



Station de la Tremblade

Mus du Loup, boîte postale 133, 17390 La Tremblade

Tél. 46.36.18.41

Fax 46.36.18.47

Télex 632 160 F

LES VOIES DE CALCUL DE LA FILTRATION

P. SOLECHNIK, M. HERAL, D. RAZET, P. GEAIRON

I. INTRODUCTION

Dans le cadre des études de physiologie, la fonction de filtration intervient dans le calcul du bilan énergétique, ou permet de déterminer la quantité d'aliment consommé par les mollusques filtreurs. Cette fonction peut également être considérée dans les relations avec le poids de l'animal, la température et un certain nombre d'indices de qualité et de quantité de l'aliment dont se nourrit le bivalve.

Dans un contexte de coopération internationale entre scientifiques anglais, espagnols et français, une expérimentation physiologique sur les mollusques a été réalisée en septembre 1991 à l'IFREMER La Tremblade. De nombreux objectifs motivent cette expérimentation : la comparaison inter espèces, la confrontation des techniques mises en oeuvre par les différentes équipes, la comparaison d'échelle entre une population et des individus isolés, etc...

Dans cette étude, l'auteur s'est attaché à présenter les résultats obtenus en filtration de l'huître *Crassostrea gigas*, dans une étude comparative croisant : la population, les individus, les conditions alimentaires envisagées et différentes voies d'accès au calcul de la filtration.

II. MATERIEL ET METHODE

L'étude porte simultanément sur une population de 100 individus et sur des individus isolés (fig. 1).

Le matériel utilisé pour l'étude de la population, comprend 2 fluorimètres, 2 néphélomètres placés en entrée et en sortie du raceway (fig. 2). Les données sont visualisées et acquises sur microordinateur. Elles permettent le traitement en continu des signaux et des mesures de filtration. Débit et température sont également enregistrés en continu.

· Pour l'étude individuelle, chaque huître est placée sur un poste de filtration à partir duquel les mesures sont réalisées et les prélèvements effectués (fig. 2).

4 conditions alimentaires sont utilisées au cours de cette expérience :

Condition 1 (C1) : *Skeletonema sp.* cultivé en bassin extérieur (bloom naturel).

Condition 2 (C2) : alimentation "témoin" à base d'eau de mer "naturelle" non filtrée.

Condition 3 (C3) : eau de mer + vase littorale.

Condition 4 (C4) : cultures axéniques de *Tetraselmis sp.* et *Thalassiosira* 3H.

