

RAPPORT D'ETUDE SUR LA LAGUNE
EL BIBANE ET LE LAC ICHKEUL

RAPPORT PROVISOIRE

QUATRIEME PARTIE

ÉTUDE DU LAC ICHKEUL

J. LEMOALLE
G. VIDY
J. FRANC

avril 1984

IV - Etude du Lac Ichkeul

Introduction

A - Premier rapport (janvier 1983)

1. L'oued Tinja. Observations en 1982-83
2. Le lac Ichkeul. Eléments de l'hydroclimat en 1981-82
3. Organisation de la pêche et statistiques de production du lac Ichkeul
4. Exploitation halieutique et conditions de milieu dans le lac Ichkeul.

B - Compléments sur l'hydroclimat

5. Oued Tinja et lac Ichkeul. Compléments d'observations sur l'hydroclimat (1982-83)
6. Estimation des débits solides de l'oued Tinja (1981-83)

L'état du lac Ichkeul et de l'Oued Tinja sera modifié dans les années à venir, avec la construction de barrages sur le bassin versant et l'aménagement d'ouvrages destinés à conserver les aspects du Parc National qui contribuent à attirer les oiseaux d'eau migrateurs.

Alors que ces aménagements étaient à l'étude, et aussi pour mettre nos données à la disposition des autres équipes de recherche, nous avons voulu faire un point rapide sur le lac Ichkeul tel qu'il était en 1981-82. C'est pourquoi a été publié le Rapports et Documents n°1-1983 de l'INSTOP, qui avait également pour but de montrer l'importance socio-économique de la pêche dans le lac.

Les quatre articles de ce volume forment un tout, que nous n'avons pas voulu dissocier dans le présent rapport, malgré l'articulation un peu chaotique avec la suite du texte.

Les données complémentaires que nous avons obtenues sont relativement réduites faute de moyens sur place en personnel et en bateau. Elles sont néanmoins présentées ici, dans la mesure où elles peuvent être utiles aux décisions d'aménagement à venir.

I - L'OUED TINJA - OBSERVATIONS EN 1981-1982 *

J. LEMOALLE

L'oued Tinja relie le lac Ichkeul au lac de Bizerte, lui-même relié à la mer par un canal navigable large et profond. La pêcherie (bordigue) est située sur l'oued près du lac Ichkeul.

Le lit mineur de l'oued, large d'une vingtaine de mètres, profond de moins d'un mètre en dessous du niveau moyen de la mer, comporte de nombreux méandres : sa longueur est de 4,8 km pour une distance entre les deux lacs de 3 km. Le lit majeur, occupé lorsque le courant sortant est à son maximum, est relativement large : 200 à 700 m.

Lorsque les apports d'eau douce par les rivières, précipitations et ruissellement sont supérieurs à l'évaporation, le niveau de l'eau de l'Ichkeul croît et devient supérieur à celui du lac de Bizerte, qui est sensiblement le niveau de la mer. Il y a alors courant sortant, de salinité faible. Lorsque l'évaporation est supérieure aux apports d'eau douce, le niveau du lac Ichkeul décroît, et il y a courant entrant dans le lac, de salinité voisine de celle du lac de Bizerte. L'alternance et l'importance saisonnières de ces courants dépendent de la pluviométrie et des prélèvements qui peuvent être faits sur les affluents du lac, ainsi que du débit de l'oued. Pour une cote donnée de l'eau dans le lac Ichkeul, le débit peut varier en fonction de travaux de dragage ou de rectification, ainsi que de l'état du barrage de pêche : mailles du grillage utilisé, ouverture ou mise en place de tous les panneaux de pare-herbes, colmatage plus ou moins important par les débris végétaux.

Des observations régulières de la température, de la transparence et de la salinité de l'eau, ainsi que la lecture quotidienne du niveau ont été effectuées à la pêcherie au cours de la période 1981-1982. Complétés par un tarage convenable de l'oued, qui reste à établir, ces résultats peuvent conduire à une estimation des flux d'eau, de suspensions et de substances dissoutes. Ces observations permettent par ailleurs de définir dans quelles conditions hydrologiques ont lieu les migrations anadromes (juvéniles) et catadromes (adultes) des poissons du lac.

* Etude effectuée dans le cadre du Protocole d'Accord et de Coopération signé entre le CGP et l'ORSTOM en septembre 1980, avec la collaboration de R. TABBICHE et du personnel de l'ONP à Tinja : S. FARJALLAH, M. HAMDI et I. TAHIA.

Nous considérons deux saisons principales en ce qui concerne l'oued : la période de courant sortant de l'Ichkeul et la période de courant entrant dans le lac en provenance de la mer. Les observations donnent, pour 1981-82 :

- courant sortant continu jusqu'au 23 avril 1981,
- courant entrant continu du 23 juin au 10 novembre 1981,
- courant sortant continu du 21 janvier au 8 juin 1982,
- courant entrant continu du 1er août environ au 1er novembre 1982.

METHODES

Les observations ont été faites le matin, entre 7 et 8 heures, suivant les techniques suivantes :

- température de l'eau : mesure au thermomètre à mercure, gradué au degré ou au dixième suivant les possibilités du moment, dans un seau ou directement dans l'oued,

- transparence : au disque de Secchi de 25 cm à quadrants blancs et noirs, fixé sur une tige rigide,

- salinité : prélèvement d'échantillons de 50 ml et mesure ultérieure au laboratoire, dans un délai inférieur au mois, avec un conductivimètre.

Les résultats sont exprimés en salinité équivalente SE (g/l), c'est-à-dire par la salinité d'une eau de mer qui aurait la même conductivité que l'échantillon. En effet, surtout en période de courant sortant, l'eau n'a pas la même composition que l'eau de mer, et la concentration en substances dissoutes peut être légèrement différente de la salinité d'une eau de mer de même conductivité. L'incertitude ainsi introduite est cependant faible relativement aux variations observées.

- niveau : relevé à l'échelle de la DRES qui se trouve près du limnigraphe, sur la pile du pont situé entre la pêcherie et le lac, pont supportant une conduite d'eau métallique. Cette échelle porte le numéro 17 dans certains documents de la DRES, mais 18 dans d'autres, consultés début 1982.

Le zéro de cette échelle du limnigraphe est - 0,35 m NGT lorsque l'on prend comme référence le macaron de la borne du pont routier actuel située à 6,420 NGT. HOLLIS et al. (1977); utilisent un zéro de - 0,25 NGT pour cette même échelle qu'ils nomment 17.

Pour la période de fin 1980, et juin-juillet 1982, nous avons utilisé les lectures hebdomadaires aimablement communiquées par la DRES de Tinja.

RESULTATS

Température de l'eau

Les températures relevées dans l'oued ont été regroupées par leur moyenne sur cinq jours successifs (pentades). Leur variation au cours de l'année (tableau I, figure 1) suit celle de la moyenne de l'air. La valeur $9,5^{\circ}\text{C}$ de décembre 1980, probablement supérieure au minimum réel de janvier 1981, correspond au minimum de janvier 1982. La température maximale (le matin) est de 29°C en 1981.

Ces observations mettent en évidence le refroidissement rapide d'automne en octobre et permettent de définir les plages de température auxquelles correspondent les migrations des poissons.

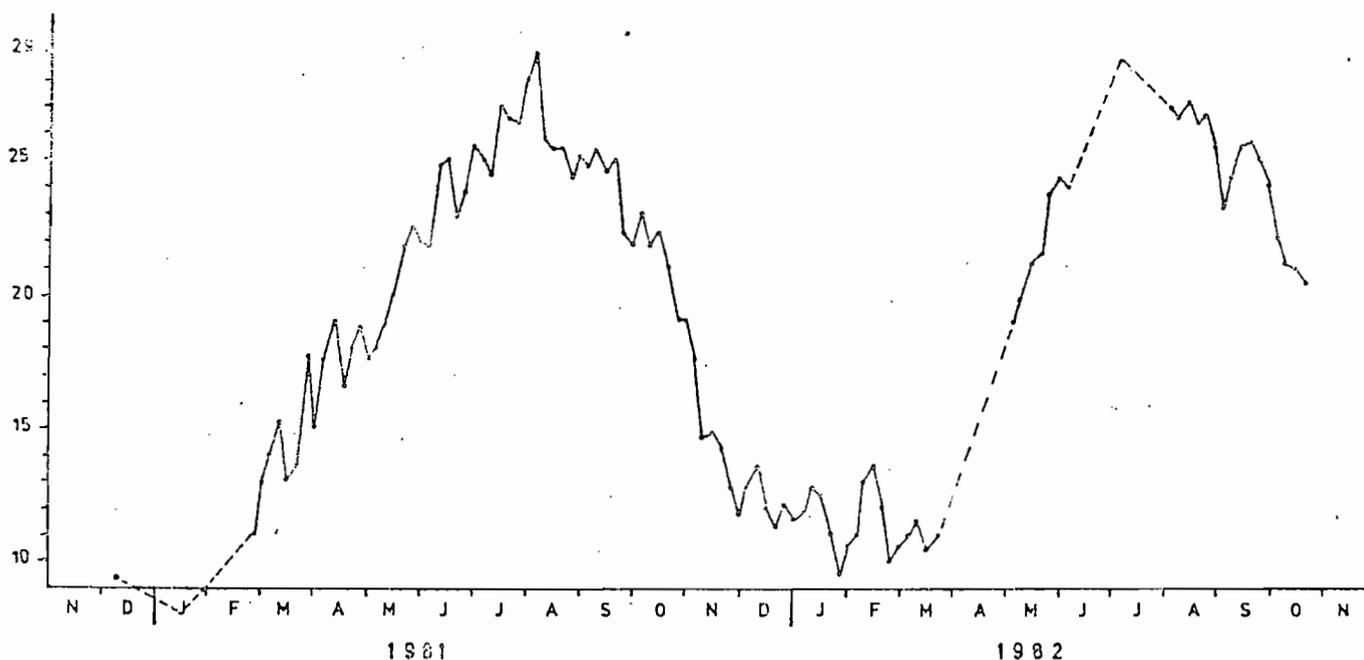


Figure 1 - Variation de la température de l'eau dans l'oued Tinja (moyennes sur cinq jours consécutifs).

Tableau I Température de l'eau de l'oued Tinja

1981

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1- 5	-	-	13.0	15.0	17.6	22.0	25.5	28.0	25.2	21.8	19.0	11.8
6-10	-	-	14.0	17.6	18.0	21.8	25.0	29.0	24.8	23.0	17.6	12.8
11-15	-	-	15.2	19.0	18.9	24.8	24.4	25.8	25.4	21.8	14.6	13.6
16-20	-	-	13.0	16.6	20.0	25.0	27.0	25.4	24.6	22.3	14.8	12.0
21-25	-	-	13.6	18.0	21.8	22.8	26.6	25.4	25.0	21.0	14.2	11.3
25-	-	11.0	17.7	18.8	22.5	23.8	26.5	24.3	22.3	19.0	12.8	12.2

1982

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
1- 5	11.6	10.6	10.6	-	-	24.4	-	-	25.5	24.1
6-10	11.8	11.0	11.0	-	19.0	24.0	-	27.0	23.2	22.1
11-15	12.8	13.0	11.5	-	19.8	-	-	26.7	24.4	21.2
16-20	12.6	13.6	10.5	-	21.2	-	-	27.2	25.5	21.0
21-25	11.0	12.0	11.0	-	21.6	-	-	26.5	25.7	19.5
25-	9.5	10.0	-	-	23.8	-	-	26.7	25.0	-

Transparence

La transparence varie très rapidement dans le lac, en fonction de l'agitation due au vent. En période de courant sortant, ces variations se font aussitôt sentir dans l'oued qui est un indicateur de la transparence du lac.

Au cours de la période 1981-1982, les valeurs moyennes observées (figure 2) sont de l'ordre de 30 cm en courant sortant continu, et plus fortes en courant entrant : 50 cm en 1981, 100 cm en 1982. Les variations relatives au cours de chaque mois sont indiquées par le coefficient de variation (écart type divisé par la moyenne pour chaque mois) : elles sont faibles en courant entrant et fortes en courant sortant. Le lac de Bizerte, plus profond, est moins sensible au vent que le lac Ichkeul, et le courant entrant, assez faible, entretient mal la remise en suspension des particules. Les forts vents sont par ailleurs moins fréquents en été qu'en hiver. De la combinaison de ces deux causes résulte la différence de transparence entre les deux périodes.

La raison de la différence entre les saisons de courant entrant de 1981 et 1982 est par contre moins évidente. Il est possible qu'elle soit liée à une modification du débit de l'oued Tinja, mais les mesures nécessaires pour le démontrer manquent.

Relation entre transparence et concentration solide

L'estimation des débits solides transitant dans l'oued est importante pour les prévisions d'aménagement. Les évaluations antérieures, par ailleurs trop rares, sont basées sur deux échantillons par mois et donc imprécises du fait de la variation des concentrations solides d'un jour à l'autre.

Une meilleure sécurité peut être obtenue par des estimations quotidiennes à partir de la mesure de la transparence et d'une relation hauteur-débit en cours d'établissement (DRES et U.C.L.).

La concentration des solides en suspension dans l'eau a été évaluée par filtrations d'échantillons de 1 litre sur membrane filtrante

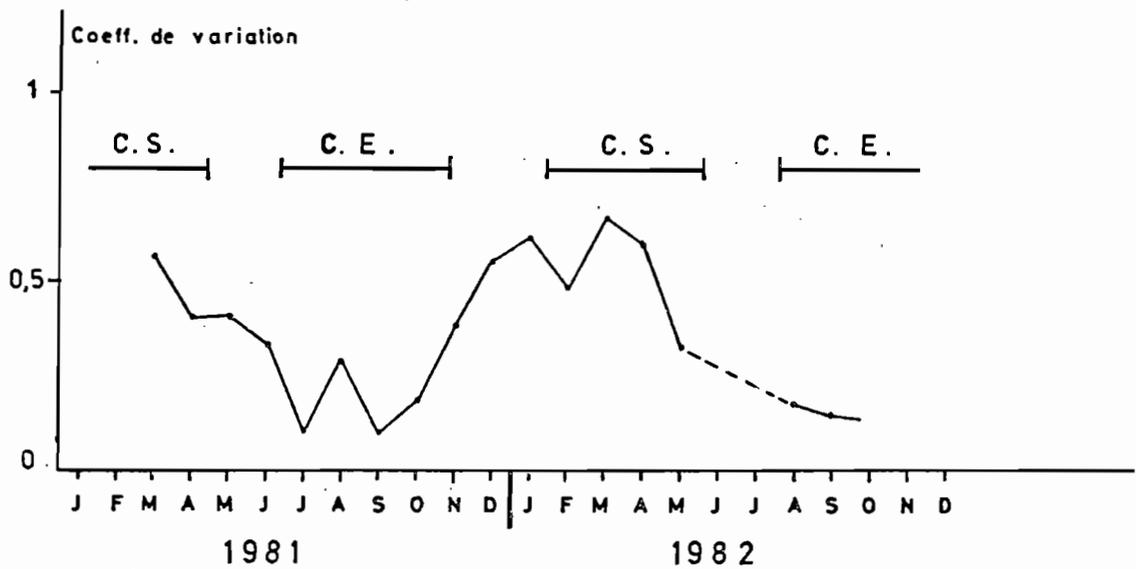
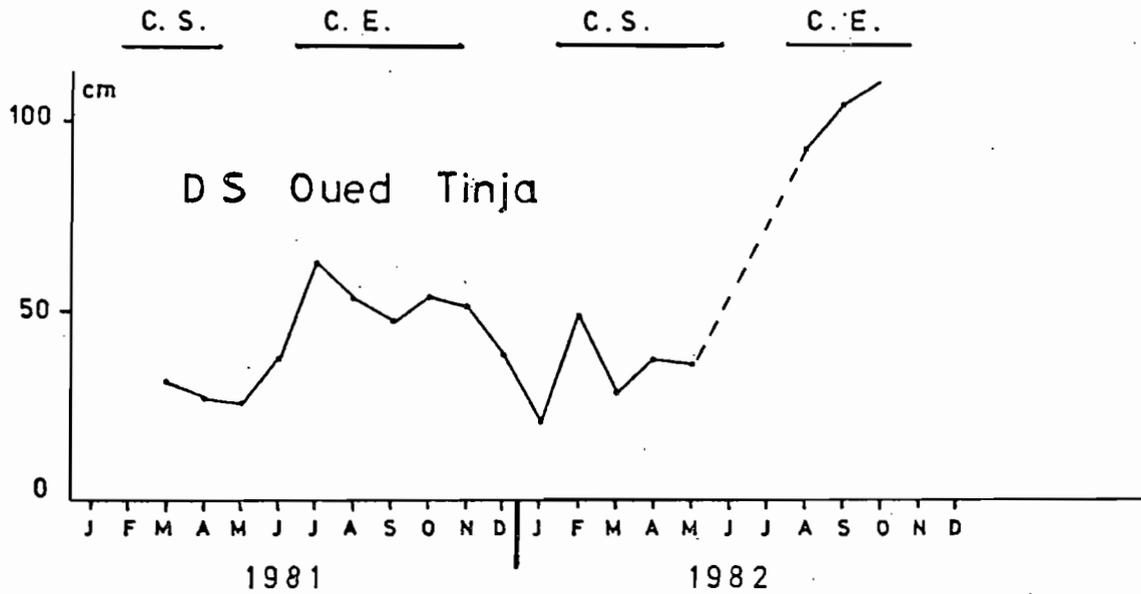


Figure 2 - Transparence de l'eau dans l'oued Tinja, mesurée au disque de Secchi. Moyennes mensuelles (en haut) et coefficient de variation mensuel (en bas). Les périodes de courant continu sortant (C.S.) et entrant (C.E.) sont indiquées.

(fibre de verre, diamètre moyen des vides $0,3 \mu$) puis séchage à 100°C jusqu'à poids constant et pesée. Les échantillons utilisés étaient d'avril et mai 1982.

La relation entre transparence DS (m) et concentration solide (mg l^{-1}) est représentée figure 3, où la courbe d'équation $C = 9,64 (\text{DS})^{-1,50}$ représente le meilleur ajustement aux points expérimentaux.

Cette équation permettra l'évaluation quotidienne des débits solides pour la période d'étude lorsque la relation entre la hauteur de l'eau à l'échelle et le débit sera connue.

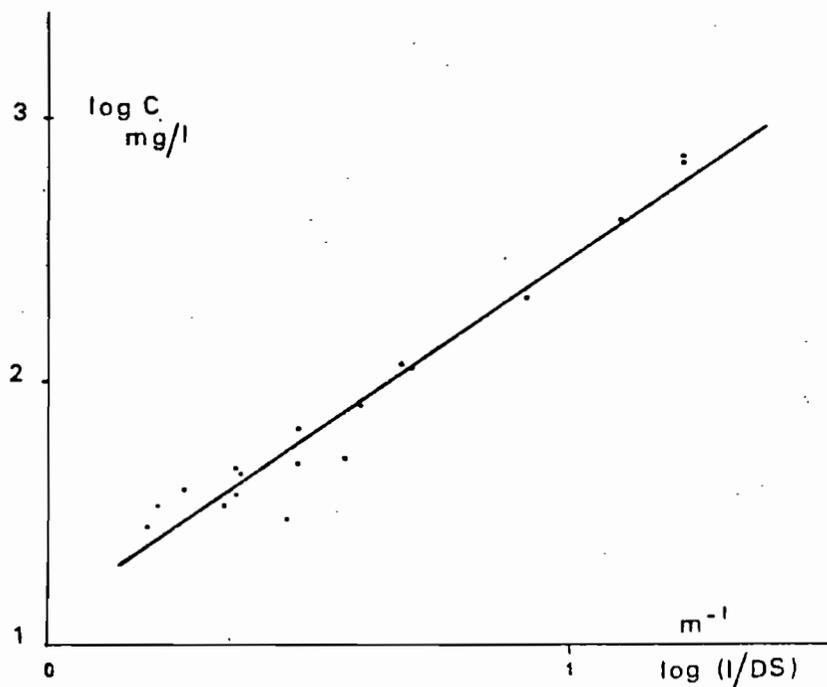


Figure 3 - Relation entre transparence et concentration solide dans l'oued Tinja.

Salinité et niveau de l'eau

Ces deux paramètres sont très directement liés. En période de courant entrant continu, la salinité de l'oued est celle de la zone ouest du lac de Bizerte : de 37,0 à 37,8 (salinité équivalente, ici très proche de la salinité réelle). A la fin de l'automne, le débit entrant s'affaiblit et il y a des alternances du sens du courant, dépendant du vent, de la pluie et du niveau du lac de Bizerte. La tendance générale de la salinité est alors décroissante (de 9 g/l en 75 jours en 1981) mais irrégulière (figure 4).

