de température entre l'étang et la mer sont plus marquées. Leur valeur la plus faible, souvent inférieure à  $1^{\circ}$ , s'observe à la fin du printemps et au début de l'automne,

Les 5 et 6 octobre 1956 (fig. 27) un phénomène caractéristique vient se superposer aux oscillations de température dues au jeu des marées. Par suite de l'influence du mistral on note un abaissement progressif mais net de la température qui passe de 19° à 15°.

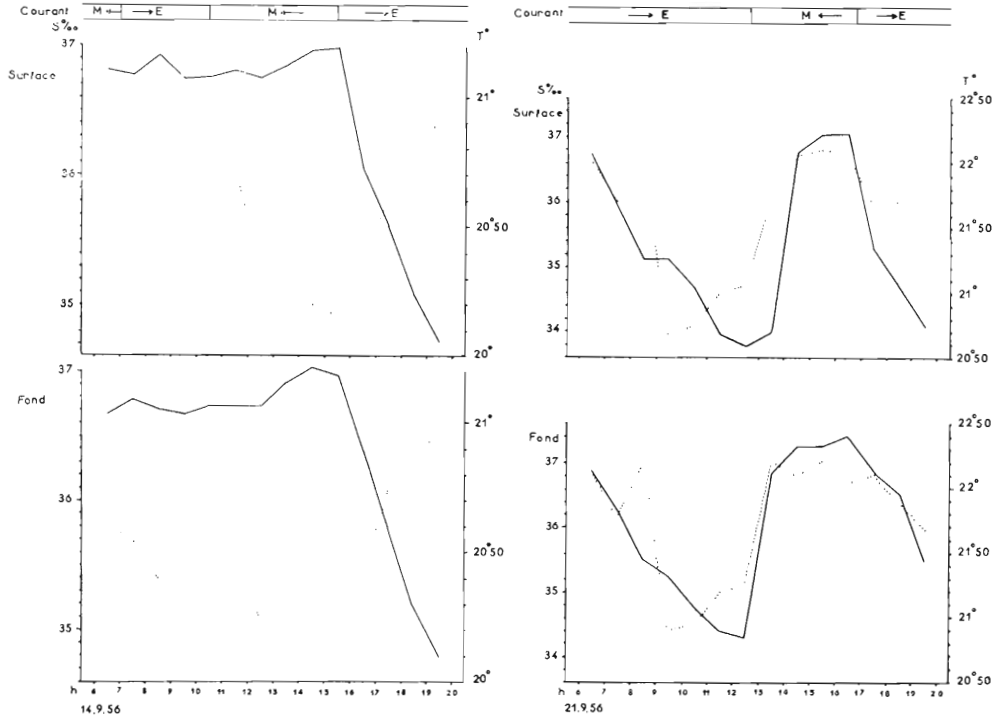


FIG. 25 et 26. — Variations de la température (pointillé) et de la salinité (trait plein) dans les canaux de Sète (14 et 21-IX-1956).

## 2° Variations de la salinité.

Les écarts entre valeurs extrêmes de la salinité subissent des variations analogues à celles de la température. La salinité passe par un maximum et un minimum qui coïncident généralement avec le moment où le courant dans les canaux de Sète devient nul.

Examinons les courbes de la figure 23. Sur le fond, comme en surface, la salinité croît lorsque le courant se dirige vers l'étang : sur le fond elle passe de 35 à 36,70 ‰ et en surface de 34,90 à 35,90 ‰. Elle décroît lorsque le courant va vers la mer. C'est le cas le plus fréquent, celui où la salinité des eaux côtières est supérieure à celle de la lagune : les figures 24, 27 et 28 en fournissent quelques exemples. Mais le contraire s'observe parfois. Ainsi le 14 septembre 1956 (fig. 25), la salinité subit peu de variations lorsque le courant se dirige vers la mer. Elle décroît rapidement et passe de 37 à moins de 35 ‰ lorsqu'il se dirige vers l'étang. Le 21 septembre 1956 (fig. 26) elle augmente pendant le reflux et diminue au cours du flux. Le minimum est de 34 ‰ et le maximum dépasse 37 ‰.

Cette situation, qui n'est pas exceptionnelle, est la conséquence de l'abaissement de salinité très net des eaux côtières observé parfois au large de Sète ; elle se manifeste surtout en surface et doit sans doute son origine à des apports d'eau douce provenant du Rhône et des autres fleuves et entraînés par les courants est-ouest communs sur les côtes du Languedoc. Ces eaux de salinité inférieure à celle habituelle des eaux méditerranéennes ont baigné la côte pendant une partie du mois

de septembre 1956. L'année précédente on ne notait d'ailleurs rien de semblable à cette époque (fig. 24). Dès le début d'octobre 1956, elles étaient remplacées par des eaux de salinité supérieure à 37 ‰. Aussi le 5 octobre 1956 (fig. 27) les courants dirigés vers l'étang s'accompagnent à nouveau d'une augmentation de la salinité qui diminue lorsqu'ils se dirigent vers la mer. La salinité d'ensemble de l'étang est à nouveau inférieure à celle de la mer.

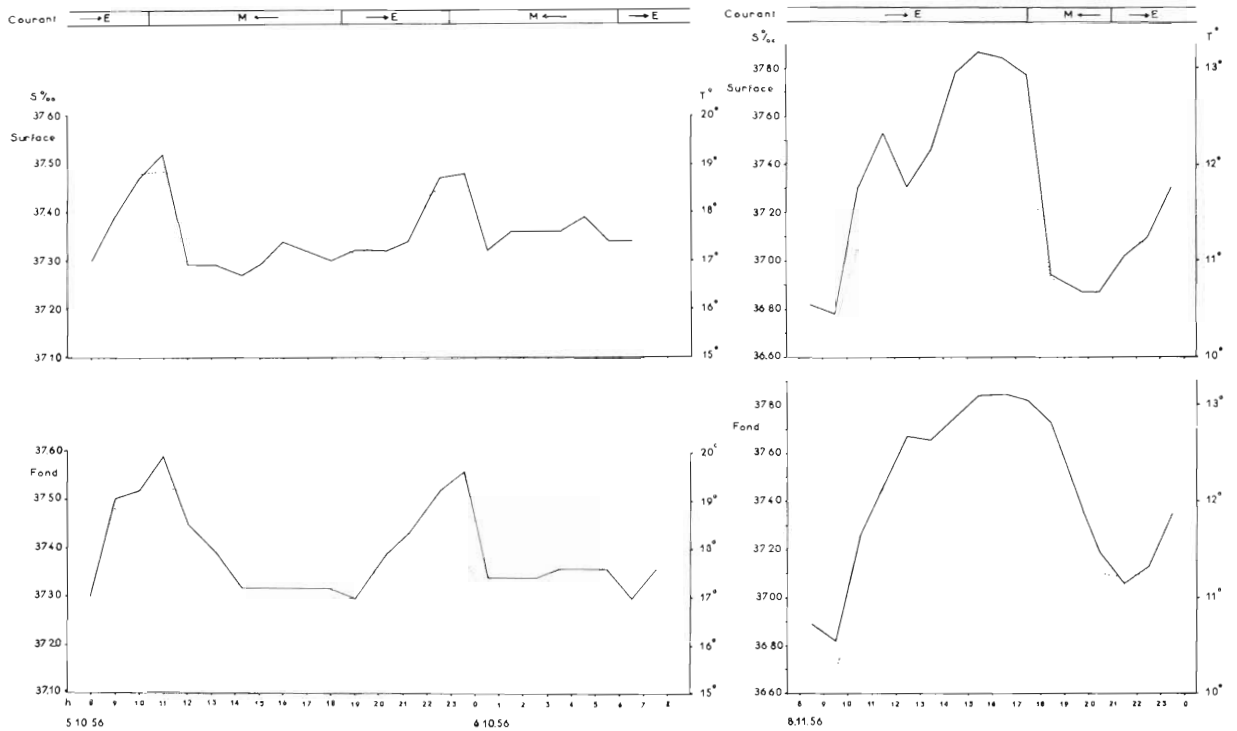


FIG. 27 et 28. — Variations de la température (pointillé) et de la salinité (trait plein) dans les canaux de Sète (5-6-X et 8-XI-1956).

*En résumé*, en été les températures minimales correspondent généralement aux salinités maximales, phénomène particulièrement apparent sur la figure 23 où l'on remarque la symétrie quasi parfaite des courbes de T° et S ‰ sur le fond. A cette saison, lors du flux, on note un abaissement de température plus ou moins accentué selon l'amplitude de la marée et le volume des rentrées d'eaux marines.

En hiver, les maximum de température et de salinité vont de pair. Il en est de même pour les minimum, à un même niveau. Le flot s'accompagne d'une élévation de température. Dans un cas comme dans l'autre, ces fluctuations peuvent atteindre 1° à 3°. Le mistral provoque généralement lors du flux un refroidissement des eaux dépassant parfois 2° à 3°.

Lorsque la mer est plus salée que l'étang, ce qui est le cas le plus fréquent, le flux se manifeste par une augmentation et le reflux par une diminution de la salinité, dans des limites comprises entre 0,1 et 3 ‰. Lorsque la mer est moins salée que l'étang, l'inverse se produit.

Ces fluctuations sont donc en relation directe avec les courants de marée. L'examen des variations de la température et de la salinité, au cours d'une même journée et à différentes époques de l'année dans les canaux de Sète, permet de préciser l'influence prépondérante que la marée et les vents exercent sur l'hydrologie de l'étang et d'apprécier ainsi l'ampleur et la nature des échanges entre celui-ci et la mer.

## CHAPITRE II

### VARIATIONS JOURNALIÈRES

### DES CONDITIONS HYDROLOGIQUES DE L'ÉTANG DES EAUX BLANCHES

### EN FONCTION DE LA MARÉE

L'étang des Eaux Blanches subit l'influence de la marée ; l'allure générale et les caractéristiques essentielles des courants qu'on y observe ont été définies précédemment (2<sup>e</sup> partie, chapitre II, 3<sup>o</sup>). On y peut enregistrer au cours d'une même journée des variations de température et de salinité qui sont la conséquence directe des courants de marée (AUDOUIN, 1957).

Les résultats d'une première série d'observations faites le 18 novembre 1955 aux stations 1, 2, 4 et 21 permettent d'affirmer que les règles énoncées pour les variations hydrologiques des canaux de Sète restent valables et peuvent s'appliquer à celles de l'étang des Eaux Blanches. Cependant, l'amplitude des variations s'amortit progressivement à mesure que l'on s'éloigne des canaux de Sète. Parfois elle est plus grande en surface que sur le fond, c'est précisément le cas le 18 novembre 1955 ; parfois c'est l'inverse.

Les cartes des isothermes et isohalines ont été tracées en fonction des résultats des prélèvements effectués le 9 mars 1956 entre 7 h et 19 h . Chacune d'elles concerne des observations espacées d'une heure environ.

La comparaison de ces cartes permettra de suivre heure après heure l'évolution de la situation hydrologique au cours du flux et du reflux.

**7 h 0** (fig. 29). Le courant se dirige lentement vers l'étang. On observe en surface des eaux relativement dessalées, de 33,20 à 33,70 ‰, provenant du Grand Étang et qui ont envahi les Eaux Blanches lors du reflux précédent. Au fond la poussée des eaux marines vers le Grand Étang se fait sentir et se traduit par une salinité nettement plus élevée, 33,20 à 35,40 ‰, surtout au voisinage des canaux de Sète.

A cette époque de l'année, les eaux d'origine marine sont moins froides que celles de l'étang ; elles sont également plus salées ; il en résulte que les variations de salinité et de température sont de même sens, ce que traduisent les isothermes et les isohalines de même allure.

Les eaux, qui entrent en passant par la station 1, sont relativement chaudes bien que dessalées en surface. L'isotherme 8° partage les Eaux Blanches en deux secteurs ; le secteur nord, plus froid, où les eaux d'origine limnique sont prépondérantes, le secteur sud, moins froid, où l'influence marine domine. En surface, passant par la station 2, l'isotherme 8° va de la pointe sud du Barrou à l'extrémité du canal des étangs. Mais sur le fond cette même ligne est légèrement décalée vers le nord. Partant du nord de la pointe du Barrou, elle passe par la station 21 et se prolonge au-delà vers l'est.

Au début du flot, les eaux qui pénètrent dans Thau sont celles qui avaient envahi les canaux et l'avant-port à la fin du reflux précédent. Elles se sont réchauffées au contact des eaux marines avec lesquelles elles se sont mélangées partiellement.

**8 h 0** (fig. 30). Une heure plus tard la position des masses d'eau s'est modifié. En surface, les eaux dessalées sont repoussées progressivement vers le nord par les eaux marines et la salinité a

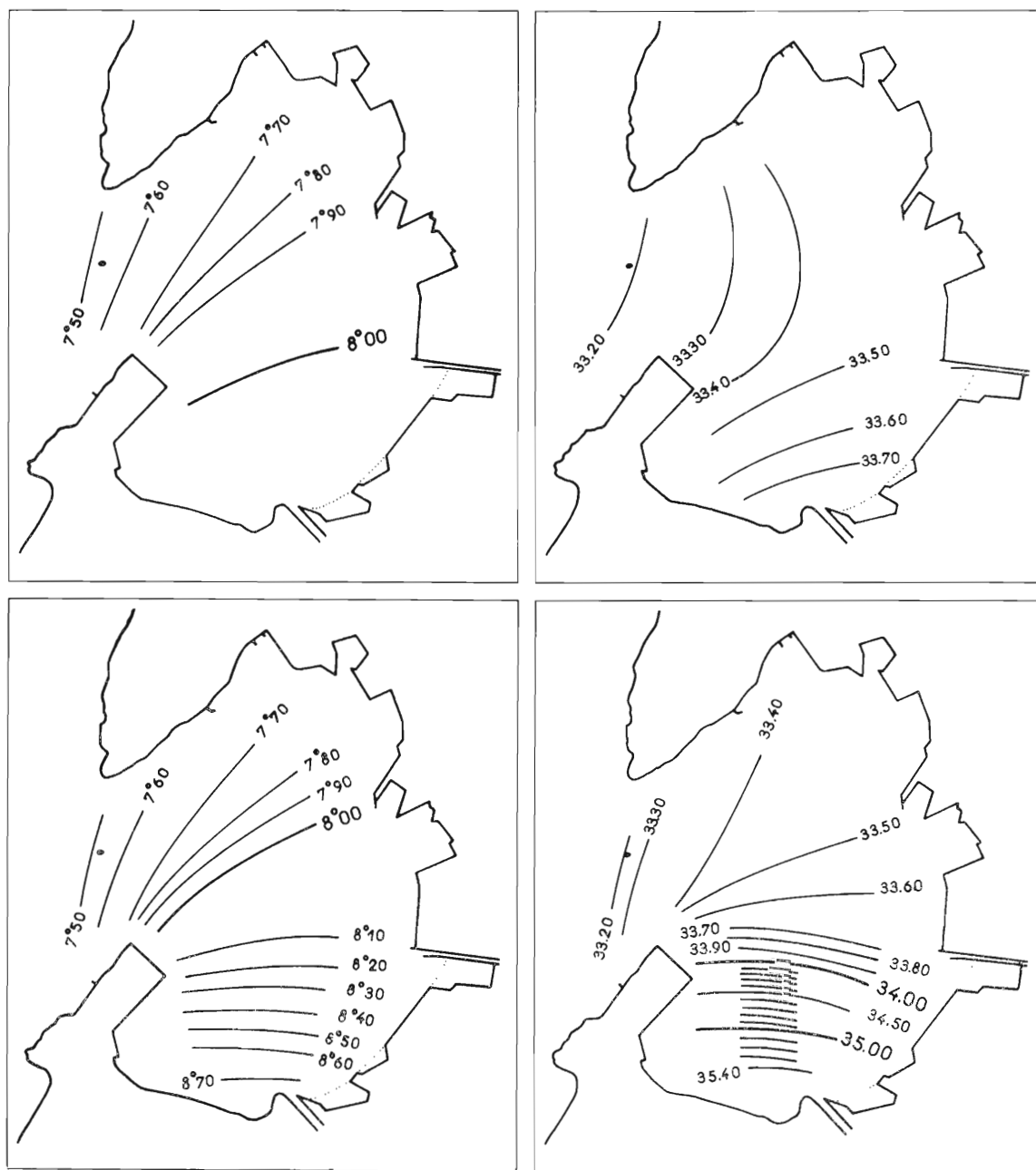


FIG. 29. — Etang des Eaux Blanches à 7 h le 9 mars 1956.  
Isothermes et isohalines en surface (en haut) et sur le fond (en bas).

augmenté dans la moitié sud des Eaux Blanches ; l'isohaline 34 ‰ qui n'apparaissait pas à 7 h 0 se manifeste dans le tiers sud de l'étang tandis que, sur le fond, elle atteint presque Roquerols. L'allure générale des isohalines donne une image assez exacte du flot qui s'infléchit vers le Grand Etang au sud de ce rocher.



La température, qui à ce moment représente moins bien la situation hydrologique, n'a pas varié d'une manière sensible depuis l'heure précédente.

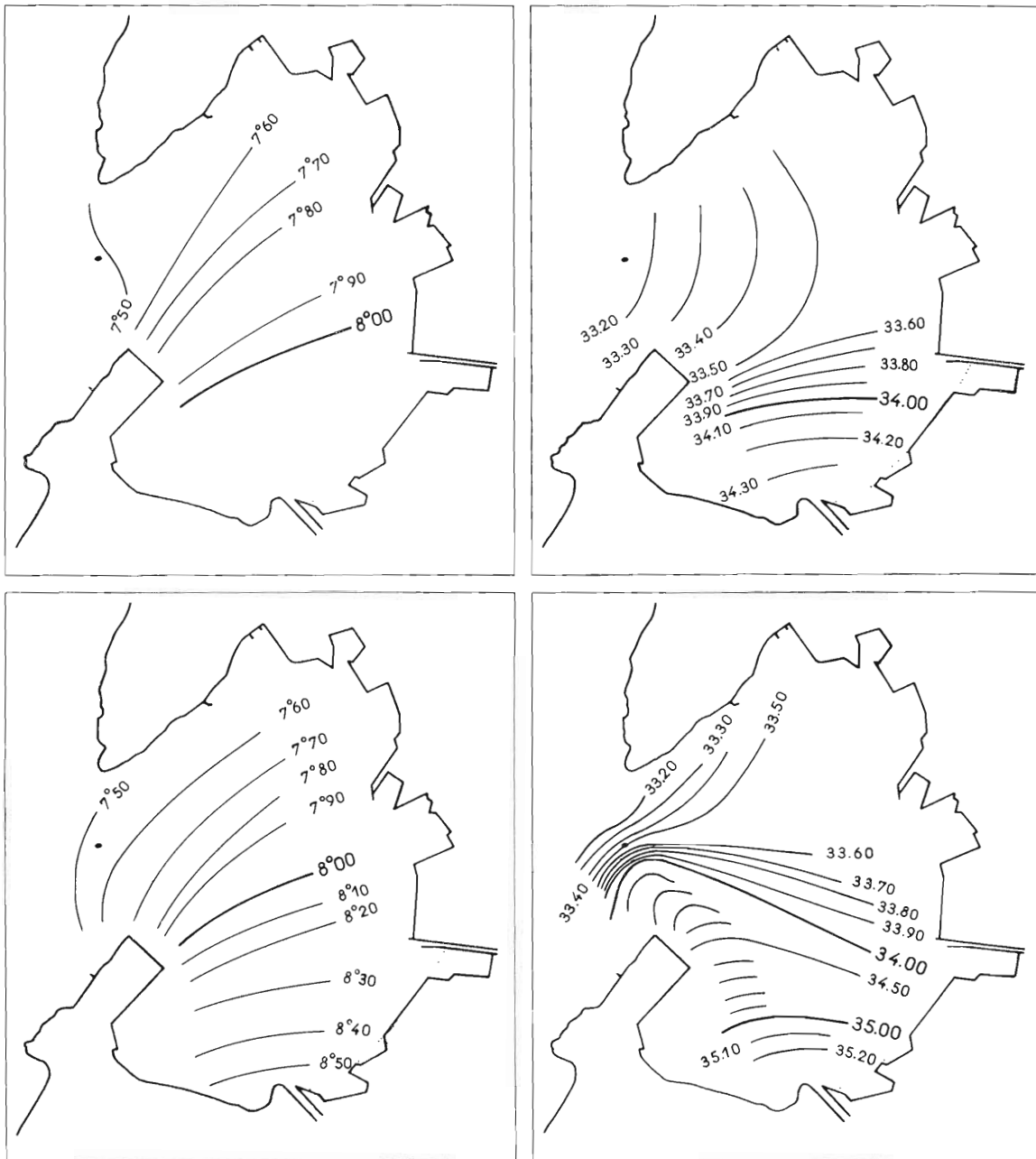


FIG. 30. — Etang des Eaux Blanches à 8 h le 9 mars 1956.  
Isothermes et isohalines en surface (en haut) et sur le fond (en bas)

**9 h 0** (fig. 31). Le phénomène s'accroît sur le fond ; les isohalines qui se resserrent le montrent. La ligne de 35 ‰ se retrouve tout près de celle de 34 ‰ et la ligne de 36 ‰ qui ne figurait pas précédemment remplace celle de 35 ‰. En surface la situation est stabilisée ; la position inchangée des courbes l'atteste. En concordance avec les isohalines, les isothermes prennent à leur tour une

allure caractéristique et celle de  $8^{\circ}$  coïncide avec l'isohaline  $34\text{‰}$  marquant ainsi la limite marginale du flot.

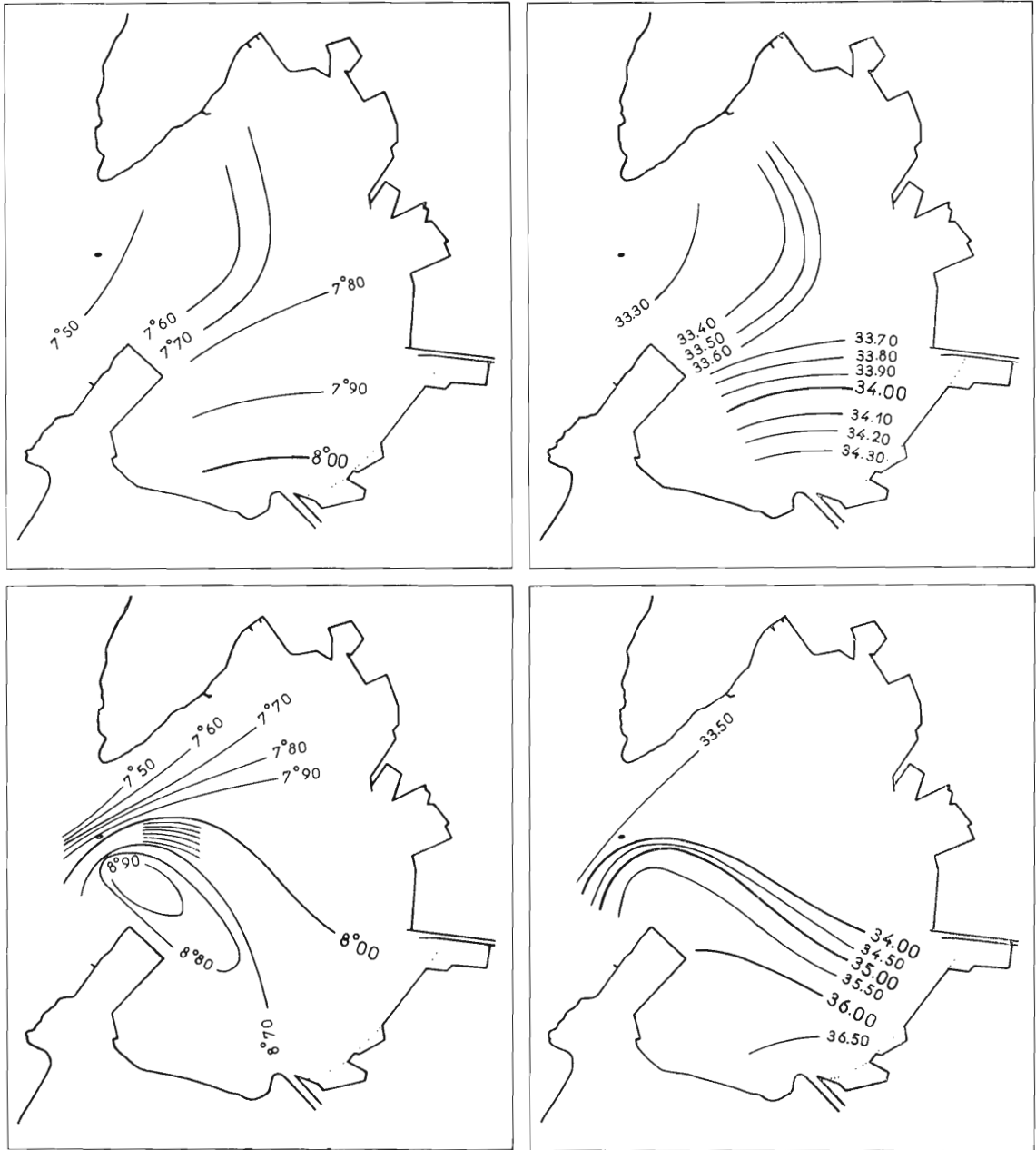


FIG. 31. — Etang des Eaux Blanches à 9 h le 9 mars 1956.  
isothermes et isohalines en surface (en haut) et sur le fond (en bas).

**10 h 0** (fig. 32). D'après la carte des isohalines, sur le fond la situation est étale. Par contre, en surface, s'amorce un renversement. La ligne  $34\text{‰}$ , légèrement repoussée vers l'ouverture du canal, indique que le courant de surface s'est inversé et s'écoule maintenant vers la mer. Quant aux cartes

isothermes, semblables à celles de l'heure précédente, elles ne laissent pas deviner le reflux qui vient de s'amorcer.

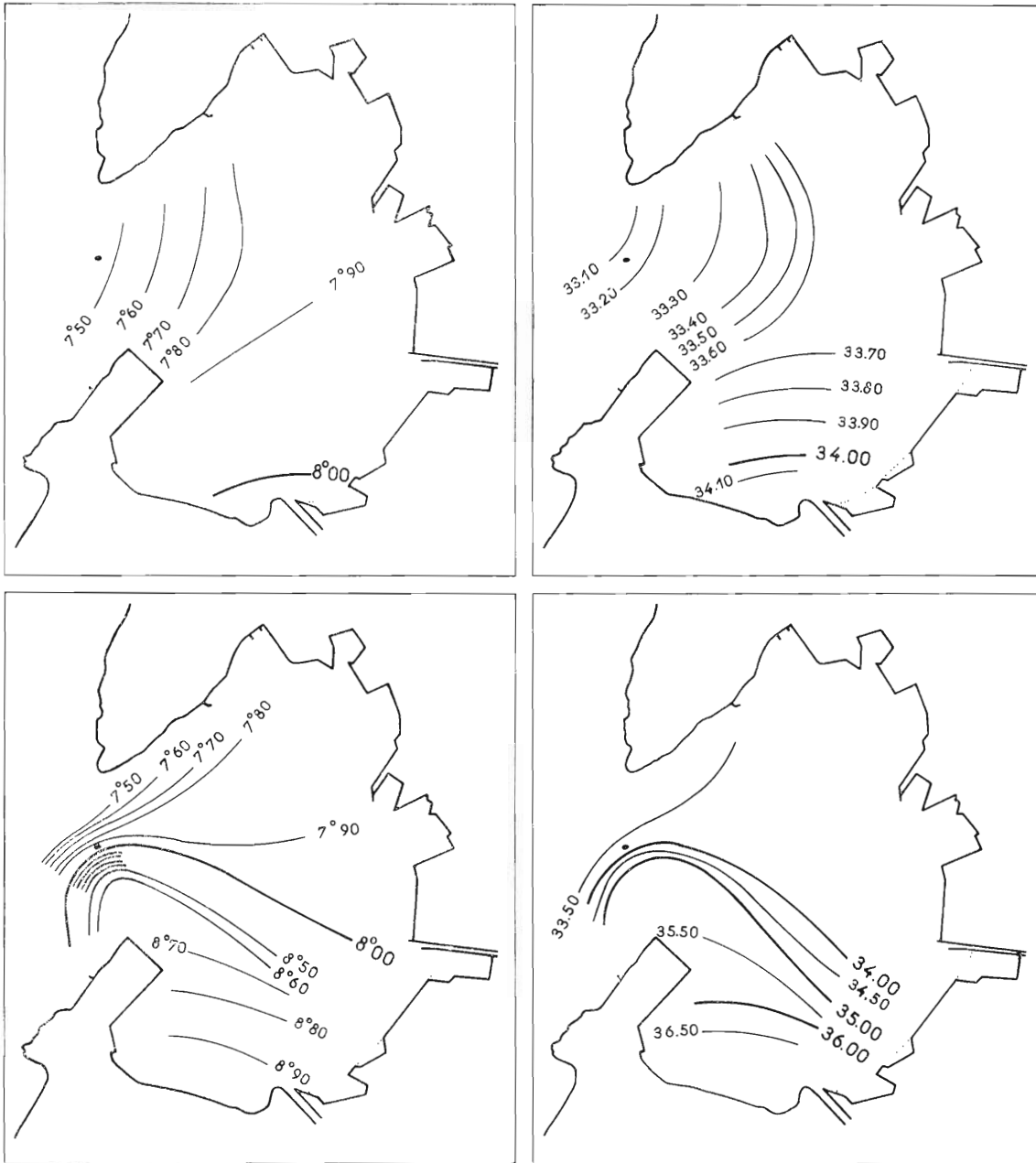


FIG. 32. — Etang des Eaux Blanches à 10 h le 9 mars 1956.  
Isothermes et isohalines en surface (en haut) et sur le fond (en bas)

**11 h 0** (fig. 33). En surface, le retrait des eaux salées s'est accentué ; 34 ‰ a disparu et la carte ressemble beaucoup à celle de 7 h . Sur le fond ce retrait est moindre ; il ne se manifeste que par un léger déplacement des 35 ‰ vers le sud.

