

CONSERVATOIRE DE L'ESPACE LITTORAL
ET DES RIVAGES LACUSTRES

GESTION ECOLOGIQUE
DE L'ETANG DU FRÊT (FINISTERE)

MICHEL MERCERON

IFREMER
DERO/ENVIRONNEMENT
LITTORAL

LETTRE-CONTRAT N° 83/7351/YF

AVRIL 1985

SOMMAIRE

	Page
I Présentation du site	1
II Problématique	2
a) Prolifération d'algues vertes	2
b) Mortalités de poissons	4
III Levé bathymétrique	5
a) Méthode	5
b) Résultat	6
IV Volumes liquides	6
V Oxygène dissous	8
a) Evolution naturelle de l'oxygène dissous ..	9
1) Conditions	9
2) Matériel et méthodes	9
3) Résultats et interprétation	10
b) Respiration du sédiment	12
1) Conditions	12
2) Matériel et méthodes	13
3) Résultats et interprétation	14
VI Recommandations pour une gestion écologique ..	17
a) Renouvellement de l'eau	17
1) Principe	17
2) Fonctionnement d'un réservoir à poissons arcachonnais	18
3) Adaptation proposée	19
b) Hauteur d'eau	21
1) Principe	21
2) Cote du plan d'eau et marées	22
3) Dévasage	24
4) Remarques	25
VII Conclusion	27
Annexe : Analyses granulométriques	30

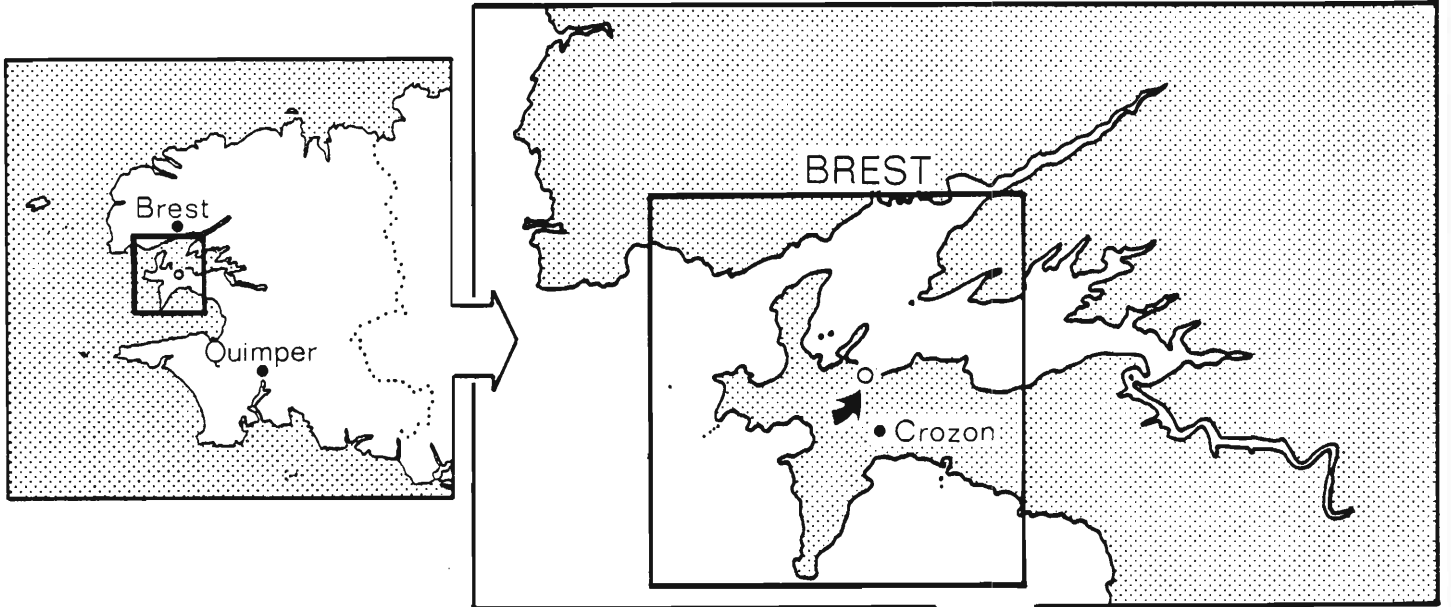
I - Présentation du site

L'étang du Frêt à Crozon (Finistère), occupe la partie sud-ouest de l'anse du Frêt en rade de Brest (fig. n° 1). Ce plan d'eau de 18 ha a été isolé de la rade par l'accumulation naturelle d'un cordon de galets, qui fut renforcé par un enrochement pour lui permettre de supporter la route D 155. A l'extrémité libre de ce cordon, un moulin à marée avait été installé autrefois, et c'est par son canal de décharge que s'effectuent actuellement les échanges d'eau entre l'étang du Frêt et la rade de Brest.

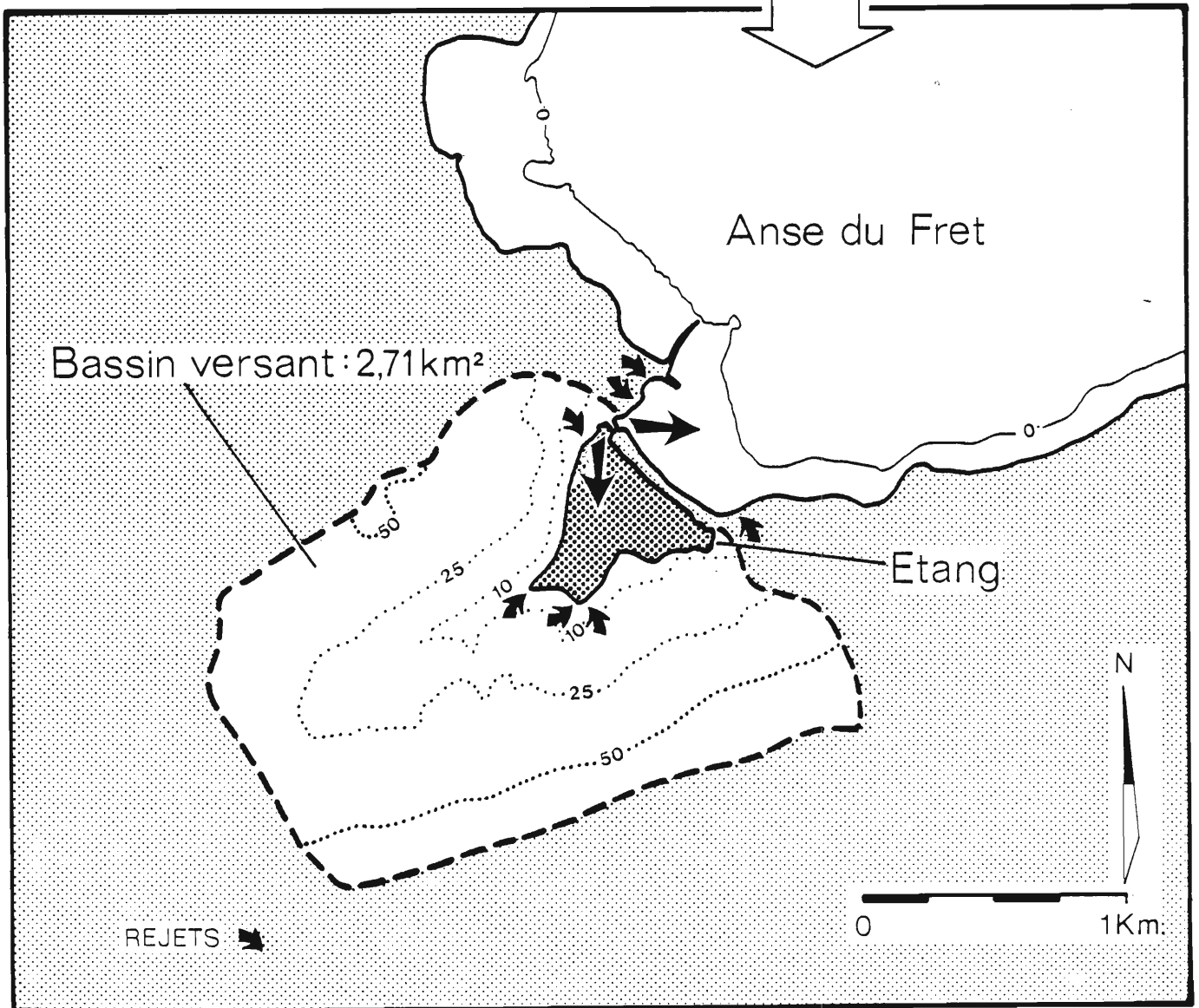
Le bassin versant de l'étang occupe une superficie de 2,70 km² dont 1,8 en culture et 0,5 en forêt (fig. 1). Le débit moyen sur l'année est estimé à 58 l/s sur la base d'un débit spécifique de 21,4 l/s/km². C'est donc environ 1,8 million de m³ d'eau douce qui transitent chaque année par l'étang.

Sur le bassin versant, le nombre d'habitants était estimé en 1980 à 200, auxquels s'ajoutaient un nombre à peu près égal d'estivants. Bien que ne comportant pas de source de pollutions majeure, on y dénombre quelques rejets, ainsi que dans l'anse du Frêt à proximité du vannage de l'étang. Le champ de courant établi pour l'ensemble de la rade de Brest, indique que les masses d'eau occupant la moitié Sud de l'anse du Frêt sont quasiment stationnaires. Les rejets qui s'y déversent sont donc susceptibles de rentrer au flot dans l'étang du Frêt.

• **Situation**



• **Croquis morphologique**



Après l'arrêt des activités de meunerie, l'étang a été laissé à l'abandon. Les échanges d'eau entre la rade et l'étang étaient alors réduits aux fuites à travers le vannage plus ou moins dégradé, et à la percolation s'effectuant à travers le cordon de galets supportant la route. Le vannage n'étant plus ouvert périodiquement, le cordon de galets par son mouvement naturel de dérive vers le Nord-ouest, a fini par obturer la sortie du canal de décharge.

En 1982, le Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres achetait l'étang du Frêt. Puis, en même temps qu'il parait au plus pressé (rétablissement de la maîtrise de la communication rade-étang, réfection des parties d'ouvrage menacées de ruine), le Conservatoire sollicitait du CNEXO la réalisation d'une étude débouchant sur des recommandations propres à assurer une gestion écologique satisfaisante de l'étang.

II - Problématique

Dans le passé récent, deux sortes de problèmes sont apparus dans l'étang du Frêt : une prolifération d'algues vertes occupant une grande partie de la masse d'eau et survenant à chaque belle saison, et des mortalités de poissons qui ont eu lieu épisodiquement, notamment durant l'été 1980.

- a) La prolifération d'algues vertes (Ulva sp, Enteromorpha sp, Chaetomorpha sp, etc) est un phénomène répandu sur de nombreuses côtes bretonnes, et dont l'ampleur régulièrement croissante semble avoir atteint depuis peu un palier. Sans s'attacher aux causes et aux mécanismes du phénomène, on citera sa relation très probable avec un enrichissement croissant du milieu. De

plus, on constatera qu'il est particulièrement développé dans les milieux confinés et peu profonds comme les étangs de moulin à marée ou les anciens marais salants.

Dans ce type de milieu, les conséquences sont les suivantes :

- Au moment de la croissance des algues, une oscillation extrêmement forte de la teneur en oxygène dissous de la couche d'eau, particulièrement près du fond, passant d'une très forte sursaturation le jour due à une photosynthèse très intense, à une teneur très basse, voire nulle la nuit, lorsque se conjuguent respiration de cette biomasse et oxydation de la matière organique.
- Lors du dépérissement de ces algues, on observe une diminution du niveau diurne de l'oxygène, et le rapport entre consommation d'oxygène et production devient de plus en plus défavorable. Si le réapprovisionnement en oxygène par photosynthèse, par agitation de l'eau ou par échange d'eau, n'est pas suffisant durant une période trop longue, il se produit un dégagement de sulfures dans la masse d'eau, et notamment d'hydrogène sulfuré. Ceux-ci agissent comme toxiques, et induisent généralement des mortalités importantes de poissons.
- En outre, l'accumulation sur place des algues pourrissantes produit un enrichissement du milieu qui entretient le processus. Par ailleurs, cela contribue à exhausser les fonds, donc à favoriser la croissance des algues par augmentation de l'éclairement. Enfin, ces accumulations constituent un facteur négatif pour l'attrait d'un site.