L'établissement d'un courant sortant continu se traduit ensuite par une chute brutale de la salinité qui passe de 28 à 16 en 10 jours, fin janvier 1982. La décroissance est ensuite plus lente et atteint un palier autour de 5 g/l en mars-avril 1981 (conductivité 8 mS) et de 6-7 g/l en avril-mai 1982. Ces valeurs reflètent la purge du lac par les eaux douces. Rappelons que ce sont des salinités équivalentes, à ne pas confondre, comme il arrive parfois, avec la chlorinité qui serait 1,8 fois plus faible. Ces valeurs minimales peuvent être considérées comme représentant une année d'hydrologie moyenne, les pluviométries excédentaires pouvant conduire à des salinités minimales nettement plus faibles (de l'ordre de 2 g/l).

A la fin de la période de courant sortant continu, il y a à nouveau alternance du sens courant, avec des salinités qui fluctuent très fortement et rapidement, d'un jour à l'autre, entre 5 et 33 g/l. Cette transition a duré deux mois en 1981 (mai et juin).

Une alternance à court terme du sens du courant indique des niveaux semblables dans les lacs de Bizerte et Ichkeul. En 1981, les limites des courants continus sont respectivement :

H_1 = 40 à 48 limite supérieure du courant entrant,

H_2 = 54 à 58 limite inférieure du courant sortant.

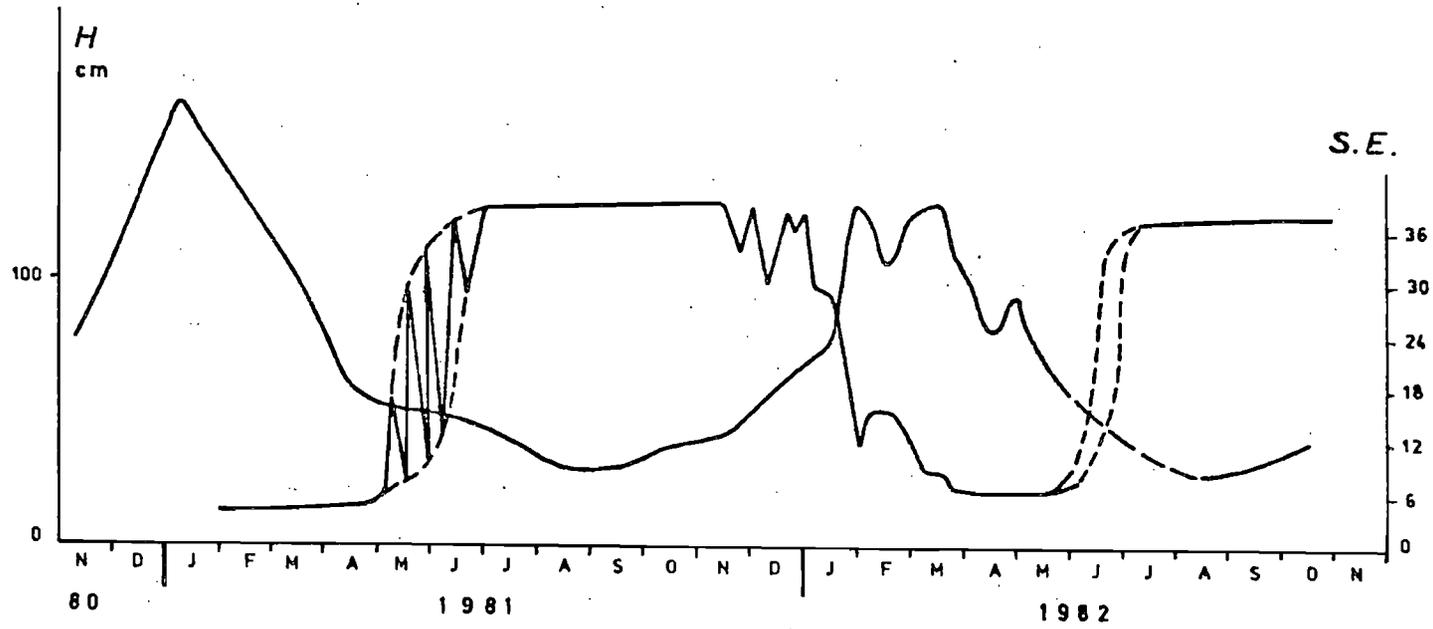


Figure 4. - Niveau de l'eau à l'échelle (H) et salinité équivalente (S.E.) dans l'oued Tinja. Courbes lissées à la main.

Nous situons donc le niveau moyen de la mer, ou le point d'équilibre entre les deux lacs, à $H_0 = 52$ à l'échelle du limnigraphe.

Il est à souligner que le niveau moyen journalier de la mer, ou du lac de Bizerte, varie sensiblement en fonction de la météorologie, des dénivellations de ± 20 cm étant relativement fréquentes. La course du vent est également sensible, et crée des variations de ± 10 cm dans le lac Ichkeul à l'entrée de l'oued.

CONCLUSION

L'observation régulière de l'oued Tinja contribue à la connaissance de l'hydroclimat du lac Ichkeul. Mais surtout, il est certain que les conditions de milieu dans l'oued déterminent en grande partie les migrations des poissons : migrations anadromes des juvéniles venant grandir dans le lac, et migrations catadromes dont dépend le rendement de la bordigue. Il importe donc de définir au mieux le fonctionnement naturel de ce cours d'eau avant qu'il ne soit modifié par l'intervention humaine.

II - LE LAC ICHKEUL - ELEMENTS DE L'HYDROCLIMAT EN 1981-82*

J. LEMOALLE

Le lac Ichkeul se caractérise par une grande variabilité qui porte aussi bien sur l'évolution interannuelle que saisonnière ou même diurne.

Les variations à long terme dépendaient jusqu'à présent des précipitations annuelles sur le bassin versant. Elles seront désormais aussi fonction de la construction et de la gestion des barrages sur ses affluents.

A l'échelle saisonnière, les apports d'eau douce entre automne et printemps, l'évaporation et l'influx d'eau de mer par l'oued Tinja en été, créent un cycle, plus ou moins prononcé suivant les années, de variations du niveau, de la surface inondée et de la salure de l'eau.

Les conditions de turbulence dues au vent, très variables d'un jour à l'autre, influent sur la structure de la colonne d'eau, imposent le mélange des différentes masses d'eau et modifient la transparence par remise en suspension du sédiment.

Les répartitions dans le temps et dans l'espace de la salure de la transparence et de la température constituent l'élément essentiel de l'hydroclimat du lac Ichkeul. Celui-ci a été observé en 1981-82 afin de préciser les conditions dans lesquelles évoluent les poissons. Les résultats permettent en outre de préciser les données nécessaires à la modélisation de l'hydrologie du lac. Ils viennent en complément d'études antérieures revues par ZAOUALI (1975) et HOLLIS et al. (1977) que nous ne reprendrons pas ici.

ELEMENTS DE MORPHOMETRIE

Pour un niveau de l'eau de ONGT (nivellement général du territoire), les cartes disponibles indiquent une surface de 89 km².

* Etude effectuée dans le cadre du Protocole d'Accord et de Coopération signé entre le CGP et l'ORSTOM en septembre 1980, avec la collaboration de R. TABBICHE et du personnel de l'ONP à Tinja : S. FARJALLAH, M. HAMDI et I. TAHIA.

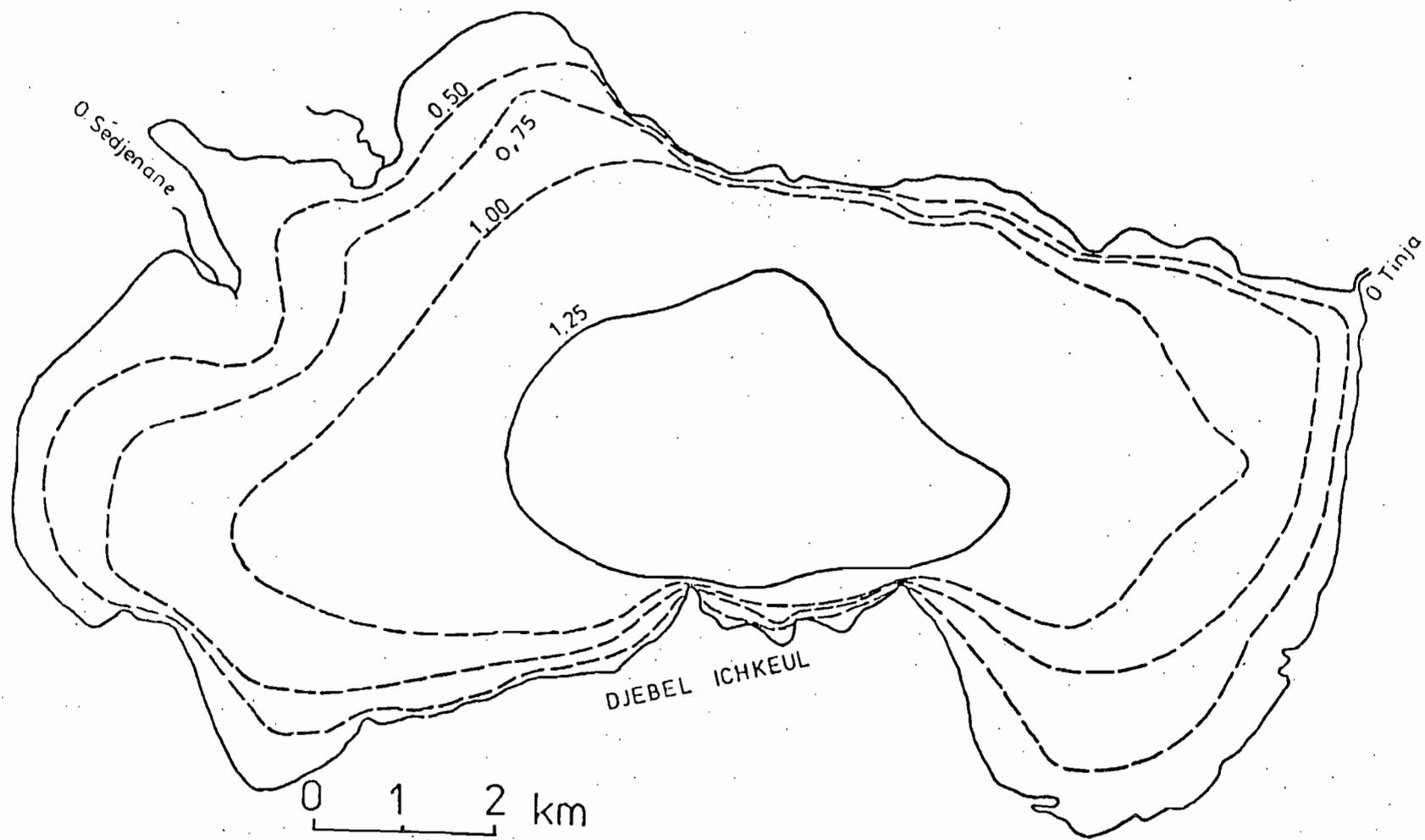


Figure 1 - Bathymétrie du lac Ichkeul, d'après la carte de 1963. Altitudes du fond en centimètres par rapport au nivellement général du territoire (NGT).

La carte bathymétrique dressée en 1963 (échelle 1/20.000) donne une zone centrale à - 1,25 m, et 41 km² d'altitude égale ou inférieure à - 1 m (figure 1). Le volume V_0 calculé, correspondant à l'altitude 0 de la surface est de 77×10^6 m³, ce qui correspond à une profondeur moyenne $\bar{Z}_0 = 0,87$ m.

D'après des estimations de HOLLIS et al. (1977), la surface moyenne du lac pour la période 1966-1977 est de 95 km² (entre 90,4 en août et 101,9 en février). Nous utiliserons donc cette valeur de 95 km² comme base d'évaluation des rendements par unité de surface.

Le niveau moyen interannuel correspondant à cette surface est $H = 0,66$ m à l'échelle du limnigraphe de l'oued Tinja, et la profondeur moyenne est approximativement 1,2 m.

Les herbiers immergés (*Potamogeton pectinatus* et *Ruppia* sp.) et émergés (*Phragmites communis*, *Scirpus* spp.) constituent un élément important du paysage et de l'hydroclimat du lac. Ils contribuent également au cycle des éléments nutritifs dans l'eau et le sédiment.

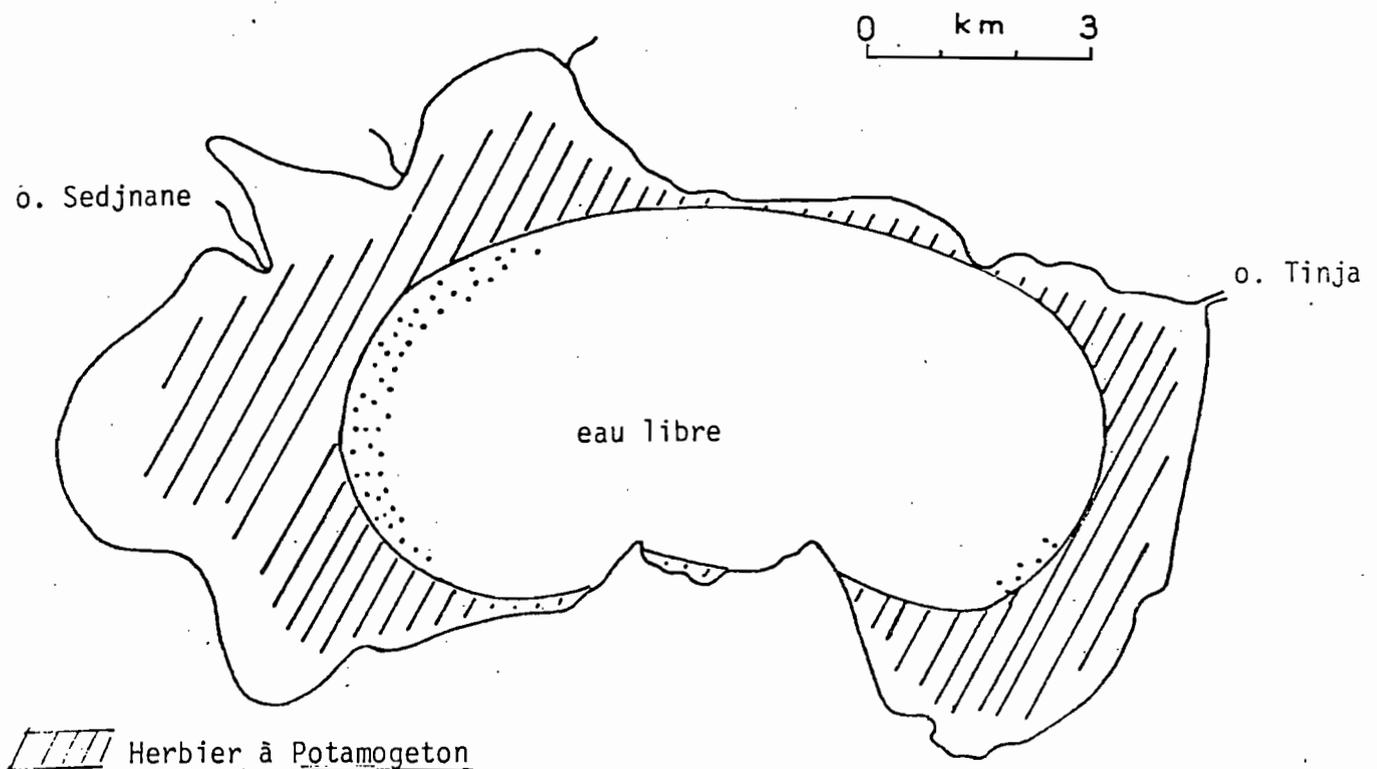


Figure 2 - Extension de l'herbier en septembre 1982.

Une barrière de phragmites se développe en bordure de presque toutes les zones marécageuses et peut être considérée comme limitant le lac proprement dit des marécages. En 1982, leur cycle de végétation a commencé en mars : encore absentes le 5 mars, les pousses vertes de ces roseaux dépassaient de 30 cm la surface de l'eau le 25 du même mois, pour atteindre 1 à 2 m au-dessus de l'eau un mois plus tard (27 avril). Le maximum de développement était atteint en septembre-octobre, suivi par l'apparition des panaches de graines en novembre.

Toujours pour 1982, les *potamogeton* pratiquement indétectables fin mars, commençaient à atteindre la surface, dans l'ouest du lac, au début de mai. Leur densité était alors très limitée, comparativement au mois de juin (8 juin) où ils atteignent pratiquement leur extension maximale, qu'ils conservent jusqu'en octobre (figure 2). Durant cette période, tout l'herbier atteint la surface de l'eau en tapis continu, sauf près des eaux libres où se rencontrent des masses circulaires s'écartant progressivement les unes des autres à mesure que la profondeur augmente. *Ruppia* a été observée près de l'oued Tinja, mêlée à *Potamogeton*.

Une délimitation de la surface en eau libre a été faite le 3 septembre : il ne restait alors que 44 km² d'eau libre, soit moins de la moitié de la surface totale du lac à cette époque, le reste étant occupé par les herbiers.

SALURE DES EAUX

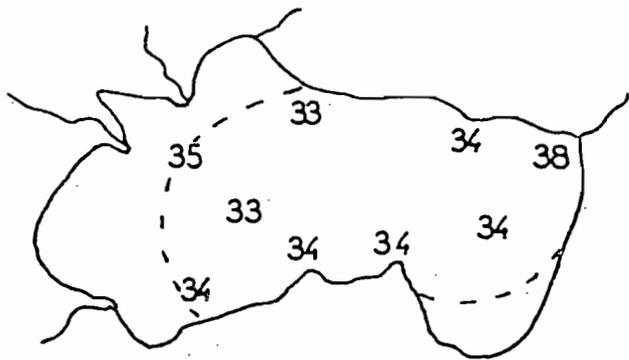
Rappelons que la salure des eaux de surface est exprimée par leur salinité équivalente, c'est-à-dire par la salinité d'une eau de mer, plus ou moins diluée, qui aurait la même conductivité (voir les méthodes dans la note sur l'oued Tinja).

Répartition horizontale des salinités de surface

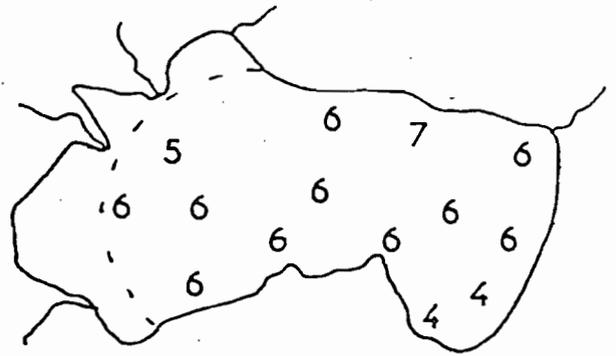
L'essentiel des observations de 1981-82 est résumé dans les figures 3 et 4, où les résultats sont arrondis à l'unité.

Deux constatations s'imposent :

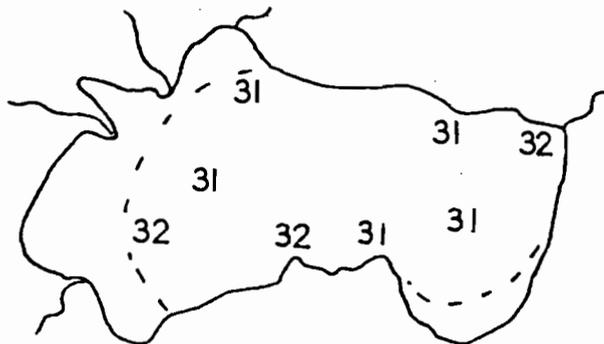
- les variations saisonnières sont importantes : la salinité varie au cours de l'année de 5 à 32. L'évolution saisonnière approximative pour la zone centrale du lac est représentée figure 5.