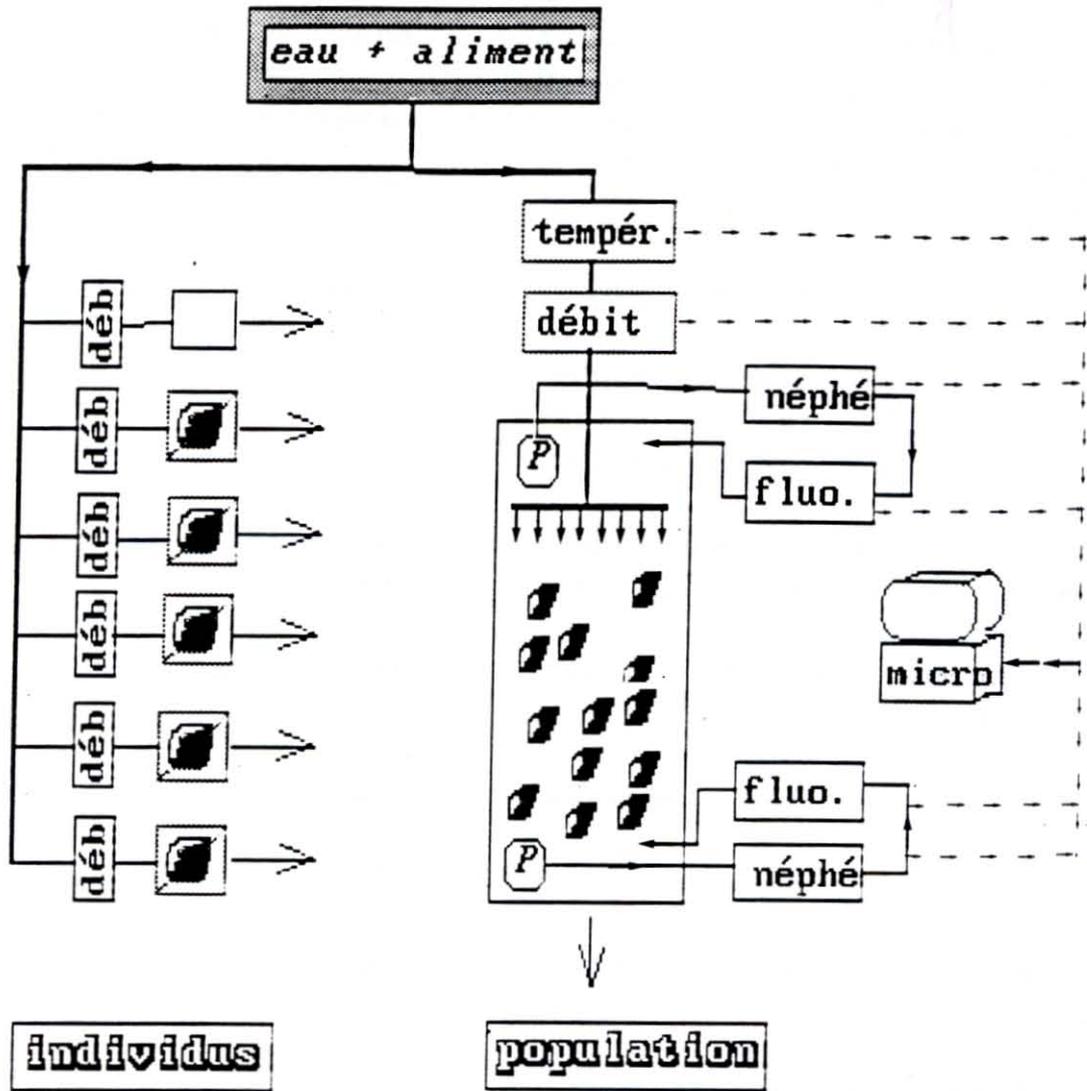


FIGURE - 2 - infrastructure expérimentale

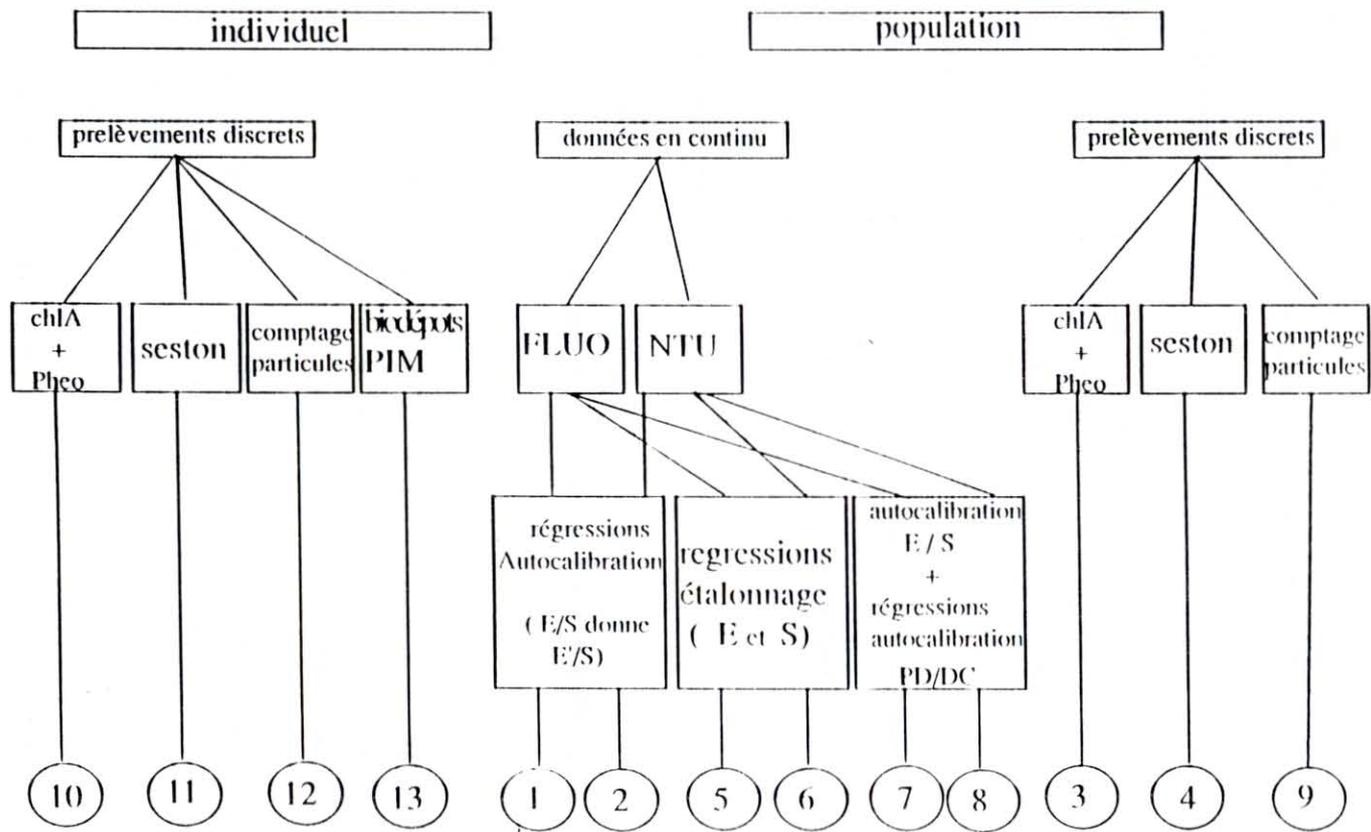


FIGURE - 3 - Les voies de calcul de la filtration

CONDITION ALIMENTAIRE	POPULATION	INDIVIDUS
C1	0.15	0.18
C2	0.12	0.13
C3	0.12	0.14
C4	0.12	0.15

TABLEAU -1- Débits moyens (l / mn / g. pds sec)

