

Modifications physico-chimiques dans l'étang de Thau de 1965 à 2000



Station IFREMER
Avenue Jean Monnet
34203 Sète Cédex

Résumé :

La lagune de Thau, située dans le sud de la France a une superficie de 7500 hectares. C'est le plus important centre de production conchylicole méditerranéen, avec 1200 ha destinés à la conchyliculture. De nombreux travaux ont été effectués sur ce plan d'eau : percement d'un nouveau « grau » en 1972, réorganisation des zones conchylicoles entre 1972 et 1982, mise à franc bord de la rive Nord.

De nombreuses données physico-chimiques existent (température, salinité, oxygène, pH, phosphates, nitrates, nitrites, silicates) de 1963 à 2000 . Ce qui a permis de faire une étude sur l'évolution à long terme de certains paramètres (température, salinité, phosphate), en relation avec les paramètres météorologiques et les actions anthropiques.

Les faits les plus marquants sont les suivants :

Température : une tendance très nette à l'augmentation apparaît (2°C) entre 1975 et 2000 ; cette augmentation est à mettre en relation avec les températures atmosphériques qui elles aussi augmentent.

Salinité : la tendance est également à l'augmentation. Ceci est directement en relation avec l'augmentation des températures et la nette diminution des précipitations.

Phosphates : nette diminution des concentrations entre 1975 et 1990. Ceci est dû à la mise en place d'un réseau d'assainissement important (stations d'épuration, stations de lagunage, traitement des rejets des caves viticoles).

Les impacts dus à l'ouverture du grau et à la réorganisation des zones conchylicoles sont plus difficiles à mettre en évidence avec les méthodes que nous avons utilisées pour cette étude. Seul un modèle hydrodynamique pourrait apporter des précisions.

Abstract :

On the French Mediterranean coast, the Thau Lagoon is the main area for mussel and oyster culture, with 1200 hectares devoted to shellfish culture. Some important modifications have been brought to this stretch of water as : digging of a new canal between the open sea and the lagoon, reorganization of the shellfish culture area, free boarding of the North shore.

Many physico-chemical data (temperature, oxygen, salinity, pH, phosphorus, nitrate, nitrites) are available, from 1963 till 2000. This study concerns essentially the long trend evolution for temperature, salinity and phosphorus.

The main results are the following :

Temperature : real trend of increase of water temperature (2°C) between 1975 and 2000. This increase is directly in relation with the increase of air temperature.

Salinity : trend is also at the increase but it is due not only to the increase of temperature but also to the decrease of rain falls in the South of France.

Phosphorus : shows a very clear tendency to decrease from 1975 to 1999. This is mainly due to the improving of the sanitation of the vicinity of the lagoon (deuration station, treating lagoon ...)

The methods used in this study did not allow to show the impact of the reorganisation of the shellfish culture area or to prove the influence of the new aperture between sea and lagoon.

Mots-clés : Evolution à long terme, température, salinité, phosphate, action anthropique.

Keywords : Long trend evolution, temperature, salinity, phosphorus, human action

Sommaire

Introduction	4
A : Faits importants depuis 1973	
1 : Grau de Pisse-Saume.....	5
2 : La réorganisation des zones conchylicoles.....	5
B : Physico-chimie	
1 : Matériel et méthode	9
2 : Température de l'eau	13
3 : Evolution des températures moyennes de l'air.....	17
4 : Salinité.....	20
5 : Phosphates.....	24
6 : Evolution inter et intra annuelle des salinités.....	26
C : Conclusions.....	28
Références bibliographiques	29

VARIATIONS DES PARAMETRES PHYSICO-CIMIQUES DE L'ETANG DE THAU DE 1963 A 2000

INTRODUCTION

A la suite du repeuplement inattendu des gisements coquilliers de l'étang de Thau Calvet en 1910 écrivait : « Mais quelles modifications s'étaient produites dans l'étang de Thau ? Comment expliquer ce repeuplement presque subit ?.....Les conditions physico-chimiques des eaux de l'étang ont-elles subi un changement quelconque ?.. On nous a suggéré, cependant que la construction de la jetée dite de Frontignan, en rétrécissant l'entrée du port, a occasionné un plus grand afflux d'eau de mer dans l'étang, ayant pu modifier les conditions biologiques des eaux de ce dernier. »

Or depuis cette époque de nombreux travaux ont été entrepris sur cet étang qui ont pu modifier la courantologie, et la physico-chimie de ce plan d'eau. Peut-on, à partir des données historiques reconstituées de 1963 à 2000, mettre en évidence une influence des travaux sur la qualité des eaux de ce milieu ?

Les premières indications sur la physico-chimie de l'étang de Thau datent de 1892. Elles ont paru dans les «Notes biologiques sur l'étang de Thau » de Gouret. Ce même auteur, en 1895, cite des salures de l'étang comprises entre 3°2 et 3°5 Baumé (équivalent à 31-35‰). Pavillard en 1905 donne une salinité moyenne de 36,6 ‰ . En 1947 Thuzet trouve que la salinité de l'étang est de 19 ‰. Tous ces chiffres ne reposent que sur un petit nombre d'observations (entre 10 et 30 par année).

Il faut attendre en 1962 la parution de l'étude menée par Audouin entre 1955 et 1959 concernant les courants, les températures et les salinités, pour avoir des séries de données fiables. Cette étude a été menée sur 22 stations réparties dans l'étang de Thau, avec des observations bimensuelles ou mensuelles.

En 1986 un rapport de Raimbault et Tournier compare les salinités moyennes annuelles de l'étang entre 1963 et 1985. Ces auteurs notent qu'à partir de 1972 on remarque une légère augmentation de la salinité moyenne annuelle, qu'ils mettent en relation avec l'ouverture du grau de situé au sud de l'étang.

En 1981 TOURNIER *et al.* ont publié une série d'observations sur la physico-chimie de l'étang entre 1974 et 1981.

A :Faits importants depuis 1973

L'étang a subi divers aménagements depuis 1973. Les deux plus importants sont l'ouverture du grau de Pisse-Saume et la réorganisation des zones conchylicoles.

1 : Grau de Pisse-Saume

Le grau de Pisse-Saume situé à l'extrémité Sud-Ouest de l'étang, le met en communication avec la mer. Ce n'est pas le seul grau qui ait existé, on peut citer le grau du Quinzième et celui du Rieu (actuellement comblés).

Toutes ces communications avec la mer étaient ensablées, et c'est à la demande des conchyliculteurs que des travaux ont été entrepris pour réouvrir le grau de Pisse-Saume. D'après Lavenue (1972) ce grau aurait été ouvert en juin 1972, puis refermé pour une mise au gabarit (sous le pont de chemin de fer 20m de large sur 2,50m de profondeur).

2 : La réorganisation des zones conchylicoles

2.1 : évolution du nombre de concessions jusqu'en 1959 :

Année	Nombre de concessions	Superficie (ha)
1920 -1938	50	15
1942	53	18
1946	210	64
1948	250	98
1949	315	120
1950	388	150
1951	388	147
1953	555	226
1954	573	229
1955	575	230
1956	589	231
1957	618	235
1958	633	237
1959	636	238

Les parcelles avaient une superficie de 10 à plus de 100 ares, le maximum de parcelles (207) ayant 50 ares .

Les octrois de concessions depuis 1953 se sont faits sur de petites parcelles.

Les tables étaient plantées d'une façon aléatoire, sans dimensions précises, et sans aucune orientation définie (fig. 1). Il est pratiquement impossible de savoir le nombre exact de tables plantées.

Dès 1962 un plan de réorganisation des structures conchylicoles était envisagé . Il a démarré en 1970.

L'emprise du domaine cultivable a été fixée à 1200 ha (couloirs compris) séparée en trois zones de culture bien distinctes (Fig. 2) qui, à l'époque du remembrement, avaient été dénommées zones A, B, C. Il est préférable maintenant d'employer une autre terminologie pour ne pas créer d'ambiguïté avec les zones de salubrité en les renommant respectivement zones de Bouzigues, Mèze et Marseillan.