S'il semble vain, et d'ailleurs inutile, de supprimer totalement le développement algal dans l'étang du Frêt, on peut cependant tenter d'en diminuer notablement l'importance.

b) Les mortalités massives de poissons proviennent, nous venons de le voir, d'une anoxie et/ou d'une toxicité des sulfures. Elles concernent des espèces qui, soit vivent dans ces étangs saumâtres la plus grande partie de leur vie adulte, comme les anguilles, les athérines et les gobies, soit n'y passent qu'une partie plus ou moins longue de leur période juvénile (bars, mulets, daurades, flets etc...). Dans ce type de milieu, les espèces les mieux représentées pondéralement sont, en général, les anguilles, les mulets et les bars.

Le fonctionnement écologique normal d'un étang à marée comme celui du Frêt doit permettre la montée des juvéniles dans l'étang durant la belle saison, suivant le stimulus d'appel que constitue l'eau douce.

La période de montée des différentes espèces et des différentes classes d'âge et cohortes d'une même espèce, s'étale en fait durant toute la belle saison. Par l'abondance de la nourriture qui s'y trouve et sa température plus élevée, l'étang permet une croissance nettement plus rapide qu'en mer ouverte. Enfin, la recherche d'une eau relativement plus chaude déclenche leur retour en pleine mer au début de l'hiver. Ainsi l'étang, en jouant normalement le rôle de nurserie vis à vis d'espèces de poissons vivant à l'état adulte en mer, contribue à améliorer la production de la zone marine adjacente.

Dans la gestion de l'étang du Frêt, les buts que le Conservatoire s'est fixé consistent donc à :

- d'une part prévenir la prolifération excessive des algues vertes, et la mortalité massive des poissons,

- d'autre part permettre à l'étang d'assurer sa fonction naturelle de nurserie de poissons et si possible, de l'optimiser sans recourir à des procédés artificiels,
- en respectant la valeur esthétique réelle du site.

Partant de ceci, et considérant que la biologie des espèces concernées est déjà relativement bien connue dans des biotopes comparables, le CNEXO a fait porter son effort principal sur la gestion du vannage et des niveaux de l'étang. Après un levé bathymétrique sommaire du fond de l'étang, les cubages d'eau ont été estimés pour différentes hauteurs d'eau retenues au vannage. Quelques contrôles ponctuels de l'évolution naturelle de l'oxygène dissous en période estivale ont été réalisés, ainsi que des mesures de la respiration du sédiment. Dans l'exposé qui suit cet ordre a été adopté, et il est complété par des propositions de gestion du plan d'eau.

III - Levé bathymétrique

a) Méthode

Le levé bathymétrique sommaire de l'étang du Frêt a été effectué le 20.3.84 après remplissage de l'étang et obturation du vannage. Le remplissage de l'étang a permis d'y faire naviguer une embarcation légère portant un sondeur RAYTHEON (fréquence 200 khz). La localisation de l'embarcation a été assurée par un système AGA implanté sur une rive de l'étang.

Le niveau du plan d'eau était ce jour à 2,24 m au dessus du zéro NGF (Lallemand). Il était reperé sur une échelle de marée située près du vannage, et la variation de niveau au cours de la mesure (3 cm) a été négligée.

b) Résultat

Le levé bathymétrique est présenté à la figure 2. Les cotes ont été rapportées au 0 NGF (Lallemand). A Brest, le 0 des cartes marines est situé à 4,452 m au dessous du 0 NGF (Lallemand).

On peut observer la platitude générale du fond, la grande majorité des cotes se situant entre 1,1 m et 1,4 m au dessus du 0 NGF. Un chenal étroit parcourt le fond de l'étang en formant une baïonnette entre l'entrée de l'étang, où il est coté à 0,6 m, et l'arrivée principale de l'eau douce au sud-ouest, où il est coté à 1,20 m. Le radier est situé à 0,20 m. On note donc une dénivellation de 0,40 m entre le niveau du radier, et la cote la plus basse du chenal. Cette marche est probablement due à un seuil rocheux situé près de l'entrée. A l'entrée de l'étang, on observe un ombilic dont le fond est coté à - 1,5 m.

IV - Volumes liquides

Sur la figure 3, on a porté à la fois les principaux niveaux observés dans l'étang (radier, plan d'eau au jour du levé et niveau moyen du fond), et les niveaux de pleine mer en rade de Brest, pour différents coefficients, tels qu'ils ont été publiés par le S.H.O.M. (Service Hydrographique et Oceanographique de la Marine).

On observe une différence importante entre le niveau de P.M.V.E. en rade de Brest du 20.3.84, jour du levé, et le niveau d'eau de l'étang ce jour là. De fait, le levé a été effectué entre PM + 2 et PM + 5, moment durant lequel le niveau du plan d'eau était réglé par le point haut du vannage, celui-ci ayant fonctionné auparavant en déversoir.

Fig.2

Morphologie de l'Etang du Fret

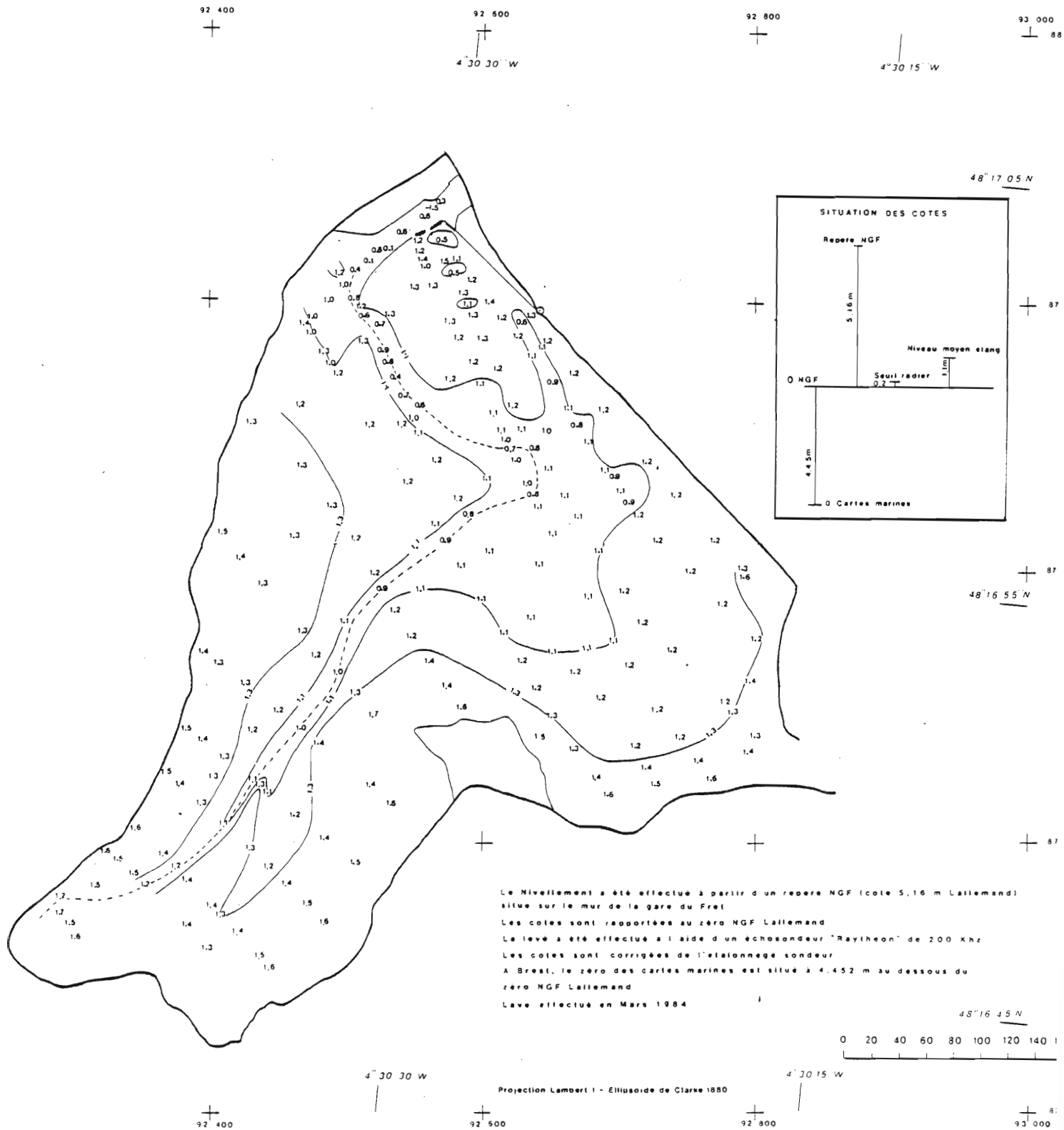
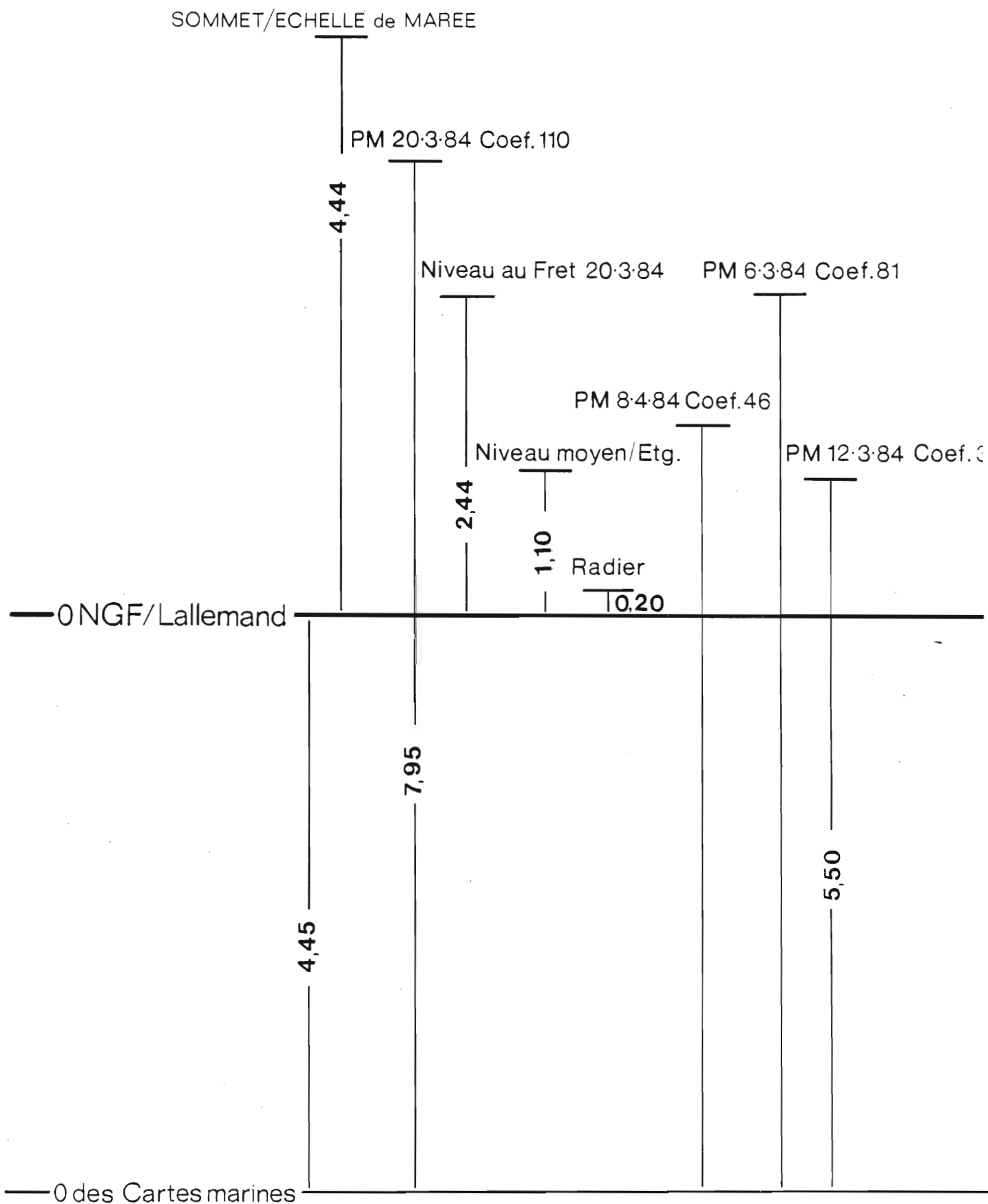


Fig. 3

MAREES à BREST · NIVEAUX à l'ÉTANG du FRET



Ce niveau du plan d'eau se trouve équivaloir au niveau de PM de coefficient 81. Dans cette situation, l'étang présentait donc une hauteur d'eau moyenne de 1,30 m (2,44 m - 1,1 m).

