

Découvrez un ensemble de documents, scientifiques ou techniques,
dans la base Archimer : <http://www.ifremer.fr/docelec/>

ifremer

Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral
Rapport IFREMER, DEL Brest, janv. 1995

Impact de la pisciculture marine intensive sur l'environnement

(2) l'environnement d'un site d'élevage
de salmonidés en cages flottantes,
Camaret année 1994

Contrat Région Bretagne-IFREMER 93/2 215 271/F

IFREMER - Centre de Brest
B.P. 70
29280 PLOUZANE
Tél. 98.22.40.40 - Télex 940 627
Télécopie 98.22.45.45

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT
ET DE L'AMENAGEMENT LITTORAL

SERVICE AVIS ET AMENAGEMENT

R120h20
IAP
I2

AUTEUR(S) : KEMPF M., E. JACQ, C. LE GUELLEC, M. MERCERON, P. MONFORT, E. NEZAN & M. RYCKAERT	CODE : N° DEL Brest
TITRE : IMPACT DE LA PISCICULTURE MARINE INTENSIVE SUR L'ENVIRONNEMENT : (2) L'environnement d'un site d'élevage de salmonidés en cages flottantes, Camaret, année 1994	Date : Janvier 1995 Nb tirages : Nb pages : 50 Nb figures : Nb photos :
CONTRAT (intitulé) : Etude relative à l'impact de la pisciculture marine intensive sur l'environnement. N° 93/2 215 271/F, Région Bretagne - IFREMER	DIFFUSION : Libre <input type="checkbox"/> Restreinte <input checked="" type="checkbox"/> Confidentielle <input type="checkbox"/>

RESUME :

Ce document présente une étude environnementale d'un an (1994) menée sur un site d'élevage intensif de salmonidés (principalement de truite fario) en baie de Camaret. Un ensemble de paramètres a été pris en compte pour la masse d'eau et le fond marin (courantologie, hydrologie, sédimentologie, biologie, chimie) et complété par des observations vidéo.

L'étude conclut à un effet mesurable de l'élevage dans sa configuration actuelle, mais avec un impact très limité en intensité et en extension, n'affectant pas le milieu de manière substantielle. Il est recommandé d'accompagner la croissance de la production par un minimum d'investigations sur l'environnement.

Mots-clés : Pisciculture marine, environnement, salmonidés, truite fario, Bretagne.

IFREMER-Bibliothèque de BREST



OBR31554

52998

8

IMPACT DE LA PISCICULTURE MARINE INTENSIVE SUR L'ENVIRONNEMENT :

(2) L'ENVIRONNEMENT D'UN SITE D'ELEVAGE DE SALMONIDES EN CAGES FLOTTANTES, CAMARET ANNEE 1994

Mise en forme : M. KEMPF⁽¹⁾
avec la collaboration de : E. JACQ⁽³⁾, C. LE GUELLEC⁽⁴⁾, M. MERCERON⁽¹⁾,
P. MONFORT⁽²⁾, E. NEZAN⁽²⁾, M. RYCKAERT⁽¹⁾

- (1) IFREMER, Dir. Environnement Littoral (DEL), Brest
- (2) IFREMER, Dir. Environnement Littoral (DEL), Concarneau
- (3) MICROMER, Brest
- (4) Université de Bretagne Occidentale (UBO), Brest



Contrat Région Bretagne-IFREMER 93/2 215 271/F

Rapport IFREMER, DEL Brest, janv. 1995

RESUME ET CONCLUSIONS

Cette étude du site aquacole de Camaret, centrée sur la ferme ELSAMER, fait partie d'un programme de recherche appliquée de l'IFREMER sur les relations entre la pisciculture marine intensive et l'environnement, cofinancé par la Région Bretagne. Il s'agit d'une observation approfondie d'un an, prenant en compte, par une approche pluridisciplinaire, l'ensemble des paramètres pertinents pour ce problème : courantologie, hydrologie, sédimentologie, biologie, chimie ... Ses buts principaux sont l'établissement d'un état de référence existant sur le site, le constat de l'impact éventuel sur l'environnement, la mise en évidence des paramètres essentiels pour une surveillance ultérieure et, si nécessaire, un ajustement des pratiques permettant de concilier la pisciculture et le milieu. Elle devrait se poursuivre par une surveillance des paramètres fondamentaux ainsi déterminés, la comparaison avec d'autres sites, éventuellement des études particulières sur des points non couverts par l'investigation approfondie (microbiologie et chimie du sédiment p. ex.).

Courantologie

La courantologie est limitée dans le fond de la baie de Camaret (vitesse instantanée maximum enregistrée = 10 cm/sec.). La faiblesse des courants instantanés semble compensée par l'agitation induite par le clapot et favorisée par la petite profondeur. Ceci permet une dispersion des rejets solides (aliment non consommé et fèces de poisson), qui ne s'accumulent pas sur le fond.

Hydrologie (ammoniaque)

L'ammoniaque (NH_4) représente l'essentiel des rejets dissous des poissons. Celui-ci est rapidement dispersé dans l'eau et difficilement mesurable, sauf à proximité immédiate de l'élevage. L'augmentation des teneurs dans le milieu disparaît en quelques dizaines de mètres. Elle concerne surtout la subsurface, l'eau du fond n'étant pratiquement pas affectée. Les rejets d'ammoniaque évoluent en cours de journée, en fonction de l'heure d'alimentation du poisson. Les teneurs mesurées dans le milieu au ras des cages passent par un maximum entre 5 et 6 heures après le repas pour revenir ensuite aux valeurs de base du lieu. Les extrêmes montrent un rapport de 1 à 3, voire de 1 à 5 par rapport aux normales du site mais, en absolu, restent dans la gamme de variation observée pour les eaux côtières en Bretagne du Nord.

Phytoplancton

Le phytoplancton montre un gradient côte large classique. Un épisode particulièrement spectaculaire est enregistré : l'apparition, fin septembre, d'une "eau clorée" ichtyotoxique, aux conséquences néfastes sur les poissons. Cette prolifération exceptionnelle d'une petite espèce de phytoflagellé (*Heterosigma carterae*, anciennement *H. askashiwo*, 0,010-0,020 mm) atteint des densités très importantes en fond de baie de Camaret (jusqu'à 130 millions de cellules/l). Sa causalité est à rechercher dans un certain nombre de conditions naturelles

propices à ce type de phénomène : hydrologie favorable, stabilité hydrodynamique temporaire, apports terrigènes par des pluies récentes ...

Microbiologie

La bactériologie sanitaire, suivie sur des moules spécialement immergées dans ce but, semble surtout refléter l'influence des rejets domestiques locaux, libérés en mer à proximité du site (point de rejet à l'extérieur du môle du port). En effet, la flore fécale des poissons est très limitée et très différente de celles des mammifères.

Flux de sédimentation

Des pièges à particules placés sur le fond, sous les cages ou dans leur voisinage immédiat, montrent un flux de particules en relation avec les rejets solides des poissons et pouvant être jusqu'à 10 fois supérieur à la normale du lieu. Mais ces rejets sont rapidement dispersés, car seuls les micro-accidents de terrain en conservent une trace temporaire sur le fond (vidéo).

Sédiment superficiel

La granulométrie du site correspond à celle d'un sable fin envasé, avec 20-30 % de fraction fine et 2-3 % de matière organique. Cette dernière valeur ne témoigne pas d'une charge organique anormale pour ce type de sédiment. La couche superficielle est par ailleurs oxydée sur quelques centimètres d'épaisseur.

Peuplements benthiques

L'ensemble des paramètres biologiques évalués sur la macrofaune (abondance, biomasse, diversité, espèces indicatrices) témoigne d'un impact de l'élevage sur les peuplements du fond sous-jacents. Mais celui-ci est limité et s'atténue rapidement avec l'éloignement (quelques dizaines de mètres). Par ailleurs, si les indicateurs écologiques paraissent très sensibles, d'autres mesures ou observations (teneur en matière organique et oxygénation du sédiment superficiel, vidéo du fond) ne montrent rien d'anormal pour la zone considérée.

Vidéo

La vidéo sous-marine se révèle un outil simple et rapide d'observation de la qualité superficielle du fond. Ses résultats montrent un léger enrichissement à proximité immédiate des cages, allant décroissant jusqu'à quelques dizaines de mètres. La macrofaune vagile ou sédentaire reste présente : poissons dragonnets, étoiles de mer, coquilles St Jacques, tourteaux...

D'une manière générale, les observations et analyses réalisées en 1994, avec une biomasse en élevage de l'ordre de 80-90 t de poisson, montrent un effet mesurable. Mais cet impact reste très limité en intensité et en extension et n'affecte pas le milieu de manière substantielle. A l'avenir, il paraît néanmoins indispensable de maintenir une certaine surveillance du site, de manière à garantir la montée en puissance de la production dans le respect de l'environnement.

SOMMAIRE

	Page
Résumé et Conclusions -----	3
Introduction -----	7
Site et travaux -----	9
Courantologie -----	13
Hydrologie -----	17
Evolution journalière de l'ammoniaque -----	25
Phytoplancton et Microbiologie -----	29
Flux de sédimentation (pièges à particules) -----	33
Sédiments superficiels -----	37
Peuplements benthiques -----	43
Observation vidéo du fond -----	49

INTRODUCTION

Cette étude du site aquacole de Camaret fait partie d'un programme de recherche appliquée de l'IFREMER sur les relations entre la pisciculture marine intensive et l'environnement, cofinancé par la Région Bretagne. Il en va de même de la quantification des rejets métaboliques et alimentaires des principales espèces de poissons élevées localement (turbot et truite fario), qui fait l'objet d'un rapport spécifique (IFREMER, DRV/RA Brest, janv. 1995).

L'ensemble s'inscrit dans une démarche destinée à permettre un développement aquacole durable dans le respect de l'environnement. Celle-ci s'appuie sur les enseignements tirés de travaux similaires réalisés par d'autres pays autour de leurs fermes aquacoles, sur notre propre expérience de terrain avec d'autres sites français, ainsi que sur nos mesures de laboratoire en physiologie des poissons d'élevage (paramètres d'excrétion). Elle inclut la collaboration d'équipes scientifiques extérieures à l'IFREMER et la participation active des exploitants, dans l'intérêt même des élevages.

L'étude de Camaret consiste en une observation approfondie d'un an portant sur les relations entre la pisciculture marine intensive et l'environnement. Il s'agit d'une approche pluridisciplinaire, prenant en compte l'ensemble des paramètres pertinents pour ce problème : courantologie, hydrologie, biologie, chimie ... Les buts principaux de cette recherche sont l'établissement d'un état de référence existant sur le site, le constat de l'impact éventuel sur l'environnement, la mise en évidence des paramètres essentiels pour une surveillance ultérieure et, si nécessaire, un ajustement des pratiques permettant de concilier la pisciculture et le milieu. Elle devrait se poursuivre par une surveillance des paramètres fondamentaux ainsi déterminés, la comparaison avec d'autres sites, éventuellement des études particulières sur des points qui n'auraient pas pu être couverts par l'investigation approfondie.

Le site-atelier est celui de la ferme marine ELSAMER, qui participe aux travaux par son appui logistique (assistance technique, bateau, plongeurs) et l'accès aux données d'élevage indispensables aux besoins de l'étude. Un appui semblable est apporté par la ferme voisine de la SEMII (Salmoniculture Expérimentale Marine IFREMER-INRA), également installée dans l'anse de Camaret. La société MICROMER, deux laboratoires de l'Université de Bretagne Occidentale et plusieurs laboratoires de l'IFREMER interviennent sur les prélèvements, les mesures et les analyses.

SITE ET TRAVAUX

L'anse de Camaret abrite deux piscicultures marines de salmonidés en cages flottantes (figure 1 : Carte de situation) :

- SEMII, Salmoniculture Expérimentale Marine INRA-IFREMER, outil mixte de recherche ;
- ELSAMER, ferme à vocation commerciale spécialisée dans l'élevage de la truite fario, mais produisant également une certaine quantité de truite arc-en-ciel en saison fraîche et un peu de saumon atlantique. Durant l'étude, sa production est de l'ordre de 150 t/an, en croissance, pour atteindre, à terme, une capacité de 300 t/an. Pendant la même période, la biomasse en place est de l'ordre de 80-90 t. Ceci correspond à un train de cages complet et à une partie d'un second train mis en place en cours d'année (figure 2 : Plan du site d'élevage). L'aliment distribué est du type extrudé.

L'implantation des deux fermes est relativement proche du port de Camaret, où se localise également le point de rejet de la station d'épuration municipale (figure 1).

Les travaux effectués dans le cadre de la présente étude sont résumés sur le tableau joint (tableau 1), qui fait également apparaître les intervenants. Ces travaux concernent à la fois l'eau (courantologie, hydrologie, excrétion ammoniacale, plancton, flux de particules, microbiologie) et le fond marin (sédiment, peuplements benthiques, vidéo). Ils sont présentés dans cet ordre dans ce document. Le positionnement des stations d'échantillonnage est indiqué sur un plan (stations proches des cages, figure 2) ainsi que sur la carte de situation (station de référence, extérieure au site d'élevage, figure 1).