**12 h 0** (fig. 34). En surface la forme des isohalines ne s'est pas modifiée. En revanche, sur le fond, les isohalines 35 et 36 ‰ ont disparu. Les eaux à moins de 34 ‰, caractéristiques de l'étang,

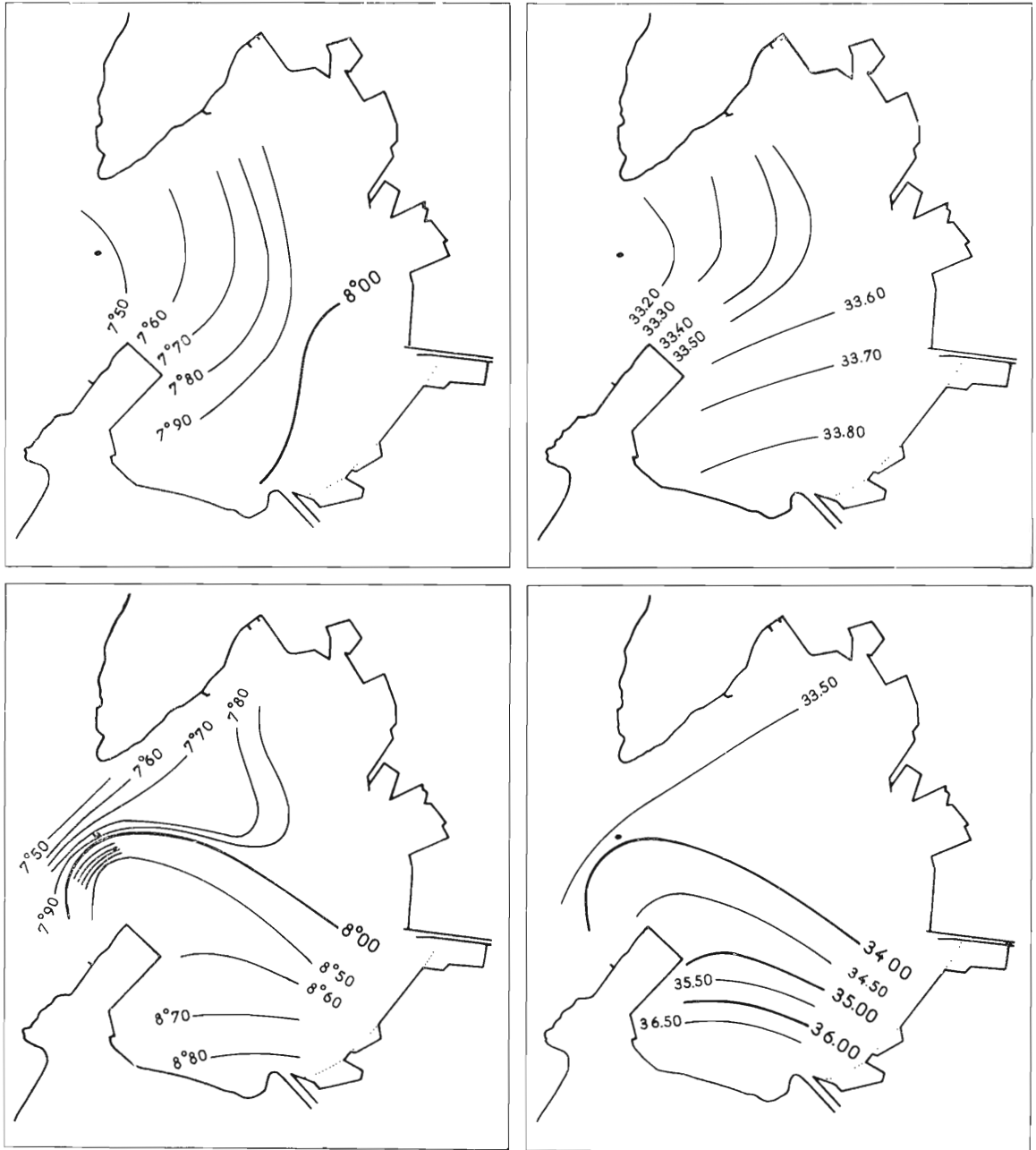


FIG. 33. — Etang des Eaux Blanches à 11 h le 9 mars 1956.  
Isothermes et isohalines en surface (en haut) et sur le fond (en bas).

contournent par l'est les eaux plus salées qui séjournent encore à l'état de reliquat dans le secteur le plus profond de Roquerols. L'examen des isothermes confirme ce reflux. L'isotherme 8° s'est déplacée vers le sud tant en surface que sur le fond. Un fait particulier est à noter : à la station 4, des eaux profondes fortement concentrées (34,97 ‰) mais froides (7° 45) ont remplacé celles qui, plus chaudes,

s'y trouvaient. Elles proviennent non pas du flux précédent mais d'une venue antérieure, refroidie *in situ*, et leur densité, ainsi accrue, les a retenues sur le fond.

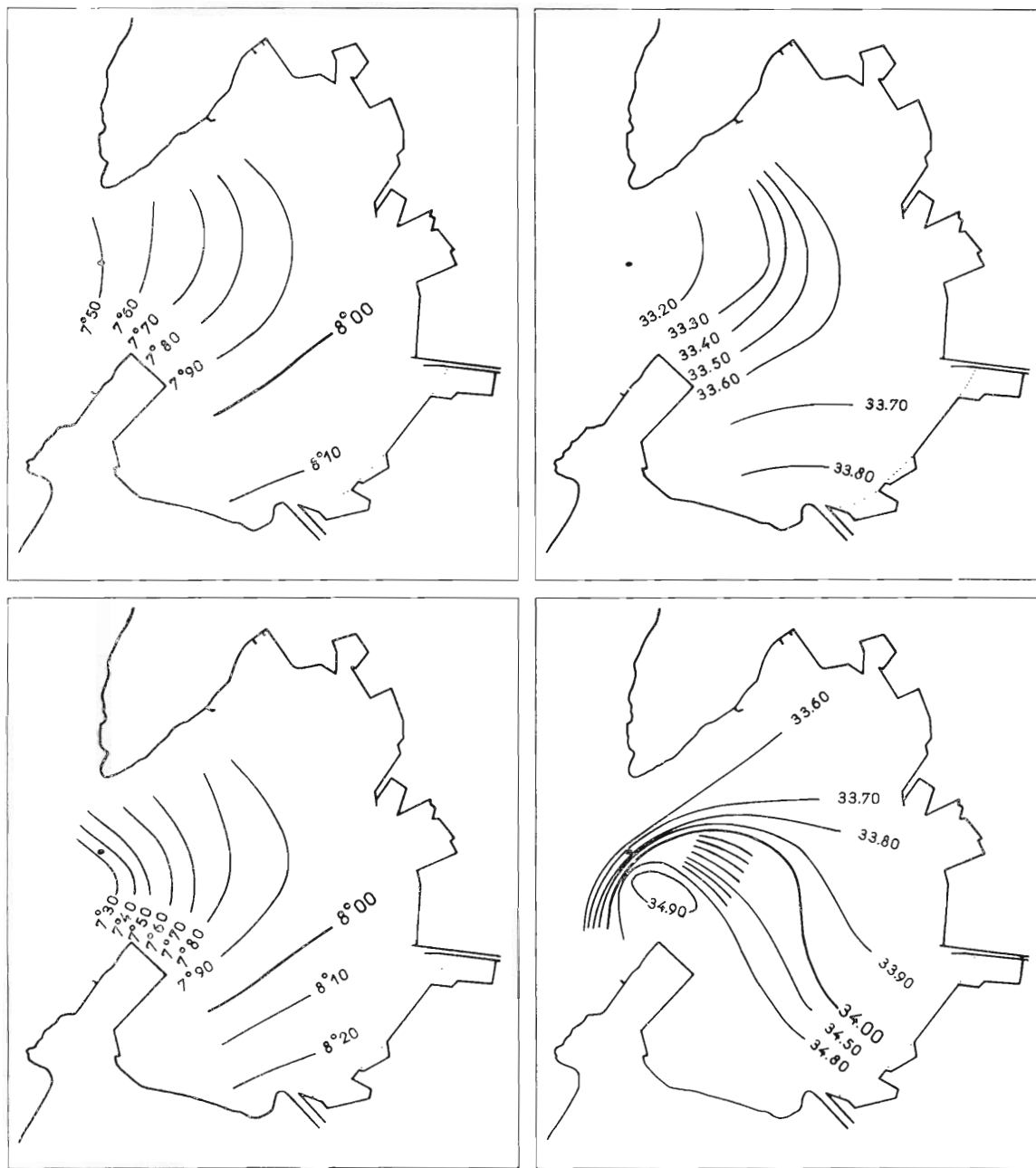


FIG. 34. — Etang des Eaux Blanches à 12 h le 9 mars 1956.  
Isothermes et isohalines en surface (en haut) et sur le fond (en bas)

**14 h 30** (fig. 35). En surface le courant sort franchement de l'étang. Les eaux du Grand Etang parviennent aux Eaux Blanches par le détroit de la pointe du Barrou à celle de Balaruc. Leur passage s'accompagne d'un abaissement de la salinité et de la température. 33‰ et 7° 50 apparaissent dans le détroit. L'isotherme 8° barre les Eaux Blanches du nord au sud et la moitié occi-

dentale est maintenant plus froide que la moitié orientale. Le mouvement de sortie des eaux qui s'est accentué semble se manifester plus nettement dans la partie occidentale de l'étang, comme si les eaux tendaient à emprunter une voie plus directe entre le détroit de Roquerols et l'entrée des canaux.

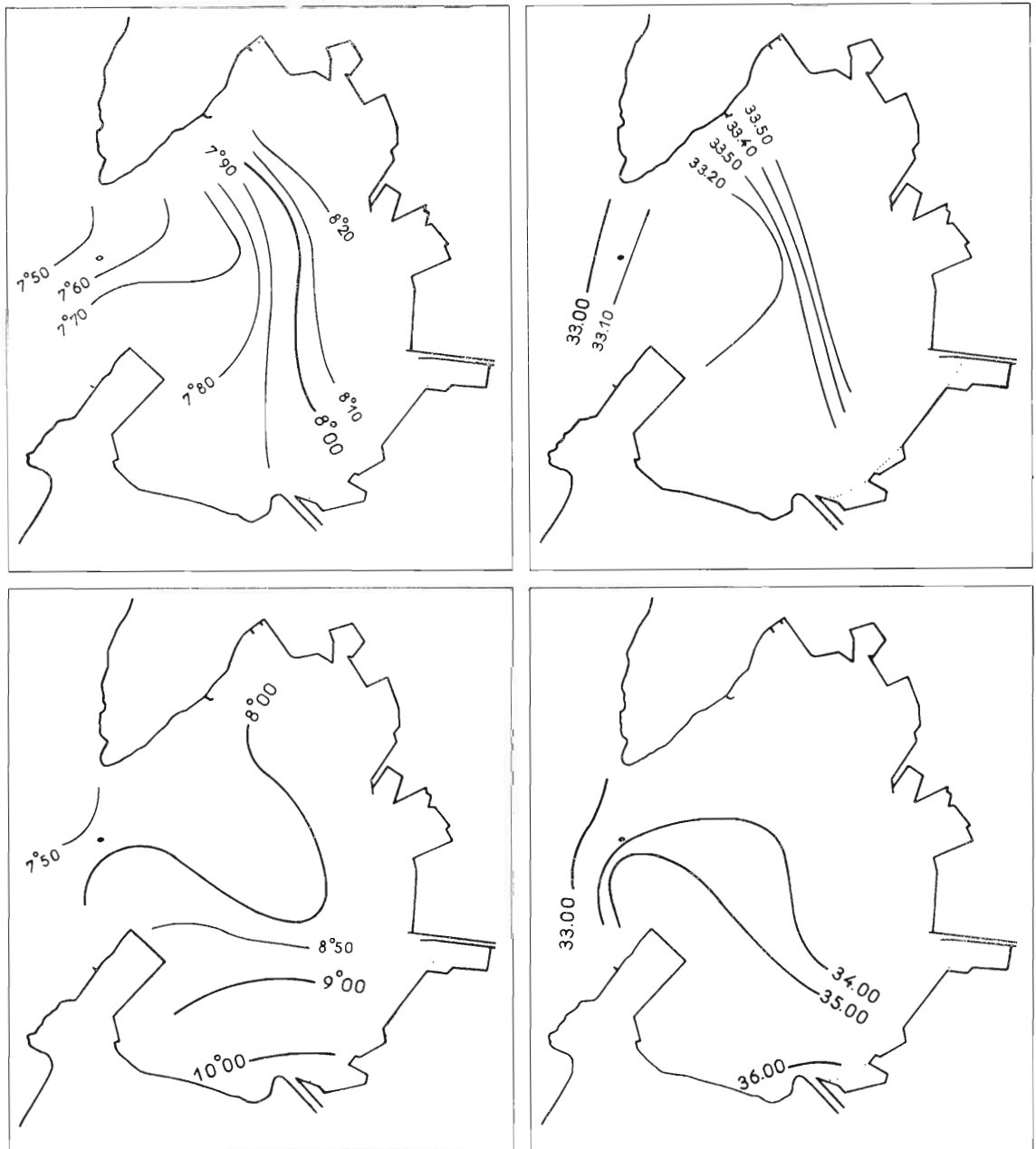


FIG. 35. — Etang des Eaux Blanches à 14 h 30 le 9 mars 1956.  
Isothermes et isohalines en surface (en haut) et sur le fond (en bas).

La situation hydrologique sur le fond est nettement différente de ce qu'elle était précédemment. Bien que 34 ‰ n'ait pas changé de position, on voit de nouveau 35 ‰ atteindre la station 4 et 36 ‰, la station 1. Les conditions thermiques ont subi une évolution concordante : l'allure de la ligne des 8° et les valeurs trouvées aux stations 2 et 21 montrent que cette zone constitue le pivot du phénomène

observé : deux percées des eaux marines partant du canal (station 1) sont visibles le long de la côte. l'une à l'est en direction de la station 3, l'autre à l'ouest vers la station 4 ; la première est probablement orientée par le chenal de 9 m traversant les Eaux Blanches. Notons que les isohalines 34‰ et

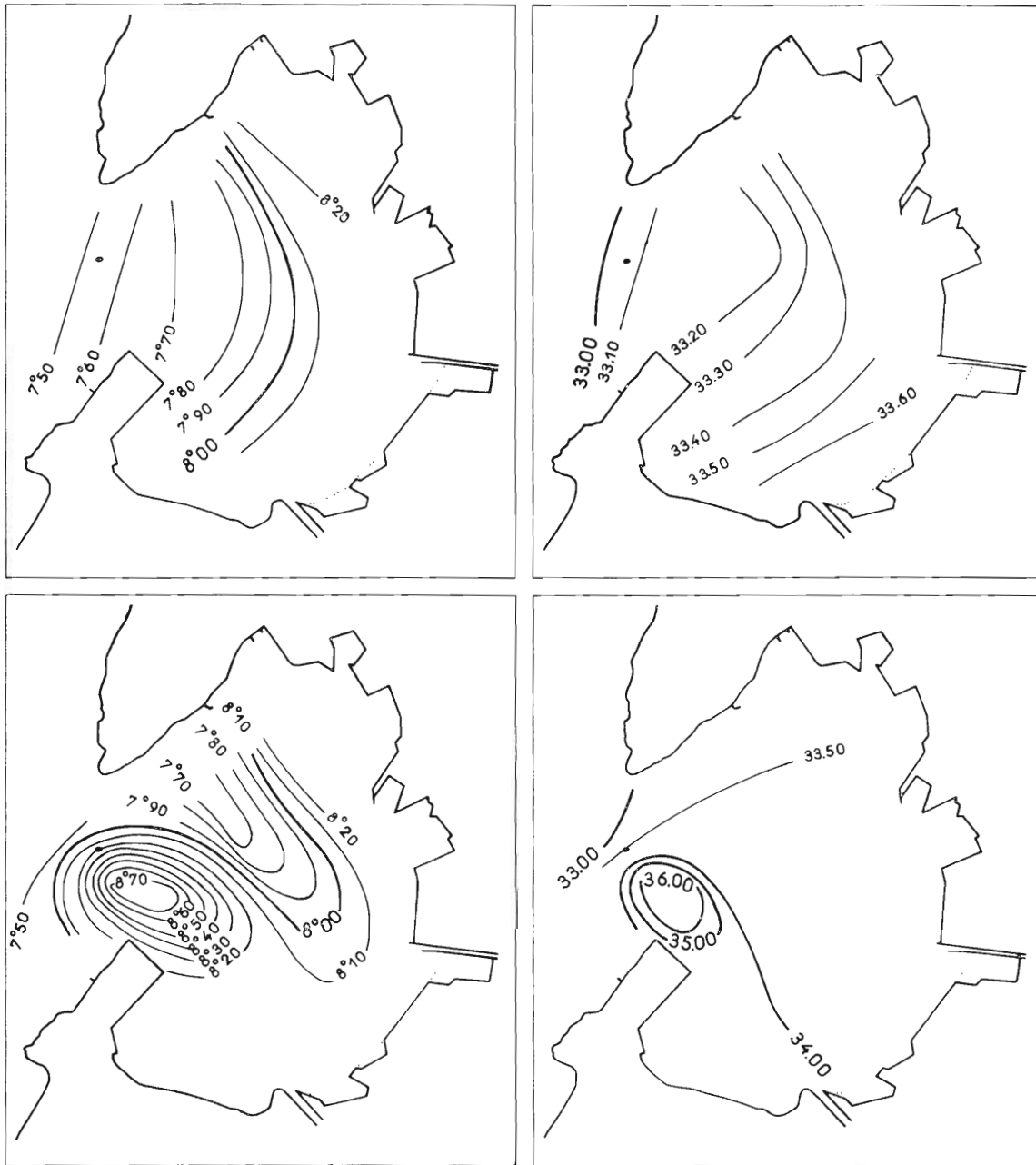


FIG. 36. — Etang des Eaux Blanches à 16 h le 9 mars 1956.  
Isothermes et isohalines en surface (en haut) et sur le fond (en bas).

36‰ correspondent respectivement aux isothermes 8° et 10°.

Ainsi ces observations témoignent de l'existence momentanée dans l'étang des Eaux Blanches de deux courants inverses qui sont semblables à des courants de densité. Ces observations concordent avec certains résultats obtenus dans les canaux de Sète et exposés dans un précédent chapitre.

**16 h 0** (fig. 36). En surface le courant continue à se diriger vers la mer et la situation hydrologique reste inchangée. Au fond, le phénomène observé précédemment s'est estompé et c'est maintenant, comme en surface, la sortie des eaux qui prédomine ; les eaux à moins de 34 ‰ occupent la

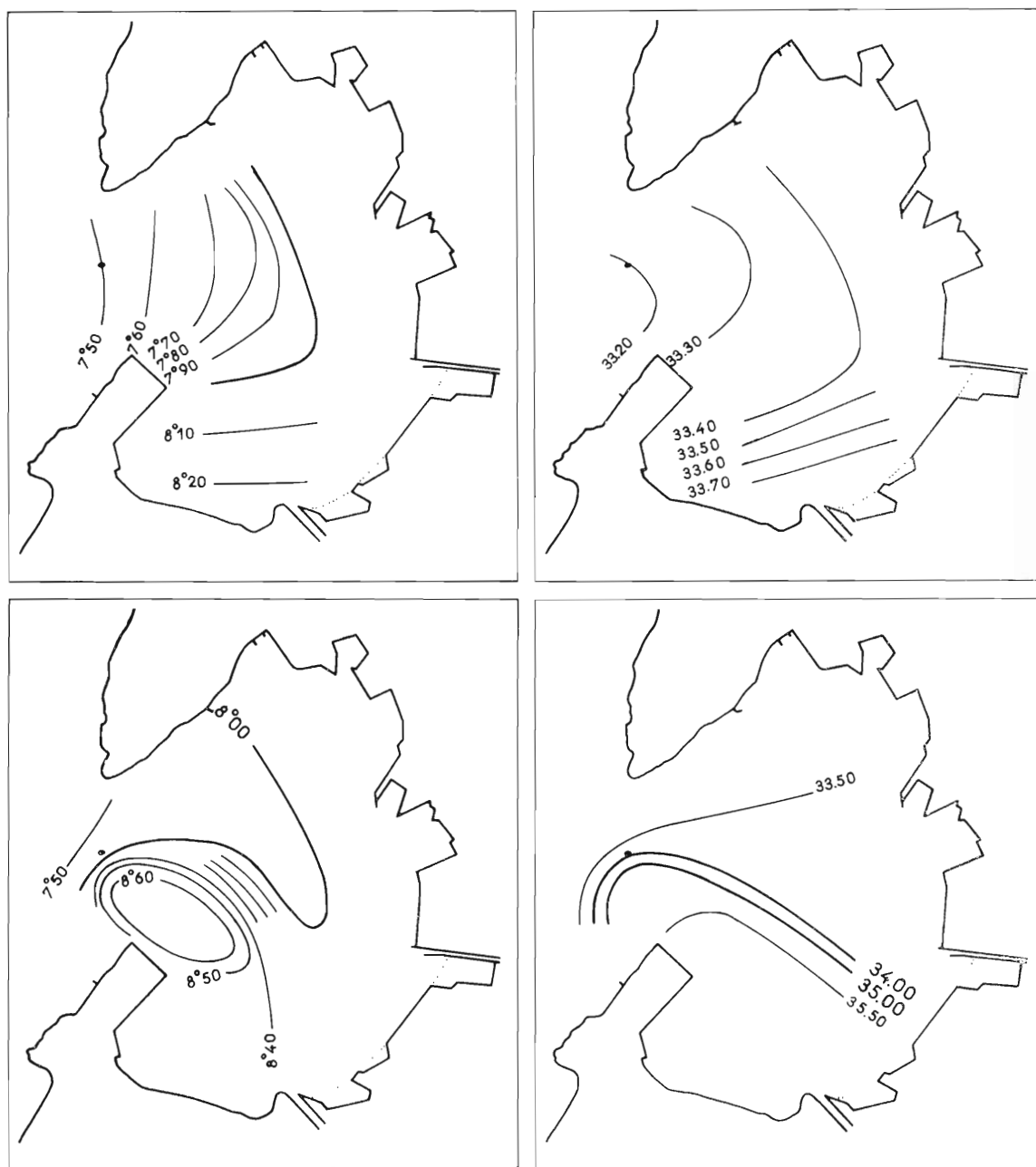


FIG. 37. — Etang des Eaux Blanches à 17 h le 9 mars 1956.  
Isothermes et isohalines en surface (en haut) et sur le fond (en bas)

partie orientale ; elles en ont chassé les eaux plus salées qui sont maintenant cantonnées dans les parties plus profondes de la partie occidentale ; celles-ci forment un bloc qui part de la station 4 et s'appuie à la pointe du Barrou. L'allure des isothermes traduit particulièrement bien cet antagonisme des deux masses d'eau en présence. La poussée des eaux de température inférieure à 8° est nette.



**17 h 0** (fig. 37). En surface, la situation hydrologique n'a pas évolué tandis qu'au fond on note un certain épanouissement des eaux de salinité supérieure à 34 ‰ et de température supérieure à 8°, qui commencent à nouveau à rentrer dans l'étang.

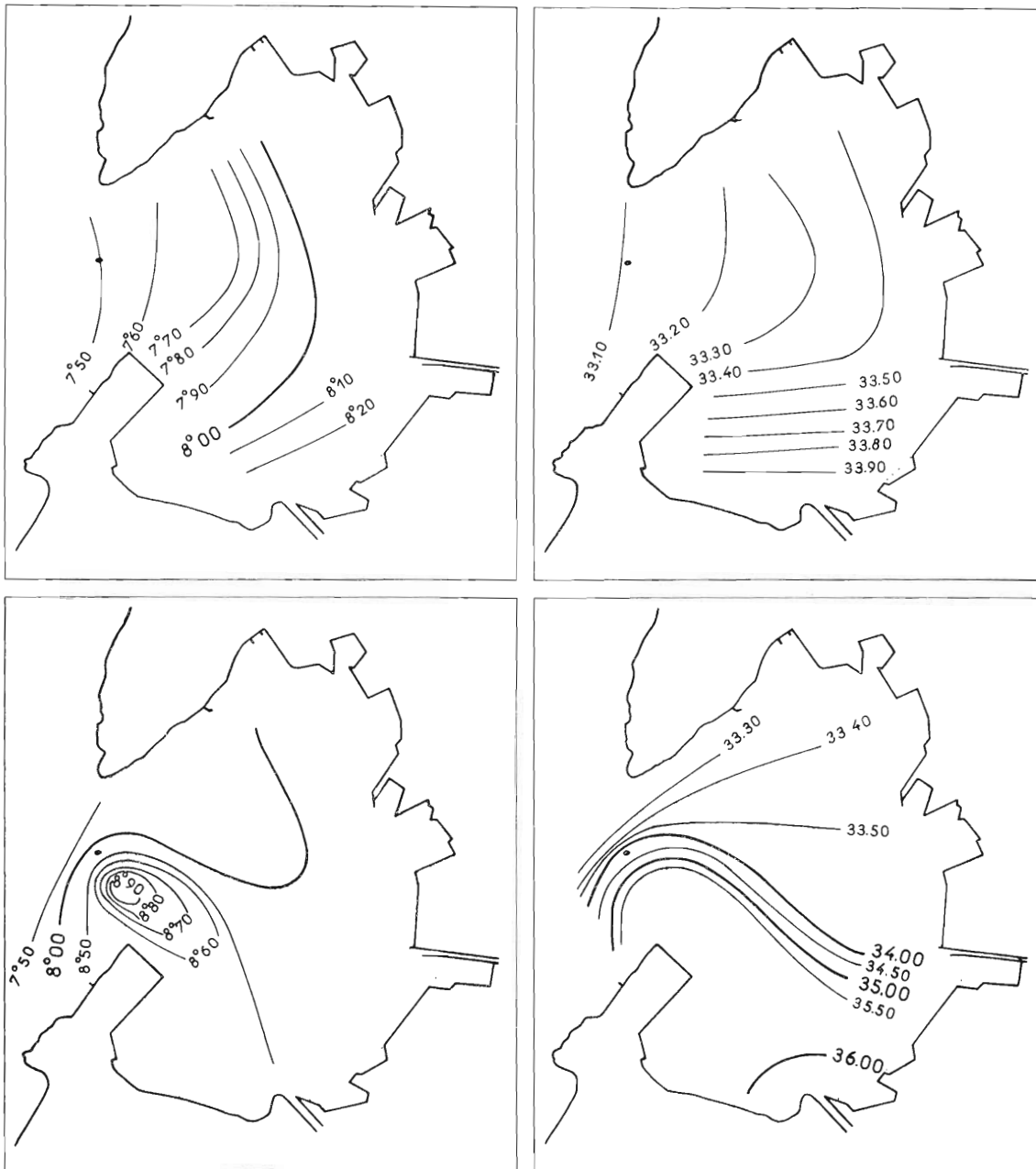


FIG. 38. — Etang des Eaux Blanches à 18 h le 9 mars 1956.  
Isothermes et isohalines en surface (en haut) et sur le fond (en bas).

**18 h 0** (fig. 38). En surface, le flux est à peine amorcé. La situation hydrologique est analogue à celle que l'on observait au début de la matinée alors que le flot commençait à s'exercer. Au fond le flux est plus marqué ; il semble s'être déployé avec plus de rapidité que le matin.

**19 h 0** (fig. 39). Le flot s'épanouit dans l'étang des Eaux Blanches tant en surface qu'au fond. Les eaux les plus froides et les moins salées caractéristiques de la lagune sont repoussées progres-

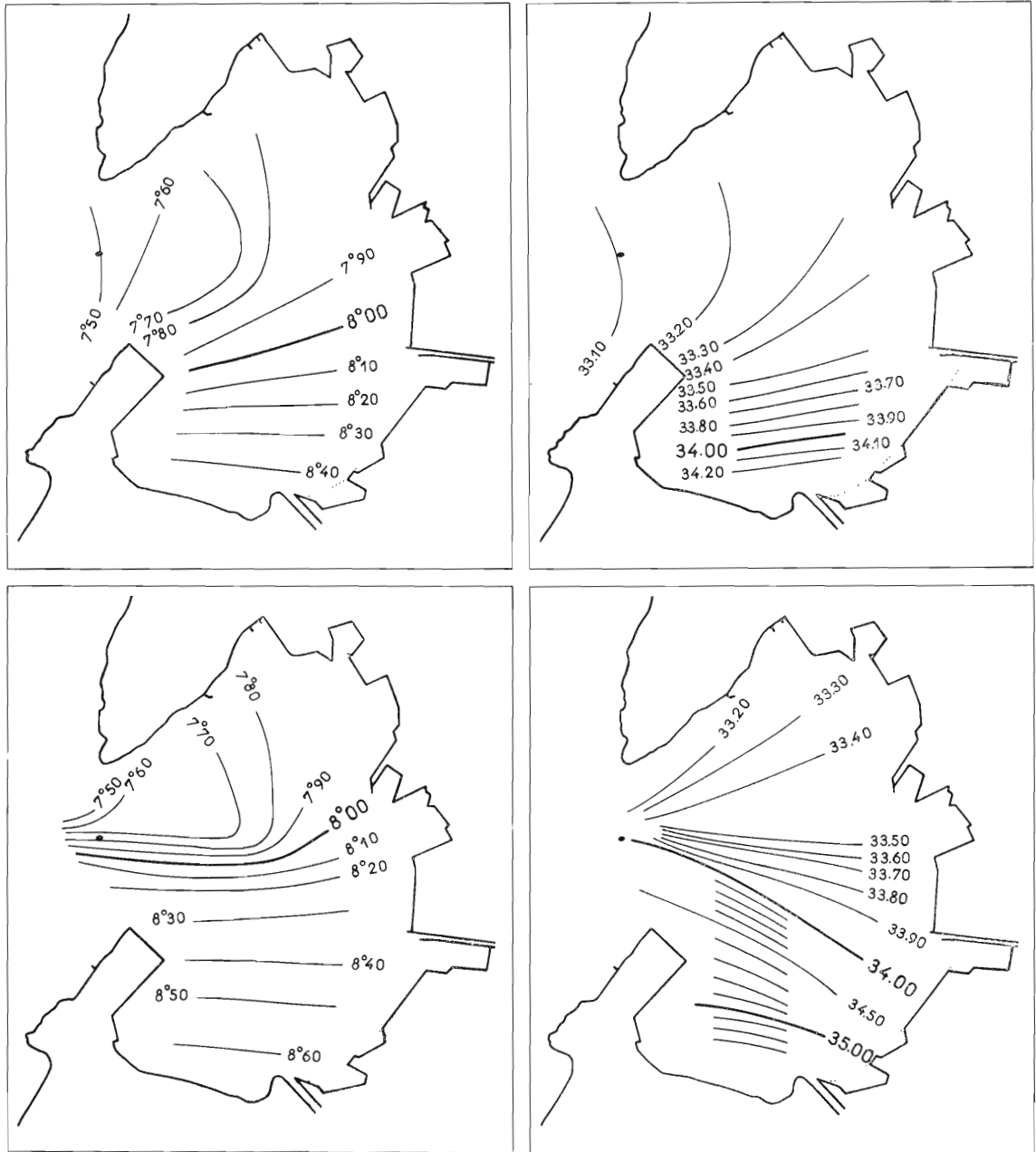


FIG. 39. — Etang des Eaux Blanches à 19 h le 9 mars 1956.  
Isothermes et isohalines en surface (en haut) et sur le fond (en bas).

sivement vers le nord, ce qui se traduit par un déplacement dans cette direction des isothermes et des isohalines qui offrent une répartition très régulière.