Fig. 1 : anciennes zones conchycoliques

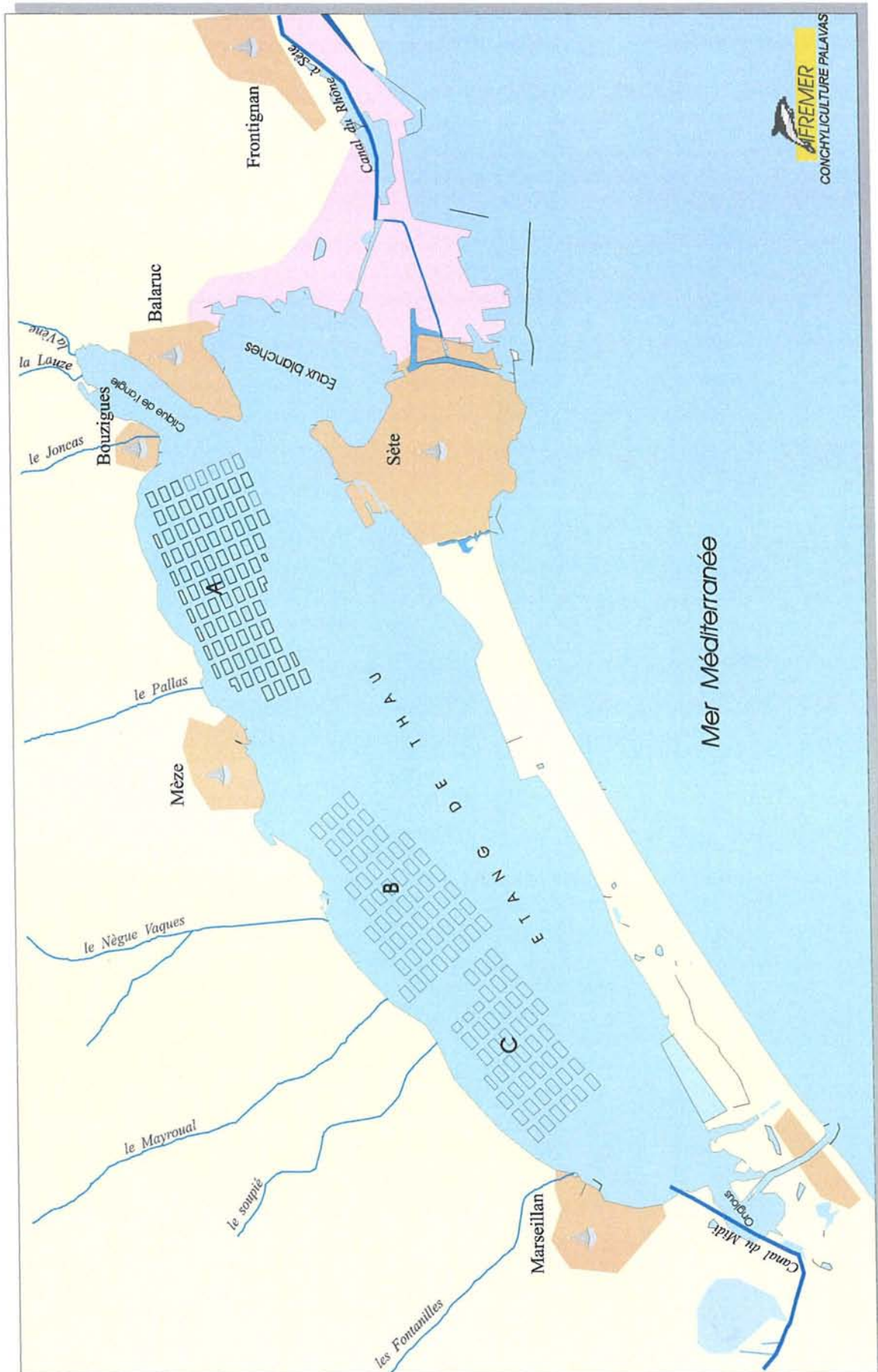


Fig. 2 : nouvelles zones conchyloles

Le nombre de tables a été fixé à 2816 tables réparties dans les trois zones conchyliques. Une description détaillée de ces zones est donnée par Hamon et Tournier (1990).

2.2 Evolution du nombre de tables plantées à partir de 1970

Pendant une dizaine d'années (de 1970 à 1978) la situation a été assez confuse avec une double occupation. De nouvelles tables étaient plantées mais les anciennes n'étaient pas arrachées.

année	Nombre de tables nouvelles plantées	% /au total (2816)
1970	38	1,3
1971	531	18,85
1972	954	33,87
1973	1519	53,94
1974	1640	58,23
1975	1749	62,10
1976	1833	65,09
1977	1929	68,50
1978	1979	70,27
1979	2069	73,43
1980	2118	75,21
1982	2306	81,88
1984	2479	88,03

En 1984 la réorganisation était pratiquement terminée. En 2001 le nombre de tables plantées est de 2623.

Cette réorganisation a profondément modifié l'emprise de la conchyliculture sur le milieu. Si la surface réellement cultivée n'est pas connue avant 1972, elle a été fixée après le remembrement à 352 ha et la surface totale octroyée est passée de 258 ha à 1324 ha.

3 : Autres modifications

D'autres travaux ont pu modifier la courantologie à l'intérieur de l'étang ou les échanges mer-étang :

1973 : construction du port conchylicole du Mourre-Blanc.

1974 : construction de la ZUP du Barrou.

1980 : mise à franc-bord de la rive Nord de l'étang.

1982 : allongement dans le port de Sète de l'épi Delon

B : Physico-chimie

AUDOUIN 1962 décrit les variations de température et de salinité de 1955 à 1960. Les données de base n'ont pas été retrouvées.

Les séries ont pu être reconstituées de 1963 à 2000.

Le nombre de stations, les paramètres étudiés, la position des stations, et la fréquence des tournées ont varié dans le temps.

Tableau n°1 : nombre de prélèvements de température et de salinité (les autres paramètres physico-chimiques n'ont pas été étudiés à toutes les stations)

année	nombre de stations	nombre de prélèvements	paramètres	année	nombre de stations	nombre de prélèvements	paramètres
1963	7	73	T°-S	1982	5	181	T°-S-O ₂ -PO ₄
1964	1	91	«	1983	5	567	«
1965	1	74	«	1984	5	125	«
1966	1	62	«	1985	5	227	«
1967	1	58	«	1986	5	236	«
1968	1	54	T°-S-O ₂	1987	5	312	«
1969	5	213	«	1988	5	425	«
1970	3	282	«	1989	5	138	T°-S
1971	5	240	«	1990	2	52	«
1972	5	197	«	1991	2	48	«
1973	5	192	T°-S-O ₂ -PO ₄	1992	2	58	«
1974	11	671	«	1993	2	80	«
1975	11	564	«	1994	2	70	«
1976	11	643	«	1995	2	66	«
1977	11	253	«	1996	2	72	«
1978	11	369	«	1997	2	68	«
1979	11	273	«	1998	2	78	«
1980	11	241	«	1999	2	98	«
1981	5	112	«	2000	2	100	«

1 : Matériel et méthode

Les températures, jusqu'en 1980, sont relevées avec un thermomètre à renversement Richter et Wiese ensuite avec une thermo-salino sonde KENT. Les salinités sont dosées par la méthode de Knudsen, l'oxygène par la méthode de Winckler. Les sels nutritifs ont été étudiés avec un appareil Technicon, selon les méthodes préconisées par Treguer et Le Corre.

De façon à pouvoir comparer les données annuelles entre elles, toutes les stations n'ont pas été prises en compte. De 1963 à 1969 les observations étaient situées en zone de Bouzigues

(zone la plus exploitée à cette époque). Une seule station a été retenue. Il est en effet possible de la suivre régulièrement de 1963 à 1980. Elle présente cependant une particularité : de 1963 à 1970 elle était située au premier rang des anciennes zones conchylicoles à l'extrémité Ouest sur des fonds de 4m. ; après le remembrement elle était toujours à l'extrémité Ouest mais en sixième ligne (Fig. 3). Elle a ensuite été supprimée et remplacée par un point en première ligne mais sur des fonds de 8 m (1985).

Tableau n° 2 : nombre de données réellement utilisées pour comparer les années entre elles.

Année	Nombre de données	Année	Nombre de données
1963	73	1982	74
1964	91	1983	174
1965	74	1984	63
1966	62	1985	114
1967	68	1986	120
1968	50	1987	146
1969	90	1988	125
1970	94	1989	26
1971	78	1990	26
1972	54	1991	24
1973	64	1992	29
1974	44	1993	40
1975	74	1994	35
1976	84	1995	33
1977	32	1996	36
1978	46	1997	34
1979	34	1998	39
1980	30	1999	49
1981	37	2000	50

Toutes les années n'ont donc pas le même poids ; les calculs statistiques tentés en prenant le même nombre de données et aux mêmes époques pour chaque année, ne montrent pas de différences réellement significatives avec la série complète.

Les paramètres étudiés sont :

- pour l'eau la température, la salinité de 1963 à 2000, et l'oxygène à partir de 1969 jusqu'en 1990

- pour les paramètres météorologiques la température de l'air et la pluviométrie (données de la Météorologie nationale, sémaphore de Sète).

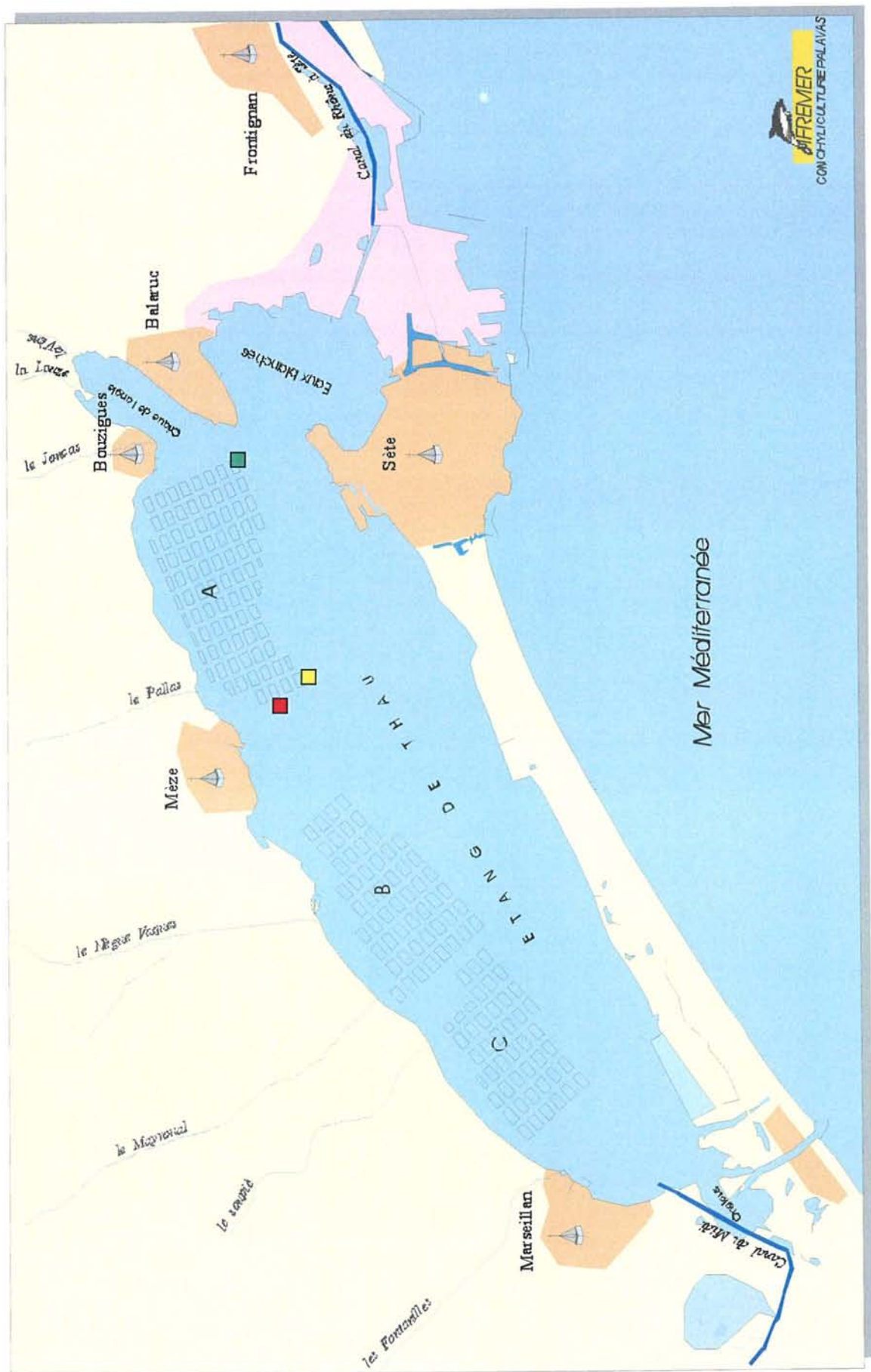


Fig 3: évolution de la position de la station de Bouzigues



Audouin (1962), à partir de 22 stations situées dans les zones conchylicoles et hors de celles-ci, a donné une description générale de l'hydrologie de l'étang. Il note qu'il existe un gradient de température et de salinité orientée d'Est en Ouest, la région Est (étang des Eaux Blanches) présentant une salinité supérieure à celle du grand étang.