Figure 1 : Carte de situation

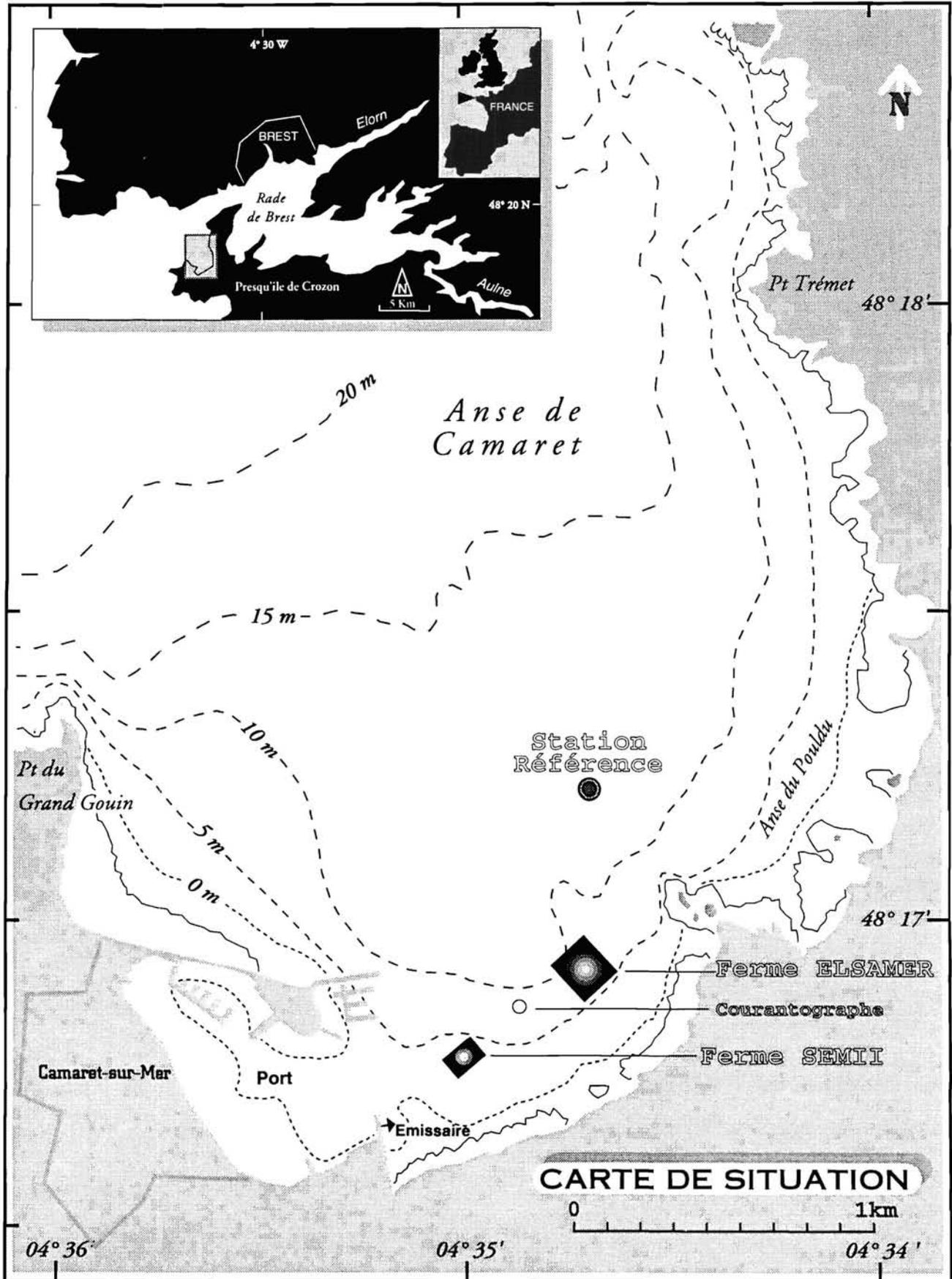
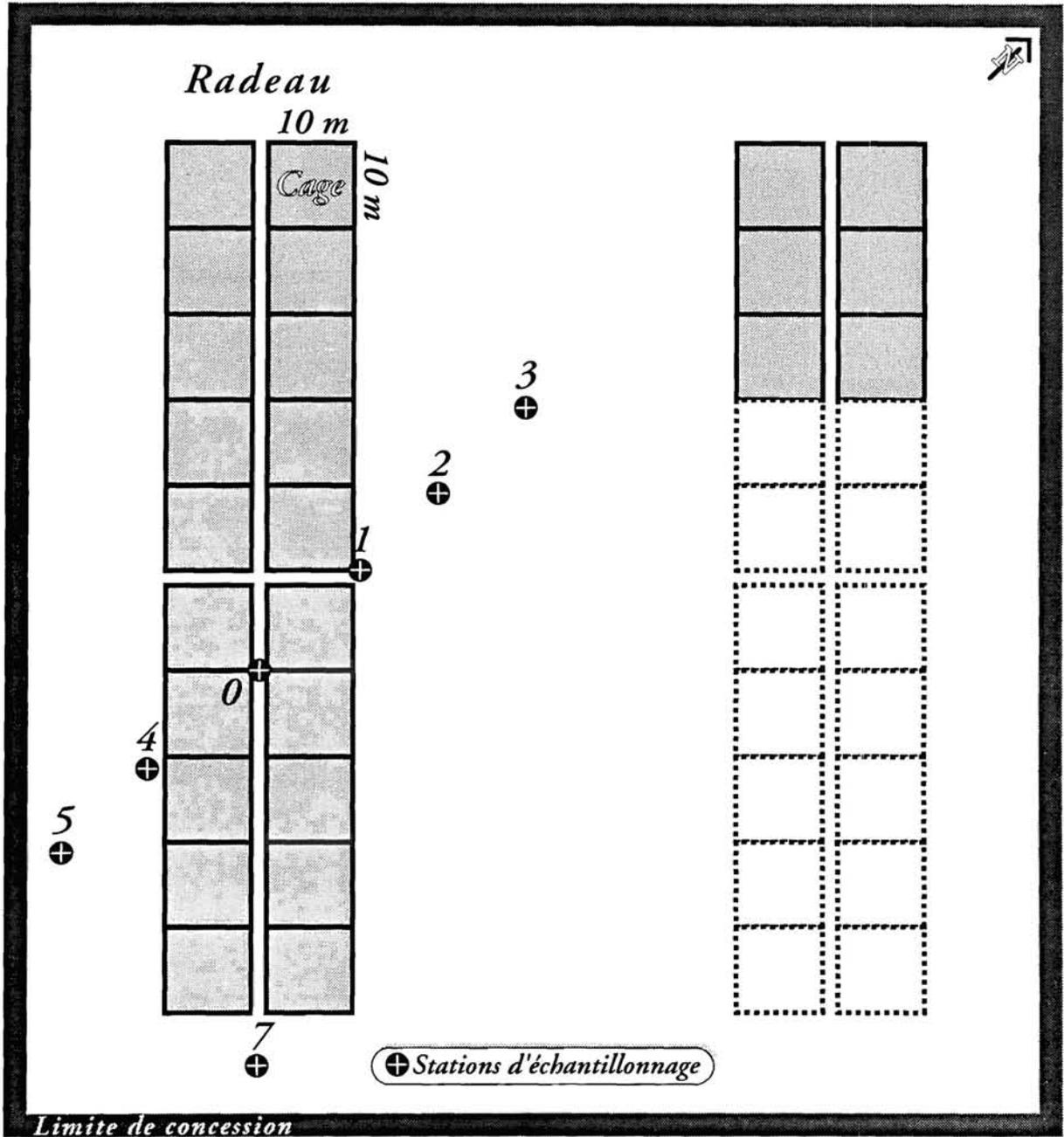


Figure 2 : Plan du site d'élevage



PLAN DU SITE D'ÉLEVAGE (ELSAMER, 1994).

La station de référence (st 9), extérieure au site, apparaît sur la carte de situation.

Les points sont communs à l'hydrologie et au benthos

Tableau 1 : Travaux effectués
Etude environnementale d'un site d'élevage de salmonidés en cages flottantes
à Camaret

PARAMETRES	PERIODE	PRELEVEMENTS	MATERIEL DE TERRAIN	INTERVENANTS
COURANTOLOGIE Mesures	3 sem., hiver	mesure en continu	mouillages courantographes	IFREMER
HYDROLOGIE T°C, S‰, O ₂ NO ₂ , NO ₃ , NH ₄ , SiO ₂ Secchi MEST, MOS (perte au feu)	hiver (10/02) printemps (10/05) été (04/07) automne (12/09)	8 stations, dont 1 réf prof. : S-1 m, F + 1 m ou verticale T°, S‰ ; horaire selon pic excrétion NH ₄	sondes T-S, O ₂ bouteilles de prélèvement, syst. filtration, Secchi	MICROMER UBO
EXCRETION NH₄	hiver (12/01) été (04/07)	2 stations (amont- aval radeau selon courant) prof - 2 m fréquence horaire	idem partie Hydrol.	MICROMER UBO
PLANCTON chlorophylle a phytoplancton sommaire : comptage grands groupes espèces toxiques	2 fois/mois	radeau référence	idem partie Hydrol.	Exploitant, SEMII (prélèvement) IFREMER
FLUX DE SEDIMENTATION masse totale	idem Hydrol. (sur 24 h)	5 stations, dont réf.	pièges à particules	MICROMER, Exploitant, IFREMER
MICROBIOLOGIE (Mollusques sentinelles) bactériologie sanitaire	2 fois/mois	radeau et stat. réf.	cordres de moules en place	Exploitant, SEMII (installation et prélèvement moules) IFREMER
SEDIMENT Profond. discont. rédox, granulométrie, M.O.	printemps-été (07.06) été-automne (26.09)	7 stations , dont réf.	carottier, benne Smith Mc Intyre	UBO
PEUPLEMENTS BENTHIQUES macrofaune sur maille 1 mm : abondance, biomasse, densité, espèces caractéristiques et indicatrices			benne Smith Mc Intyre	
VIDEO enregistrement vidéo du fond, sédiment (obs : couleur, relief, fécès, granulés ...) et peuplements benthiques	printemps (07/04/92) été (01/07/94)	2 radiales perpen- diculaires centrées sous le radeau, radeau + 200 m	matériel vidéo (caméra + moniteur)	IFREMER

Appui logistique sur site (assist. techn, bateau, plongeurs) apportée par les deux exploitants locaux, ELSAMER et SEMII.

La courantologie provient d'une étude réalisée en janvier et février 1991, à proximité de la ferme expérimentale SEMII*. Elle avait pour but de contribuer à la connaissance du renouvellement de l'eau dans les cages d'élevage.

MATERIEL ET CONDITIONS

Un courantomètre SUBER SLS21 a été mouillé à environ 180 mètres au nord-est du radeau d'élevage de la SEMII, soit à peu près à mi-chemin de l'emplacement actuel des deux fermes (cf. carte de situation). Le mouillage était de type "surface", et le rotor était situé à 2 mètres de profondeur (profondeur moyenne des poissons en élevage). La période d'enregistrement, assez courte, s'est étendue du 25 janvier au 13 février 1991. Elle a couvert néanmoins une large gamme de coefficients de marée (de 29 à 104).

RESULTATS (figures 3 et 4)

La fréquence des vitesses instantanées est montrée sur la figure 3. Le détail en vitesse et direction d'une journée représentative apparaît sur la figure 4. Les courants instantanés sont faibles (10 cm.s^{-1} environ au maximum). Généralement, les vitesses maximum du flot sont nettement supérieures à celles du jusant.

COMMENTAIRES

Direction

Les directions sont partiellement tournantes et partiellement alternatives. Généralement, le courant de flot commence par porter au 180 et termine au 270 (vitesse maximum vers 200°); celui du jusant débute en portant vers le nord, tourne à l'est et revient finalement au nord. Ceci pourrait être pris en compte pour une orientation optimum des radeaux d'élevage vis-à-vis du renouvellement de l'eau par les courants.

Vitesse

On considère généralement que, pour une cage unique, en dessous d'une vitesse de courant de 4 cm.s^{-1} , le renouvellement de l'eau est effectué préférentiellement par d'autres facteurs (mouvement des poissons, par exemple). A Camaret, la vitesse du courant n'a dépassé 4 cm.s^{-1} que durant 14 % du temps. Il semble donc que le renouvellement de l'eau de l'ensemble des cages du radeau soit faible à très faible, et dépende plutôt du mouvement des poissons et de l'agitation de l'eau (rôle du vent) que des courants. Des lâchers de rhodamine, réalisés en une autre occasion en amont des cages de la SEMII, en flot et en jusant, avaient d'ailleurs contourné le radeau sans y pénétrer.

* SEMII : Salmoniculture Expérimentale Marine IFREMER-INRA

FREQUENCE DES VITESSES DE COURANT
CAMARET Janv. Fevr. 1991

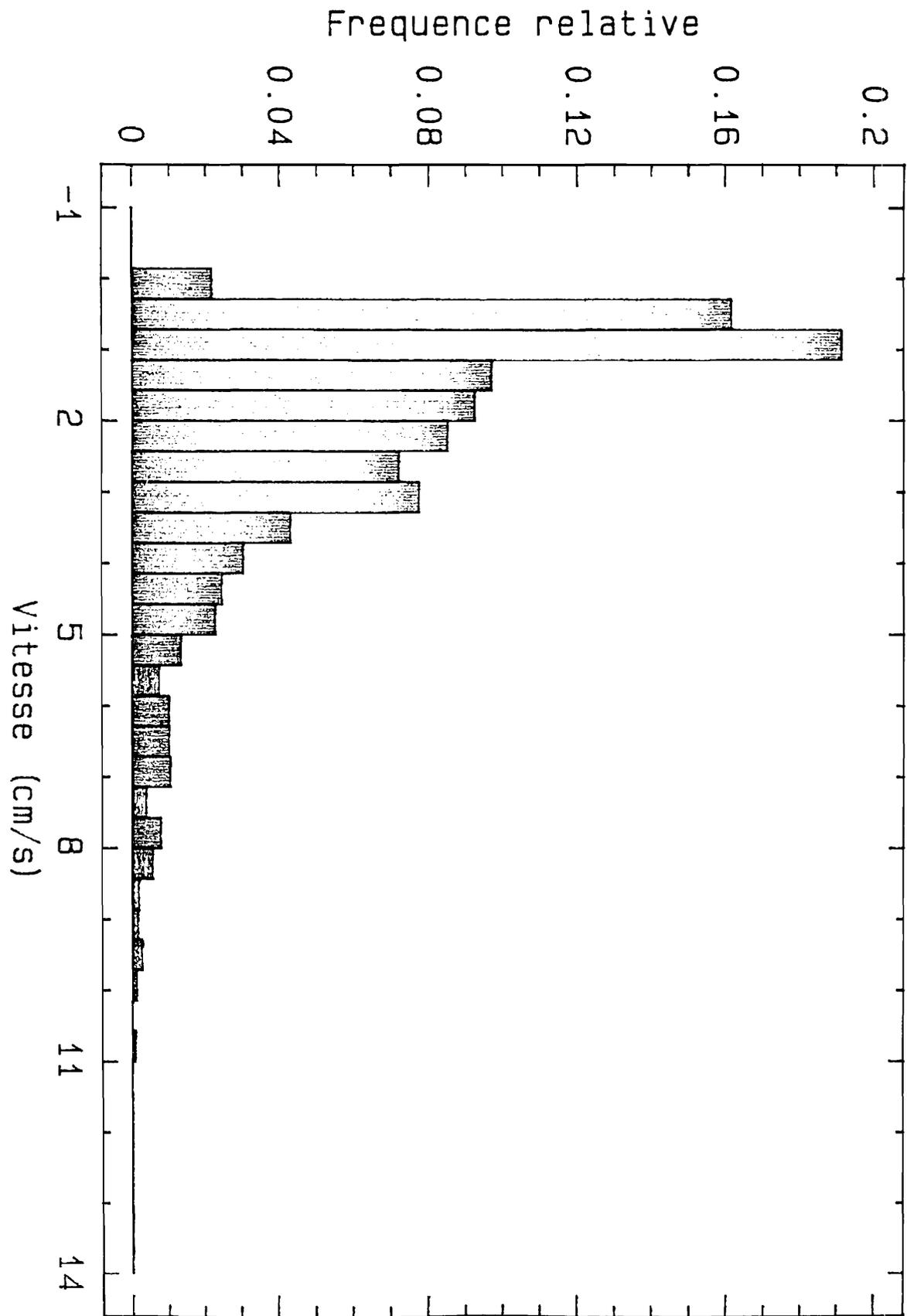
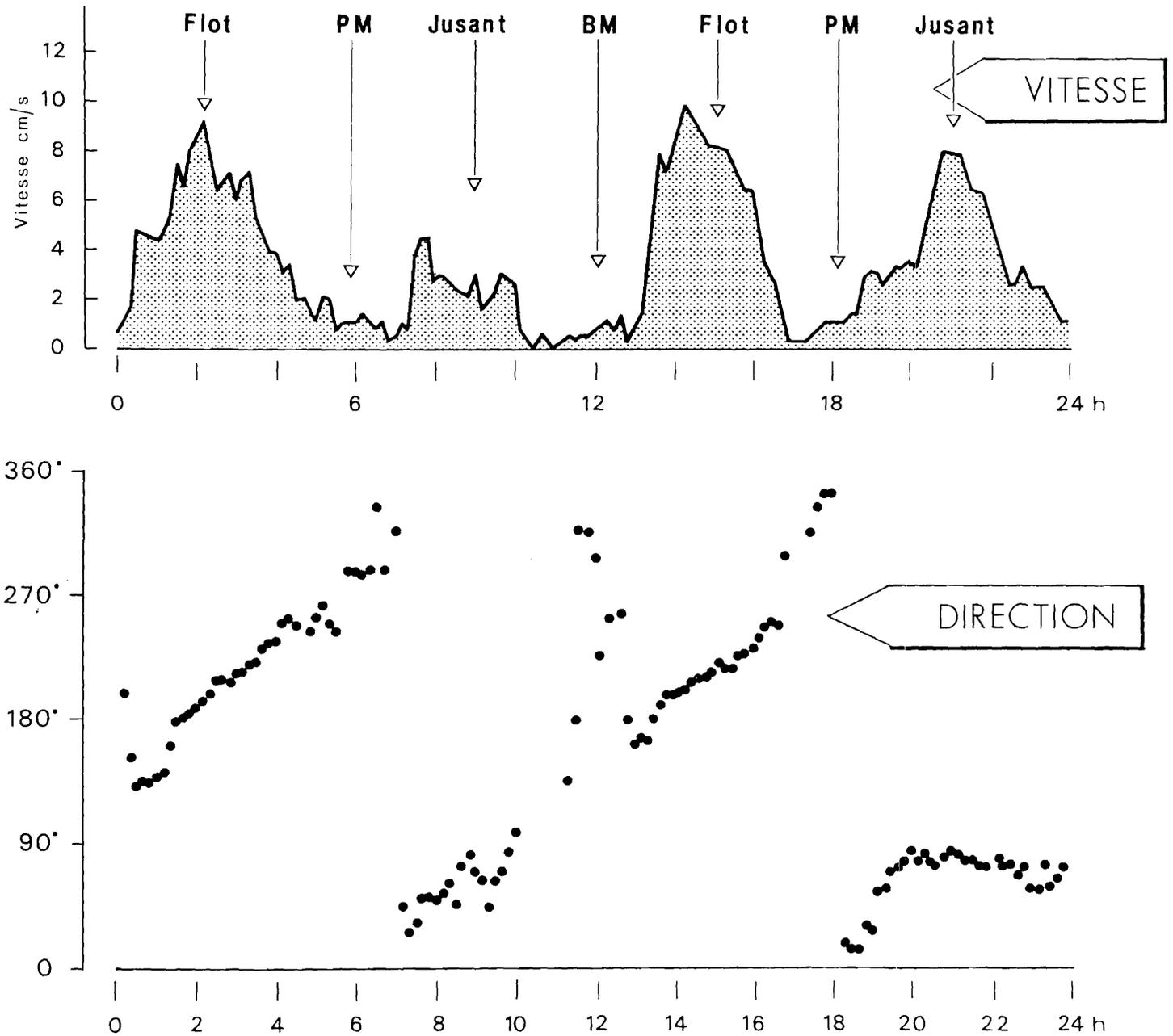


Figure 3 : Fréquence des vitesses de courant

Figure 4 : Direction et vitesse du courant

DIRECTION ET VITESSE DU COURANT_ 31 Janvier 91



Date du suivi		10/02/1994			
Conditions météorologiques		Vent modéré Situation dépressionnaire			
Conditions de marée		coef.	matin	88	
			soir	91	
		heures	Basse mer	11h12	
			Pleine mer	17h11	
Profondeur de prélèvement		S-2m F+1m			
Point	Heures	NH ₄ (µatg/l)		Profondeur (m)	Secchi (m)
		Surface	Fond		
3	14h30 (BM+3h20)	0,64	0,64	15,0	3,5
2	14h50 (BM+3h40)	0,82	0,71	15,5	3,0
1	15h00 (BM+3h50)	0,82	0,83	15,0	2,75
0	15h45 (BM+4h35)	1,45	0,85	16,0	2,0
4	15h10 (BM+4h00)	0,97	0,75	14,0	2,75
5	15h20 (BM+4h10)	0,99	0,60	14,0	2,75
6	15h30 (BM+4h20)	0,78	0,72	13,0	2,75
7	16h05 (BM+4h55)	0,75	ND	14,0	2,5
8	16h20 (BM+5h10)	0,80	0,74	17,5	3,0
9	16h40	0,70	0,71	22,0	2,75

Tableau 3 : Suivi des teneurs en NH₄ sur 8 points situés à proximité du radeau Elsamer (0-8) et d'un point témoin (9).