## CONCLUSION DU CHAPITRE II.

Ainsi, ayant pu suivre l'évolution de la situation hydrologique au cours d'une même journée, nous avons vu, par le jeu du flux et du reflux, des eaux de nature différente s'affronter. D'une part, l'eau d'origine marine récente dont la salinité est de 34 ‰ à 36 ‰ et la température de 8° à 10° ; d'autre part l'eau du Grand Etang dont la salinité est inférieure à 34 ‰ et la température inférieure à 8°. Ces deux masses subissent évidemment des mélanges au cours de ces mouvements. Cela se produit au début du flux où pénètrent dans l'étang des eaux intermédiaires du canal, à salinité inférieure à 34 ‰ qu'elles doivent à la lagune et à température supérieure à 8° qu'elles tiennent des eaux marines. Inversement, des eaux à plus de 34 ‰ et à moins de 8° apparaissent dans l'étang des Eaux Blanches lors du reflux. Ce sont des eaux profondes devenant propres au Grand Etang où elles subissent un refroidissement *in situ* après y avoir pénétré lors d'un flux précédent.

Tantôt ces diverses masses, exerçant une pression les unes sur les autres par suite des dénivellations entre la mer et l'étang, se remplacent. Tantôt, par suite des différences de densité, les eaux de surface glissent simplement sur celles du fond. Les unes et les autres prennent alors des directions opposées.

La situation hydrologique de l'étang est donc beaucoup plus complexe qu'on pourrait *a priori* le supposer. Les facteurs divers, comme les différences de densité, mais surtout la marée et ses courants, sont à l'origine de variations, parfois très amples, des caractéristiques thermohalines de cette nappe, et ceci, aux différentes heures d'une même journée, leur amplitude étant liée à celle des causes qui les provoquent.

## CHAPITRE III

### LA BISE

Dans la Crique de l'Angle, on a depuis longtemps constaté la présence d'un bouillonnement au-dessus d'un entonnoir de 30 m de profondeur. On a attribué ce phénomène à une source que l'on a désignée sous différents noms : l'Abysses, la Vise, la Bise ; parfois même les pêcheurs l'appellent le Volcan. Dès 1740 ASTRUC en donna une description et ultérieurement, en 1910, SUDRY apporta des renseignements intéressants sur la Bise : son étude comporte un plan de la dépression sous-marine établi d'après le résultat de sondages faits à l'aide d'une machine à sonder de Thoulet. L'auteur estime que la température de l'eau, au moment où elle jaillit du griffon est certainement voisine de 21° 3 et qu'elle est à peu près constante toute l'année. A l'aide d'un long tuyau de caoutchouc terminé par un entonnoir métallique, il a pu prélever directement l'eau de la source dont il donne quelques-uns des composants. Il en conclut que l'eau de la Bise n'est pas tout à fait douce mais qu'elle n'est pas un mélange d'eau douce et d'eau de mer.

Vu les moyens dont SUDRY disposait, les résultats obtenus, bien qu'incomplets, sont remarquables. Il nous a paru cependant nécessaire d'essayer d'obtenir certaines précisions complémentaires sur la topographie du gouffre et sur la composition de l'eau elle-même.

Aussi, nous avons entrepris avec le concours des Ponts et Chaussées une prospection de celui-ci à l'aide d'un sondeur enregistreur à ultra-sons. Les courbes obtenues ont permis au Service maritime des Ponts et Chaussées d'en tracer le plan. La figure 40 en donne la reproduction simplifiée. L'allure des isobathes est sensiblement différente de celle des isobathes qui furent tracées naguère par SUDRY mais ceci tient sans doute à une plus grande précision des contours que le sondeur a permis d'obtenir.

Lors de sorties que nous avons organisées, plusieurs plongées ont été effectuées les 19, 22, 25, 28 et 31 août 1959 par des moniteurs du Touring Club de France (MM. PANNETIER et EICHENLAUB) équipés de scaphandres autonomes. Elles ont révélé l'existence de trois sources : une principale dont l'eau sort par une ouverture rectangulaire de 60 cm de long et 15 cm de large, au pied d'une paroi rocheuse de 80 cm de hauteur. Une deuxième source moins importante qui semble communiquer avec la principale sort de cette paroi par une ouverture de  $20 \times 10$  cm. Une troisième source s'échappe à 4 m au sud de la première et à un niveau supérieur de 1,50 m environ, par un orifice mesurant approximativement 30 cm de long et 10 cm de large. L'eau de chacune d'elles est limpide à l'intérieur du griffon, mais, après sa sortie, elle se trouble rapidement car le sédiment est incessamment remis en suspension au voisinage des sources.

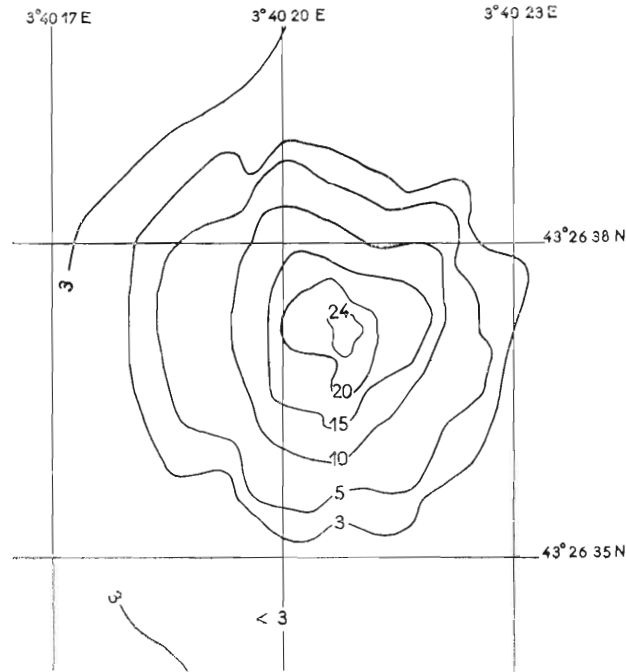


FIG. 40. — Topographie de la Bise.

Il est difficile d'apprécier le débit de ces sources qui est d'ailleurs variable : ainsi le 31 août il a paru moins fort que les jours précédents. Il suffit à projeter jusqu'à 1 m de hauteur environ des valves de coquillages placées devant le griffon.

Les plongeurs ont placé dans chacune des sources des thermosondes reliées à un pont de Wheatstone électronique enregistreur placé à bord de l'embarcation « Ostrea ». Nous avons pu ainsi mesurer leur température : elle est de  $20^{\circ} 80$  pour la source principale et la deuxième et de  $22^{\circ} 10$  pour la troisième source. Ces mesures ont été répétées le 22, le 25 et le 28 août et nous n'avons noté aucune différence, bien que la température des eaux de surface au voisinage du gouffre aient été respectivement de  $23^{\circ} 50$ ,  $22^{\circ} 80$  et  $24^{\circ}$ .

Afin de recueillir l'eau des sources à l'état pur, un tuyau terminé par un entonnoir, le tout en matière plastique, a été placé dans l'orifice de chacune d'elles. L'eau a été aspirée dans le tuyau à l'aide d'une pompe à main puis celle-ci a été débranchée et le liquide moins dense que l'eau de l'étang a continué à couler. Le niveau maximum atteint par l'eau s'est stabilisé à 70 cm au-dessus de la surface libre de l'étang.

Ce chiffre est nettement supérieur à celui observé par SUDRY : 40 cm. Cet auteur avait déterminé par le calcul une dénivellation de 50 cm environ, en prenant pour densités des eaux de la Crique de l'Angle (en mai 1909) et des eaux de la source, respectivement 1,019 et 1,002.

Lors de nos observations, la densité des eaux de la Crique de l'Angle était plus élevée (1,027), aussi la dénivellation était plus grande : le calcul donne en effet 73 cm. La section de notre tuyau étant plus grande que celle du tuyau utilisé par SUDRY, la différence entre la hauteur calculée et celle observée est plus réduite.

Le pH *in situ* a été déterminé par la méthode électrométrique : il a été trouvé égal à 6,84 pour la source principale et la deuxième source et à 6,70 pour la troisième source, alors que l'eau de l'étang avait un pH voisin de 8. (Lors des mesures de pH faites en 1931 par MATHIAS et TCHERNIAKOVSKY ces auteurs ont trouvé au-dessus de la Bise un pH de 7,67 alors que partout ailleurs dans l'étang, les valeurs trouvées étaient comprises entre 7,75 et 7,96 : cet abaissement relatif était certainement dû à l'influence des sources).

L'analyse chimique effectuée à l'Institut des Pêches maritimes et à l'Institut Bouisson-Bertrand a donné les résultats suivants :

	Source principale et deuxième source (Résultats pondéraux exprimés en mg/l)	Troisième source
Résidu sec à 110°	3523	3911
Titre alcalimétrique (en SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> ) cm <sup>3</sup> 0,1 N	61	68
Calcium (en Ca <sup>++</sup> )	177	177
Magnésium (en Mg <sup>++</sup> )	68	72
Silice, alumine et oxyde de fer	17	20
Sulfates (en SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> )	273	290
Chlorures (en Cl)	1680	1880
Résistance en ohm-cm/cm <sup>2</sup> à 18°	198	170
pH	6,84	6,70

On remarque en particulier que la troisième source a une teneur en chlorures légèrement supérieure à la source principale.

Comparons les valeurs des rapports SO<sub>4</sub>/Cl, Ca/Cl et Mg/Cl pour les eaux de la Bise et celles de la Méditerranée.

	Source principale	3° source	Méditerranée
SO <sub>4</sub> /Cl	0,162	0,154	0,139
Ca/Cl	0,105	0,094	0,021
Mg/Cl	0,040	0,038	0,065

Si l'eau des sources de la Bise était simplement de l'eau douce faiblement souillée d'eau de mer, les valeurs de ces rapports seraient semblables à ceux de l'étang de Thau et de la Méditerranée. Or elles sont nettement différentes, ceci prouve que les eaux de la Bise possèdent leur propre minéralisation. Il est permis de supposer que ces eaux minérales telles qu'elles ont été recueillies ne sont pas souillées d'eau de l'étang. En effet une addition d'eau de l'étang n'aurait pu que contribuer, le cas échéant, à augmenter le rapport Mg/Cl mais non à le faire diminuer : or ce rapport est, pour les deux sources de la Bise, inférieur à celui de l'eau de l'étang, lui-même voisin de celui de la Méditerranée.

Lors des plongées précédemment évoquées, des prélèvements de sédiments et un échantillon de la banquette rocheuse ont été recueillis. Ils ont été examinés par KURC : ses conclusions figurent dans un travail d'ensemble que cet auteur a consacré aux Foraminifères et Ostracodes de l'étang de Thau.

## CHAPITRE IV

### CYCLE ANNUEL DE L'HYDROLOGIE DE L'ÉTANG DE THAU

#### (Température et salinité)

Les cartes et coupes tracées pour quatre années d'observations permettent de suivre, au rythme des saisons, l'évolution des conditions hydrologiques. Aucune d'entre elles n'est absolument semblable à une autre. Elles présentent des points communs qui constituent en quelque sorte le cadre permanent de l'hydrologie. Elles offrent aussi des différences.

Dans le commentaire qui les accompagne, nous nous sommes efforcés de mettre l'accent sur certains points particuliers caractéristiques, mais, afin de préparer le lecteur à l'examen des cartes et coupes les plus intéressantes, nous avons estimé préférable de dégager, dans un exposé préliminaire d'ensemble, les principaux traits de l'hydrologie.

#### 1. - La température.

On peut distinguer, en cours d'année, deux époques principales qui correspondent à une répartition différente des isothermes. Elles sont séparées par de courtes périodes de transition.

##### a) *Une époque de type hivernal allant de novembre à mars.*

A ce moment la mer a une température supérieure à celle de l'air qui est elle-même voisine de celle de l'ensemble de la lagune. Ceci se traduit ainsi :

1° l'étang des Eaux Blanches a une température plus élevée que le Grand Etang car il subit plus directement l'influence marine ;

2° la température des eaux du fond est supérieure à celle des eaux superficielles ;

3° les écarts thermiques entre surface et fond sont plus accentués dans les Eaux Blanches que dans le Grand Etang ;

4° les zones peu profondes, voisines des rives, présentent généralement une température plus basse que les régions centrales.

A mesure que l'on s'éloigne des canaux de Sète vers l'étang la température diminue. Les différences de température observées entre les points voisins de l'entrée de ces canaux et les points éloignés seront d'autant plus grandes que les écarts entre la température de la mer et celle de l'air seront plus grands. La même observation s'applique aux écarts entre surface et fond.

Une période de transition assez courte (au maximum un mois) suit l'époque hivernale. Se situant généralement en avril, elle est caractérisée par l'isothermie entre la mer, l'air et l'étang. Elle peut être décalée de 8 à 15 jours selon les années. A ce moment les différences entre surface et fond ainsi que d'une station à l'autre s'estompent et la température est voisine de 13°.

##### b) *Une époque de type estival allant de mai à septembre.*

La mer a une température inférieure à celle de l'air qui est elle-même voisine de celle de l'ensemble de la lagune. Ceci se traduit par la situation suivante :

1° l'étang des Eaux Blanches a une température moins élevée que le Grand Etang ;

2° la température des eaux du fond est inférieure à celle des eaux superficielles ;

3° les écarts thermiques entre surface et fond sont plus accentués dans les Eaux Blanches que dans le Grand Etang ;

4° Les zones peu profondes voisines des rives présentent généralement une température plus élevée que les régions centrales.

A mesure que l'on s'éloigne des canaux de Sète la température augmente. On peut faire à propos des différences observées la même remarque que celle énoncée plus haut pour la période hivernale.

Une courte période de transition se situant généralement en octobre suit l'époque estivale. Elle est caractérisée par l'isothermie entre la mer, l'air et l'étang ; la température est alors voisine de 13°.

On observe parfois, d'une année à l'autre, certains décalages entre chacune des périodes précitées par suite des fluctuations des facteurs climatiques.

La température de l'air est l'objet d'oscillations journalières : elles entraînent des oscillations de la température de l'eau qui sont à peine sensibles dans la couche superficielle. Elles n'apparaissent pas dans nos résultats car nos mesures dites « de surface » sont faites à un mètre en-dessous de la surface.

La température de l'air subit également en toute saison des fluctuations plus nettes dues surtout à l'influence des vents : le mistral entraîne un abaissement marqué de la température de l'air qui se répercutera en premier lieu sur les couches superficielles et rapidement s'étendra à la nappe d'eau entière. Puis, le mouvement des eaux s'étant calmé et l'air se réchauffant, on observera une élévation corrélative des eaux de surface qui précédera un réchauffement des eaux du fond. On ne sera donc pas étonné, pendant et immédiatement après une période de mistral, de trouver d'abord peu de différence entre surface et fond, puis quelques jours après, de voir la température superficielle supérieure à celle du fond. On observera également, lorsque le mistral souffle, que les points abrités du mistral (par exemple ceux qui bordent la rive nord) ont une température plus élevée que ceux de la rive opposée voisine du cordon littoral.

D'une façon générale, les couches superficielles comme les zones peu profondes accusent plus rapidement que les couches profondes les variations de la température de l'air.

Les pluies, grossissant le débit des petits cours d'eau qui se jettent dans l'étang de Thau, sont aussi la cause de variations de température localisées les plus souvent à l'exutoire de ceux-ci.

## **2. - La salinité.**

La salinité en mer au large de Sète est l'objet de fluctuations relativement grandes. La pénétration des eaux marines dans l'étang de Thau étant très importante, comparée aux apports d'eau douce, il s'ensuit qu'en valeur absolue la salinité de Thau est en relation directe avec celle de la zone côtière et suit ses variations.

Mais elle est, dans la plupart des cas, inférieure à la salinité de la mer précisément à cause de ces apports d'eau douce, aussi faibles soient-ils. Plus ces facteurs d'abaissement de la salinité sont importants, plus les eaux de surface de Thau se différencient de celles du fond et plus les écarts entre les Eaux Blanches et le Grand Etang sont accentués, le second étant presque toujours moins salé que le premier. Cependant, il arrive (nous en montrerons plusieurs exemples) que la salinité de Thau soit supérieure à celle de la mer, soit par suite d'un abaissement brutal de la salinité des eaux côtières consécutif à une crue du Rhône et des autres fleuves du golfe du Lion, soit par suite de l'évaporation intense que l'on observe en été sur l'étang.

Mais, dans la plupart des cas, l'étang des Eaux Blanches reçoit des eaux marines qui en recouvrent le fond et, s'insérant au-dessous des eaux limniques moins denses, gagnent parfois la partie orientale du Grand Etang en se diluant progressivement.

L'évolution de la salinité ne permet pas de définir un cycle annuel, ce qui est possible avec la température. Aussi, c'est sur ce dernier facteur que sera basée l'étude de l'hydrologie et c'est lui qui sera utilisé pour caractériser les deux phases principales du cycle divisé ainsi en deux périodes :

- I) Période hivernale. II) Période estivale.

Sous-chapitre I

**PERIODE HIVERNALE**

**Novembre.**

Le début de novembre 1955 se situe immédiatement avant la période de transition entre l'été et l'hiver. Par contre, au commencement de novembre 1956, cette période intermédiaire était dépassée et on avait une situation caractéristique du début de l'hiver. Par conséquent, cette époque transitoire qui est très courte peut être décalée d'une quinzaine de jours d'une année à l'autre.



FIG. 41. — *Étang de Thau, 7-8 novembre 1955. Isohalines (surface).*

En 1955, la température est plus élevée dans l'ensemble de l'étang; elle augmente d'est en ouest. En 1956, au contraire la température est plus basse et diminue d'est en ouest, les Eaux Blanches étant légèrement moins froides que le reste de l'étang.



Quant à la salinité, la situation diffère peu en novembre 1955 et 1956. Observation d'ordre mineur, bien que les variations de salinité soient faibles dans l'ensemble, on peut reconnaître l'influence localisée des différents ruisseaux qui se jettent dans l'étang.

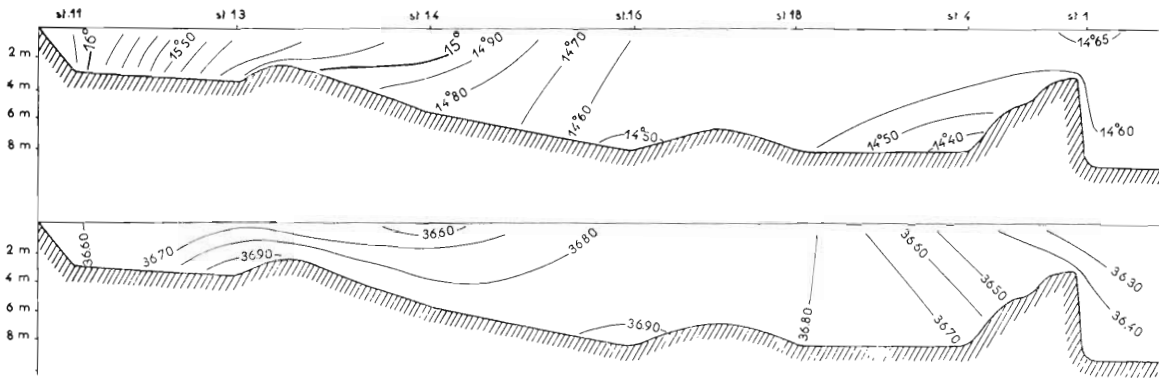


FIG. 42. — Etang de Thau, 7-8 novembre 1955. Coupe hydrologique (température et salinité)

1° 7-8 novembre 1955 (fig. 41 et 42).

L'étang est rempli par des eaux de 14 à 16° dont la salinité est comprise entre 35,20 et 36,90 ‰. Peu de différence entre la température et la salinité de surface et du fond (1/10° de degré et 0,1 à 0,20 ‰ environ). Les Eaux Blanches ont une salinité atténuée surtout dans la partie orientale à l'entrée du canal des étangs. Cette zone reçoit également par infiltration une partie de l'eau douce de la source d'Enversac. La partie médiane du Grand Étang est plus salée que les extrémités est et ouest où débouchent des ruisseaux dont le débit est sensible en cette saison. On reconnaît l'influence de la Vène, de la Bise dans la Crique de l'Angle et surtout celle du ruisseau de Bouzidou non loin de Marseillan où l'on observe à la station 10 la salinité la plus faible de l'étang (35,20 ‰).

2° 6-7 novembre 1956 (fig. 43 et 44).

Les eaux de l'étang ont une température voisine de 10° et inférieure de 4° et plus à celle observée l'année précédente à la même époque. C'est l'influence de la température de l'air qui

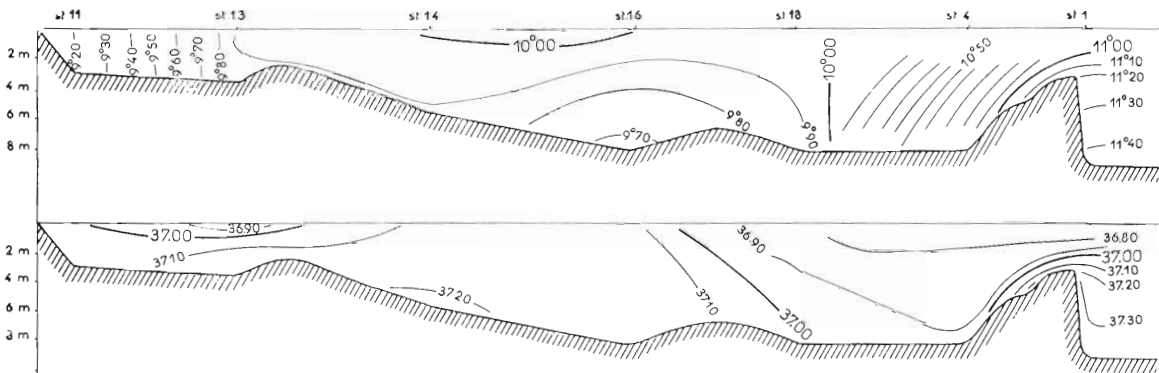


FIG. 43. — Etang de Thau, 6-7 novembre 1956. Coupe hydrologique (température et salinité)

est la cause de cette différence. De telles variations d'une année à l'autre sont caractéristiques et cet exemple montre l'influence de la température extérieure sur celle de l'étang de Thau. Comme en novembre 1955 la salinité est de l'ordre de 37 ‰.

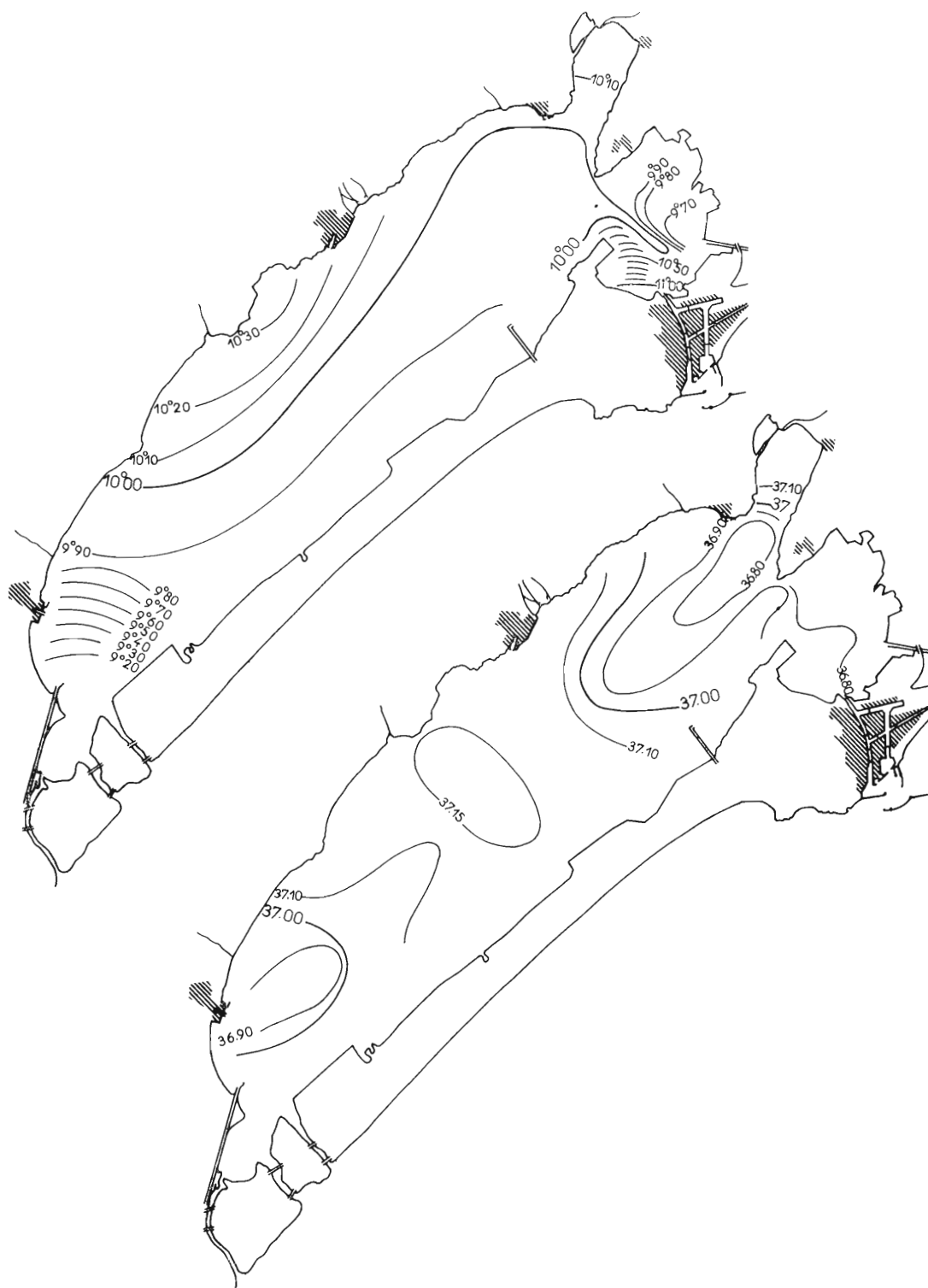


FIG. 44. — Etang de Thau, 6-7 novembre 1956. Isothermes et isohalines (surface).

Les différences de température et de salinité sont minimales d'une station à une autre tout comme entre la surface et le fond, par suite de l'influence du mistral. La rive nord, plus abritée de ce vent, est moins froide que la rive opposée. Ceci se traduit par une allure caractéristique des isothermes qui, dans la majeure partie du Grand Étang, s'alignent parallèlement au cordon littoral. On observe en surface dans la partie orientale des Eaux Blanches une salinité atténuée s'accompagnant d'une température plus basse sous l'influence du Canal des Étangs qui apporte de l'eau douce (au début de novembre on a observé une précipitation de 42 mm). Il en est de même dans la région de Marseillan sous l'influence des ruisseaux voisins.

### Décembre.

On trouve en décembre des conditions hivernales. La température d'ensemble de l'étang est plus proche de celle de l'air ambiant que de celle de la mer.

7-9 décembre 1956 (fig. 45).

A cette saison, l'air ambiant (minimum 6°) est plus froid que les eaux marines côtières dont la température descend rarement au-dessous de 12° près de Sète (12°10 à 12°65 selon la profondeur, le 9 décembre).

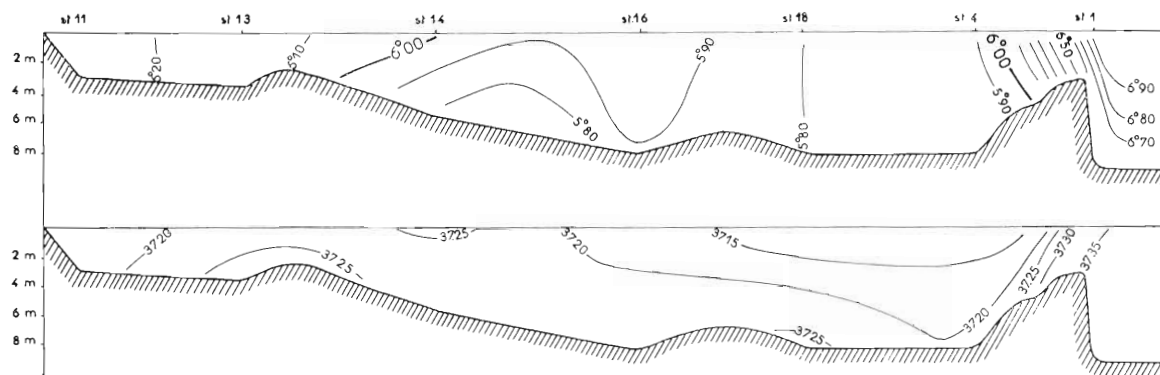


FIG. 45. — Etang de Thau, 7-9 décembre 1956. Coupe hydrologique (température et salinité)

L'influence marine ne se fait sentir que faiblement dans les Eaux Blanches ; elle se traduit par une température supérieure de 1° à celle du Grand Étang qui est voisine de 6°. Pour la même raison, les Eaux Blanches sont à peine plus salées que le Grand Étang : la salinité est partout supérieure à 37 ‰ tandis que celle de la mer atteint 38 ‰. Fait caractéristique lorsque les apports d'eau douce sont minimum, on ne note que de très faibles variations d'une station à une autre et le réseau des isohalines est relâché.

### Janvier.

Les mois de janvier 1956 et 1957, bien qu'assez fortement différents l'un de l'autre, offrent des images comparables de l'hydrologie de l'étang laquelle peut se ramener à un type hivernal en cette période de l'année. En revanche, janvier 1958 présente un aspect tout différent, beaucoup moins classique, qu'il est bon d'indiquer, car il montre combien les variations du régime peuvent modifier profondément la situation hydrologique type que nous nous efforçons de définir dans ce travail.

C'est ainsi que l'hydrologie normale en janvier 1956 et 1957 se caractérise par une élévation de la température dans le secteur où l'influence marine se fait sentir (Eaux Blanches et partie orientale du Grand Étang) ; cette élévation est surtout sensible sur le fond où sa forte densité, due à une salinité plus élevée, retient l'eau marine. Mais, en 1958, cette situation classique est

déformée car l'influence marine, si elle continue bien à se manifester, le fait en surface et non plus sur le fond en raison de la densité moindre des eaux marines par rapport aux eaux limniques.

Dans le détail, la situation se présente comme suit d'une année à l'autre.