Condition	Population		Individus	
	Biomasse	Pds.Moy.	Poids Moyens (g)	
	(g)	(g) J1	J1	J2
C1	77.5	0.77	0.97	0.94
C2	95.9	1.03	1.11	1.02
C3	96.1	0.85	1.07	1.35
C4	96.8	0.88	1.20	1.11

TABLEAU - 2 - Poids moyens et biomasses

VOIES	CONDITIONS ALIMENTAIRES			
	1	2	3	4
12	**		*	
10				
11		*	**	

TABLEAU - 3 - mise en évidence statistique d'une variabilité individuelle :

* au seuil de 1 %

** au seuil de 5 %

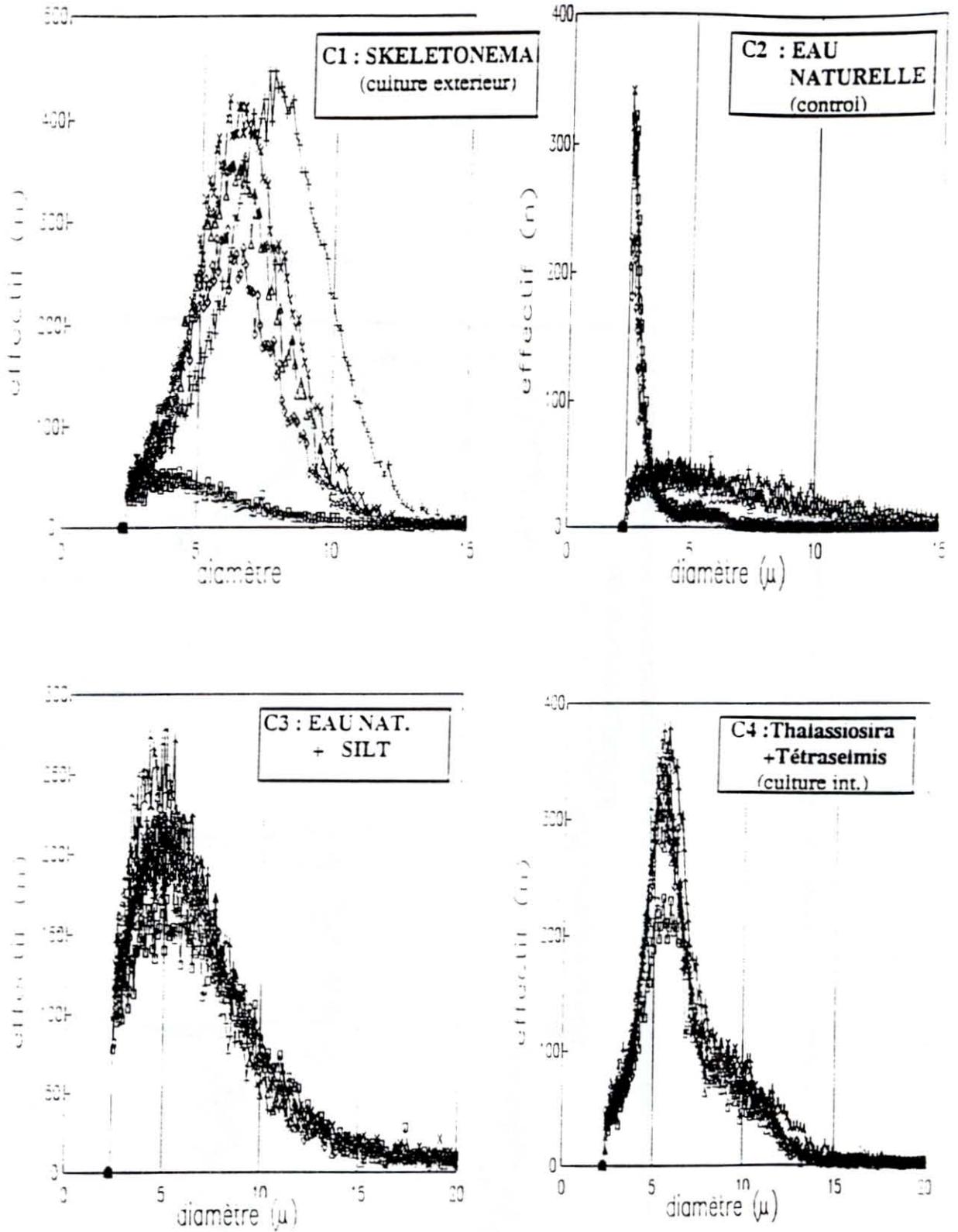


FIGURE - 6 - Distribution de taille des particules caractérisant les 4 conditions alimentaires

aux alentours de 5 μ pour la condition 3, et 2 pics apparaissent à 5-6 μ et 8-10 μ respectivement pour *Thalassiosira* 3H et *Tetraselmis* en condition 4.

