

NOTE PRELIMINAIRE SUR L'HYDROLOGIE DE L'ETANG DE THAU

(Température et salinité)

par J. AUDOUIN

INTRODUCTION

L'étude de la faune et de la flore d'un étang exige la connaissance approfondie des conditions physico-chimiques qui lui sont propres.

GOURRET (1897), PAVILLARD (1905), SUDRY (1911), puis plus récemment MATHIAS et TCHERNIAKOWSKY (1932), FATEMI (1938), TUZET (1947) et J. ESCOT-MOLINIE (1955) ont donné des indications sur la température, la salinité, la densité, le pH, etc., de l'un des plus grands étangs du Bas-Languedoc, celui de Thau. Toutefois, depuis un siècle, les communications de cette nappe avec la mer se sont souvent modifiées.

Ces divers changements, dont les plus récents ne sont pas les moins intéressants, ont modifié son hydrologie. C'est une des raisons qui nous ont amené à en entreprendre l'étude.

Celle-ci, commencée à la fin de l'hiver 1954-1955, se poursuit actuellement et a été étendue à l'étang de Salses-Leucate et à ceux de la Corse.

Nous exposons dans ce rapport les premiers résultats obtenus à Thau. La première partie sera consacrée à quelques généralités, ainsi qu'aux facteurs météorologiques qui ont une influence marquée sur l'hydrologie de l'étang. Dans la seconde partie seront fournies les données concernant cette hydrologie.

PREMIERE PARTIE

GENERALITES

I. — LA SITUATION GEOGRAPHIQUE.

Rappelons quelques données connues : l'étang de Thau a une superficie de 7.500 hectares environ ; sa profondeur, faible sur les bords, est de 6 à 10 mètres dans sa partie la plus creuse. La fosse de la Bise (ou Abyse) atteint 30 mètres.

Il comprend deux parties principales :

1° L'étang des Eaux-Blanches.

2° Le Grand Etang, qui peut lui-même être subdivisé en 3 secteurs :

a) la crique de l'Angle, avec la source de la Bise ;

- b) le secteur Est, compris entre le rocher de Roquerols, Mèze et Villeroi, caractérisé par la présence, sur le fond, de nombreuses « cadoules », sorte de monticules ayant parfois plusieurs mètres de haut, mais n'atteignant jamais la surface ;
- c) le secteur Ouest, le moins profond, qui s'étend de Mèze à Marseillan.

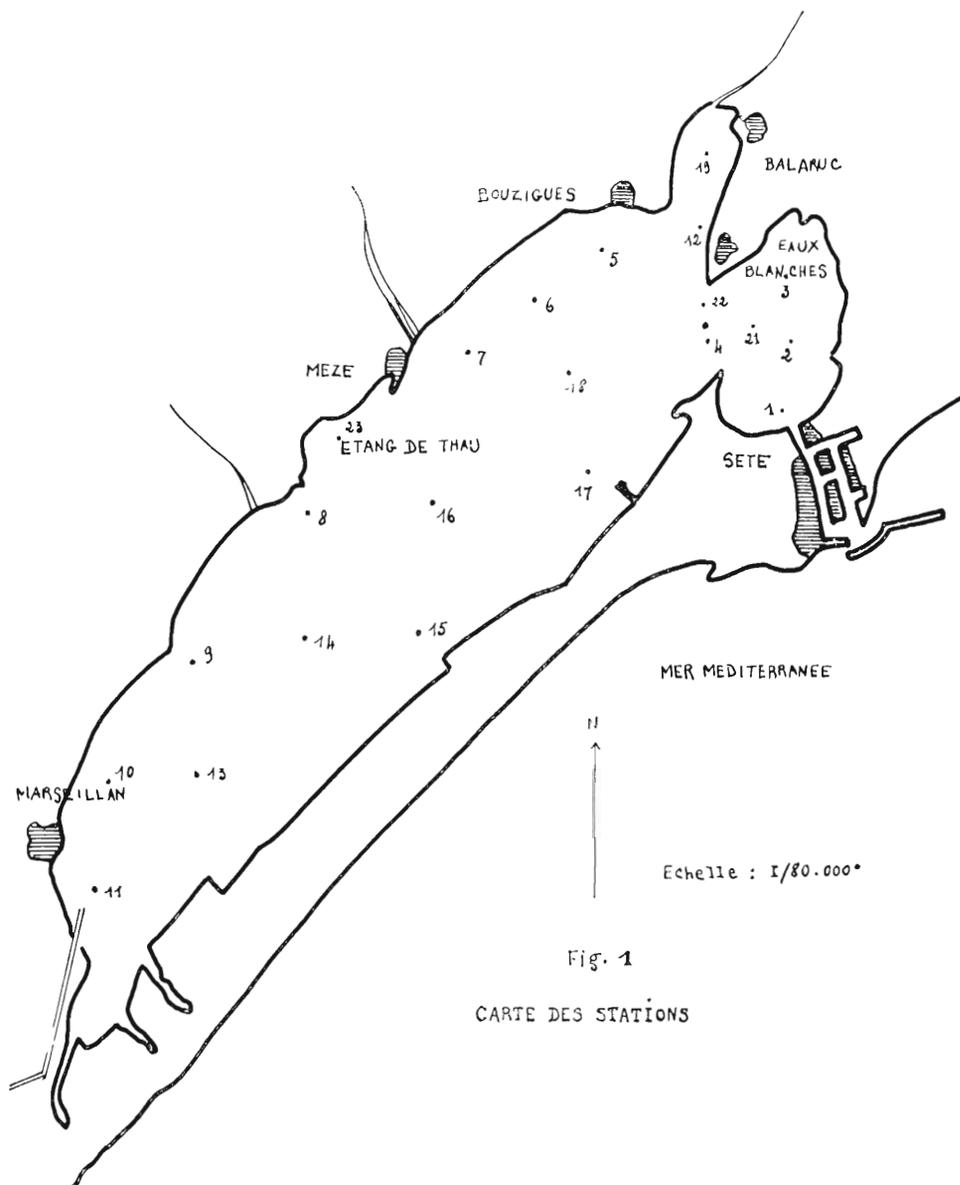


Fig. 1

CARTE DES STATIONS

2. — LES CANAUX DU PORT DE SETE.

Ils constituent actuellement la seule communication permanente entre la mer et l'étang. Ils ont subi depuis la fin du siècle dernier de multiples transformations dues au déve-

loppement 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.

Au début du siècle, SUDRY indiquait 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 7,30 m ; antérieurement 3 à 4 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 du pont Régy (1943-1945) et des culées Nord de l'ancien pont de Bois (1929) ;

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 forme actuelle.

3. — CONDITIONS METEOROLOGIQUES.

a) *Température de l'air.*

Le tableau ci-dessous résume les observations météorologiques à Sète pour l'année 1955 et le premier trimestre 1956 :

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES
SÈTE (Hérault)

		Température air						Pluie		
		Max. observé	Min. observé	Moyenne mensuelle	Moyenne max. journalière	Moyenne min. journalière	Moyenne des oscillat. journalières	Pluie m/m	Nombre de jours de pluie	Hauteur max. journalière
Janvier	1955	19°	0°	8°4	15°	1°	4°4	322,7	18	114
Février	—	18°	— 2°	7°2	14°5	1°5	5°8	5,4	8	1,2
Mars	—	21°	— 1°5	8°3	15°5	3°	7°8	3,2	4	1,5
Avril	—	26°5	3°6	13°8	19°5	9°3	8°10	—	—	—
Mai	—	25°5	8°	16°3	20°	12°	8°	23,7	8	11
Juin	—	31°	11°	19°7	30°5	15°	7°8	52,5	8	24
Juillet	—	34°	15°	22°6	28°	17°	8°8	15	6	6
Août	—	33°	13°	22°7	27°	17°	8°3	24,2	6	14
Septembre	—	32°	11°	20°1	26°	15°	7°7	43,5	3	38,5
Octobre	—	24°	7°	14°	18°	9°2	7°4	189	7	91
Novembre	—	19°	— 1°5	9°4	17°5	4°	5°6	92	3	46
Décembre	—	18°	0°5	9°3	14°	5°	4°9	110	7	87
Janvier	1956	17°5	— 1°5	8°	13°5	2°	5°6	3	1	3
Février	—	13°2	— 12°7	— 0°8	9°5	— 12°	8°9	3	1	3
Mars	—	18°	— 1°5	9°5	13°	3°5	5°8	48,5	8	14

La température moyenne en 1955 est de 14°3, alors qu'on a enregistré un écart de 36° entre le maximum absolu (juillet : 34°) et le minimum absolu (février : — 2°).

Cet écart est essentiellement variable d'une année à l'autre (en 1956, il sera au moins de 45°).