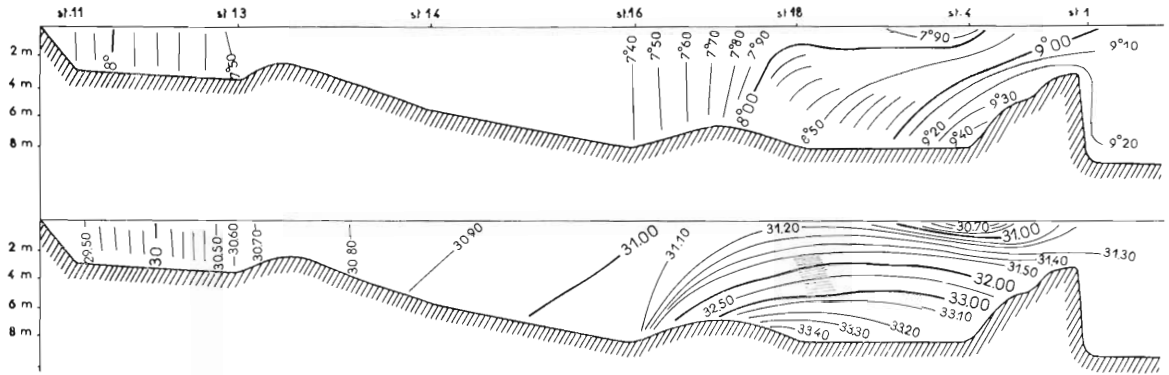


FIG. 46. — Etang de Thau, 17-18 janvier 1956. Coupe hydrologique (température et salinité).

1° 17-18 janvier 1956 (fig. 46).

Les Eaux Blanches et la partie orientale du Grand Etang subissent l'influence marine. Leurs températures vont de 8° à 9° en surface jusqu'à 9°40 sur le fond, températures qui correspondent à des salinités décroissant de 33 à 31 ‰ des Eaux Blanches vers la partie ouest de l'étang, celle-ci ayant une salinité voisine de 30 ‰. Les écarts de température entre surface et fond peuvent atteindre 1°50 et les écarts de salinité 2,40 ‰ (station 4, Roquerols).

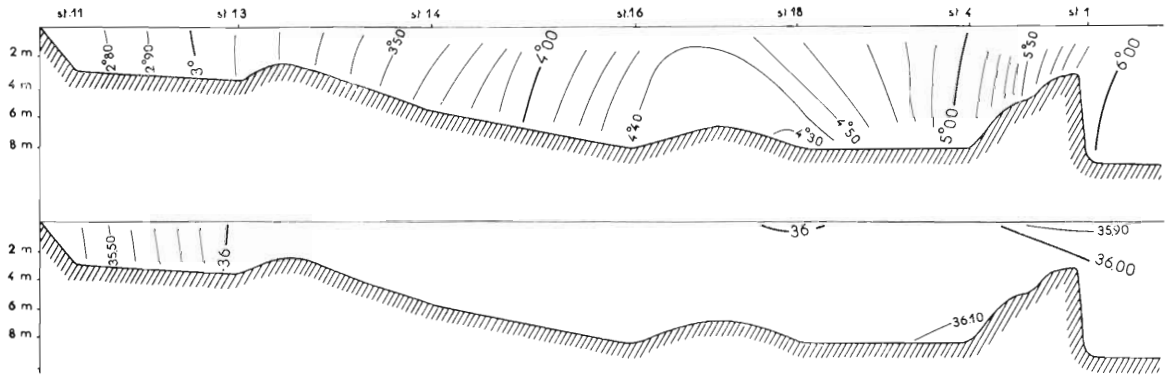


FIG. 47. — Etang de Thau, 21-22 janvier 1957. Coupe hydrologique (température et salinité).

2° 21-22 janvier 1957 (fig. 47).

On enregistre le même phénomène qu'en 1956 mais la température de l'air étant plus basse (de 0 à 7°), celle des eaux l'est aussi (de 2°80 à 6°). Quant à la salinité, elle est légèrement plus élevée (36 ‰ environ), en surface comme au fond, du fait d'une plus grande salinité des eaux marines côtières. De même, ce facteur a révélé l'existence d'une lentille salée (36,18 ‰) et relativement moins froide (5°80) à la station 5 près de Bouzigues ce qui apparaît sur une carte que nous n'avons pas cru nécessaire de publier.

3<sup>e</sup> 30-31 janvier 1958 (fig. 48 et 49).

Cette série d'observations révèle les possibilités de fortes variations dans la situation précédemment définie.

Température de l'eau du Grand Etang et température de l'air sont en équilibre ( $6^{\circ}$  à  $6^{\circ}80$ ), celle des Eaux Blanches est plus élevée ( $7^{\circ}$ ) en raison de la pénétration des eaux marines qui se marque surtout en surface car leur salinité très basse ( $34\text{ ‰}$ ) les rend moins denses. les eaux limniques étant à  $36\text{ ‰}$ .

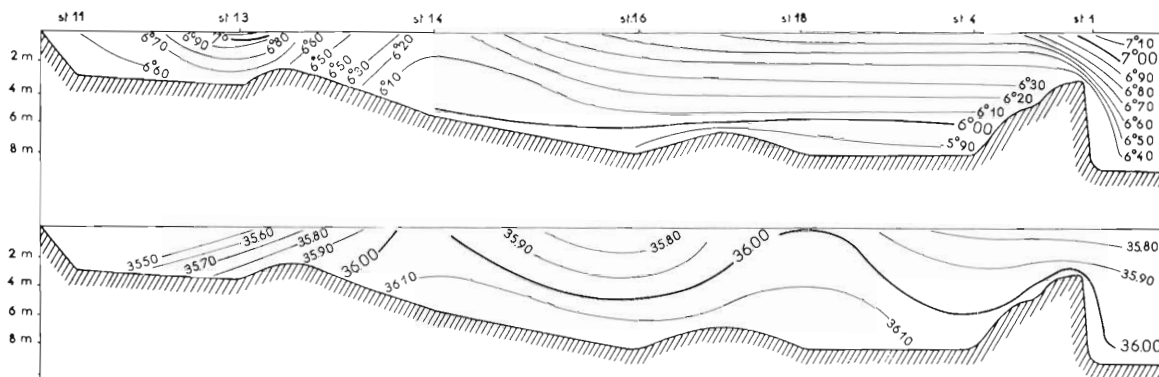


FIG. 48. — Etang de Thau, 30-31 janvier 1958. Coupe hydrologique (température et salinité).

A noter que la côte nord du Grand Etang a une salinité moindre que la rive opposée. Dans cette différence ( $0,3$  à  $0,4\text{ ‰}$ ) on reconnaît le rôle des cours d'eau alimentés par des pluies récentes. L'influence du ruisseau de Bouzidou se traduit également par une élévation de la température de  $1^{\circ}$  près de son embouchure (stations 10 et 13).

### Février.

C'est, dans la région de Sète, le mois le plus froid de l'année et en 1956 la température a été exceptionnellement rigoureuse. Ceci a permis d'observer que l'étang de Thau peut atteindre, même au fond, des températures inférieures à  $0^{\circ}$  et que les sources de la Bise n'ont pratiquement aucune influence appréciable, ce qui dément l'opinion généralement admise.

Par ailleurs, les écarts notables de température entre les observations de février 1956 et 1957 montrent l'influence prépondérante de l'air ambiant sur l'hydrologie. Dans un cas comme dans l'autre, la salinité décroît de l'est vers l'ouest. La Crique de l'Angle et l'exutoire du Canal du Midi constituent les principaux points où la salinité s'atténue.

1<sup>o</sup> 18 février 1956 (fig. 50, 51 et 52).

Les mesures ont été faites à la suite d'une période de froid intense. La température de l'air est descendue à  $-14^{\circ}$  le 10. Les minimum ont été constamment au-dessous de  $0^{\circ}$  à partir du 1<sup>er</sup> février. Le 18, jour des observations, on note un minimum de  $-4^{\circ}$  et un maximum de  $+3^{\circ}$ . Les bords de l'étang sont glacés. En aucun point on n'a de température supérieure à  $+1^{\circ}60$ . Les différences entre les températures en surface et sur le fond sont faibles: conséquence du mistral. Dans les Eaux Blanches, la température est un peu plus élevée (de  $0^{\circ}30$  à  $1^{\circ}$ ) et la salinité plus forte ( $33,50\text{ ‰}$  environ) sous l'influence des rentrées d'eau marine. L'action de cette eau moins froide et à plus de  $33\text{ ‰}$  se fait sentir jusqu'à Bouzigues où l'on note sur le fond une lentille à  $1^{\circ}60$  et  $34\text{ ‰}$ , tandis qu'en surface les eaux limniques sont à  $-0^{\circ}10$  et  $32,80\text{ ‰}$ . La température s'abaisse ensuite graduellement d'est en ouest jusqu'au centre du Grand Etang, partie la plus froide ( $-0^{\circ}55$ ); la salinité fait de même mais, alors qu'elle continue de décroître jusqu'à l'extrémité ouest de l'étang, la température en revanche s'élève légèrement sans dépasser toutefois  $-0^{\circ}30$ .

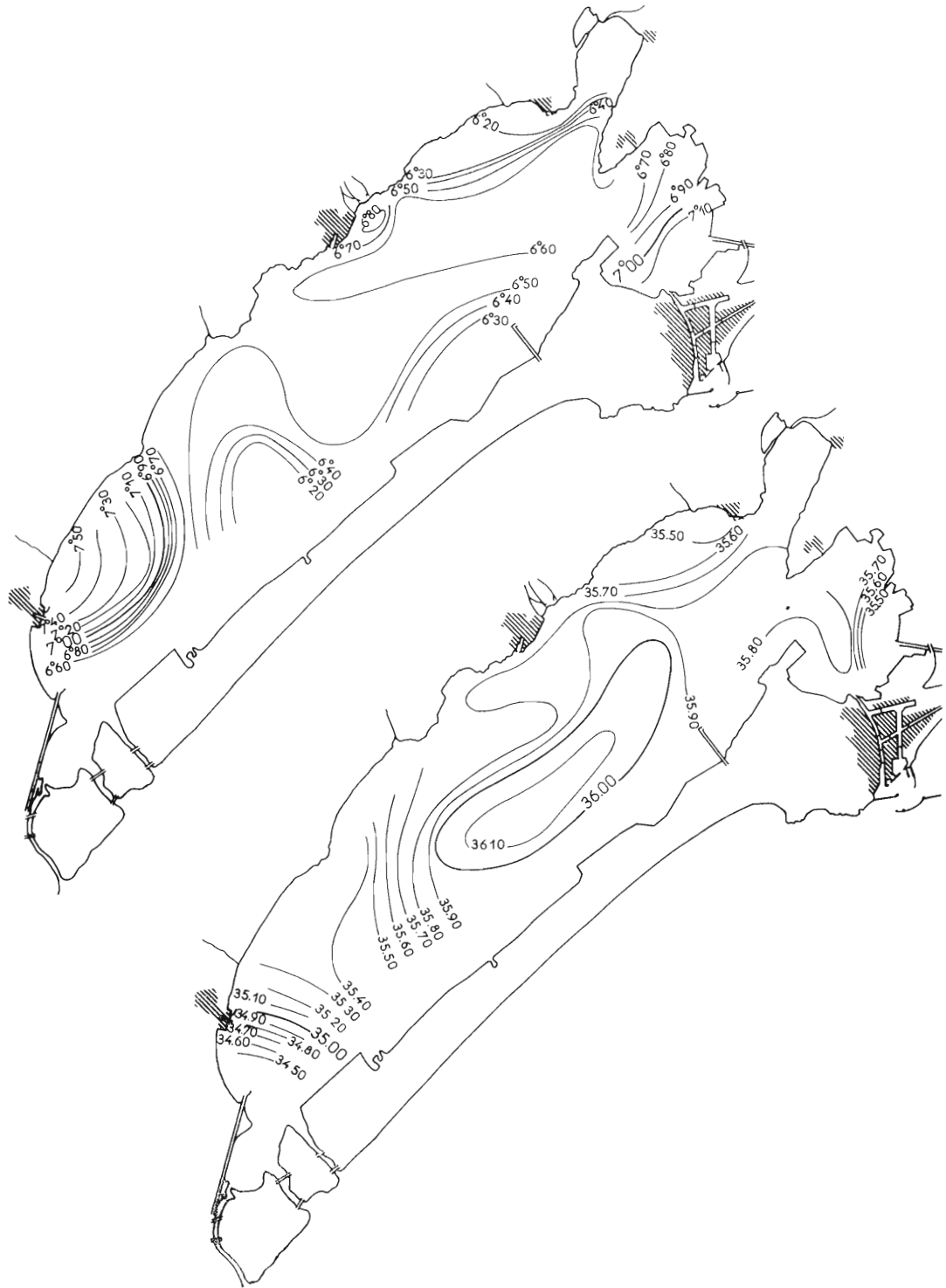


FIG. 49. — Etang de Thau, 30-31 janvier 1958. Isothermes et isohalines (surface)

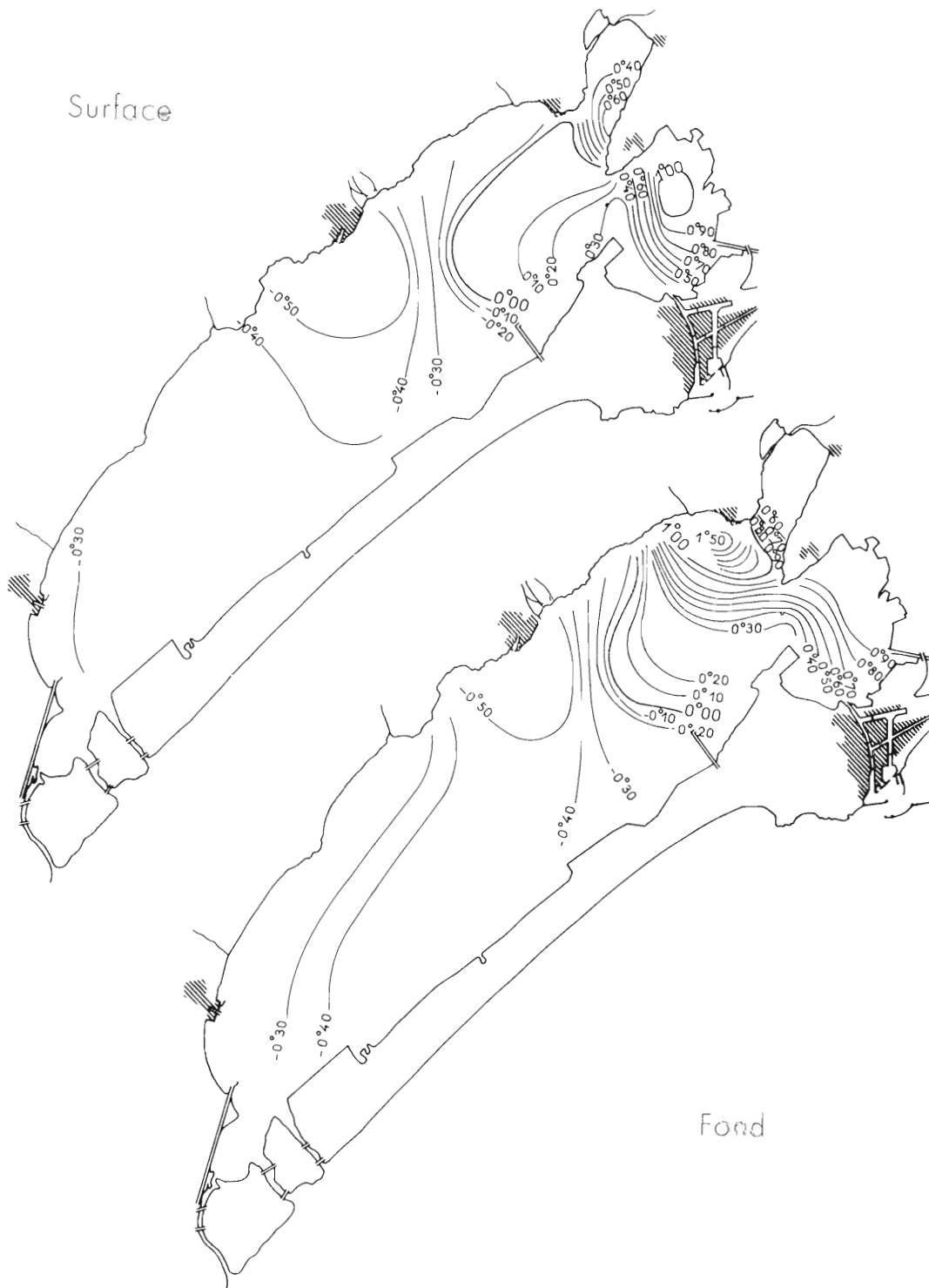


FIG. 50. — Étang de Thau, 18 février 1956. Isothermes (surface et fond).

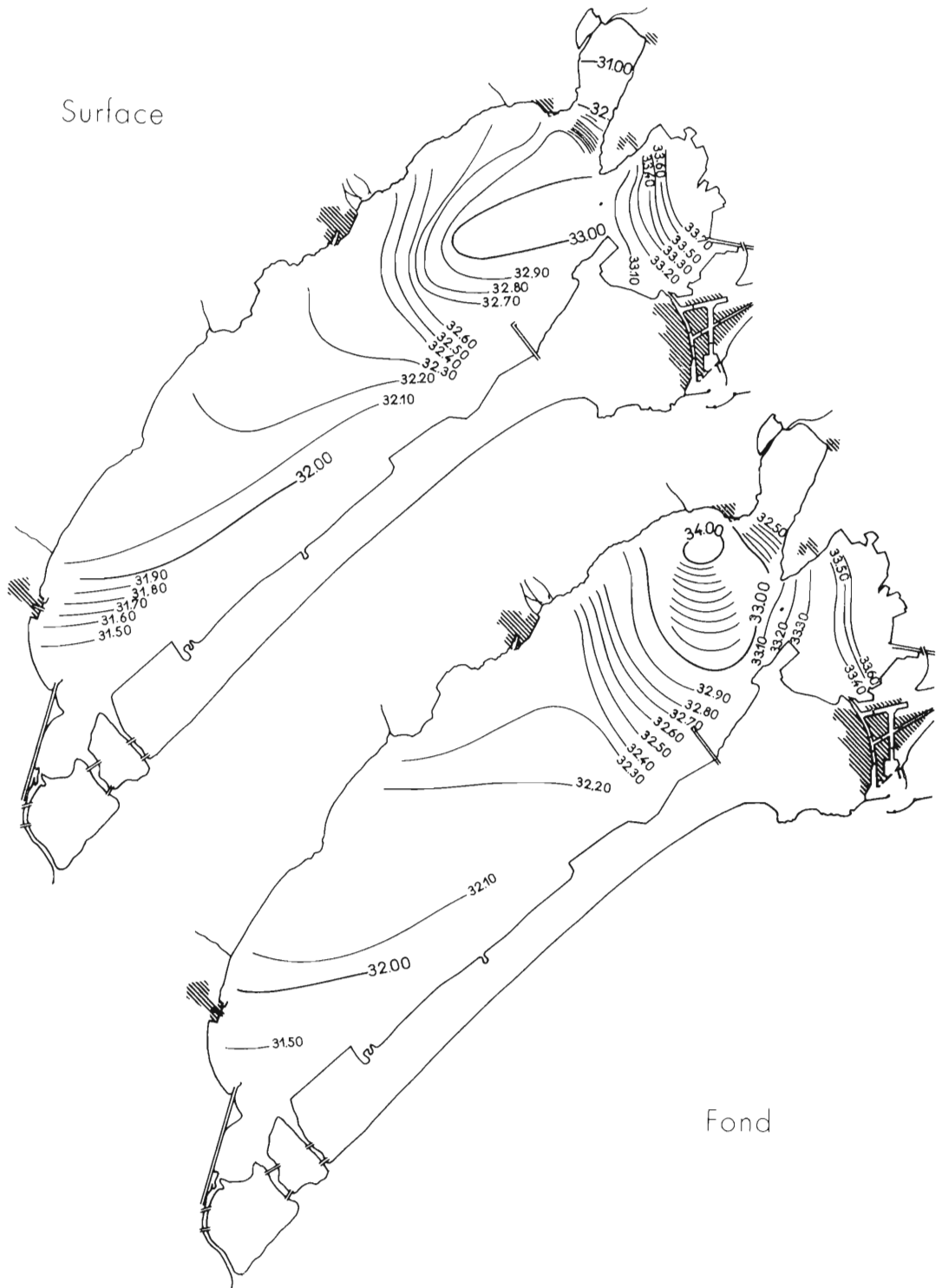


FIG. 51. — Etang de Thau, 18 février 1956. Isohalines (surface et fond).



A noter qu'aucun changement appréciable de température dû à la Bise n'est visible.

Il est donc important de constater que l'étang de Thau peut atteindre au fond, une température très basse. Ces circonstances sont, il est vrai, exceptionnelles.

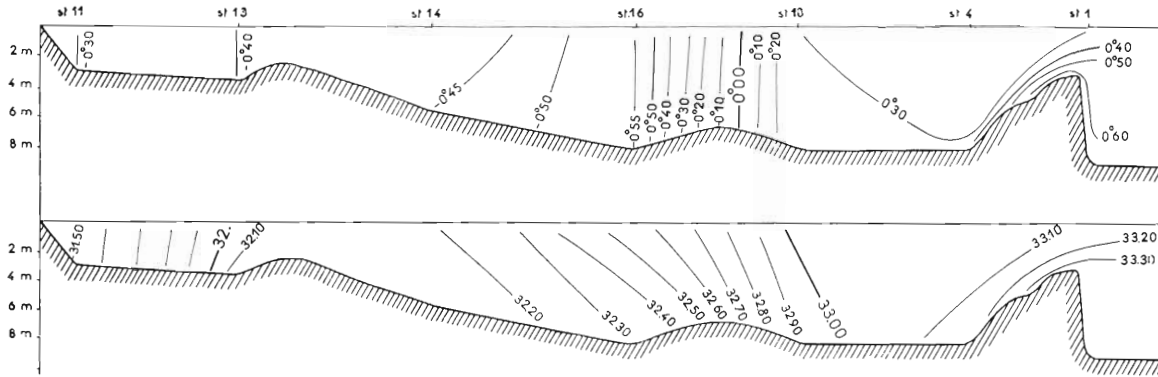


FIG. 52. — Etang de Thau, 18 février 1956. Coupe hydrologique (température et salinité).

2° 21 février 1957 (fig. 53).

Les observations de ce jour montrent combien l'hydrologie de l'étang peut varier d'un hiver à l'autre.

Alors que, l'année précédente à la même époque, la température des eaux de Thau était voisine de 0°, elle est comprise en février 1957 entre 8°20 et 9°. La salinité diffère elle aussi d'environ 3 ‰ : elle va de 35,40 à 36 ‰. L'influence marine est faible, aussi, température et salinité varient peu d'une station à l'autre.

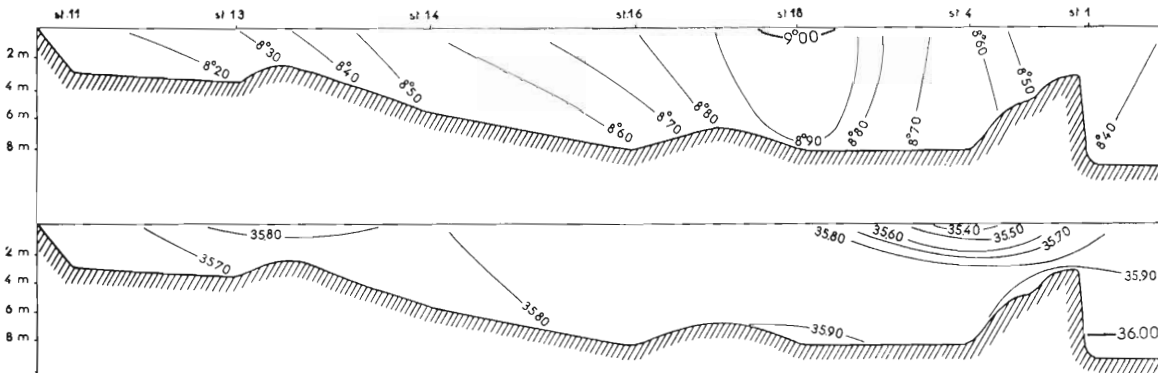


FIG. 53. — Etang de Thau, 21 février 1957 Coupe hydrologique (température et salinité).

### Mars.

Le mois de mars 1955 marque le début de la période de transition définie plus haut. Au début du mois, c'est encore la période hivernale (la température atteint au maximum 8°20), mais à la fin la phase d'isothermie est déjà dépassée : les Eaux Blanches et la partie orientale du

Grand Etang sont légèrement plus froides que le secteur occidental (respectivement  $11^{\circ}$  à  $11^{\circ}80$  et  $12^{\circ}$  à  $13^{\circ}$ ). Fin mars 1958, par contre, l'équilibre thermique de printemps n'a pas encore été atteint.

Pour la salinité, les différentes coupes hydrologiques de mars 1955 présentent entre elles une grande analogie et elles ont une allure absolument classique : elles sont l'image de ce que l'on peut observer lorsque la mer est plus salée que l'étang et que les apports d'eau douce sont importants. C'est pourquoi, la salinité diminue d'est en ouest, rapidement d'abord, lentement ensuite.

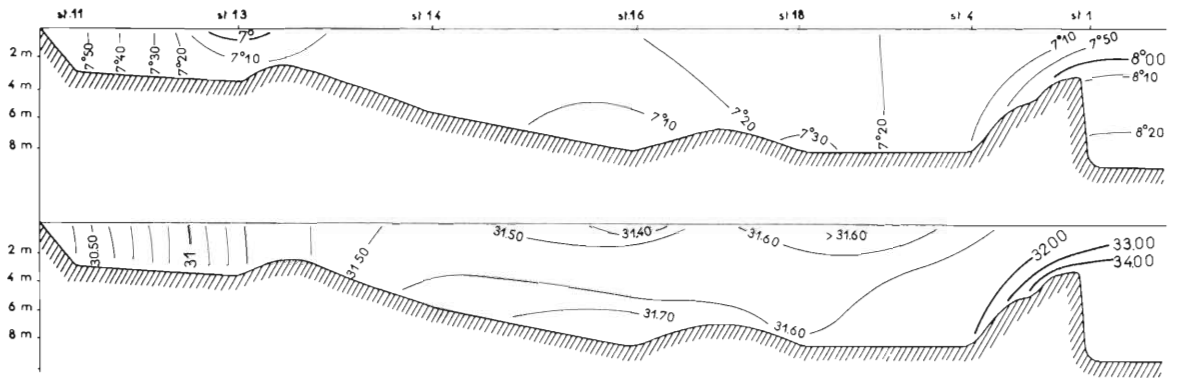


FIG. 54. — Etang de Thau, 9-10 mars 1955. Coupe hydrologique (température et salinité).

1<sup>o</sup> 9 et 10 mars 1955 (fig. 54).

Dans l'étang des Eaux Blanches la température passe progressivement de  $8^{\circ}20$  à  $7^{\circ}10$  à mesure que l'on se dirige vers Roquerols. Corrélativement, la salinité décroît de 34 à 32 ‰. Les eaux superficielles sont plus froides et moins salées que celles du fond (les différences peuvent atteindre  $1^{\circ}$  et 2 ‰). L'amplitude de ces variations s'atténue à mesure que l'on s'éloigne des canaux de Sète et le Grand Etang présente en son centre une certaine isothermie ( $7^{\circ}20$  environ) et une isohalinité relative (31,60 ‰), l'extrémité occidentale restant un peu moins froide ( $7^{\circ}50$ ) et moins salée (30,50 ‰) que la partie médiane.

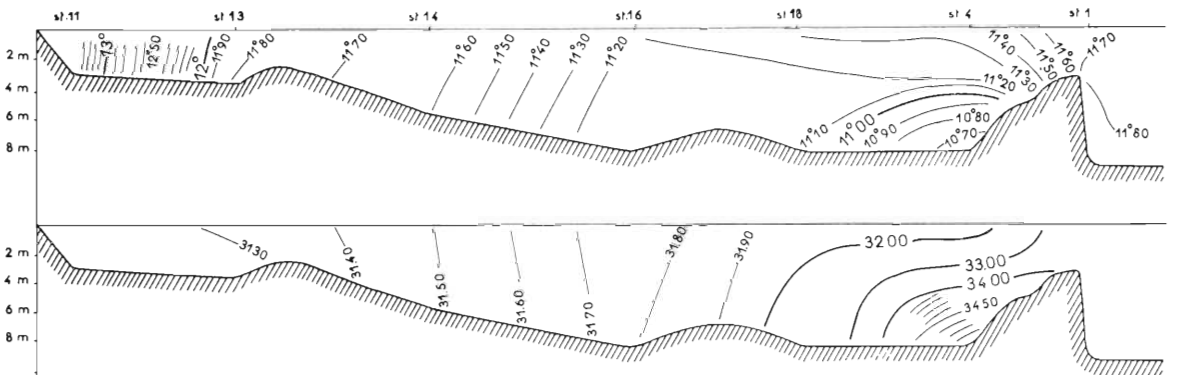


FIG. 55. — Etang de Thau, 24 mars 1955. Coupe hydrologique (température et salinité).

2<sup>o</sup> 24 mars 1955 (fig. 55 et 56).