Le cubage de l'étang pour différentes hauteurs d'eau au radier s'obtient de la façon suivante :

- pour les hauteurs d'eau inférieures ou égales à celles du levé, on calcule la surface des différents profils bathymétriques de l'étang, et ceci pour différentes hauteurs d'eau dans l'étang. On intègre ensuite ces surfaces en les multipliant par la distance séparant les profils (fig. 4).
- pour les hauteurs d'eau supérieures à celles du levé, les bords du bassin se relevant alors de façon beaucoup plus abrupte, on multiplie simplement les hauteurs d'eau supplémentaires par la superficie exacte de l'étang (18,2 ha).

Les volumes d'eau de l'étang pour différentes hauteurs d'eau sont présentés sur la figure n° 5. Nous prendrons pour référence le niveau du radier. Tant que la couche d'eau qui le surmonte ne dépasse pas 1 m, le volume contenu dans l'étang se réduit au chenal et il est estimé négligeable. Avec 2 mètres d'eau au radier, le volume de l'étang est estimé à 140.000 m³ ; avec 3 mètres à 300.000 m³.

Globalement, on peut dire que entre 1 m et 2,25 m d'eau au dessus du radier, chaque décimètre de hauteur correspond à 14.000 m³ dans l'étang, et au dessus de cette cote, à 18.000 m³.

Pour une hauteur de 1,5 m au dessus du fond de l'étang, hauteur dont nous reparlerons plus loin, l'étang contient environ 200.000 m³.

Fig.4

Surface des Sections (m²)

CUBAGES à l'ETANG du FRET

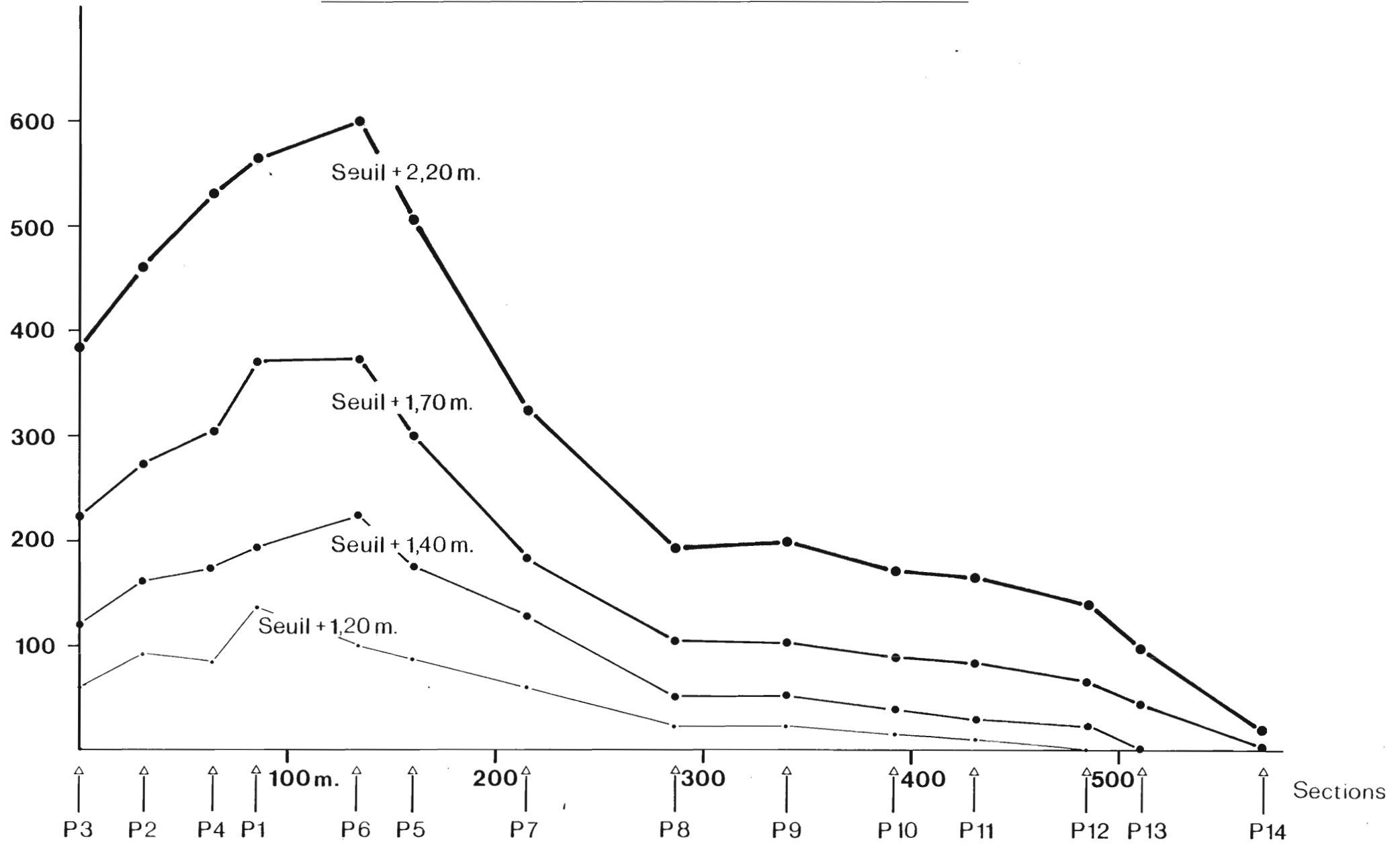
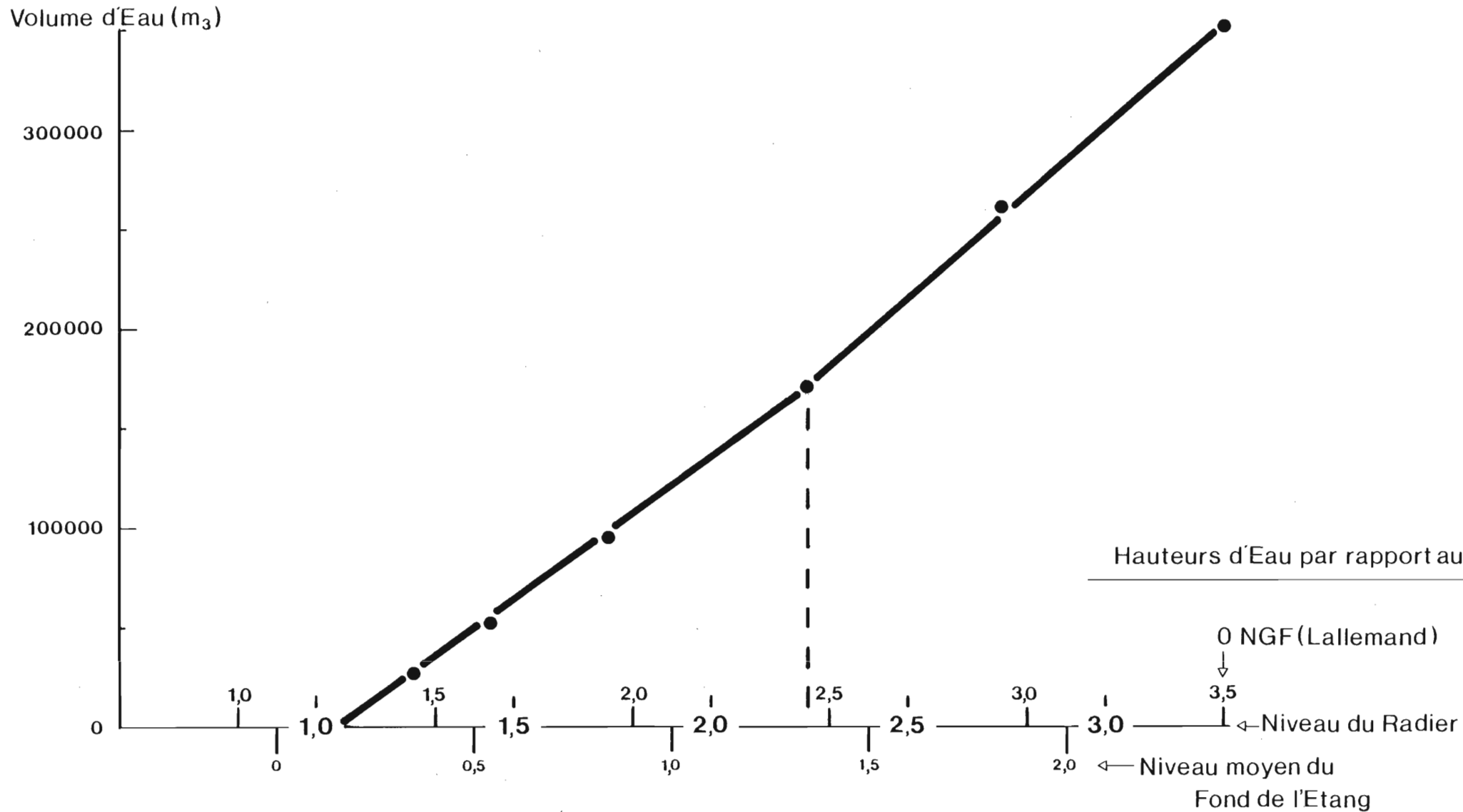


Fig. 5

VOLUMES LIQUIDES dans l'ETANG du FRET



Ces volumes sont à rapprocher des 1,8 million de m³ d'eau douce qui transitent par l'étang durant une année moyenne (environ 10 fois le volume contenu lors du levé bathymétrique).

VOLUMES A L'ETANG DU FRET

Hauteur au dessus du ONGF (Lallemand)	Hauteur au dessus du radier (m)	Hauteur en dessus de la cote moyenne des fonds (m)	volume liquide (m ³)
1,40	1,20	0,30	27.000
1,60	1,40	0,50	53.000
1,90	1,70	0,80	95.000
2,40	2,20	1,30	170.000
2,90	2,70	1,60	261.000
3,40	3,20	2,10	352.000

V - Oxygène dissous

L'évolution de la teneur en oxygène dissous de l'eau de l'étang du Frêt a été abordée sous deux aspects : son évolution naturelle, et sa consommation par la respiration du sédiment. Ces deux aspects sont successivement étudiés.

a) Evolution naturelle

1) Conditions

Deux enregistrements de l'évolution naturelle de la teneur en oxygène dissous de l'eau ont été réalisés dans l'étang du Frêt au même emplacement, l'un en vive-eau, l'autre en morte-eau. Ils ont eu lieu à environ 30 mètres au droit du milieu de la route bordant l'étang. Le fond était vaseux. L'épaisseur de la lame d'eau était d'environ 1 mètre, et sa moitié inférieure était occupée par un feutrage d'algues vertes parmi lesquelles Enteromorpha sp., Ulva sp. et Pilaiella sp.