L'oscillation journalière moyenne de la température, plus élevée en été qu'en hiver, a varié de 4°4 en janvier à 8°8 en juillet 1955.

b) Apports d'eau douce. Pluies.

L'étang de Thau reçoit des apports d'eau douce relativement peu importants, car les ruisseaux qui s'y jettent sont intermittents. Le canal du Midi, lorsque l'Hérault est en crue, peut lui apporter une partie des eaux de ce fleuve. La source de la Bise ne paraît pas avoir une influence aussi considérable qu'on a pu le penser.

Les précipitations atmosphériques jouent un rôle qui n'est pas négligeable. A Sète, les chutes de pluie ont donné en 1955 une hauteur de 881,2 mm, mais ceci est très variable suivant les années. Il en est de même de la répartition mensuelle des précipitations. En général, le nombre de jours de pluie est faible par rapport aux quantités d'eau qui peuvent tomber (78 jours en 1955).

A titre d'exemple de ces variations, nous pouvons comparer les mois de janvier 1955 et 1956 : 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 de 78 mm le 4. Par contre, en janvier 1956, on a noté un seul jour pluvieux avec 3 mm.

c) Les vents.

On observe peu de jours parfaitement calmes. Presque toute l'année, en effet, l'étang de Thau subit l'influence des vents.

Nous citerons les principaux : le Mistral souffle du N. ou du NO., la Tramontane du NE, le Grec de l'Est, le Labech est un vent du SO. et l'Argade du NO.

Le mistral, le plus fort et le plus fréquent, a une importance particulière. Caractérisé par la soudaineté de son apparition, il abaisse la température et provoque une agitation considérable de l'eau, dont la turbidité augmente notablement. Il est plus violent en hiver. Les vents marins du Sud et de l'Est, chauds et humides, s'observent surtout en été. En général, à cette saison, les vents soufflent de terre le matin et font place l'après-midi à la brise marine.

DEUXIEME PARTIE

HYDROLOGIE

1. — OPERATIONS EFFECTUEES.

Un réseau de 22 stations a été tracé sur l'étang de Thau (fig. 1).

A chacune d'elles la température a été relevée et les échantillons d'eau prélevés en vue d'analyses portant sur la teneur en sel. Une à deux fois par mois, une série d'échantillons a été faite sur l'ensemble du réseau. Les prélèvements d'eau ont été effectués à 1 m au-dessous de la surface et 1 m au-dessus du fond, avec une bouteille Nansen munie d'un thermomètre à renversement « Negretti et Zambra ».

La chlorinité des échantillons recueillis a été déterminée par la méthode de Knudsen

l' « eau normale » de Charlottenlund servant de terme de comparaison. La salinité a été calculée à l'aide des tables de Knudsen.

Entre le 1^{er} mars 1955 et le 31 mai 1956, 944 échantillons

prélevés avec le petit bateau de recherches « Ostrea » ont été analysés au laboratoire de l'Institut des Pêches maritimes de Sète.

D'autre part, en vue d'apprécier les courants de marée, plusieurs séries de prélèvements ont été effectuées soit au pont Sadi-Carnot (canaux de Sète : 14 juin et 17 septembre 1955), soit dans l'étang (18 novembre 1955, 9 et 12 mars 1956) : pendant une période supérieure à 12 heures consécutives, le plus grand nombre possible de prélèvements a été fait en divers points. Des journées calmes ont été choisies afin d'éviter au maximum les causes de perturbation.

Enfin, une station témoin a été régulièrement faite en mer à 5 km du port de Sète, qui permet de comparer les conditions hydrologiques de l'étang avec celles de la mer.

2. — VARIATION DES CONDITIONS HYDROLOGIQUES AU COURS D'UNE MEME JOURNÉE.

a) Dans les canaux de Sète :

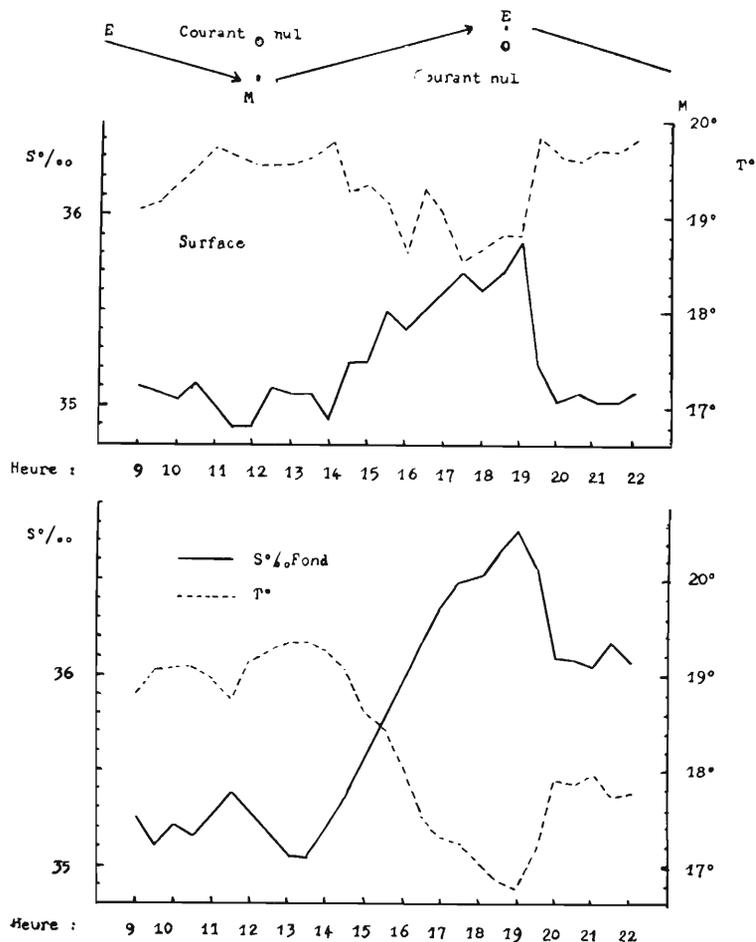


FIG. 2. — Observations hydrologiques effectuées au pont Sadi-Carnot le 14 juin 1955.

Les fig. 2 et 3 donnent le résultat des observations du 14 juin et du 7 septembre 1955 ; outre les courbes de T° et $S^{\circ}/\text{‰}$, elles portent l'indication du sens du courant en surface.

En été, les eaux marines sont moins chaudes que celles de l'étang. Par contre, en hiver, leur température est plus élevée. Le 14 juin, les écarts de température entre minima et maxima étaient plus grands au fond qu'en surface et la courbe avait une plus grande amplitude. Le 7 septembre, la différence d'amplitude entre les deux était faible.

Les écarts entre minima et maxima de salinité subissent des variations analogues. Dans l'un et l'autre cas la salinité passe par un maximum et un minimum qui coïncident avec le moment où le courant dans les canaux devient nul. En un point donné, la salinité croît lorsque le courant va de la mer vers l'étang et décroît lorsque le courant est inverse.

Les fig. 2 et 3 nous montrent que les minima de T° correspondent aux maxima de salinité, phénomène particulièrement apparent sur la fig. 2, où l'on remarque la symétrie quasi parfaite des courbes de T° et $S^{\circ}/_{\infty}$ au fond. Ces observations ont été faites en été. En

hiver, les maxima de T° et $S^{\circ}/_{\infty}$ sont concomitants, ainsi que les minima. L'espace de temps qui les sépare est sensiblement égal à 6 heures.

Les courants de marée constituant un mouvement périodique, nous pouvons adopter, pour comparer leurs effets, la terminologie utilisée habituellement pour l'étude de ces mouvements ; si nous considérons les courbes exprimant la vitesse du courant, la température et la salinité, nous écrirons : la courbe des vitesses présente avec la courbe des salinités une différence de phase d'un quart de période. Les courbes de salinité et de température sont « en phase » en hiver et « en opposition de phase » en été.

b) Dans l'étang de Thau

Les graphiques des fig. 4, 5, 6 et 7 condensent les résultats d'observations faites le 18 novembre et concernent les stations 1, 2, 4 et 21.