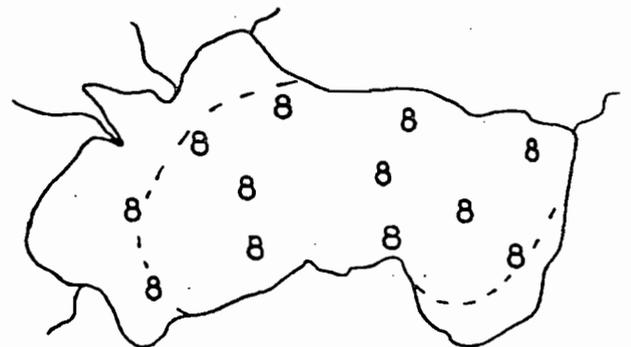
12.11.81



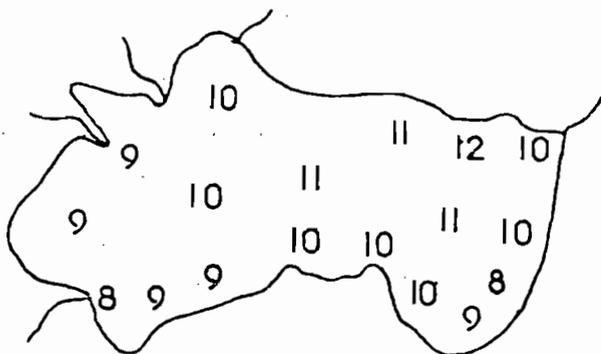
04.05.82



18.12.81



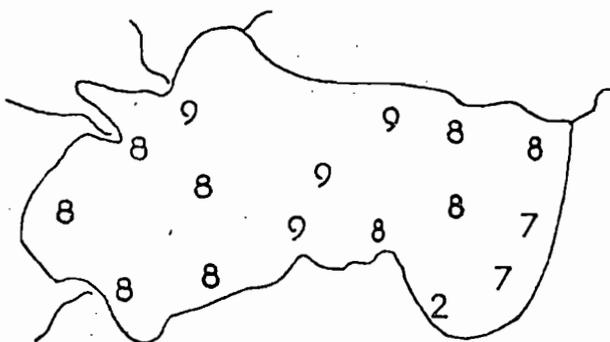
08.06.82



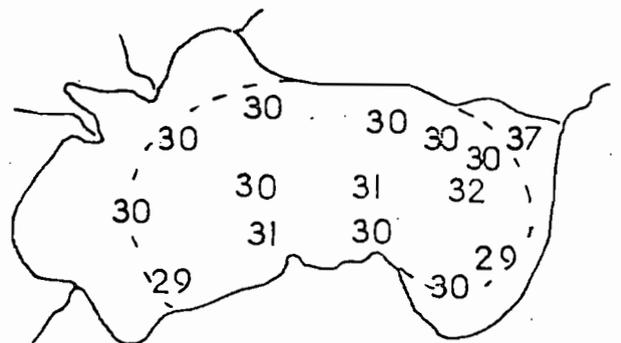
04.03.82



03.09.82



25.03.82



27.10.82

Figure 4 - Répartition des salinités dans le lac Ichkeul.

- comparativement à ces variations, la répartition horizontale instantanée est homogène ; les seules exceptions sont proches des oueds : oued Tinja en été, oueds Sejnane ou Djoumine en hiver et au printemps.

Cette homogénéité spatiale est à attribuer à la turbulence, aussi bien horizontale que verticale, due au vent. Une répartition hétérogène momentanée ne peut évidemment pas être exclue ; les données dont nous disposons indiquent cependant qu'elle ne peut être que passagère. Il convient par ailleurs de signaler que les points de prélèvement se situent soit dans les eaux libres, soit dans les herbiers, mais, dans ce dernier cas, relativement près des eaux libres (à 500 ou 800 m, au plus). La salinité très près du rivage, souvent influencée par les sources ou une plus faible épaisseur d'eau, peut être sensiblement différente. De même dans les herbiers de grande étendue.

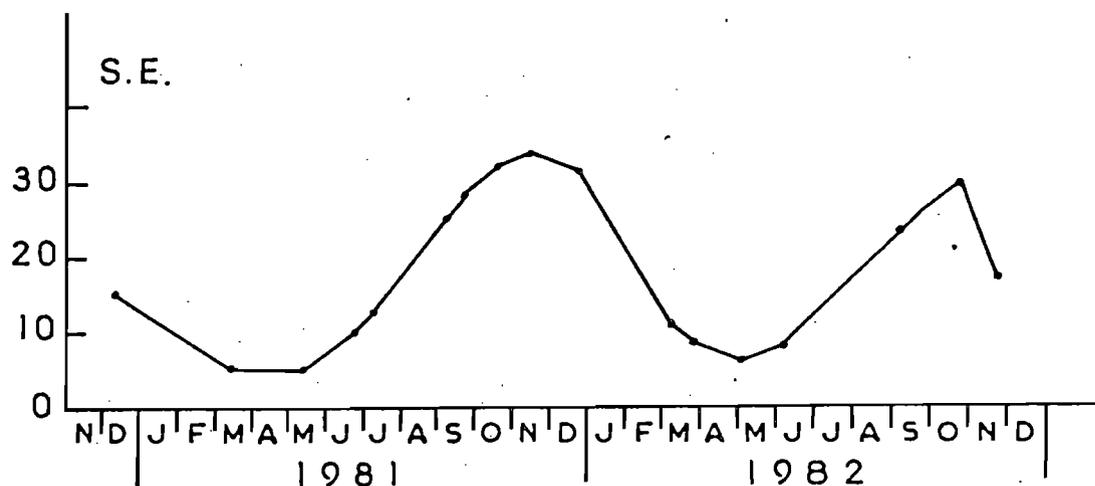


Figure 5 - Variations saisonnières de la salinité dans la région centrale du lac Ichkeul.

Répartition verticale de la salinité

Les mélanges horizontaux, qu'implique la distribution des salinités de surface, s'appliquent généralement à la structure verticale de la colonne d'eau.

Des prélèvements de surface et de fond (à 10-15 cm au-dessus du sédiment) ont été faits le 4 mars, le 25 mars, le 4 mai et le 27 octobre 1982.

L'influence des rivières se manifeste au printemps, comme pour les salinités de surface : l'eau douce vient se placer au-dessus de l'eau plus salée du lac (le 25 mars pour le Djoumine, par exemple). En été, ce sont les apports de l'oued Tinja, plus salés que le lac, qui avancent sous l'eau du lac avant de se mélanger (27 octobre). Ces zones de stratification sont temporaires et peu étendues (figure 6 et 7).

D'une façon plus générale, une faible différence de salinité entre surface et fond est observée çà et là dans le lac, sans qu'une organisation dans le temps ou dans l'espace se manifeste clairement. On peut penser qu'il s'agit alors de mélanges de masses d'eau plus que de stratification proprement dite, la différence surface-fond étant le plus souvent inférieure à la différence entre deux points de surface voisins. Il faut, de plus, tenir compte d'une certaine hétérogénéité dans la répartition des températures de l'eau.

TEMPERATURE DE L'EAU

La faible profondeur du lac Ichkeul se traduit par des variations de la température de l'eau plus rapides et plus importantes que dans le lac de Bizerte ou dans la mer. Cette faible inertie thermique du lac Ichkeul se manifeste dans les cycles nycthémeraux, dans la répartition spatiale des températures, et probablement dans l'évolution saisonnière moyenne.

On retrouve donc diverses caractéristiques des lacs peu profonds et, notamment en ce qui concerne le cycle nycthémeral :

- température plus froide le matin dans les zones bordières,
- propagation rapide à toute la colonne de l'échauffement diurne superficiel (et refroidissement la nuit) favorisant un mélange vertical,
- mélanges verticaux et horizontaux entre les différentes masses d'eau.

Ces divers effets se combinent pour donner une allure désordonnée aux profils de température relevés au cours d'une même journée en différents points du lac (figure 8, 9, 10 et 11). Un aspect plus constant d'hétérogénéité est observé près de l'embouchure de l'oued Tinja à la fin de l'été, en période de courant entrant

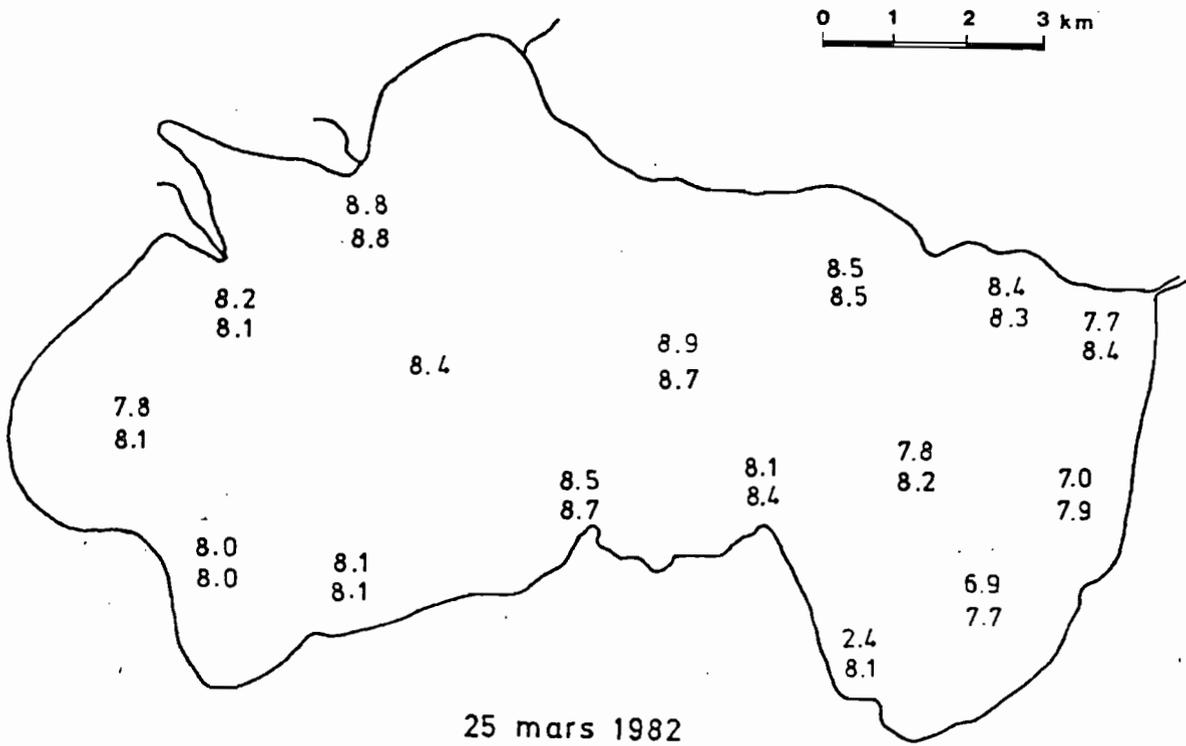
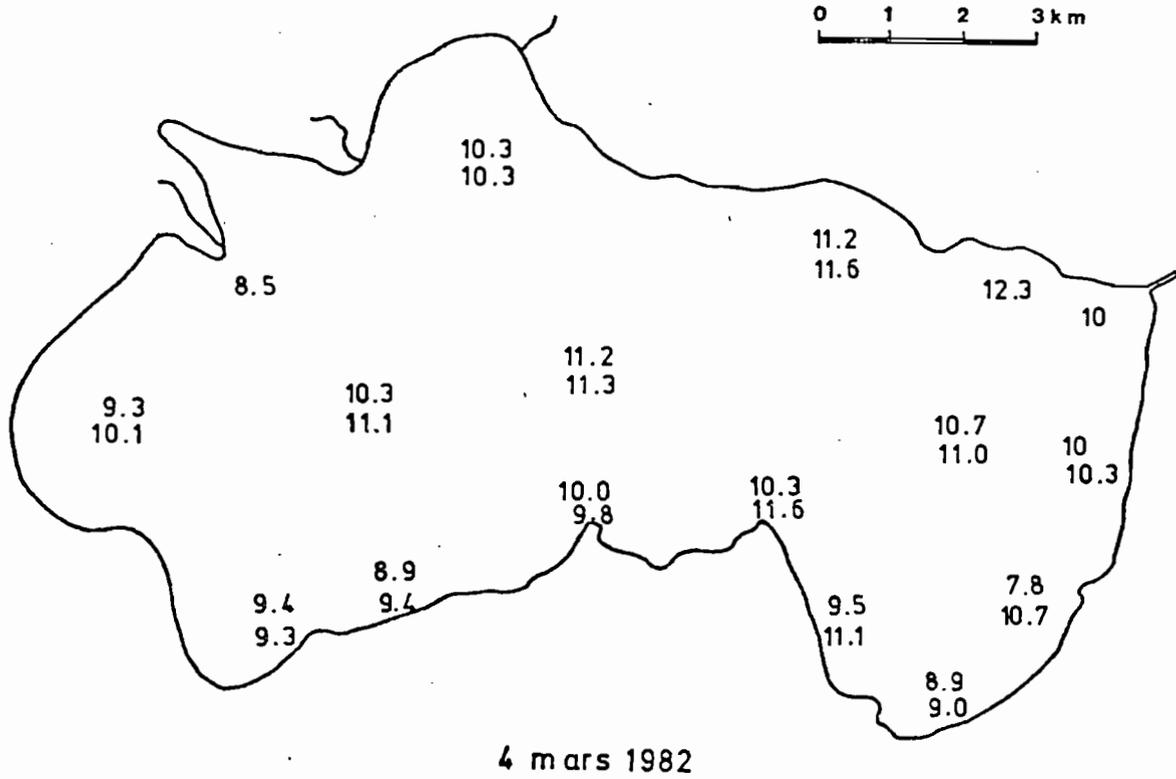


Figure 6 - Salinité en surface et au fond, 4 et 25 mars 1982 : pour chaque station la salinité de surface est indiquée au-dessus de celle du fond.

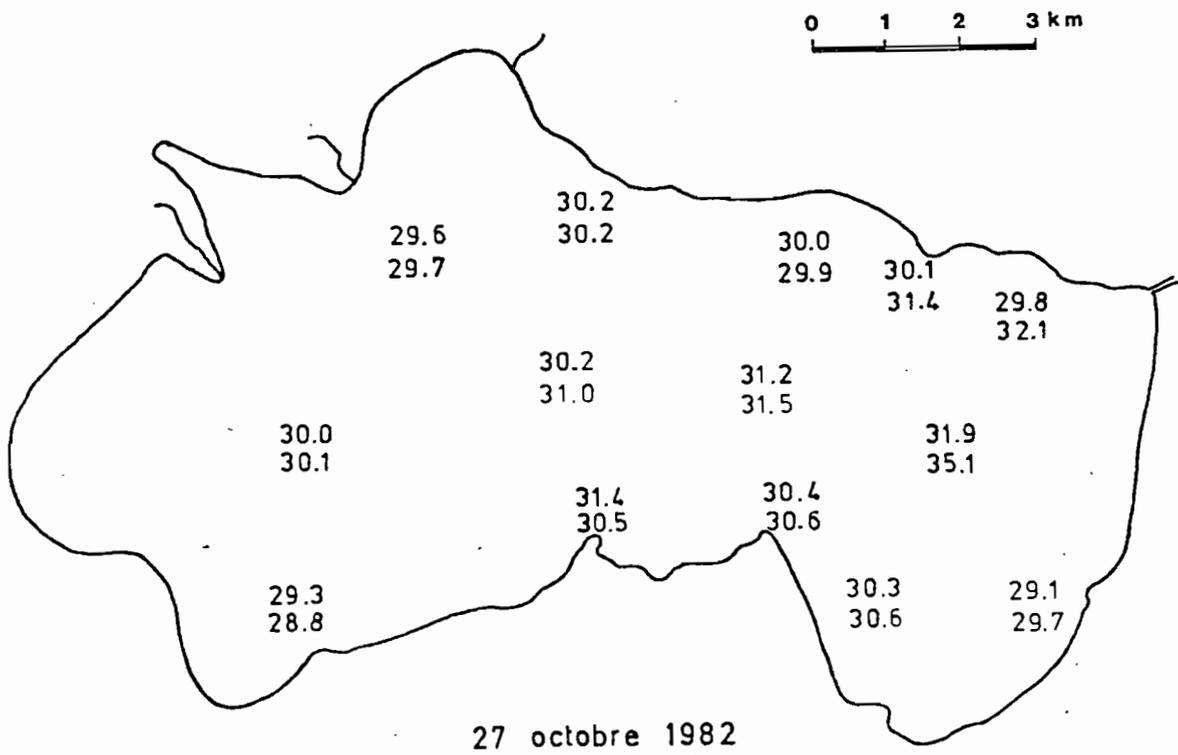
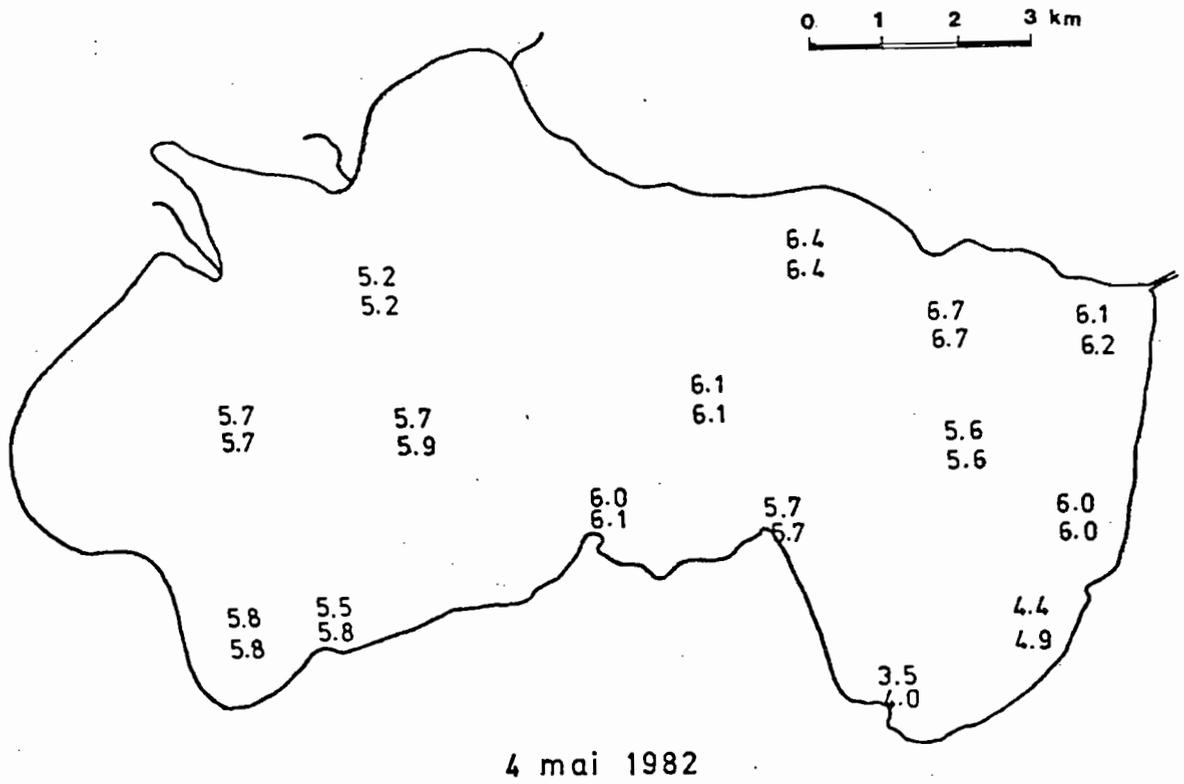


Figure 7 - Salinité en surface et au fond, 4 mai et 27 octobre 1982.