L'évolution de l'oxygène a été mesuré les 30 et 31 août 1984, puis du 21 au 24 septembre 1984. Pour assurer une plus grande clarté à l'interprétation, nous adopterons l'ordre inverse pour l'exposé.

2) Matériel et méthodes

La mesure de l'oxygène dissous a été effectuée à l'aide d'un oxymètre ORBISPHERE. Le boîtier de mesure, couplé à un enregistreur analogique RUSTRACK, était inclus dans un container métallique lui-même installé sur trépied (voir photo jointe). Le capteur situé à environ 20 cm du fond était protégé des algues. A cet effet, il était situé dans une boîte analogue de celle photographiée, mais dont le fond était plein, et dont les flancs et le plafond, au lieu d'être métalliques, étaient constitués de grillage plastique (la photo ci-jointe représente le matériel utilisé pour mesurer la respiration du sédiment).



Matériel d'enregistrement de la respiration du sédiment ;
à gauche, la cloche et le capteur d'oxygène, au centre,
le boîtier d'enregistrement sur trépied.

Les valeurs d'oxygène obtenues à la sonde ont été calées avec des flacons dosés par la méthode de WINKLER.

3) Résultats et interprétation

- Du 21 au 24 septembre 1984 (cf. Fig. 6)

La période commence avec une morte-eau et termine avec une vive-eau.

Les interruptions du tracé sont dues à un dépassement de la gamme de l'appareil (0 - 10 mg/l). Ceci mis à part, les valeurs ne sont pas descendues au dessous de 5,0 mg/l. Le tracé a un aspect sinusoïdal assez net, avec une tendance à la décroissance sur la période. Les variations sont toujours progressives et le détail du tracé est régulier sauf en fin de période.

<u>Début</u>	. Coefficient de marée = 49
<u>d'enregistrement</u>	. Température = 18,0 °C
	. Salinité = 34,32 ‰
	. Teneur O ₂ à saturation = 7,7 mg/l
<u>Fin</u>	. Coefficient de marée = 94
<u>d'enregistrement</u>	. Température = 15,0°
	. Salinité = 34,60 ‰
	. Teneur O ₂ à saturation = 8,15 mg/l

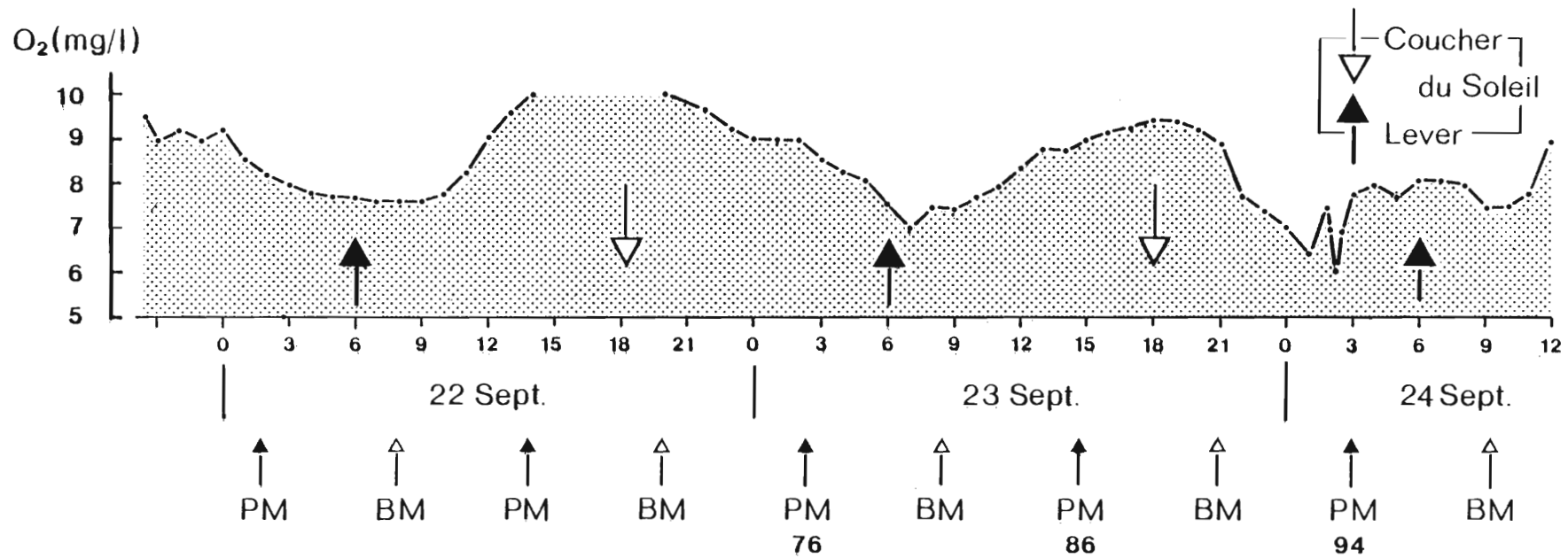
La période de la sinusoïde est de 24 h et correspond au rythme nycthéméral. Les minimum d'oxygène ont lieu 1 heure après le lever du soleil (autour de 6 h 03 TU) et correspondent à des sous-saturation de plus en plus prononcées, dues à la

Fig. 6

Etang du Fret - EVOLUTION NATURELLE DE L'OXYGENE

21-24 Septembre 1984

Mortes - Eaux



respiration végétale et animale durant la nuit. Les maxima ont lieu 1 heure après le coucher du soleil (environ 18 h 15 TU) et correspondent à des sursaturations induites par la photosynthèse diurne.

En fin de période la sinusoïde est altérée. Le 24/9, la remontée de l'oxygène est très brusque et se situe 5 h avant le moment attendu. Peu de temps auparavant, l'oxygène avait subi une montée importante, mais fugace. Cela correspond à la fin du flot d'un coefficient élevé (94) en période de revif, qui permet une entrée d'eau marine par dessus le vannage en place, et occasionne du même coup une advection d'eau plus chargée en oxygène au niveau du capteur.

Vérification faite, la tendance générale à la baisse des valeurs ne semble due ni à l'insolation, ni au vent. L'explication serait peut-être à rechercher dans un vieillissement de la biomasse algale, qui tendrait à abaisser le rapport photosynthèse/respiration.

L'assombrissement partiel dû au maillage de protection du capteur y concourt peut-être également.

- 30 et 31 août 1984 (cf. Fig. 7).

Les valeurs enregistrées se situent entre 10,1 et 5,2 mg/l. Le tracé est irrégulier dans le détail sur toute sa longueur et l'évolution est la suivante :

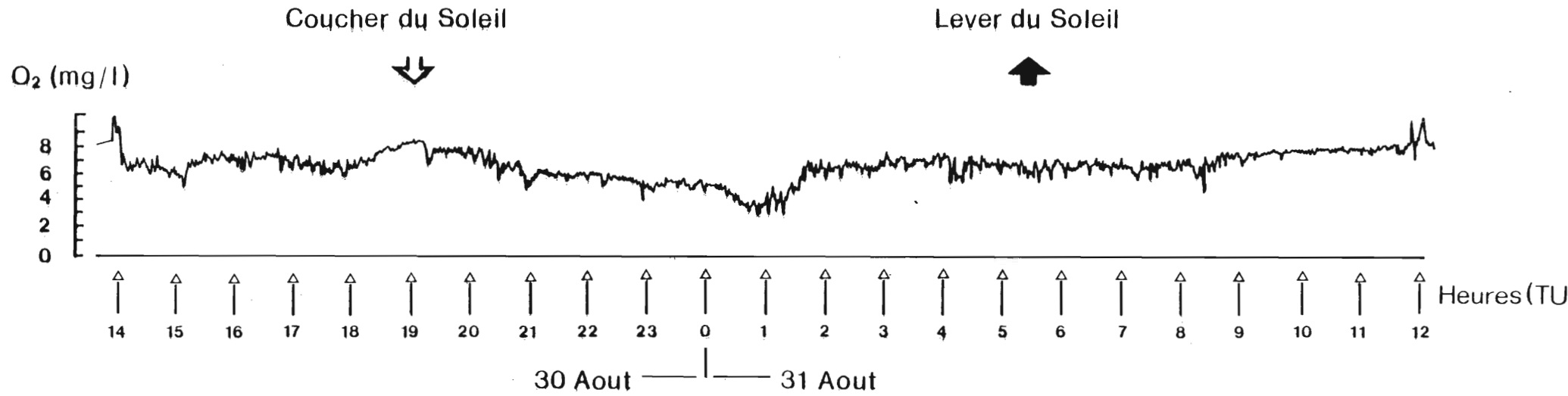
- + palier à 8,2 mg/l de 14 à 18 h TU,
- + montée jusqu'à 10,1 mg/l de 18 à 19 h TU,
- + diminution plus ou moins régulière jusqu'à 5,2 mg/l (1 h TU),
- + remontée à 8,2 mg/l (2 h TU),
- + palier à cette valeur jusqu'à 8 h 30 TU,
- + montée plus ou moins régulière jusqu'à 9,7 mg/l (12 h TU).

Fig.7

Etang du Fret : EVOLUTION NATURELLE DE L'OXYGENE

30-31 Aout 1984

Vives-Eaux



	- Coefficients de marée = 100 et 94
<u>Début</u>	- Température = 19,8 °
<u>d'enregistrement</u>	- Salinité = 35,19 ‰
	- Teneur O ₂ à saturation = 7,4 mg/l

On retrouve ici une sinusoïde à période de base nycthémerale. L'altération de la courbe est vraisemblablement provoquée par les intrusions d'eau marine occasionnées par les forts coefficients. L'ensemble très irrégulier du tracé conforte cette explication.

4) Conclusion

La teneur en oxygène dissous dans l'étang du Frêt évolue selon un rythme nycthémeral marqué avec un maximum en fin de journée et un minimum en fin de nuit. Les valeurs oscillent entre des sursaturations et des sous-saturations, mais nous n'avons pas observé de valeurs basses critiques, autour de 1 ou 2 mg/l par exemple. Il est néanmoins probable que de tels niveaux sont atteints lors de la décomposition de la masse algale, comme cela se produit couramment dans les biotopes de ce type. Nous avons pu constater que la régularité de l'évolution était perturbée par l'intrusion d'eau marine dans l'étang et les phénomènes d'advection induits. Les modifications observées se font généralement dans le sens d'une augmentation des teneurs en oxygène dissous.

b) Respiration du sédiment

1) Conditions

Deux expériences de respiration du sédiment ont été pratiquées dans l'étang du Frêt, l'une le 22 août 1984,

L'autre les 22 et 23 août 1984. Elles ont eu lieu à l'emplacement où ont été effectuées les observations de l'évolution naturelle de l'oxygène (cf. ci-dessus).

La granulométrie et le taux de matière organique du sédiment de la station ont été étudiés.

2) Matériel et méthodes

L'appareillage utilisé est similaire à celui décrit plus haut, à ceci près que le capteur était inclus dans une cloche métallique, de section carrée (0,0625 m²), elle-même enfoncée dans le sédiment (cf. photo ci-dessus). Le volume liquide enfermé était compris entre 6 et 7 l.

Ainsi, sur le fond préalablement débarassé d'algues, l'appareil a enregistré l'évolution de la teneur en oxygène de l'eau enfermée dans la boîte, ce qui reflète à la fois la consommation du sédiment, et celle de l'eau sus-jacente.

Celle-ci a été estimée par différence entre 2 flacons (dosés par la méthode de WINKLER), l'un dont l'oxygène a été fixé de suite, et l'autre après incubation in situ durant le temps de l'expérience. La consommation de l'eau s'étant révélée faible, elle a été négligée.