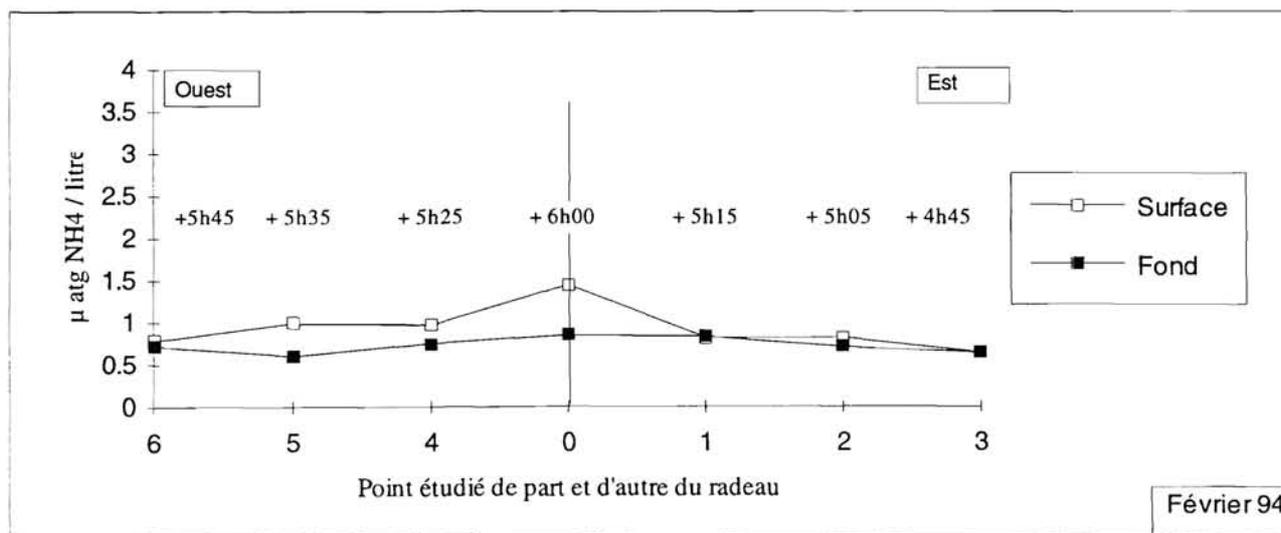


Figure 6 : Evolutions spatiales des teneurs en NH₄ de part et d'autre du radeau en surface et au fond. (Les heures notées correspondent au décalage entre l'heure du nourrissage et l'heure du prélèvement).

SITUATION PRINTANIERE - Mai 1994 (tableaux 4 et 5 ; figures 5 et 7)

Date du suivi		10/05/1994			
Conditions météorologiques		Vent faible Situation pluvieuse Mer calme			
Conditions de marée		coef.	matin	78	
			soir	79	
		heures	Basse mer	11h57	
			Pleine mer	17h54	
Profondeur de prélèvement		S-2m F+1m			
Point	Heures	Surface NH ₄	Fond µatg/l	Profondeur	Secchi
3	14h45 (BM+2h45)	1,68	1,18	15,0	8,5
2	14h50 (BM+2h50)	1,42		15,0	8,5
1	14h20 (BM+2h20)	3,64	1,04		
0	14h10 (BM+2h10)	2,37	0,89	13,0	6,0
(*)	15h40 (BM+3h40)	2,47	1,31		
4	14h30 (BM+2h30)	0,95	1,05		
5	14h55 (BM+2h55)	1,99	1,49	13,0	7,0
6	15h05 (BM+3h05)	1,51	1,47	12,5	8,5
7	15h10 (BM+3h10)	2,04	1,31	12,5	7,0
8	15h20 (BM+3h20)	1,18	1,24	16,0	6,5
9	15h30 (BM+3h30)	1,13	1,27	16,0	8,5

Tableau 4 : Suivi des teneurs en NH₄ sur 8 points situés à proximité du radeau Elsamer (0-8) et en un point témoin (9). (*) afin de mesurer l'évolution dans le temps des teneurs, deux prélèvements ont été réalisés au point 0, en début et en fin de suivi.

		T°C	S‰	O ₂ d ml/l	NO ₂ +NO ₃ µM/l	PO ₄ µM/l	SiO ₂ µM/l	MEST mg/l	MOS mg/l
Point 0	Surface	12,5	34,86	5,82	3,2	0,27	1,0	21,4	5,7
	Fond	12,5	34,99	6,39	2,5	0,04	1,0	22,3	6,4
Point 9	Surface	12,0	34,95	6,52	3,0	0,24	0,7	22,9	6,4
	Fond	12,0	35,02	6,45	3,0	0,11	0,8	21,8	5,4

Tableau 5 : Suivi des caractéristiques hydrologiques sur 2 points: centre du radeau Elsamer (0) et au point témoin (9).

Les nourrissages ont été observés le matin, de 9h40 à 10h15 et de 11h15 à 12h00 environ, et l'après midi de 14h00 à 14h40 et de 15h15 à 16h00. Ils ont tous été menés des cages A10 et B10 vers les cages A1 et B1.

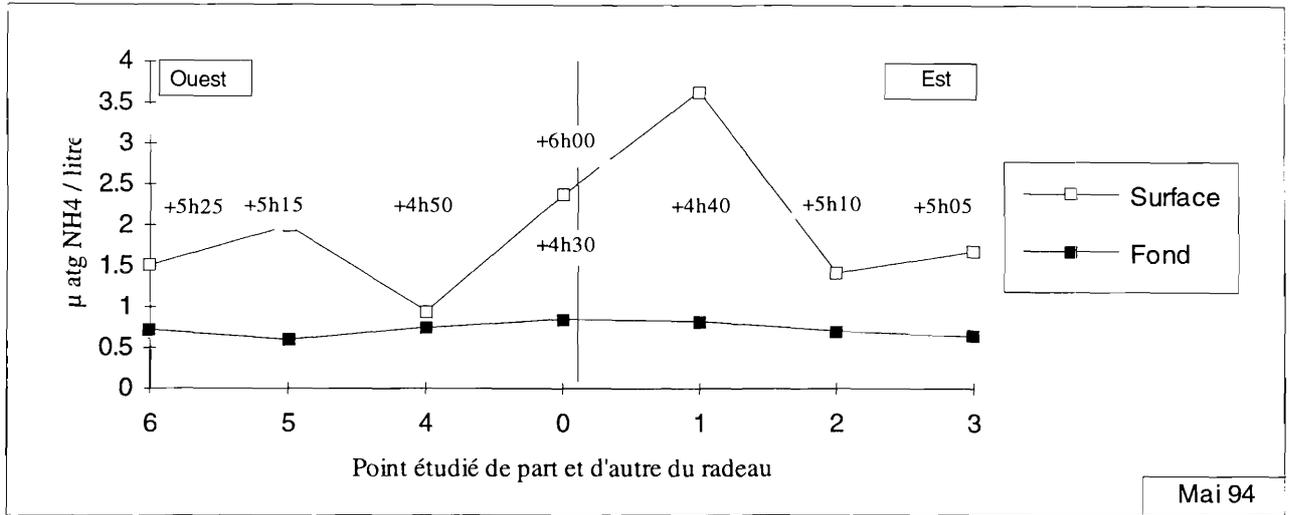


Figure 7

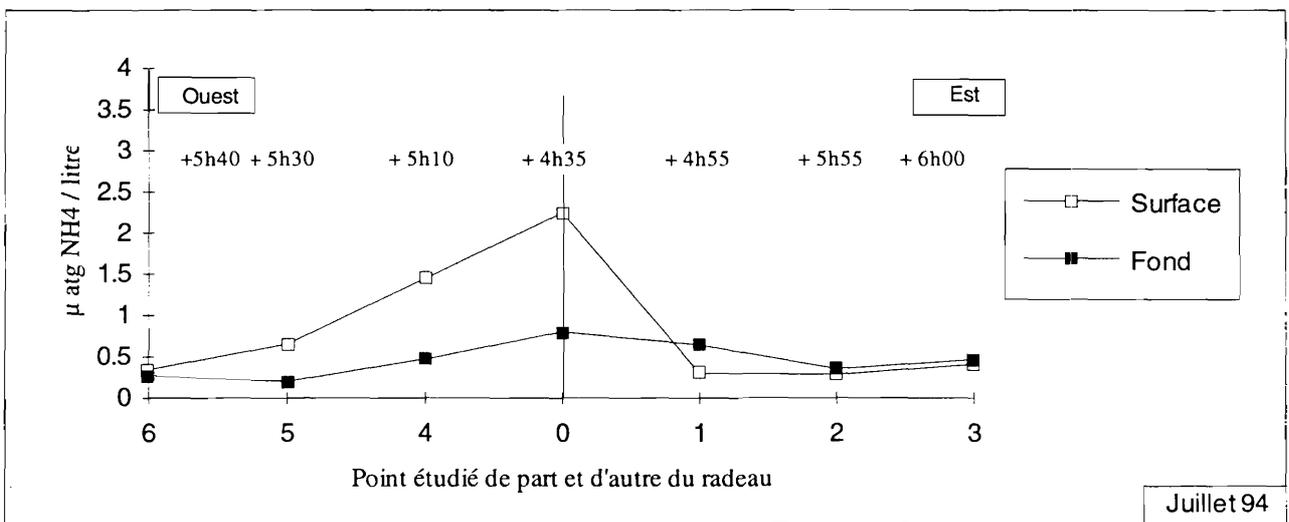


Figure 8

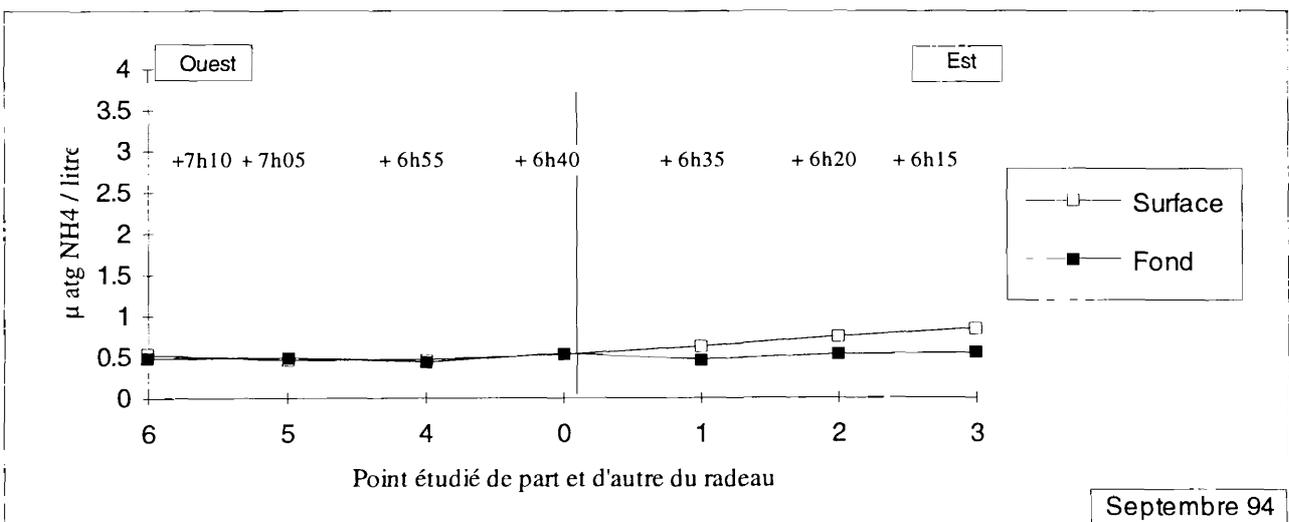


Figure 9

Figures 7 à 9 : Evolutions spatiales des teneurs NH_4 de part et d'autre du radeau en surface et au fond. (Les heures notées correspondent au décalage entre l'heure du nourrissage et l'heure du prélèvement).

SITUATION ESTIVALE - Juillet 1994 (tableaux 6 et 7 ; figures 5 et 8)

Date du suivi		04/07/1994			
Conditions météorologiques		Vent faible Mer calme			
Conditions de marée		coef.	matin	41	
			soir	44	
		heures	Basse mer	8h35	
			Pleine mer	14h47	
Profondeur de prélèvement		S-2m F+1m			
Point	Heures	Surface NH ₄	Fond µatg/l	Profondeur	Secchi
3	15h15 (PM+0h30)	0,40	0,46	16,0	7,5
2	15h10 (PM+0h25)	0,28	0,35	15,5	7,0
1	14h10 (BM+5h35)	0,30	0,64	15,5	7,5
0	13h50 (BM+5h15)	2,25	0,80	15,5	6,0
4	14h25 (BM+5h50)	1,45	0,47	15,5	6,0
5	14h45 (PM)	0,65	0,20	15,5	7,0
6	14h55 (PM+0h10)	0,34	0,27	15,5	7,0
7	15h05 (PM+0h20)	0,28	0,67	12,0	7,0
8	15h20 (PM+0h35)	-	-	16,5	7,0
9	15h25 (PM+0h40)	0,27	0,33	16,5	7,5

Tableau 6 : Suivi des teneurs en NH₄ sur 8 points situés à proximité du radeau Elsamer (0-8) et en un point témoin (9).

Des mesures de température de la surface au fond ont été réalisées ; bien qu'elles n'aient pas mis en évidence de thermocline très nette, des prélèvements pour la détermination de la salinité ont été refaits en fin de suivi au centre du radeau: en surface, fond ainsi qu'à 8 et 10m. Ces profondeurs sont celles auxquelles semblaient apparaître une légère discontinuité thermique.

		T°C	S‰	O ₂ d ml/l	NO ₂ + NO ₃ µM/l	PO ₄ µM/l	Si(OH) ₄ µM/l	MEST mg/l	MOS mg/l
Point 0	Surface	17,0	34,99	5,99	0,8	0,04	0,2	17,8	6,1
	Fond	16,5	34,86	6,10	0,2	0,22	0,4	25,2	6,3
	Surface		35,01						
	Fond		35,06						
	8m		35,01						
	10m		35,01						
Point 9	Surface	17,0	34,87	6,18	0,1	0,13	0,4	20,5	6,1
	Fond	16,5	35,00	6,34	0,3	0,09	0,4	18,8	7,9

Tableau 7 : Suivi des caractéristiques hydrologiques sur 2 points : centre du radeau Elsamer (0) et au point témoin (9).

L'heure prise en compte pour l'établissement du temps de décalage entre nourrissage et prélèvement hydrologique est 9h15 ; la figure 7 présente ce paramètre associé à l'évolution de la teneur en NH₄ le long de la radiale principale.