Tournier *et al.* (1981) ont aussi montré qu'il existait un gradient thermique et salin d'Est en Ouest très marqué, mais sur les 11 stations suivies 10 se trouvaient dans la zone conchylicole, pour pouvoir expliquer du mieux possible les anomalies de croissances observées au sein des zones de culture.

A la suite de cette étude l'étang pouvait être divisé en 4 zones :

- l'étang des Eaux Blanches où l'amplitude des variations thermiques est minimale et la salinité la plus élevée
- le secteur profond du grand étang où l'on ressent encore très fortement l'influence des entrées d'eaux marines
- la région centrale de l'étang montrant une évolution thermique très soumise aux conditions atmosphériques et où les salinités sont plus faibles que dans les deux zones précédentes.
- la partie Sud Ouest de l'étang où les influences terrestres et atmosphériques sont les plus ressenties.

Malgré les différents aménagements, ce gradient existe toujours. On aurait pu penser que l'ouverture du grau de Pisse-Saume aurait marinisé la zone de Marseillan qui aurait alors pris des caractères semblables à ceux de la zone de Bouzigues ; or il n'est pas possible avec les données en notre possession de mettre en évidence un changement quelconque dans cette zone.

Les courbes fournies par Tournier *et al.* (1981) sont des moyennes mensuelles calculées sur plusieurs années après regroupement de plusieurs stations. Il est donc impossible de mettre en évidence des évolutions annuelles.

Cette étude va essentiellement s'intéresser aux évolutions à long terme que l'on peut observer dans le bassin de Thau en les mettant en relation autant que possible avec la météorologie et avec les travaux importants qui ont été effectués dans cette lagune.

2 : Température de l'eau

Audouin en 1962 donne, pour la période 1955-1959, des températures moyennes de surface de 14,6 °C.

Tournier *et al.* (1981) décrivent le cycle annuel moyen des températures dans le plan d'eau :

- de janvier à mars les eaux de la zone profonde sont à la même température que celles de surface.

- d'avril à septembre les eaux de surface se réchauffent sous l'action du rayonnement solaire, alors que la température des eaux profondes n'augmente que plus lentement. L'écart thermique peut atteindre 0,8°C en juillet et peut « avoir une incidence biologique ».

- d'octobre en décembre enfin la tendance s'inverse par rapport aux autres saisons, les eaux de fond sont légèrement plus chaudes que les eaux de surface (quelques dixièmes de degré), l'eau profonde étant plus salée elle conserve une certaine individualité pendant les trois mois de refroidissement.

Au cours des années l'évolution saisonnière suit le même schéma, mais une évolution inter-annuelle très nette apparaît.

Les crises dystrophiques que connaît périodiquement l'étang de Thau sont généralement reliées aux températures.

2.1 : Evolution des températures moyennes de surface de 1963 à 2000

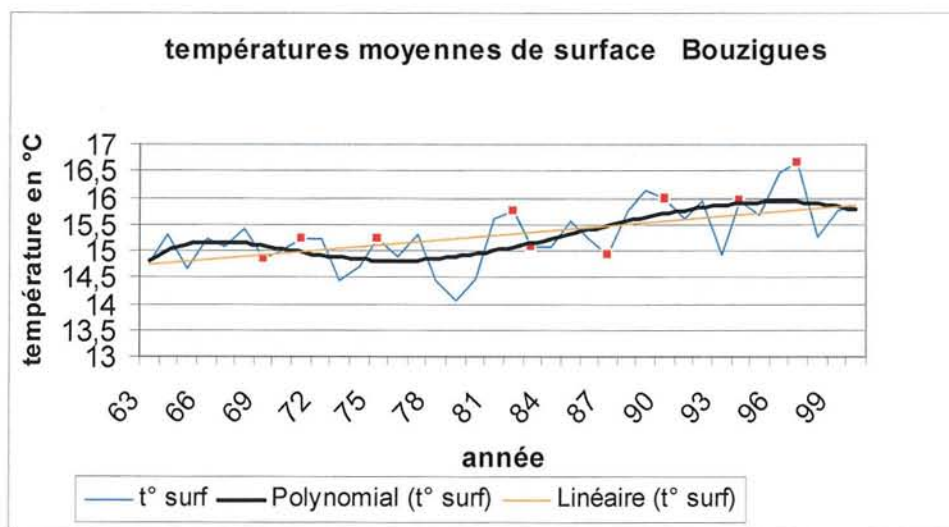


Fig.4 : évolution des températures moyennes annuelles. ■ Années avec malaïgue

Les températures moyennes annuelles sont calculées en faisant la moyenne des moyennes mensuelles (Fig. 4)

La régression linéaire de tendance montre une augmentation très nette des températures de surface. Cette augmentation peut être évaluée à 2°C, ce qui est loin d'être négligeable aussi bien sur la physico-chimie de l'étang que pour la biologie des organismes vivant dans le milieu.

De 1963 à 1981 les températures fluctuent de 14°C à 15,4°C de 1982 à 2000 toutes les températures moyennes annuelles dépassent les 15°C.

Il ne faut pas considérer l'écart de 2°C comme une valeur absolue, les prélèvements sont en général effectués en fin de matinée, et il est possible au mieux de recenser 8 données par

mois. Les informations sont donc assez fragmentaires, et ne reflètent que d'une façon assez grossière la variation temporelle réelle.

Le facteur température est un des plus important en biologie. Il agit sur les cycles sexuels, la reproduction, l'alimentation et la croissance, et sur la production primaire. L'action de ce paramètre est aussi prépondérante sur toutes les réactions de re-minéralisation.

La température semblait aussi être un paramètre important pour le déclenchement des malaïgues d'après les observations réalisées par Tournier (1990) et Ségala (1985). Or, malgré l'augmentation importante des températures, la fréquence d'apparition des phénomènes dystrophiques n'a pas augmenté. En même temps que cette augmentation des températures, des travaux d'assainissement importants sur le pourtour de l'étang ont diminué les apports organiques dans le bassin.

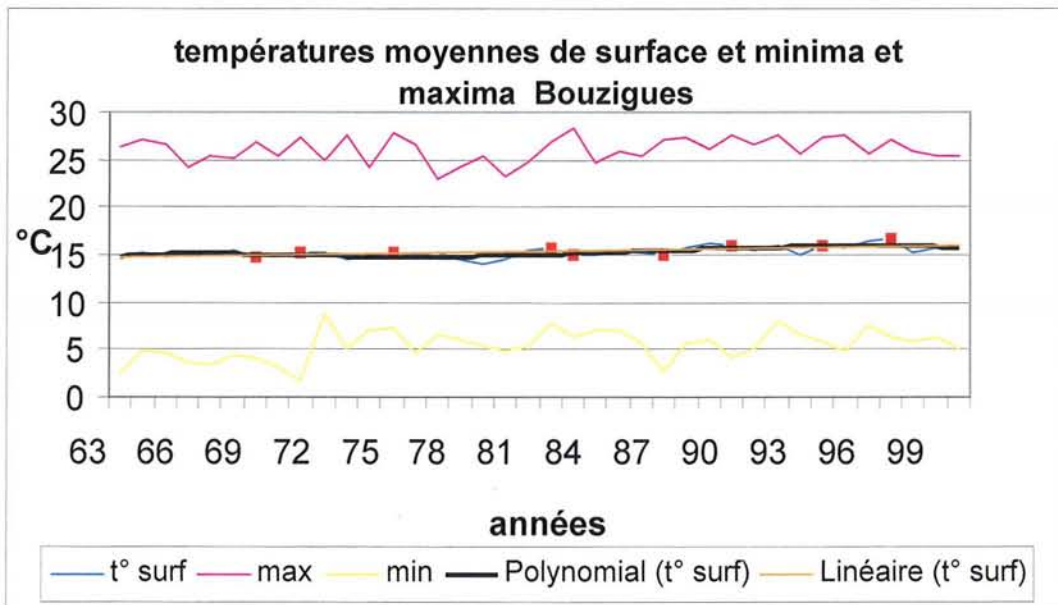


Fig. 5 : évolution des températures extrêmes de surface

Si, d'une façon générale, la température moyenne annuelle de surface montre depuis 1972 une tendance au réchauffement (Fig. 5), les maxima observés fluctuent jusqu'en 1987 et présentent à partir de cette date une légère tendance à l'augmentation. Par contre les minima qui avant 1973 étaient compris entre 2 et 5°C sont après cette date pratiquement toujours supérieurs à 5°C.