Quantitativement, en terme de chlorophylle a et phéopigment (fig. 7), on vérifie le développement du bloom de *Skeletonema* en cours de journée (10 à 20 $\mu\text{g/l}$) en condition 1 (condition alimentaire instable) et le maintien des valeurs supérieures à 13 $\mu\text{g/l}$ pour la condition 4. Les valeurs relatives de turbidité sont très faibles pour les conditions 1, 2 et 4, inférieures à 10 NTU. L'équivalent en matière particulaire en suspension, donnerait des valeurs proches de 10 mg/l pour les conditions 1, 2 et 4 et de 30 à 40 mg/l pour la condition 3. Ces dernières valeurs restent néanmoins extrêmement faibles, comparées aux valeurs de 150-200 mg/l qui sont atteintes facilement dans la baie de Marennes-Oléron.

Une autre façon d'apprécier la qualité de l'aliment, en faisant référence à la physiologie digestive de l'animal, est de comparer la durée du transit digestif des différents types d'aliment proposés. Après un léger conditionnement et un "nettoyage digestif", à partir d'une chlorophycée : *Tetraselmis* sp. (faeces de couleur verte), le temps de transit digestif est mesuré sur une série de 4 à 5 huîtres alimentées sur les différentes conditions alimentaires. Bien que la réponse soit soumise à une forte variabilité individuelle, la figure 8 issue d'une analyse de variance sur les différentes conditions alimentaires, laisse apparaître des résultats significativement différents entre la condition 3 (vase) et les 3 autres conditions. Une autre différence significative existe entre le contrôle (eau de mer = condition 2) et la condition 4 (algues de culture en salle). Aucune différence n'apparaît entre le contrôle et la condition 1 (*Skeletonema* en culture extérieure). Pour référence, la condition 5 représente des résultats obtenus *in situ* en baie de Marennes-Oléron.

III. RESULTATS - DISCUSSION

Dans le cadre d'une analyse multivariable des données de filtration calculées sur la base des prélèvements discrets, plusieurs problématiques ont été abordées, telles que l'effet du rythme journalier et des conditions alimentaires sur la filtration, la comparaison des différentes voies de calcul de la filtration (10, 11, 12 et 3, 4, 9) (fig. 3), l'étude de la variabilité individuelle et la comparaison des résultats de filtration entre population et individus.

Dans un deuxième temps, sont développés les résultats des données en continu.

* *Rythme d'activité journalier*

Dans le cas de la population, les prélèvements discrets sont effectués à 8, 10, 12, 14, 16 et 17 h. On note des filtrations de 1 à 2 l/h. g poids sec vers 8 h (fig. 9A), puis

de 2,4 à 3,6 jusqu'à 16 h, une chute à 1 l/heure à 16 h et une reprise d'activité vers 17 h (3,0 à 4,0). Ce rythme serait cohérent avec celui de la population (fig. 9B).

Les faibles taux de filtration enregistrés à 8 h peuvent être expliqués par la perturbation de mise en route de l'enregistrement en continu de la rétention. Les résultats obtenus à 16 h, restent suspects. Les résultats obtenus en individuel (3,4 à 4,0) sont supérieurs à ceux obtenus sur la population en période d'activité (2,4 à 3,6 l/h.g poids sec).

**** Variation de l'activité de filtration à courte échelle temporelle***

Au niveau des postes individuels de filtration, 2 mesures de Counter Coulter étaient effectuées à 10 mn d'intervalle pendant la durée du prélèvement discret, afin de juger d'une éventuelle modification de l'activité des huitres durant cette période. Près d'une centaine de données ont ainsi pu être obtenues. Le pourcentage d'écart d'activité de filtration apparaît sur la figure 10. Les classes 2,5 et 7,5 % sont les plus importantes et comprennent plus de 70 % de la population.

Les écarts d'activité enregistrés, des classes 2,5 et 17,5 %, peuvent être expliqués par une variabilité méthodologique liée à la précision des mesures. Un deuxième pic de plus faible amplitude apparaît pour la classe 32,5 et pourrait être interprété comme une variation réelle d'activité de filtration, de 25-40 %, affectant 8 à 10 % de la population. Cette hypothèse reste à confirmer.

**** Variabilité individuelle***

L'idée est d'estimer la variabilité intra condition (ou variabilité individuelle) et la variabilité inter condition alimentaire pour les différentes voies de calcul de la filtration à partir des prélèvements discrets : voie 10, chlorophylle et phéopigments ; voie 11 : seston ; voie 12 : comptage particulaire.

Les résultats sont présentés dans le tableau 3. La figure 11 présente l'ensemble des résultats, selon un axe d'abscisse où les 4 conditions se succèdent chronologiquement. Le protocole mis en oeuvre au cours de cette expérimentation ne prévoyait pas d'étude particulière sur ce thème. La variabilité de réponse individuelle apparaît significativement distincte de la variabilité inter individus pour certaines conditions alimentaires et pas pour d'autres, et différemment selon la voie considérée de calcul de la filtration. Cette réponse ambiguë est difficilement interprétable.

**** Effet de la condition alimentaire sur la filtration - comparaison des résultats obtenus en individuel et sur la population.***

L'effet de la condition alimentaire, sur le niveau de filtration, est mis en évidence dans 5 cas sur 6 (tableau 4).

L'ensemble des résultats est présenté sur la figure 12, voie par voie. On constate une différence essentielle au niveau de la condition 2, dont les valeurs de filtration sont systématiquement plus faibles pour la population, et plus fortes pour l'individuel.