SITUATION AUTOMNALE - Septembre 1994 (tableaux 8 et 9 ; figures 5 et 9)

Date du suivi		12/09/1994			
Conditions météorologiques		Vent fort Situation pluvieuse			
Conditions de marée		coef.	matin	63	
			soir	56	
		heures	Basse mer	16h59	
			Pleine mer	10h29	
Profondeur de prélèvement		S-2m		F+1m	
Point	Heures	Surface NH ₄	Fond µatg/l	profondeur	Secchi
3	15h30 (PM+5h00)	0,85	0,55	14,5	6,5
2	15h35 (PM+5h05)	0,75	0,53	13,5	6,0
1	15h50 (PM+5h20)	0,63	0,47	13,5	6,0
0	16h55 (PM+6h25)	0,53	0,54	12,0	5,5
4	16h10 (PM+5h40)	0,47	0,44	12,5	5,0
5	16h20 (PM+5h50)	0,46	0,49		5,5
6	16h25 (PM+5h55)	0,52	0,48	10,5	5,5
7	16h30 (PM+6h00)	0,41	0,42	12,0	6,0
8	16h35 (PM+6h05)	0,38	0,45	13,0	5,5
9	15h20 (PM+4h50)	0,38	0,49	14,0	7,0

Tableau 8 : Suivi des teneurs en NH₄ sur 8 points situés à proximité du radeau Elsamer (0-8) et en un point témoin (9).

		T°C	S‰	O ₂ d ml/l	NO ₂ + NO ₃ µM/l	PO ₄ µM/l	SiO ₂ µM/l	MEST mg/l	MOS mg/l
Point 0	Surface	17,8	35,23	5,61	0,75	0,14	2,3	19,00	*
	Fond	17,8	35,26	5,51	0,67	0,10	2,4	20,25	*
Point 9	Surface	17,8	35,27	5,63	0,65	0,32	2,2	18,55	*
	Fond	17,6	35,27	5,63	0,65	0,07	2,1	21,73	*

Tableau 9 : Suivi des caractéristiques hydrologiques sur 2 points: centre du radeau Elsamer (0) et au point témoin (9).

Afin de préciser sur la figure 9 le décalage entre le début du nourrissage et le moment du prélèvement sur les différents points de la radiale principale, l'heure de début de nourrissage a été estimée à 9h15 d'après les remarques du personnel d'Elsamer.

L'horaire tardif, comparativement aux autres campagnes et surtout aux nourrissages matinaux, s'explique par les impératifs de travail du personnel et les conditions d'immersion des pièges à particules, dépendantes des nourrissages de l'après-midi. Ce décalage s'est traduit par l'absence d'un maximum dans les teneurs en ammonium lors du suivi de la radiale, les prélèvements ayant probablement été réalisés trop tardivement par rapport à la phase d'excrétion azotée.

Une légère thermocline apparaît sur les profils de fin d'été : baisse de un degré sur les 2-3 m superficiels.

EVOLUTION JOURNALIERE DES TENEURS EN NH₄

L'objectif de ces suivis est de déterminer, dans le cycle d'excrétion ammoniacuée, l'influence respective de la marée et de l'horaire de nourrissage. Aussi deux suivis journaliers, à raison d'un échantillonnage toutes les heures de part et d'autre du radeau, ont été menés en situation hivernale et estivale. En effet, la température de l'eau pouvant influencer sur le cycle "nourrissage-excrétion", une comparaison de l'évolution du paramètre NH₄ entre les mois de janvier et juillet doit permettre d'aborder les fluctuations annuelles.

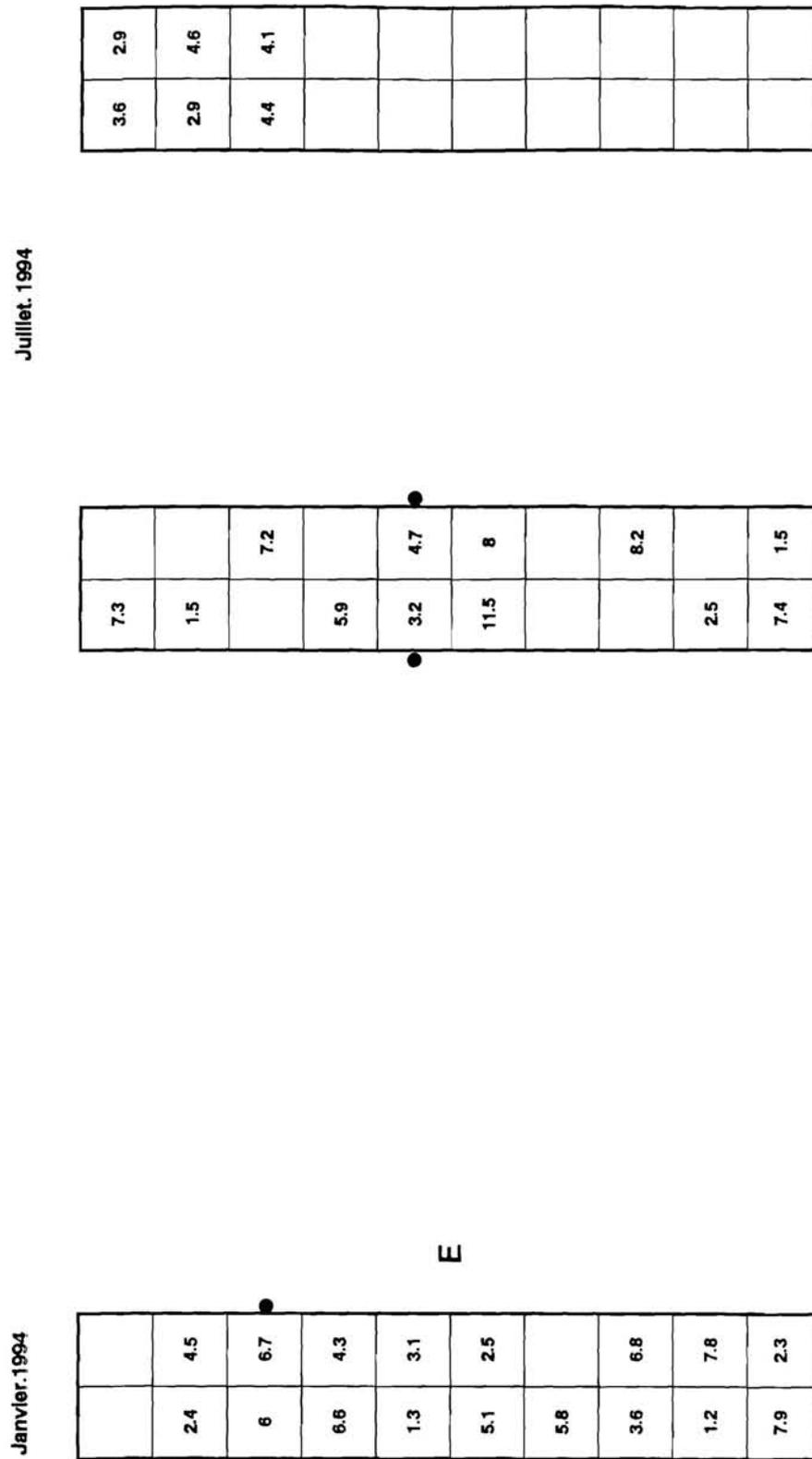
Les prélèvements sont réalisés à -2m de façon à se situer à une profondeur voisine de celle du banc de poissons. Ils sont effectués à la verticale des pontons extérieurs au niveau des cages A3 et B3 en janvier et A5 et B5 en juillet. Le choix de ces positions s'explique par le taux de remplissage des cages (cf figure 10).

SITUATION HIVERNALE -Janvier 1994 (tableau 10 ; figures 10 et 11)

Date du suivi		12/01/1994		
Conditions météorologiques		Vent fort de S-SW Situation dépressionnaire		
Conditions de marée	coef.	matin	91	
		soir	93	
	heures	Basse mer	11h26	
		Pleine mer	17h27	
Profondeur de prélèvement :		- 2m		
Heures	Extérieur A3 NH ₄ µatg/l	Extérieur B3 NH ₄ µatg/l	Δ = A3-B3 µatg/l	Remarques
8h15	0,89	0,92	-0,03	
9h00	0,94	2,25	-1,31	
10h00	0,93	1,95	-1,02	
10h35	0,95	2	-1,05	10h05-10h15 Nourrissage
11h00	0,99	1,9	-0,91	11h15-11h20 Nourrissage
11h50	1,07	2,04	-0,97	11h26 Basse mer
13h10	2,13	1,81	0,32	
14h00	1,76	0,97	0,79	
15h00	3,41	0,95	2,46	15h05-15h10 Nourrissage
16h00	3,71	1,05	2,66	16h10-16h15 Nourrissage
17h00	1,78	0,98	0,8	17h27 Pleine mer
18h00	1,45	1,29	0,16	
19h00	2,29	1,85	0,44	
19h00	2,29	1,85	0,44	

Tableau 10 : Suivi des rejets ammoniacaux de part et d'autre des cages en hiver (12 janvier 1994), les nourrissages indiqués ne concernent que les cages A3 et B3.

Figure 10 : Evolution des teneurs en NH_4 , points d'échantillonnage et biomasse en place (t)



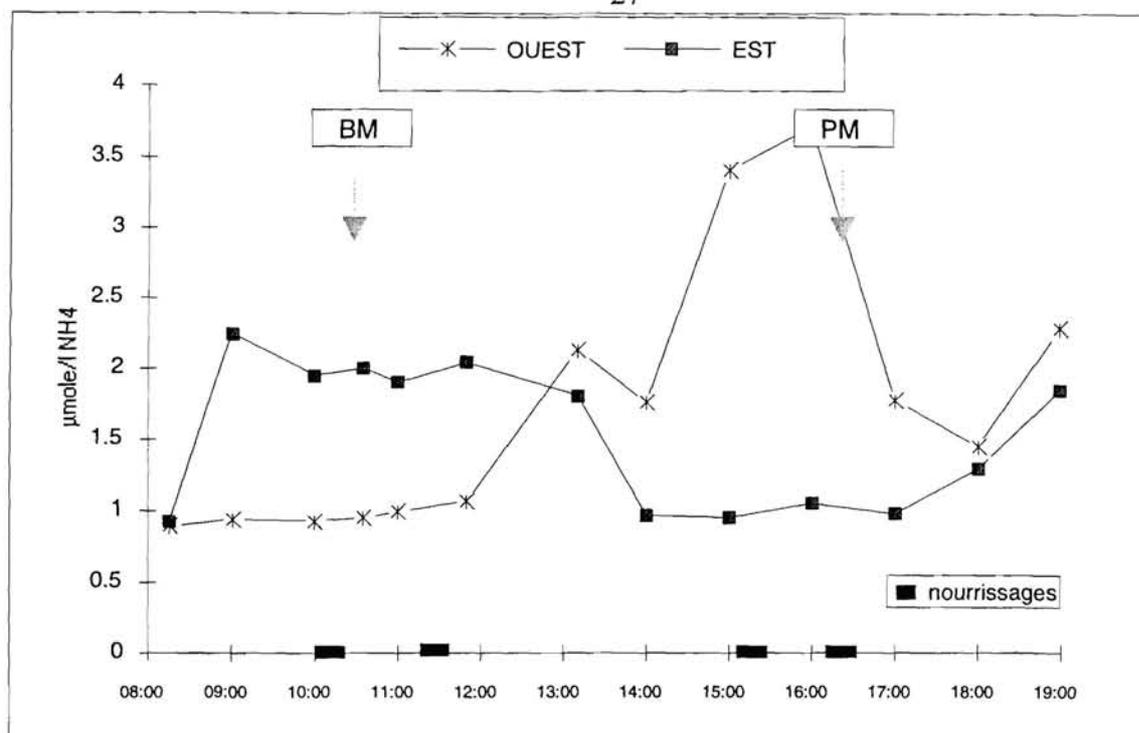


Figure 11 : Evolutions des teneurs en NH_4 de part et d'autre du radeau durant un suivi horaire réalisé le 12 janvier 1994 sur les cages d'Elsamer à Camaret.

SITUATION ESTIVALE - Juillet 1994 (tableau 11 ; figures 10 et 12)

Date du suivi		04/07/1994			
Conditions météorologiques		Vent d'Ouest			
Conditions de marée	coef.	matin	41		
		soir	44		
	heures	Basse mer	8h35		
		Pleine mer	14h47		
Profondeur de prélèvement		- 2m			
Heures	Extérieur A5 NH_4 $\mu\text{atg/l}$	Extérieur B5 NH_4 $\mu\text{atg/l}$	$\Delta = \text{A5} - \text{B5}$ $\mu\text{atg/l}$	Remarques	
8h35	0,34	0,62	-0,28	8h35	Basse mer
9h00	0,63	0,56	0,07	9h30	Nourrissage
10h00	1,02	0,33	0,69	10h10	Nourrissage
11h00	0,53	0,26	0,27		
12h00	0,70	0,31	0,39		
13h00	0,98	0,48	0,50	13h50	Nourrissage
14h00	2,56	0,50	2,06	14h20	Nourrissage
14h30	2,32	0,99	1,33	14h45	Nourrissage
15h00	2,58	0,73	1,85	14h47	Pleine mer
15h30	2,53	0,49	2,04	15h30	Nourrissage
16h00	1,82	0,93	0,89	16h40	Nourrissage
17h00	0,74	1,42	-0,68		
18h00	0,34	2,23	-1,89		
19h00	0,29	3,94	-3,65		

Tableau 11 : Suivi des rejets ammoniacés de part et d'autre des cages en été (4 juillet 1994) ; les nourrissages indiqués ne concernent que les cages A5 et B5.

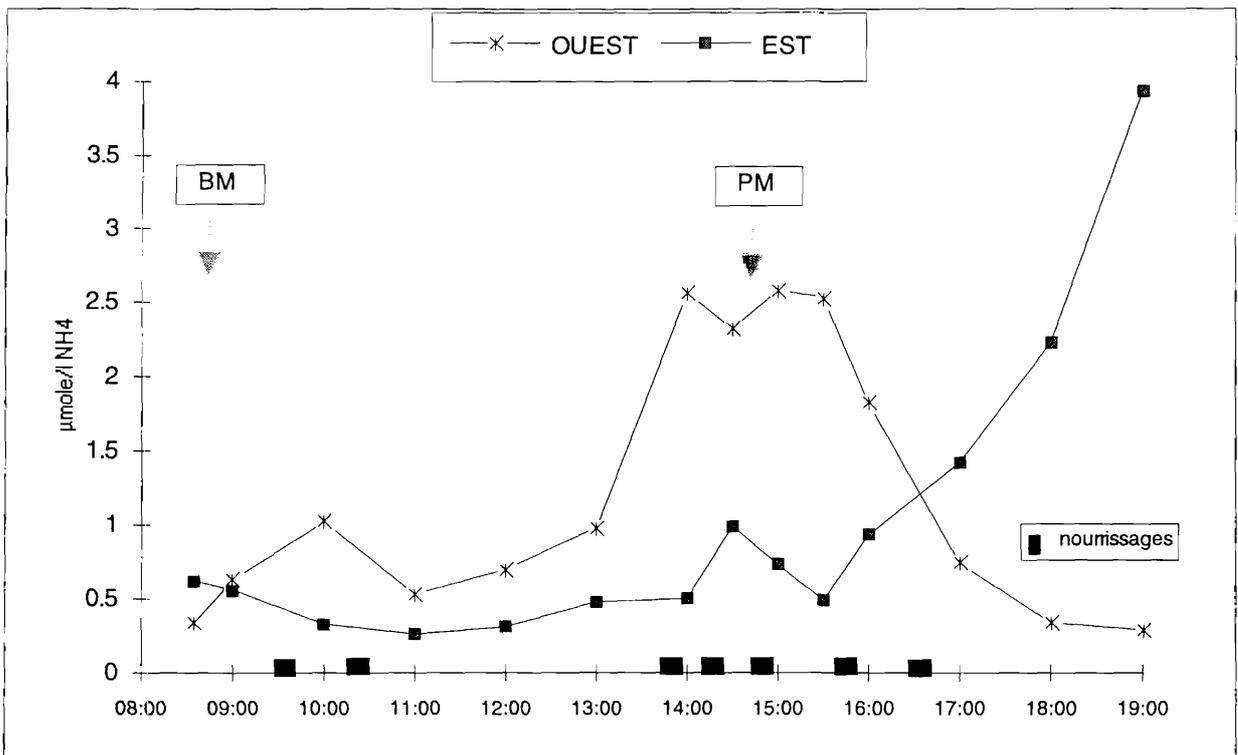


Figure 12 : Evolutions des teneurs en NH_4 de part et d'autre du radeau durant un suivi horaire réalisé le 4 juillet sur les cages d'Elsamer à Camaret.