2.2 : Evolution des températures moyennes de fond

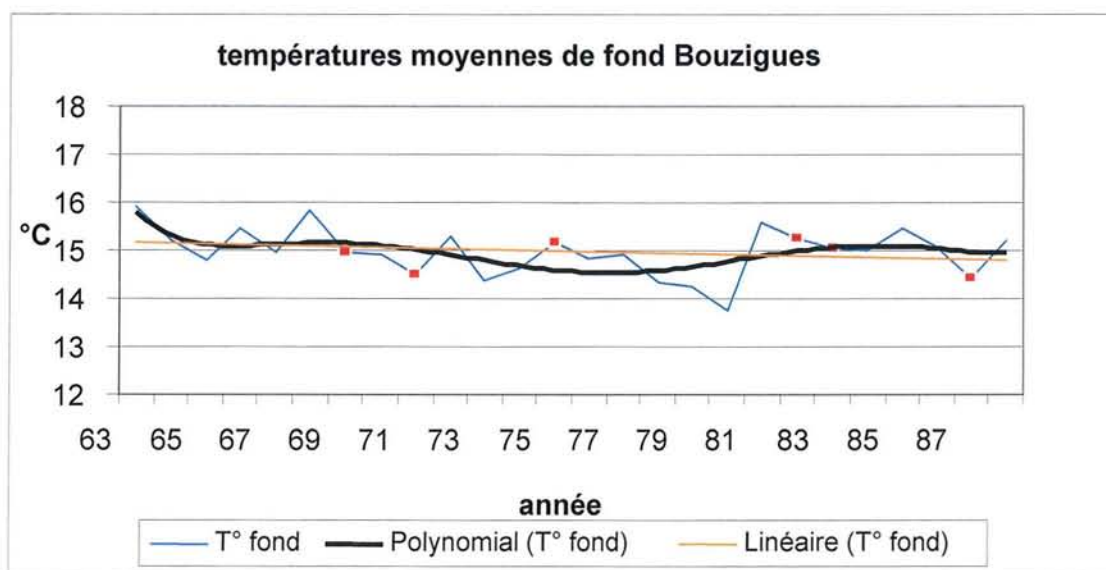


Fig. 6: évolution des températures moyennes de fond. ■ Année avec malaïgue

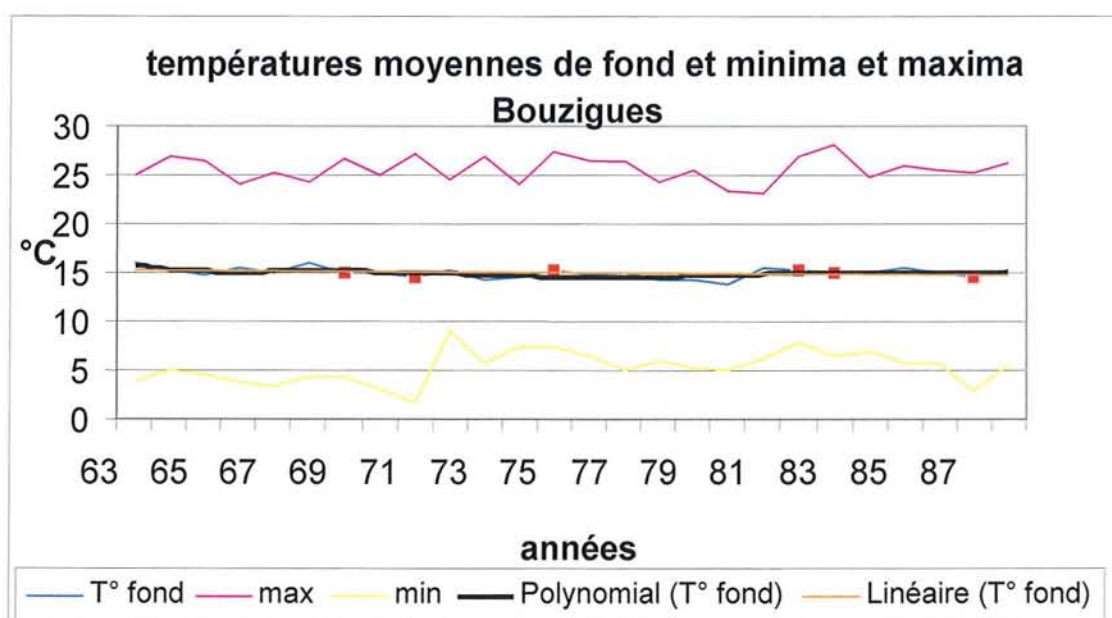


Fig. 7 : évolution des températures minima et maxima de fond. ■ Année avec malaïgue

Les températures de fond n'ont été relevées que de 1963 à 1990, périodes durant lesquelles il est observé une légère tendance à la décroissance des valeurs. Les minima sont inférieures à 5°C jusqu'en 1973 et sont pratiquement toujours supérieures de 1974 à 1990.

Le fond et la surface n'évoluent donc pas pour la période considérée d'une façon semblable (Fig. 7). Aucune explication simple à cette différence ne peut être avancée, le brassage des eaux de surface et de fond ayant été modifié par la réorganisation.

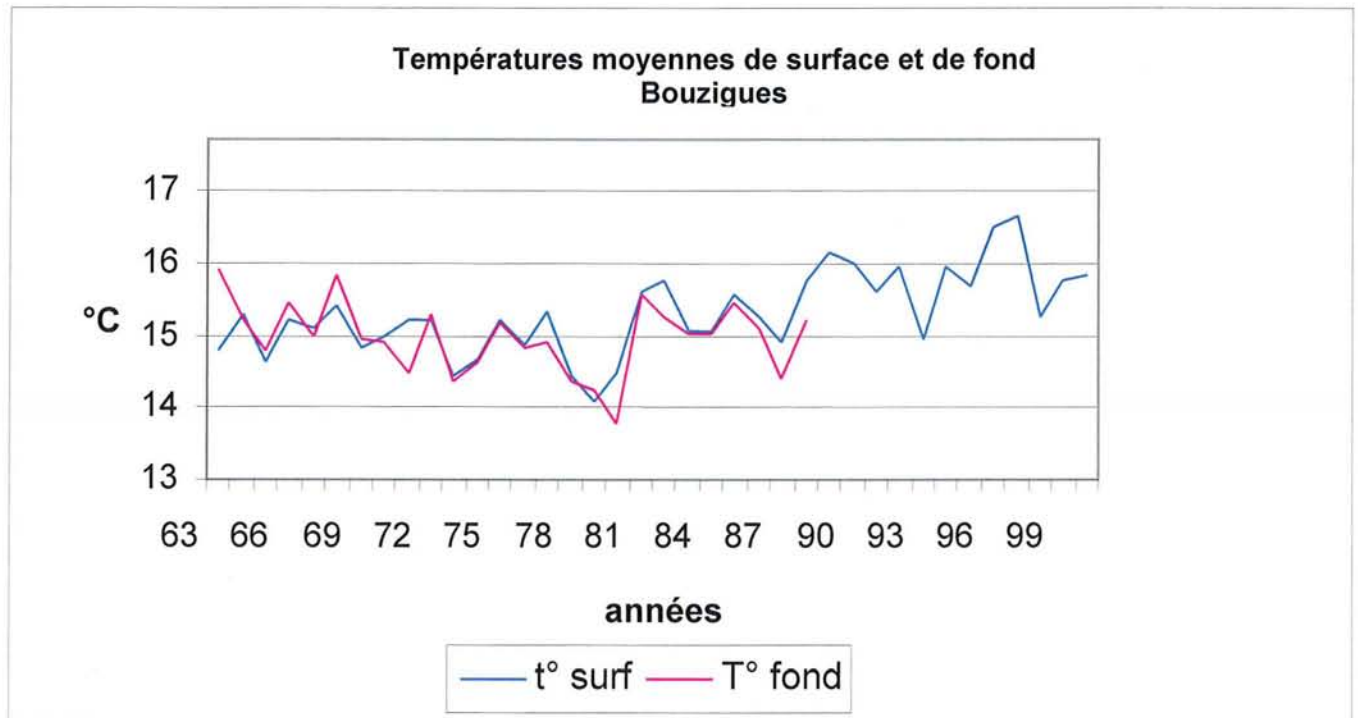


Fig. 8: évolution des températures de surface et de fond

Il semble, d'après les courbes comparatives surface-fond (Fig. 8), qu'entre 1963 et 1978 les eaux de fond auraient été soumises à des variations de températures beaucoup plus importantes que celles observées après ces dates. Ce phénomène est dû au fait qu'à partir de 1980 les stations de la zone de Bouzigues (A) se situaient sur des fonds supérieurs à 6 m . Par contre ces températures moyennes annuelles ne permettent pas de montrer que, jusqu'en 1975, à des périodes bien précises de l'année, une thermocline très nette apparaît entre 0 et 3 m ; après 1975 il est impossible d'observer un gradient de température entre 0 et 5 m.

Le remembrement a peut-être modifié la courantologie dans les zones conchylicoles.

3 : Evolution des températures moyennes de l'air

En 1962 Audouin donnait une température moyenne de l'air entre 1954 et 1959 de 13,7°C, température semblable à celle donnée par Sudry en 1910.

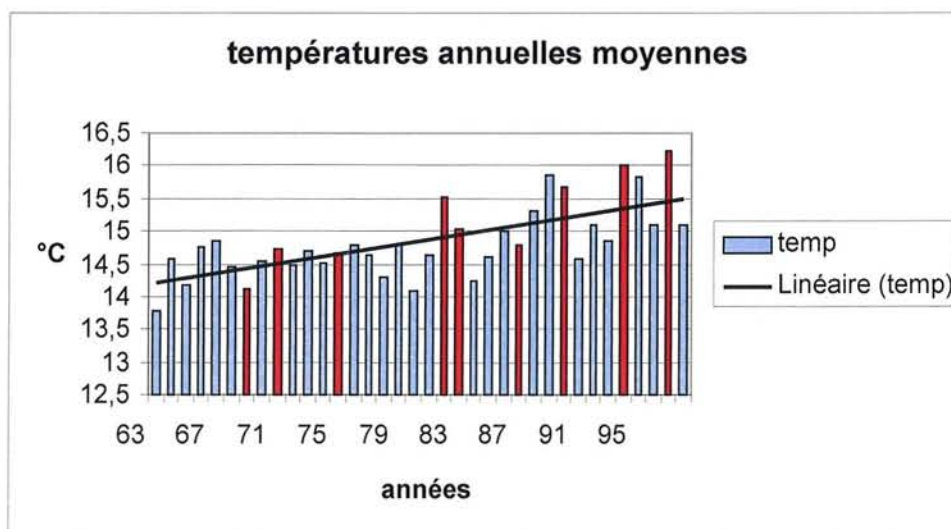


Fig. 9 : évolution des températures annuelles moyennes. ■ années avec malaïgue

Les données de la Météorologie nationale (sémaphore de Sète) montrent qu'il existe, comme pour les températures de l'eau, une très nette tendance à l'augmentation de la température de l'air surtout depuis 1975, avec plus d'un degré de différence entre 1963 et 1999. Ces données sont beaucoup plus précises que celles concernant la physico-chimie de l'étang, les moyennes annuelles étant calculées à partir de moyennes journalières.