L'analyse granulométrique a été effectuée avec un compteur de particules COULTER COUNTER, couplé avec un ordinateur APPLE IIc utilisant un logiciel construit pour cet usage.

La matière organique du sédiment a été mesurée par l'intermédiaire du carbone organique contenu (ratio communément admis 2,4/1). Celui-ci a été dosé par la méthode de ANNE, par oxydation par le bichromate de potassium en milieu sulfurique. Les résultats sont exprimés en mg de carbone par g de sédiment sec, total, non tamisé.

3) Résultats et interprétation

- Analyses sédimentaires

Au prélèvement, le sédiment de la station s'est révélé être composé de 2 couches meubles, une couche superficielle de vase noire, fluide et nauséabonde de 10 cm d'épaisseur, surmontant une couche de couleur grise, plus consistante, incluant des coquilles.

- Analyses granulométriques

L'intégralité des données granulométriques est donnée en annexe. Elles ne portent que sur la fraction inférieure à 63 μ . L'échantillon de sédiment superficiel est référencé 1884, l'échantillon de sédiment subsuperficiel est référencé 2084. Les caractéristiques granulométriques sont en fait très voisines : diamètre moyen proche de 25 μ , indice du classement (TRASK) égal à 1 ; les courbes de pourcentages cumulés sont similaires.

- Carbone organique

Seul le dosage concernant la couche superficielle est disponible 88,9 mg C/g de sédiment sec et brut. Nous avons pu comparer ce résultat avec d'autres obtenus d'une part en baie de Vilaine, d'autre part en rade de Brest, à 450 m de l'exutoire d'une station d'épuration importante. Les valeurs sont alors comprises entre 10,8 et 21,2 mg C/g (voir tableau ci-après). On peut donc considérer que la vase superficielle de l'étang du Frêt est très fortement chargée en matière organique.

- Respiration du sédiment

D'une façon générale, les courbes de consommation d'oxygène du sédiment présentent l'allure d'une courbe exponentielle décroissante (fig. 8). Ceci illustre le fait que les différents consommateurs d'oxygène en jeu, pris dans leur ensemble, présentent une demande d'autant plus faible que la concentration d'oxygène ambiante est basse. L'évolution de l'oxygène dissous à l'intérieur de l'enceinte fermée correspond donc à l'équation :

$$Q_t = Q_0 \cdot e^{-Kt}$$

où Q_t = teneur en oxygène (mg/l) à l'instant t (en heures),

Q_0 = " " (mg/l) initiale,

K = pente de l'exponentielle,

t = temps (en heures).

Ainsi, c'est la valeur de la pente de l'exponentielle (K) qui caractérise l'importance de la respiration du sédiment.

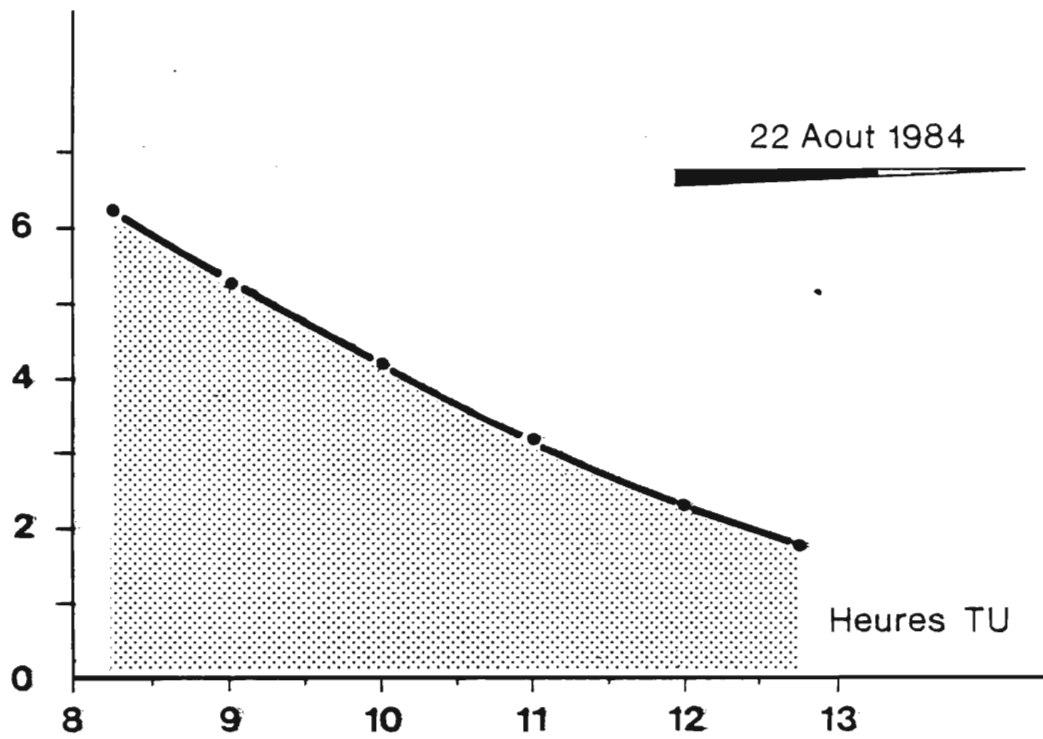
En ce qui concerne le Frêt, l'expérience du 22/8 ne dure que 4 h 30 ; la teneur en oxygène y descend de 6,2 à 1,8 mg/l. L'enregistrement suivant dure 17 h 30, et l'oxygène passe alors d'une valeur de 8,8 mg/l à 0. L'anoxie est atteinte en fin de période, et la valeur de 1 mg/l que l'on considère généralement comme létale pour la plupart des espèces, est atteinte après 10 h 30.

Les valeurs de K observées au Frêt sont comparées avec celles obtenues en baie de Vilaine et à proximité de la station d'épuration de Brest-Port de Commerce, dans le tableau ci-dessous.

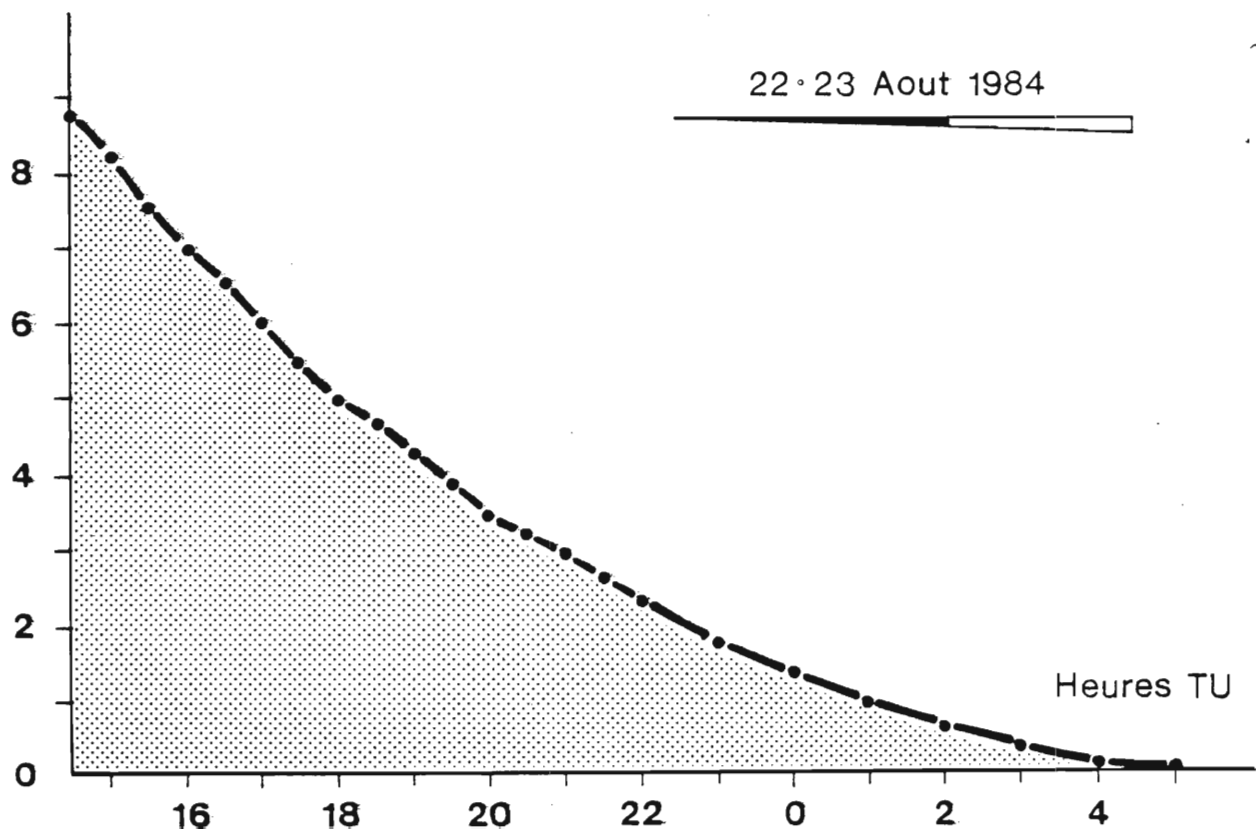
Fig. 8

ETANG du FRET : RESPIROMETRIE du SEDIMENT

O₂ (mg/l)



O₂ (mg/l)



Respiration du sédiment

Station	Date	Durée	K Indice de la respiration du sédiment	Carbone organique du sédiment (mg C/g)
Rade de Brest (proximité station d'épuration)	20.9.84	5 h	0,107	21,2
Baie de Vilaine (point Oxymor)	24 et 25.7.84	12 h	0,031	10,8
" "	5 et 6.3.84	22 h 30	0,074	11,5
" "	du 8 au 11. 10.84	47 h	0,110	13,3
Etang du Frêt	22.8.84	4 h 30	0,241	88,9
" "	22 et 23.8.84	17 h 30	0,377	

De ce tableau, il ressort que K varie selon les stations et que de plus, il varie à chaque station. Plus précisément, il augmente avec la durée de l'expérience. Ceci provient du fait que la courbe de consommation de l'oxygène n'est pas une exponentielle pure ; une analyse fine montre que elle est en réalité composée d'une succession d'exponentielles de pente croissante.

En tout état de cause, il apparait nettement qu'à durée égale ou subégale, la consommation d'oxygène du sédiment de l'étang du Frêt est très nettement supérieure à celle

observée à proximité de la station d'épuration de Brest, et a fortiori à celle observée en baie de Vilaine. C'est un résultat auquel on pouvait s'attendre au vu des niveaux de matière organique dans les sédiments des différentes stations.

VI - Recommandations pour une gestion écologique

La gestion de l'étang du Frêt vise à prévenir la prolifération excessive d'algues vertes, les mortalités de poissons et de plus, à augmenter leur production naturelle en vue d'enrichir les zones voisines. Deux moyens principaux sont à considérer : le renouvellement de l'eau et sa hauteur dans l'étang.

a) Renouvellement de l'eau

1° - Principe

Ce type de milieu endigué, dans lequel on dispose de la maîtrise des mouvements d'eau est très répandu sur le littoral français de l'Océan Atlantique et de la Manche. Moulins à marée, marais salants et claires en sont des exemples courants. Beaucoup d'entre eux sont maintenant à l'abandon, et il est probable qu'une gestion de ces sites bien adaptée du point de vue écologique permettrait d'obtenir une amélioration significative des zones voisines. L'aquaculture tente également d'augmenter la production de ces zones en y pratiquant le grossissement de mollusques, crustacés ou poissons. Les modalités du renouvellement de l'eau des enceintes conditionnent évidemment le rendement de ces activités, et on conçoit l'intérêt général qu'il y aurait à disposer d'un modèle permettant d'optimiser ces modalités en fonction des buts recherchés. Néanmoins, un tel modèle n'existe pas et chaque cas est à considérer de façon particulière.