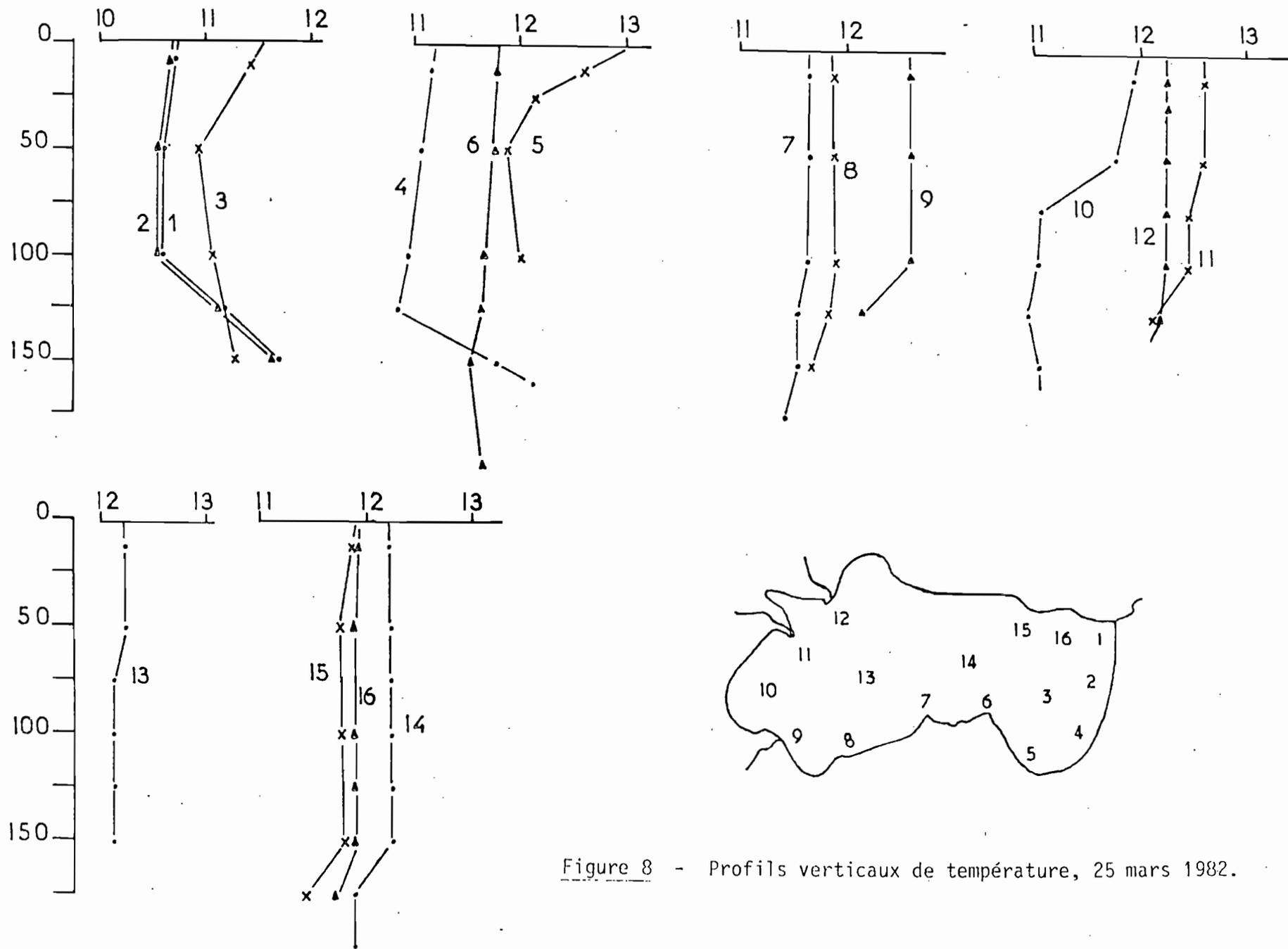


Figure 8 - Profils verticaux de température, 25 mars 1982.

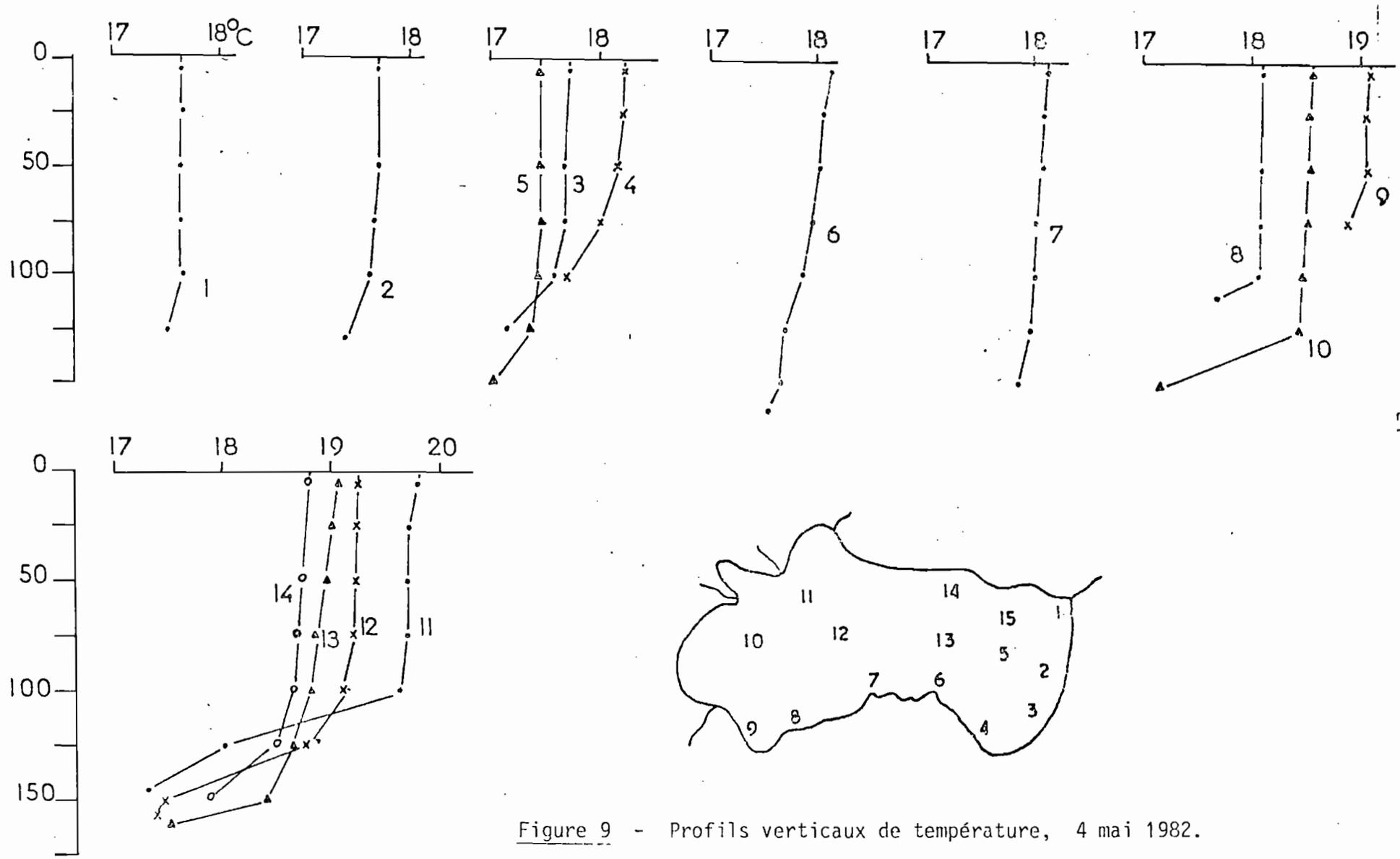


Figure 9 - Profils verticaux de température, 4 mai 1982.

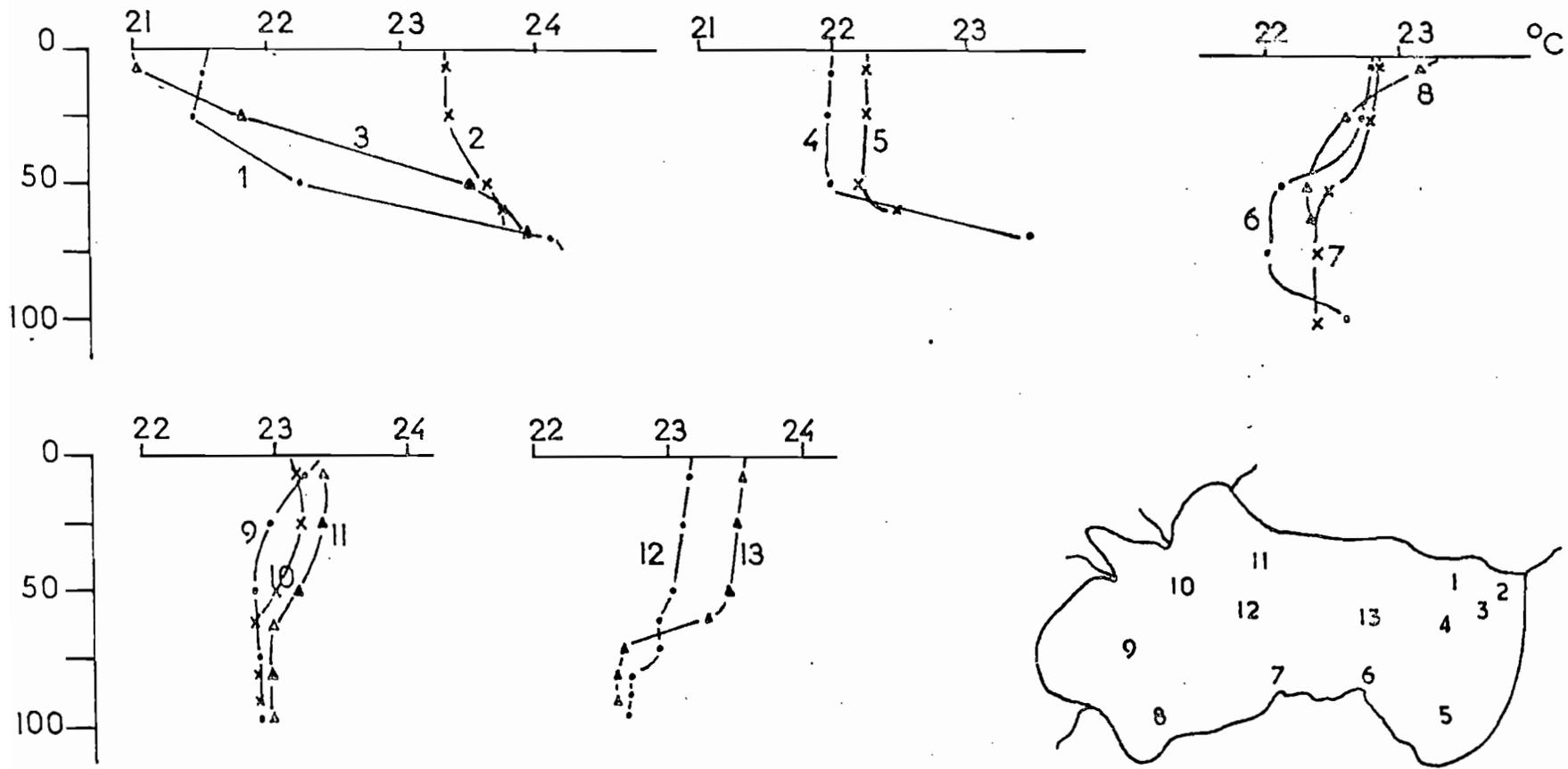


Figure 10 - Profils verticaux de température, 3 septembre 1982.

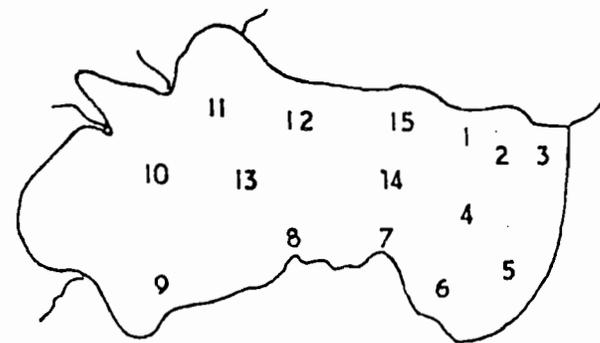
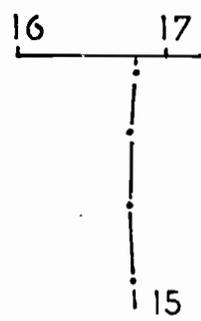
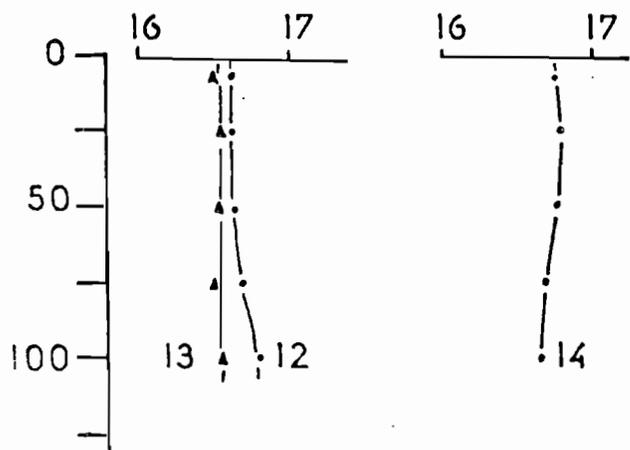
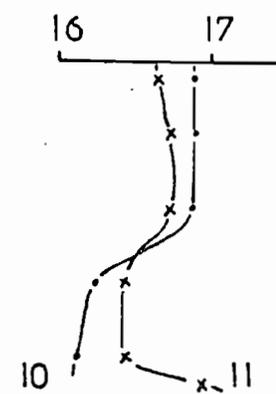
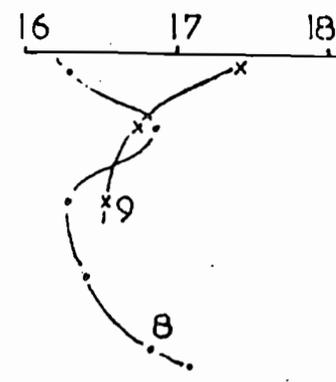
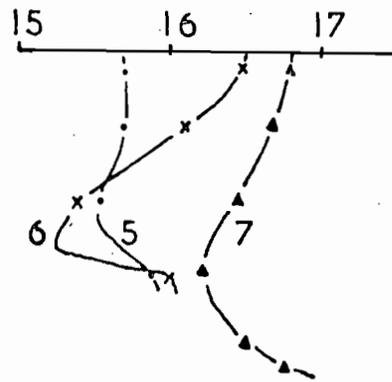
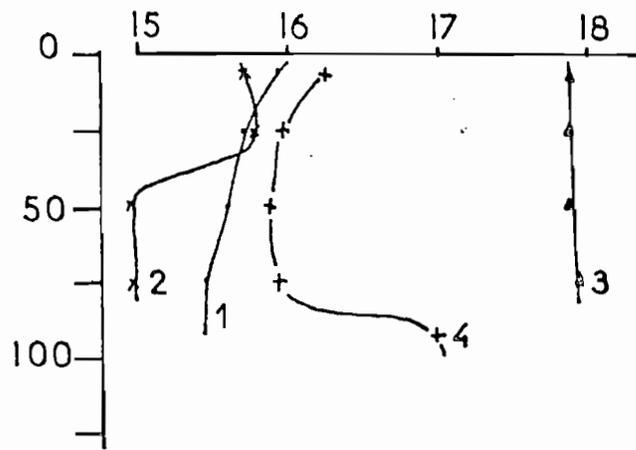


Figure 11 - Profils verticaux de température, 27 octobre 1982.

du fait de la plus grande inertie thermique du lac de Bizerte, l'eau se refroidit moins vite que celle du lac Ichkeul et apparaît donc plus chaude : un courant marin chaud pénètre alors dans le lac. C'était le cas le 27 octobre 1982 (t° de l'oued $17,9^\circ\text{C}$, t° du lac proche de 16 le matin, inférieure à 17 l'après-midi ; figure 11) et, moins nettement, dès le 3 septembre 1982 où l'oued est sensiblement plus chaud le matin ($23,3^\circ\text{C}$) que le lac en cours de matinée par temps calme et chaud ($21,0$ à $22,5$) (figure 10).

Les inversions de température entre lagune et mer, au printemps et en automne, sont un phénomène général en pays tempéré. Dans le cas du lac Ichkeul, leur relation avec le comportement migratoire des poissons est en cours d'étude.

TURBULENCE ET TRANSPARENCE

L'eau de l'Ichkeul a généralement une transparence faible et une couleur ocre indiquant la présence d'argile en suspension. Cet argile provient directement des oueds en période de crue, mais aussi du fond du lac lorsque la turbulence due au vent est assez forte, ce qui est fréquent.

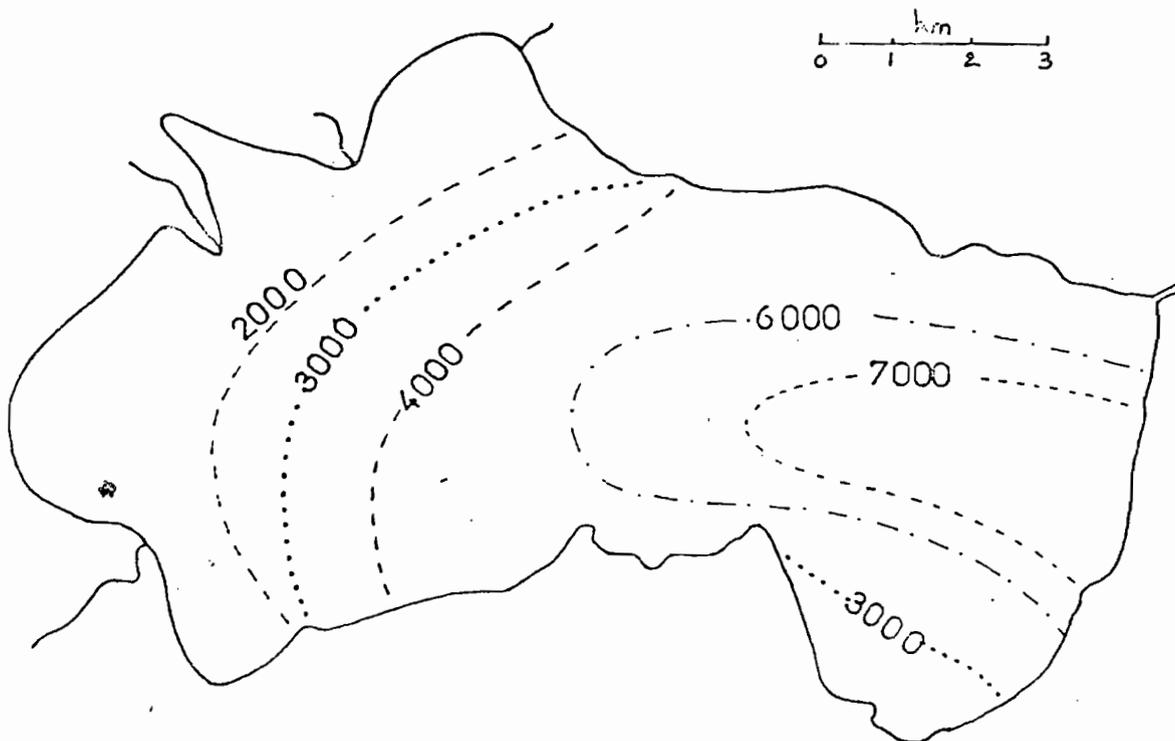


Figure 12 - Lignes d'égale course du vent sur le lac pour un vent de Ouest-Nord-Ouest (voir texte).

de 6 à 40 du 3 au 4 avril
de 12 à 57 du 2 au 4 mai 1982.

Des expériences au laboratoire ont montré que la vitesse de sédimentation ne varie pas sensiblement avec la salinité de l'eau.

Les mesures de transparence effectuées dans le lac, dont quelques exemples pour 1981-82 sont donnés figure 13, ne représentent donc qu'un état instantané du lac. De même, les différentes séries de valeurs observées, dont les moyennes et les écarts-types sont donnés dans le tableau I, ne peuvent donc indiquer une évolution saisonnière.

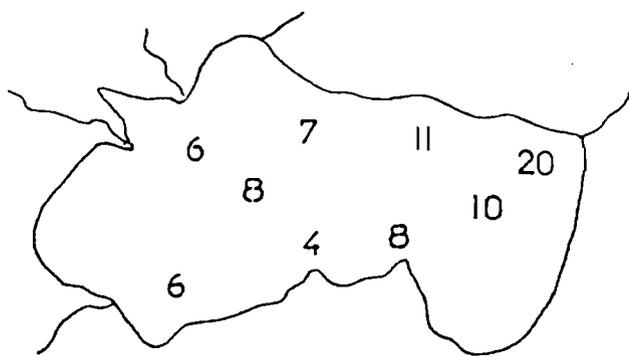
La répartition des transparences ne suit pas de règle discernable. Les plus fortes valeurs se trouvent parfois dans les herbiers, notamment au débouché de l'oued Tinja en période de courant entrant. Mais ce n'est pas toujours le cas, et les herbiers ne constituent pas une zone de transparence particulière.

CHLOROPHYLLE ET PHYTOPLANCTON

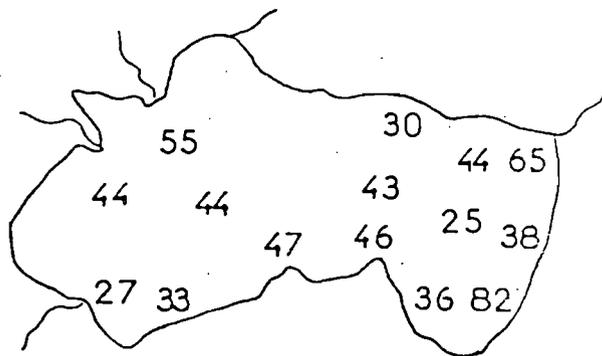
Le phytoplancton est difficile à estimer dans une eau souvent très chargée en particules minérales. Les mesures faites en 1981 (figure 14) indiquent des concentrations notables en chlorophylle, comprises entre 3 et 27 mg Chl_a m⁻³ (sans correction des produits de décomposition).