Jusqu'en 1981 les moyennes annuelles dépassent rarement les 14.5°C. A partir de 82 une seule moyenne est inférieure à 14.5°C

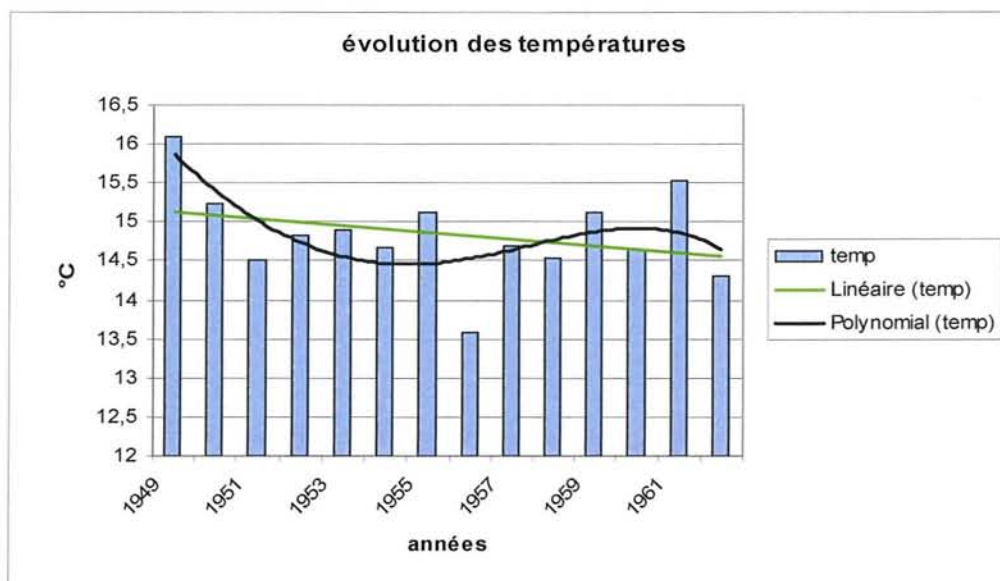


Fig. 10 : évolution des températures de 1949 à 1962

Cependant ces variations ne sont pas exceptionnelles. La fig. 10 montre en effet que de 1949 à 1962 on assiste à une nette tendance à la décroissance des températures.

3.1 : Relation température eau-température air

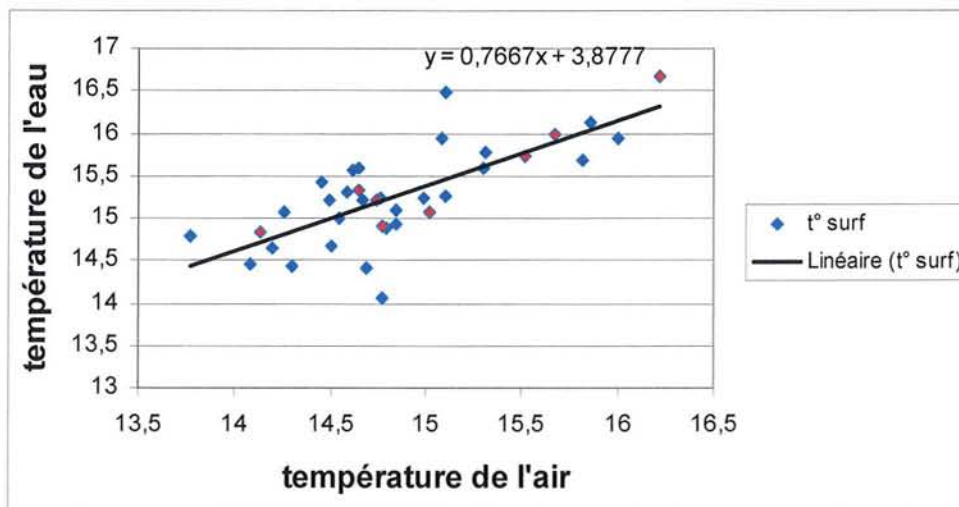


Fig. 11 : relation température eau-température air. ■ Année avec malaïgue

Les différences de températures observées entre la température de l'air et celle de l'eau sont beaucoup plus importantes que celles données par Tournier *et al.* (1981). Ces écarts s'expliquent facilement : ces auteurs en effet ont utilisé les moyennes toutes stations toutes profondeurs, alors que nous utilisons uniquement les températures de surface à une seule station .

3.2 : Températures annuelles et malaïgues

Les crises anoxiques dans l'étang (malaïgues) sont généralement reliées à de fortes températures et à une absence de vent.

Le phénomène est cependant beaucoup plus complexe (Hamon, 2000), les marées barométriques et les marées lunaires jouent un rôle non négligeable dans l'apparition des crises dystrophiques.

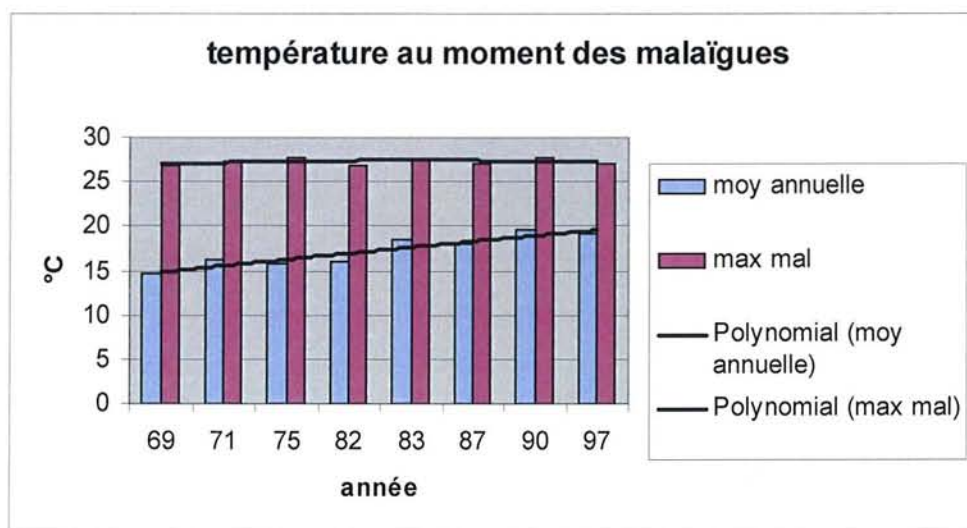


Fig. 12 : relation entre les malaïgues et la température

Les anoxies apparaissent toujours quand les maxima sont supérieurs à 26,6°C (Fig. 11), mais il est impossible d'affirmer que c'est la température critique puisque par exemple en 1973, 1988, 1992 les températures maxima sont bien supérieures et aucune désoxygénation de surface n'apparaît. Les sels nutritifs et la matière organique présents dans le milieu jouent un rôle primordial dans le déclenchement des anoxies.

La nette augmentation des températures moyennes annuelles devrait logiquement favoriser la fréquence des malaïgues. Ce qui n'est pas le cas.

3.3 : Conséquences sur le biotope

Cette augmentation des températures agit aussi sur la biologie et la physiologie des organismes vivants dans ce milieu. Le développement du bigorneau perceur (*Ocenebra erinacea*) est certainement lié à l'augmentation des températures minima. Depuis 1975 on n'observe pratiquement plus de températures inférieures à 5°C considérées comme létales pour l'espèce.

Les températures ont aussi une influence sur la croissance et la reproduction des mollusques. Chez *Mytilus edulis* par exemple les larves se métamorphosent en 16 jours à 16°C et en 30 jours à 11°C. Plus la durée de vie larvaire est courte plus la survie est importante. Or on observe depuis quelques années une recrudescence du captage de moules sur les cordes d'élevage.

La production de phytoplancton, donc l'utilisation des sels nutritifs, s'accroît avec une augmentation des températures. Ce qui entraîne une bio-déposition plus importante.

4 : Salinité

Tournier *et al.* (1981) distinguent deux périodes annuelles, l'une en hiver et automne où les eaux sont dessalées (période de pluies), l'autre au printemps et automne où l'évaporation due à la chaleur fait augmenter les salinités.

Les eaux de fond demeurent toute l'année plus salées que celles de la surface, mais la différence entre les niveaux est assez variable. Les variations intra annuelles à long terme sont toujours les mêmes, cependant les variations inter annuelles sont soumises à de fortes variations.