CONCLUSION

La figure 13 illustre les évolutions temporelles des teneurs en NH_4 en janvier et juillet 1994. Elles sont exprimées par les différences de teneurs en ammonium enregistrées entre l'ouest et l'est du radeau. Il apparaît que le temps entre le début du nourrissage et le début de l'excrétion ammoniacuée évolue approximativement de 5 heures en janvier à 4 heures et demie ou 4 heures en juillet, respectivement pour les nourrissages du matin et ceux de l'après-midi.

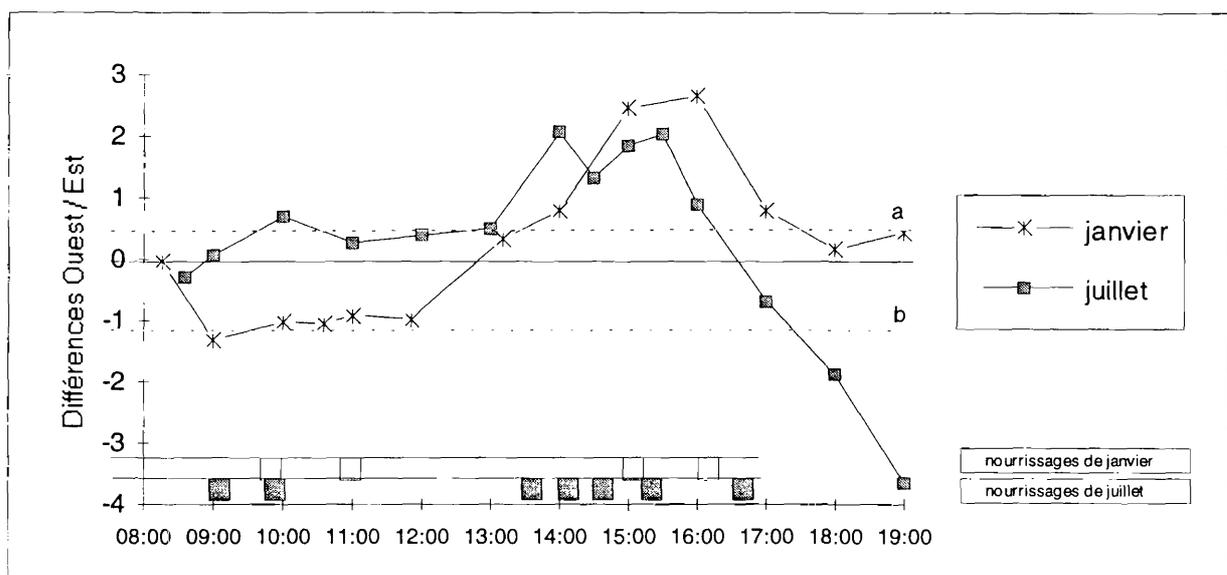


Figure 13 : Evolutions comparées des différences entre les teneurs en NH_4 observées à l'ouest du radeau et celles notées à l'est de celui-ci lors des suivis menés en janvier et juillet (a et b représentent approximativement les lignes de base).

PHYTOPLANCTON ET MICROBIOLOGIE

Une extension des réseaux IFREMER REPHY (REseau PHYtoplancton) et REMI (REseau MIcrobiologie) a permis l'analyse de prélèvements effectués au niveau des cages et de la station témoin.

Tous les 15 jours, depuis le 17 mai 1994, le phytoplancton est analysé à partir d'échantillons d'eau. De même, la concentration en coliformes fécaux est mesurée dans des moules immergées depuis un minimum de deux semaines au moment du prélèvement.

PHYTOPLANCTON (figures 14 et 15)

Les paramètres retenus sont : la flore totale (nombre total de cellules végétales présentes dans l'échantillon), le nombre de cellules d'*Heterosigma* (flagellé responsable d'une eau colorée ichtyotoxique très importante en septembre), la chlorophylle et les phéopigments (pigments de dégradation des chlorophylles).

Le résultat des mesures, présenté figures 14 à 15, appelle les commentaires suivants :

- le point témoin apparaît en général légèrement plus riche en phytoplancton (chlorophylle et flore totale) que le point cage, excepté lors de l'épisode *Heterosigma* le 27 septembre,
- les pigments analysés au point cage sont plus souvent dégradés qu'au point témoin.

Ces remarques ne doivent pas entraîner de conclusion hâtive sur une éventuelle "nocivité" de l'élevage vis à vis du phytoplancton habituellement présent dans la zone, ni sur son impact positif sur des efflorescences excessives. Le développement du phytoplancton n'est, en effet, pas homogène dans l'espace : développement en "taches", gradient de la côte vers le large, influence de l'hydrodynamisme. Le développement en "taches", modulé par les courants, est visible pour les eaux colorées. D'autre part, la dégradation des pigments chlorophylliens plus apparente au niveau de l'élevage s'inscrit vraisemblablement dans un gradient s'atténuant vers le large.

MICROBIOLOGIE (figure 16)

Les coliformes fécaux proviennent des rejets urbains locaux (ponctuels ou diffus) et non des élevages aquacoles qui, par contre, pourraient favoriser la survie des bactéries par apports de matières organiques.

La figure 16 superpose les résultats obtenus au point cage et au point témoin. Les coliformes fécaux mesurés dans les moules sont plus abondants au point cage dans huit échantillons sur quatorze. Pour conclure à une influence de l'élevage sur ce résultat, il serait nécessaire de connaître la position du point de prélèvement "cage" sur un éventuel gradient de contamination bactérienne à partir des rejets continentaux, sachant que l'émissaire est proche des élevages (digue du port).

SUIVI CAMARET : EVOLUTION DU PHYTOPLANCTON AU NIVEAU DE LA CAGE

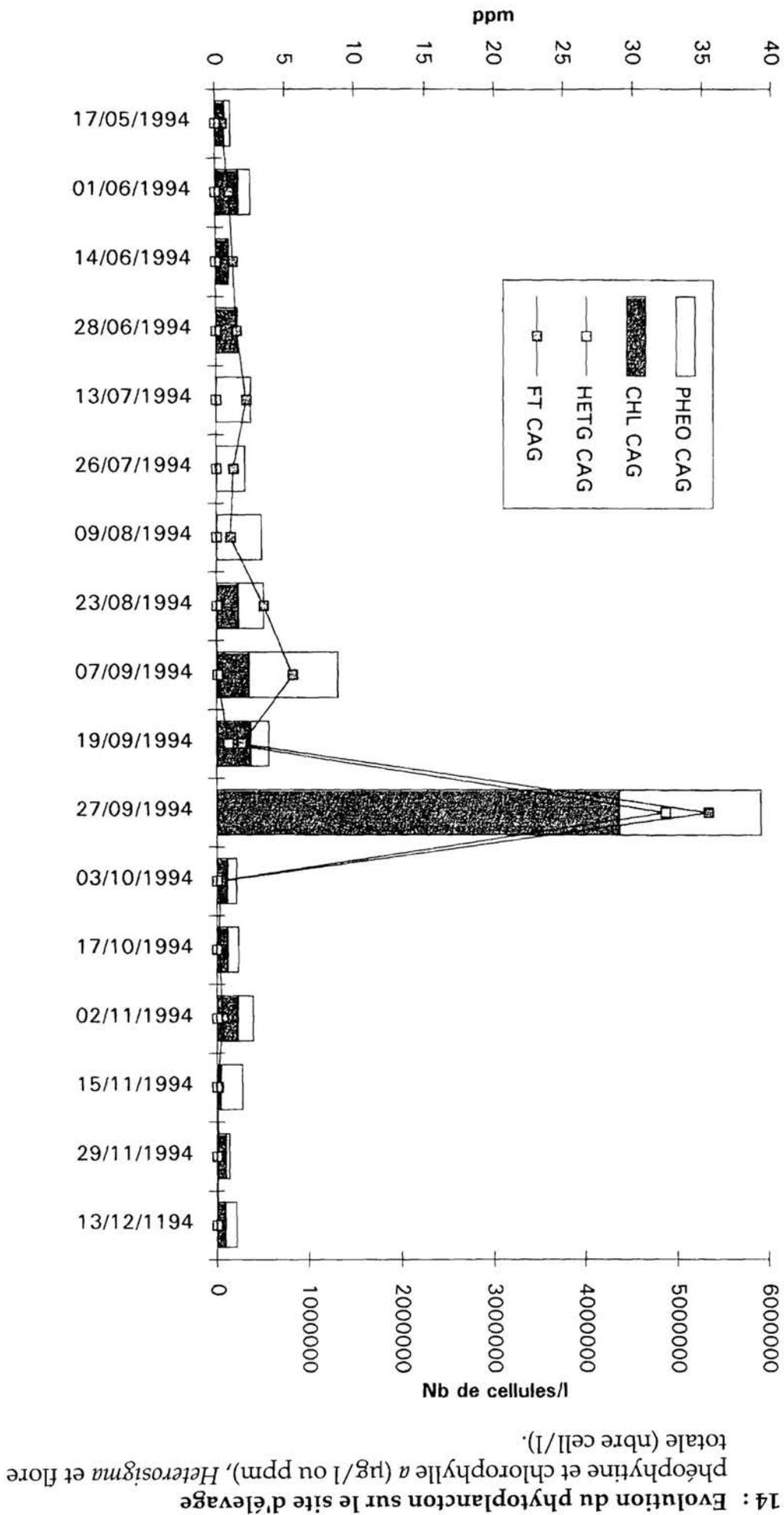
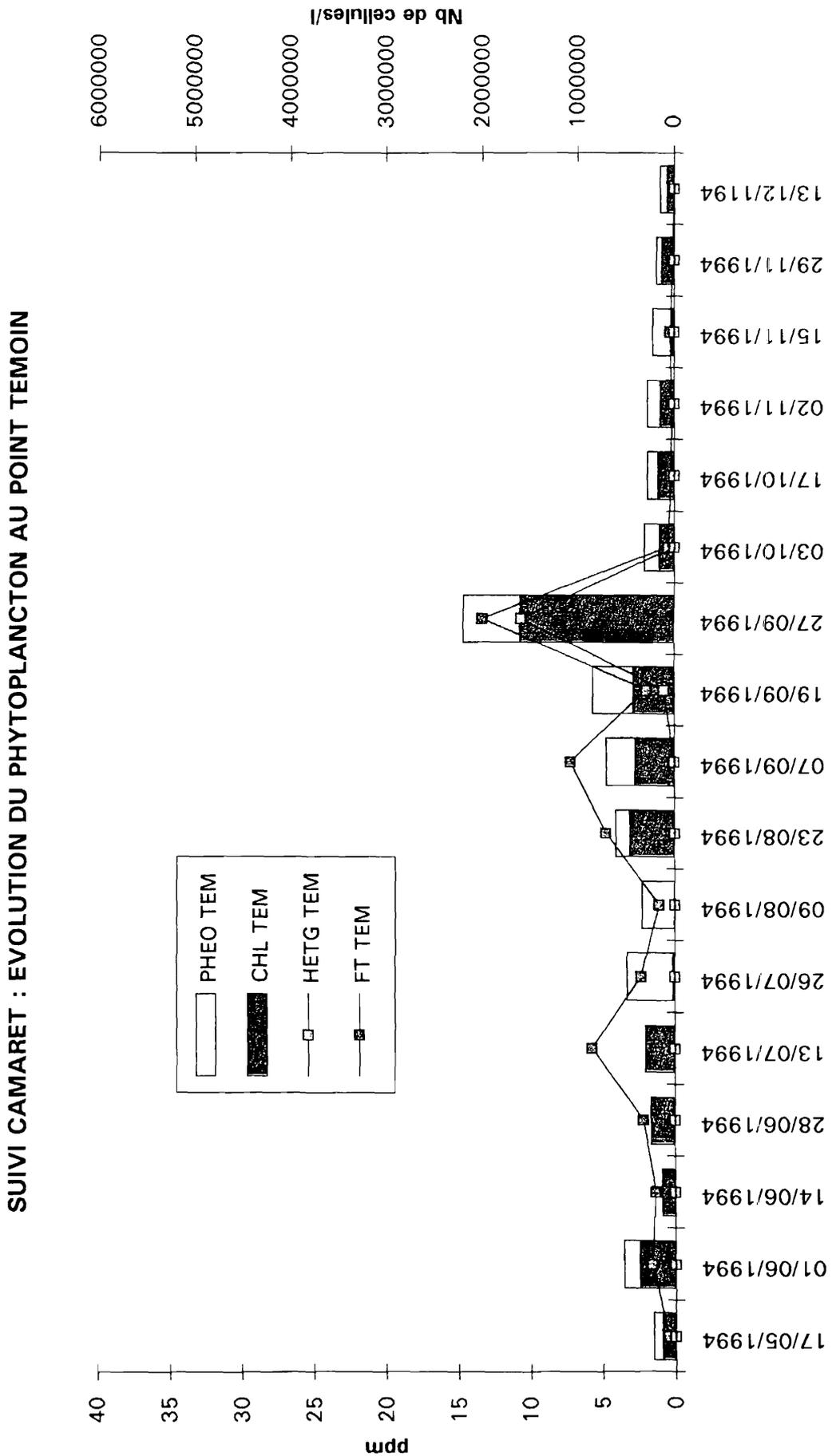


Figure 15 : Evolution du phytoplancton au point témoin
phéophytine et chlorophylle *a* ($\mu\text{g}/\text{l}$ ou ppm), *Heterosigma* et flore
totale (nbre cell/l).



SUIVI CAMARET : EVOLUTION DES COLIFORMES FECAUX DANS LES MOULES

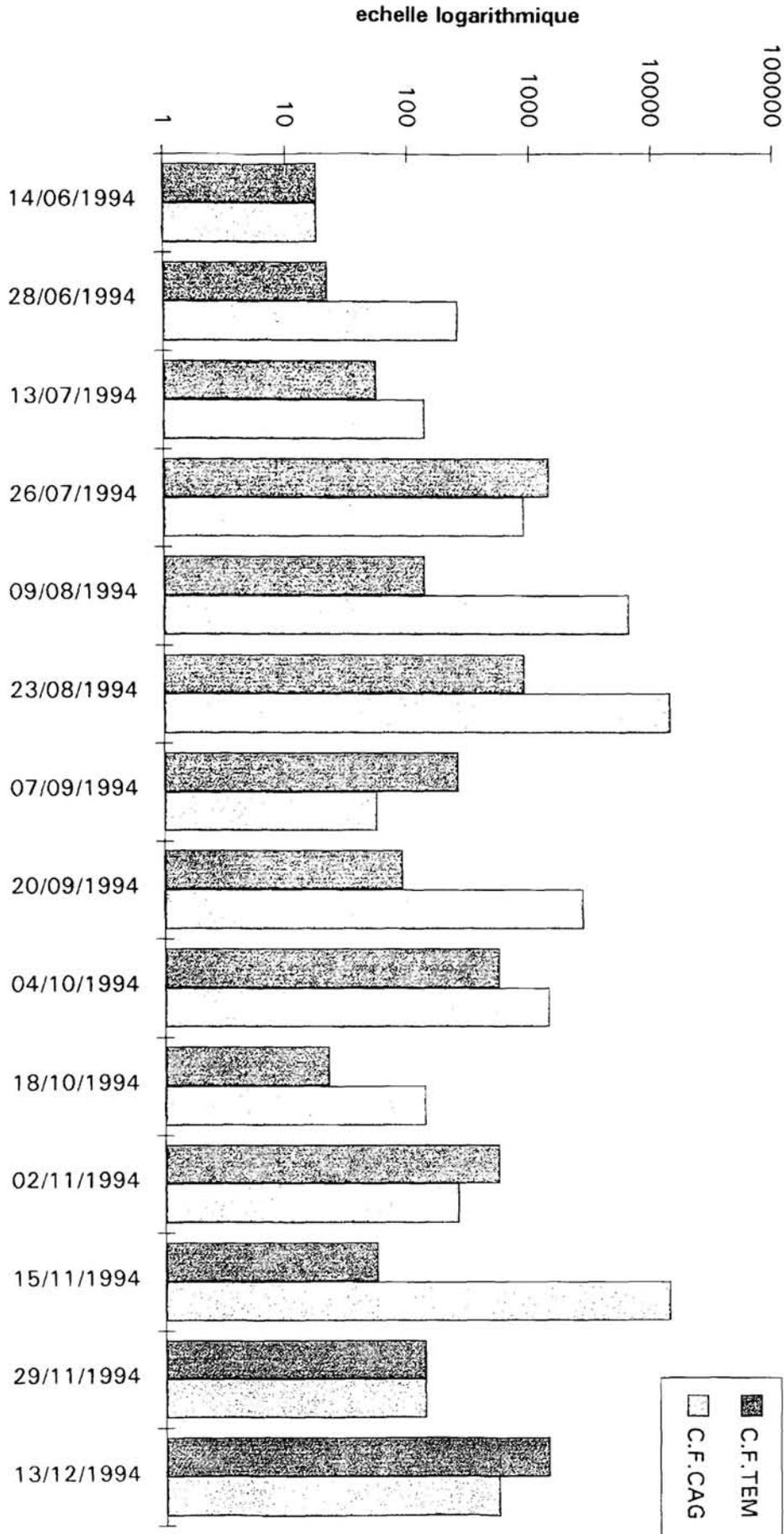


Figure 16 : Evolution des coliformes fécaux dans les moules, site d'élevage et point témoin (nbre bactéries/100 ml chair).