Ces valeurs résultent d'un équilibre dynamique entre production nette et respiration du phytoplancton. Dans un lac comme l'Ichkeul, la biomasse dépend de nombreux facteurs dont la transparence et la profondeur. Compte tenu de l'ordre de grandeur habituel des paramètres de la photosynthèse, on peut estimer ici que les conditions physiques (profondeur et transparence) ne limitent pas la concentration du phytoplancton tant que la transparence DS est supérieure à 0,2 Z, Z étant la profondeur. Les observations dans l'oued Tinja indiquent que, en moyenne, les conditions d'éclairement dans la masse d'eau pourraient permettre une biomasse phytoplanctonique supérieure. La question nécessite cependant des mesures complémentaires, notamment en ce qui concerne l'énergie lumineuse incidente.

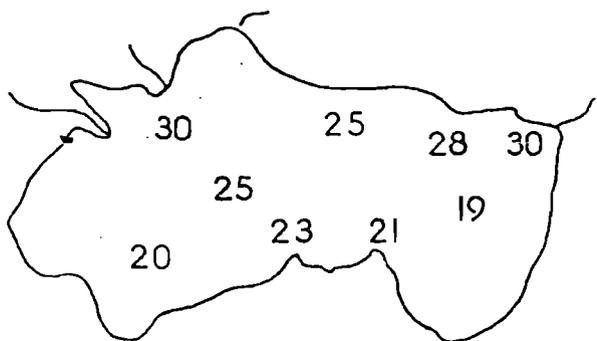
Le cycle des éléments nutritifs, phosphore et azote, est dominé par la présence des herbiers avec, en été, beaucoup plus d'azote (0,7 mg l⁻¹) et de phosphore (0,02 mg l⁻¹) organique dissous que d'azote (< 0,01 mg l⁻¹) ou de phosphore (0,005 mg l⁻¹) minéral dissous. Ces chiffres peuvent par ailleurs faire



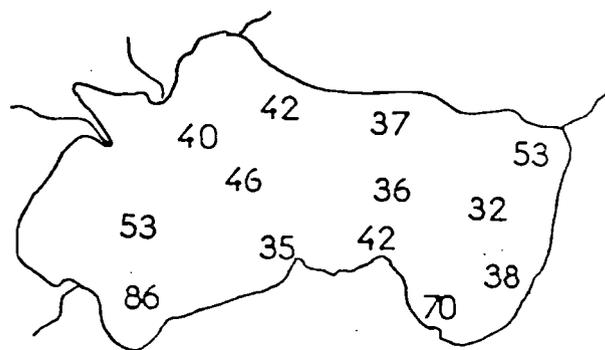
12-11-81



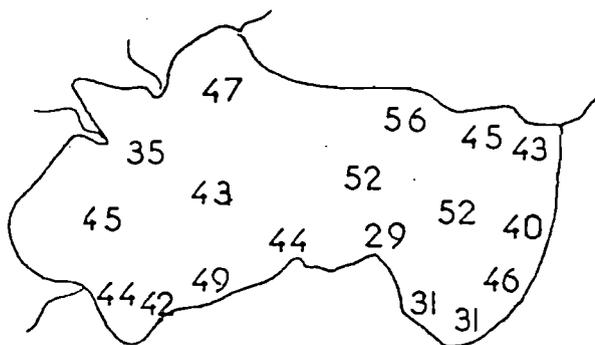
04-05-82



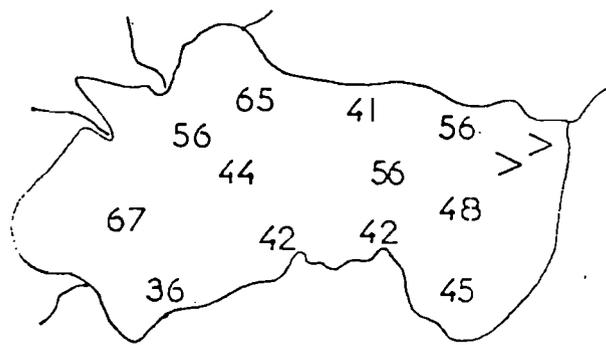
18-12-81



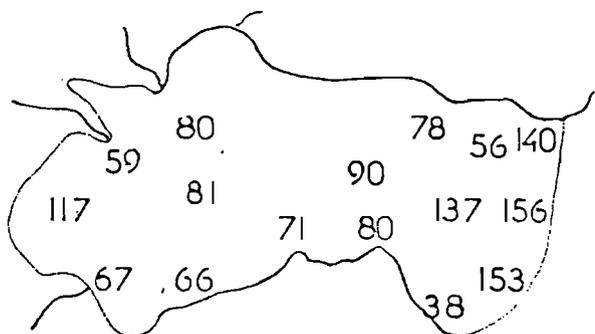
08-06-82



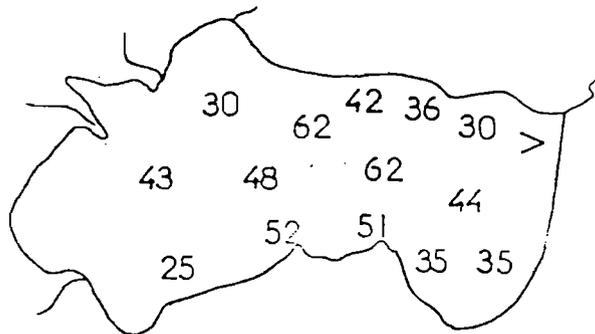
04-03-82



03-09-82



25-03-82



27-10-82

Figure 13 - Répartition de la transparence DS (cm) mesurée au disque de Secchi aux dates indiquées (le signe > indique que le disque est visible au fond).

Tableau I. Transparence moyenne dans le lac Ichkeul : date, nombre de mesures (n), moyenne (\overline{DS} , cm) et coefficient de variation (C.V., %)

Date	n	\overline{DS}	C.V. %
12.12.80	12	93	30
10.03.81	19	83	26
08.05.81	19	21	33
26.06.81	8	25	22
09.07.81	8	49	16
04.09.81	9	50	17
21.09.81	9	14	76
19.10.81	9	11	23
12.11.81	9	9	52
18.12.81	9	25	16
04.03.82	18	44	15
25.03.82	17	94	38
04.05.82	15	44	33
08.06.82	13	47	32
03.09.82	12	50	19
27.10.82	14	42	26

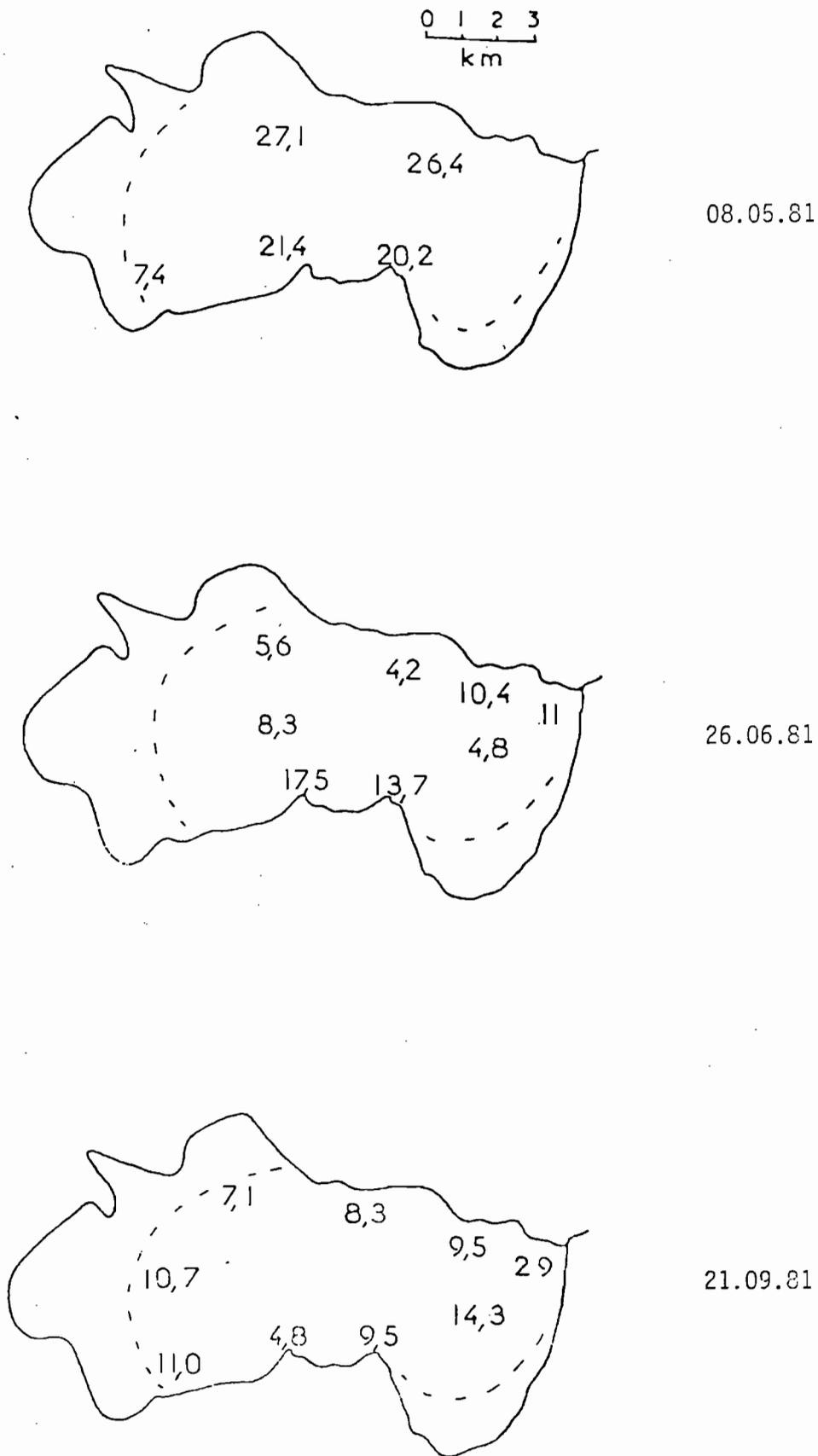


Figure 14 - Mesures de chlorophylle du phytoplancton en 1981 (mg Chl a m⁻³).

L'étude de l'Institut National de la Météorologie sur les fréquences du vent à Bizerte porte sur les directions et les vitesses instantanées à 6, 12 et 18 heures, pour la période 1951-1970. Nous pouvons estimer que le vent moyen à Ichkeul est semblable à celui de Bizerte. En extrapolant les vitesses instantanées à la journée entière, le vent moyen est de 412 km par jour.

Les vents de secteur ouest à nord-ouest dominant en hiver, mais restent instables en été où souffle également un vent d'est à sud-est (d'avril à octobre).

Le vent de secteur W, WNW et NW souffle en moyenne 93 jours par an à plus de 5 m/s, dont 28 jours à plus de 9 m/s. Compte-tenu de l'orientation est-ouest du lac, la fréquence et la force de ces vents expliquent la turbidité de l'eau.

Il y a en effet une relation entre la vitesse du vent, sa course sur la surface d'un lac, et la profondeur de la couche d'eau touchée par la turbulence ainsi créée. Lorsque la profondeur est inférieure à la zone de mélange, les particules du sédiment superficiel sont remises en suspension.

Un calcul de la course du vent a été fait pour la direction WNW, pour 48 points du lac ; les courbes d'égale course de ce vent (iso-fetch) sont représentées figure 12. Cette figure représente la course du vent sur le lac, mais il faut tenir compte du fait que le jebel Ichkeul diminue la vitesse du vent sur la partie sud-est du lac. A course égale, la turbulence y sera donc moins grande.

Pour des vents de 5 m/s, la turbulence théorique influe sur les sédiments sous 2 m d'eau après une course de 3000 m. La profondeur du lac étant presque toujours inférieure à 2 m, la plus grande partie de sa surface est donc affectée par la remise en suspension des argiles à l'exception de la zone ouest et de la région à l'abri du jebel. Ces deux zones correspondent aux herbiers à *Potamogeton*. Le centre du lac, au nord de l'extrémité Est du jebel, est soumis à la plus grande turbulence.

Les particules remises en suspension peuvent sédimenter rapidement par temps calme. Au laboratoire, une colonne d'eau de 0,5 m, de transparence initiale 11 cm, s'éclaircit jusqu'à être limpide ($DS > 100$ cm) en 30 heures.

Pour le lac, quelques exemples peuvent donner une idée (données de l'oued Tinja en courant sortant continu) :

DS varie de	5 à 20 cm	du 27 au 28 février 1982
	de 12 à 34	du 7 au 8 mars
	de 7-18-20-48	du 22 au 25 mars

penser qu'un ou plusieurs éléments nutritifs limitent la biomasse du phytoplancton. Des expériences spécifiques sont cependant nécessaires pour une analyse plus sûre de ce problème qui est compliqué par la compétition entre herbiers de bordure et phytoplancton.

CONCLUSION

Quelques éléments de l'hydroclimat du lac Ichkeul en 1981-82 permettent de caractériser le lac au cours d'une année d'hydrologie moyenne. Les observations mensuelles, associées aux mesures quotidiennes dans l'oued Tinja, définissent assez exactement le cycle annuel ainsi que les répartitions spatiales. Nous pourrions donc, en fonction du comportement des poissons dans le lac et dans l'oued Tinja pendant la même période, tenter de déterminer les conditions de milieu favorables au développement de la pêche.

REFERENCES

- . HOLLIS G.E., 1977 - A management plan for the proposed Parc National of Ichkeul. Conservation Reports n° 10, University College London, 240 p.
- . ZAOUALI J., 1975 - Contribution à l'étude écologique du lac Ichkeul (Tunisie Septentrionale). Bull. Inst. Nat. Sci. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô, 4, 1, 115-124.

III - ORGANISATION DE LA PECHE ET STATISTIQUES

DE PRODUCTION DU LAC ICHKEUL*

G. VIDY

L'Office national des pêches gère l'exploitation du lac Ichkeul, dont la production moyenne annuelle pour la période 1962-1980 a été de 128 tonnes. Cette production est obtenue par trois moyens de pêche et porte essentiellement sur les muges et les anguilles.

LES ESPECES PRINCIPALES

L'essentiel de la production de la pêche est assuré par les muges. Deux espèces sont bien représentées dans le lac, *M. (Mugil) cephalus* et *M. (Liza) ramada*. Les statistiques de l'office regroupent ces espèces en trois catégories :

- les bigerans, qui comprennent essentiellement les *M. ramada* mais également les plus petits individus de *M. cephalus*,
- les mulets qui correspondent presque exclusivement à *M. cephalus* mais peuvent également englober les plus grands individus de *M. ramada*,
- les femelles, catégorie concernant uniquement les femelles oeuvées de *M. cephalus* destinées à la préparation de la boutargue.

L'ensemble des muges représente en moyenne 67,6 % de la production totale des années 1977 à 1981.

Parmi les autres espèces capturées, il convient de distinguer l'anguille (*A. anguilla*) dont la production assure en moyenne actuellement près de 25 % de la production totale.

* Rapport rédigé dans le cadre du Protocole d'Accord de Coopération signé entre le CGP et l'ORSTOM en septembre 1980, avec la collaboration de R. TABBICHE et du personnel de l'ONP à Tinja : S. FARJALLAH, M. HAMDY et I. TAHIA.

Viennent ensuite, dans l'ordre décroissant d'abondance, le loup (*D. labrax*), les soles (*S. vulgaris*), les barbeaux (*B. barbuis*). Plus rares sont les aloses (*A. fallax*), les corbs (*S. umbra*) voire les daurades (*S. aurata*).

ORGANISATION DE LA PECHE

Le lac Ichkeul est exploité à l'aide de trois types d'engins, la bordigue, installée à 200 m du lac sur l'oued Tinja, les filets trémails utilisés soit en filets dormants, soit en pêche active (pêche au bruit), et les barrages de nasses, destinés plus spécialement à la capture des anguilles.

La bordigue

La bordigue de Tinja est de type classique. Sur une armature métallique en rails et cornières coulissent des panneaux grillagés de 2 m x 2 m. La maille carrée du grillage utilisé a 16 mm de côté (voir FARRUGIO, 1975, pour une description plus complète).

Sur certains panneaux situés du côté lac, le grillage à mailles de 16 mm est remplacé par des grilles à mailles plus larges réalisées manuellement à l'aide de fil de fer galvanisé. Cet aménagement a pour but de permettre le retour au lac des plus petits poissons entrant dans la bordigue.

L'engin est destiné à capturer principalement les poissons quittant le lac lors des migrations de reproduction. Deux pièges comprenant chacun trois chambres de capture, pêchent les poissons venant du lac. Une seule chambre de capture, ouverte au centre du barrage, permet de pêcher des poissons qui se dirigent vers le lac.

De part et d'autre de la bordigue proprement dite, à environ 50 mètres, sont édifiées deux pare-herbes construites avec les mêmes matériaux que la bordigue. Elles arrêtent l'essentiel des nombreux débris de végétaux aquatiques qui sont charriés par le courant.

La bordigue de Tinja est désarmée chaque hiver. Ce désarmement correspond à la période de déversements maximaux du lac Ichkeul vers le lac de Bizerte qui se traduisent par un courant très violent dans l'oued, interdisant toute pêche continue. Les dates de désarmement et de remise en pêche sont donc variables ; au cours des dernières années, elles ont été les suivantes :

du 7.2 au 4.5.78
du 20.2 au 15.5.79
du 9.3 à début mai 1980
de début décembre au 1.5.81
du 26.1 au 6.6.82.

De brèves périodes de remise en pêche de la bordigue pendant le désarmement ont permis de réaliser des captures appréciables de loups (*D. labrax*). Ce cas s'est produit en janvier 1982 où, du fait du retard des déversements, la bordigue maintenue en pêche a produit un peu plus de 500 kg de loups dont la majorité de grande taille (longueur standard supérieure ou égale à 300 mm).

Les filets trémails

Les filets trémails utilisés sont constitués d'une nappe intérieure en filet de maille 28 mm (dimension du côté) et, pour les nappes extérieures (baretta) de filet à maille de 140 mm en moyenne. Le montage est fait à 50 %. La longueur des filets est d'environ 400 m.

L'office des pêches dispose de 5 équipes constituées chacune de 2 barques à rames manoeuvrées par deux pêcheurs. Chaque barque est équipée d'un filet. Les barques de pêche sont remorquées jusqu'aux lieux de pêche par des barques à moteur.

La pêche dite "active" ou "au bruit" se pratique de jour essentiellement. Les bancs de poissons préalablement repérés sont encerclés, puis, les barques étant à l'intérieur du cercle de filets, les marins frappent sur la coque des barques pour effrayer le poisson.

La nuit, les mêmes filets peuvent être posés en filets dormants en pêche dite "au poste".

L'effort de pêche varie peu au cours de l'année avec toutefois une légère baisse en hiver (réduction du nombre de journées en pêche, diminution de la quantité de filets embarqués), principalement à cause du mauvais temps.

Antérieurement à 1981, le nombre d'équipes de barques sur le lac n'était que de 3. Les données précises d'effort de pêche pour ces années manquent et, d'autre part, il est encore trop tôt pour apprécier l'effet de la récente augmentation de l'effort sur le stock.

Les barrages de nasses

Principalement destinés à la capture des anguilles, ces barrages sont constitués d'une nappe de filet en maille de 12 mm de côté, les nasses (verveux) longues d'environ 4 à 5 mètres sont à maille décroissante de 15, 12, 11 et 9 mm. Une bonne description de l'engin est donnée par SANEKLI (1981).

Ces barrages, actuellement au nombre de 4 sont installés à la mi-octobre et restent en pêche pratiquement jusqu'au désarmement de la bordigue.

Les barrages de nasses sont installés par des pêcheurs italiens, et les anguilles exportées vers l'Italie.

DONNÉES ANCIENNES SUR LA PRODUCTION

Les données de HELDT (1948), GRUVEL (1926), ainsi que les statistiques éditées par la Station de Salammbô dans les années 1920-1930, fournissent des renseignements sur la production totale de l'Ichkeul de 1922 à 1937. D'autres données sur l'exploitation des lacs Ichkeul et de Bizerte pour les années 1893 à 1905 peuvent également être trouvées dans HELDT (1948); (tableau I) (figure 1).