4.1 : Evolution des salinités moyennes de surface

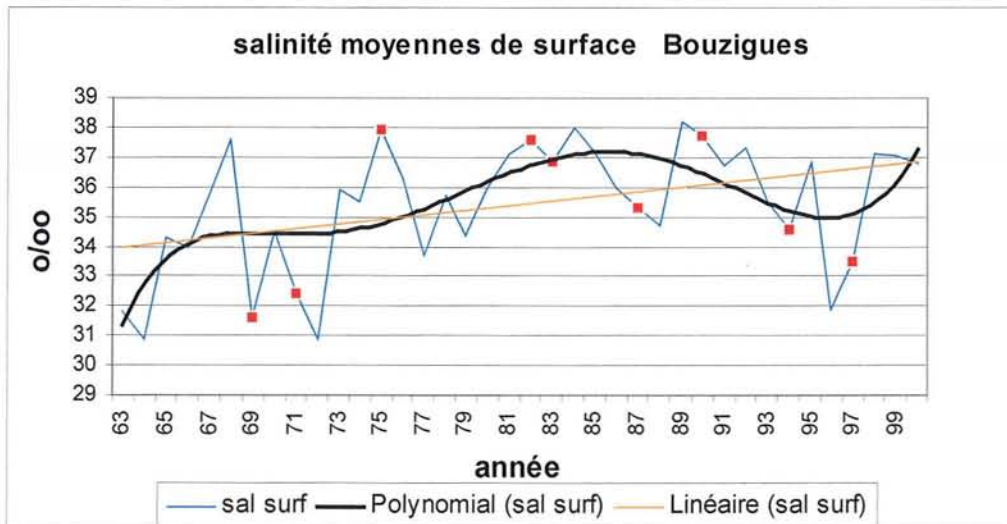


Fig. 13: évolution des salinités de surface . ■ Année avec malaïgue

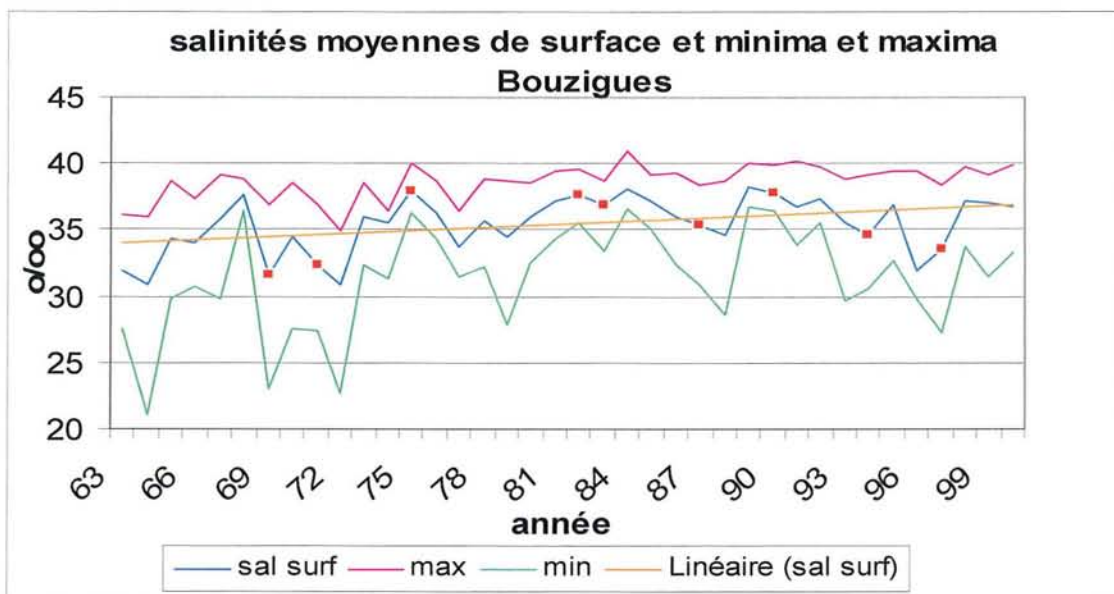


Fig. 14: évolution des salinités minima et maxima. ■ Année avec malaïgue

Les moyennes annuelles sont calculées en faisant la moyenne des moyennes mensuelles

Une relation linéaire montre une très nette tendance à l'augmentation des salinités, un ajustement polynomial met en évidence l'existence de cycles, la salinité reste à peu près stable jusqu'en 1975 pour atteindre un maximum en 1990 (38 ‰), puis diminuer ensuite jusqu'en 1996 (33 ‰) ; elle remonte ensuite jusqu'en 2000.

Cet accroissement des salinités peut déjà s'expliquer par l'augmentation des températures qui entraîne une évaporation plus importante. Nous verrons qu'il existe d'autres explications.

Jusqu'en 1975 les minima étaient compris entre 25 et 35 ‰ avec de très importantes variations inter annuelles. Après cette date ils ne descendent jamais au-dessous de 30‰. Les maxima sont nettement plus élevés à partir de 1982.

Cette variation dans la salinité avait été remarquée par Raimbault et Tournier (1986) qui notent « un décrochement général des salinités entre 1972 et 1973, allant dans le sens d'une augmentation qui est de toute évidence, ou du moins pour partie, en rapport avec l'ouverture du grau ». L'explication donnée par ces auteurs est la suivante : «Lors des fortes précipitations typiques de nos régions méditerranéennes, les eaux de pluie, vu leur température et surtout leur faible densité par rapport aux eaux de l'étang, forment fréquemment une couche superficielle. Dans l'ancienne situation, ces eaux piégées dans un milieu pratiquement fermé se mélangeaient progressivement avec l'eau salée sous-jacente, ayant pour conséquence un abaissement global de la salinité.

Depuis 1973 une bonne part de la couche superficielle doit s'évacuer massivement et sélectivement par ce grau de faible profondeur »

Les travaux d'Armangau (non datés) tendraient à confirmer cette hypothèse. Les observations aériennes en infra rouge montrent qu'après les pluies les eaux de surface de l'étang dessalées sortent de la lagune par le grau de Pisse-Saume. Toutefois l'hypothèse que le grau est responsable de l'augmentation de la salinité de l'étang est peut être un peu trop schématique.

4. 2 : Evolution des salinités moyennes de fond

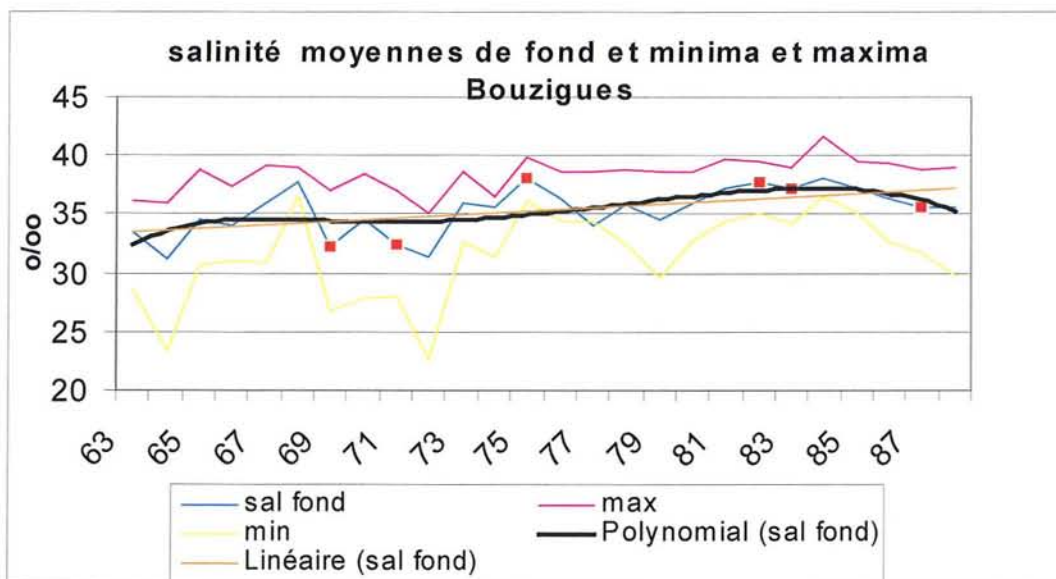


Fig. 15 : évolution des salinités de fond. ■ Année avec malaïgue

Le réseau REPHY nous a fourni les températures et les salinités de l'étang de 1990 à 2000 mais ces deux paramètres n'ont été relevés qu'en surface.

Une nette tendance à l'augmentation, apparaît au fond comme en surface à partir de 1973 (Fig. 15). A partir de cette date on ne trouve plus de valeurs minimales inférieures à 29‰. Les précipitations à partir de 1973, sont moins importantes que ce qu'il est possible d'observer entre 1963 et 1972.

4.3 Comparaison des salinités de surface et de fond

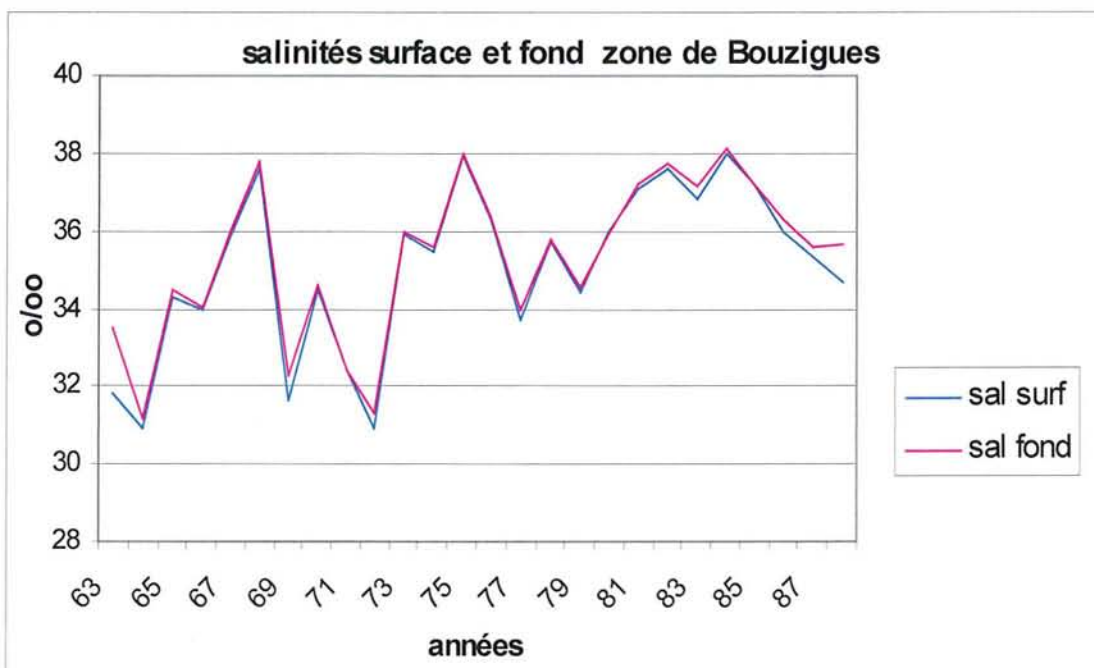


Fig. 16 : évolution des salinités moyennes surface et fond annuelles

4.4 : Evolution de la pluviométrie

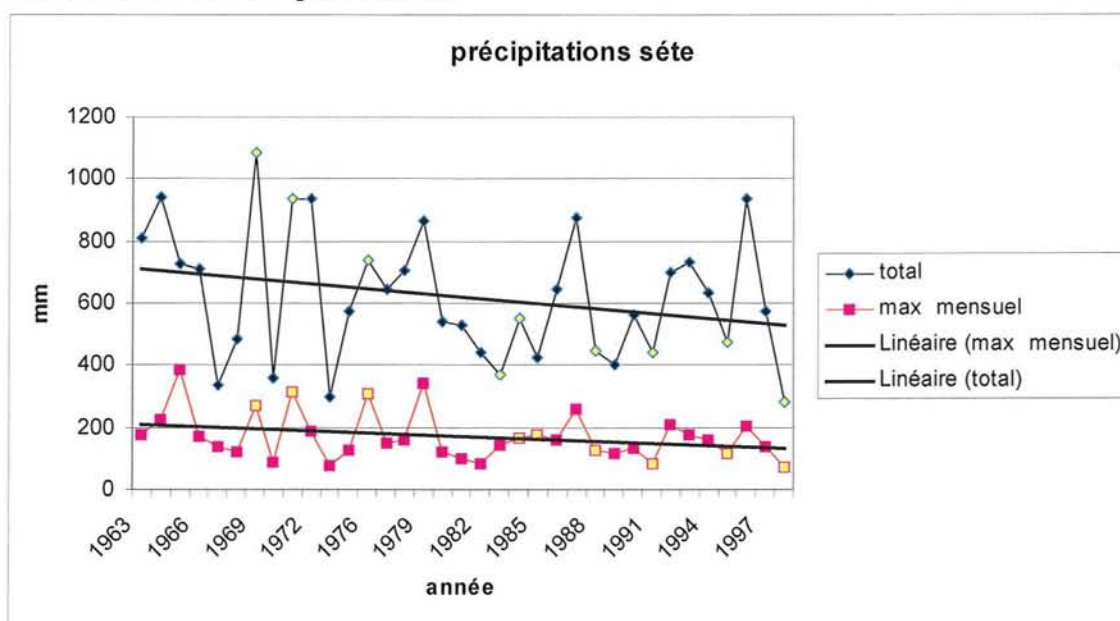


Fig.17 : pluviométrie. Années avec malaïgue

Les données de la Météorologie nationale mettent en évidence (Fig. 17) une nette décroissance de la pluviométrie entre 1963 et 2000 à part un épisode pluvieux en 1975. A