En examinant les caractéristiques naturelles de l'étang du Frêt (faible profondeur, arrivée d'eau douce), et l'objectif visé (grossissement de juvéniles de poissons), on constate une similitude avec une espèce de site endigué répandue sur la côte arcachonnaise : les réservoirs à poissons. Ceux-ci abritent les juvéniles de poissons qui y remontent naturellement. Ils y sont retenus durant quelques années, le temps de parvenir à la taille commerciale.

Les espèces de poissons élevées ainsi de façon quasi extensive sont à peu près les mêmes que celles observées dans l'étang du Frêt : mulets, anguilles, bars, daurades, flets. Nous pensons que les règles de renouvellement d'eau des réservoirs à poissons, dont beaucoup ont fonctionné durant plus d'un siècle, constituent une base intéressante pour notre problème. Une étude complète de ce type de milieu a été publiée par LABOURG *, et nous en résumons ci-après les éléments concernant notre problème.

2° - Fonctionnement d'un réservoir à poissons arcachonnais

Les écluses d'un réservoir à poissons, outre les vannages permettant les échanges d'eau, sont munis de dispositifs (manches en toile, vannage supplémentaire) destinés à contenir et à capturer le poisson durant les échanges d'eaux. Les bassins sont composés de "plats" (0,50 m de profondeur), et sur leur pourtour, de chenaux appelés "profonds" (1,5 à 2 m de profondeur).

* LABOURG P.J. (1976). Les réservoirs à poissons du bassin d'Arcachon et l'élevage extensif des poissons emyhalins (muges, anguilles, bars, daurades). La Pisciculture française, n° 45, p 35-52.

Le calendrier de fonctionnement se divise en 2 périodes :

- de mi-mars à début novembre, période de renouvellement d'eau ;
- le reste de l'année, le poisson est concentré dans les profonds pour lui assurer un abri relatif vis à vis du froid hivernal.

A la belle saison, le renouvellement ne s'effectue que durant les vives-eaux (coefficients > 75) et ceci deux fois par jour (cf. fig. n° 9). A mer basse, on décolle la vanne du radier de 10 cm environ, et un peu d'eau plus ou moins déssalée s'écoule vers la mer, "appelant" ainsi les juvéniles de poissons. Vers la fin du flot, lorsque les niveaux sont équilibrés, et que le courant s'inverse, la vanne est entièrement levée, et les alevins peuvent entrer dans l'étang. Des dispositifs empêchent la sortie des poissons vers la mer au cours de cette opération. A l'étale de haute mer, la vanne est refermée et le restera jusqu'à la prochaine basse mer.

Les différentes espèces de poissons et les différentes cohortes de chaque espèce remontent à des époques différentes, et la remontée des juvéniles a lieu durant toute la belle saison.

La pêche s'effectue soit à l'aide de filets dormants soit par capture à l'écluse.

3° - Adaptation proposée

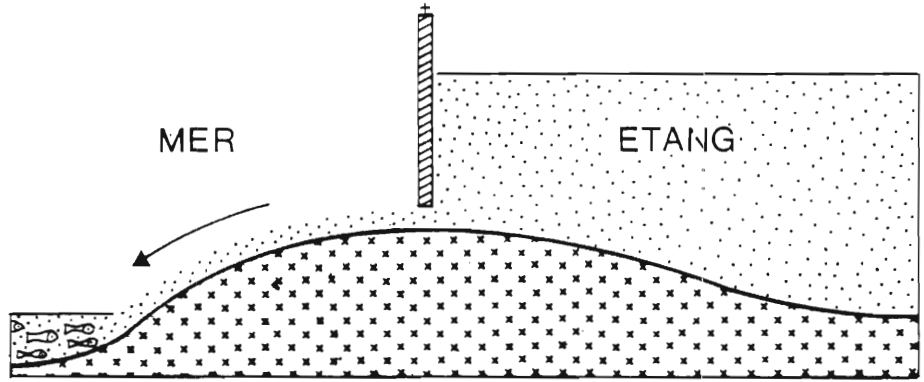
A l'étang du Frêt, l'objectif n'étant pas une exploitation économiquement rentable, il n'est pas souhaitable d'entraver le retour naturel des poissons vers la mer à la fin de la belle saison, lorsque les eaux extérieures

Schéma de Manoeuvre du Vannage d'un Réservoir à Poissons en Période de Vives Eaux

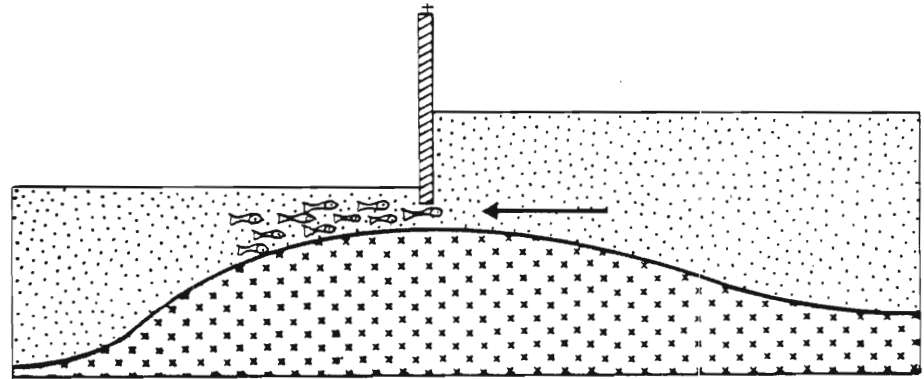
Fig.9

d'après LABOURG

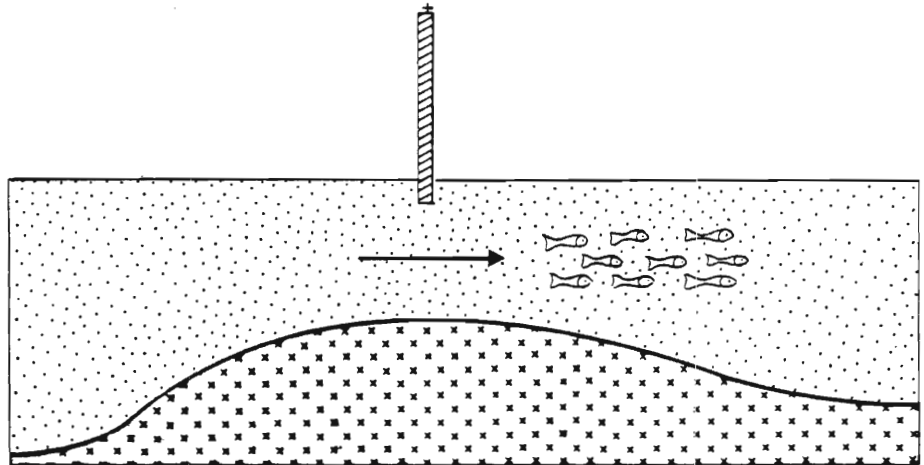
DEBUT de FLOT



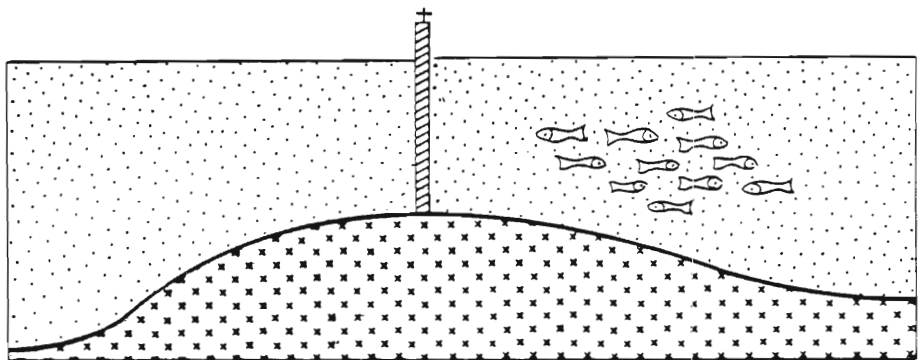
MI-FLOT



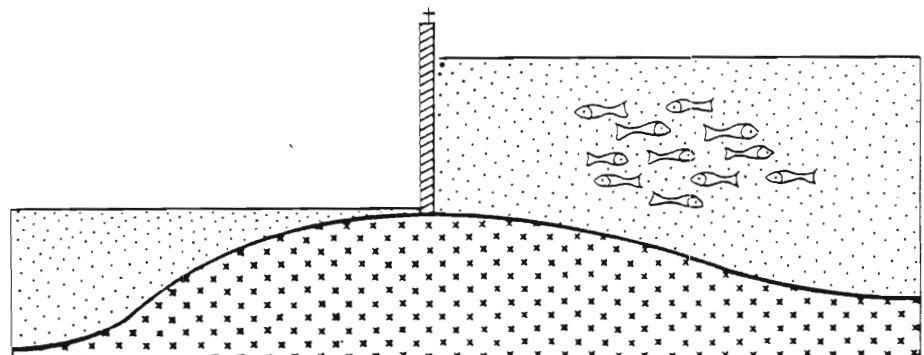
FIN de FLOT



ETALE de PM



JUSANT



deviennent plus chaudes que celles de l'étang. De la même façon la rétention des poissons dans l'étang lors des échanges d'eau ne constitue pas un impératif, et outre l'économie des aménagements nécessaires, la manoeuvre sera simplifiée. Ce qui doit être conservé de ce schéma concerne la facilitation de la remontée du poisson en étang, et l'amélioration de ses conditions de vie permettant une survie et une croissance améliorées par rapport au milieu extérieur.

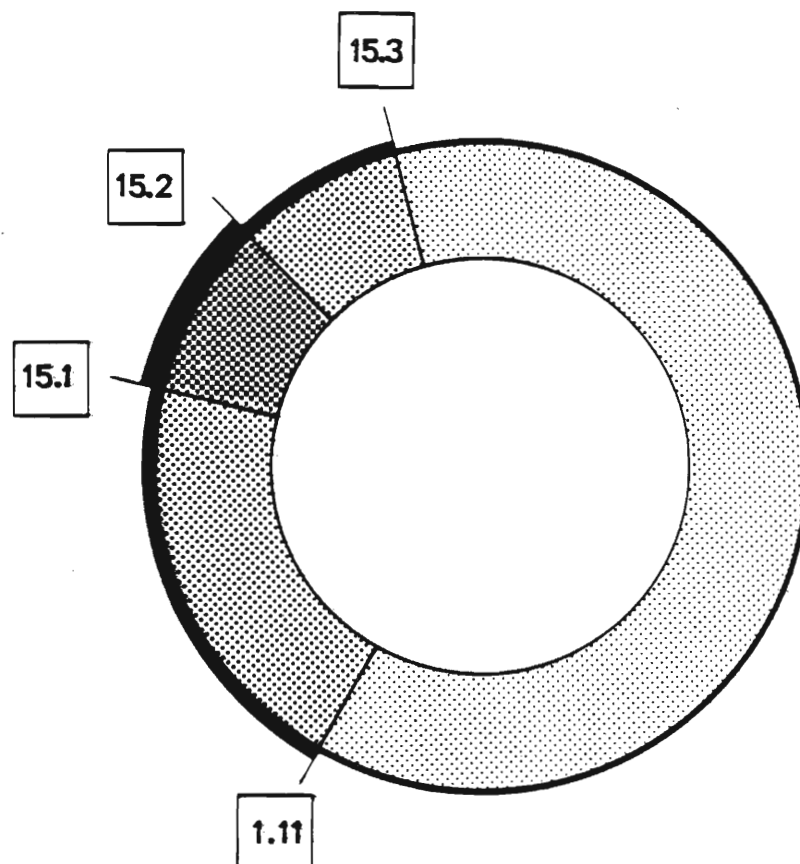
En conséquence, il pourrait être procédé aux mêmes époques de l'année et aux mêmes moments-marée des échanges d'eau selon les modalités décrites ci-dessus (cf. fig. 10). Néanmoins, nous verrons plus loin que la nécessité de conserver une hauteur d'eau suffisante entre les renouvellements implique que le coefficient minimum à partir duquel ceux-ci souvent pratiqués soit nettement supérieur à 75.