Pour les années 1926 à 1938, la production est en moyenne assurée à 90-95 % par les deux espèces de muges. La production annuelle totale pour la période 1922-1937 est de 57 tonnes. Aucune tendance n'apparaît dans l'évolution de la production, excepté une baisse sensible entre 1928 et 1932.

TABLEAU I - Données anciennes sur la pêche à Ichkeul (kg)

Année	Muges	Total	Lieu	Origine
1893	69.500		Bizerte + Ichkeul	HELDT (1948)
1894			" "	"
1895	154.300		" "	"
1896			" "	"
1897	110.600		" "	"
1898			" "	"
1899	119.800		" "	"
1900			" "	"
1901	58.100		" "	"
1902	74.100		" "	"
1903	55.400		" "	"
1904	43.600		" "	"
1905	64.400		" "	"
1906				
1916				
1917				
1918				
1920				
1921				
1922		110.000	Ichkeul	GRUVEL (1926)
1923		56.100	Ichkeul	GRUVEL (1926)
1924		28.500	Ichkeul	GRUVEL (1926)
1925		45.000		HELDT (1947)
1926	22.300	24.200	Sedjenane + Tinja (Ichkeul)	HELDT (1948)
1927	101.800	114.500	"	"
1928	121.400	127.400	"	"
1929	47.600	49.000	"	"
1930	17.600	25.000	"	"
1931	9.300	17.000	"	"
1932	6.100	8.700	"	"
1933	68.700	78.000	"	"
1934	44.700	48.651	"	Stat. Salambo
1935	27.500	36.000	"	HELDT (1948)
1936	68.400	87.100	"	"
1937	47.000	53.400	"	"
1938	54.200		"	"
1939				
1940				
1946	109.000	113.000	"	HELDT (1948)

Muges = tous les Mugilidés : *M. cephalus* et *M. ramada*

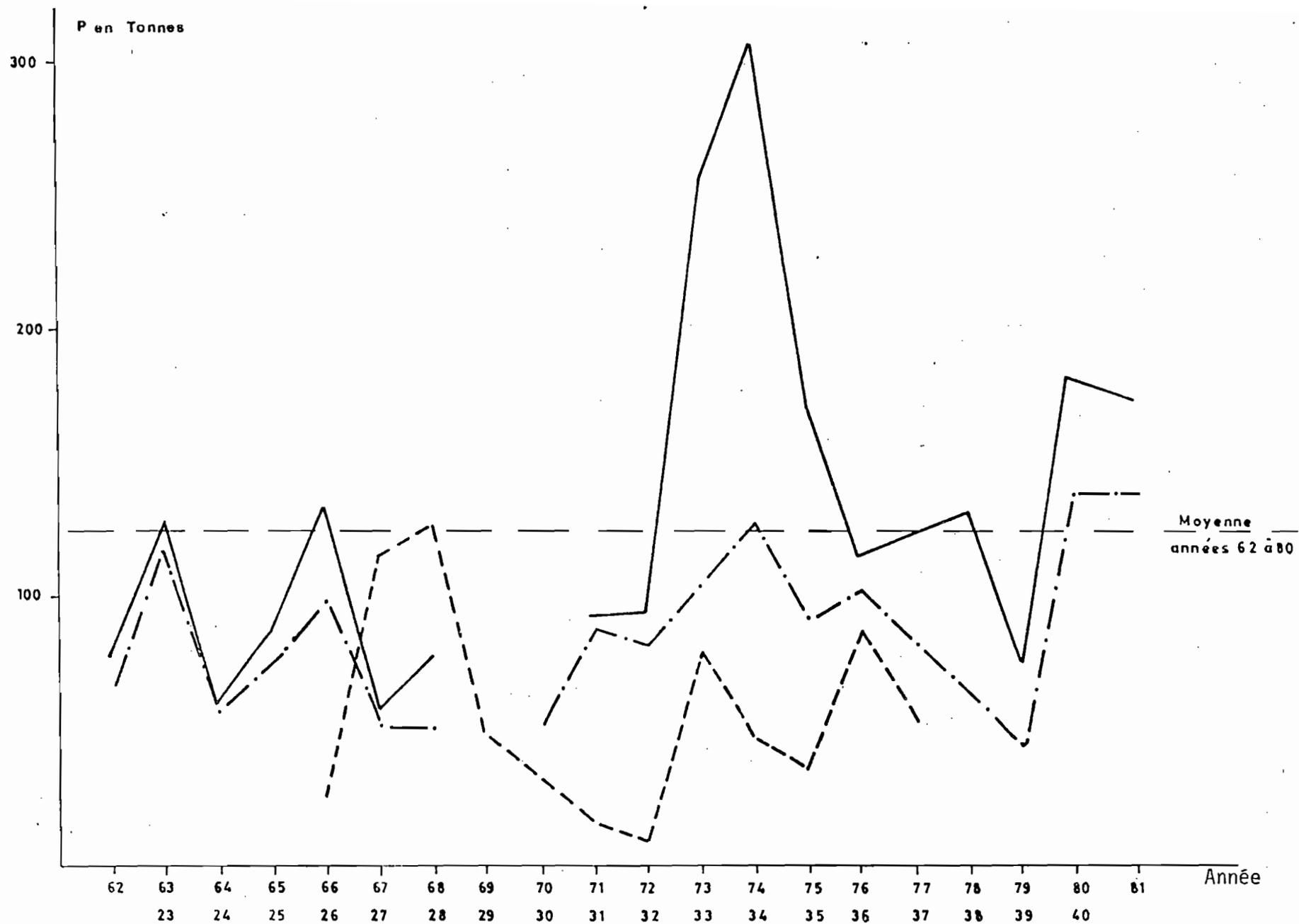


Figure 1 .- Production de la pêche à Ichkeul de 1926 à 1937 (- - -),
 Production totale de 1962 à 1981 (—),
 Production de muges de 1962 à 1981 (. — . — .)

HELDT (1931) attribue cette diminution de la production à un comblement partiel de l'oued Tinja et une réduction de l'afflux d'eau de mer dans l'Ichkeul au moment de la maturation sexuelle des muges. Les migrations ne se seraient pas faites, faute d'"appel marin".

DONNEES RECENTES SUR LA PRODUCTION

L'Office National des Pêches recueille depuis 1962 des statistiques de production mensuelle par espèce (ou par catégorie). De 1962 à 1973, les captures de tous les engins sont réunies. Depuis 1977 les productions par engin sont également disponibles (figure 2).

Le tableau II donne la production des muges toutes espèces confondues, celle des anguilles, la production totale ainsi que les pourcentages que représentent les productions de muges et d'anguilles dans la production totale.

Les productions très élevées d'anguilles en 1973 et 1974 marquent le début de l'exploitation de cette espèce à l'aide des nasses italiennes mentionnées plus haut. Les productions totales enregistrées pour ces deux années ne sont donc en aucun cas indicatrices du niveau potentiel de production du lac. Pour les mêmes raisons, les proportions de muges dans la production totale diminuent pour les années suivant 1973. En fait, la production de muges est sensiblement supérieure à ce qu'elle était entre 1926 et 1938 :

- production moyenne entre 1962 et 1981 : 86.500 kg
- production moyenne entre 1926 et 1938 : 48.969 kg

Il convient toutefois de souligner pour la période 1926 à 1938 une crise décrite pour la première fois par HELDT (1931) et ayant touché les muges de 1930 à 1932. Si l'on excepte ces trois années, la production moyenne pour cette période avoisine 60.000 kg.

La production totale annuelle moyenne pour les années disponibles entre 1962 et 1980 (17 années) s'élève à 128 tonnes environ, soit, pour 9.500 ha*, un rendement de 13,5 kg/ha. Les écarts à la moyenne sont

* voir la description du milieu

relativement importants avec 57,6 tonnes pour l'année la plus mauvaise (1967) contre 311 tonnes pour la meilleure (1974). Il est intéressant de constater que la plus faible production depuis 1962 est équivalente à la moyenne des productions des années 1922-1937. Il reste cependant difficile de comparer les deux périodes, faute d'information sur l'effort de pêche déployé par le passé. Outre la bordigue de Tinja, HELDT (1947) parle des pêcheries de Sedjenane sans préciser s'il s'agit de trémails ou d'autres engins.

Tableau II Données récentes sur la pêche à Ichkeul (kg)
d'après les statistiques de l'ONP

ANNEE	MUGES	ANGUILLES	TOTAL	MUGES %	ANGUILLES %
1962	66.254	1.795	78.493	84,4	2,3
1963	120.540	2.912	127.756	94,3	2,3
1964	58.336	1.306	60.321	96,7	2,2
1965	75.351	1.703	86.375	87,2	1,9
1966	99.509	26.455	133.453	74,6	19,8
1967	53.357	1.642	57.579	92,7	2,8
1968	52.609	10.448	78.716	66,8	13,3
1969					
1970	51.011	73	57.533	88,7	0,1
1971	88.390	215	92.105	96,0	0,2
1972	82.117	317	93.808	87,5	0,3
1973	107.075	129.053	258.198	41,5	50,0
1974	127.789	160.969	310.879	41,1	51,8
1975	91.366	77.929	173.703	52,6	44,9
1976	102.081	10.347	115.725	88,1	8,9
1977	80.895	33.079	123.130	65,7	26,9
1978	62.222	57.147	129.196	48,2	44,2
1979	46.651	27.524	81.125	57,5	33,9
1980	138.935	30.147	183.400	75,7	16,4
1981	140.176	22.164	176.532	79,4	12,5

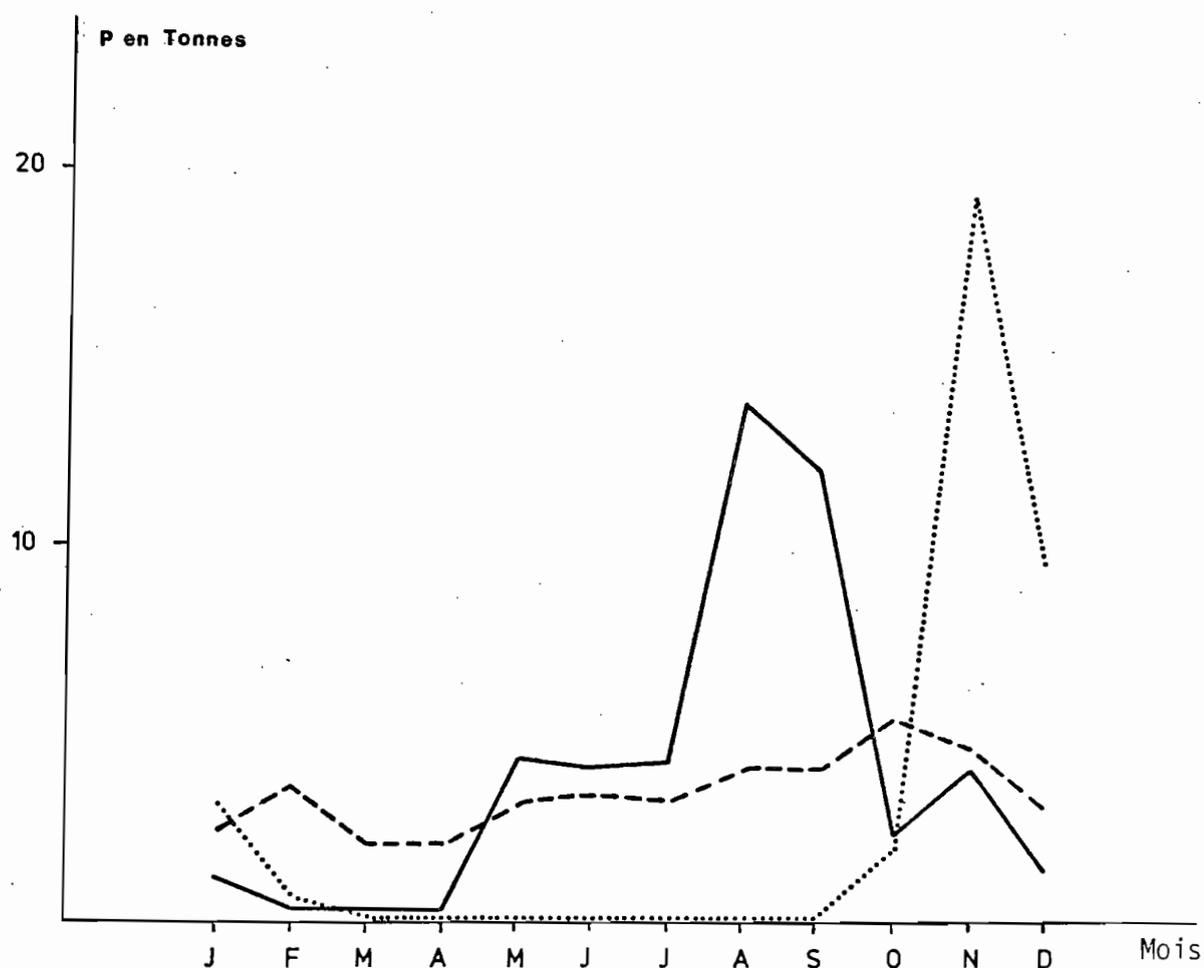


Figure 2 - Cycle annuel moyen de production des différents engins (en tonnes) : bordigue (—), filets (- - -) et nasses (· · ·)

Le tableau III donne les productions mensuelles moyennes, par espèces et totales, calculées à partir des données de la période 1977-1980. Deux pics apparaissent nettement. Le premier, en août-septembre est dû aux captures de mulets (*M. cephalus*) à la bordigue, le second se situe en novembre-décembre et est essentiellement le fait d'importantes captures d'anguilles réalisées par les nasses. Le tableau IV et la figure 2 mettent en évidence ces variations saisonnières de l'importance relative des engins. Les filets trémails, par exemple, assurent l'essentiel de la production au printemps. Les données concernant la production de la bordigue et des nasses pendant les périodes habituelles de désarmement correspondent à une utilisation occasionnelle, non continue de ces engins.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septemb.	Octob.	Novemb.	Décemb.
Anguilles	2733	671	308	241	62	15	23	13	13	1226	18417	13251
Bigerans	1302	1908	1057	1214	3924	3325	2419	2850	1997	5730	6197	1996
Barbeaux	287	559	306	145	475	68	14	3	-	59	74	179
Femelles	-	-	-	-	-	33	569	6983	9280	140	1	-
Loups	1367	857	87	137	344	273	215	398	346	313	784	1174
Mulets	1022	552	797	882	2565	3649	4155	7429	4410	2014	2161	941
Soles	176	53	91	22	157	165	57	49	25	25	49	92
Divers	67	103	66	38	53	92	71	88	96	91	117	64
TOTAL	6955	4703	2713	2709	7580	7607	7523	17832	16174	9775	27932	17707

TABEAU III - Productions mensuelles moyennes à Ichkeul, en kg
(calculées sur les années 77 à 80 ; tous engins confondus)

TABLEAU IV Production moyenne mensuelle par engin
et pourcentage relatif correspondant
 (données de la période 1977-1980).

	BORDIGUE		FILETS		NASSES	
	Moyenne kg	%	Moyenne kg	%	Moyenne Kg	%
Janvier	1268	18,2	2483	35,7	3204	46,1
Février	292	6,2	3636	77,3	775	16,5
Mars	289	10,7	2091	77,1	332	12,2
Avril	337,8	12,5	2085	77,0	287	10,6
Mai	4280	56,5	3189	42,0	112	1,5
Juin	4135	54,3	3389	44,5	83	1,1
Juillet	4264	56,7	3222	42,8	36,7	0,5
Août	13764	77,2	4048	22,7	19,2	0,1
Septembre	12075	74,6	4039	25,0	59,9	0,4
Octobre	2373	24,3	5451	55,8	1951	19,9
Novembre	4077	14,6	4650	16,6	19210	68,8
Décembre	1402	10,0	3029	21,7	9526	68,2
TOTAL	48556,8	38,7	41312	32,9	35595,8	28,4

REFERENCES

- FARRUGIO H. (1975) - Les muges (poissons, téléostéens) de Tunisie.
Répartition et pêche. Contribution à leur étude systématique
et biologique. Thèse Univ. Scien. Techn. Languedoc
Montpellier 201 p.
- HELDT H. (1931) - Sur le mal dont périssent les muges de l'Ichkeul
et sur les remèdes possibles. Notes station Océan. de
Salammbô. 17, 1-8
- HELDT H. (1947) - Contribution à l'étude de la biologie des muges
des lacs tunisiens. Bull. Station Océan. de Salammbô. 41, 2-35.
- HELDT H. (1947) - Résultats pratiques de l'application des mesures
préconisées en 1931 pour combattre le mal qui décimait alors
les muges de l'Ichkeul. Bull. Station Océan. de Salammbô
n° 42, 35-49.
- GRUVEL (1926) - L'industrie des pêches sur les côtes tunisiennes
Station Océan. de Salammbô, Bull. n° 4, 126 p.
- Tableaux statistiques des pêches maritimes en Tunisie
Années 1934-1935-1936-1937. Station océan. de Salammbô
- SANEKLI M. (1981) - Les anguilles du lac de Tunis.
DEA Univ. de Tunis, 94 p.

IV - EXPLOITATION HALIEUTIQUE ET CONDITIONS DE MILIEU DANS LE LAC ICHKEUL*

J. LEMOALLE, G. VIDY

En fonction des observations sur la biologie des pêches et sur quelques éléments de l'hydroclimat du système lac Ichkeul-oued Tinja, nous pouvons essayer de définir quelles sont les conditions qui permettent l'exploitation actuelle du lac, et les modifications qui pourraient résulter d'un aménagement du régime hydrologique du système.

LES CONDITIONS DE L'EXPLOITATION ACTUELLE

L'exploitation actuelle s'exerce sur un stock d'origine marine qui dépend de l'arrivée naturelle des juvéniles en provenance de la mer, essentiellement alevins de muges et civelles. Adultes, les muges sont capturés soit dans le lac par pêche au filet, soit à la bordigue lors de leur migration de reproduction vers la mer. Les barrages de nasses utilisés pour les anguilles combinent les deux types de pêche et capturent principalement des anguilles argentées prêtes à migrer.

Pour la pêche à la bordigue, un libre passage dans l'oued avec courant entrant est nécessaire en août-septembre pour *M. cephalus*, ainsi que pour *M. ramada* en octobre-novembre (figure 1). Cette deuxième période correspondait en 1981 à la fin du courant entrant.

Les anguilles sont prises dans le lac en période de courant sortant (novembre-décembre) mais nous ne connaissons pas l'influence du courant sur leur comportement.

* Rapport rédigé dans le cadre de l'accord de coopération signé entre le CGP et l'ORSTOM en septembre 1980.

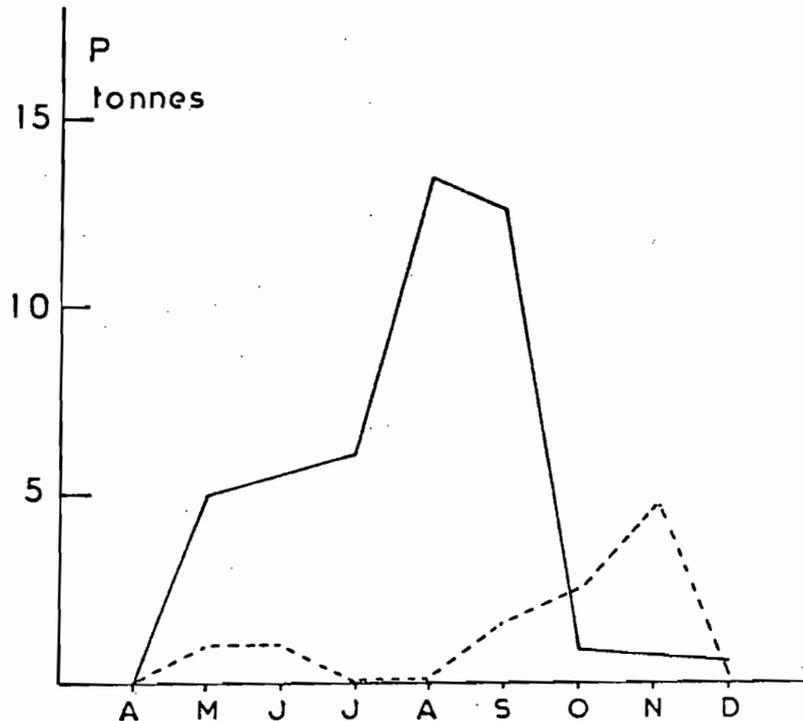


Fig. 1 : Cycle de capture des muges à la bordigue en 1981.
En trait plein, catégories mulets et femelles ;
En tireté catégorie bigerans.
L'augmentation d'avril à mai correspond à la reprise de la pêche ; le pic d'août-septembre est dû à *M. cephalus* mature ; le pic de novembre représente la sortie de *M. ramada* mature.