Quelque soit la voie utilisée pour la calcul de la filtration, les résultats obtenus en condition 2 (condition témoin) sont significativement différents de la condition 3 (vase) pour la population, et de la condition 4 (algues de culture) pour les individuels. Les valeurs de filtration pour la condition 2, varient de 0 à 3 pour la population, et de 3 à 6,5 pour les individuels.

La constance du résultat obtenu, permet de s'interroger sur les causes d'une telle différence existant entre la population du raceway et les individus isolés et sur les possibilités de développer des modèles obtenus à partir d'individus isolés, à des populations entières.

La figure 13 et le tableau 5 synthétisent les résultats de filtration obtenus condition par condition pour la population et les individus, toutes voies de calcul confondues.

Ainsi, la réponse de la population et des individus aux différentes conditions alimentaires, est totalement différente, avec les conditions 3 et 4 dominant les conditions 1 et 2 pour la population, et la condition 2 devant les conditions 1, 3 et 4 pour les individus.

*** Comparaison des voies de calcul de la filtration**

La figure 14 présente les résultats. On note une concordance de réponse entre population et individus, avec des valeurs de filtration significativement plus faibles pour la voie de calcul 11 (seston) comparé aux voies 10 et 12 (respectivement chlorophylle a + phéophytine et counter) (tableau 6).

Les voies 12 et 10 (counter et chl_a) sont en effet 2 méthodes qui ne considèrent pas les petites particules, soit parce qu'elles ne sont pas chlorophylliennes (voie 10), soit parce qu'elles ne sont pas comptées (voie 12). Le counter utilisé au cours de l'expérience, ne prend en compte les particules qu'au-delà de 2,4 μ de diamètre, quant la voie 11 (seston) retient toutes particules au-dessus de 0,45 μ .

Sachant que pour l'huitre *Crassostrea gigas*, environ 30 % de la masse de matière particulaire en suspension, comprise dans les petites tailles de particules (0-10 μ) n'est pas retenue par les cils latéraux frontaux (Barillé, com. pers.), la la filtration calculée sur la base des prélèvements discrets de seston, se trouve plus faible que celle calculée par les 2 autres méthodes dont les résultats sont, par ailleurs, très similaires.