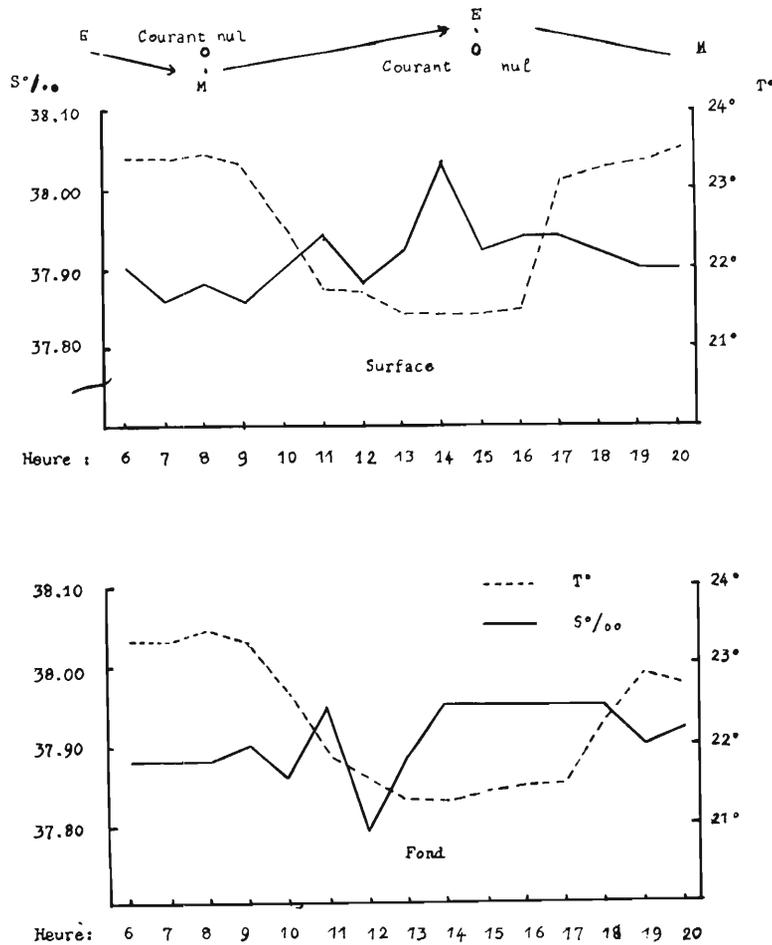


FIG. 3. — Observations hydrologiques effectuées au pont Sadi-Carnot le 7 septembre 1955.

Les règles énoncées au paragraphe précédent pour les canaux sont applicables ici. Le graphique de la fig. 6 est bien représentatif du phénomène.

Cependant, l'amplitude des courbes de variation s'amortit progressivement à mesure que l'on s'éloigne des canaux de Sète.

Parfois l'amplitude des variations est plus grande en surface qu'au fond (le 18 novembre par exemple), parfois c'est l'inverse qui se produit (cas des 9 et 12 mars 1956). Les résultats obtenus à ces dernières dates sont résumés dans les cartes des écarts de $S^{\circ}/_{\infty}$ et T° , observés en surface et au fond (fig. 8, 8 bis, 9 et 9 bis).

On constate qu'au delà d'une ligne réunissant les stations 7, 16 et 15, il n'y a pas de variations journalières attribuables aux courants de marée.

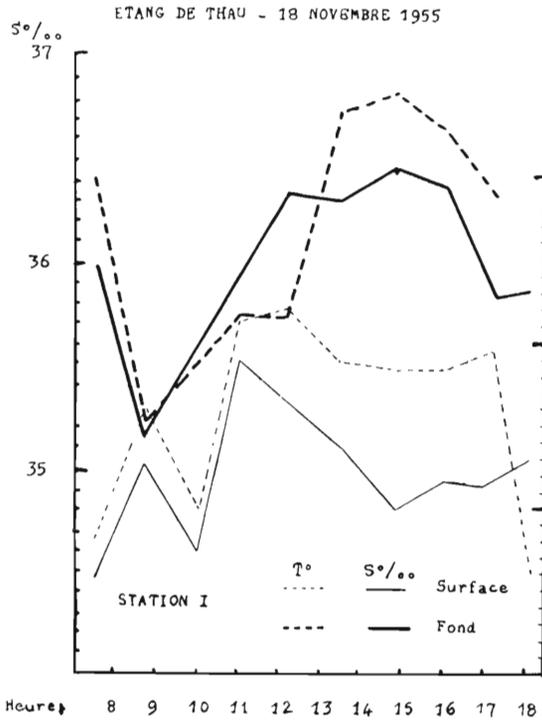


FIG. 4.

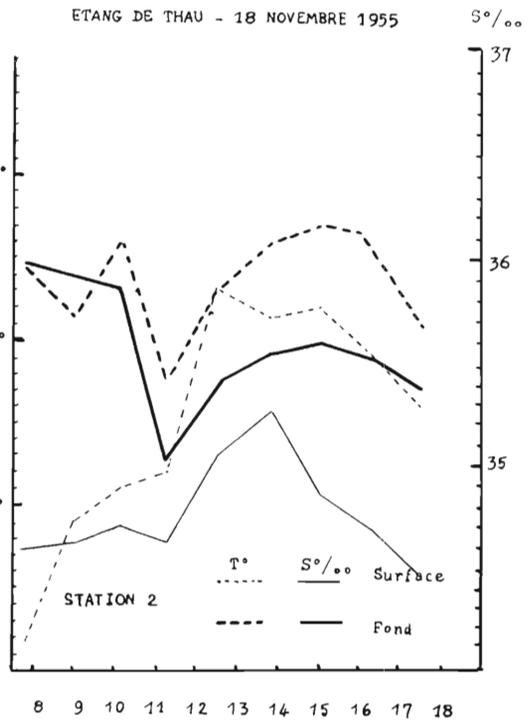


FIG. 5.

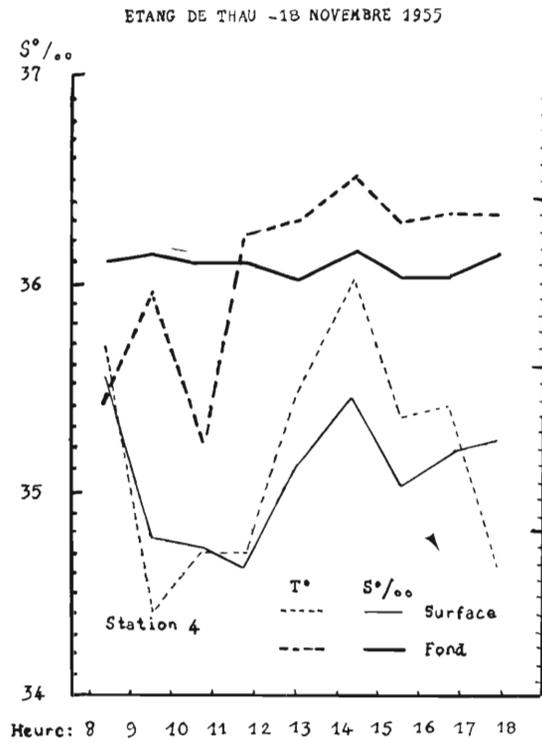


FIG. 6.

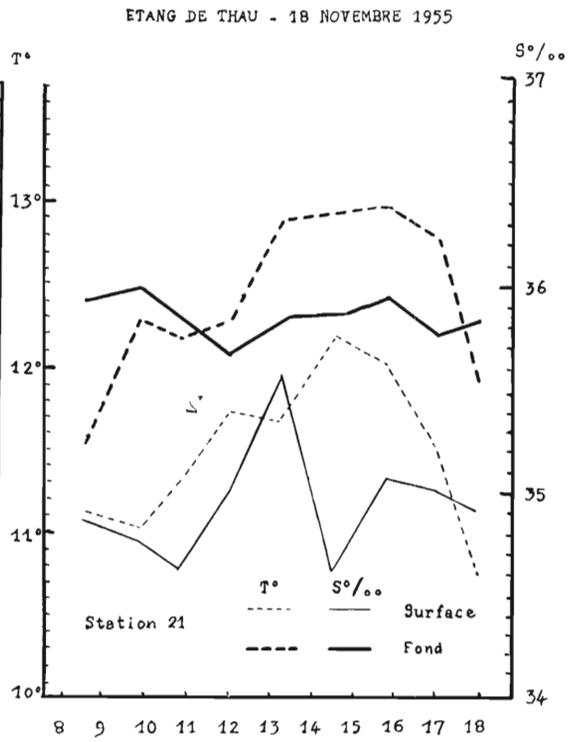


FIG. 7.

3. — INFLUENCE DE LA PLUIE ET DES VENTS SUR LES CONDITIONS HYDROLOGIQUES.

Nous avons fourni dans les premières pages quelques données sur le régime des pluies. Leur influence s'exerce de deux façons différentes.

En été, d'une manière directe : à la suite d'un orage, on constate une chute brutale mais passagère de la salinité, surtout en surface.

Pendant la saison pluvieuse, l'abaissement est plus progressif mais plus durable : citons l'exemple du mois de janvier 1956, où la salinité moyenne a été la plus basse (fig. 10).