partir de 1973 les maxima montrent une nette tendance à la baisse puisqu'ils dépassent rarement les 800 mm par an. Les maxima mensuels sont rarement inférieurs à 200mm.

4.5 : Relations pluies salinité

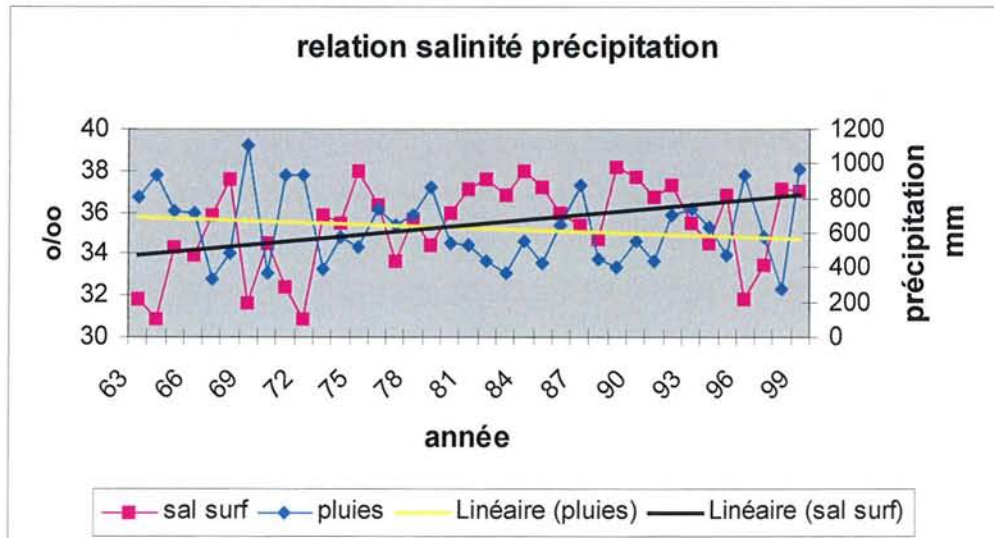


Fig. 18 : Relation salinité précipitation

Il apparaît nettement sur la figure 18 qu'il existe une corrélation inverse entre la salinité et les pluies.

Cette variation dans les salinités de la lagune est certainement la résultante de l'augmentation des températures, de la diminution des pluies et de l'ouverture du grau.

Il semble logique que les variations météorologiques aient eu une influence plus importante que l'ouverture de cette communication avec la mer.

Le bilan des entrées et sorties d'eau de mer dans cette lagune montre que le grau de Pisse-Saume n'a qu'une influence toute relative. Les échanges dans ce grau sont compris entre 0,65 et 12,33 m³/s alors que dans les canaux de Sète ils sont compris entre 14,24 et 278,3m³/s (Burtchaell, 2000). Les marées astronomiques à elles seules représenteraient 60% des apports totaux d'eau dans l'étang (apports compris entre 274 millions et 1,7 milliards de m³ par an). Les apports d'eau douce en dehors des ruisseaux et de la source de la Vise (9,5 millions de m³ par an) sont dus aux précipitations directes et au ruissellement du bassin versant. Ces apports sont estimés respectivement à 48 millions de m³ et 180 millions de m³ par an (Ecologistes de l'Euzière, 1986).

Il est donc pratiquement impossible, à partir de l'évolution générale des températures et des salinités, de mettre clairement en évidence l'impact des divers travaux effectués sur l'étang ; il faut examiner les variations intra annuelles pour évaluer l'impact des actions anthropiques sur la lagune.

5 : Les phosphates

La population du bassin versant a fortement augmenté entre 1960 et 1995 (La Jeunesse 2001), passant de 57 982 habitants à 79 796.

1960	1972	1975	1980	1995
57 982	65 529	66 006	78 406	79 796

Or, en 1998, P. Souchu a donné une courbe des concentrations en phosphate de 1971 à 1994 dans la lagune. Il apparaît (fig. 19) qu'il y a une nette tendance à la diminution des concentrations depuis 25 ans. Cette diminution est à mettre en relation directe avec les travaux d'assainissement qui ont été entrepris sur le pourtour de cette lagune (station d'épuration de Sète en 1979, lagunages de Mèze, Poussan, Marseillan). Les eaux domestiques qui se jetaient soit directement dans l'étang ou qui étaient amenées par les canaux de Sète, sont donc maintenant soit dirigées vers la station d'épuration, soit subissent un traitement par lagunage. Il faut ajouter à cela que le nombre d'usines a considérablement diminué sur le pourtour de l'étang

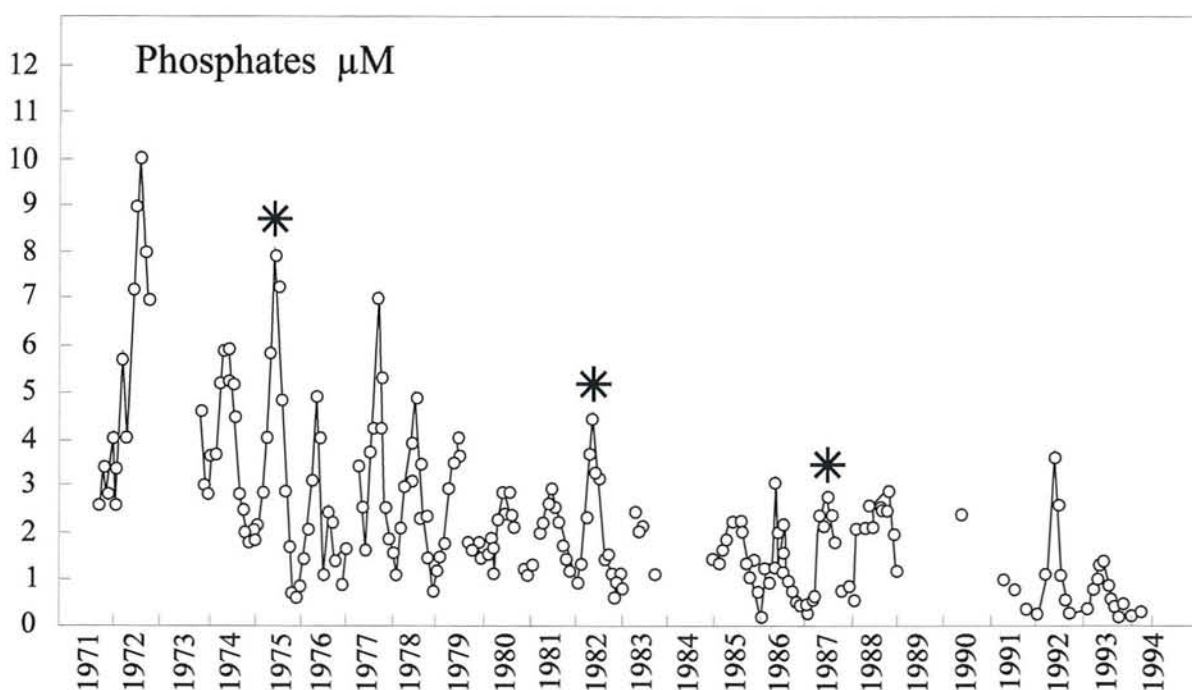


Figure 19 : évolution mensuelle des concentrations de phosphates dans le bassin de Thau de 1975 à 1994. Les grandes crises anoxiques sont indiquées par des astérisques. (d'après SOUCHU *et al.*, 1998).

La Jeunesse (2001) ajoute que « les élevages conchylicoles ont dû entraîner une augmentation indirecte de l'utilisation du phosphore en permettant le développement des herbiers . »

Les coquillages par leur activité de filtreurs amènent une diminution des particules en suspension dans l'eau. Les herbiers à zostères se sont étendus avec l'avancée des secteurs conchylicoles jusqu'à 5m. de profondeur (Lauret, 1990).

Dans l'hypothèse d'un arrêt total des apports de phosphore dans l'étang, les quantités stockées dans les 5 premiers centimètres de sédiment peuvent couvrir les exportations pendant 150 ans (La Jeunesse, 2001).

6 : Evolution intra et inter annuelle des salinités.

Les comparaisons ne concerneront que dix années (1963-1972) avant les modifications importantes (ouverture du grau de Pisse-Saume et remembrement des zones conchylicoles) et dix années après les travaux (1973-1982).