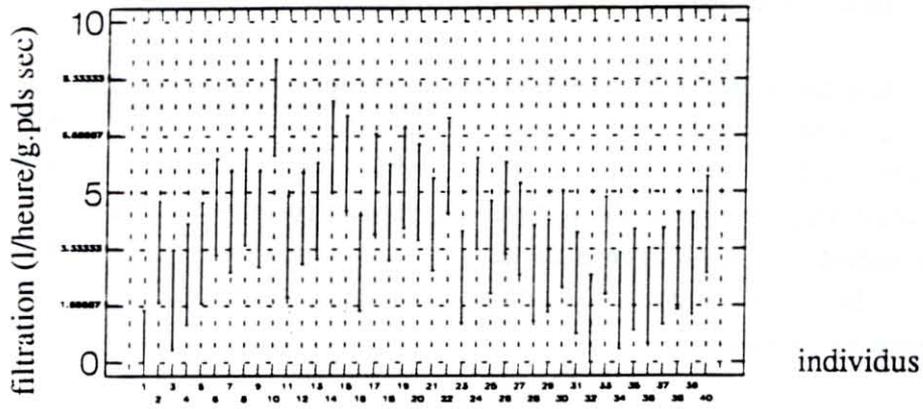


figure - 11 - variabilité individuelle de la filtration

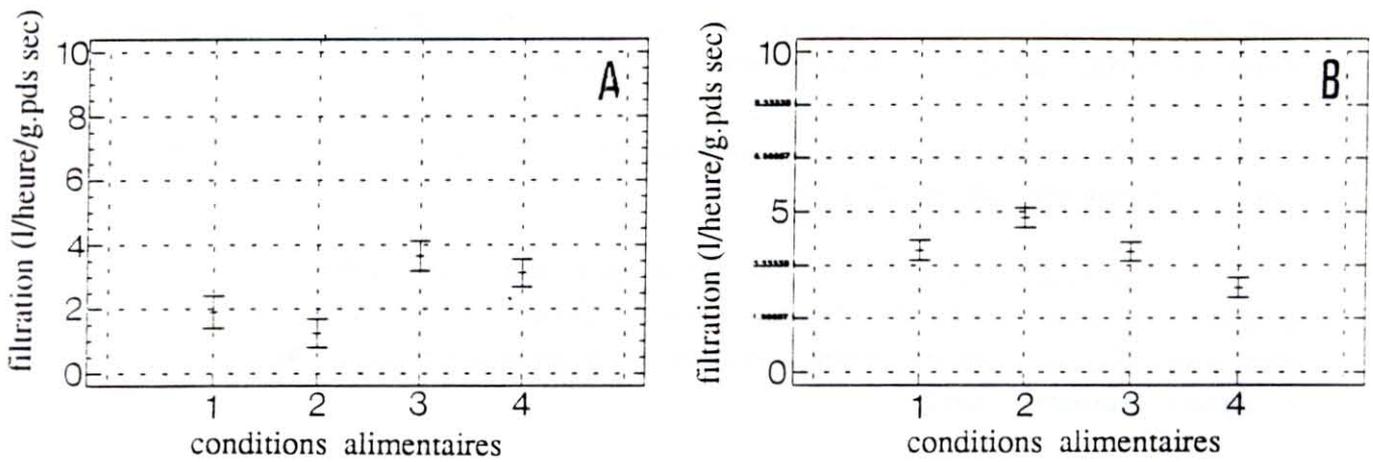


figure - 13 - valeurs de filtration et conditions alimentaires

A : population ; B : individus

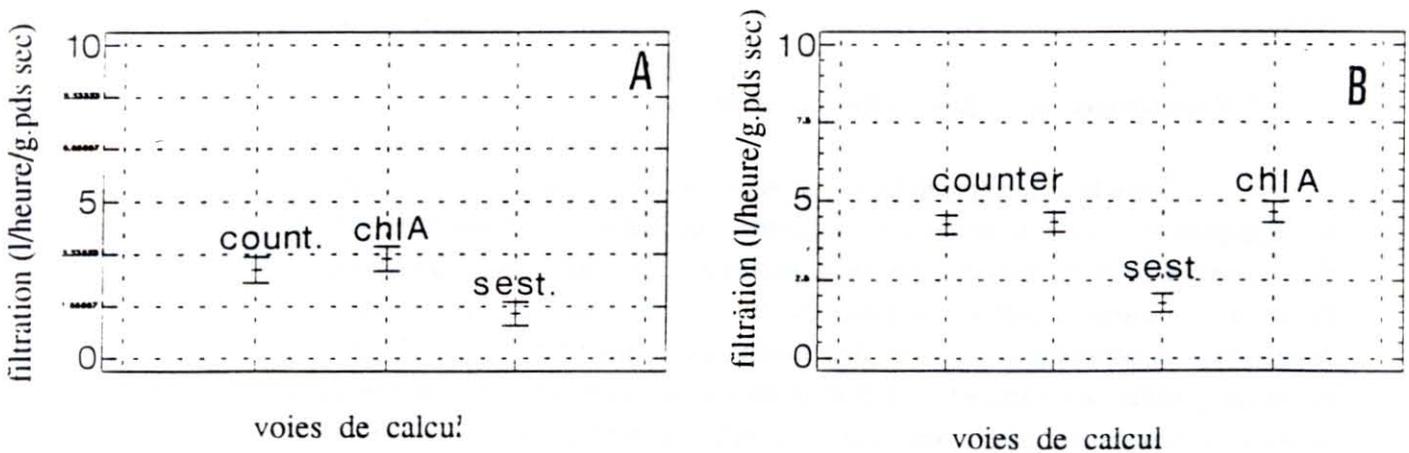


figure - 14 - valeurs de filtration et voies de calcul :