Une adaptation technique serait susceptible d'améliorer la méthode, notamment lorsque l'étang est stratifié en salinité. Les lâchers d'eau en période de flot destinés à attirer les juvéniles devraient concerner l'eau de surface plutôt que l'eau de fond. L'eau superficielle plus déssalée est a priori plus chargée en matières nutritives et son évacuation créerait sans doute une attirance plus forte en même temps qu'elle contribuerait à alléger le stock nutritif de l'étang.

A la fin de la belle saison, en novembre, l'étang pourrait être vidé totalement et les poissons ayant passé tout ou partie de celle-ci dans la retenue seraient évacués en rade de Brest où ils trouveraient des températures hivernales plus clémentes et dont ils participeraient à l'enrichissement. Il conviendrait alors de laisser le

Fig. 10

CALENDRIER ANNUEL de GESTION du VANNAGE



Renouvellements d'Eau quotidiens ou biquotidiens en VE



Vannes ouvertes en Permanence



Assec (facultatif) - Drainage par Clapet

vannage en position ouverte pour évacuer les résidus d'algues vertes, et tenter de limiter ou d'inverser le processus actuel d'envasement. Les apports de sels nutritifs de bassin versant s'effectuant en majeure partie durant l'hiver, ces apports seraient conduits directement en rade au lieu d'être fixés dans leur retenue et de concourir à son eutrophisation. Ceci suppose naturellement que la maçonnerie du vannage et des ouvrages voisins (pont routier, radier, etc...) soit à même de résister.

Un assèchement temporaire de l'étang de quelques semaines obtenu par fermeture du vannage et mise en service d'un clapet de drainage, pourrait être essayé au mois de février par exemple. Cette méthode classiquement pratiquée par les affineurs d'huître en claires ("grâlage"), induit une craquellement du sol qui permet une oxydation de la matière organique des strates sub-superficielles.

La remise en eau se fait très progressivement et elle est suivie d'une mise en communication libre pendant quelque temps.

b) Hauteur d'eau

1) Principe

Dans les expériences d'aquaculture en marais maritime (anguilles par exemple), il a été souvent constaté en période estivale une exclusion relative entre le développement d'algues vertes macrophytes et la floraison abondante de phytoplancton. Les macrophytes représentent une gêne pour l'élevage, et la tenue de populations phytoplanctoniques est recherchée. Elle est plus fréquemment obtenue dans des bassins surcreusés, assez profonds où la turbidité due au phytoplancton ombre suffisamment le fond pour y prévenir ou du moins y ralentir le développement des macrophytes.

Ceci peut être rapproché de ce qui est observé dans les installations d'épuration des rejets urbains par lagunage naturel. Bien qu'il s'agisse d'eau douce, la même exclusion est observable et a d'ailleurs donné lieu à 2 types d'installations :

- le lagunage macrophytique où le développement de plantes et d'algues de grande taille est recherché, et
- le lagunage microphytique où l'absorption des éléments nutritifs par le phytoplancton est favorisée.

Dans le premier cas la profondeur des bassins est de l'ordre de 0,30 - 0,40 m. Dans le second, elle est de 1,0 à 1,5 m.

Tenir une hauteur d'eau de 1,5 m dans l'étang du Frêt entre les renouvellements nous paraît l'objectif approprié pour juguler la prolifération des algues vertes à la belle saison.

2) Cote du plan d'eau et marées

Une hauteur d'eau moyenne de 1,5 m à l'intérieur de l'étang du Frêt équivaut à 2,6 m au dessus du ONGF (Lallemand), puisque la cote moyenne du fond est de 1,1 m NGF. Le raccord entre le 0 des cartes marines et le ONGF étant à Brest de 4,45 m, le niveau souhaité se trouve donc à 7,05 m au dessus du 0 CM, ce qui correspond aux pleines mers de coefficient moyen 87.

Compte tenu de freinage opposé par l'étroitesse du vannage actuel à la pénétration de l'eau marine dans l'étang, une surcote extérieure est nécessaire pour obtenir le niveau désiré à l'intérieur. Pour l'estimer nous avons utilisé un logiciel conçu pour calculer les

temps et les niveaux de remplissage de bassins aquacoles en fonction de divers paramètres (dénivelé, superficie, section et cote de vannage, etc...). Le résultat est le suivant :

- superficie de l'étang : 1,10 m ;
- section du vannage : $(1,0 \times 1,0) + (1,20 \times 1,0) = 2,20$ m² anamorphosés en section circulaire ;
- cote du vannage : 0,20 m ;
- cote finale du plan d'eau : 2,57 m (pour 2,60 m désirés) ;
- cote initiale du plan d'eau : 2,30 (30 cm sont supposés avoir été vidangés au moment du flot pour renouveler environ 1/4 du volume de l'étang ;
- cote de la pleine mer nécessaire pour amener la cote du plan d'eau à 2,57 m en une marée : 3,0 m, soit 0,43 m de surcote.

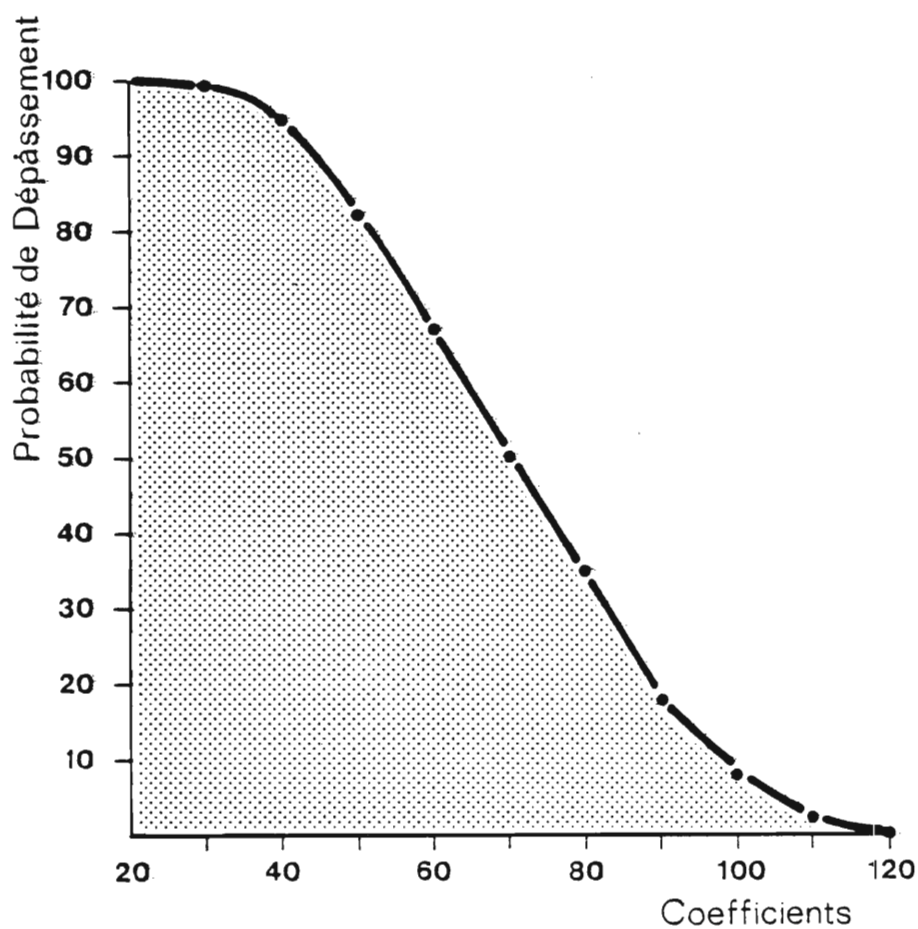
Une cote de 7,48 m CM ($7,05 + 0,43$) correspond à une PM de coefficient variant entre 91 et 107 (98 en moyenne). Durant l'année 1985, la cote 7,50 m CM a été atteinte ou dépassée à Brest, lors de 59 PM sur un total de 709. Entre le 4.6 et le 14.9.84. ce niveau n'a été atteint qu'une fois. La fig. 11 illustre la relation entre les coefficients de marée et la fréquence cumulée de leur apparition.

On constate donc la difficulté certaine qu'il y a à assurer un renouvellement correct d'une fraction de la masse d'eau, tout en conservant entre les échanges la hauteur d'eau nécessaire pour prévenir ou limiter la prolifération des macrophytes. Encore a-t-on supposé pour simplifier, que l'enrochement supportant la route était étanche, ce qui n'est pas le cas.

Fig.11

FREQUENCE
DES COEFFICIENTS DE MAREE
1935-1953

d'après le Port Autonome de S^t Nazaire



3) Dévasage

Pour obtenir plus facilement la hauteur d'eau désirée, il apparait finalement nécessaire d'abaisser le niveau du fond de l'étang en effectuant un dévasage. Celui-ci aurait également pour avantage d'éliminer le sédiment le plus riche en matière organique.

L'étude topographique a montré que un peu en amont du vannage existe un seuil rocheux, coté à 0,4 m au dessus de lui, et qui semble régler le niveau du fond de l'étang. Si cet obstacle était supprimé par un moyen quelconque, on peut penser que l'érosion régressive obtenue par mise en communication libre de l'étang avec la mer en période hivernale reprendra son cours, et contribuera à abaisser progressivement les cotes.

Le tableau suivant rapproche différentes hypothèses de dévasage, les coefficients requis pour assurer la hauteur d'eau nécessaire après renouvellement*, et la fréquence de dépassement et d'atteinte de ces coefficients.

Epaisseur de dévasage (m)	cote du plan d'eau nécessaire (CM)	coefficient moyen requis *	probabilité de dépassement du coefficient sur l'année
0	7,5 m	98	9 %
10	7,4 m	96	11 %
20	7,3 m	95	12 %
30	7,2 m	90	18 %
40	7,1 m	87	22 %
50	7,0 m	83	30 %
60	6,9 m	79	36 %

* compte tenu d'une surcote extérieure de 0,40 m dans tous les cas, la percolation à travers le cordon n'étant pas prise en compte.

4) Remarques

Durant les mois de juin, juillet, août et septembre des 7 dernières années, le coefficient 75 a été atteint à chaque vive eau (cf. Tableau suivant). En revanche lorsque le coefficient minimum de renouvellement est de 98, cette périodicité est très loin de pouvoir être assurée. Un coefficient minimum de renouvellement de 90, s'il est strictement respecté, implique déjà une impossibilité d'échange d'eau durant des périodes de 2,5 mois certaines années, ce qui est considérable.

Ces remarques conduisent à penser que, outre un dévasage, il serait avantageux d'agrandir la section de la communication entre étang et rade de façon à réduire la surcote au minimum. La destruction du mur en agglomérés séparant la chambre de la roue du canal de décharge, serait une solution à considérer.

Néanmoins, il conviendrait dans les premiers temps de fonctionnement sans élargissement de la communication, d'observer soigneusement quelle est la surcote effective moyenne que l'on observe entre les PM en rade et les niveaux atteints par l'étang lors des échanges, et de se déterminer plus précisément à partir de là.

De la même façon, s'il s'avérait que l'objectif de 1,5 m de hauteur d'eau est très difficilement tenable, l'objectif pourrait être réduit à 1,30 m par exemple et une observation soigneuse de l'apparition et du développement des macrophytes devrait être effectuées. En tout état de cause, l'installation d'un limnigraphe dans l'étang serait très utile pour renseigner avec précision sur l'évolution du niveau du plan d'eau.