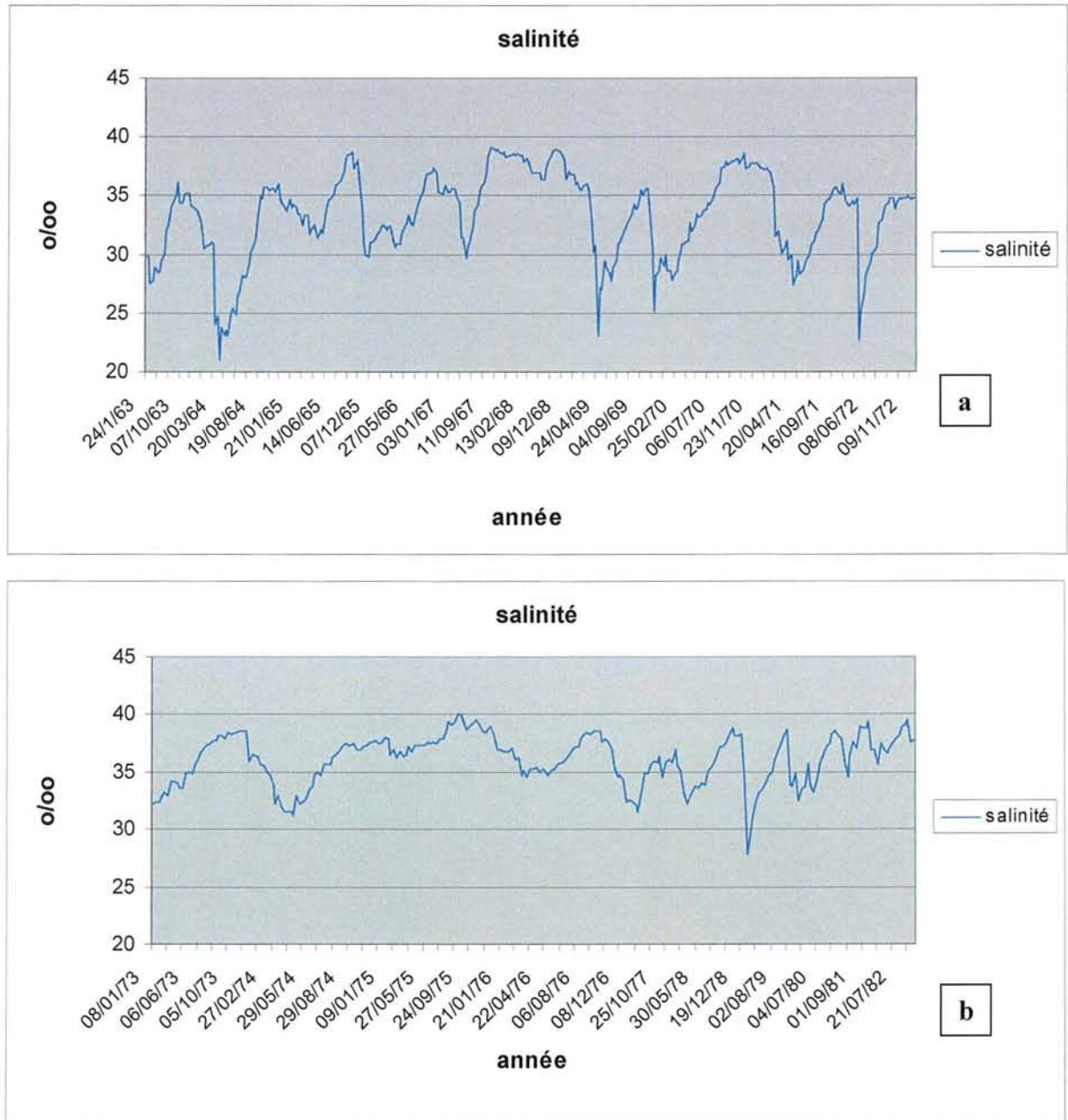


Fig. 20 : évolution inter et intra annuelle des salinités. a: 1963-1972 b:1973-1982

Les salinités de la fig. 20 sont celles de surface et ne prennent en considération qu'une seule station.

L'amplitude des variations des salinités de surface est nettement plus importante entre 1963 et 1972 (jusqu'à 15 ‰) qu'entre 1973 et 1982 (9 ‰).

Les graphiques de pluviométrie (fig. 17) montrent qu'il existe un réel déficit hydrique à partir de 1975. Ce déficit est peut être la cause des amplitudes différentes notées entre ces deux périodes, il n'est cependant pas sûr que ce soit la seule ; en effet, les eaux de pluie moins denses restent en surface et ont tendance à s'évacuer par le grau de Pisse-Saume (observation aérienne faite par le CERGA 19..), il faut ajouter à cela que, dès 1975, le remembrement était réalisé à 60%, ce qui a pu dès cette époque modifier la courantologie de l'étang . Toutes ces hypothèses doivent être étudiées à l'aide d'un modèle hydro-dynamique.

La comparaison de deux années où la pluviométrie est semblable (1969 et 1979) montre que la baisse des salinités est pratiquement comparable (10 ‰).

Les températures ont aussi augmenté (Fig. 9), pouvant induire une évaporation plus importante.

C : Conclusions

La période 1972- 1975 semble être une période charnière pour la physico-chimie de la lagune, les températures de l'eau augmentent ainsi que la salinité.

Ces augmentations peuvent être très facilement reliées avec les paramètres météorologiques : augmentation de la température de l'air et diminution très nette de la pluviométrie.

D'autres phénomènes purement anthropiques, se sont produits durant la même période : ouverture du grau de Pisse-Saume, réorganisation des zones conchylicoles, mise à franc-bord de la rive nord, autant de travaux qui ont pu modifier les échanges mer-étang, ou la courantologie même à l'intérieur du plan d'eau.

Avec les méthodes utilisées dans cette étude, il est impossible de savoir quelle est l'influence relative de la météorologie et des travaux. Une étude hydrodynamique est nécessaire pour la quantifier .

Les phosphates par contre montrent une diminution des concentrations entre 1971 et 1994. Cette diminution est principalement due aux efforts d'assainissement qui ont été faits sur le pourtour du bassin. La baisse de la pluviométrie, donc des apports du bassin versant, ne doivent pas représenter un facteur important expliquant ces observations.

Références bibliographiques

- ARMANGAU C. (non daté). Apports de la télédétection dans l'étude du mécanisme de propagation de la pollution dans l'étang. *Université de Montpellier, laboratoire de géologie*, 57 p.
- AUDOIN J. 1962. Hydrologie de l'étang de Thau. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.* 26(1) pp5-105
- BURCHAELL O. 2000. Les variations du niveau de l'étang de Thau (Hérault/France). Etude des phénomènes de surcotes-décotes au sein d'un milieu lagunaire méditerranéen. *Thèse Université de Paris I. Institut de géographie*.
- CALVET L. 1910. L'ostreiculture à Cette et dans la région de l'étang de Thau. *Bull. de la société centrale d'aquic. et de pêche (9 à 12)*, 104 p.
- ECOLOGISTES DE L'EUZIERE (Les). 1986. Fiche technique d'étude du milieu : l'étang de Thau. Montpellier, *Centre Régional de Documentation Pédagogique*, 225 p.
- GOURET P. 1892. Note zoologique sur l'étang des Eaux-Blanches. *Ann. Mus. Hist. Nat. Marseille- Zoologie*, 4(2), pp 3-26.
- HAMON P.Y. et TOURNIER H. 1990. Etude des stocks de mollusques élevés dans l'étang de Thau de 1981 à 1987. *Rapport IFREMER RIDRV-90.43/SETE*, 121p.
- HAMON P.Y. 2000. Les malaïgues de l'étang de Thau. *Rapp. Lab. DRV/RA/LCM*. 129 p.
- LAJEUNESSE I. 2001. Etude intégrée dynamique du phosphore dans le système bassin versant –Lagune de Thau. *Thèse université d'Orléans*.
- LAURET M. 1990. Les herbiers de zostères de l'étang de Thau : campagne 1988 (le Lido) et campagne 1990 (des Onglous à Mèze). *Rapport interne*
- LAVENUE F. 1972. La télédétection des radiations infrarouges appliquée à l'étude hydrologique des étangs côtiers, et plus particulièrement à celle de l'étang de Thau. *Thèse université des sciences et techniques du Languedoc. Académie de Montpellier*.
- PAVILLARD J. 1905. Recherche sur la flore pélagique (Phytoplancton) de l'étang de Thau. *Thèse Doct. Sci. Montpellier, Trav. Inst. Bot. Univ. Montpellier, s. mixte, Mém n°2*, 116P., 3 pl.
- RAIMBAULT R., TOURNIER H. 1986. Contribution à l'étude de l'influence du Grau de Pisse-Saume et des précipitations sur la salinité annuelle moyenne de l'étang de Thau. *Rapport interne Inst. Pêches maritimes*.
- SEGALA B. 1985. Contribution à l'étude de la dynamique et de la qualité des eaux en milieu lagunaire et côtier par la télédétection aérienne. *Th. : sciences de l'eau et aménagement. Université des sciences et technique du Languedoc. Montpellier II*, 147 p, 12 planches et 48 fig. d'annexes.
- SOUCHU P., ABADIE E., VERCELLI C., BUESTEL D., SAUVAGNARGUES J.C. 1998. La crise anoxique du bassin de Thau de l'été 1997. Bilan du phénomène et perspectives. *R.INT.DEL/98.04/Sète*
- SUDRY L. 1910. L' étang de Thau. Essai de monographie océanographique. *Ann. Inst. océanogr.* 1(10), 210 p.
- TUZET O. 1947. Le plancton du golfe du Lion et de l'étang de Thau. *Bul. Mus. Hist. Nat. Marseille*, 7 (23).
- TOURNIER H., HAMON P.Y., ARNAUD P. 1979. Développement de la malaïgue en 1975 dans l'étang de Thau. *Rapport. Comm. Int. Mer Médit*, 25-26./03 pp. 103-104.

- TOURNIER H, HAMON PY, LANDREIN S. 1981. Synthèse des observations réalisées par l'ISTPM sur les eaux et le plancton de l'étang de Thau de 1974 à 1980. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.* 45(4) , pp 283-318.
- TOURNIER H., LASRAM A., PICHOT Y. 1989. Dévasement expérimental des tables conchylicoles dans l'étang de Thau. *Rapport Int. IFREMER. DRV* pp. 63.
- TOURNIER H., AUDABRAM D., LANDREIN S., DESLOUS-PAOLI JM. 1990. L'oxygène dans l'étang de Thau. Contribution à l'étude du risque de « malaïgue ». *Rapport Int. IFREMER DRO. 90.02.LEM/Sète* pp. 27.
- TUZET O.1947. Le plancton du golfe de Gascogne et de l'étang de Thau . *Bull. Inst. Oceanogr. Monaco.* 764, 23p