A : population ; B : individus

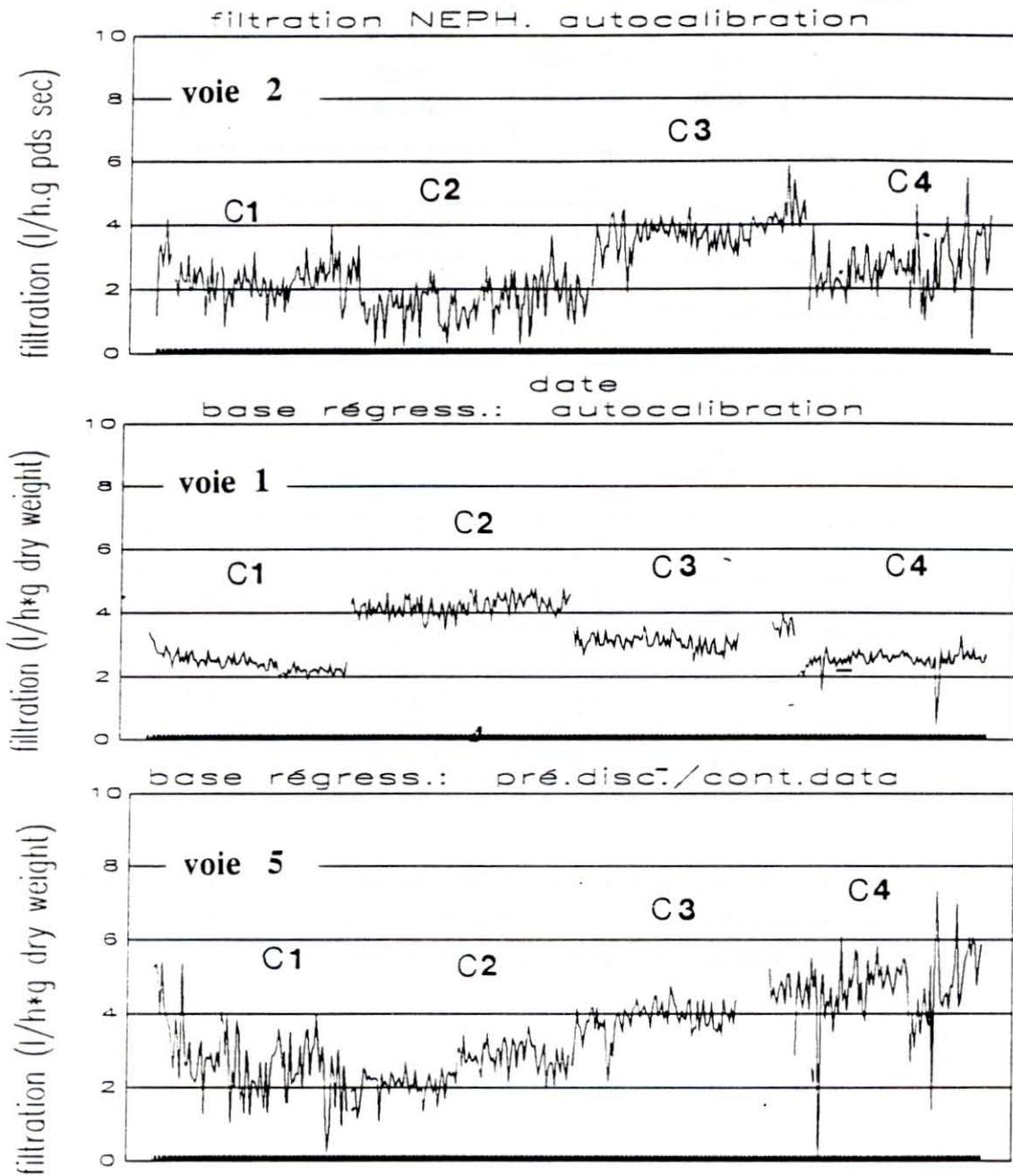


figure - 15 - la filtration en continu : comparaison de trois voies de calcul

paramètres environnementaux pourraient agir sur la filtration dans un tel contexte expérimental ?

Pour tenter de répondre en partie à cette question, 6 variables de quantité et de qualité de l'aliment distribué, sont prises en considération dans une analyse de corrélation multiple avec la variable filtration (voies 10, 11 et 12).

Variables de quantité : Seston total	mg/l/g poids sec)	(1)
Matière organique particulaire	(mg/l/g poids sec) (POM)	(2)
Chlorophylle + phéopigment	(μ g/l/g poids sec)	(3)
Variables de qualité : POM/Seston total	(%)	(4)
Chla/chla + phéo	(%)	(5)
Chla/POM	(μ g/mg)	(6)

L'analyse détaillée de cette étude n'est pas développée ici.

Les résultats principaux sont les suivants :

- les variables prises en considération n'expliquant que "pauvrement" le modèle (40 à 60 %),
- la filtration est "entraînée" par le débit (paramètre intervenant dans le calcul de la filtration, 15 à 25 %),
- la première variable à apparaître dans le modèle, est la variable 3 : quantité de chlorophylle a et de phéopigment.

Parmi les 6 variables envisagées, celle-ci contribuerait significativement à l'ajustement du modèle de filtration pour l'huître (20 - 30 %). Ensuite, mais dans une mesure moindre (< 10 %) apparaissent les variables 4 et 5.

Dans la même optique de recherche, des régressions linéaires vont être effectuées entre les variables de filtration des voies 2, 1 et 5 (fig. 15) pour la condition 1 (*Skeletonema sp.*) et les variables d'abondance relative : fluorescence ou NTU (unité de néphélométrie). Des 6 régressions obtenues, seule celle entre la filtration voie 1 (autocalibration fluorimètre) et la fluorescence, est significative ($R^2 > 70$ %, pente négative).

Ainsi, des 3 méthodes de filtration développées (voies 2, 1, 5), la filtration calculée par la voie 1 serait négativement corrélée à l'abondance d'algues (fluorescence). La filtration moyenne de la population diminuerait quand le bloom de *Skeletonema sp* se développe dans le bassin extérieur, et quand l'apport alimentaire augmente.

Hormis cette variabilité biologique, encore bien mal expliquée, la méthodologie développée pour le calcul de la filtration en continu, l'utilisation de régressions d'autocalibration et d'étalonnage et l'emploi de la variable rapport (E-S)/E