La venue des juvéniles dans le lac est encore mal connue. Il est estimé (FARRUGIO, 1975) pour d'autres lagunes, que les jeunes muges qui naissent en mer arrivent à la côte un mois après la ponte. Le lac de Bizerte, s'il n'est pas lieu de fraie, représente un trajet supplémentaire pour les jeunes.

Les juvéniles de *M. cephalus* pourraient donc se présenter devant l'oued Tinja en novembre ou décembre, et rencontrer alors un courant sortant plus ou moins fort suivant la pluviométrie de l'automne. Nous devons donc considérer que leur recrutement dans le lac peut se faire avant et/ou après la pointe de crue de l'oued Tinja, soit en novembre, décembre, mars et avril. Les jeunes *M. ramada* étant plus probablement

recrutés en mars et avril. Des civelles ont été observées à leur arrivée dans différentes lagunes tunisiennes en avril 1981 ; plus généralement, il faut situer leur avalaison au printemps.

Les conditions de recrutement peuvent donc se définir par un courant sortant d'eau nettement moins salée que la mer, en novembre-décembre puis en mars-avril-mai, pour les observations dont nous disposons. Un courant de force moyenne (correspondant pour 1981-82 à une hauteur H à l'échelle du limnigraphe comprise entre 50 et 100, soit 0,85 à 1,35 m NGT), et suffisamment prolongé, offre des conditions favorables.

LES MODIFICATIONS A ENVISAGER

L'état actuel des connaissances hydrologiques (HOLLIS et al., 1977 - HOLLIS, 1981) indique que la mise en eau du barrage de l'oued Joumine a peu de chances de modifier sensiblement le cycle hydrologique actuel du lac. Ses effets éventuels sur la biologie des pêches seront donc peu discernables, compte tenu de la variabilité due à d'autres causes. Des mesures conservatoires semblent, dans ce cas, prématurées.

Dans une phase ultérieure, l'établissement d'une écluse est envisagé à l'embouchure de l'oued Tinja près du lac Ichkeul. C'est l'une des solutions possibles pour conserver au Parc National son intérêt. La gestion du niveau de l'eau recommandée par HOLLIS et al. (1981) est schématisée figure 2, avec maintien du niveau $H > 120$ jusqu'au 1er avril, lachures en avril pour atteindre $H = 40$ au 1er mai, et libre circulation de l'eau (courant entrant) jusqu'au 1er novembre. Fermeture de l'écluse à cette date, ou avant si le niveau commence à croître, jusqu'en avril, avec déversements pour H supérieur à 200.

Cette régulation du niveau, destinée à la conservation des marécages, interfère avec certains besoins de la biologie des pêches :

- l'activité de la bordigue n'est pas modifiée pour *M. cephalus*, mais pratiquement arrêtée pour *M. ramada*,
- il est probable qu'un déploiement différent des nasses à anguilles serait nécessaire,

- le recrutement éventuel d'automne est totalement arrêté sauf si un léger courant sortant est maintenu en novembre-décembre.
- le recrutement de printemps serait conservé en partie si les alevins peuvent franchir le seuil de l'écluse. Un allongement de la période de lachure en mars et mai semble également nécessaire.

Une modification de la salure du lac est aussi à prendre en compte ; bien que les prévisions actuelles manquent de précision, des augmentations des salures minimale (printemps) et maximale (septembre-octobre) sont à envisager.

Une diminution de la salure minimale pourrait être obtenue par une ouverture de l'écluse au début de la remontée du niveau dans le lac, qui permettrait l'évacuation d'un maximum de sel pour un minimum de perte en eau. Une augmentation par rapport à l'état actuel (2 à 6 g l⁻¹) de la salure de courant sortant d'hiver et printemps pourrait permettre, outre la remontée des espèces actuelles, l'installation dans le lac d'espèces moins euryhalines.

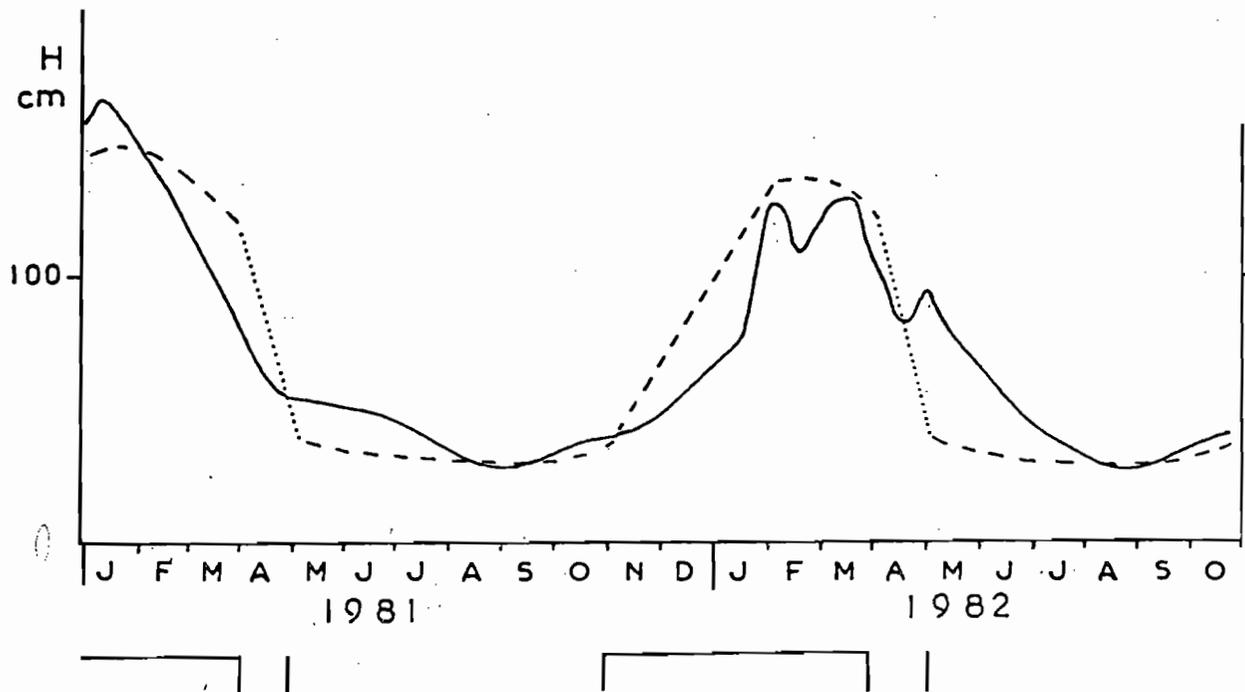


Figure 2 - Variations du niveau de l'eau en 1981-82 (trait plein) et gestion proposée du niveau et de l'écluse d'après HOLLIS (1981). En tireté pour des niveaux non exactement contrôlés, en pointillé pour les niveaux définis (avril).

Cependant, salure minimale et salure maximale étant liées, il existe un seuil au-delà duquel de profondes modifications interviendraient dans le lac, notamment en ce qui concerne l'herbier à *Potamogeton* qui pourrait être remplacé par *Ruppia*. Il est difficile d'envisager à ce stade le comportement des poissons et la productivité du lac.

CONCLUSION

Compte tenu des informations disponibles, une première évaluation de l'impact, sur la pêche, de la construction des barrages dans le bassin versant du lac Ichkeul permet de préciser certains points.

Le barrage sur l'oued Joumine seul ne semble pas justifier la construction d'ouvrages de régulation sur l'oued Tinja. Ce qui permettrait de combler les importantes lacunes qui subsistent dans la connaissance du milieu : modèle hydrologique à compléter, notamment en ce qui concerne la salure de l'eau, sensibilité du paysage lacustre à la salinité, étude en cours sur le recrutement des juvéniles.

Un effort de recherche dans ce sens peut être considéré comme un investissement raisonnable comparé à l'activité socio-économique que représente la pêche, dont la production a été évaluée à 265.000 D.T. en 1980 et 329.000 D.T. en 1981.

Dans l'état actuel de la recherche, nous proposons des modifications mineures à la gestion de l'écluse proposée par HOLLIS (1981), de façon à limiter les effets de l'écluse sur la pêche. Cette gestion n'est cependant possible, en année sèche, qu'avec des lachures d'eau importantes des barrages amont, sans lesquelles l'évolution du milieu pourrait être rapide et difficilement réversible. Le choix qui devrait alors être fait dans les priorités d'utilisation de l'eau, conditionne dès maintenant les scénarios possibles pour la sauvegarde de la pêche dans le lac Ichkeul.

REFERENCES

- FARRUGIO H., 1975 - Les muges (Poissons Téléostéens) en Tunisie.
Contribution à leur étude systématique et biologique.
Thèse, Université Montpellier, 201 p.
- HOLLIS G.E. ed., 1977 - A management plan for the proposed Parc National
de l'Ichkeul, Tunisia. University College London, Conservation
reports n° 20, 240 p.
- HOLLIS G.E., 1981 - Les programmes de conservation de la nature et de
gestion des eaux du Parc National de l'Ichkeul.
University College London, Discussion Papers in Conservation
n° 31, 31 p.

V - OUED TINJA ET LAC ICHKEUL - COMPLEMENT D'OBSERVATIONS SUR L'HYDROCLIMAT (1982 - 83)

Les résultats présentés ici complètent, pour la période de novembre 1982 à juin 1983, les observations effectuées dans le cadre du programme CGP-ORSTOM en 1981-82 et publiées dans les rapports et Documents de l'INSTOP (1983, n°1). Ces nouvelles observations, peu nombreuses faute de personnel et de bateau, ont cependant une utilité : venant en complément d'une série plus consistante, elles permettent de mieux apprécier la variabilité interannuelle du régime du lac.

Température de l'eau

Les mois de janvier et surtout février 1983 sont sensiblement plus froids qu'en 1982. Les résultats sont reportés dans le tableau 1 où le signe ° indique que la moyenne calculée porte sur 2 à 3 mesures.

Tableau 1 - Température de l'eau dans l'Oued Tinja, le matin en surface (°C)

	1982			1983	
	O	N	D	J	F
1-5	24,1	17,3	10,6	-	11,5
6-10	22,1	18,1°	12,4	11,1	10,0
11-15	21,2	17,0	12,2	11,11	8,2°
16-20	21,0	12,5	-	11,2°	9,8
21-25	19,5	13,1	-	10,0	11,0°
25 -	-	13,0	-	11,2	-

Niveau et salure de l'eau de l'Oued Tinja

Les variations sont représentées figure 1 : il n'ya pas eu de période transitoire entre courant entrant et courant sortant ; l'inversion du courant a été plus rapide que par le passé. Il faut noter que l'Oued est resté à moitié barré par des travaux entre la pêcherie et le lac pendant tout l'été, limitant les échanges avec le lac de Bizerte. La salure de 4 g.l^{-1} de janvier à mai 1983 est proche de celle de 1981 et nettement inférieure à celle de 1982 dont le minimum était de 6 g.l^{-1} .

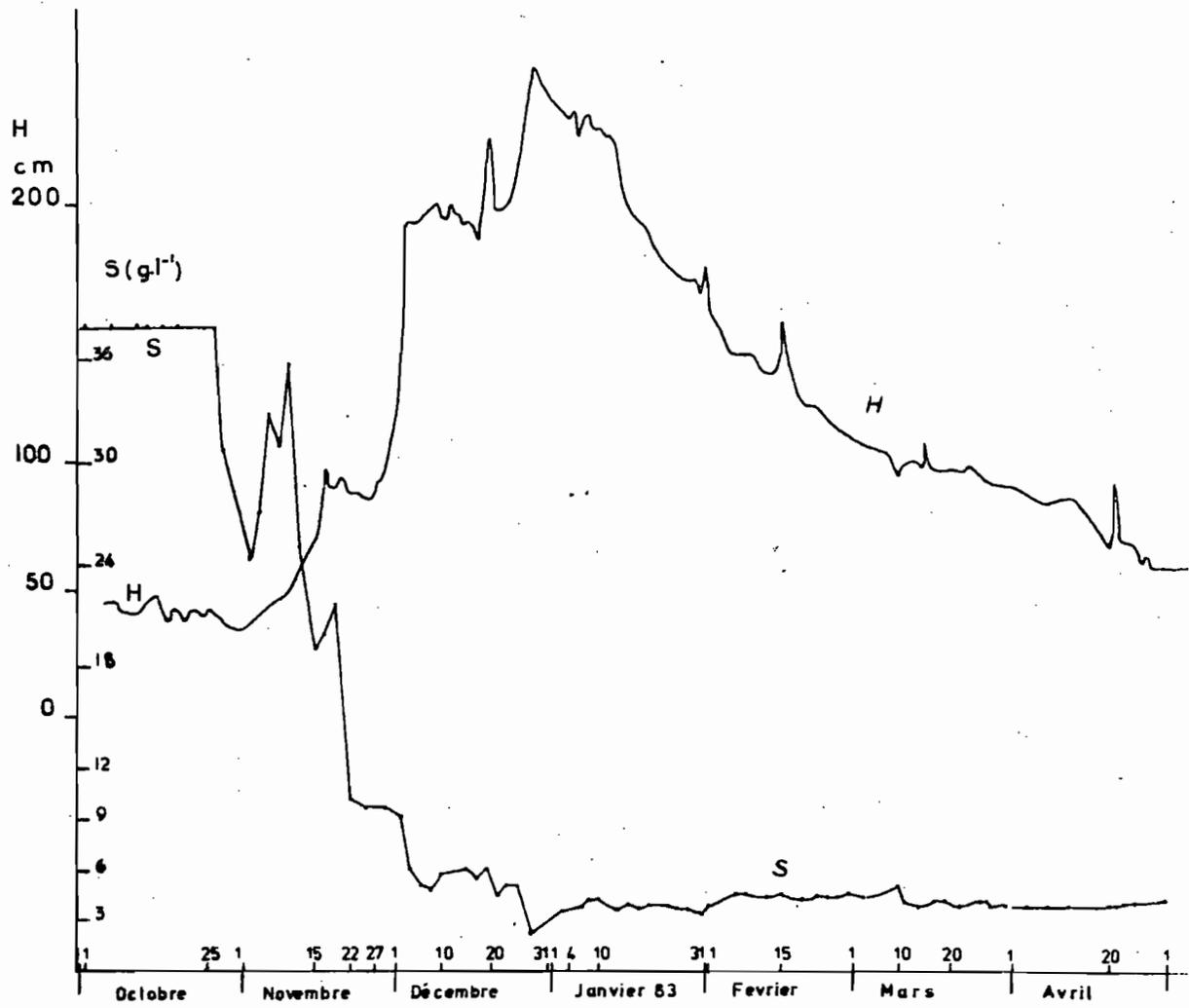


Figure 1 - Niveau de l'eau H (cm) à l'échelle de l'Oued Tinja et salure de l'eau dans l'Oued (exprimé en salinité équivalente g.l⁻¹)

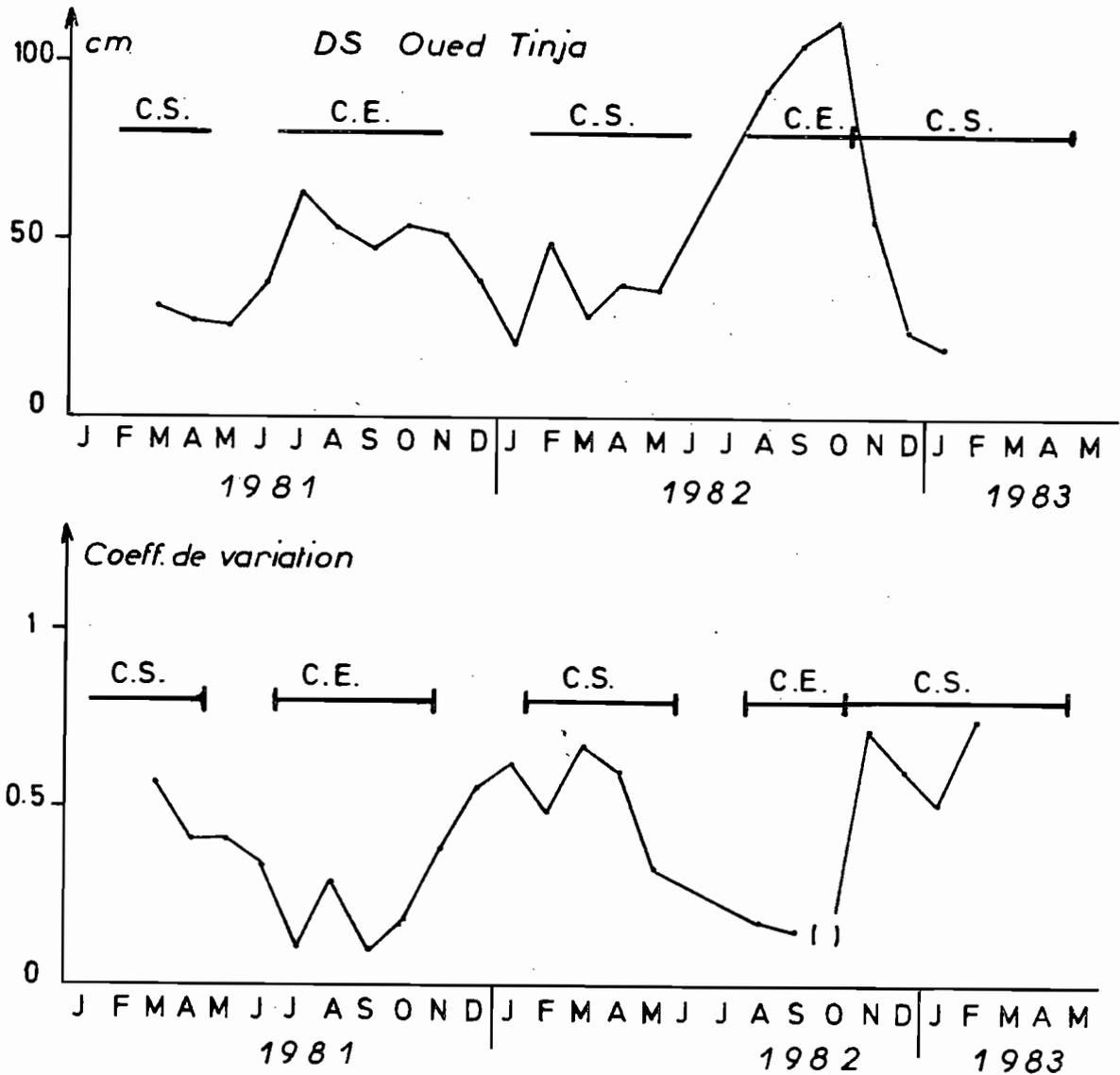


Figure 2 - Transparence de l'eau dans l'Oued Tinja, mesurée au disque de Secchi. Moyennes mensuelles et coefficient de variation au cours de chaque mois (en bas). Les périodes de courant continu sortant (C.S) et entrant (C.E) sont également indiquées (complété de Rapp. et Doc. 1983).

La crue du lac en novembre est aussi plus brutale et plus importante qu'en 1981 -82 (niveau maximal de 2,5 m au lieu de 1,3 m). La bordigue a mal résisté au courant correspondant.

Transparence dans l'Oued

La limitation des échanges avec le lac de Bizerte, avec des courants moins rapides dans l'Oued du fait des travaux, se traduit par des transparences beaucoup plus élevées en période de courant entrant (figure 2). Les résultats obtenus pendant la crue du lac ont été utilisés pour estimer le débit solide transitant dans l'Oued vers le lac de Bizerte (voir note sur le débit solide).

Salure et transparence dans le lac

Trois couvertures ont été réalisées et sont présentées successivement.

23 novembre 1982 (figure 3)

C'est le début des apports d'eau douce (voir figure 1), d'où une légère hétérogénéité horizontale, avec des salures légèrement plus faibles à l'Ouest. Les observations sont faites après trois jours de temps très calme (20 au 22 novembre) succédant à une forte tempête accompagnée de pluies du 15 au 18. Les apports d'eau douce succédant aux pluies ont tendance à se superposer aux eaux plus salées, d'où une stratification verticale bien marquée près des berges, favorisée par le beau temps et l'absence de turbulence, comme en témoignent les valeurs exceptionnelles de la transparence.

La salure du lac diminue rapidement en décembre pour atteindre 3,6 à 4 g.l⁻¹ le 6 janvier (4 stations).