FLUX DE SEDIMENTATION

L'objectif de cette partie de l'étude est la mesure du flux de particules de la surface au fond sur 5 points. Il s'agit des points 0, 1, 4, 5 et 9. Les pièges à particules (IFREMER, DEL) consistent en des structures métalliques fixes, mises en place sur le fond par plongeur et pourvues de trois paires de collecteurs cylindriques verticaux. Ils sont immergés avant le premier nourrissage du matin et relevés après 24 heures, toujours avant le premier nourrissage du jour suivant (au besoin, le personnel d'Elsamer accepte de retarder le nourrissage des cages de façon à ce que les relevages des différents pièges puissent se dérouler dans les mêmes conditions, comparativement aux cycles d'alimentation.). Les prélèvements sont réalisés, pour chaque piège, à partir de 6 collecteurs. Un échantillon unique est obtenu par mise en commun de ces 6 sous-échantillons, puis congelé avant lyophilisation et pesé.

En raison de l'évitement du radeau sur son ancrage, des déplacements notables (de l'ordre de 10 à 15 mètres) entre l'immersion et le relevage ont été observés dans le positionnement des cages par rapport aux pièges à particules. Ce fut le cas notamment en septembre ; aussi, pour les prélèvements de ce mois, les données plus détaillées, heure par heure sont fournies dans le tableau 12.

Heure	12/9 20h	21h	22h	23h	24h	13/9 01h	02h	03h	04h
Direction	250	260	250	250	250	250	240	230	210
vitesses	8	5	5	5	4	4	3	3	4
Heures	05h	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h
Direction	210	200	180	160	150	150	160	170	170
vitesses	4	3	4	3	4	5	7	10	10

Tableau 12 : Caractéristiques horaires des vents entre le 12 et 13 septembre, données centrées sur la période d'évolution observée (les données de vitesse sont exprimées en m/s tandis que les directions sont données en rose de 360°).

SITUATION PRINTANIERE -Mai 1994 (tableau 13, figure 17)

L'immersion des pièges s'est déroulée le 10 mai au matin et le relevage le 11 mai, également au matin. Les résultats des pesées sont présentés dans le tableau 12, tandis que les taux de remplissage des cages et le positionnement des pièges sont précisés dans la figure 17.

	4,8
2,5	6,3
6,0	
8,1	4,4
0,9	1,6
1,1	2,5
6,4	3,6
7,1	3,1
4,5	7,9
1,3	1,8
0,8	
4,8	1,3
	2,1

POINTS	Heure d'immersion	Heure d'émersion	Poids échantillon/g	Remarque
0	9h10	9h15	3,7135	-
1	9h20	9h35	1,5624	Couché
4	9h15	9h40	3,0300	" 5/6 carottes "
5	9h35	9h45	1,7130	-
9	9h50	10h10	0,2816	-

Tableau 13 : Résultats issus de l'immersion de pièges à particules (Mai 1994)

Figure 17 : Plan du radeau et état du stock dans les cages (biomasses exprimées en tonnes), (position des pièges 0, 1 et 4)

SITUATION ESTIVALE - Juillet 1994 (tableau 14, figure 18)

L'immersion des pièges s'est déroulé le 4 juillet et le relevage le 5 juillet. Les résultats des pesées sont présentés dans le tableau 14, tandis que les taux de remplissage des cages et le positionnement des pièges sont précisés dans la figure 18.

7,3	V
1,5	V
V	7,2
5,9	V
0,9	3,1
2,4	1,5
11,5	8,0
*	
V	R
V	8,2
0,7	1,8
1,8	
7,4	0,8
	0,7

POINTS	Heure d'immersion	Heure d'émersion	Poids échantillon/g	Remarque
0	12h00	12h05	8,9156	-
1	12h03	12h13	5,2515	-
4	12h05	12h20	3,4609	
5	12h10	12h25	0,7712	-
9	12h35	12h55	0,7476	présence NaCl probable

Tableau 14 : Résultats issus de l'immersion de pièges à particules (Juillet 94)

Figure 18 : Plan du radeau et état du stock dans les cages au 1er septembre (biomasses exprimées en tonnes) (position des pièges 0,1 et 4) (* cage non nourrie ; V cage vide ; R cage enlevée pour réparation)

SITUATION AUTOMNALE - Septembre 1994 (tableau 15, figure 19)

L'immersion des pièges s'est déroulée le 12 septembre et le relevage le 13 septembre. Les résultats des pesées sont présentés dans le tableau 15, tandis que les taux de remplissage des cages et le positionnement des pièges sont précisés dans la figure 19. Ce schéma présente les déplacements du radeau consécutifs à un changement important dans la direction des vents. En effet, le passage d'un vent d'Ouest à un vent de Sud-Est s'est traduit par un positionnement décalé des pièges à particules.

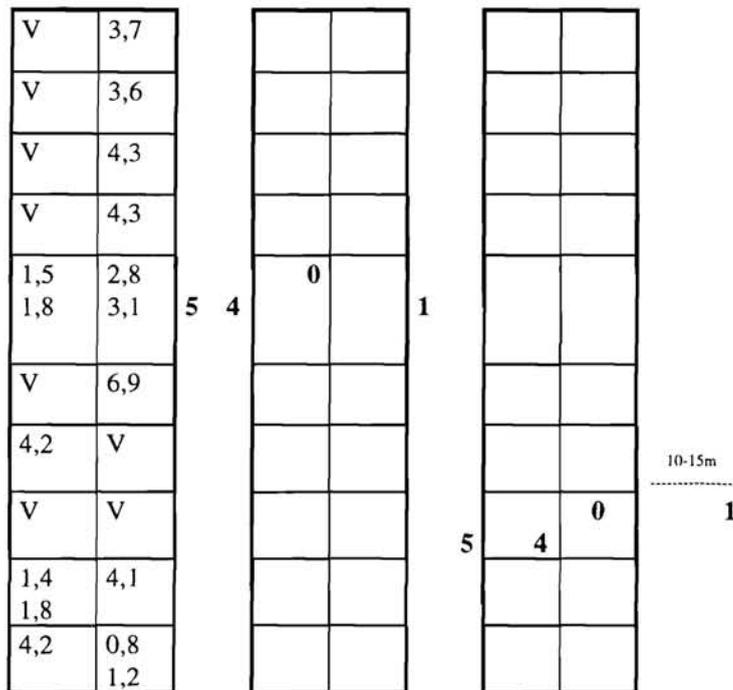


Figure 19 : Etat du stock au 1/9 et situation à l'immersion et émergence des pièges (12-13/9) (biomasses exprimées en tonnes) (V cage vide; R cage enlevée pour réparation)

POINTS	Heure d'immersion	Heure d'émergence	Poids échantillon/g	Remarque
0	14h40	14h30	2,1106	-
1	14h43	14h35	2,3039	-
4	14h45	14h40	3,2296	
5	14h50	14h45	2,7070	-
9	15h15	15h17	0,6511	-

Tableau 15 : Résultats issus de l'immersion de pièges à particules (Juillet 94)

SEDIMENTS SUPERFICIELS

Les sédiments superficiels ont fait l'objet d'un double échantillonnage :

- sur carottier de type "Rouvillois" pour permettre l'analyse chimique de la couche superficielle non perturbée ;
- à la benne "Smith Mc Intyre", dans le cadre de l'étude des peuplements benthiques.

Dans la séquence opérationnelle, les carottages ont précédé les coups de benne, de façon à ne pas travailler sur un fond perturbé. Ces prélèvements ont été réalisés deux fois, le 07 juin sur l'ensemble des sept stations de benthos, et le 26 septembre sur deux d'entre elles (relevage et station témoin) dans le but de préciser les variations saisonnières des paramètres biologiques. Ces opérations ont été menées à bord d'un bateau coquillier de Camaret (le "Chantal Karine" de M. FECHANT).

Pour le sédiment et les peuplements benthiques, une comparaison est possible avec les résultats de l'étude prévisionnelle d'impact effectuée sur le site en mai 1990 par le même intervenant (UBO/Ecosystème).

GRANULOMETRIE (tableau 16, figure 20)

Les analyses granulométriques de la couche superficielle (5-10 cm) permettent de déterminer différents types sédimentaires. Selon la classification de CHASSE et GLEMAREC (1976)*, quatre fractions granulométriques écologiquement efficaces sont reconnues :

- pélites : fraction < 63 μm ,
- sables fins et moyens : 63-500 μm ,
- sables grossiers : 500-2000 μm ,
- graviers : fraction > 2000 μm .

Les résultats des analyses granulométriques effectuées aux sept stations échantillonnées sont représentés sur la figure 20 (pour les stations 4 et 9, moyenne des valeurs de juin et de septembre). Les courbes granulométriques sont tracées à l'aide des pourcentages cumulés de ces différentes fractions sédimentaires.

A toutes les stations, les taux de pélites sont élevés (18 % à la station 9, entre 23 et 33 % aux autres). La fraction sable fin représente entre 65 et 70 % aux stations 1 à 6 et atteint 80 % à la station 9. Les principales caractéristiques granulométriques sont regroupées dans le tableau 16 et permettent de classer les stations dans la même catégorie sédimentaire : celle des sables fins envasés, dont la médiane est ici d'environ 80 μm . Si l'on compare ces résultats avec ceux de l'étude réalisée en mai 1990 sur la même zone (LE GUELLEC, 1990a)**, on retrouve les sables fins envasés des stations 1, 2 et 3 de 1990, tout en notant un léger

* CHASSE C. & GLEMAREC M., 1976. Principes généraux de la classification des fonds pour la cartographie sédimentaire. Journal de Recherche Océanographique,1(3).

** LE GUELLEC C., 1990a. Impact écologique d'un projet d'élevage de salmonidés à Camaret (Finistère). Etat initial des sédiments et des communautés benthiques. Rapport contrat Elsamer SA/Ecosystem, UBO, Brest : 36 p.

affinement du sédiment : moins de sable fin et plus de pélites en 1994, ainsi qu'une médiane sensiblement plus faible. On peut, d'autre part, remarquer que la granulométrie aux stations 4 et 9 ne varie pas significativement entre juin et septembre.

Stations	% Pélites < 63 μm	% Sables fins à moyens < 500 μm	% Sables grossiers < 2 mm	% Gravier < 10 mm	Médiane granulométrique (μm)	Catégorie sédimentaire
1	24,39	70,97	2,75	1,89	75	Sables fins envasés (FY)
2	29,10	66,76	1,98	2,16	70	
3	33,95	59,47	2,31	4,27	70	
4	26,50	65,45	3,66	4,39	80	
5	30,33	67,20	1,22	1,25	70	
6	23,44	71,50	4,18	0,88	90	
9	17,65	80,48	1,11	0,76	80	

Tableau 16 : Caractéristiques granulométriques aux sept stations

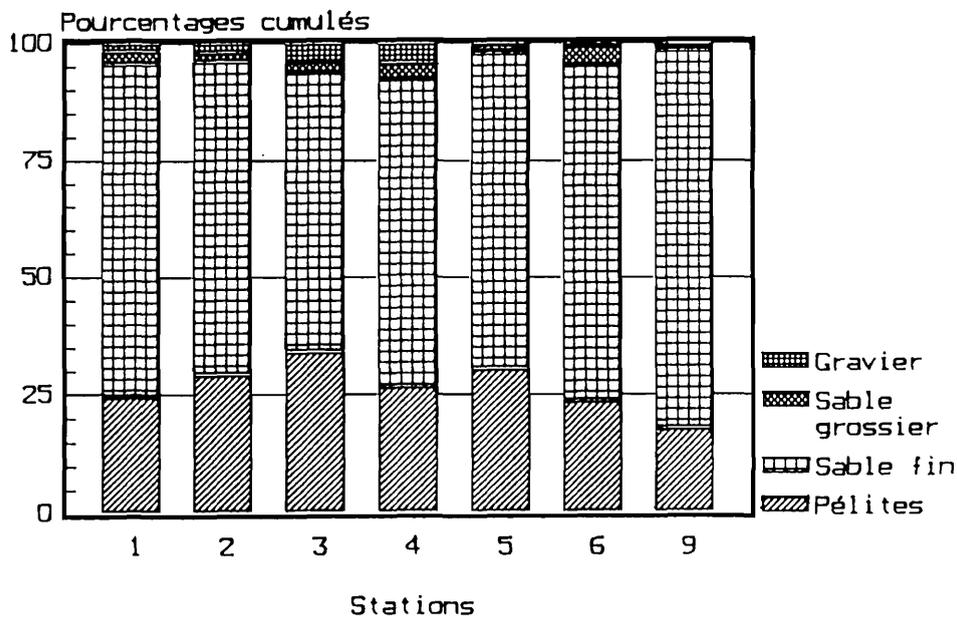


Figure 20 : Pourcentages cumulés des différentes fractions sédimentaires

OXYDO-REDUCTION (tableau 17, figure 21)

L'oxygénation du sédiment superficiel a été évaluée sur les carottes. Elle peut être appréciée visuellement par l'épaisseur de la couche claire, car il existe un gradient d'oxygénation décroissant de la couche claire de surface vers la zone sombre, réduite, en profondeur (tableau 17). Si cette méthode a le mérite d'être simple et pratique, elle est cependant moins précise que la mesure du potentiel d'oxydo-réduction (Eh exprimé en millivolts), qui témoigne des phénomènes de dégradation de la matière organique dans les sédiments. Ce potentiel tient compte des proportions des composés oxydés et réduits présents dans le sédiment, et il permet de donner un état des conditions physiques et chimiques du milieu.

La limite séparant le système réducteur du système oxydé correspond à la "discontinuité du potentiel redox" (R.P.D.), qui est le zéro du potentiel redox. L'électrode redox utilisée ici est composée d'une électrode de platine et d'une électrode de référence Ag/AgCl. Une correction est ensuite apportée aux valeurs mesurées afin d'obtenir les résultats par rapport à une électrode standard de référence (électrode à hydrogène).