On note, tant en surface que sur le fond, un réchauffement marqué par rapport à la situation du 9 mars. A cette époque de l'année, un équilibre thermique momentané se réalise entre l'étang

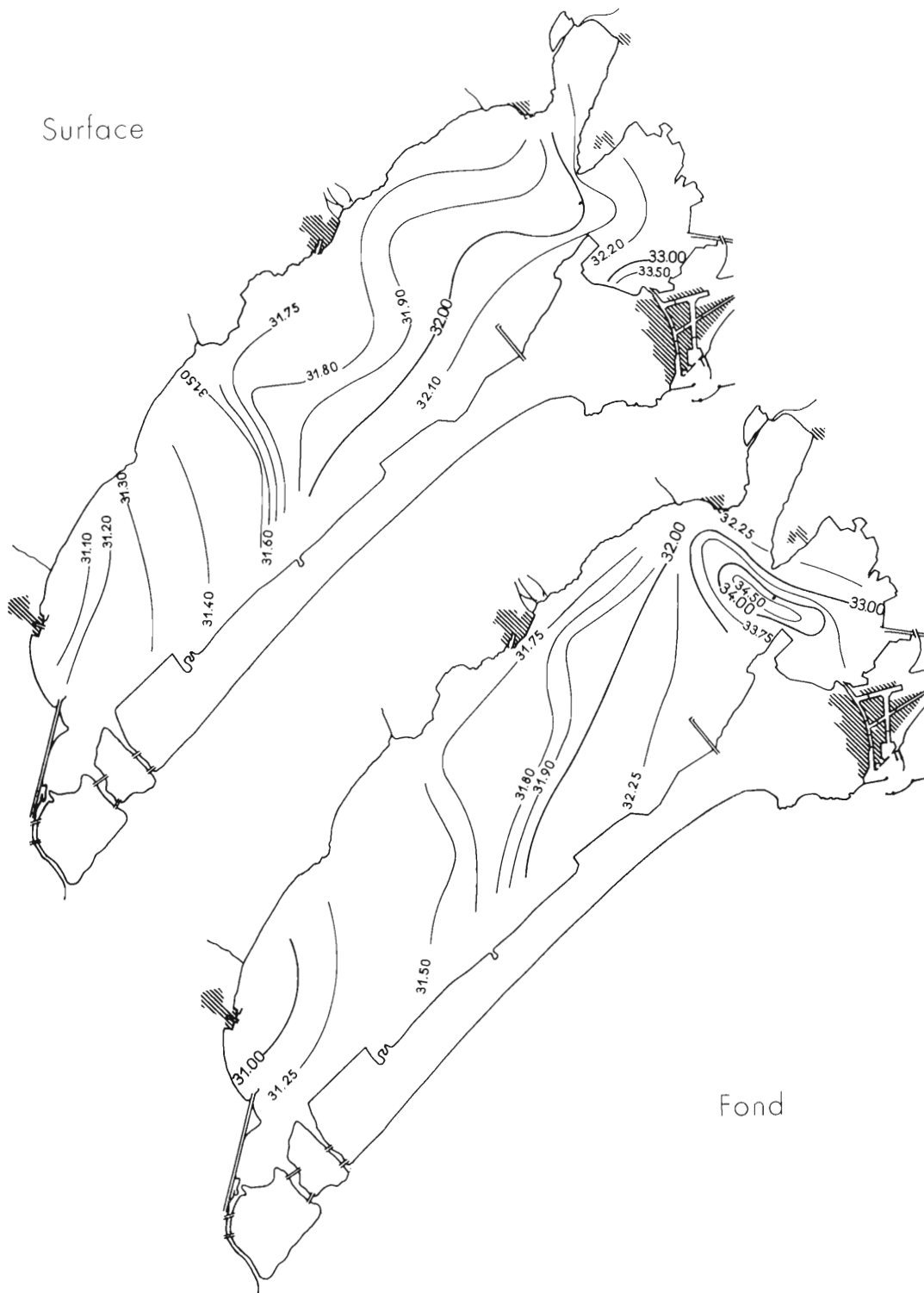


FIG. 56. — Etang de Thau, 24 mars 1955. Isohalines (surface et fond)



FIG 57. — Etang de Thau, 26 mars 1958. Isothermes (surface et fond)



FIG. 58. — Étang de Thau, 26 mars 1958. Isohalines (surface et fond).

et la mer. Sous l'influence de l'élévation progressive de la température atmosphérique au cours de la première quinzaine de mars, les eaux limniques se sont réchauffées plus vite que les eaux marines et là où l'étang est le moins exposé à l'influence de la mer, sa température tend à dépasser celle de cette dernière. Ainsi dans la partie occidentale, on note des eaux de 12°-13° et 31,30 ‰, tandis que dans les Eaux Blanches et la partie orientale du Grand Etang, 10°50 à 11°50 accompagnent des salinités de nature marine décroissant de 34,80 à 32 ‰.

Sur le fond, les eaux marines plus salées exercent une poussée depuis l'entrée des canaux de Sète en direction de Bouzigues tandis qu'en surface une poussée inverse entraîne les eaux limniques moins salées provenant du Grand Etang et de la Crique de l'Angle. Pendant la phase d'entrée du courant de marée vers l'étang, les eaux marines, se diluant progressivement, ont envahi les Eaux Blanches et laissé un lobe atteignant 34,50 sur le fond.

3° 26 mars 1958 (fig. 57 et 58).

L'équilibre thermique de printemps ne s'est pas encore produit et la température de la lagune, proche de celle de l'air (10°), reste encore inférieure à celle de la zone marine côtière (12°40 en surface). La température atmosphérique tendant à s'élever par rapport à celle des jours précédents, provoque quelques faibles écarts entre les mesures obtenues en surface et sur le fond, dans la partie centrale du Grand Etang : ici, la surface est légèrement moins froide (différence : 0°30). En revanche, c'est l'inverse dans les Eaux Blanches et l'est du Grand Etang : cette région, intéressée par l'influence marine est légèrement plus chaude sur le fond (9°90 à 10°10) qu'à la surface (9°60 à 9°90).

En raison des pluies survenues au cours de la deuxième quinzaine de mars, les régions de l'étang où se jettent des cours d'eau sont moins salées. On reconnaît particulièrement l'influence du canal des Etangs, de la Vène, de la Bise, du Pallas et du canal du Midi. La salinité voisine de 37 ‰ dans les zones soumises à l'influence marine, descend parfois au-dessous de 35 ‰ dans les régions recevant de l'eau douce.

## Sous-chapitre II

### PERIODE ESTIVALE

#### **Avril.**

En 1955 et 1957, la période de transition entre l'hiver et l'été s'est située plus tôt qu'en 1956. Nos observations d'avril 1955 et 1957 lui sont immédiatement postérieures tandis que celles d'avril 1956 coïncident avec elle.

La salinité fluctue dans le sens habituel. Elle diminue d'est en ouest sauf toutefois en avril 1957 où les apports d'eau douce du Pallas et du Sesquier isolent dans la partie occidentale une zone plus salée.

1° 13-14-15 avril 1955 (fig. 59 et 60).

L'étang est entré dans sa phase estivale. La température atmosphérique s'est élevée progressivement depuis le mois précédent et, corrélativement, celle de l'étang a augmenté pour dépasser 15°. Les eaux marines subissent plus lentement ce réchauffement et n'ont pas plus de 13°05 en surface.

La température des eaux du fond est inférieure à celle des eaux de surface ce qui est normal en cette saison, les eaux d'origine marine plus froides s'étalant sur le fond et celles de surface étant plus directement en contact avec l'air. Elles diffèrent entre elles de 1° et 3 ‰ environ dans les Eaux Blanches ; ces écarts s'amenuisent progressivement à mesure qu'on se dirige vers l'ouest de l'étang. Les eaux superficielles ont un gradient de salinité beaucoup moins étendu (32,40 à 32,90 ‰) que celles du fond (32,40 à 36 ‰). Il en est de même pour la température (14°60 à 16° pour les premières et 13°50 à 15°40 pour les secondes).

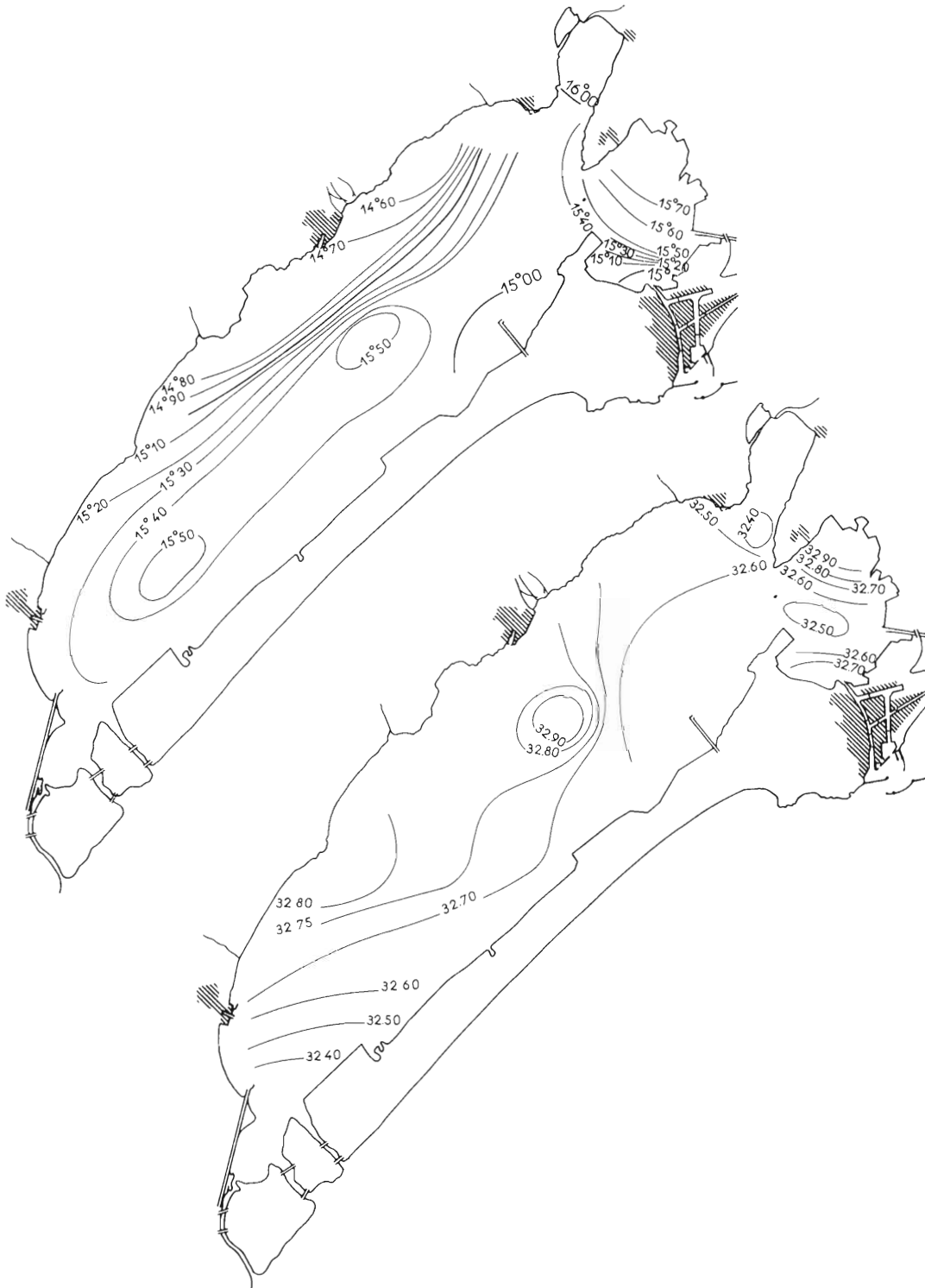


FIG. 59 — Etang de Thau, 13-14-15 avril 1955. Isothermes et isohalines (surface)

Quelques points particuliers méritent d'être notés : la température relativement élevée ( $16^{\circ}$ ) de la Crique de l'Angle due à sa faible profondeur, la remontée en surface à la station 16 au large de Mèze d'eaux plus salées du fond (lentille à  $32,90\text{‰}$ ).

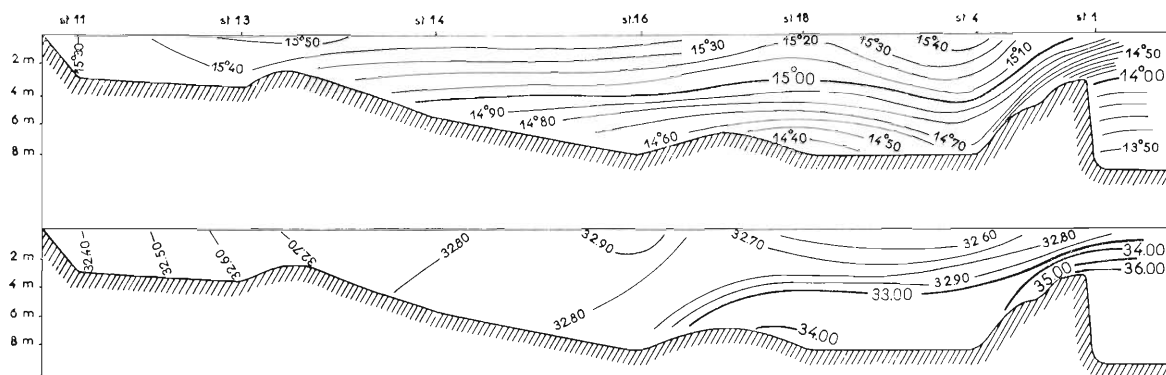


FIG. 60. — Étang de Thau, 13-14-15 avril 1955. Coupe hydrologique (température et salinité).

2° 28-29 avril 1955 (fig. 61 ).

Comme au début du mois, lors des observations exposées ci-dessus les eaux d'origine marine à plus de  $34\text{‰}$  (maximum  $35,10\text{‰}$ ) se dessalant graduellement, envahissent les Eaux Blanches et la partie orientale du Grand Étang dont elles occupent le fond. Leur température est moins élevée ( $16^{\circ}30$  à  $17^{\circ}50$ ) que celle des eaux limniques ( $17^{\circ}50$  à  $18^{\circ}70$ ) qui, présentant une salinité voisine de  $33\text{‰}$ , les recouvrent en surface par suite de leur densité moindre.

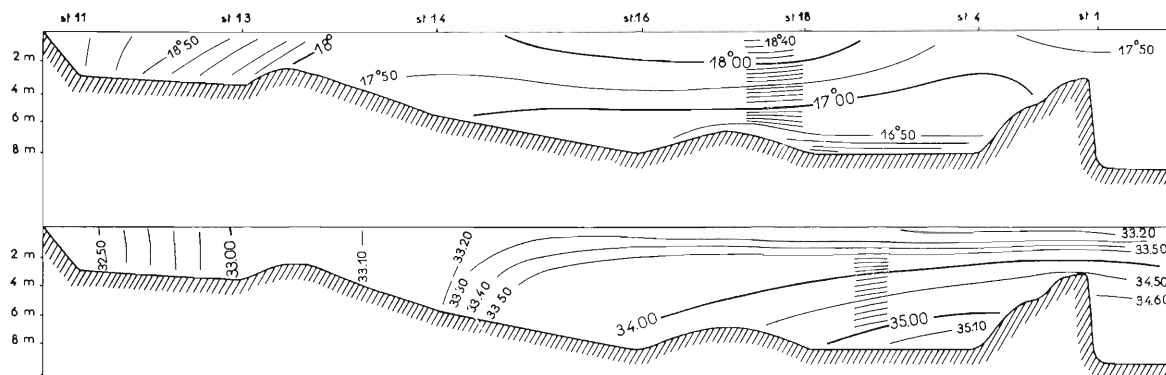


FIG. 61. — Étang de Thau, 28-29 avril 1955. Coupe hydrologique (température et salinité).

3° 13-14-16 avril 1956 (fig. 62 et 63 ).

Ces résultats montrent que l'équilibre thermique de printemps est réalisé entre la mer et l'étang (équilibre qui se situe entre  $12^{\circ}70$  et  $13^{\circ}$ ). Dans ces conditions on note très peu de variations d'une station à une autre et de la surface au fond.

Comme dans la plupart des cas, l'étang des Eaux Blanches et la partie orientale du Grand Étang sont baignés par des eaux plus salées ( $32$  à  $34\text{‰}$ ) et cette salinité est plus accentuée sur le fond qu'en surface (différence :  $1\text{‰}$  au maximum). Les parties centrale et occidentale présentent moins de variations d'un point à un autre et peu d'écart de salinité entre la surface et le fond.





Fig. 62. — Etang de Thau, 13-14-16 avril 1956. Isothermes et isohalines (surface).

Le rivage nord est légèrement plus chaud et moins salé que celui du cordon littoral. Il en est de même des régions peu profondes qui se trouvent aux extrémités ouest et est de l'étang (stations 11 et 19).

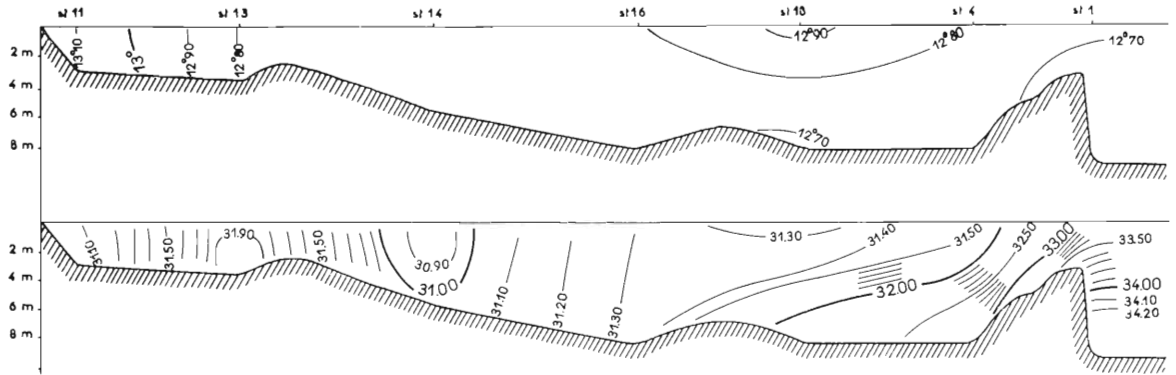


FIG. 63. — Etang de Thau, 13-14-16 avril 1956. Coupe hydrologique (température et salinité).

4° 4-5 avril 1957 (fig. 64 et 65).

L'équilibre thermique de printemps que nous avons pu observer en 1956 à la même époque s'est établi depuis un certain temps déjà et nous retrouvons une situation semblable à celle des 13-14-15 avril 1955. Les eaux marines dont la température a très peu varié depuis l'hiver sont maintenant plus froides que celles de l'étang. Les Eaux Blanches sont un peu plus froides (13°90 à 14°90) et plus salées (34,70 à 34,90 ‰) sur le fond qu'en surface (14°40 à 14°90 et 33 à 33,80 ‰) car l'influence marine y est sensible.

Fait qui mérite de retenir l'attention, les apports d'eau douce provenant du Pallas et du Sesquier, grossis par des pluies récentes, entraînent près de Mèze un abaissement de température et de salinité qui reste appréciable dans toute la partie orientale du Grand Etang. Des eaux plus chaudes et aussi plus salées (15° et 35 ‰) restent isolées dans le secteur occidental.

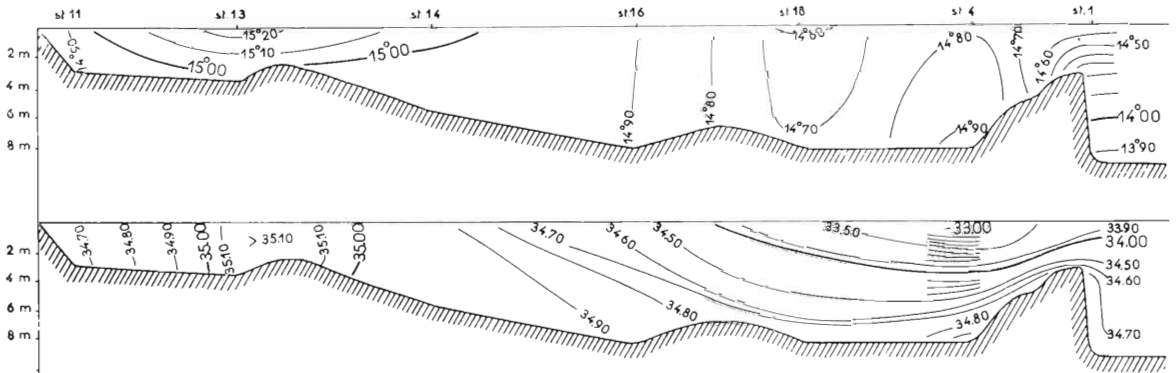


FIG. 64. — Etang de Thau, 4-5 avril 1957. Coupe hydrologique (température et salinité).

### Mai.

Au milieu de mai, la température est de l'ordre de 17° et à la fin elle dépasse par endroits 20°. Elle augmente d'est en ouest et est plus élevée en surface que sur le fond, situation caractéristique d'une période de type estival.

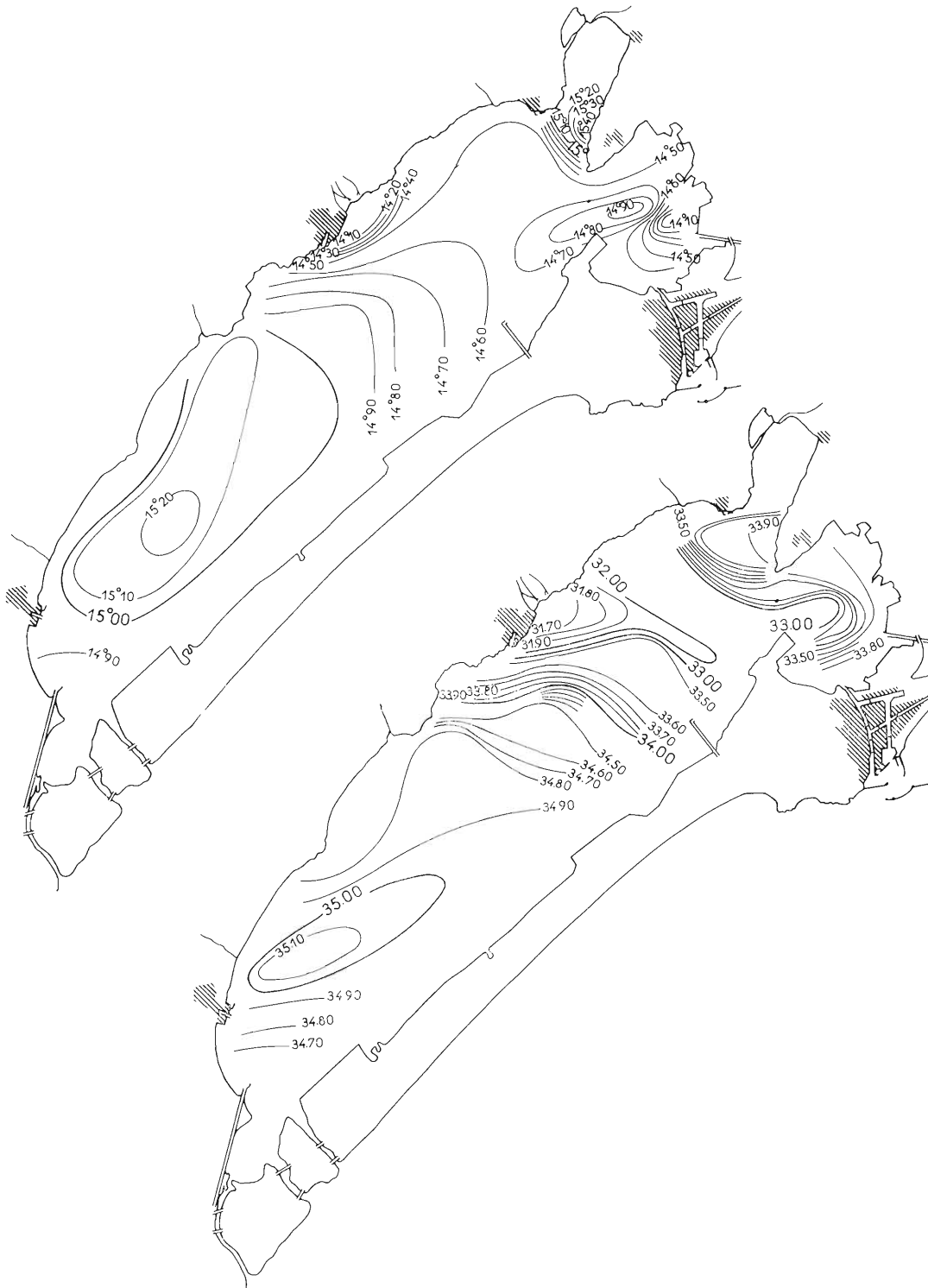


FIG. 65. — Etang de Thau, 4-5 avril 1957. Isothermes et isohalines (surface).

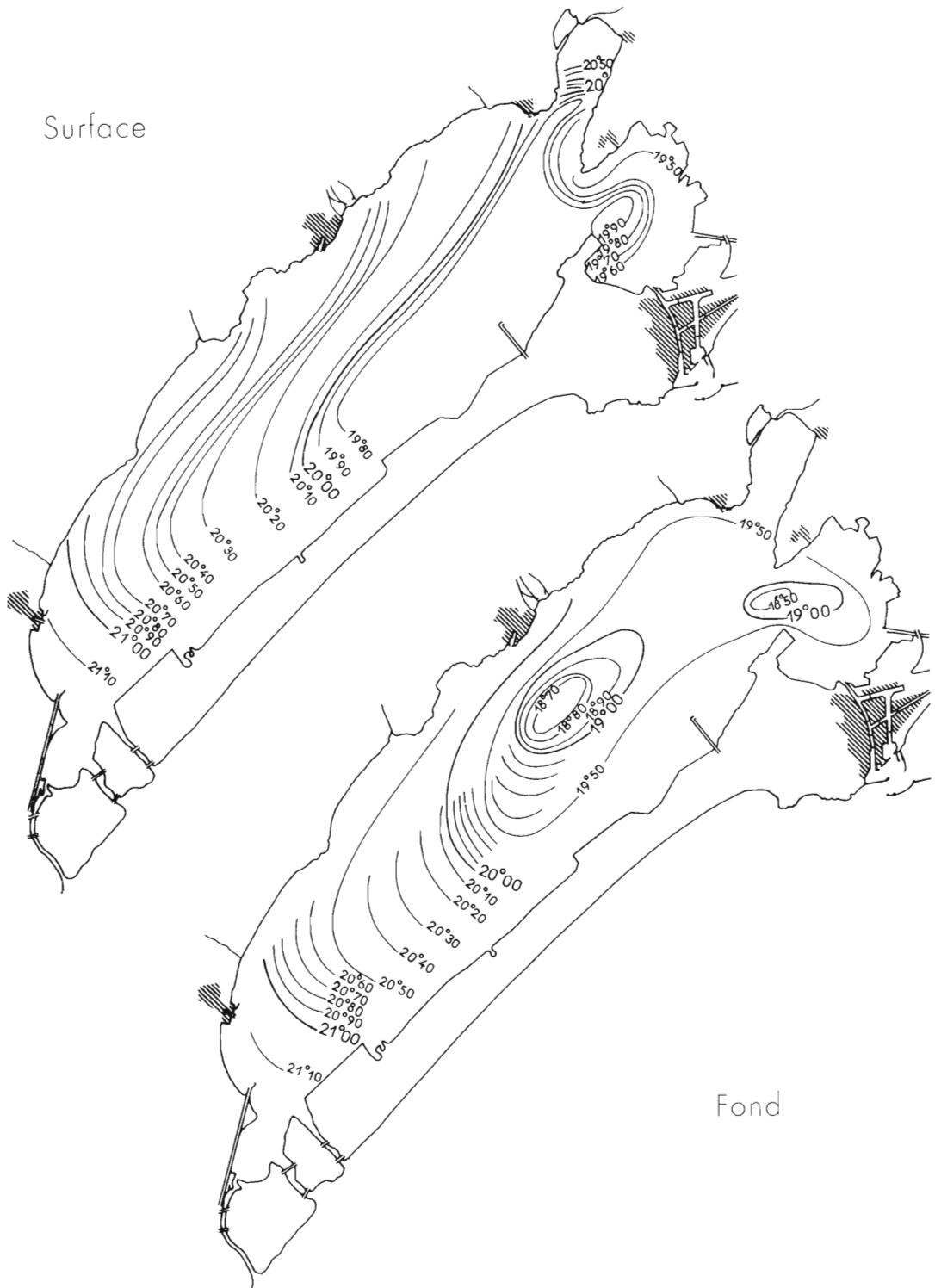


FIG. 66. — Etang de Thau, 29-30 mai 1956. Isothermes (surface et fond).



FIG. 67. — Etang de Thau, 29-30 mai 1956. Isohalines (surface et fond).

En mai 1956, isohalines et isothermes ont la même allure : coupes et cartes se ressemblent.

En mai 1957, la stratification régulière des couches d'eau de températures décroissantes, de la surface au fond, apparaît nettement.

Dans l'un et l'autre exemple, la salinité est affaiblie par les apports d'eau douce ; la dilution naturelle des eaux marines côtières y contribue aussi.

1° 29-30 mai 1956 (fig. 66, 67 et 68 ).

En surface, la température augmente régulièrement de l'est vers l'ouest (de  $19^{\circ}50$  à  $21^{\circ}10$  ), la côte nord étant plus chaude que la côte opposée. L'influence marine est sensible dans les Eaux

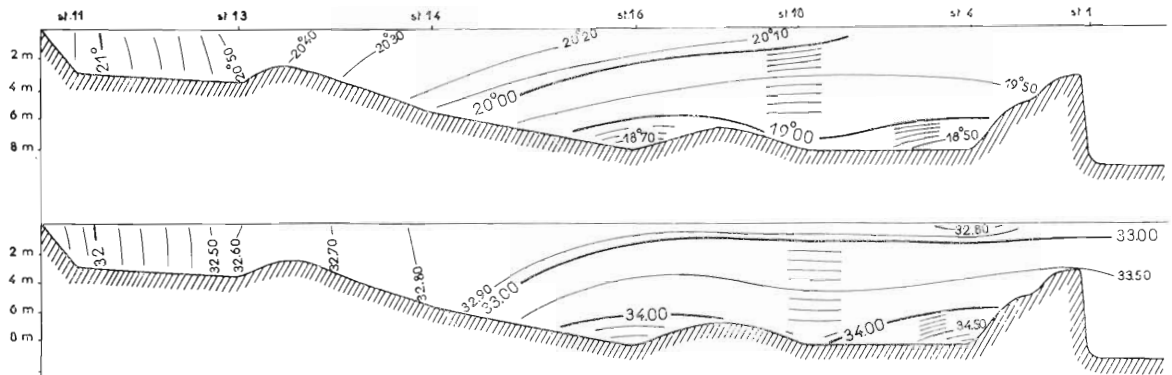


FIG. 68. — Etang de Thau, 29-30 mai 1956. Coupe hydrologique (température et salinité).

Blanches et la partie orientale du Grand Etang. Isothermes et isohalines ont, en surface comme sur le fond, la même allure. L'influence marine se fait sentir jusqu'au-delà de Mèze et se traduit par la présence de lentilles plus froides ( $18^{\circ}70$  et  $18^{\circ}50$  ) et plus salées (34 ‰ ) au large de Mèze et vers Roquerols. Les extrémités ouest et est sont nettement diluées du fait du Canal du Midi et de la Vène (respectivement 31,90 et 32,20 ‰ ).

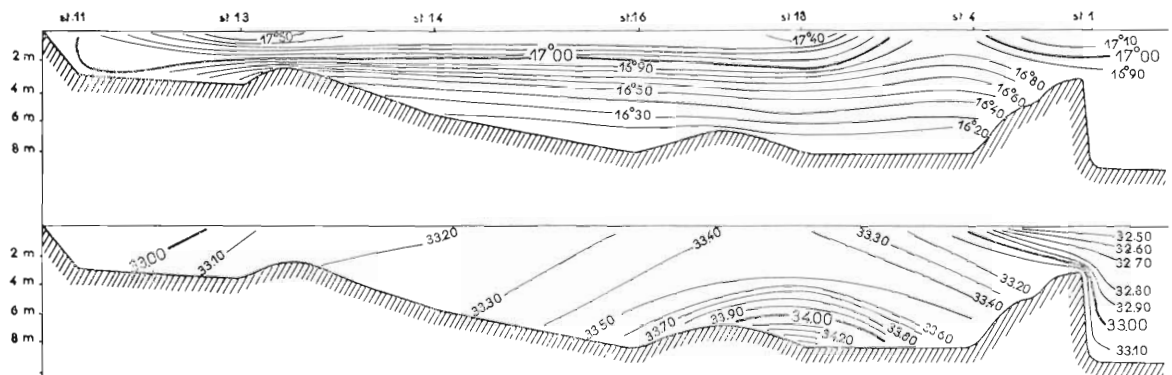


FIG. 69. — Etang de Thau, 14 mai 1957. Coupe hydrologique (température et salinité).

2° 14 mai 1957 (fig. 69 ).