COEFFICIENTS DES VIVES EAUX
DES DERNIERS ETES

ANNEE	Juin	Juillet	Août	Septembre
1979	95-82	101-80	110-84	116-89
1980	94-88	87-98	86-110	88-117
1981	104-78	96-84	94-96-94	107-94
1982	78-100	74-99	82-103	93-104
1983	94-76	96-75	105-83	112-90
1984	84-86	86-78-98	81-111	86-117
1985	97-75	86-84	86-99	90-111-91

Cependant, il faut garder à l'esprit le fait qu'il n'existe guère d'autres méthodes concrètement utilisables pour contrôler les algues vertes. La récolte périodique des algues par "ratissage" périodique du plan d'eau semble une solution coûteuse ; le traitement au sulfate de cuivre présente l'inconvénient de nécessiter une mise à sec de l'étang pour être efficace, et d'être toxique pour le phytoplancton également. Sur leur parcs, les ostréiculteurs confrontés à ce problème, effectuent au printemps des semis de bigorneaux jeunes au centre des parcelles (1 t/ha). Les animaux consomment les algues au fur et à mesure de leurs déplacements. Ils sont périodiquement récupérés sur les grillages plastiques délimitant les parcs, et resemés au milieu du terrain. Dans le cas du Frêt, 18 t de bigorneaux seraient à semer annuellement. Mais la variabilité de la salinité au printemps risque de compromettre leur survie, et la disposition des bords de l'étang ne facilite pas leur récupération.

En définitive, il semble que la tenue d'une hauteur d'eau de 1,30 à 1,50 m, dans l'étang soit la solution la mieux adaptée au problème posé.

VII - Conclusion

L'étang du Frêt à Crozon (Finistère) s'est trouvé confronté dans les années précédentes à deux types d'accidents écologiques, d'ailleurs liés :

- une prolifération chronique d'algues vertes à la belle saison induisant des phénomènes d'hypoxie ou d'anoxie intermittents ;
- des mortalités occasionnelles de poissons probablement dus à ces défauts d'oxygène.

Le Conservatoire du Littoral qui l'a acquis récemment souhaite non seulement prévenir le retour de tels phénomènes, mais aussi favoriser au maximum la contribution de l'étang à la richesse du secteur, tout en utilisant des voies qui respectent les processus naturels.

Sollicité à ce propos, l'IFREMER émet les recommandations suivantes :

a - En ce qui concerne la prolifération des algues macrophytes, il convient :

1°) de rechercher un assombrissement des fonds prévenant ou limitant leur démarrage et leur pousse :

+ en portant la hauteur d'eau habituelle à 1,30 - 1,50 m au dessus du niveau moyen du substrat (en abaissant celui-ci au besoin par un dévasage),

+ en favorisant autant que faire se peut le maintien de populations phytoplanctoniques denses, par des échanges d'eau avec l'extérieur entre mars et novembre et par tout autre moyen,

2°) d'abaisser le niveau des substances nutritives disponibles :

+ en évacuant les importants apports hivernaux du bassin versant, ainsi que les restes d'algues en décomposition dans l'étang, par une mise en communication libre de l'étang avec la mer pendant toute la mauvaise saison (de novembre à mars) et/ou une mise à sec de l'étang, assortie d'un drainage à cette même période.

+ en diluant les apports nutritifs du bassin versant en période estivale par des renouvellements d'eau (cf. ci-dessus),

+ en enlevant la couche superficielle de vase très fortement chargée en matière organique (cf. ci-dessus) ;

b - en ce qui concerne l'amélioration de la survie et de la croissance des poissons dans l'étang, il convient :

1°) de favoriser la remontée du poisson dans l'étang dont le surcroît de température à la belle saison permet une croissance plus rapide des juvéniles,

- en pratiquant les renouvellements d'eau selon des modalités ad hoc, inspirées de celles utilisées dans l'exploitation des réservoirs à poissons d'ARCAÇON ("appel" des juvéniles par lâcher d'eau durant le flot),

2°) de prévenir les risques d'anoxie-hypoxie, pouvant engendrer la mort des poissons et/ou de leurs proies (cf. prolifération des algues vertes) ;

c - pour permettre aux zones voisines de bénéficier de ce supplément de production naturelle, on s'abstiendra d'empêcher la sortie des poissons de l'étang lors des renouvellements d'eau et on provoquera ce départ en novembre par une vidange totale de la retenue.

Les éléments que nous fournissons dans cette étude constituent un guide général pour la gestion écologique de l'étang du Frêt, qui doit lui permettre de recouvrer une condition nettement meilleure que celle antérieure. Pour aller plus loin dans cette voie, une observation attentive des résultats obtenus durant les premières années devrait permettre ultérieurement une optimisation plus poussée de cette gestion écologique.

ANNEXE

Analyses granulométriques

- RAPPORT -

REFERENCE ECHANTILLON: FRET2084

SOCIETE : IFREMER
 SERVICE : DERO/EL
 OPERATEUR : BASSOULLET
 MANIPULATION: MERCERON

TYPE DE L'ELECTROLYTE : ISOTON
 TYPE DU DISPERSANT : 1
 DIAMETRE ORIFICE DU COUNTER COULTER : 290.

DATE EXPERIENCE : 22-8-84 [0H-0M]

TABLEAU DES POURCENTAGES:

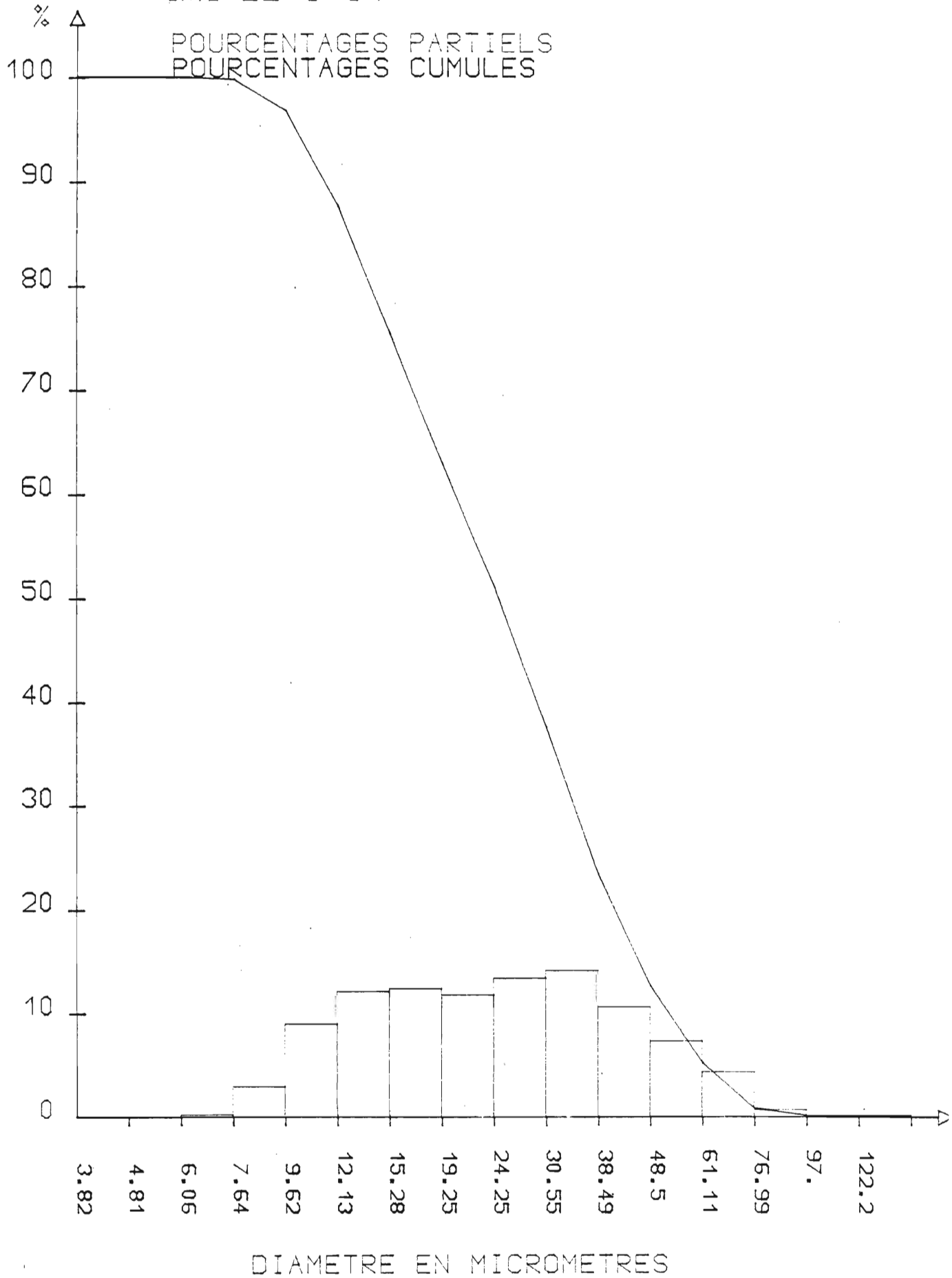
CANAUX:	DIAMETRES (micro M):	% PARTIELS :	% CUMULES :
1.	3.82	0.	100.
2.	4.81	0.	100.
3.	6.06	.25	100.
4.	7.64	3.03	99.75
5.	9.62	9.08	96.72
6.	12.13	12.23	87.64
7.	15.28	12.48	75.41
8.	19.25	11.85	62.93
9.	24.25	13.49	51.07
10.	30.55	14.25	37.58
11.	38.49	10.72	23.33
12.	48.5	7.44	12.61
13.	61.11	4.41	5.17
14.	76.99	.76	.76
15.	97.	0.	0.
16.	122.21	0.	0.

RESULTATS DES CALCULS:

P10= 52.92
 P30= 34.78
 P60= 20.48
 P90= 11.48
 Q1 = 37.56
 Q2 = 24.75
 Q3 = 15.41
 UNIFORMITE (HAZEN) = .39
 CURVING RATIO = 1.12
 ASSYMETRIE (SKEWNESS) = .94
 ANGULOSITE (KURTOSIS) = .27
 SORTING INDEX (TRASK) = 1.
 DIAMETRE MOYEN = 28.74
 MODE = 34.52
 ECART TYPE = 16.39

REFERENCE FRET2084

DATE 22-8-84



- RAPPORT -

REFERENCE ECHANTILLON: FRET1884

SOCIETE : IFREMER
 SERVICE : DERO/EL
 OPERATEUR : BASSOULLET
 MANIPULATION: MERCERON

TYPE DE L'ELECTROLYTE : ISOTON
 TYPE DU DISPERSANT : 0
 DIAMETRE ORIFICE DU COUNTER COULTER : 280

DATE EXPERIENCE : 22-8-84 [12H-30M]

TABLEAU DES POURCENTAGES:

CANAUX:	DIAMETRES (micro M):	% PARTIELS :	% CUMULES :
1.	3.82	0.	100.
2.	4.81	0.	100.
3.	6.06	0.	100.
4.	7.64	2.1	100.
5.	9.62	7.55	97.9
6.	12.13	15.84	90.35
7.	15.28	17.95	74.5
8.	19.25	16.58	56.56
9.	24.25	13.99	39.98
10.	30.55	12.75	25.99
11.	38.49	9.41	13.24
12.	48.5	3.84	3.84
13.	61.11	0.	0.
14.	76.99	0.	0.
15.	97.	0.	0.
16.	122.21	0.	0.

RESULTATS DES CALCULS:

P10= 41.94
 P30= 28.75
 P60= 18.49
 P90= 12.19
 Q1 = 31.17
 Q2 = 21.23
 Q3 = 15.18
 UNIFORMITE (HAZEN) = .44
 CURVING RATIO = 1.87
 ASSYMETRIE (SKEWNESS) = 1.85
 ANGULOSITE (KURTOSIS) = .27
 SORTING INDEX (TRASK) = 1.
 DIAMETRE MOYEN = 24.3
 MODE = 17.26
 ECART TYPE = 11.47

REFERENCE FRET 1884

DATE 22-8-84