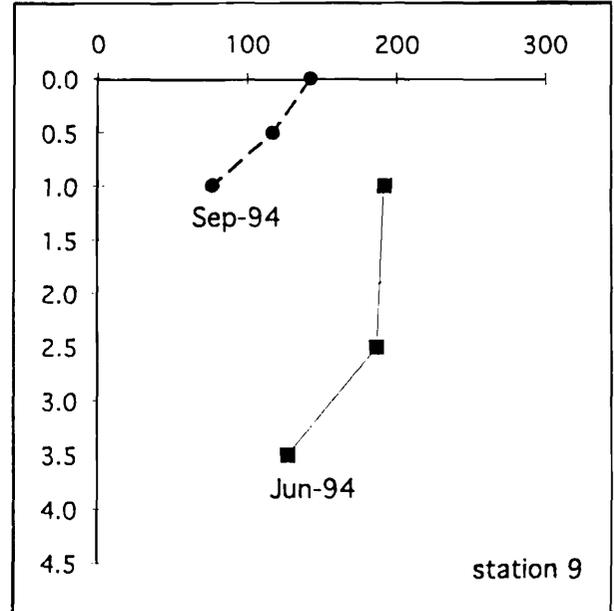
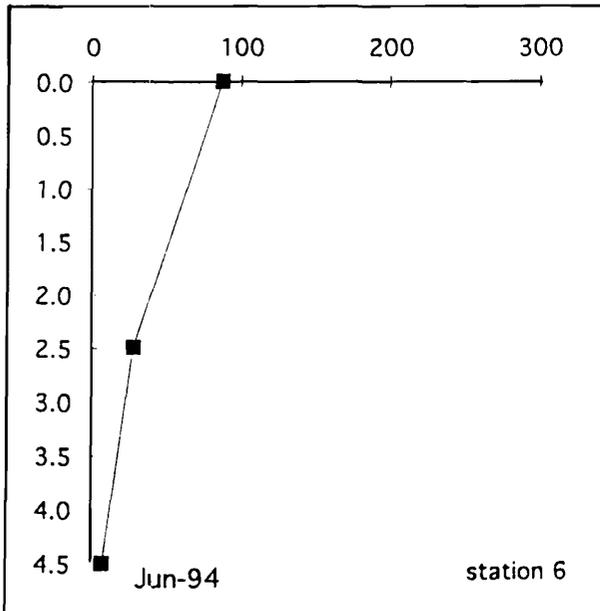
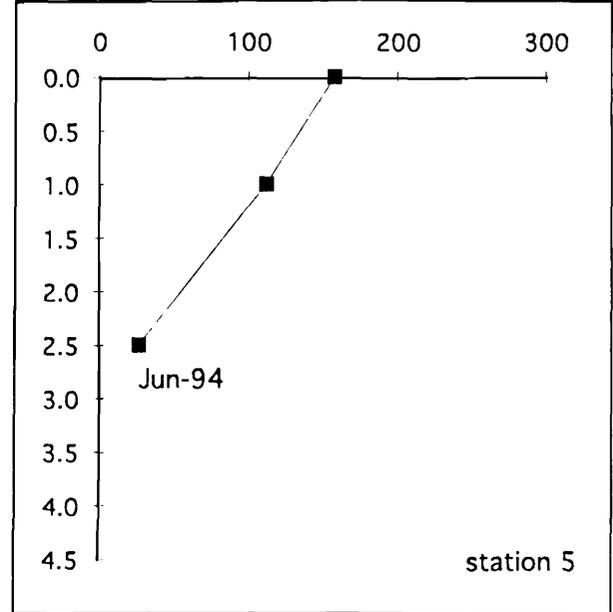
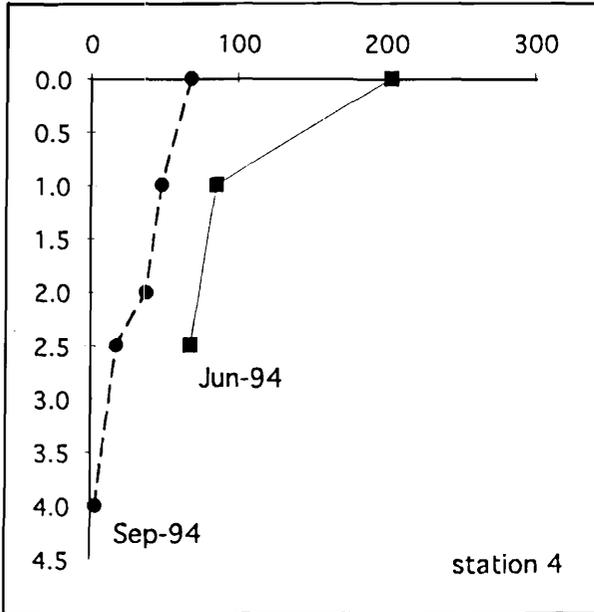
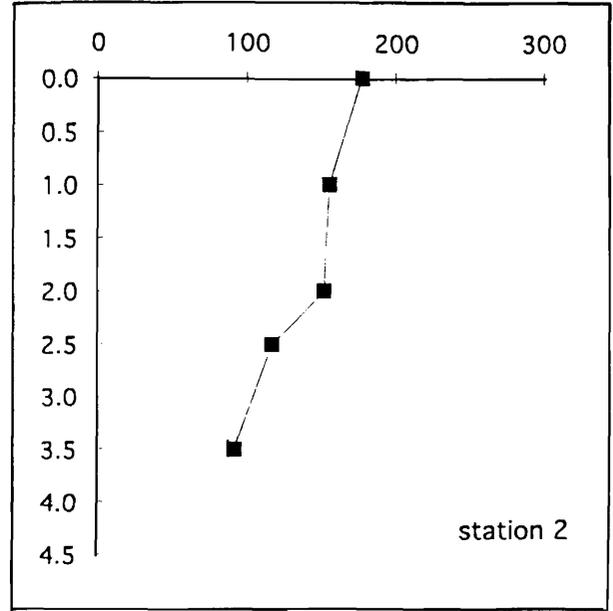
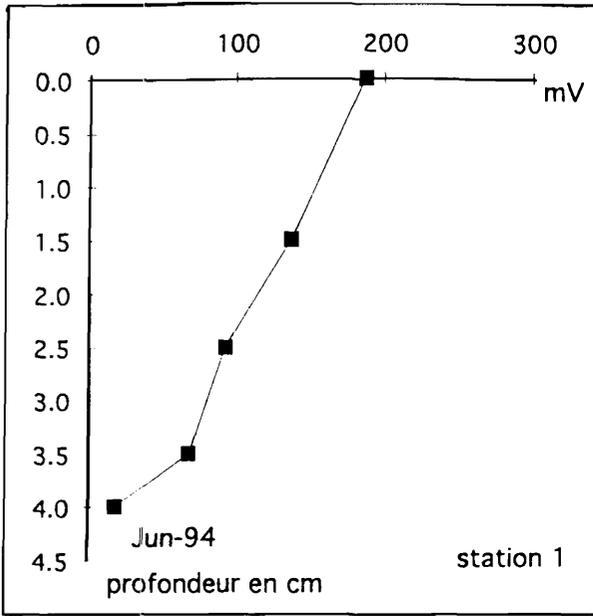
Date du suivi		07/06/1994	
Conditions météorologiques		Vent modéré Mer calme	
Conditions de marée	coef.	matin	63
		soir	66
	heures	Basse mer	10h52
		Pleine mer	16h54
Conditions de prélèvement		Carottier Rouvillois 1er cm de surface	
Point	Heures	Profondeur (sondeur)	Couche oxydée (observation visuelle)
3(*)	16h00	16 m	ND
2	15h20	15 m	3-4 cm très irrégulière
1	14h40	15 m	4 cm très irrégulière
4	10h10	10 m	1,0 cm
5	11h10	10 m	1,5 cm
6	12h00	10 m	4,0 cm
9	13h40	13 m	3,5 cm

Tableau 17 : Conditions de prélèvements de la couche superficielle du sédiment à proximité du radeau Elsamer (0-6) et d'un point témoin (9).

Les valeurs du potentiel redox mesurées aux différentes stations sont reproduites sur la figure 21.

(*) Le point 3 a été prélevé deux fois. En effet, lors du suivi du 7 juin, le carottier Rouvillois est resté au fond sur ce dernier point. Par sécurité, un prélèvement a été réalisé à partir de la benne Smith Mc Intyre, tout en sachant qu'il est alors beaucoup plus délicat d'assurer un prélèvement dans le premier centimètre de surface, et que le risque de lessivage est important. Lors de la récupération du carottier (le 14 juin), un échantillon a été refait au point 3 à partir d'une carotte prélevée par plongeur (Ech 3 bis).

Figure 21 : Courbes de potentiel d'oxydo-réduction



La hauteur du sédiment prélevé par le carottier d'une part, et la longueur de l'électrode de mesure d'autre part, n'ont pas permis d'avoir des valeurs au-delà de 5 cm de profondeur, ce qui explique que l'on ait rarement atteint la profondeur de discontinuité redox (= 0 mV, par rapport à une électrode à hydrogène).

MATIERE ORGANIQUE TOTALE (figure 22)

Les teneurs sont mesurées par la méthode de la perte au feu (4 heures à 450°C) et exprimées en pourcentage du poids de la prise de départ. La charge en matière organique estimée ainsi correspond aux bactéries, au microphytobenthos, au méiobenthos, aux débris végétaux contenus dans le sédiment et aux composés organiques adsorbés sur les particules sédimentaires. Trois mesures par station sont effectuées.

Les valeurs de matière organique totale obtenues par la méthode de la perte au feu sont reportées sur la figure 22. La moyenne et l'écart-type des trois mesures effectuées y sont reproduits.

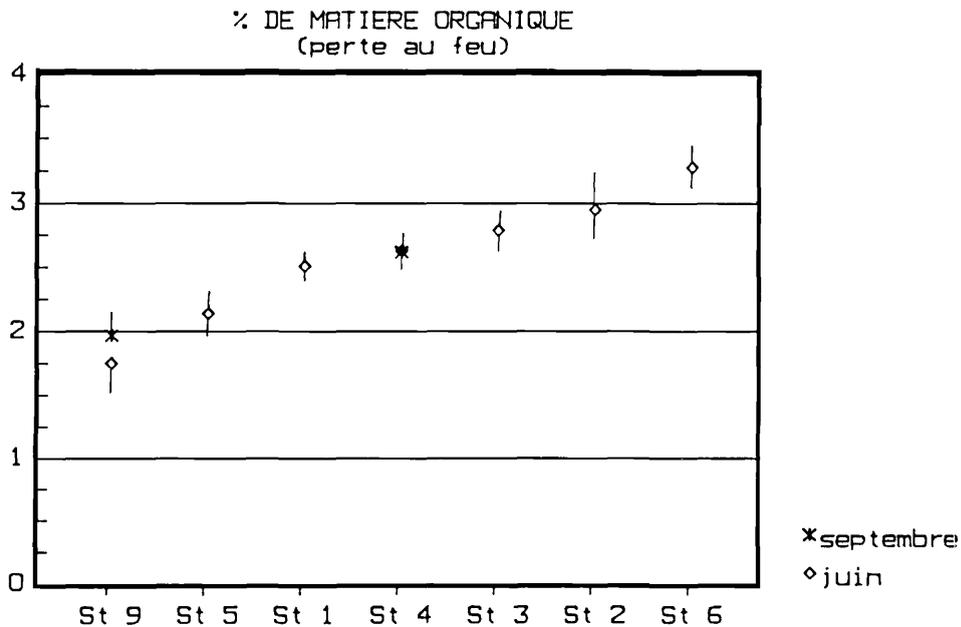


Figure 22 : Taux de matière organique totale dans les sédiments (moyenne et erreur standard des trois mesures effectuées)

Les valeurs moyennes en M.O.T. sont comprises entre 2,12 et 3,26 % aux stations 1 à 6. A la station 9, la teneur moyenne est significativement plus faible (1,73 % en juin, 1,95 % en septembre). Compte tenu des taux de pélites élevés, ces valeurs ne semblent pas témoigner de charges organiques anormales. Les valeurs de matière organique totale sont en effet dépendantes de la granulométrie des sédiments ainsi que de l'hydrodynamisme. Elles sont ordinairement élevées dans les zones de faible courant, où le matériel détritique s'accumule et où les teneurs en particules fines sont élevées.

A titre indicatif, dans de précédentes études réalisées en rade de Brest (LE GUELLEC, 1990b; DUGUE, 1993)* , les valeurs vont jusqu'à 20 % dans des vases à 90 % de pélites et jusqu'à 17 % dans des sédiments biogènes envasés. Dans l'étude effectuée en 1990 sur le site de Camaret, les teneurs en M.O.T. étaient d'environ 2 % dans les sables fins envasés.

Par ailleurs, les variations saisonnières relevées ici aux stations 4 et 9 sont très faibles : teneur identique à la station 4 (2,60 %), un peu plus élevée en septembre à la station 9 (1,95 contre 1,73 % en juin).

* DUGUE G., 1993. Dégradations des peuplements benthiques en rade de Brest liées aux activités anthropogéniques. Rapport stage IUT Brest : 19 p. + annexes.

LE GUELLEC C., 1990b. Construction d'une station d'épuration pour les installations maritimes de Lanvéoc-Poulmic (Finistère). Etat initial des sédiments et des communautés benthiques. Rapport contrat Travaux Maritimes/Micromer Sarl/Ecosystem, UBO, Brest : 29 p.

PEUPLEMENTS BENTHIQUES

Les échantillons sont pris à l'aide de la benne Smith-McIntyre, prélevant une surface de 1/10 m² sur une profondeur variant avec la compaction des sédiments (5 à 10 cm). A chaque station, quatre prélèvements sont réalisés, les deux premiers pour les analyses biologiques et les deux autres pour la granulométrie du sédiment (chapitre précédent).

Les échantillons biologiques sont d'abord tamisés à bord (maille carrée de 1 mm). Au laboratoire, ils sont traités par tri hydraulique permettant de séparer les fractions les plus légères (débris végétaux, petites Polychètes, Amphipodes ...) des fractions les plus grossières (sable, graviers, coquilles et gros invertébrés). Puis les animaux sont triés, déterminés et comptés à la loupe binoculaire. Tous les organismes sont ensuite conservés dans l'éthanol à 70 %.

Pour chaque station, on dispose ainsi d'une liste faunistique des espèces présentes. La somme des densités de chaque espèce constitue l'abondance du prélèvement. La richesse spécifique correspond au nombre de taxons récoltés sur la surface de référence (2/10 m²). La biomasse est estimée par le poids humide essoré et est donnée en grammes pour 2/10 m².

GROUPES ZOOLOGIQUES RECENSES

111 espèces ou taxons différents ont été recensés dans les prélèvements ; 56 ont été trouvés à la fois en juin et en septembre, 47 uniquement en juin et 8 seulement en septembre. Ils se répartissent en plusieurs grands groupes zoologiques. Sur le plan qualitatif, les Annélides Polychètes (vers marins) sont les mieux représentés (environ 52 % des espèces recensées) ; viennent ensuite les Crustacés (Amphipodes, Décapodes, Isopodes...) et les Mollusques (Bivalves, Gastéropodes...).

STRUCTURE DES PEUPLEMENTS (tableaux 18, 19 et 20)

Les données concernant la richesse spécifique, l'abondance et la biomasse sont regroupées dans les tableaux 18 et 19.

Stations (2/10 m ²)	0 m St 1	10 m St 2	20 m St 3	0 m St 4	10 m St 5	20 m St 6	Témoin St 9
Richesse spécifique = nbre d'espèces	12	33	61	12	35	59	57
Abondance = nbre d'individus	3932	3651	1457	3595	7807	716	207
Biomasse en g de poids frais	21,26	68,75	36,04	19,81	57,9	33,45	6,09

Tableau 18 : Paramètres structuraux des peuplements le 7 juin 1994

Stations (2/10 m ²)	0 m St 4	Témoïn St 9
Richesse spécifique = nbre d'espèces	32	54
Abondance = nbre d'individus	1849	348
Biomasse en g de poids frais	65,42	9,51

Tableau 19 : Paramètres structuraux des peuplements le 26 septembre 1994

Richesse spécifique (S)

Elle correspond au nombre d'espèces recensées pour une surface de 2/10 m². On remarque que les variations de ce paramètre sont symétriques de chaque côté des cages. En effet, le nombre d'espèces augmente lorsque l'on s'éloigne des cages. On a ainsi recensé 12 espèces aux pied des cages (St. 1 et 4), 34 espèces à 10 mètres (St. 2 et 5) et 60 espèces à 20 mètres (St. 3 et 6). A la station témoin (St. 9), 57 espèces ont été trouvées en juin et 54 en septembre.

On peut par ailleurs noter qu'à la station 4, le nombre d'espèces déterminées en septembre est plus élevé qu'en juin (34 contre 12).

Abondance (A), Biomasse (B)

Ces deux paramètres permettent de préciser la dimension structurale quantitative des peuplements benthiques. A l'inverse du nombre d'espèces, l'abondance diminue lorsque l'on s'éloigne des cages (exception faite de la station 5, où l'abondance des Oligochètes donne une densité totale d'environ 40 000 ind./m²). Ainsi, au pied des cages, l'abondance est d'environ 20 000 ind./m² contre seulement 5 000 en moyenne à 20 mètres. A la station 9, la densité totale n'est que de 1 000 ind /m² en juin et 1 700 en septembre.

Quant à la biomasse, mesurée en poids frais, elle est d'environ 100 g au pied des cages (St. 1 et 4), augmente à 10 mètres (environ 300 g) puis diminue à 20 mètres (170 g). A la station 9, elle est beaucoup plus faible (entre 30 et 50 g).

Diversité (H) et Régularité (J)

Ces deux indices rendent compte de la distribution des individus entre les différentes espèces d'un peuplement, et leurs variations traduisent des modifications de structure des peuplements. Une diversité faible caractérise un peuplement jeune à haut pouvoir de multiplication avec dominance d'une ou d'un petit nombre d'espèces, alors qu'une diversité élevée traduit la maturité et la stabilité d'un peuplement.