Les vents ont une action très importante et le plus souvent rapide. Le mistral provoque un abaissement marqué et général de la température de la surface au fond, car, lorsqu'il souffle, en toutes saisons mais surtout en hiver, les écarts sont très peu importants, voire inexistant, entre la température du fond et celle de la surface.

Il en est de même de la salinité, qui varie d'une station à une autre. Ceci est dû au brassage énergique des eaux : ainsi, les 10 et 11 juin 1955, les écarts entre les températures et salinités moyennes (fond et surface) étaient respectivement de 0°01 et 0,05 ‰ seulement.

Les vents provoquent des perturbations frappantes dans le phénomène de la marée. Les vents de N. et de N.-NO. créent un courant qui va de l'étang vers la mer, parfois durant plusieurs jours, et qui entraîne un abaissement appréciable du niveau des eaux (seiche).

Inversement, les vents marins créent un courant de la mer vers l'étang qui devient prépondérant. Le niveau de l'étang peut alors s'élever anormalement. Citons pour l'un et l'autre cas les exemples suivants :

— entre le 10 juin 1955 à 3 heures et le 11 à minuit, par mistral moyen, le niveau est descendu régulièrement de 63 cm à 38 cm ;

— le 23 novembre 1954, par vent SE. fort, le niveau est monté entre 5 et 23 heures de 57 cm à 73 cm (niveaux déterminés à l'aide des courbes du marégraphe de la Bordigue. au point de jonction des canaux et de l'étang).

4. — LES VARIATIONS DES CONDITIONS HYDROLOGIQUES AU COURS DE L'ANNEE.

Les températures et salinités moyennes minima ont été observées respectivement en février et janvier, les maxima en septembre et octobre, avec les valeurs extrêmes moyennes de — 0°06 et 23°97 et de 30,84 et 38,55 ‰, ce qui représente une amplitude de variation de 24°03 et de 7,71 ‰. L'écart entre ces valeurs extrêmes est caractéristique des conditions rencontrées dans un étang côtier peu profond, en communication constante avec la mer et soumis à des variations importantes. Dans certains étangs de moindre profondeur et de rapports moins étroits avec la mer, cet écart est certainement beaucoup plus grand.

Pour la période s'étendant de mars 1955 à février 1956, ont été dressés les diagrammes T/S des moyennes mensuelles observées :

- 1) en surface et au fond dans l'étang de Thau (fig. 10) ;
- 2) en surface, à la station de référence située en mer à 5 km au large de Sète (fig. 10 bis).

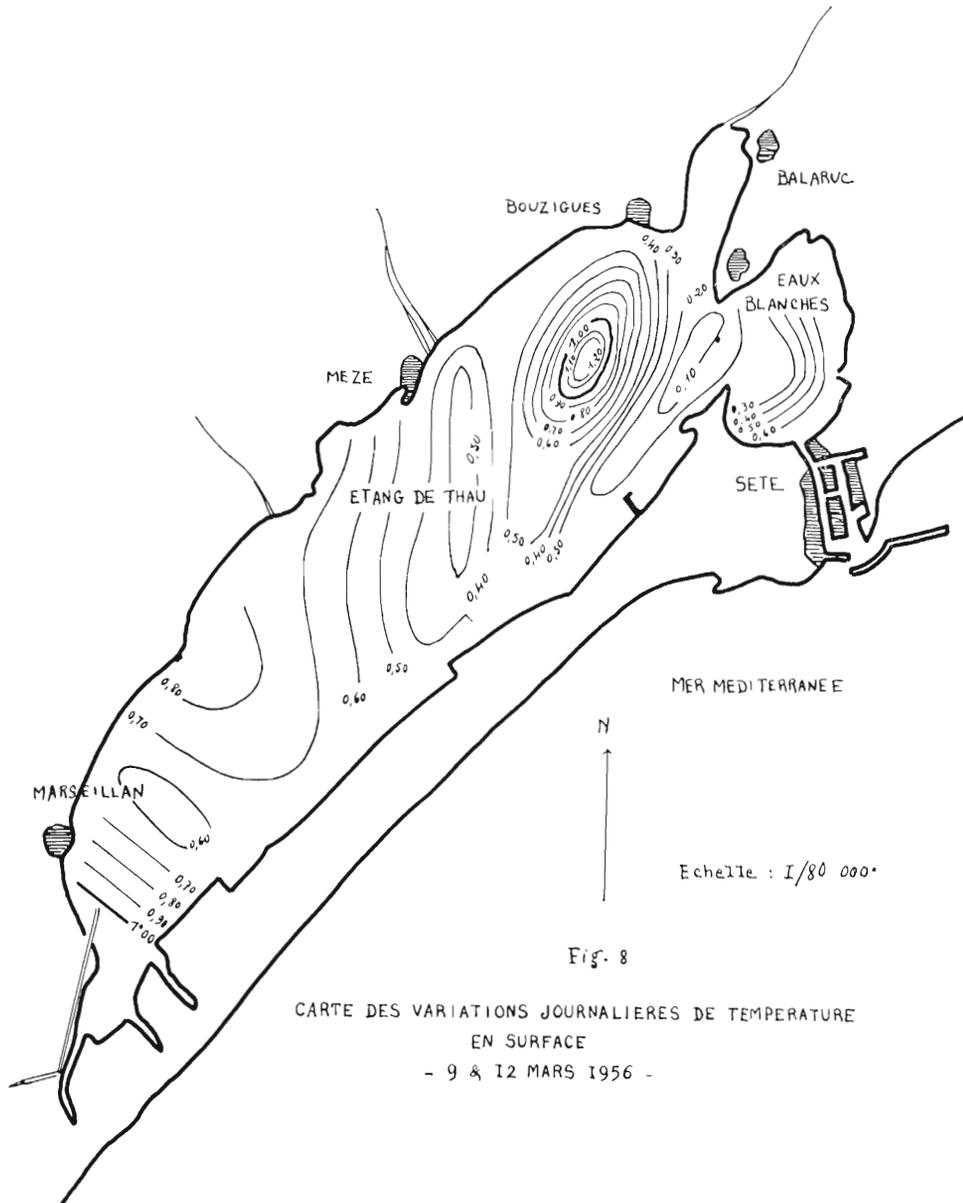
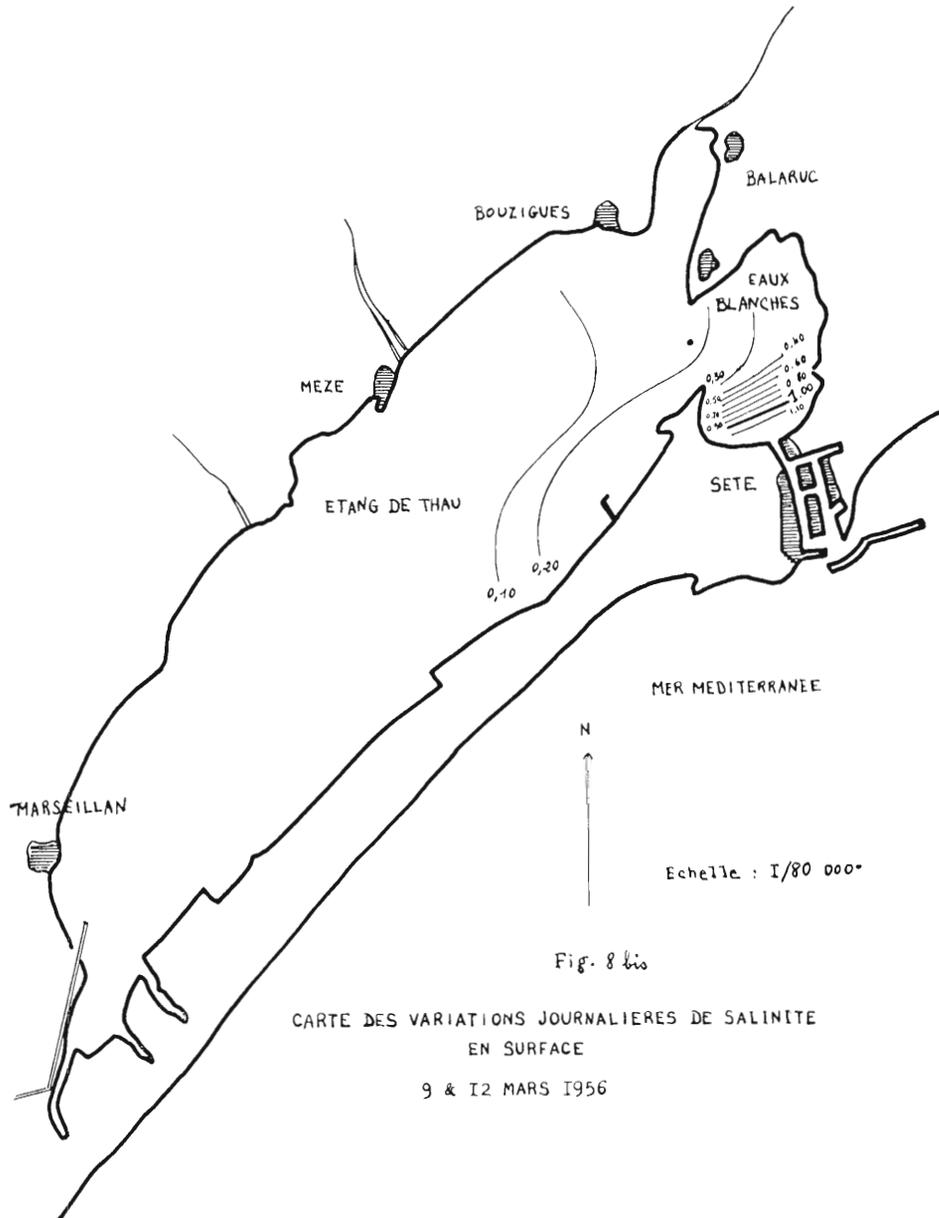