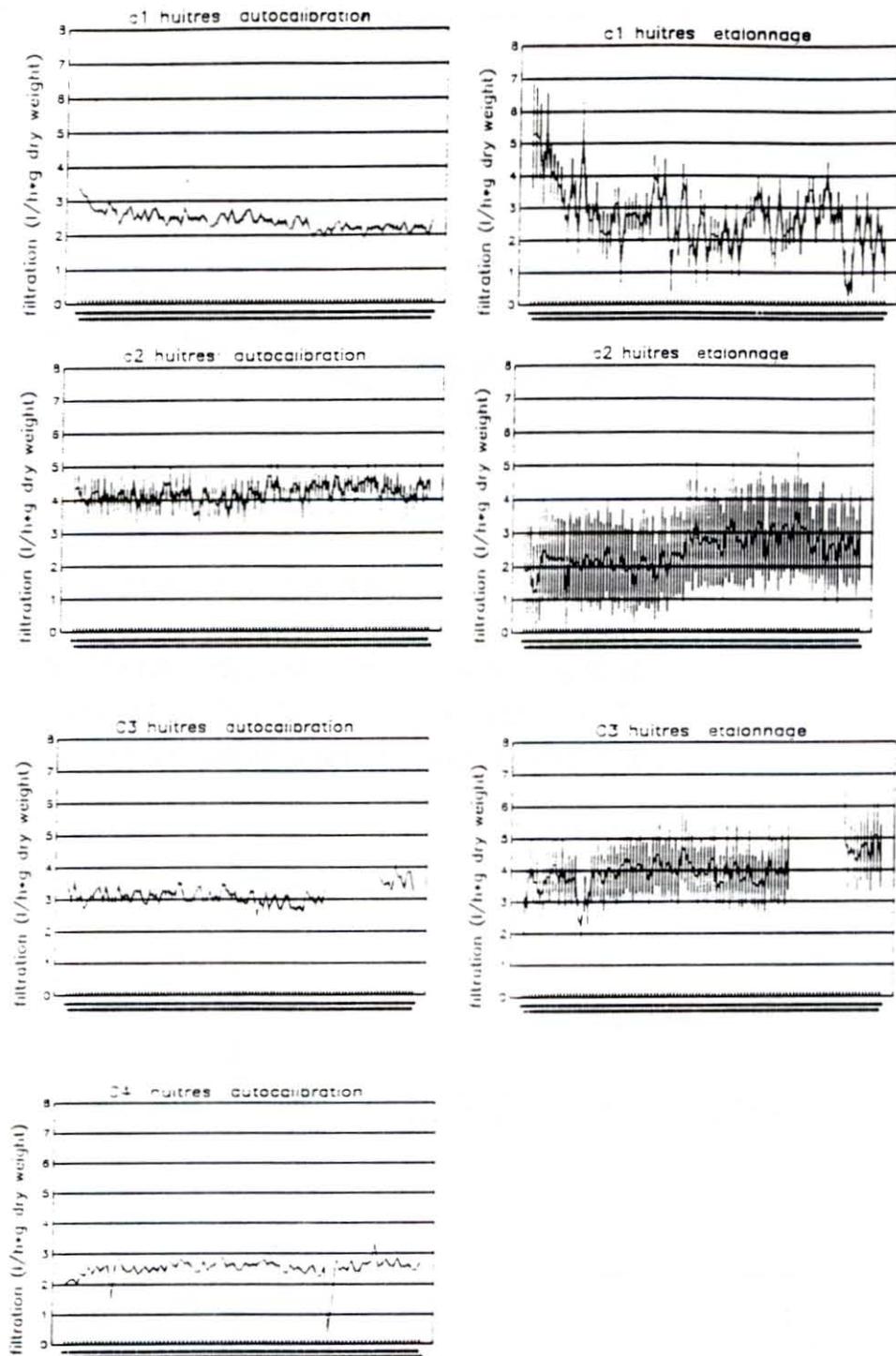


figure - 16 - la filtration en continu . precision sur les mesures . comparaison de la voie 1 (autocalibration fluorescence) et 5 (étalonnage prélèvements discrets et données en continu)

Le problème d'échelle d'étude est à nouveau posé.

Aux vues du précédent résultat, la comparaison des voies de calcul de la filtration est effectuée uniquement sur la population. Chaque condition est présentée isolément (fig. 18).

Les intervalles de confiance des résultats de filtration sont plus réduits pour le continu que pour le discret. Si un effet de lissage de la variabilité individuelle, peut être pris en compte pour la population, le mode de calcul de l'intervalle de confiance ne donne peut être pas assez de poids à la mauvaise qualité du coefficient de corrélation (référence aux 2 conditions en continu : neph C3 et PD/Se C4 qui ont du être supprimées).

Les résultats de la filtration de la voie de calcul : "seston" des prélèvements discrets sont significativement inférieurs aux autres résultats, pour toutes les conditions, excepté la condition 3 (ajout de vase) où un léger recouvrement des intervalles de confiance existe (fig. 18).

Les autres voies de calcul ont des intervalles de confiance qui se recoupent sauf pour le "fluo" du continu, avec le chla des prélèvements discrets pour C3 et C4. Tout se passe comme si les résultats de filtration calculée sur la base des prélèvements discrets de chla pour C3 et C4, auraient été surestimés ?

Aux vues des résultats précédents, après suppression des résultats significativement plus faibles du seston (prélèvements discrets), la comparaison des 4 conditions alimentaires à partir des 5 voies de calcul donnent les résultats suivants :

Filtration = F (l/h.STO (1g))

Condition 1 :	$0,8 < f < 3,6$
Condition 2 :	$0,4 < f < 2,8$
Condition 3 :	$2,8 < f < 6,2$
Condition 4 :	$2,4 < f < 5,1$

Ainsi, seule la condition 3 (eau + vase) apparaîtrait comme significativement différente des 3 autres, et surtout de la condition 2 (contrôle sur eau de mer).

La réduction de la comparaison aux seules données en continu, ferait apparaître une deuxième différence significative entre la condition 1 (*Skeletonema sp*) et la même condition 3 (eau + vase).

*** Comparaison des conditions alimentaires**

Seule la condition d'alimentation 3, à partir d'eau de mer additionnée de vase induit une augmentation significative de la filtration chez l'huître *Crassostrea gigas*, au