Les valeurs de la diversité et de la régularité calculées pour les sept stations sont regroupées dans le tableau 20.

	07 juin 94							26 septembre 94	
	0m St 1	10 m St 2	20 m St 3	0 m St 4	10 m St 5	20 m St 6	Témoin St 9	0 m St 4	Témoin St 9
H (diversité)	1,75	2,28	3,26	1,44	1,75	4,16	4,80	2,68	4,63
J (régularité)	0,49	0,45	0,55	0,40	0,34	0,71	0,82	0,54	0,80

Tableau 20 : Valeurs de la diversité (H) et de la régularité (J)

Comme les valeurs des paramètres S, A et B, celles de la diversité varient avec la distance par rapport aux cages. Les valeurs sont faibles aux stations 1 et 4, témoignant de la dominance d'un petit nombre d'espèces et d'une faible richesse spécifique, puis augmentent lorsque l'on s'éloigne des cages (3,26 à la st. 3 et 4,16 à la st. 6). La régularité J, qui relativise la diversité par rapport au nombre d'espèces, est faible aux stations 1 à 5 (< 0,5). A l'inverse, les valeurs élevées des deux indices à la station 9 témoignent d'un degré d'organisation interne élevé.

CARACTERISTIQUES FAUNISTIQUES DES PEUPEMENTS

Chaque prélèvement est identifié par un nombre défini d'espèces avec, pour chacune d'elle, une densité donnée. A chaque station, correspond une liste faunistique représentant les espèces échantillonnées dans les deux prélèvements et leurs densités moyennes au 1/10 m².

- Stations 1 à 5 : le peuplement est dominé par un petit nombre d'espèces, dont certaines sont très abondantes. Ce sont essentiellement des Annélides Polychètes : Capitellidae (*Capitomastus minimus*, *Capitella capitata*), Spionidae (*Scolelepis fuliginosa*), Cirratulidae (*Chaetozone setosa*), des Oligochètes et un Bivalve (*Abra alba*).
- Station 6 : on retrouve sensiblement le même peuplement que dans les stations précédentes, mais les Polychètes *Capitomastus minimus* et *Chaetozone setosa* sont accompagnées par plusieurs Spionidae (*Notomastus latericeus*, *Heteromastus filiformis*).
- Station 9: le peuplement est dominé par tout un cortège de Polychètes mais dont aucune n'apparaît en densité importante (*Chaetozone setosa*, *Paradoneis armata*, *Heterocirrus bioculatus*, *Magelona papillicornis*, *Prionospio malmgreni*) et par le Bivalve *Abra alba*.

Si l'on compare ces peuplements avec ceux qui avaient été trouvés sur le site en mai 1990, on note la quasi absence des espèces dominantes actuelles lors de la première étude, notamment des Polychètes *Capitomastus minimus*, *Capitella capitata*, *Scolelepis fuliginosa* ainsi que des Oligochètes. Ces espèces n'étaient alors présentes - et en faible densité - qu'aux stations les moins profondes et proches de l'émissaire de la station d'épuration. Les peuplements décrits en 1990 dans la zone étaient dominés par les Polychètes Maldanidae

Clymene oerstedii et *Leiochone clypeata*, actuellement faiblement représentées ; on y trouvait également *Chaetozone setosa*, *Notomastus latericeus* et *Abra alba*, bien représentées en 1994.

On peut noter également que sur les 16 espèces de Bivalves déterminées en 1990 dans les stations de sables fins envasés, seulement 9 sont présentes en 1994 ; de même, sur les 21 espèces de Crustacés Amphipodes recensées en 1990, 8 seulement l'ont été en 1994.

BILAN DE SANTE DU MILIEU (figures 23 et 24)

L'utilisation de la faune benthique comme indicateur des modifications du milieu est une pratique courante dans les programmes de surveillance écologique. Les changements structuraux des communautés benthiques reflètent en effet significativement les variations physico-chimiques environnantes, car les organismes vivants possèdent la propriété d'intégrer les conditions du milieu.

De nombreuses études ont été menées ces dernières années sur le littoral breton pour tenter de préciser l'impact des activités humaines (rejets industriels, urbains et agricoles) et des pollutions accidentelles (marées noires...) sur les écosystèmes marins côtiers. Ces études ont permis la mise au point d'indices biotiques, la définition de groupes d'espèces bioindicatrices, la description des phénomènes de succession écologiques découlant des perturbations et celle de la (re)colonisation des peuplements (GLEMAREC & HILY, 1981 ; LE MOAL, 1981 ; HILY, 1984 ; LE BRIS, 1988)*.

On définit ainsi quatre groupes d'espèces en fonction de leur sensibilité à la surcharge en matière organique : les espèces sensibles (Groupe I), qui disparaissent en premier et réapparaissent en dernier lors de la restauration d'un peuplement ; les espèces indifférentes (Gr. II) ou tolérantes (Gr. III) et, enfin, les espèces opportunistes (Gr. IV et V), indicatrices de pollution, qui prolifèrent en présence d'un déséquilibre du milieu. Un tel déséquilibre peut avoir diverses origines naturelles ou accidentelles (pollutions, apports en matières organiques, compétitions, prédation, mortalité...) pas toujours aisées à mettre en évidence.

Les opportunistes sont, pour la plupart, des Annélides Polychètes de petite taille, ayant une stratégie de reproduction adaptée aux conditions particulières du milieu (cycle de reproduction très court) qui leur permet de proliférer rapidement en l'absence des espèces sensibles. En conditions normales, elles demeurent dans les sédiments à l'état cryptique. D'autre part, on distingue parmi ces espèces les opportunistes de premier ordre (Gr. V ; Capitellidae), présentes en cas de forte charge, et les opportunistes de second ordre (Gr. IV ; Cirratulidae, Spionidae) dans les zones de charge modérée.

* GLEMAREC M. & HILY C., 1981. Perturbations apportées à la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents urbains et portuaires. *Acta Oecologica, Oecol. Applic.*, 2(2):139-150.

HILY C., 1984. Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la rade de Brest. Thèse Doctorat d'Etat, Univ. Bretagne Occidentale, Brest : 696 p.

LE BRIS H., 1988. Fonctionnement des écosystèmes benthiques côtiers au contact d'estuaires : la rade de Lorient et la baie de Vilaine. Thèse Doctorat Océanologie Biologique, Univ. Bretagne Occidentale : 273 p.

LE MOAL Y., 1981. Ecologie dynamique des plages touchées par la marée noire de l'Amoco Cadiz. Thèse 3ème cycle, Univ. Bretagne Occidentale, Brest : 131 p.

Les figures 23 et 24 reproduisent l'évolution des parts absolues ($N/0.1\text{ m}^2$) et relatives (%) de ces différents groupes écologiques dans les sept stations étudiées.

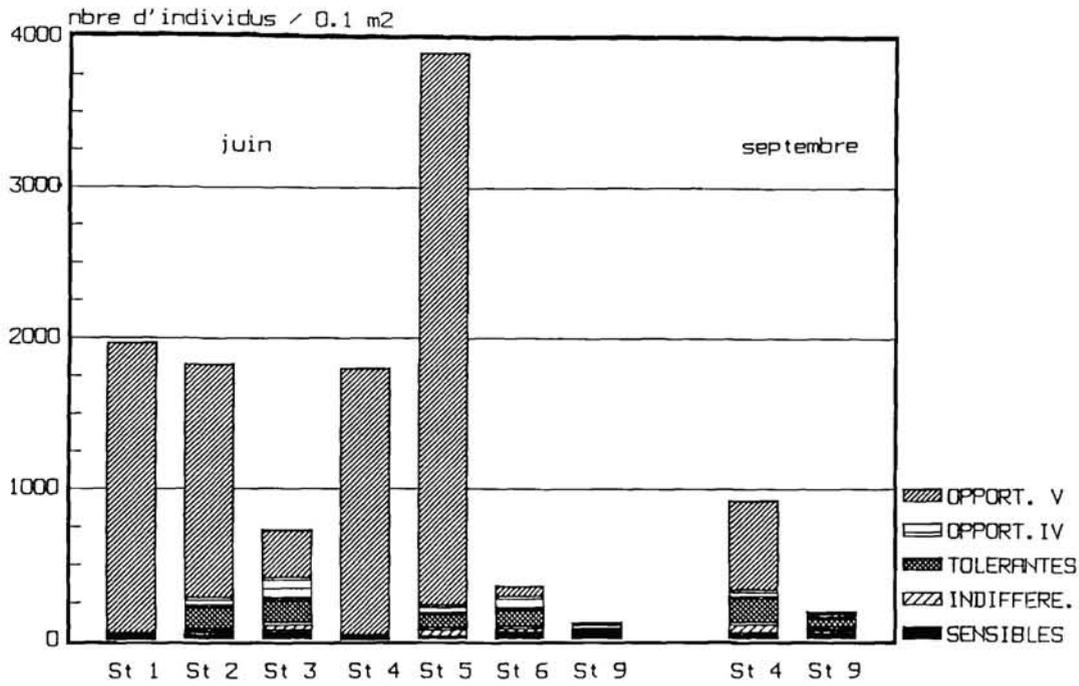


Figure 23 : Densités des différents groupes écologiques aux stations échantillonnées (m^2)

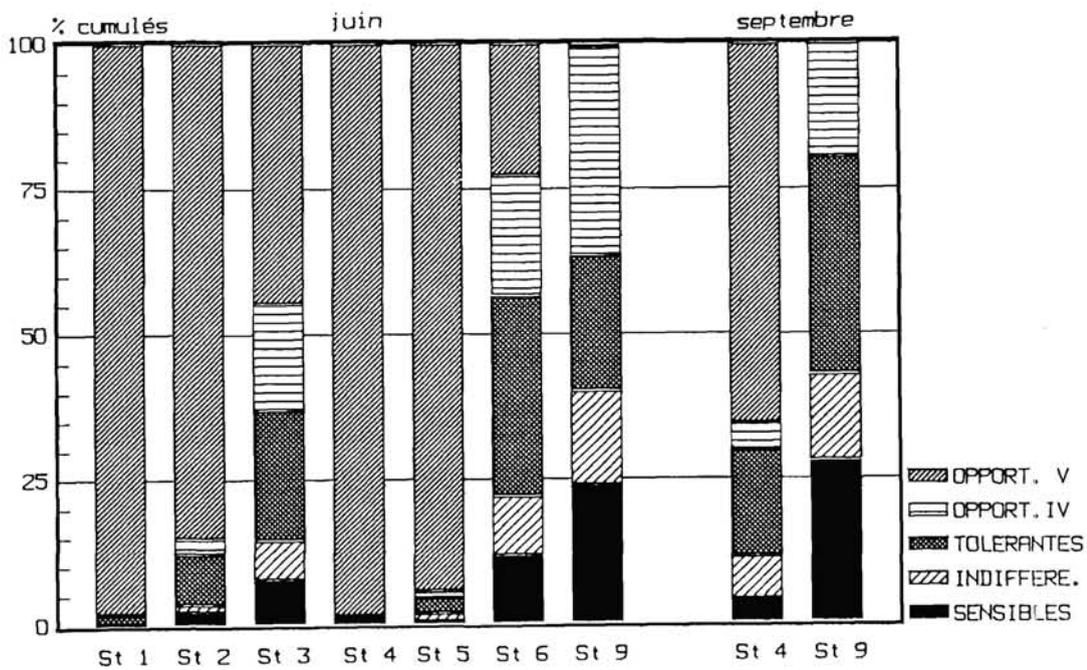


Figure 24 : Importance relative des différents groupes écologiques.

On peut tout d'abord noter l'importance des espèces opportunistes à toutes les stations : entre 20 % (St. 9) et 99 % du peuplement (St. 4)

Si l'on considère les six stations autour des cages (St. 1 à 6), on retrouve la symétrie notée dans les valeurs des paramètres structuraux de part et d'autre de l'élevage. Les stations 1 et 4 (0 m) sont en effet composées presque exclusivement d'espèces opportunistes de premier ordre (98 %). Aux stations 2 et 5, (10 m) la part du groupe V est un peu plus faible (85-95 %), ceci au profit des groupes III et IV (esp. indifférentes et tolérantes). Aux stations 3 et 6 (20 m), le groupe V ne correspond plus qu'à 45 et 23 % respectivement. A ces deux stations, les espèces sensibles sont présentes (environ 10 %) et les espèces tolérantes sont bien représentées (20-30 %).

Enfin, à la station 9, le groupe V est quasi-inexistant (moins de 1 %) et tous les autres groupes sont équitablement représentés : 25 % d'espèces sensibles, 15 % d'indifférentes, 20 à 35 % de tolérantes et 20 à 35 % d'opportunistes du groupe IV.

L'étude des variations saisonnières aux stations 4 et 9 montre une modification dans les parts relatives des différents groupes, notamment à la station 4, où la quasi dominance du groupe V en juin est nettement diminuée en septembre (66 %). Ceci permet la présence d'espèces indifférentes et tolérantes.

La symétrie de l'ensemble des paramètres biologiques par rapport au radeau et à la circulation de marée traduit un impact de l'élevage sur les peuplements benthiques sous-jacents. Mais celui-ci s'atténue rapidement avec l'éloignement (quelques dizaines de mètres). D'autre part, si les indicateurs écologiques paraissent très sensibles et donnent des signaux forts, la teneur du sédiment superficiel en matière organique ou son oxygénation sont normales pour la zone considérée.

OBSERVATION VIDEO DU FOND

Un des effets d'une pisciculture marine est d'enrichir le fond par l'apport de particules alimentaires (fèces de poisson et granulés non consommés), et de divers rejets accessoires de l'élevage, comme par exemple des algues et des moules tombées du radeau. Globalement, cela se traduit par un supplément de sédiment fin et des modifications visibles des peuplements macrobenthiques. Ces modifications, selon l'importance des apports organiques en jeu, peuvent être très variables et aller d'un simple enrichissement de la biomasse des espèces naturellement présentes à la modification de la structure même du peuplement, et, dans les cas graves, à une totale absence de macrobenthos sur et dans un sédiment noir, réducteur. Les observations par caméra vidéo permettent de bien cerner la partie visible de ces modifications et leur étendue.

Des films vidéo du fond sont donc réalisés à Camaret à plusieurs périodes autour des élevages de la SEMII et d'ELSAMER (tableau 21).

Date	Elevage	Site	Support de caméra
07.04.1992	ELSAMER	Camaret	Plongeurs
15.11.1993	SEMI	Camaret	Troïka
02.12.1993	SEMI	Camaret	Pan & tilt + troïka
01.07.1994	ELSAMER	Camaret	Pan & tilt + cloche

Tableau 21 : Enregistrements vidéo (Camaret)

Ils sont obtenus soit par des plongeurs (SEMI et IFREMER), soit par un système ("pan and tilt") permettant de faire varier l'orientation verticale et horizontale d'une caméra posée à proximité du fond, et que l'on déplace en différents points. L'élevage d'ELSAMER fait l'objet d'observations plus systématiques : 15 stations situées au droit du bord du radeau et selon deux transects orientés dans le sens dominant du courant (SO-NE puis N), ainsi qu'une station de référence située à 300m du radeau.

Les résultats des différentes campagnes sont assez homogènes. Ils montrent un léger enrichissement des peuplements benthiques à proximité immédiate des cages, allant décroissant jusqu'à quelques dizaines de mètres environ, point à partir duquel le milieu redevient normal. Près du radeau, les algues et certains poissons (dragonnets ou callionymes) sont plus abondants, ainsi que certains filtreurs comme des ascidies et des tuniciers. Les tourteaux et les coquilles St Jacques restent présents. Le sédiment semble un peu empâté par les matières fines. Des fèces de poisson sont visibles lorsqu'un obstacle (dépression de terrain, bout, vieux casier, etc.) arrête leur saltation sur le fond. En effet, la faible profondeur fait que, même avec une légère agitation de surface, on observe le va-et-vient des fèces, juste posés sur le fond lorsque celui-ci est plat. Ceci semble contribuer à leur dislocation en éléments fins et à leur dispersion.

Au total, l'altération du sédiment et du macrobenthos par les élevages de Camaret, telle qu'elle ressort des observations vidéo faites jusqu'à présent, semble limitée en intensité et extension. Ce type d'investigation, assez simple, doit néanmoins être poursuivi durant quelque temps de façon à vérifier ces premières observations, au moins durant la progression de la production de la ferme ELSAMER.