- 5 mai 1983 (figure 4)

De début janvier à fin avril, la salinité est restée faible, comprise entre 3 et 4 g.l⁻¹. Le 5 mai, la répartition verticale et horizontale est homogène. Les transparences sont plus élevées dans les zones où le Potamogeton se développe sans encore atteindre la surface, et où la turbulence au fond est, de ce fait, réduite.

La courant entrant a commencé début mai.

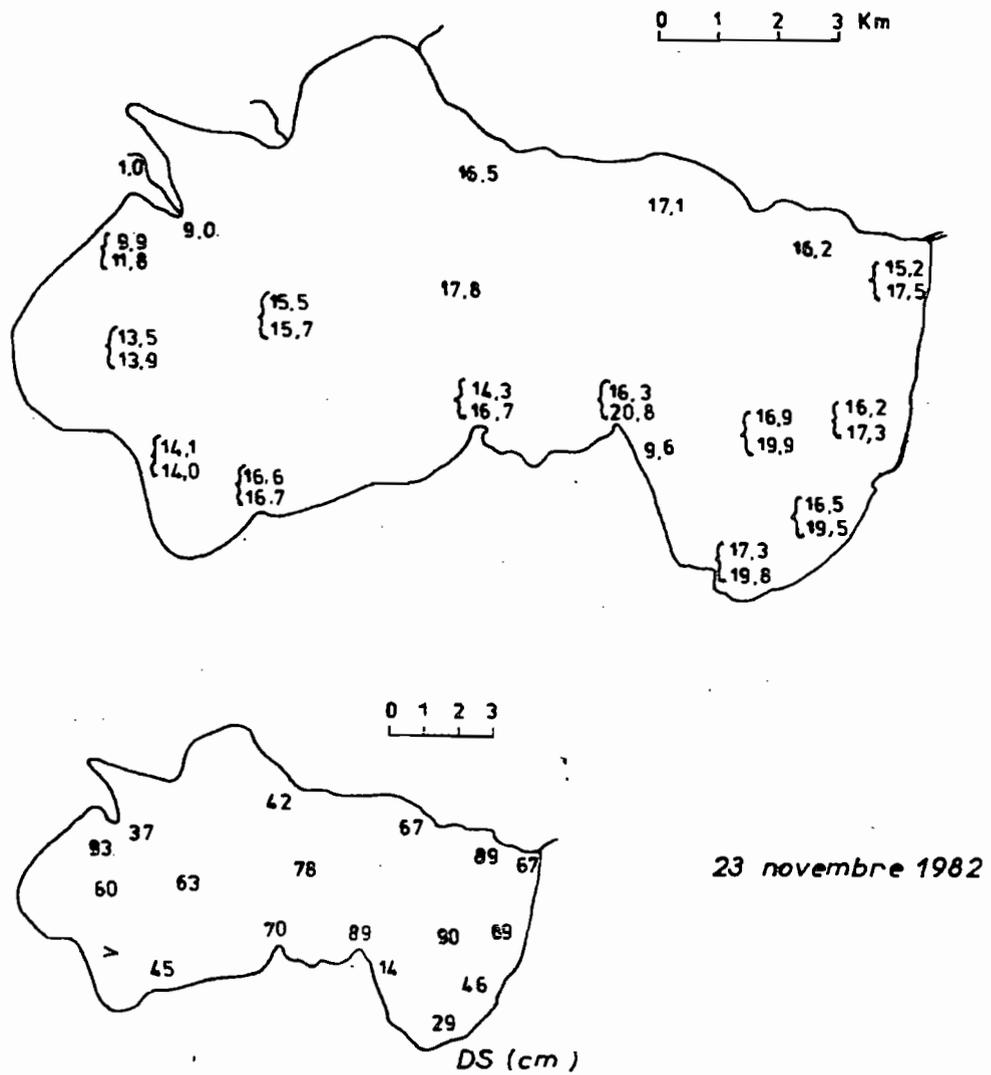


Figure 3 - Salure et transparence des eaux du lac ichkeul le 23 novembre 1982 . Le signe { indique les valeurs en surface et au fond.

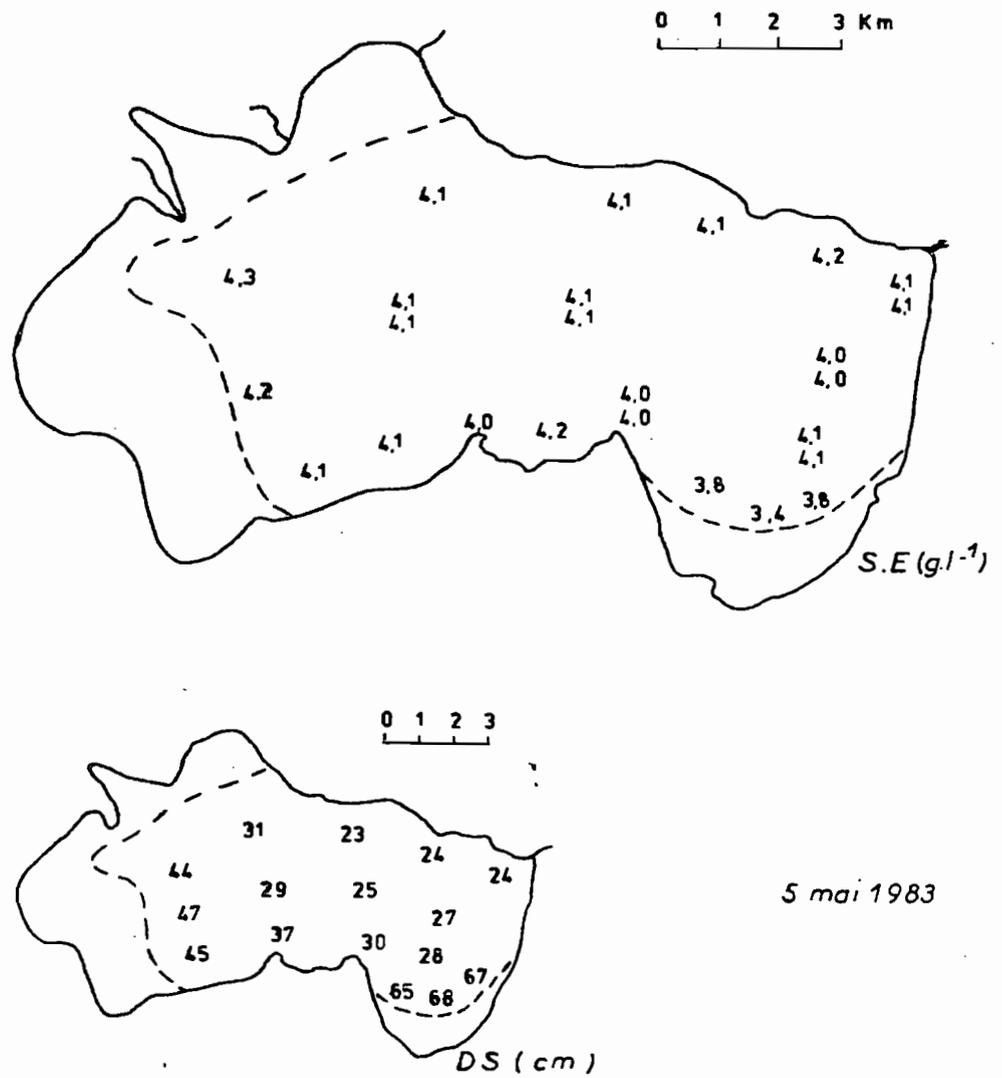


Figure 4 - Salure et transparence des eaux du lac Ichkeul le 5 mai 1983.

- 17 juin 1983 (figure 5)

Les observations ont été faites par un jour typique d'été, calme le matin avec un vent croissant jusqu'à 14 heures. D'où l'évolution des transparences, non seulement dans l'espace mais aussi dans le temps (le parcours sur le lac, entre 9h30 et 15h est flèché sur le schéma des transparences). La salure est comprise entre 5,6 et 8,5 g.l⁻¹, les eaux les plus concentrées se répartissant dans le centre du lac, face à l'Oued Tinja. Il n'y a pas de stratification verticale

La salure dans la région centrale du lac (figure 6) a donc évolué au printemps 1983 comme en 1981, très différemment de 1982 où le minimum a été atteint tardivement, avec une valeur relativement forte, et s'est maintenu très peu de temps. Ces variations interannuelle sont sans doute responsables de l'extension variable des herbiers à Potamogeton.

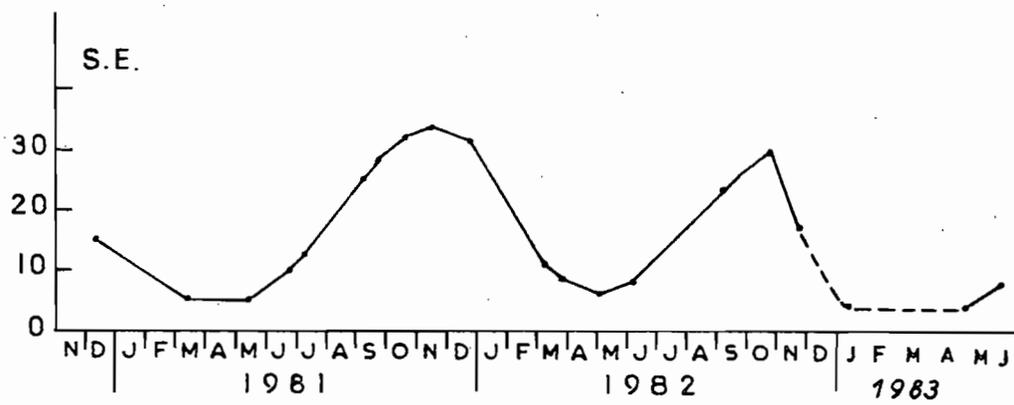


Figure 6 - Salure (g.l⁻¹, salinité équivalente) de la zone centrale du lac Ichkeul (complété de Rapp. et Doc.1983).

VI - DEBITS SOLIDES DE L'OUED TINJA (1981 - 83)

Les mesures de transparence effectuées dans l'Oued Tinja (Lemoalle 1983), peuvent être utilisées pour évaluer le transport des solides en suspension hors du lac Ichkeul. On obtient ainsi l'un des termes, jusqu'à présent mal connus, du bilan de la sédimentation du lac Ichkeul dans les conditions naturelles. Les résultats ainsi obtenus sont sensiblement différents des estimations faites par Chaumont (1956) pour l'année 1955-56.

Méthode

Les observations quotidiennes de terrain ont été effectuées du 10 mars 1981 au 28 février 1983. Elles consistent en un relevé du niveau H à l'échelle de l'Oued Tinja près du lac (zéro à - 0,35 NGT), et une mesure de la transparence au disque de Secchi (DS, en m.) au milieu de l'Oued à la pêcherie.

La relation hauteur-débit pour le courant sortant du lac a été proposée par Hollis (1983).

$$q \text{ (m.}^3 \text{ s}^{-1}\text{)} = (0,588 H - 27,94) \text{ pour } 47 < H \leq 96$$
$$q \text{ (m.}^3 \text{ s}^{-1}\text{)} = (0,302 H - 0,49) \text{ pour } H > 96$$

On utilise en outre la relation expérimentale, établie pour les eaux du lac Ichkeul et de l'Oued Tinja, entre la transparence DS (m) évaluée au disque de Secchi, et la concentration en solides en suspension C. (Lemoalle, 1983).

$$C \text{ (mg.l}^{-1}\text{)} = 9,64 \text{ (DS)}^{-1,50}$$

Pour des valeurs proches du niveau d'équilibre $H = 47$, le sens réel du courant dépend du vent et de la marée dans le lac de Bizerte. En considérant que les courants entrants dans l'Ichkeul pour $H > 47$ sont équivalents en flux et en concentration aux courants sortants pour $H < 47$, nous avons appliqué cette limite à toutes les observations, sans tenir compte du sens observé du courant à ces occasions.

Résultats

Les débits solides journaliers ont été obtenus par
 $Q = C.q. (24 \times 3600)$.

D'un jour à l'autre, ces débits sont très variables en fonction de l'agitation du lac par le vent : l'essentiel du débit total mensuel provient souvent du débit de quelques jours lors de tempête.

Si nous extrapolons à l'ensemble du mois les 20 derniers jours de mars 1981, le total des débits solides estimés correspond à deux années complètes qui portent, pour l'essentiel sur deux cycles hydrologiques, l'un proche de la moyenne, l'autre légèrement humide (figure 1).

Sur un total de 163700 tonnes, l'année 1981-82 compte pour 62000 tonnes. Une année moyenne représente donc un transport hors du lac Ichkeul de l'ordre de 60 à 100000 tonnes de suspensions solides.

Discussion

Les résultats obtenus pour 1981-83 peuvent être sous-estimés pour deux raisons :

- La mesure au disque de Secchi donne une estimation de la concentration moyenne, qui peut être supérieure du fait du transport près du fond de particules plus grosses (saltation). Un coefficient de 1,1, qui n'a pas été utilisé ici, est souvent employé pour tenir compte de ce phénomène.

- La mesure de transparence a été faite vers 8 heures chaque matin. Or, par temps normal, le vent se lève en cours de matinée pour culminer vers 14 heures. La concentration solide dépendant de l'agitation de l'eau par le vent, il y a donc une possibilité que les débits journaliers calculés soient sous-estimés. Il faut cependant noter que l'essentiel du débit solide se fait lors de tempêtes, pendant lesquelles le vent n'a pas son rythme diurne habituel.

Au total, nous pouvons donc penser qu'il y a une erreur systématique qui conduit à une légère sous-estimation des débits réels solides.

Comparativement, l'erreur aléatoire introduite par une maille de temps plus large de l'échantillonnage peut être très importante du fait de l'extrême variabilité des concentrations solides : le coefficient de variation des débits solides journaliers au cours d'un mois est supérieur à 200 %. A titre d'exemple, une mesure chaque lundi au cours de la saison 1981-82 aurait conduit à une estimation de 26.10^3 tonnes au lieu de 62.10^3 tonnes.

Cette erreur aléatoire est probablement à l'origine de la différence entre les résultats de Chaumont (1956) et ceux qui sont présentés ici (tableau 1) : pour la saison 1955-56, l'estimation de Chaumont, dont l'auteur lui même signale l'incertitude, est de 756.10^3 tonnes dont 700.10^3 tonnes pour le seul mois de février. Ce dernier chiffre, basé sur une fréquence de 2 mesures par mois, correspond à une concentration solide de $2,760 \text{ g.l}^{-1}$ (ou une transparence de 2 à 3 cm) très rarement observée dans l'Oued.

Le nombre d'observations disponibles est certes insuffisant pour établir une corrélation statistique, mais la relation entre les débits solide et liquide mensuels, représentée figure 2, indique l'ordre de grandeur de la concentration solide moyenne : $0,17 \text{ g.l}^{-1}$ qui peut être utilisé pour évaluer l'évolution de la sédimentation à moyen terme dans les conditions de milieu semblables à celles de la période d'étude.

Tableau - Débits solides de l'Oued Tinja

Période	Débit liqui- de annuel (10^6 m^3)	Débit solide annuel (10^3 tonnes)	Origine
1953-54	445	-	Chaumont
1954-55	28	-	"
1955-56	428	756	"
1981-83	478	82	cette étude
1981-82	351	62	"

Références

Chaumont M. 1956 - Hydrologie du lac Ichkeul et de ses affluents. Année 1955-56. Rapport BIRH, Tunis 83 p. multig.

Lemoalle J. 1983 - L'Oued Tinja. Observations en 1981-82. Rapp. et Doc. INSTOP, 1-1983, p 3-12.

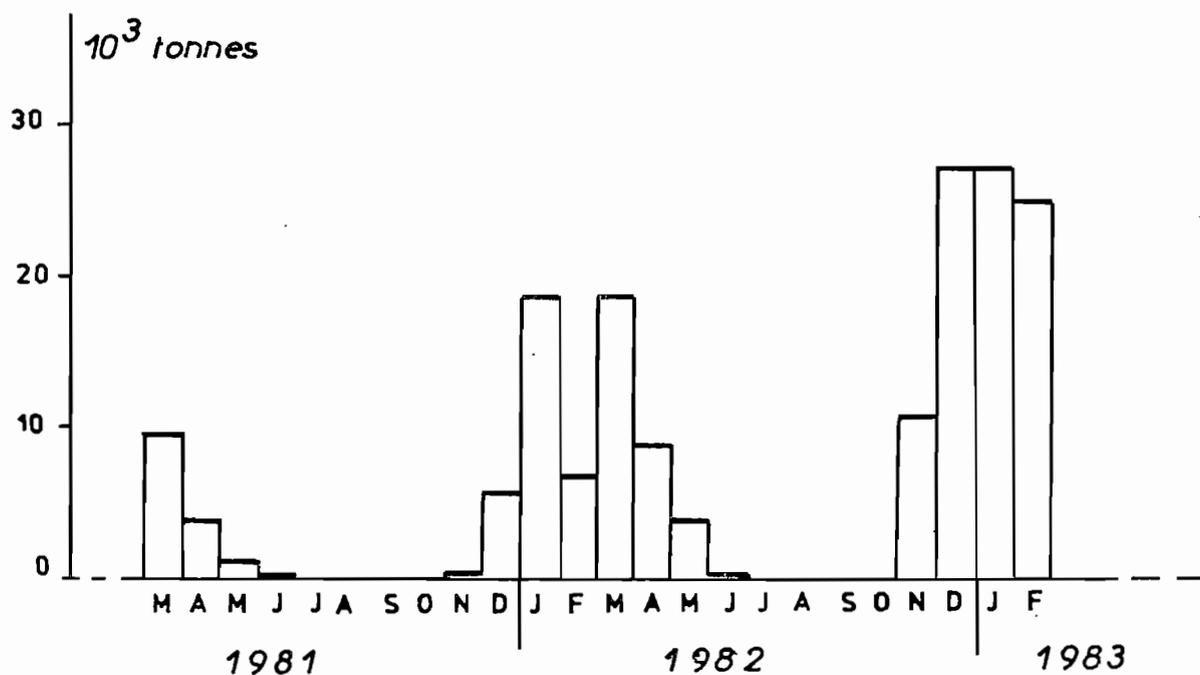


Figure 1 Histogramme des débits solides mensuels de l'oued Tinja en période de courant sortant.

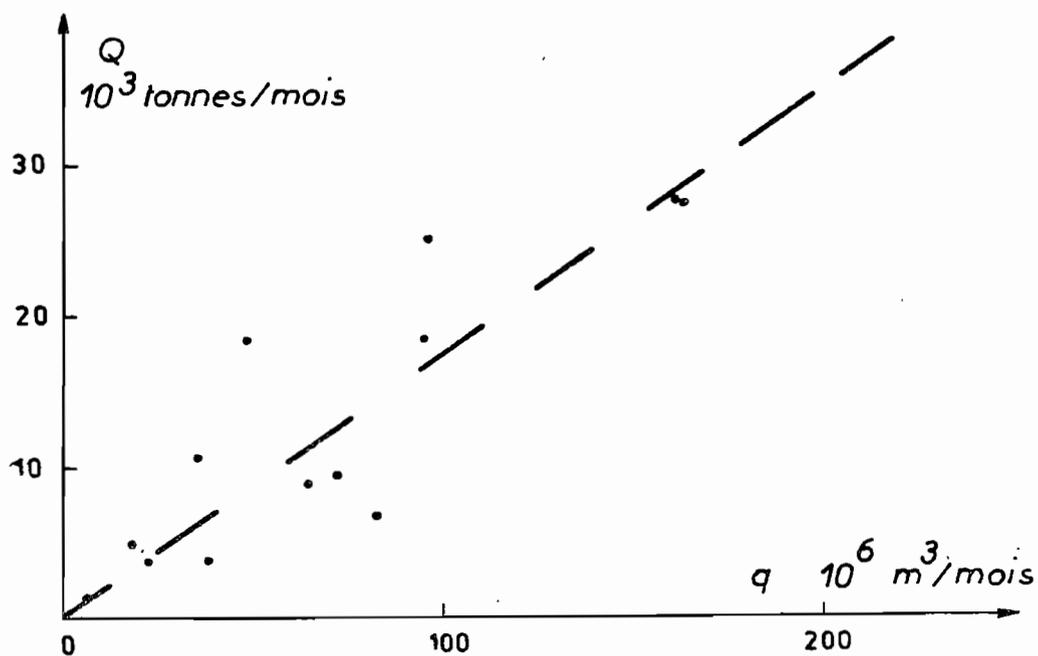


Figure 2 Relation entre le débit liquide et le débit solide dans l'oued Tinja. La concentration solide moyenne est de 0,17 g/l.