Fig. 8

CARTE DES VARIATIONS JOURNALIERES DE TEMPERATURE
EN SURFACE
- 9 & 12 MARS 1956 -

La fig. 10 montre que de mars à juillet la température et la salinité augmentent avec une certaine régularité, en corrélation avec l'évolution normale des conditions météorologiques. On note au mois d'août une légère diminution de température suivie d'une hausse en septembre, alors que la salinité continue à croître jusqu'en octobre.

D'octobre à janvier, les valeurs de l'un et l'autre facteur diminuent. Enfin, on enregistre en février une chute brutale de température accompagnée d'une légère hausse de salinité.



Ceci provoque l'inversion du sens des diagrammes qui tournent de janvier à mars dans le sens contraire à celui des aiguilles d'une montre.

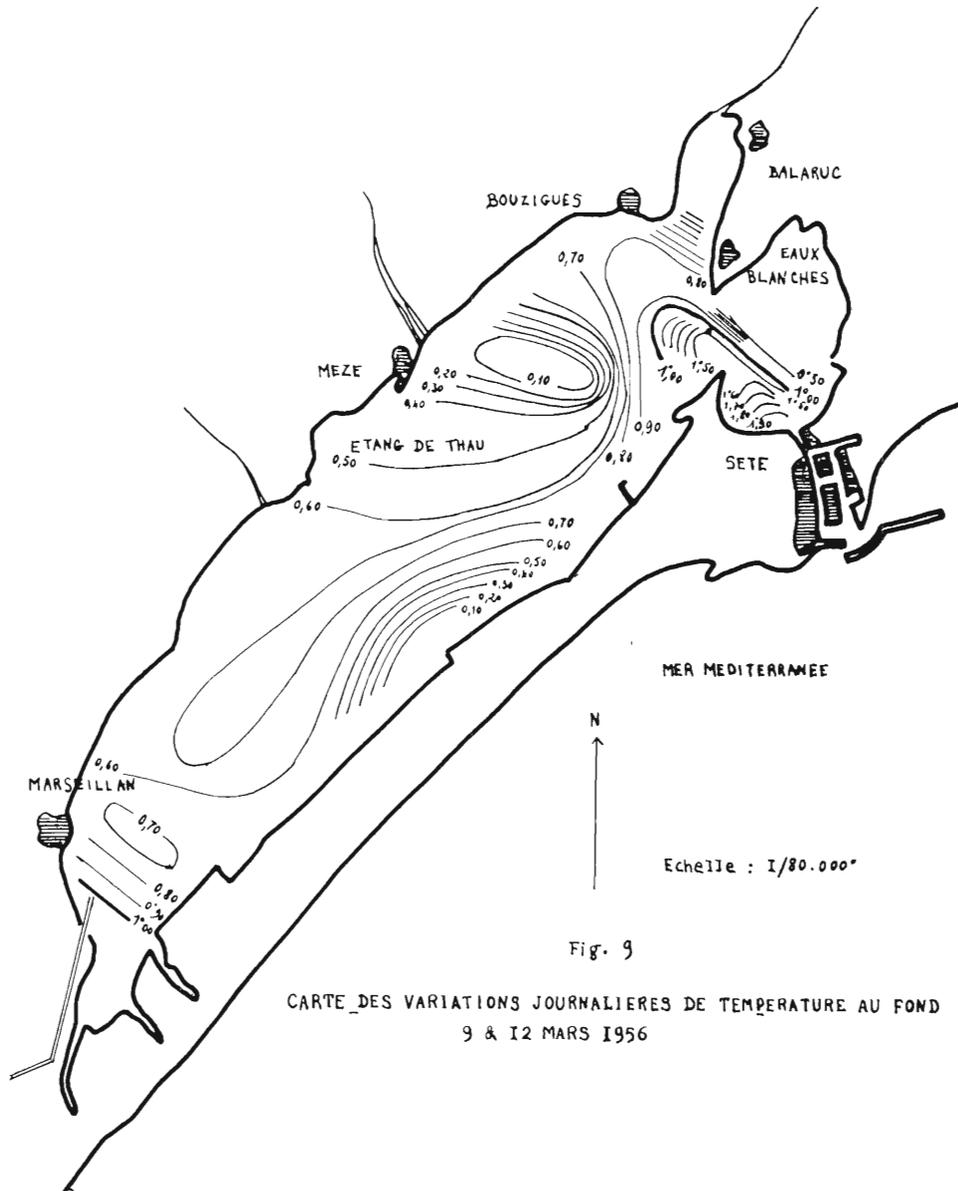


Fig. 9

CARTE DES VARIATIONS JOURNALIERES DE TEMPERATURE AU FOND
9 & 12 MARS 1956

Les diagrammes T/S pour le fond et pour la surface ont la même allure générale, mais sont légèrement décalés ; la salinité au fond est en effet plus forte qu'en surface. La température du fond, moins élevée en été que celle de la surface, lui est quelquefois supérieure en hiver.