En surface, la température dépasse  $17^{\circ}$  sauf dans la partie orientale du Grand Etang. Sur le fond elle est comprise entre 16 et  $17^{\circ}$ . Partout les eaux de surface sont plus chaudes que celles

du fond, résultat habituel en cette saison, les écarts étant d'environ 1° en moyenne. Les isothermes régulièrement espacées sont parallèles entre elles.

L'étang est occupé par des eaux de salinité comprise entre 33 et 34 ‰ sur le fond ; en surface, certains points des Eaux Blanches sont inférieurs à 33 ‰. Il a plu les jours précédents. Le mois d'avril a été très pluvieux et cet abaissement de salinité s'explique par les apports de la Vène, de la Bise et surtout du Canal des Etangs. Il n'est pas impossible non plus que la zone côtière ait eu momentanément une salinité basse, ce qui aurait motivé la faible salinité de l'entrée des canaux de Sète. Nous n'en avons pas la certitude, aucune mesure n'ayant pu être faite en mer à la station témoin. Sur le fond, à l'est du Grand Etang (station 18) on remarque une lentille d'eau salée (34.40 ‰), reliquat d'une pénétration antérieure d'eau marine.

**Jun.**

Les résultats de juin 1955 sont caractéristiques de l'influence du mistral : les variations de la température et de la salinité sont faibles ou inexistantes. L'influence marine est minime dans les Eaux Blanches car les courants de sortie prédominent lorsque ce vent souffle.

Les observations de juin 1957 constituent un exemple classique des conditions normales de l'été : température plus élevée en surface que sur le fond et à l'ouest qu'à l'est ; salinité décroissant d'est en ouest et plus faible à la surface que sur le fond.

1° 10-11 juin 1955 (fig. 70 et 71).

La température moyenne de l'air est de 18° ; le 10 juin, le maximum a été 24°, le minimum 12°. Les eaux marines, en pénétrant dans l'étang subissent un réchauffement accompagné d'une dilution car il a plu au cours de la semaine précédente. Les différences entre les températures en surface

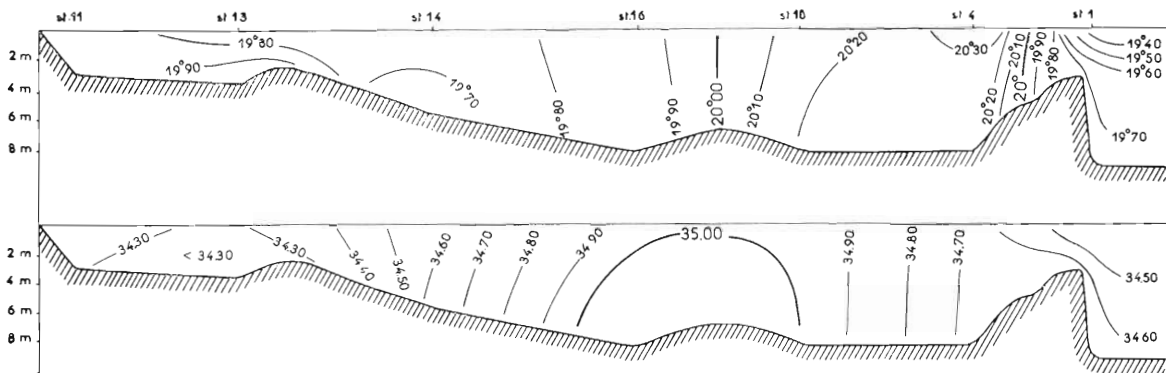


FIG. 70. — Etang de Thau, 10-11 juin 1955. Coupe hydrologique (température et salinité).

et sur le fond sont faibles (0°10 à 0°20). Il en est de même des salinités (0,1 ‰ au maximum). Ceci est dû au mistral très fort qui provoque un brassage des eaux, rendant homogène leur température et leur salinité, celle-ci restant comprise entre 34,40 et 35,10 ‰. En surface, les eaux du cordon littoral sont moins salées que celles de la côte nord. Sous l'influence du vent, les eaux superficielles adoucies par la pluie sont poussées vers le lido cependant que les eaux plus salées du fond remontent sur le versant opposé.

A noter, au large de Mèze, la persistance de nappes relativement plus salées (isohalines 34,90 et 35,00) : lorsque les rentrées d'eaux d'origine marine sont fortes, les parties profondes retiennent ces eaux plus salées et plus denses.

Au-dessus de la Bise la salinité est légèrement plus faible qu'aux stations voisines.

Contrairement à ce que l'on observe habituellement, l'influence marine n'est pas sensible dans l'étang des Eaux Blanches qui est occupé par des eaux provenant du Grand Etang. Sous

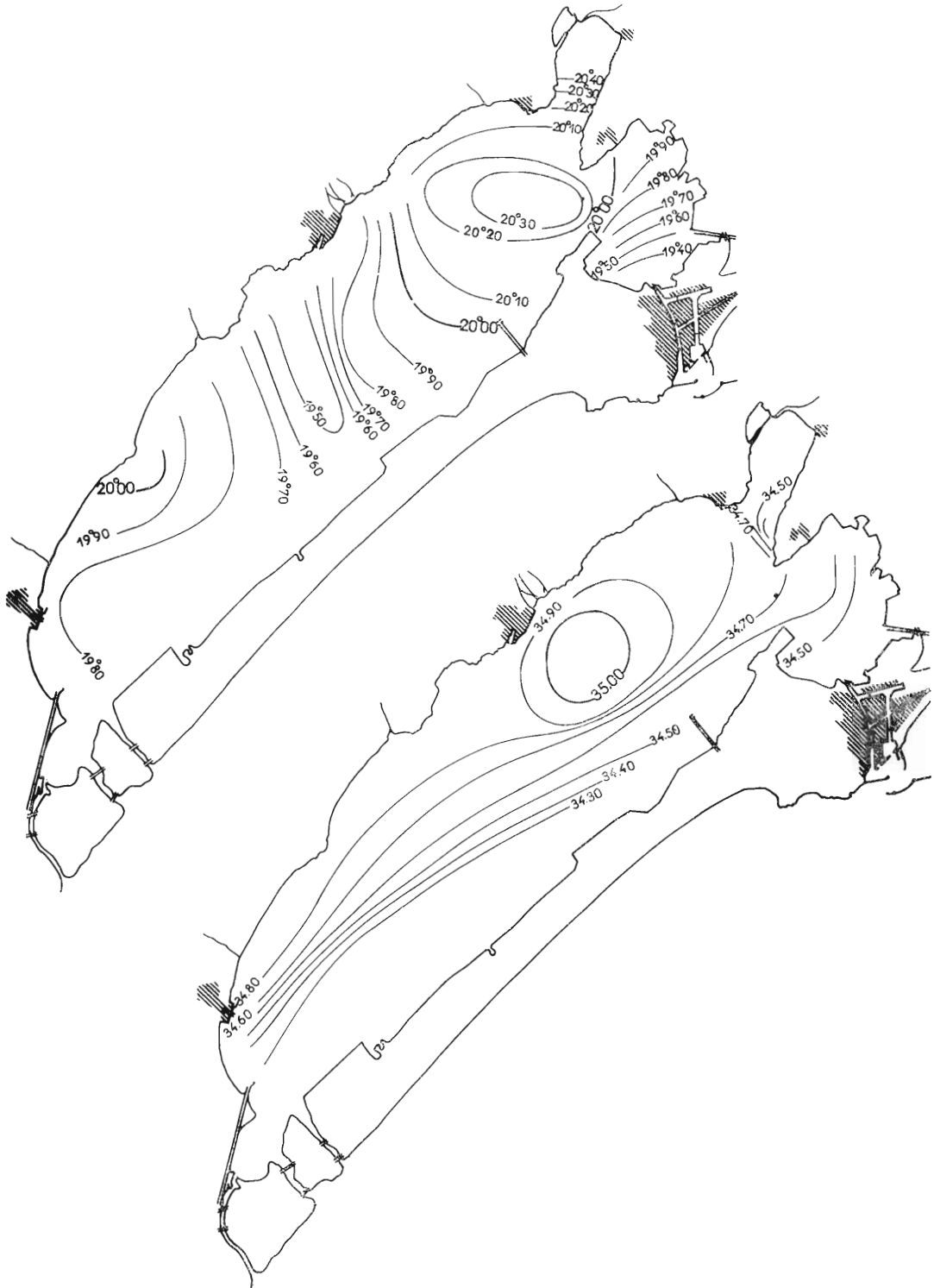


FIG. 71. — Etang de Thau, 10-11 juin 1955. Isothermes et isohalines (surface)



l'influence du mistral, les eaux de l'étang dont le niveau diminue, tendent à se déplacer vers la mer. Les courants de sortie prédominent et, ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le montrer, ceci peut annuler pendant un certain temps le flux et par là-même, l'influence marine.

2° 6 juin 1957 (fig. 72 ).

A cette époque, la mer étant moins chaude que l'étang, la température s'élève à mesure que l'on s'éloigne des canaux de Sète vers l'étang. Des eaux marines relativement froides (16°30 à 18°50 ) et salées (34 à 36,50 ‰) occupent le fond des Eaux Blanches et de la partie orientale du Grand Etang. A mesure que l'on se dirige vers l'ouest, la température croît (elle atteint 20°80 au maximum) et la salinité diminue (au minimum 33,20 à l'entrée du Canal du Midi). Près des canaux de Sète, les écarts de température et de salinité entre surface et fond sont importants (3° et 4 ‰) mais lorsqu'on s'éloigne de la station 1 les différences s'estompent, ce qui est normal.

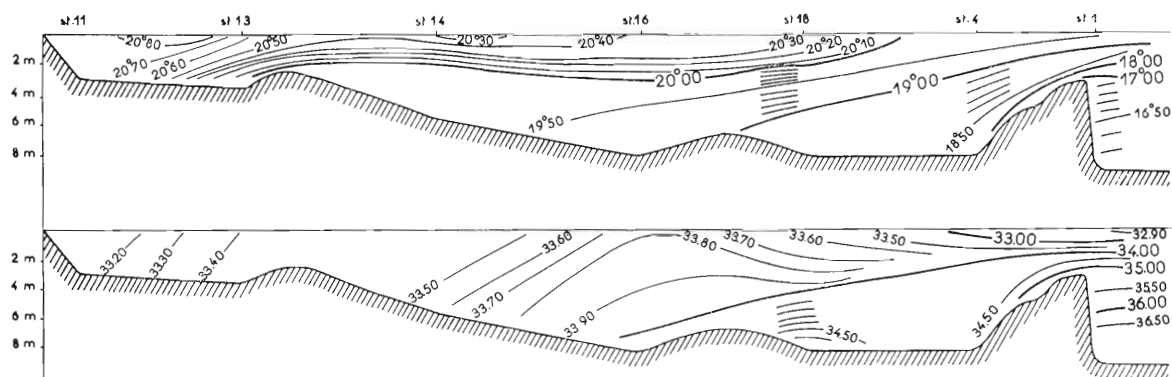


FIG. 72. — Etang de Thau, 6 juin 1957. Coupe hydrologique (température et salinité)

A noter qu'en surface, les Eaux Blanches sont moins salées que le Grand Etang. On reconnaît là l'influence du Canal des Etangs et de la source d'Enversac qui restituent l'eau tombée sous forme de pluie à la fin de mai et au début de juin.

### Juillet.

C'est le mois de l'année où la température de l'air est la plus élevée et l'époque où l'on note les plus grands écarts thermiques entre les Eaux Blanches et le Grand Etang dont la température est proche de celle de l'atmosphère.

En juillet 1955, comme en juillet 1957, la salinité décroît de l'est vers l'ouest, rapidement d'abord, plus lentement ensuite. Les apports d'eau douce sont cependant plus importants en 1957 qu'en 1955 aussi la surface de l'étang est moins salée.

1° 8 juillet 1955 (fig. 73 et 74 ).

La température moyenne de l'air est élevée, aussi en surface la température de l'eau est partout supérieure à 21°. D'une manière générale, les eaux de surface sont plus chaudes que celles du fond et la différence est surtout sensible dans l'étang des Eaux Blanches qui, à cette époque de l'année, a une température plus basse que le Grand Etang. L'apport d'origine marine est relativement froid (17°90 à la station 1) à son entrée dans l'étang; il se réchauffe progressivement dans les Eaux Blanches; au fond, les isothermes 18°, 19°, 20° et 21° sont très serrées. La ligne des 23° traverse l'étang sur une grande partie de sa longueur le partageant en deux zones: au nord-ouest une partie plus chaude, de température supérieure à 23° et le long du cordon littoral un secteur plus froid, inférieur à 23°.

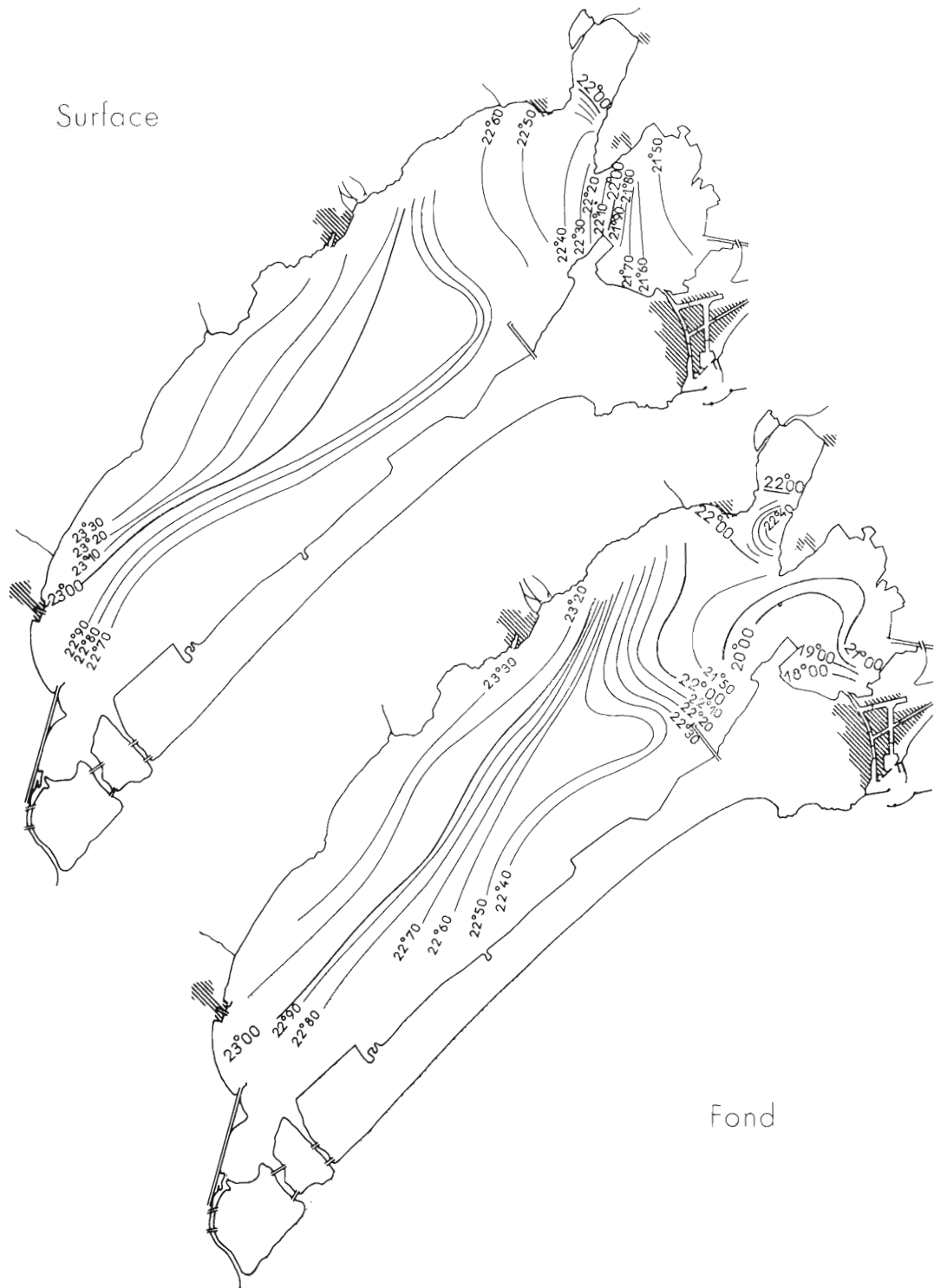


FIG. 73. — *Etang de Thau*, 8 juillet 1955, *Isothermes* (surface et fond).

L'ensemble de l'étang a une salinité plus faible que celle de la mer. La salinité est plus élevée dans les Eaux Blanches que dans le Grand Etang. Une poussée d'eaux diluées provenant des

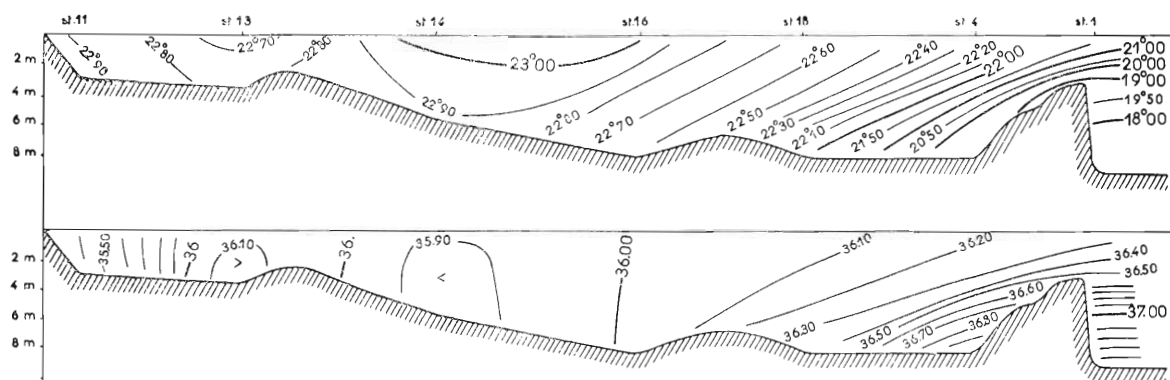


FIG. 74 — Etang de Thau, 8 juillet 1955. Coupe hydrologique (température et salinité).

ruisseaux de la côte nord se manifeste en direction du cordon littoral mais n'apparaît pas ici. Ce phénomène est visible sur la carte des isohalines que cependant nous n'avons pas jugé utile de publier et qui montre également l'influence locale de la Bise se traduisant par un abaissement sensible de la salinité (moins de 35 ‰ en surface).

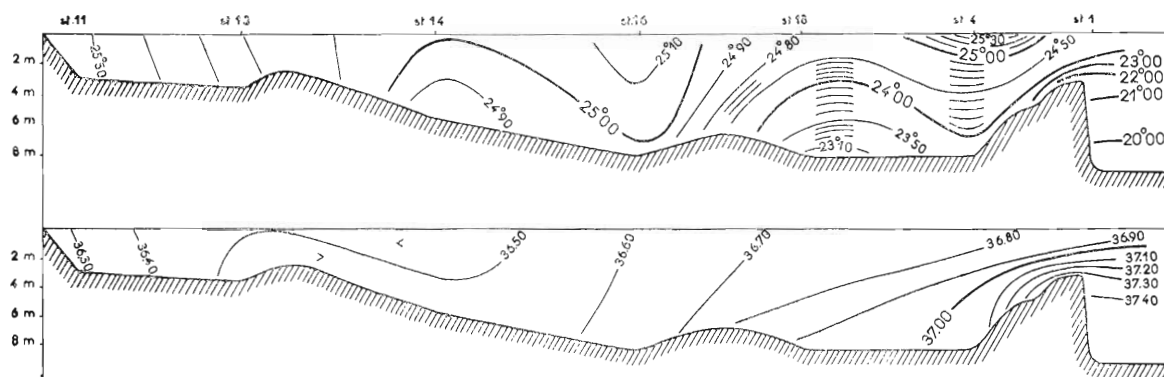


FIG. 75. — Etang de Thau, 25-26-27 juillet 1955. Coupe hydrologique (température et salinité).

2° 25-26-27 juillet 1955 (fig. 75 ).

La température de l'air étant supérieure à ce qu'elle était au début de juillet, celle de l'étang a augmenté sensiblement. En surface, elle est partout supérieure à 24° et dépasse même 25° particulièrement dans la partie occidentale, peu profonde. Comme au début du mois, les eaux d'origine marine caractérisées par leur salinité plus forte (37 à 37,40 ‰) et leur température moins élevée (18 à 23°) occupent le fond de l'étang des Eaux Blanches. Le reste de l'étang est rempli par des eaux limniques dont la température est comprise entre 23° et 25°50 et la salinité entre 36,50 et 36,90 ‰.

3° 18 juillet 1957 (fig. 76 ).

Les Eaux Blanches et la partie orientale du Grand Etang sont intéressées sur le fond par l'influence marine qui se traduit par une salinité décroissante (de 37 à 34 ‰) et une température

s'élevant (de 16 à 21°) d'est en ouest. On y constate des écarts sensibles entre surface et fond, tant pour la température (5° au maximum) que pour la salinité (4 ‰).

En revanche, le centre et l'ouest du Grand Etang sont recouverts d'une nappe stagnante de température supérieure à 22° et de salinité voisine de 32,80 ‰ qui présente peu de différences thermiques et halines entre la surface et le fond.

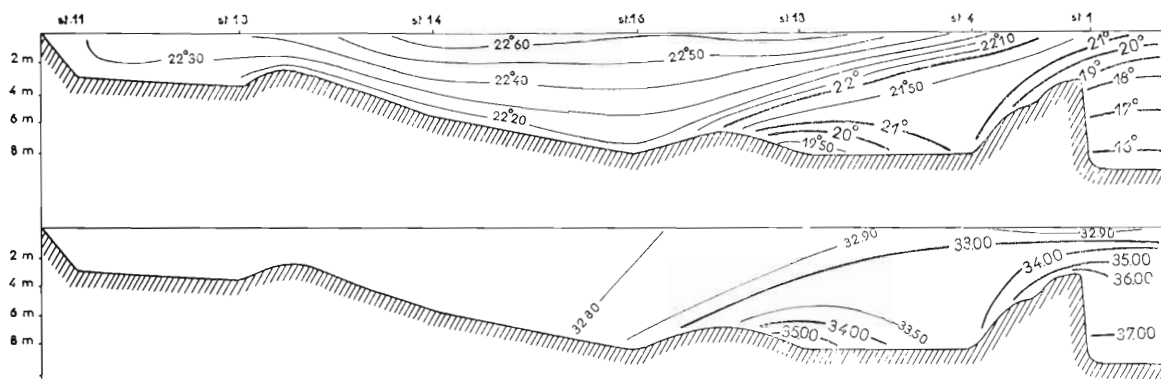


FIG. 76. — Etang de Thau, 18 juillet 1957. Coupe hydrologique (température et salinité).

**Août.**

Les remarques que l'on peut faire à propos de la température sont identiques à celles qui concernent juillet.

En août 1955 la salinité, très légèrement inférieure à celle de la mer, décroît lentement d'est en ouest. Les apports d'eau douce compensent sensiblement l'évaporation.

En août 1958 par contre, la salinité croît d'est en ouest et atteint dans le Grand Etang un taux supérieur à celui de la mer ; le phénomène est dû à l'évaporation, intense en cette saison, et à l'absence d'apports d'eau douce.

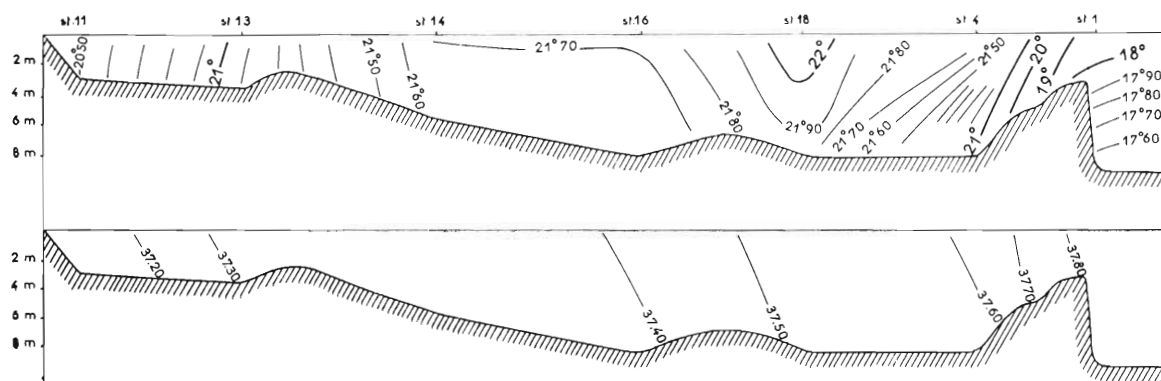


FIG. 77. — Etang de Thau, 11-12-13 août 1955. Coupe hydrologique (température et salinité).

1° 11-12-13 août 1955 (fig. 77).

L'abaissement de la température de l'air par rapport à la deuxième quinzaine de juillet entraîne une diminution subséquente de celle des eaux de surface qui atteignent 22° dans la partie orientale du Grand Etang. Fait habituel en été, l'influence marine qui s'exerce dans les Eaux

Blanches se traduit par une température plus basse, qui augmente rapidement à mesure qu'on se dirige vers le Grand Étang. Elle passe ainsi de 17°60 sur le fond (station 1 ) à 21° (station 4 ) et on voit un resserrement des isothermes 18°, 19°, 20° et 21°.

La salinité, plus élevée qu'au mois de juillet, est comprise entre 37,20 et 37,80 ‰ : elle décroît d'est en ouest. Cette période est caractérisée par une forte insolation provoquant une évaporation intense et une faible pluie le 12 août (14 mm) a peu d'effet sur la salinité.

2° 20 août 1958 (fig. 78 et 79).

Ces résultats constituent un exemple caractéristique des conditions hydrologiques rencontrées au cœur d'un été chaud et sec. La température moyenne de l'air dépasse 20°, il n'a pas plu depuis un mois et l'insolation a été forte.

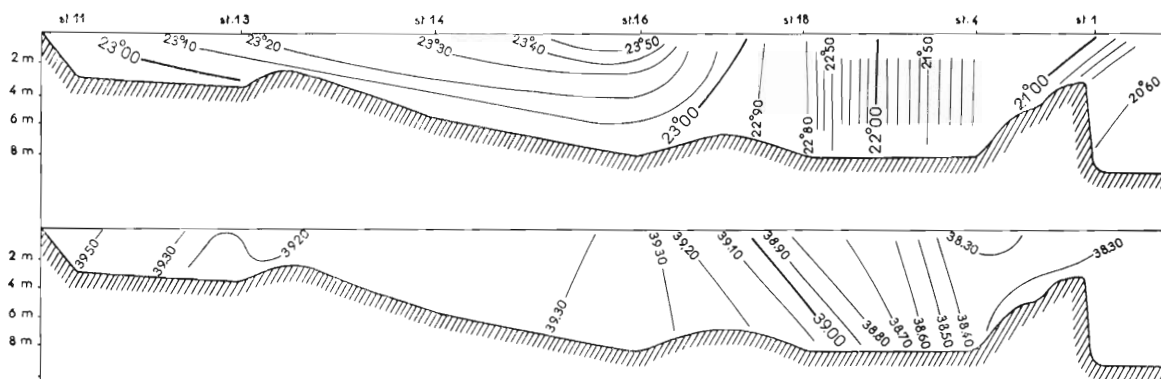


FIG. 78. — Étang de Thau, 20 août 1958. Coupe hydrologique (température et salinité).

La température de l'eau augmente d'est en ouest en même temps que l'influence marine diminue. Comprise entre 21° et 22° en surface dans les Eaux Blanches, elle est supérieure à 22° dans la partie orientale du Grand Étang et dépasse 23° au centre et à l'ouest.

Un point particulier mérite d'être noté. La température moyenne de l'air le 20 août (20°) est inférieure de 3° à celle de la veille (23°). Cet abaissement a eu une répercussion plus marquée sur les zones peu profondes, par exemple la Crique de l'Angle et la partie extrême occidentale du Grand Étang où la température de l'eau est légèrement inférieure à celle du centre de Thau.

La salinité croît d'est en ouest à mesure qu'on s'éloigne des canaux de Sète. En effet, l'insolation étant forte, l'évaporation est intense et l'eau de l'étang se concentre au point de dépasser de plus de 1 ‰ la salinité de l'eau de surface de la zone côtière qui est de l'ordre de 38 ‰, salinité habituelle à cette époque.

L'eau de mer, en pénétrant dans la lagune, provoque donc un abaissement relatif de la salinité surtout appréciable dans les Eaux Blanches. Nous avons déjà eu l'occasion de constater que parfois la salinité des eaux côtières était inférieure à celle de la lagune mais cette situation était due à un abaissement momentané de la salinité des eaux marines : cette fois, comme nous venons de le montrer, la cause est différente. Nos observations font suite à une longue période de sécheresse. Tous les ruisseaux aboutissant à l'étang sont à sec ; on devine seulement l'action de la Bise à une salinité légèrement plus faible enregistrée au-dessus du gouffre. Cette absence d'apports d'eau douce fait apparaître encore plus nettement le rôle joué par l'évaporation.

### Septembre.

A la fin de l'été, la mer est plus fraîche que l'étang mais, en septembre, les différences sont moins accusées que les deux mois précédents. Ceci explique les faibles écarts thermiques observés dans l'étang ; les Eaux Blanches ont une température légèrement moins élevée que les autres parties.

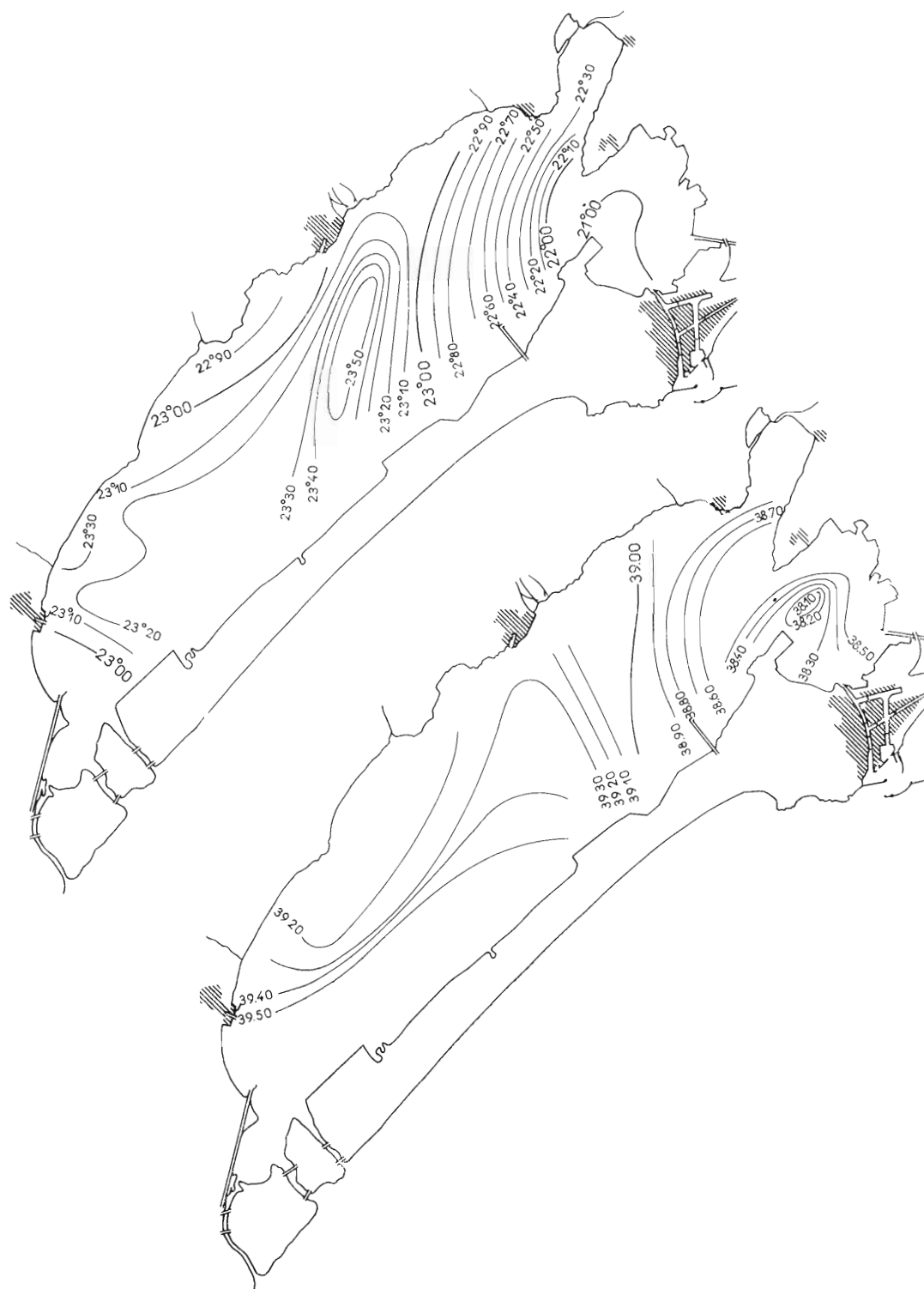


Fig. 79. — *Étang de Thau*, 20 août 1958. Isothermes et isohalines (surface)

On observe en septembre 1955 et 1956 un fait qui présente une grande analogie avec le phénomène décrit plus haut qui se rapporte au mois d'août 1958 : la salinité augmente d'est en ouest dans l'étang. Ce phénomène a aussi pour principale raison l'évaporation qui provoque la concentration des eaux limniques. Dans les deux exemples considérés le taux de salinité est cependant resté moins élevé et le gradient plus limité qu'en août 1958.

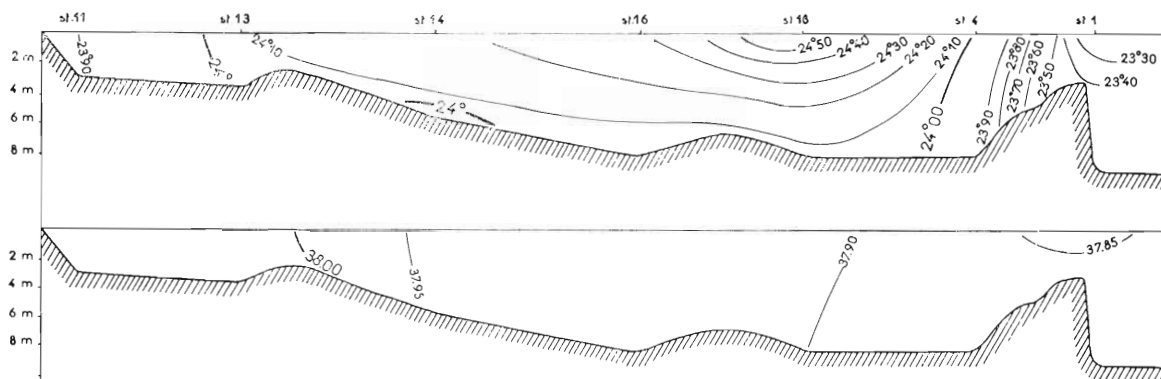


FIG. 80. — Étang de Thau, 5-6 septembre 1955. Coupe hydrologique (température et salinité).

1° 5-6 septembre 1955 (fig. 80).

La température moyenne de l'air est plus élevée que pendant la deuxième quinzaine d'août et, corrélativement, les eaux de l'étang se sont réchauffées. L'eau de mer est relativement chaude près de la côte ; elle atteint 23° ce qui explique la faible différence entre la température des Eaux Blanches (23° 40 à 23° 90) et celle du Grand Étang (24° à 24° 50).

La salinité de l'étang a une valeur presque uniforme (37,85 à 38 ‰) ; il convient de remarquer qu'elle est très légèrement plus faible dans les Eaux Blanches que dans le Grand Étang où l'eau s'est concentrée par suite de l'évaporation.

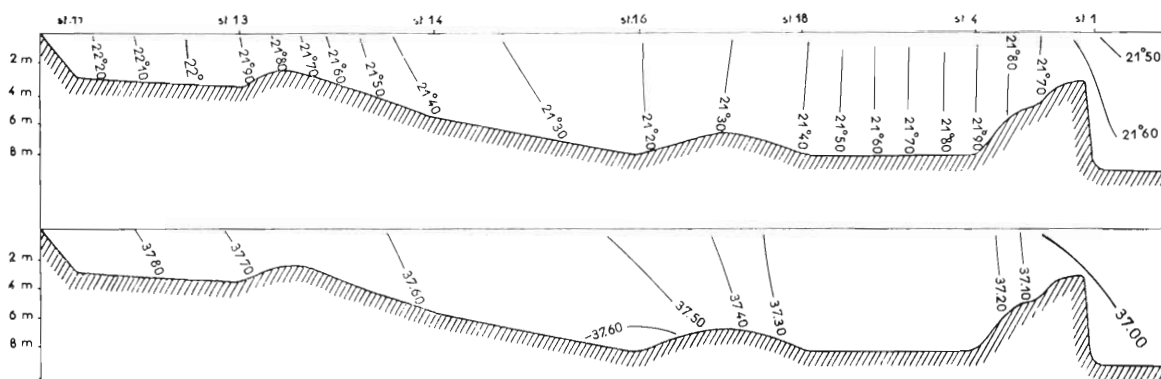


FIG. 81 — Étang de Thau, 12-13 septembre 1956. Coupe hydrologique (température et salinité).

2° 12-13 septembre 1956 (fig. 81).

L'étang, dans son ensemble présente peu de variations de température. Leur amplitude est au maximum de 1° (21° 20 à 22° 20). Les écarts thermiques entre surface et fond sont nuls aussi sur la coupe, on remarque que les isothermes sont presque toutes verticales.

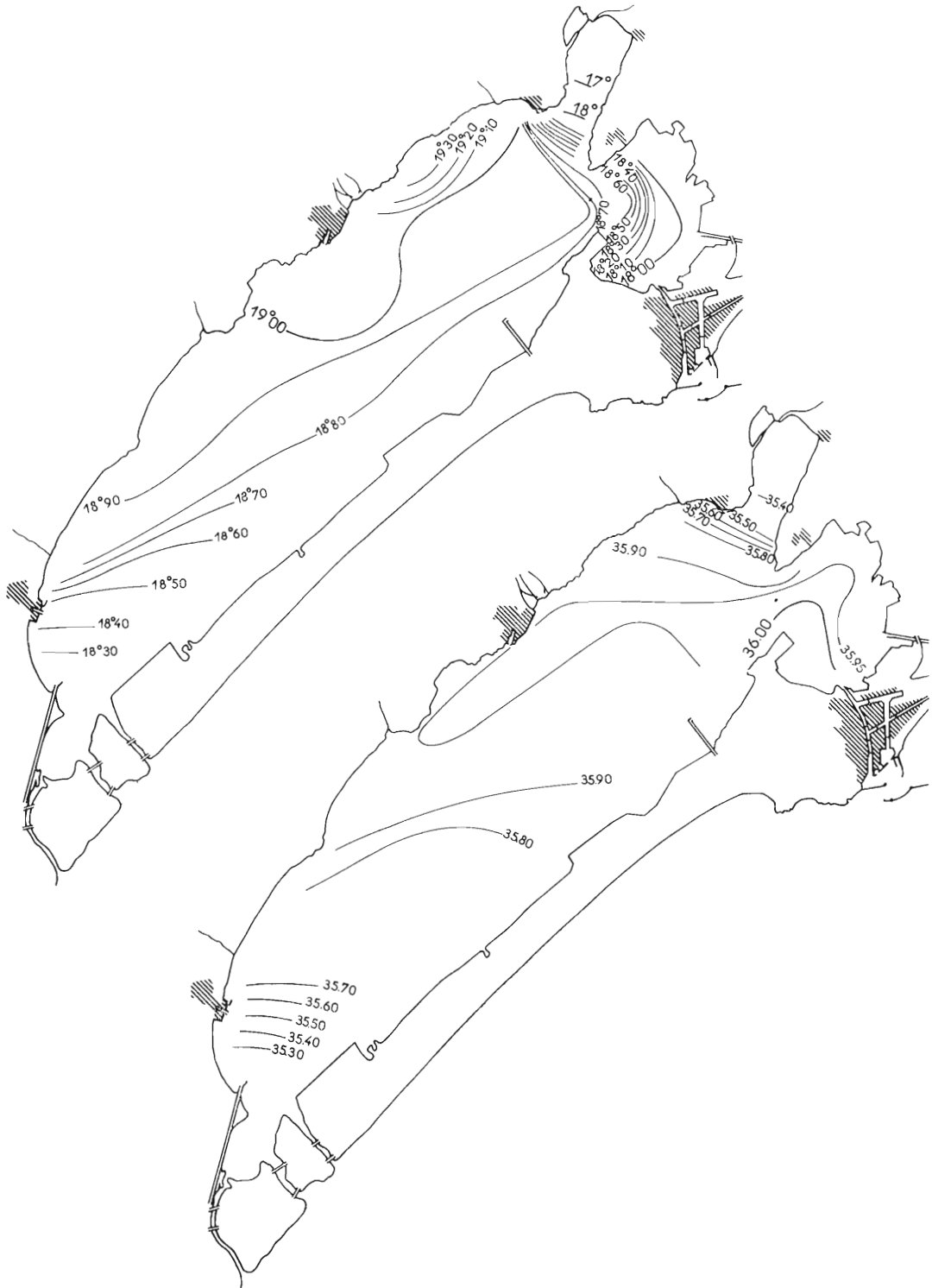


FIG. 82. — Etang de Thau, 16 septembre 1957 Isothermes et isohalines (surface)



La salinité de l'étang croît d'est en ouest dans de faibles limites (37 à 37,80 ‰). Elle est supérieure à celle des eaux marines côtières qui ne dépassent pas 35 ‰. Comme en septembre 1955 et en août 1958, cette différence est due à l'évaporation.

3° 16 septembre 1957 (fig. 82 et 83).

Les Eaux Blanches présentent une température moins élevée (17° 70 à 18° sur le fond et 18° à 18° 70 en surface) que les autres parties de l'étang qui dépassent par endroits 19°. Leur salinité est plus élevée (36 à 36,30 ‰) par suite de l'influence marine.

La côte nord du Grand Etang est légèrement plus chaude que la côte sud ; elle est également un peu plus salée. En fait, cinq jours de mistral ont précédé le 16 septembre ce qui a entraîné un abaissement plus important de la température sur le cordon littoral. Dans la Crique de l'Angle la température est inférieure de 2° à celle du reste de l'étang : les eaux douces de la Vène l'ont rafraîchie.

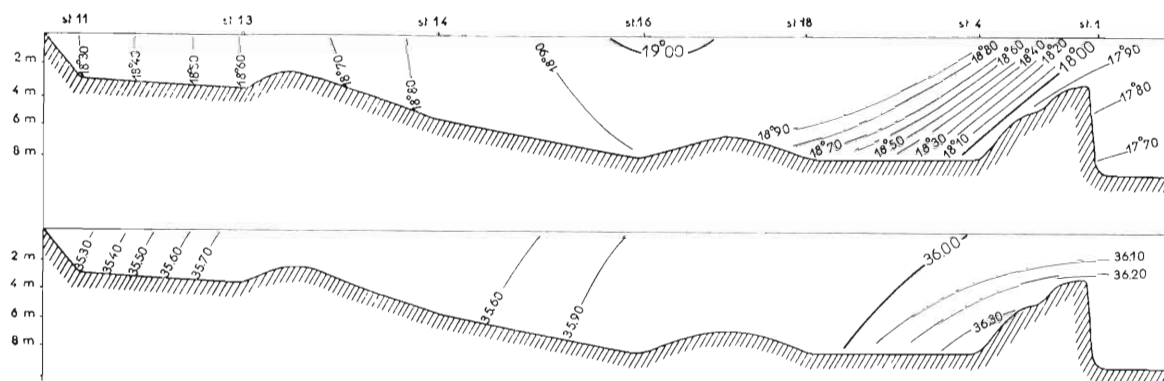


FIG. 83. — Etang de Thau, 16 septembre 1957. Coupe hydrologique (température et salinité).

### Octobre.

Aucune de nos séries d'observations effectuées en octobre 1955, 1956 et 1957 n'est complète. Cependant, les données recueillies permettent de situer l'époque de transition caractérisée par une isothermie relative entre la mer et l'étang. En octobre 1955 l'hydrologie a encore des caractéristiques estivales.

La période de transition se situe pour 1956 et 1957 au cours de la deuxième quinzaine d'octobre.

En octobre la salinité des Eaux Blanches, voisine de celle de la mer, est comprise entre 37 et plus de 38 ‰. Celle du Grand Etang moins élevée par suite des apports d'eau douce ne descend généralement pas en dessous de 36 ‰.

## CONSIDERATIONS GÉNÉRALES ET CONCLUSIONS DU CHAPITRE IV.

1° **Température.** La température moyenne des eaux de l'étang de Thau (tabl. III) est généralement maximale en juillet et minimale en février. Inférieure à 10° en décembre, janvier, février et mars, elle atteint rapidement 15° au cours du mois d'avril puis dépasse cette valeur jusqu'en octobre pour diminuer rapidement en novembre.

La moyenne des observations faites en février est de 4° 30 tandis qu'en juillet elle atteint 22° 60. Cette évolution saisonnière de la température des eaux de l'étang de Thau est en corrélation directe avec celle de l'air ; maximum et minimum se situent, pour l'une et l'autre à la même époque de l'année

(fig. 4). En valeur absolue, la température moyenne de cette nappe d'eau est généralement voisine de celle de l'air. Rappelons quelques exemples qui confirment cette règle :

	température moyenne des eaux de l'étang de Thau	température moyenne de l'air
5 septembre 1955 .....	23° 97	23° 50
18 février 1956 .....	0° 05	— 1°
4 avril 1957 .....	14° 87	15° 00
21 mai 1957 .....	16° 76	16° 50

Elle comporte cependant des exceptions : ainsi le 18 novembre 1955 la température moyenne de l'étang était supérieure à 11° alors que celle de l'air ne dépassait pas 5° ; la température de l'air avait baissé de 12° en 8 jours (le 10 novembre elle était de 17° 5) et cet abaissement brutal ne pouvait être répercuté aussi rapidement dans les masses d'eau salée plus lentes à se refroidir. Une brusque élévation de la température de l'air provoque d'ailleurs des résultats analogues (par exemple, le 12 septembre 1956, la température moyenne de l'air qui était de 26° dépassait de plus de 5° celle de l'étang qui atteignait seulement 21° 53). L'eau suit bien les variations thermiques de l'air, mais en les amortissant.

Dates	Max.	Min.	Moy.	Eaux Blanches	Grand Etang	Différence	Mer
1955 9-10 mars	8° 40	6° 90	7° 27	7° 54	7° 19	EB 0,35	
24 mars	13° 40	10° 40	11° 39	11° 41	11° 39	» 0,02	12° 10
13 avril	16° 10	13° 00	14° 96	14° 85	15° 00	GE 0,15	13° 05
28 avril	18° 90	16° 10	17° 53	17° 14	17° 64	» 0,50	15° 20
10 juin	20° 40	19° 25	19° 85	19° 77	19° 90	» 0,13	18° 55
8 juill.	23° 35	17° 90	22° 24	20° 92	22° 74	» 1,82	19° 80
25 juill.	26° 10	19° 85	24° 57	23° 73	24° 93	» 1,20	17° 25
11 août	22° 20	17° 60	21° 24	20° 50	21° 63	» 1,13	19° 05
5 sept.	24° 55	23° 25	23° 97	23° 75	24° 07	» 0,32	
7 nov.	16° 10	14° 40	14° 87	14° 68	14° 93	» 0,25	
1956 17 janv.	9° 40	7° 40	8° 16	8° 41	7° 79	EB 0,62	11° 45
18 fév.	1° 60	— 0° 55	0° 05	0° 58	— 0° 12	» 0,70	9° 50
13 avr.	13° 10	12° 65	12° 85	12° 79	12° 88	GE 0,09	13° 05
29 mai	21° 10	18° 30	19° 93	19° 35	20° 11	» 0,76	17° 35
12 sept.	22° 25	21° 10	21° 53	21° 66	21° 48	EB 0,18	
6 nov.	11° 40	9° 20	10° 02	10° 22	9° 89	» 0,33	13° 20
7 déc.	8° 20	5° 80	6° 33	6° 96	6° 07	» 0,89	12° 65
1957 21 janv.	7° 10	2° 75	4° 79	5° 55	4° 09	» 1,46	
21 fév.	9° 00	8° 10	8° 56	8° 58	8° 56	» 0,02	13° 40
4-5 avr.	15° 70	13° 90	14° 87	14° 76	14° 93	GE 0,17	
14 mai	17° 95	15° 90	16° 91	16° 92	16° 90	EB 0,02	
6 juin	20° 80	16° 25	19° 58	19° 10	19° 84	GE 0,74	
18 juill.	22° 70	15° 90	21° 68	20° 54	22° 16	» 1,62	
16 sept.	19° 30	15° 85	18° 48	17° 97	18° 69	» 0,72	18° 45
1958 30 janv.	7° 55	5° 85	6° 44	6° 53	6° 41	EB 0,12	9° 75
26 mars	10° 20	9° 30	9° 76	9° 88	9° 70	» 0,18	12° 40
20-22 mai	20° 70	16° 10	18° 11	17° 66	18° 31	GE 0,65	
20 août	23° 55	20° 60	22° 41	21° 22	22° 87	» 1,65	

TABL. III. — Températures (° C) des eaux de l'étang de Thau.

L'influence marine est également à l'origine de certains écarts entre la température de l'air et celle de l'étang. Nous avons vu que cette influence marine est surtout sensible dans les Eaux Blanches et qu'elle diminue graduellement vers l'ouest. Aussi, en considérant séparément la température moyenne des Eaux Blanches et du Grand Etang on observe les différences qui lui sont dues

En hiver la mer est généralement moins froide que l'air ; c'est l'inverse en été. En conséquence, les Eaux Blanches qui subissent plus directement l'influence marine sont généralement moins froides que le Grand Etang, pendant la saison hivernale. A l'époque estivale, c'est le contraire. Nous n'avons jamais constaté entre la température moyenne de l'une et l'autre de ces nappes, des différences supérieures à 2° 20 : c'est le plus souvent en juillet-août, parfois aussi en décembre-janvier, qu'elles sont le plus accusées. Au printemps et en automne, elles sont généralement moins élevées par suite d'une relative isothermie entre la mer, l'air et l'étang.

Dans le Grand Etang, comme dans les Eaux Blanches, des différences de température entre le fond et la surface ont été notées. Le tableau V fait apparaître pour chaque station les différences existant lors de nos séries de mesures. Dans les Eaux Blanches, pour vingt-six d'entre elles, la surface est plus chaude que le fond et la moyenne des différences s'élève à 0° 95. Pour les vingt autres c'est l'inverse et la moyenne des différences est seulement de 0° 35. Dans le Grand Etang, pour trente-deux séries d'observations la surface est plus chaude que le fond et la moyenne des différences s'élève à 0° 37. Pour l'une, il y a isothermie, pour les huit autres c'est le contraire, la moyenne est seulement de 0° 11.

Les moyennes générales sont les suivantes :	Eaux Blanches	Grand Etang
surface .....	14° 37	14° 61
fond .....	13° 99	14° 34
différence .....	0° 38	0° 27

Les couches d'eau les plus chaudes et par conséquent les plus légères ont tendance à s'élever et à demeurer en surface, ce qui justifie ces résultats qui se confirment d'ailleurs lorsqu'on examine séparément les moyennes obtenues à chaque station : on voit en effet que pour toutes, la moyenne des températures observées en surface est supérieure à la moyenne de celles notées sur le fond ; les différences sont, dans l'ensemble, inférieures pour les stations du Grand Etang à celles qui intéressent les stations des Eaux Blanches. Les points qui subissent plus directement l'influence marine ont une température moyenne moins élevée (par exemple les stations 1 et 2). Les stations où la profondeur est minime sont les plus chaudes (stations 10, 19, 9 et 11). Les eaux voisines du cordon littoral (stations 15 et 17) sont plus froides que celles de la rive opposée de l'étang (stations 7, 8 et 9) mieux abritées du mistral. La station 12 sur l'entonnoir de la Bise est, malgré sa profondeur, celle où la différence de température entre la surface et le fond est la plus faible (0° 05) ce qui traduit bien l'existence de mouvements verticaux dus à la présence des sources ; par contre, l'influence de celles-ci n'apparaît guère en valeur absolue et la température des eaux ne diffère pas nettement en cet endroit de celle du reste de l'étang.

2° **Salinité.** La salinité moyenne de Thau (tabl. IV) est généralement plus élevée en été et en automne qu'au printemps et en hiver. Au cours de nos 46 séries de mesures, la salinité moyenne la plus forte a été observée en août 1958 (38,91 ‰), la plus faible en janvier 1956 (31,11 ‰) .

Il convient de déterminer le rôle respectif joué par les différents facteurs qui sont à l'origine de ces variations de la salinité moyenne dont nous venons de préciser les limites et dont l'amplitude atteint plus de 7 ‰ .

Vu le volume des échanges entre Thau et la mer, il est intéressant de comparer, lors de chacune de nos séries d'observations, les résultats moyens obtenus avec les valeurs enregistrées à notre station de référence en mer. Une première constatation s'impose : la salinité en mer au large de Sète est l'objet de fluctuations dont l'amplitude est très grande en surface (presque 6 ‰, le maximum observé étant 38,10 le 31 octobre 1957 alors que le minimum se situait seulement 13 jours auparavant : 32,39 le 18 octobre 1957). L'amplitude et la soudaineté de ces variations de l'eau de mer vient du fait que la région qui nous intéresse fait partie de la frange littorale du golfe du Lion dont l'hydrologie est, comme l'a montré récemment J. FURNESTIN (1960), fortement influencée en surface et jusqu'à 50 m par le courant du Rhône dont une partie, s'infléchissant vers le NE au niveau du cap Creus, donne naissance au contre-courant du Languedoc.

Se superposant à l'influence lointaine du Rhône et plus importants qu'elle, les déversements des fleuves tributaires du golfe d'Aigues-Mortes (Vidourle, Lez, Mosson et Hérault) sont à l'origine de ces fluctuations de la salinité qui ont une répercussion considérable sur la salinité moyenne de

Thau : elle suit en quelque sorte celle de la mer. Ainsi le 17 janvier 1956, la faible salinité de l'étang de Thau (31,11 en moyenne) était principalement due à un abaissement marqué de la salinité des eaux côtières (33,26). Il en était de même le 24 mars 1955. Inversement la forte salinité constatée en surface à notre station témoin en mer le 17 novembre 1956 (38,01) correspondait à une salinité

Dates	Max.	Min.	Moy.	Eaux Blanches	Grand Etang	Différence	Mer
1955 9-10 mars	34,02	30,41	31,82	32,52	31,59	EB 0,93	
24 mars	34,83	30,97	32,10	33,04	31,84	» 1,20	34,25
13 avril	36,55	32,38	33,04	33,75	32,76	» 0,99	37,50
28 avril	35,19	31,98	33,52	34,02	33,38	» 0,64	37,41
10 juin	35,10	34,23	34,67	34,61	34,70	GE 0,09	36,62
8 juill.	37,41	35,39	36,17	36,54	36,03	EB 0,51	37,52
25 juill.	37,47	36,33	36,73	37,00	36,62	» 0,38	37,83
11 août	37,84	37,14	37,28	37,67	37,41	» 0,26	37,77
5 sept.	38,98	37,30	37,89	37,82	37,92	GE 0,10	
7 nov.	36,98	35,19	36,58	36,38	36,64	» 0,26	
1956 17 janv.	33,44	29,45	31,11	31,21	31,07	EB 0,14	33,26
18 fév.	34,00	31,09	32,62	33,34	32,37	» 0,97	37,83
13 avr.	34,22	30,39	31,42	32,18	31,15	» 1,03	34,18
29 mai	34,76	31,82	32,93	33,33	32,79	» 0,54	35,17
12 sept.	37,88	36,73	37,34	37,02	37,45	GE 0,43	
6 nov.	37,36	36,71	36,99	36,89	37,06	» 0,17	38,10
7 déc.	37,54	36,83	37,21	37,30	37,18	EB 0,12	38,06
1957 21 janv.	36,78	35,39	35,97	35,99	35,95	» 0,04	
21 fév.	36,04	35,23	35,70	35,68	35,71	GE 0,03	35,81
4-5 avr.	35,44	31,67	34,22	34,04	34,32	» 0,28	
14 mai	35,17	32,45	33,32	33,23	33,39	» 0,16	
6 juin	36,91	32,83	33,64	33,70	33,61	EB 0,09	
18 juill.	37,30	32,29	33,13	33,77	32,85	» 0,92	
16 sept.	37,36	35,30	35,91	36,17	35,80	» 0,37	38,01
1958 30 janv.	36,22	34,47	35,84	35,89	35,80	» 0,09	34,07
26 mars	37,29	35,52	36,51	36,85	36,34	» 0,51	37,77
20-22 mai	37,14	36,11	36,62	36,74	36,57	» 0,17	
20 août	39,54	38,03	38,91	38,39	39,11	GE 0,72	

TABL. IV. — Salinités (‰) des eaux de l'étang de Thau.

moyenne de l'étang relativement élevée (37,12). Très souvent cette dernière est inférieure à celle de la zone marine côtière ; l'on constate alors généralement que les Eaux Blanches sont plus salées que le Grand Etang et ceci pour deux raisons :

1) l'eau salée que ce dernier reçoit s'est mélangée aux eaux limniques lors de son passage dans les Eaux Blanches et a donc subi une certaine dilution ;

2) les principaux cours d'eau tributaires de l'étang de Thau auxquels il faut ajouter la Bise, aboutissent au Grand Etang ; seuls, le canal des Etangs et la source d'Enversac communiquent directement avec les Eaux Blanches.

Parfois, en revanche, la salinité de l'étang de Thau est supérieure à celle de la mer. Deux causes différentes peuvent en être l'origine :

1) l'évaporation intense qui agit sur Thau, étang peu profond dont les eaux se concentrent (20 août 1958) ;

2) la rapide diminution, parfois, de la salinité des eaux marines côtières (par exemple au mois de janvier 1958 où l'on notait en moyenne 35,84 ‰ dans l'étang et 34,07 ‰ en mer au large de Sète)

Il arrive que ces deux causes interviennent ensemble.

On observe dans l'étang de Thau des différences de salinité d'un point à un autre ainsi que des écarts entre les mesures de surface et celles du fond. Les tableaux IV et V les font apparaître pour chacune de nos séries de mesures.

Dans les Eaux Blanches pour quatre d'entre elles, la surface est plus salée que le fond et pour les quarante autres c'est l'inverse. Dans le premier cas, les différences sont très faibles (au maximum 0,12 ‰ le 20 août 1958, les autres fois 0,01 ‰ seulement) ; dans le second, elles sont généralement plus élevées (au maximum 2,19 ‰).

Station	TEMPÉRATURE (° C)			SALINITÉ (‰)		
	surface	fond	différence	surface	fond	différence
1	14° 91	14° 11	0° 80	35,07	35,90	0,83
2	14° 93	14° 52	0° 41	34,88	35,28	0,40
3	15° 14			34,98		
4	15° 03	14° 54	0° 49	34,86	35,61	0,75
5	14° 99	14° 76	0° 23	34,84	35,42	0,58
6	15° 05	14° 90	0° 15	34,85	35,15	0,30
7	15° 11	15° 00	0° 11	34,85	34,95	0,10
8	15° 10	14° 93	0° 17	34,93	34,98	0,05
9	15° 25			34,89		
10	15° 32	15° 18	0° 14	34,84	34,85	0,01
11	15° 22			34,59		
12	15° 05	15° 00	0° 05	34,68	34,86	0,18
13	15° 15	15° 02	0° 13	34,90	34,94	0,04
14	15° 09	14° 87	0° 22	34,92	34,96	0,04
15	14° 99	14° 72	0° 27	35,06	35,10	0,04
16	15° 13	14° 75	0° 38	35,00	35,16	0,16
17	15° 02	14° 79	0° 23	34,98	35,13	0,15
18	15° 19	14° 63	0° 56	34,96	35,57	0,61
19	15° 27			34,70		

TABLE V. — *Température et salinité moyennes par station.*

Dans le Grand Etang, pour deux d'entre elles, la surface est plus salée que le fond et c'est le contraire pour les trente-huit autres. Dans le premier cas, les différences n'excèdent pas 0,09 ‰ ; dans le second, bien que plus grandes, elles ne dépassent pas 0,77 ‰.

Les moyennes générales sont les suivantes :	Eaux Blanches	Grand Etang
surface .....	35,04	34,80
fond .....	35,73	35,05
différence .....	0,69	0,23

Ces résultats montrent que l'étang des Eaux Blanches présente une salinité moyenne supérieure à celle du Grand Etang en raison de l'influence marine qui s'y fait sentir plus nettement. Il offre également des contrastes plus marqués entre la surface et le fond, car les eaux qui intéressent ces deux niveaux y ont un caractère plus différencié.

Si l'on compare les valeurs moyennes obtenues en des points particuliers des Eaux Blanches et du Grand Etang on obtient des résultats analogues : ainsi les stations soumises à l'influence marine présentent une salinité plus élevée et ce caractère est plus apparent sur le fond par suite de la plus forte densité de leurs eaux. C'est le cas de la station 1 qui est la plus salée, mais aussi celui des stations 4, 18, etc. Inversement, les stations qui sont voisines de l'embouchure d'un cours d'eau ont une salinité plus basse. Ainsi, la station 11 proche du Canal du Midi est la moins salée ; à la salinité inférieure de la station 19, on reconnaît l'influence de la Vène. Les sources de la Bise se manifestent par une atténuation de la salinité à la station 12. La côte nord, sous l'influence de l'eau douce qu'elle reçoit est moins salée que la rive voisine du cordon littoral (les stations 7, 8, 9 et 10 ont une salinité inférieure à celle des stations 15 et 17).