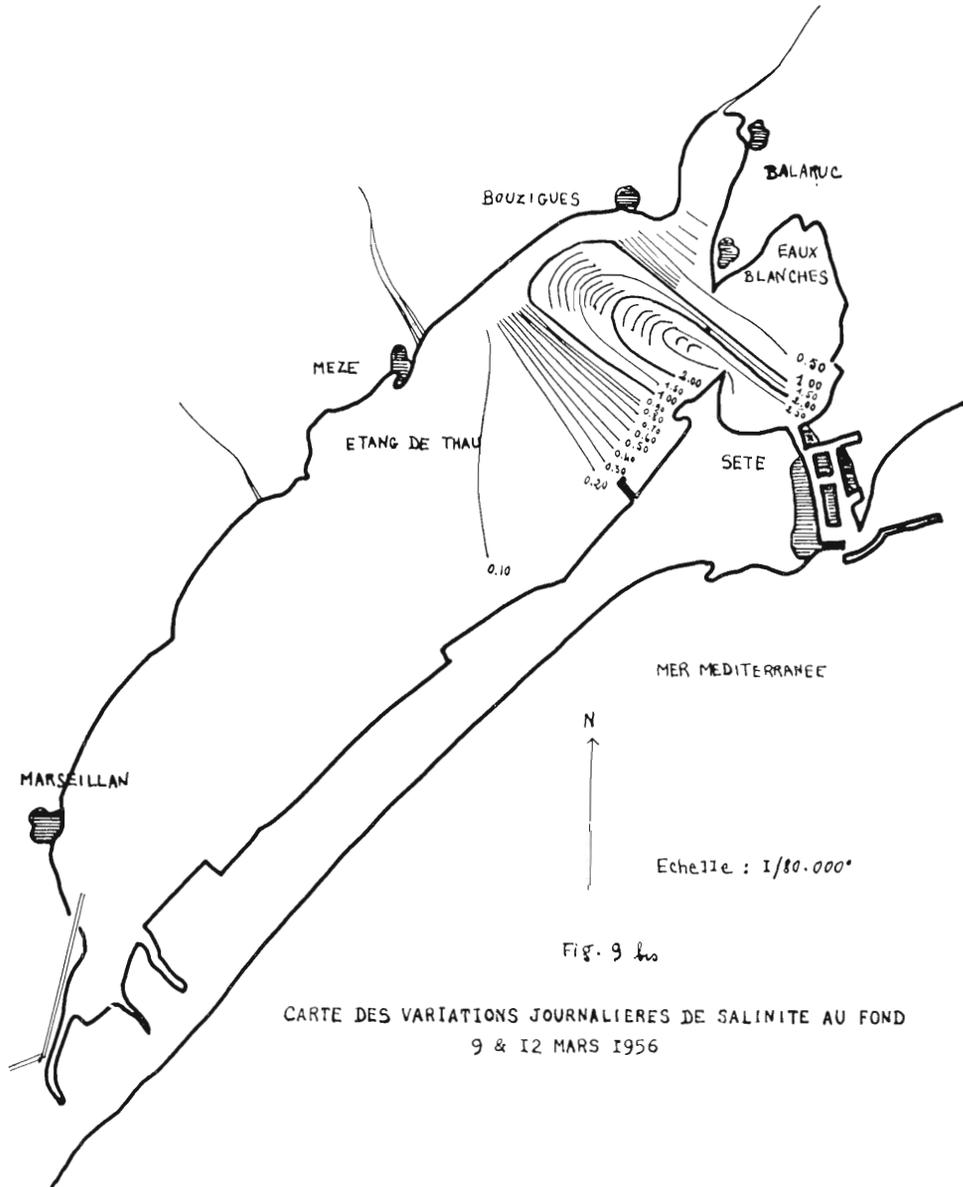


Fig. 9 bis
CARTE DES VARIATIONS JOURNALIERES DE SALINITE AU FOND
9 & 12 MARS 1956

Les diagrammes des fig. 10 et 10 bis présentent une certaine similitude : dans les deux cas il y a inversion du sens de janvier à mars. Les maxima et minima de salinité et de température se situent sensiblement aux mêmes périodes de l'année, à noter toutefois que les écarts sont beaucoup plus grands dans l'étang qu'au large. Quoi qu'il en soit, ces quelques données montrent bien que l'étang est sous l'étroite dépendance de la mer voisine.

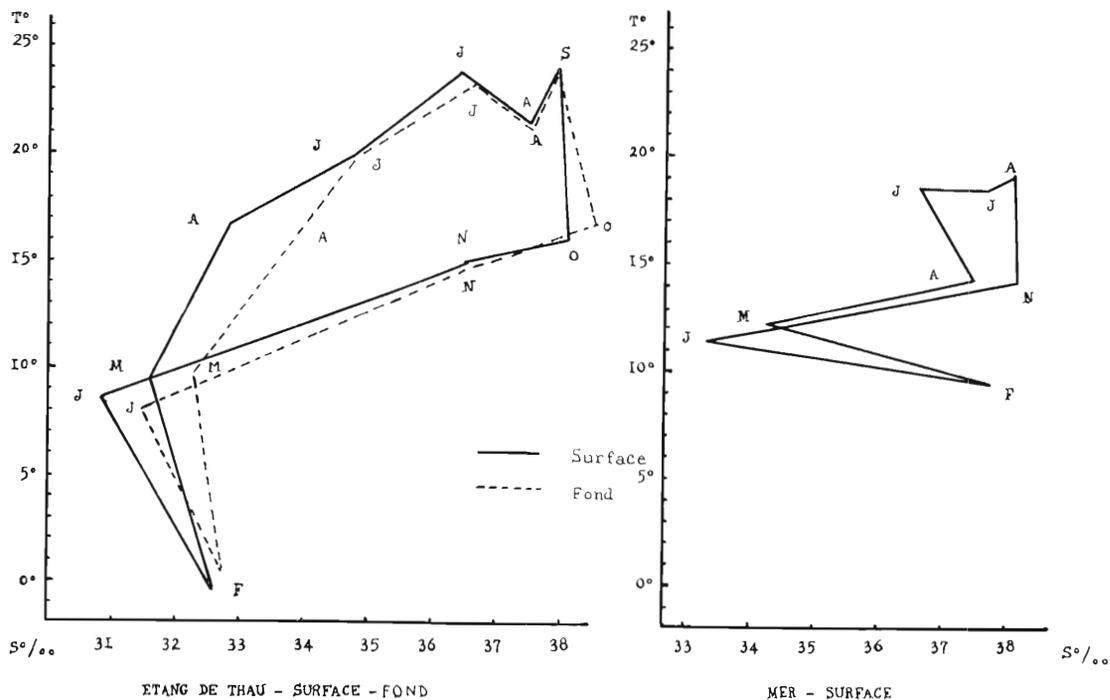


FIG. 10.

FIG. 10 bis.

5. — LES VARIATIONS DES CONDITIONS MOYENNES EN FONCTION DES STATIONS.

Nous avons calculé pour chaque station, la moyenne des observations faites entre le premier mars 1955 et le 29 février 1956. Les cartes des figures 11, 12, 13 et 14 représentent respectivement les températures moyennes en surface, les températures moyennes au fond, les salinités moyennes en surface, les salinités moyennes au fond.

Les résultats des stations 21, 22 et 23 n'ont pas été retenus car ils portent sur une période trop restreinte.

a) *Température.* — Les eaux voisines du cordon littoral qui sépare l'étang de la mer sont plus froides que celles de la partie nord. La zone littorale, peu profonde, a une température moyenne plus élevée que le milieu de l'étang tandis que la station 4 située à la limite des Eaux-Blanches et du Grand Etang est la plus froide : les raisons de cette température moyenne moins élevée seront recherchées.

b) *Salinités.* — On remarquera : 1° que plus les stations sont éloignées de Sète, plus leur salinité moyenne est faible ; 2° que les plus grandes variations se situent aux extrémités Est et Ouest de l'étang ; 3° que les salinités les plus basses sont à la crique de l'Angle et au débouché du canal du Midi.

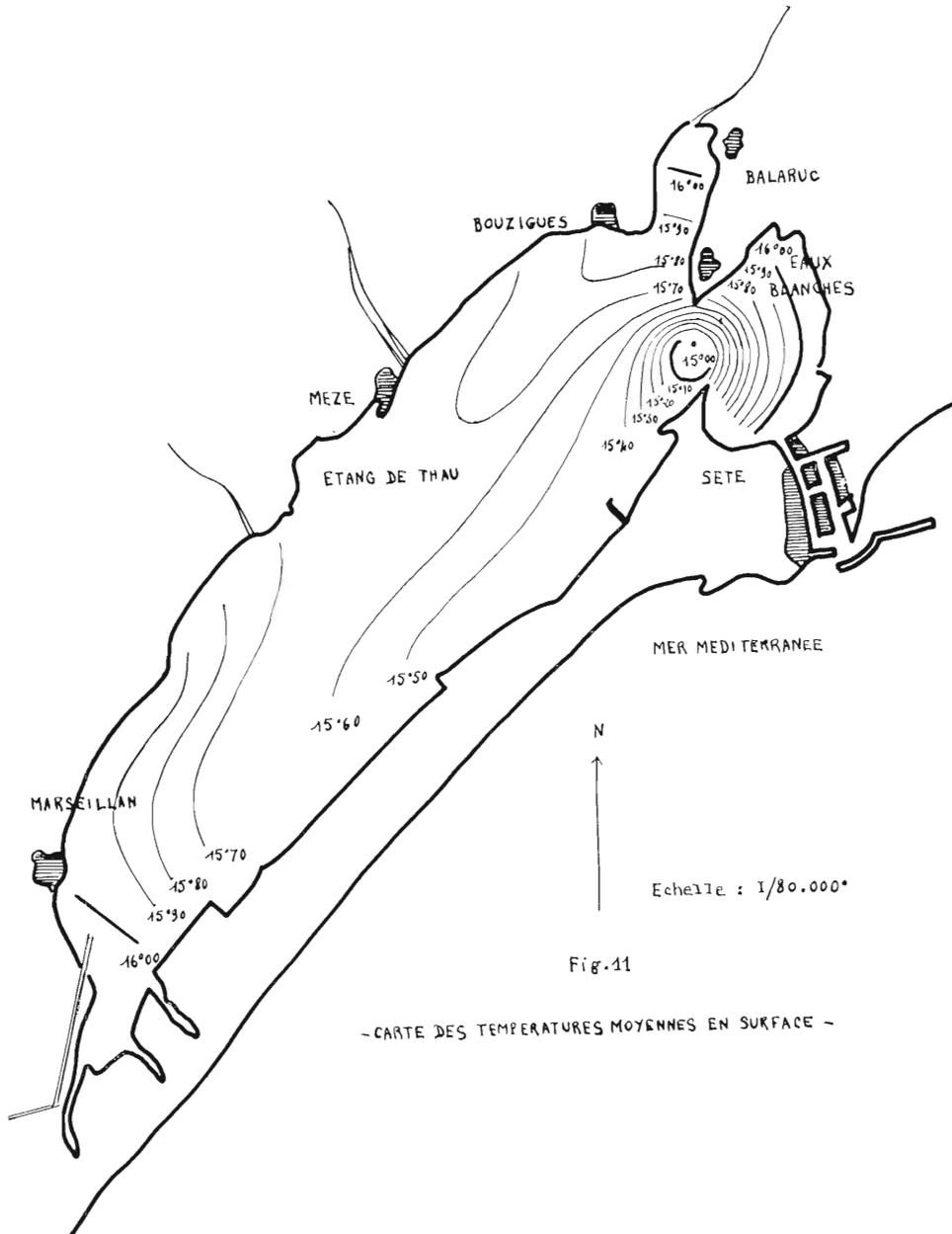
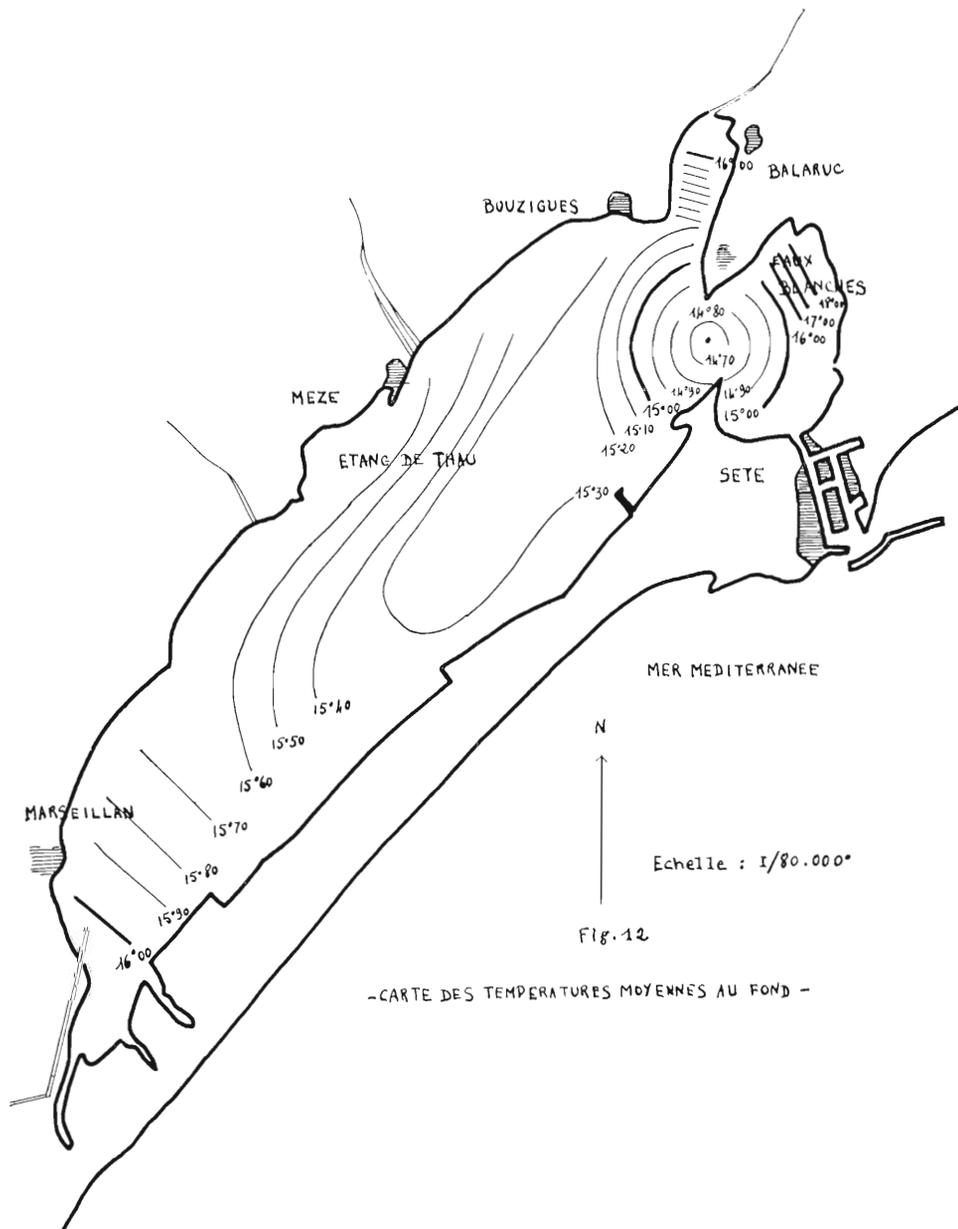


Fig.11

- CARTE DES TEMPERATURES MOYENNES EN SURFACE -

On notera par ailleurs la salinité relativement élevée de la station 18 en surface. Elle est due à une résurgence des eaux plus salées du fond.



6. — LA COMPARAISON AVEC UN AUTRE ETANG COTIER : L'ETANG DE SALSES-LEUCATE.

Moins étendu que celui de Thau, l'étang de Salses-Leucate présente des conditions très différentes.

Sa profondeur très variable atteint 4 mètres par endroits, mais n'est le plus souvent comprise qu'entre 1 et 3 mètres.

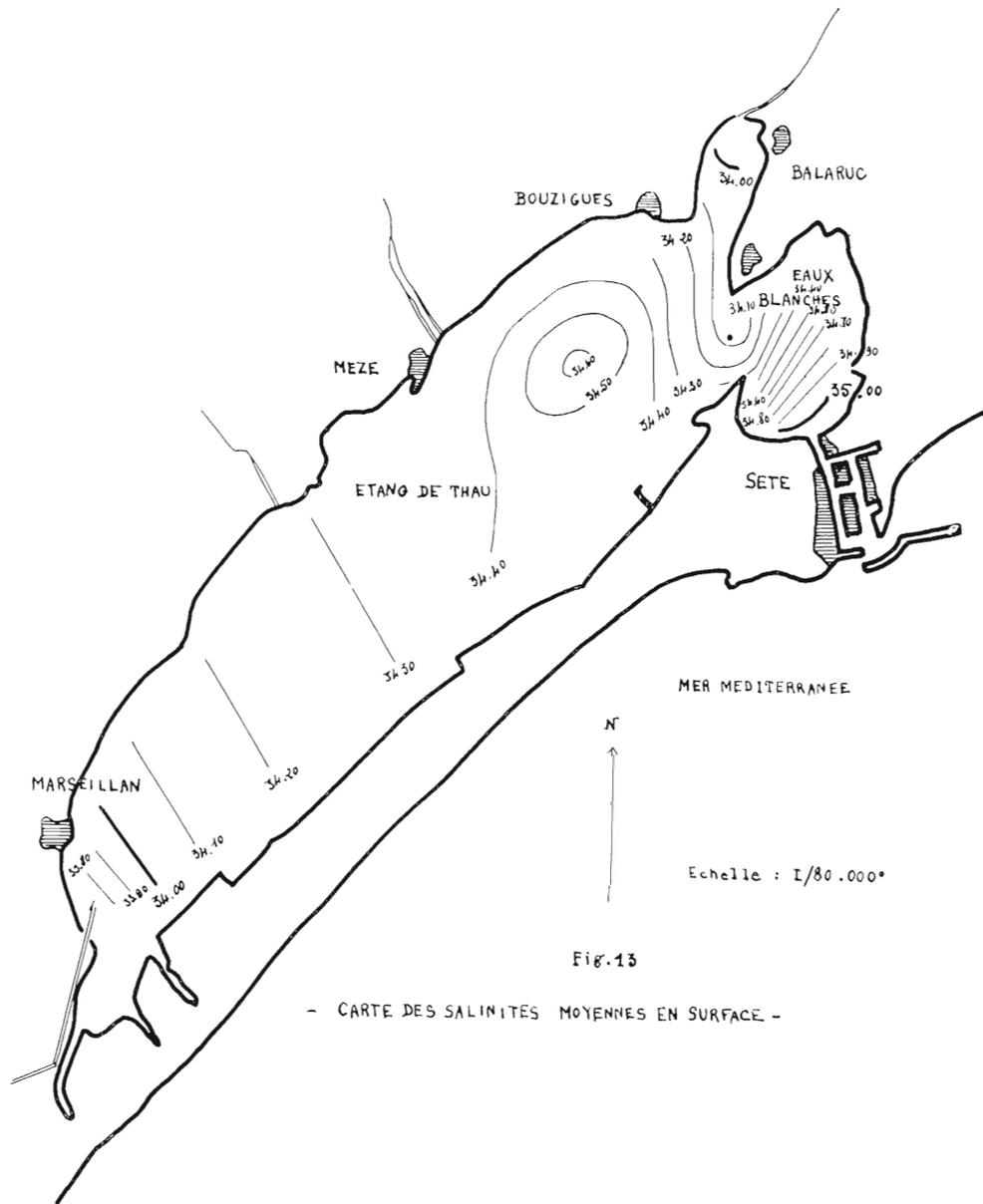


Fig. 13

- CARTE DES SALINITES MOYENNES EN SURFACE -

Relié à la mer par un grau peu profond ayant toujours tendance à s'ensabler, il reçoit des apports d'eau douce ou presque douce qui sont plus importants : la source vauchusienne de Font-Estramer en particulier d'un grand débit, y déverse ses eaux.