L'examen des cartes, coupes hydrologiques et tableaux concernant les mesures effectuées, nous ont donc permis de dégager les principales caractéristiques thermiques et halines de l'étang de Thau dont les deux nappes principales, l'étang des Eaux Blanches et le Grand Etang diffèrent légèrement,

le premier étant plus froid et plus salé que le second et tendant en conséquence vers un type marin plus accentué.

Rappelons enfin qu'il existe une certaine corrélation entre la température et la salinité. En effet en hiver ces deux facteurs varient généralement dans le même sens d'un point à un autre de l'étang de Thau. Ils varient en sens inverse en été.

## RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Thau, étang de 7 500 hectares, communiquait autrefois avec la mer par des graus, fermés actuellement. Au XVII<sup>e</sup> siècle, ont été creusés les canaux de Sète qui le relie à la Méditerranée. Leur largeur et leur profondeur, plusieurs fois modifiées atteignent respectivement 60 m et 9 m.

Ces modifications ont entraîné, dans l'hydrologie de l'étang de Thau, des changements qu'il importait de connaître.

Au terme de cette étude, il apparaît que l'étang subit des influences diverses : climat et apports marins donnant à tous les phénomènes observés une certaine variabilité qui est la caractéristique même des nappes lagunaires. Néanmoins, sous ces variations diverses, dans le lieu et dans le temps, des facteurs hydrologiques essentiels : température et salinité, se dégagent des traits généraux qui ont été exprimés à la fin de chacun des précédents chapitres mais qu'il est utile de rappeler.

1<sup>o</sup> Les facteurs météorologiques ont un rôle marqué sur l'hydrologie de l'étang. Les principaux sont :

a) la température de l'air qui, minimale en février, maximale en juillet, a une valeur moyenne de 13° 70 ;

b) les précipitations dont le volume, très variable d'une année à l'autre, est en moyenne de 568 mm par an, le nombre de jours pluvieux étant généralement faible (60 jours par an, en moyenne) ;

c) les vents : la tramontane, le grec, le levant, le labech, l'argade et surtout le mistral, qui est le plus violent et entraîne, surtout en été, une évaporation intense.

2<sup>o</sup> La marée est, à Sète, d'un type mixte caractérisé par une inégalité diurne variant au cours d'un mois. En mer, son amplitude est de 14 cm. Dans l'étang, elle peut atteindre 1 à 4 cm. La durée du flux et du reflux est variable mais généralement le flot est plus court que le jusant (en moyenne 5 h 35 pour le premier et 6 h 41 pour le second). A chaque marée, soit deux fois par jour, le volume d'eau échangé entre la mer et l'étang est compris entre 750 000 et 3 750 000 m<sup>3</sup>.

3<sup>o</sup> Le vent et la pression atmosphérique influent sur les variations du niveau de la mer et favorisent les échanges entre la mer et l'étang. Le mistral provoque un abaissement des niveaux de la mer et de l'étang, qui se stabilisent entre 30 et 40 cm. Les vents d'est et les basses pressions entraînent une élévation de ces niveaux qui dans ces conditions sont parfois supérieurs à 80 cm.

Le niveau de la mer est généralement inférieur de quelques centimètres à celui de l'étang, qu'il détermine.

4<sup>o</sup> Les courants.

a) Les courants des canaux de Sète ont, au cours du flux et du reflux, une vitesse généralement proportionnelle à l'amplitude de la marée qui les provoque. La vitesse maximum peut dépasser 50 cm/s, mais elle est le plus souvent comprise entre 30 et 50 cm/s.

b) Au cours du flux, l'étang des Eaux Blanches est parcouru par des courants de même direction générale (SE-NO) que ceux qui intéressent la partie des canaux de Sète comprise entre le pont Sadi-Carnot et l'étang : leur vitesse varie entre 0,20 m et 0,10 m à la seconde. Dans la partie orientale du Grand Etang, le courant de flot s'infléchit vers l'ouest et sa vitesse diminue ; elle est généralement inférieure à 0,10 m/s.

c) Pendant plusieurs heures parfois, des courants de sens inverse s'établissent en surface et sur le fond dans les canaux de Sète : ils s'accompagnent d'une diminution de vitesse.

5° En été, les températures minimales des eaux des canaux de Sète correspondent généralement aux salinités maximales.

En hiver, les maximum de température et salinité sont concomitants, ainsi que les minimum, pour une même couche. Ces variations sont en relation directe avec les courants de marée qui sont à l'origine de fluctuations journalières dont le rôle dans l'hydrologie de l'étang est prépondérant.

L'amplitude de ces variations peut dépasser pour la température 3° et pour la salinité 3 ‰.

6° Dans une même journée, par le jeu du flux et du reflux, des eaux de natures différentes s'affrontent dans l'étang des Eaux Blanches : ce sont, soit des eaux d'origine marine récente, soit des eaux d'origine limnique, soit des eaux de mélange. Tantôt elles se remplacent, tantôt par suite des différences de densité, les couches superficielles glissent simplement sur celles du fond en prenant des directions opposées.

7° Dans un cycle hydrologique annuel, deux périodes principales ont été mises en évidence.

a) *Une période hivernale* de novembre à mars au cours de laquelle la température des eaux de l'étang est inférieure à 13°.

Les Eaux Blanches sont moins froides que le Grand Etang avec des différences le plus souvent inférieures à 1° mais pouvant atteindre 1° 46.

Les eaux du fond ont une température inférieure à celle des eaux superficielles avec des différences ne dépassant pas, généralement, 0° 50. Les écarts thermiques entre surface et fond sont plus accentués dans les Eaux Blanches que dans le Grand Etang (écart maximum observé pour le premier : 0° 97, et pour le second : 0° 31). En effet, les eaux du fond présentent des caractéristiques qu'elles tiennent de leur origine marine et qui les différencient plus nettement des eaux limniques de surface. Ces différences nettes dans les Eaux Blanches, tendent à s'atténuer dans le Grand Etang.

Les rives peu profondes sont plus froides que le centre (différences de l'ordre de quelques dixièmes de degré), car les couches d'eau qui sont directement en contact avec l'air froid se refroidissent plus rapidement sous faible épaisseur.

Une courte période de transition située généralement en avril et caractérisée par une isothermie entre la mer, l'air et l'étang sépare les périodes hivernale et estivale. La température est alors voisine de 13°.

b) *Une période estivale* de mai à septembre au cours de laquelle la température des eaux de l'étang est supérieure à 13°.

Les Eaux Blanches sont moins chaudes que le Grand Etang avec des différences dépassant parfois 2°.

Les eaux du fond ont une température inférieure de 1° à 2° à celles de la surface. Les écarts thermiques entre surface et fond sont plus accentués dans les Eaux Blanches que dans le Grand Etang (écart maximum observé pour le premier : 3° 85, et pour le second : 1° 07). Ces différences, déjà observées en hiver, sont plus nettes en cette saison.

Les rives peu profondes sont plus chaudes que le centre (les différences sont comprises entre quelques dixièmes de degré et plusieurs degrés) car l'insolation exerce une influence d'autant plus considérable que la couche d'eau est plus mince.

8° La température moyenne de Thau est généralement maximale en juillet (au plus 25°) et minimale en février (moins de 0° dans les cas extrêmes). Elle suit les fluctuations de celle de l'air et ne s'en écarte localement que sous l'influence marine et dans de faibles limites.

En dehors de l'évolution normale, consécutive aux changements de saisons, des variations plus rapides peuvent se produire : elles sont dues, le plus souvent :

aux vents et parmi ceux-ci plus particulièrement au mistral qui agit sur la température de l'air ; en toutes saisons, il tend à refroidir les points de l'étang les moins abrités, le long du cordon littoral ;

aux pluies qui par l'intermédiaire des cours d'eau sont aussi la cause de variations localisées à leur embouchure.

9° La salinité moyenne de Thau est généralement plus élevée en été et en automne qu'au printemps et en hiver. Elle suit les fluctuations de la zone marine côtière qui est fortement influencée en surface par le courant du Rhône et les fleuves tributaires du golfe d'Aigues-Mortes.

La salinité de Thau varie entre 31 et 39 ‰. Elle est presque toujours inférieure à celle de la mer (34 à 38 ‰). Les cours d'eau qui se jettent dans l'étang de Thau, auxquels il faut ajouter la Bise, sont à l'origine de ces différences et l'on constate dans ce cas que les Eaux Blanches sont plus salées que le Grand Etang.

Il arrive cependant accidentellement que la salinité de Thau soit supérieure à celle de la mer par suite de la dilution brutale des eaux marines côtières, qui peut intervenir en toutes saisons mais ne dure généralement que quelques jours, ou par suite de l'évaporation intense qui se produit en été dans l'étang. Les Eaux Blanches sont alors moins salées que le Grand Etang.

10° On observe des différences de salinité entre la surface et le fond, celui-ci étant généralement plus salé. Pour les Eaux Blanches, la moyenne de nos mesures donne 35,04 en surface et 35,73 sur le fond.

11° L'étang des Eaux Blanches est plus salé que le Grand Etang. On observe aussi des variations d'un point à un autre : les stations voisines des cours d'eau ont une salinité moyenne moindre ; la côte nord est, pour cette raison, moins salée que celle du cordon littoral.

Sur un plan général, l'étang de Thau présente une salinité qui diffère peu de celle de la Mer Méditerranée, toutefois les fluctuations de sa température, plus étendues à mesure que l'influence marine s'estompe, lui confèrent des caractères limniques.

Il constitue une étape vers le milieu lagunaire dont quelques-uns de ses points, éloignés de la mer, ont déjà nettement l'aspect.

Bien différent des autres étangs du littoral méditerranéen français, à l'exception de l'étang de Berre, il reste cependant un milieu submarin caractéristique.

## BIBLIOGRAPHIE

- ALLAIN (C.), 1960. — Topographie dynamique et courants généraux dans le bassin occidental de la Méditerranée (golfe du Lion, Mer catalane, Mer d'Alboran et ses abords, secteur à l'est de la Corse). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **24** (1), p. 121-45.
- ANCONA (U. D'), 1954<sup>a</sup>. — Pesca e piscicoltura nelle lagune salmastre. — *F.A.O., Bulletin des pêches*, **7**, n° 4.
- 1954<sup>b</sup>. — Rapport sur les recherches effectuées dans les lagunes et les « valli » du haut Adriatique. — *Comm. int. Explor. Méditerranée, Rapp. et P.V.*, **12**, p. 163-66.
- 1959. — The classification of brackish waters with reference to the North Adriatic lagoons. — *Arch. Océanogr. Limnol.*, Venise, **11** (suppl.), p. 93-109.
- ANSEIMI (S.), 1929. — Osservazioni fisico-chimiche sulla laguna di Orbetello. — *Boll. Pesca, Pisc. e Idrobiol.* **5**.
- AUDOUIN (J.), 1957. — Note préliminaire sur l'hydrologie de l'étang de Thau (Température et salinité) — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **21** (3), p. 357-75.
- 1958. — Note préliminaire sur l'hydrologie de l'étang de Thau. — *Comm. int. Explor. Méditerranée, Rapp. et P.V.*, **14**, p. 567-68.
- 1959. — L'utilisation d'un pont de Wheatstone électronique enregistreur pour la mesure des températures des nappes d'eau (Note préliminaire). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **23** (3), p. 273-76.
- BARAILLER (L.), 1959. — Etang de Thau. Etude préliminaire sur les possibilités d'échange entre l'étang et la mer. — Ed. ronéo. du Génie rural de Montpellier, p. 1-9, 2 fig.



- BARAL (L.), CARRIEU (M.), DEJEAN (Ch.), DONNAT (F.), ESCARGUEL (G.), LASBORDES (D.), LAVABRE-BERTRAND (J.), MONNET (A.), MORINI-COMBY (J.), TUDESQ (R.), TUZET (O.), 1954. — Contribution à la connaissance de la conchyliculture et de la mytiliculture dans le bassin de Thau et de la pêche sétoise. — *Actes Inst. écon. marit. commerc. Sète*, 4<sup>e</sup> cahier, 95 p.
- BATHER (J. M.) et RILEY (J. P.), 1953. — The precise and Routine Potentiometric Determination of the Chlorinity of Sea Water. — *Cons. inter. Explor. Mer, J. Cons.*, **18** (3), p. 277-86.
- BOUGIS (P.), 1958. — Contribution à la connaissance des courants superficiels dans le nord-ouest de la Méditerranée occidentale. — *Comm. int. Explor. Méditerranée, Rapp. et P.V.*, **14**, p. 67-84, 7 fig.
- BRAJNIKOV (B.), FRANCIS-BŒUF (C.) et ROMANOVSKY (V.), 1943. — Techniques d'études des sédiments et des eaux qui leur sont associées — Paris, Hermann et C<sup>ie</sup>, 111 p.
- BRUNEL-GRASSET (M. M.), 1959 — La Crique de l'Angle. — Dipl. Etud. sup., Montpellier, 98 p.
- BRUNELLI (G.), 1923. — Le caratteristiche fisico-biologiche dell'ambiente lagunare con alcune deduzioni sulla tecnica della vallicoltura. — *Rivista di biologia*, **5**.
- 1934. — Le caratteristiche dell'ambiente lagunare e dogli stagni salmastri. — *Boll. Pesca, Pisc e Idrobiol.* (1)
- BRUNELLI (G.), CANNICCI (G.), 1934. — Notizie preliminari sulle caratteristiche chimiche e biologiche del lago di Sabaudia (Paola). — *Rend. R. Accad. Lincei*, **19**.
- CHEVALIER (A.) et SUDRY (L.), 1909. — La source de la Bise dans l'étang de Thau. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 133, 17 p.
- DE ANGELIS (C.), 1949. — Osservazioni su alcuni stagni della Sardegna méridionale. — *Boll. Pesca, Pisc e Idrobiol.*, **4** (2), p. 190-215.
- 1952. — Osservazioni su alcuni stagni della Sardegna. Nota II. — *Boll. Pesca, Pisc e Idrobiol.*, **7** (2), p. 207-45.
- DENIZOT (G.), 1951. — Les anciens rivages de la Méditerranée française. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 992, 56 p.
- DOUMENGE (F.), 1954. — L'exploitation et le rendement des étangs palavasiens. — *Bull. trimestr. Centre Et. écon. Montpellier*, n° 5, 20 p.
- 1959. — L'exploitation des eaux du bassin de Thau. — *Rev. écon. méridio.*, **7**, n° 27, p. 243-66, 7 fig.
- DUPOUY (J.), 1958. — Contribution à l'étude écologique de la faune malacologique de l'étang des Eaux-Blanches. Le peuplement de gastéropodes de l'étang des Eaux-Blanches. — « *Vie et Milieu* », *Bull. Lab. Arago*, **9** (4), p. 424-30.
- ESCOT-MOLINIÉ (J.), 1955 — Ecologie de la moule dans le bassin de Thau. — Thèse Doct. Pharm., Montpellier (ronéo.).
- EUZET (L.), 1950. — Contribution à l'étude de la faune de l'étang de Thau. — Diplôme Etud. sup., Montpellier, 77 p.
- FATEMI (M.), 1938. — Les variations saisonnières du plancton de l'étang de Thau à l'embouchure du canal de Sète — Thèse Doct. Sci., Montpellier; Sète, Sottano édit., 97 p.
- FROIDOUR (DE), 1672. — Relation et description des travaux qui se font en Languedoc, pour la communication des deux mers. — Toulouse, libr. I. Dominique Camusat.
- FURNESTIN (J.), 1959. — Hydrologie du Maroc atlantique. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **23** (1), p. 5-77.
- 1960. — Hydrologie de la Méditerranée occidentale (Golfe du Lion, Mer catalane, Mer d'Alboran, Corse orientale), 14 juin - 20 juillet 1957. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **24** (1), p. 5-119.
- GOURRET (P.), 1892. — Notes zoologiques sur l'étang des Eaux-Blanches (Cette). — *Ann. Mus. Hist. nat. Marseille*, **4** (2), p. 3-26.
- 1896. — Documents zoologiques sur l'étang de Thau. — *Trav. Inst. Zool. Montpellier et Stat. mar. Cette*, mém. 5, p. 1-55.
- 1897. — Les étangs saumâtres du midi de la France et leurs pêcheries. — *Ann. Mus. Hist. nat. Marseille*, **5**, mém. 1, 386 p., 153 fig.
- HARVEY (H. W.), 1949. — Chimie et biologie de l'eau de mer. — Trad. de l'anglais par Cl. FRANCIS-BŒUF et Cl. LAIOU. Paris, Presses univ. France, 179 p.
- KNIIDSEN (M.), 1901. — Hydrographical tables. — Copenhague, Tutein et Koch, 63 p.
- KURC (G.), 1959. — Note préliminaire sur les sédiments de l'étang de Thau. — *C. R. Acad. Sci. Paris*, **248** (15), p. 2230-2.
- 1961. — Foraminifères et Ostracodes de l'étang de Thau. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **25** (2), p. 133-247, 88 fig.
- LEE (J. Y.), 1959. — Note préliminaire sur la sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) du golfe du Lion. — *Congr. sci. mond., Biolog. sardine. F.A.O. Exper. paper n° 25* (ronéo.), p. 1-9.
- LEGENDRE (R.), 1925. — La concentration des ions hydrogène de l'eau de mer. Le pH. — Paris, Presses univ. France, 292 p.
- LETACONNOUX (R.) et AUDOUIN (J.), 1956. — Contribution à l'étude du pétoncle (*Chlamys varia* L.). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **20** (2), p. 133-55.
- LOZANO CABO (F.), 1943. — Lagunes littorales espagnoles. — *Bol. Inst. esp. Océanogr.*, n° 64 A.
- 1954 — Lagunes littorales espagnoles. — *Bol. Inst. esp. Océanogr.*, n° 66.

- MALDURA (C.), 1929. — Le variazioni stagionali dei caratteri chimici e fisici delle acque della laguna di Orbetello. — *Boll. Pesca, Pisc. e Idrobiol.*, **5**.
- 1935. — Ricerche chimiche sulla laguna di Orbetello in rapporto alla biologia (Nota I e II). — *Rend. R. Accad. Lincei*, **22**.
- MATHIAS (P.), 1954. — L'étang de Thau. — *Comm. int. Explor. Méditerranée, Rapp. et P.V.*, **12**, p. 166-76.
- MATHIAS (P.) et TCHERNIAKOVSKY (P.), 1932. — Etude sur l'étang de Thau. — *Bull. Soc. centr. Aquic. Pêche*, n° 10-12, p. 1-20.
- MENACHÉ (M.), 1950. — Du choix d'une eau normale pour la Méditerranée. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 980, 10 p.
- MORTIMER (C. H.) et MOORE (W. H.), 1953. — The use of thermistors for the measurement of lake temperatures. — *Vehr. int. Ver. Limnol.*, comm. n° 2, p. 1-42, 2 tabl., 14 fig.
- MURRAY (J.) et HJORT (J.), 1912. — The depths of the océan. — Londres, Mac Millan and C<sup>o</sup>, 821 p., 575 fig.
- NISBET (M.), PETIT (G.) et SCHACHTER (D.), 1958. — Caractères chimiques de quelques étangs méditerranéens. Considérations sur la classification des eaux saumâtres (Note préliminaire). — *Vehr. int. Ver. Limnol.*, **13**, p. 672-5.
- PAVILLARD (J.), 1905. — Recherches sur la flore pélagique (Phytoplancton) de l'étang de Thau. — Thèse Doct. Sci. Montpellier, *Trav. Inst. Bot. Univ. Montpellier*, s. mixte, mém. n° 2, 116 p., 3 pl.
- PETIT (G.), 1953. — Introduction à l'étude écologique des étangs méditerranéens. — « *Vie et milieu* », *Bull. Lab. Arago*, **4** (4), p. 569-604.
- PETIT (G.) et DOUMENGE (F.), 1955. — Aperçu sur les étangs méditerranéens français: technique des pêches et production. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée, F.A.O. Rome*, Doc. techn., **3**, n° 47, p. 423-39.
- PETIT (G.) et SCHACHTER (D.), 1951. — Le problème des eaux saumâtres. — *Année biol.*, **27** (7), p. 533-43.
- 1959. — Les étangs et lagunes du littoral méditerranéen français et le problème de la classification des eaux saumâtres. — *Arch. Océanogr. Limnol.*, Venise, **11** (suppl.), p. 75-91.
- PROPIAC (DE), 1824. — Les merveilles du monde. I -- Libr. A. Eymery, Paris.
- ROUCH (J.), 1946. — Traité d'océanographie physique. L'eau de mer. — *Bibl. sci.*, Paris, Payot édit., 349 p., 150 fig.
- 1948. — Traité d'océanographie physique. Les mouvements de la mer. — *Bibl. sci.*, Paris, Payot édit., 413 p., 176 fig.
- ROULE (L.), 1929. — Les Poissons et le monde vivant des eaux. III. Les voyages et les migrations. — Paris, Libr. Delagrave, p. 253-70.
- SCHACHTER (D.), 1950. — Contribution à l'étude écologique de la Camargue. — *Ann. Inst. océanogr.*, n. s. **25**, p. 1-108.
- 1954. — Contribution à l'étude hydrographique et hydrologique de l'étang de Berre. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 1048, 20 p., 5 fig., 2 cartes, tabl.
- SCHACHTER (D.), SENEZ (J.) et LEROUX-GILLERON (J.), 1954. — Note préliminaire sur la dystrophie d'un étang saumâtre du littoral méditerranéen: l'étang de l'Olivier. — « *Vie et Milieu* », *Bull. Lab. Arago*, **4** (4), p. 701-6.
- SEGERSTRALE (S. G.), 1958. — Brackishwater classification. — *Arch. Océanogr. Limnol.*, Venise, **11** (suppl.), p. 7-33.
- SUDRY (L.), 1908. — Sur un genre particulier de fond marin dans l'étang de Thau. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 130, 7 p.
- 1910. — L'étang de Thau. Essai de monographie océanographique. — *Ann. Inst. océanogr.*, **1** (10), 210 p., 1 carte, 11 fig.
- SVERDRUP (H. U.), JOHNSON (M. W.) et FLEMING (R. H.), 1954. — The oceans. Their physics, chemistry and general biology. — New-York, Prentice-Hall, 1087 p., 265 fig., 121 tabl., 8 cartes.
- THOMSEN (H.) et MENACHÉ (M.), 1954. — Instructions pratiques sur la détermination de la salinité de l'eau de mer par la méthode de titrage de Mohr-Knudsen. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 1047, 20 p.
- TREGOUBOFF (G.), 1954. — Rapport sur l'activité planctonologique actuelle des laboratoires maritimes de la Méditerranée occidentale. — *Comm. int. Explor. Méditerranée, Rapp. et P.V.*, **12**, p. 53-77.
- TUZET (O.), 1947. — Le plancton du golfe du Lion et de l'étang de Thau. — *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, **7** (23).
- VALLAUX (C.), 1939. — Les eaux méditerranéennes. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 764, 23 p.
- VATOVA (A.), 1958<sup>a</sup>. — Condizioni idrografiche dell'alta laguna veneta. — *Nova Thalassia*, **2** (8), 110 p.
- 1958<sup>b</sup>. — Il ciclo dei sali nutritivi nell'alta laguna veneta. — *Comm. int. Explor. Méditerranée, Rapp. et P.V.*, **14**, p. 557-66.

## TABLE DES FIGURES

FIGURES	PAGES
1. — Plan des canaux de Sète en 1911 et en 1951 . . . . .	10
2. — Température moyenne de l'air à Sète et Agde (1954 à 1958) . . . . .	12
3. — Moyennes mensuelles des oscillations journalières de la température de l'air (Sète et Agde)	12
4. — Maximum et minimum absolus de la température de l'air à Sète (1954 à 1958) . . . . .	12
5. — Variations de la température maximum, moyenne et minimum de l'air à Sète (1954 à 1958) .	12
6. — Répartition annuelle des précipitations à Montbazin, Sète, Agde (1954 à 1958) . . . . .	13
7. — Répartition journalière et mensuelle des précipitations à Sète (1954 à 1958) . . . . .	14
8. — Polygone de fréquence des vents . . . . .	15
9. — Variations mensuelles de l'évaporation moyenne (1955 à 1958) . . . . .	16
10. — Variations mensuelles de l'insolation moyenne (1954 à 1958) . . . . .	16
11. — Courbes des niveaux de la mer et de l'étang période du 3 au 8-I-1958 . . . . .	22
12. — Courbe de fréquence des amplitudes de la marée . . . . .	22
13. — Courbes des niveaux de la mer et de l'étang période des 4 et 5-VIII-1959 . . . . .	23
14. — Courbes des niveaux de la mer et de l'étang période des 25 et 26-VII-1959 . . . . .	23
15. — Courbes des niveaux de la mer et de l'étang période du 19 au 21-VI-1958 . . . . .	23
16. — Niveaux maximum et minimum de l'étang . . . . .	25
17. — Niveaux moyens de l'étang et de la mer, janvier à décembre 1958 . . . . .	27
18. — Courantomètre I.P.M., schéma de montage . . . . .	30
19. — Vitesse des courants dans les canaux de Sète (période des 11 et 12-II-1959) . . . . .	32
20. — Vitesse des courants dans les canaux de Sète (période du 26 au 31-VII-1959) . . . . .	33
21. — Vitesse des courants dans les canaux de Sète (période du 1 au 6-VIII-1959) . . . . .	34
22. — Carte des stations hydrologiques effectuées sur l'étang de Thau . . . . .	38
23 et 24. — Variations de la température et de la salinité dans les canaux de Sète (14-VI et 7-IX-1955)	40
25 et 26. — Variations de la température et de la salinité dans les canaux de Sète (14 et 21-IX-1956)	41
27 et 28. — Variations de la température et de la salinité dans les canaux de Sète (5-6-X et 8-XI-1956) .	42
29. — Etang des Eaux Blanches à 7 h le 9 mars 1956. Isothermes et isohalines . . . . .	44
30. — Etang des Eaux Blanches à 8 h le 9 mars 1956. Isothermes et isohalines . . . . .	45
31. — Etang des Eaux Blanches à 9 h le 9 mars 1956. Isothermes et isohalines . . . . .	46
32. — Etang des Eaux Blanches à 10 h le 9 mars 1956. Isothermes et isohalines . . . . .	47
33. — Etang des Eaux Blanches à 11 h le 9 mars 1956. Isothermes et isohalines . . . . .	48
34. — Etang des Eaux Blanches à 12 h le 9 mars 1956. Isothermes et isohalines . . . . .	49
35. — Etang des Eaux Blanches à 14 h. 30 le 9 mars 1956. Isothermes et isohalines . . . . .	50
36. — Etang des Eaux Blanches à 16 h le 9 mars 1956. Isothermes et isohalines . . . . .	51
37. — Etang des Eaux Blanches à 17 h le 9 mars 1956. Isothermes et isohalines . . . . .	52
38. — Etang des Eaux Blanches à 18 h le 9 mars 1956. Isothermes et isohalines . . . . .	53
39. — Etang des Eaux Blanches à 19 h le 9 mars 1956. Isothermes et isohalines . . . . .	54
40. — Topographie de la Bise . . . . .	56
41. — Etang de Thau, 7-8 novembre 1955. Isohalines (surface) . . . . .	60
42. — Etang de Thau, 7-8 novembre 1955. Coupe hydrologique (température et salinité)	61
43. — Etang de Thau, 6-7 novembre 1956. Coupe hydrologique (température et salinité)	61
44. — Etang de Thau, 6-7 novembre 1956. Isothermes et isohalines (surface) . . . . .	62
45. — Etang de Thau, 7-9 décembre 1956. Coupe hydrologique (température et salinité)	63
46. — Etang de Thau, 17-18 janvier 1956. Coupe hydrologique (température et salinité)	64
47. — Etang de Thau, 21-22 janvier 1957. Coupe hydrologique (température et salinité)	64

FIGURES	PAGES
48. — Etang de Thau, 30-31 janvier 1958. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	65
49. — Etang de Thau, 30-31 janvier 1958. Isothermes et isohalines (surface) . . . . .	66
50. — Etang de Thau, 18 février 1956. Isothermes (surface et fond) . . . . .	67
51. — Etang de Thau, 18 février 1956. Isohalines (surface et fond) . . . . .	68
52. — Etang de Thau, 18 février 1956. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	69
53. — Etang de Thau, 21 février 1957. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	69
54. — Etang de Thau, 9-10 mars 1955. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	70
55. — Etang de Thau, 24 mars 1955. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	70
56. — Etang de Thau, 24 mars 1955. Isohalines (surface et fond) . . . . .	71
57. — Etang de Thau, 26 mars 1958. Isothermes (surface et fond) . . . . .	72
58. — Etang de Thau, 26 mars 1958. Isohalines (surface et fond) . . . . .	73
59. — Etang de Thau, 13-14-15 avril 1955. Isothermes et isohalines (surface) . . . . .	75
60. — Etang de Thau, 13-14-15 avril 1955. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	76
61. — Etang de Thau, 28-29 avril 1955. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	76
62. — Etang de Thau, 13-14-16 avril 1956. Isothermes et isohalines (surface) . . . . .	77
63. — Etang de Thau, 13-14-16 avril 1956. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	78
64. — Etang de Thau, 4-5 avril 1957. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	78
65. — Etang de Thau, 4-5 avril 1957. Isothermes et isohalines (surface) . . . . .	79
66. — Etang de Thau, 29-30 mai 1956. Isothermes (surface et fond) . . . . .	80
67. — Etang de Thau, 29-30 mai 1956. Isohalines (surface et fond) . . . . .	81
68. — Etang de Thau, 29-30 mai 1956. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	82
69. — Etang de Thau, 14 mai 1957. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	82
70. — Etang de Thau, 10-11 juin 1955. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	83
71. — Etang de Thau, 10-11 juin 1955. Isothermes et isohalines (surface) . . . . .	84
72. — Etang de Thau, 6 juin 1957. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	85
73. — Etang de Thau, 8 juillet 1955. Isothermes (surface et fond) . . . . .	86
74. — Etang de Thau, 8 juillet 1955. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	87
75. — Etang de Thau, 25-26-27 juillet 1955. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	87
76. — Etang de Thau, 18 juillet 1957. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	88
77. — Etang de Thau, 11-12-13 août 1955. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	88
78. — Etang de Thau, 20 août 1958. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	89
79. — Etang de Thau, 20 août 1958. Isothermes et isohalines (surface) . . . . .	90
80. — Etang de Thau, 5-6 septembre 1955. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	91
81. — Etang de Thau, 12-13 septembre 1956. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	91
82. — Etang de Thau, 16 septembre 1957. Isothermes et isohalines (surface) . . . . .	92
83. — Etang de Thau, 16 septembre 1957. Coupe hydrologique (température et salinité) . . . . .	93