Dans le tableau ci-après nous avons porté les minima, maxima et moyennes observées entre avril 1955 et janvier 1956. En février 1956, les prélèvements n'ont pu être effectués en raison du gel.

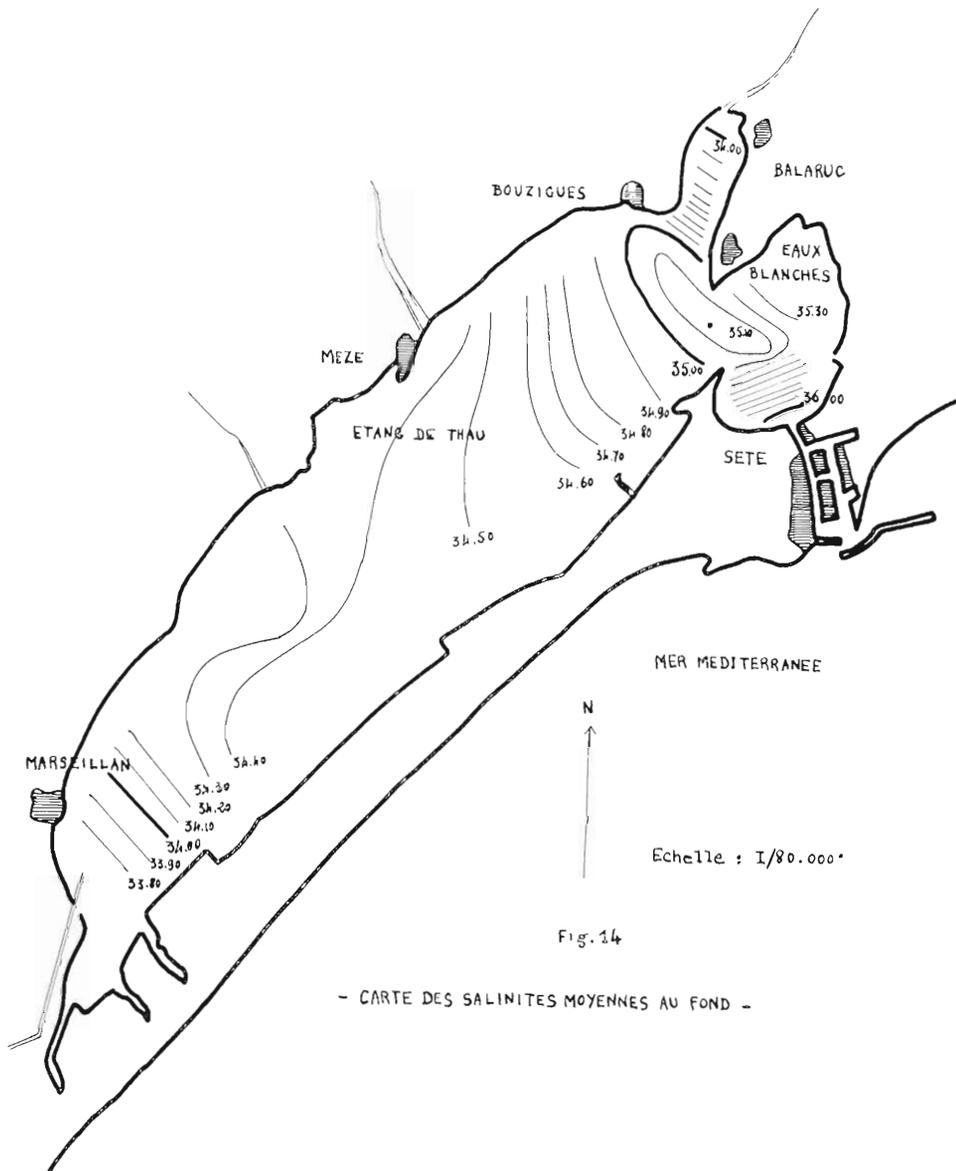


Fig. 14

- CARTE DES SALINITES MOYENNES AU FOND -

Les températures et salinités moyennes minima ont été observées respectivement en janvier 1956 et avril 1955 et les maxima en août et septembre 1955 avec les valeurs extrêmes moyennes de 9°05 et 24°87 et de 21,29 et 28,39 ‰.

La température moyenne de 9°05 notée en janvier est le minimum observé mais il est certain que le minimum absolu se situe en février, alors que l'étang de Leucate était gelé :

sa température est certainement descendue aussi bas que dans l'étang de Thau pendant cette période.

Le maximum absolu de température a été noté en août 1955 (27°40).

Le minimum de salinité a été observé en mai 1955 (18,62 ‰) et le maximum absolu en septembre 1955 (31,20 ‰).

Lors d'une même journée, les écarts de température et de salinité qui séparent les minima et les maxima peuvent dépasser 4° et 6‰. Ainsi, pour la température, les différences entre Thau et Salses-Leucate ne sont pas importantes. Les écarts entre maxima et minima de salinité sont plus élevés dans ce dernier qu'à Thau où ils dépassent rarement 3 ‰. Le fait le plus caractéristique est constitué par le taux moyen de salinité beaucoup plus bas à Salses-Leucate (24,78 ‰). Cette dernière différence tient à la profondeur moindre de l'étang lui-même, à ses affluents d'eau douce à plus fort débit, et surtout au grau dont la largeur et la profondeur sont beaucoup plus faibles que celles des canaux de Sète et ne peuvent assurer une pénétration de l'eau de mer et des échanges aussi grands que dans l'étang de Thau.

L'étang de Salses-Leucate a donc un régime lagunaire plus accusé que celui de Thau, néanmoins ses caractéristiques halines doivent le faire ranger comme ce dernier dans la catégorie des nappes submarines.

Dates	Nombre observ.	Température				Salinité			
		Max.	Min.	Max. moins min.	Moyenne surface	Max.	Min.	Max. moins min.	Moyenne surface
21 avril 1955	21	16°70	14°20	2°50	14°99	22,75	18,73	4,02	21,29
10 mai —	20	21°35	18°50	2°85	19°60	23,86	18,62	5,24	21,68
16 juin —	17	25°65	21°10	4°55	22°73	25,75	20,68	5,07	22,83
15 juillet —	15	25°40	24°50	0°90	24°85	27,41	20,88	6,53	24,20
19 août —	24	27°40	23°25	4°15	24°87	29,60	23,95	5,65	26,26
21 septembre —	24	22°40	18°90	3°50	20°49	31,20	25,28	5,92	28,39
30 novembre —	25	—	—	—	—	28,55	26,22	2,33	26,99
26 janvier 1956	19	9°70	8°50	1°20	9°05	27,11	22,79	4,32	24,78

ETANG DE SALSES-LEUCATE

Maxima, minima et moyennes de salinité et température.

En résumé, dans cette note préliminaire nous donnons les caractéristiques thermiques et halines de l'étang de Thau et accessoirement de l'étang de Salses-Leucate.

Nos tableaux et nos cartes montrent les différentes variations de ces deux facteurs au cours d'une année. Elles suffisent, nous semble-t-il, à caractériser, du point de vue de la température et de la salinité, ces deux étangs qui, à des degrés différents, doivent être considérés comme des nappes sub-marines.

BIBLIOGRAPHIE

- ESCOT MOLINIE (J) — Ecologie de la moule dans le bassin de Thau. — Thèse de doctorat 1955.
- FATEMI (M.). — Les variations saisonnières du plancton de l'étang de Thau à l'embouchure du canal de Sète. Thèse de doctorat 1938.
- GOURRET (P.). — Les étangs saumâtres du Midi de la France et leurs pêcheries. — *Ann. Mus. Hist. Nat. Marseille*, **5**, 1897.
- KNUDSEN (M.). — Hydrographical tables 1901.
- MATHIAS (P.) et TCHERNIAKOVSKY (P.). — Etude sur l'étang de Thau. — *Bull. Soc. Cent. Aqu. et Pêche* 1932, n° 10-12.
- PAVILLARD (J.). — Thèse de doctorat 1905.
- SUDRY (L.). — L'étang de Thau. — *Ann. Inst. Océan*, **3**, 1911, p. 1-207.
- TUZET (O.). — Le plancton du golfe du Lion et de l'étang de Thau. — *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille*, **7** (23), 1947.
-