

EXCLU DU PRÊT

## AMENAGEMENT DES TECHNIQUES DE PRODUCTION DE LA CHEVRETTE *Macrobrachium rosenbergii* EN GUYANE

Jean-Marie GRIESSINGER  
Thierry POLLET

Denis LACROIX  
Philippe GONDOUIN

Jean-Claude FALGUIERE  
Gilles MER

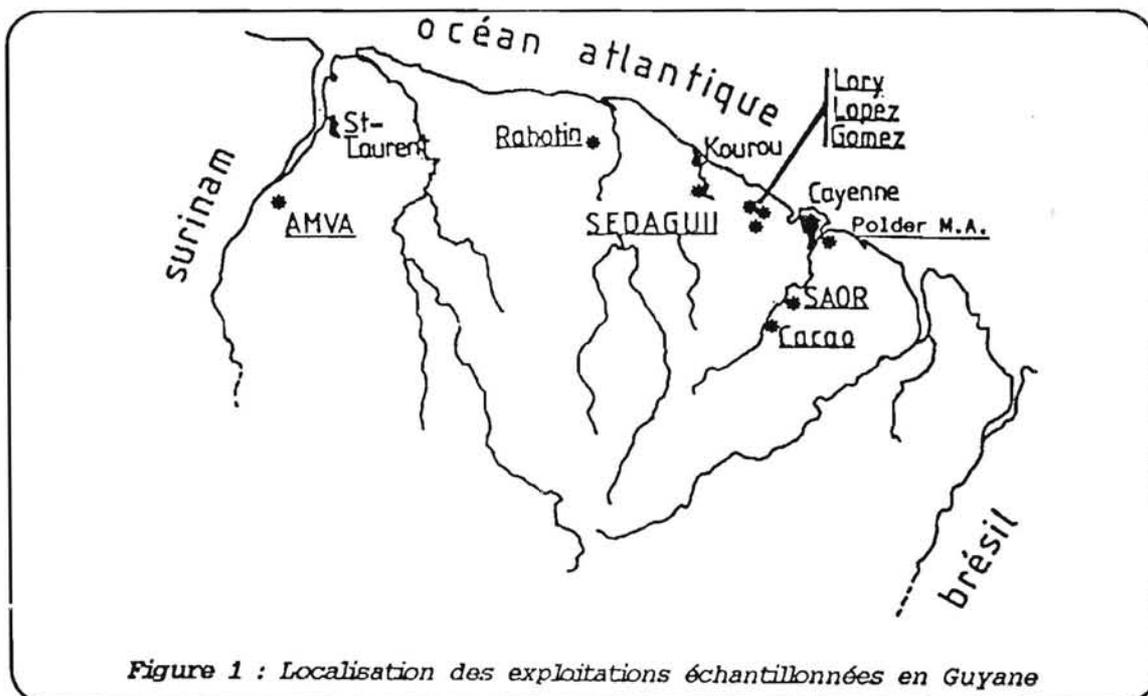


Figure 1 : Localisation des exploitations échantillonnées en Guyane



**IFREMER**

DRV-89.031-RA/CAYENNE

2001

# INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER

1751p2

Adresse : IFREMER  BP 477 97331 CAYENNE Cédex GUYANE
---

DIRECTION DES RESSOURCES VIVANTES

DEPARTEMENT RESSOURCES AQUACOLES

STATION/LABORATOIRE CAYENNE

<b>AUTEURS (S) :</b> Jean-Marie GRIESSINGER Denis LACROIX Jean-Claude FALGUIERE Thierry POLLET Philippe GONDOUIN Gilles MER		<b>CODE :</b> DRV-89.031-RA/ CAYENNE
<b>TITRE :</b> AMENAGEMENT DES TECHNIQUES DE PRODUCTION DE LA CHEVRETTE <i>Macrobrachium rosenbergii</i> EN GUYANE		date : juin 1989 tirage nombre : Nb pages : 113 Nb figures : Nb photos :
<b>CONTRAT</b> (intitulé)  N° _____	RAPPORT FINAL DE LA CONVENTION REGION GUYANE-IFREMER N0 87/4 et 5	<b>DIFFUSION</b> libre <input type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> confidentielle <input type="checkbox"/>

## RESUME

En 1987, la filière de production de chevrettes *Macrobrachium rosenbergii* en Guyane Française a fait l'objet d'intervention du laboratoire d'aquaculture de l'IFREMER à 2 niveaux : un appui technique à la profession, et des expérimentations à la station expérimentale gérée en commun par IFREMER et INRA, à KOUROU.

L'appui technique a porté sur la formation d'éleveurs notamment pour le démarrage des exploitations, l'amélioration des techniques d'exploitation et de choix des classes détaillées commerciales, la maîtrise des caractéristiques du milieu d'élevage par l'utilisation des amendements classiques, la lutte contre la contamination des produits par les germes coliformes.

Le programme de recherche a porté en 1987 sur l'analyse du milieu d'élevage et tenté d'identifier un bon estimateur de la qualité du milieu, nécessaire pour l'exploitation des bassins par la méthode en «continu».

Au plan de la production, l'année 1987 est marquée par un arrêt brutal de la dynamique de la production qui caractérisait les années précédentes, en raison de l'échec de la commercialisation à l'exploitation, allant jusqu'à l'arrêt de quatre exploitations représentant une vingtaine d'hectares.

mots clés : Elevage, chevrete, *Macrobrachium rosenbergii*, Guyane, zootechnie, hydrologie, production



© IFREMER - Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, 1989

IFREMER-Bibliothèque de BREST



OBR27330

43050

## LISTE DE DIFFUSION

- IFREMER/Siège :

. A. LAUREC, DRV/D	1 ex
. J. QUERELLOU, DRV/RA	1 ex
. M. VERHILLE, ACP	1 ex

- FRANCE AQUACULTURE/Siège :

. PH. FERLIN	1 ex
--------------	------

- COP/TAHITI :

. A. MICHEL	1 ex
. JM. GRIESSINGER	1 ex

- IFREMER/MARTINIQUE :

. A. FEBVRE	1 ex
-------------	------

- CONSEIL REGIONAL GUYANE :	5 ex
-----------------------------	------

# PLAN

INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE :	
L'APPUI TECHNIQUE A LA PROFESSION	4
COMPTE-RENDU N°1: Etude de l'action de 2 types d'amendement calcique ( $\text{CaCO}_3$ et $\text{CaSO}_4$ ) dans les bassins d'élevage de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> en Guyane.	9
1er CHAPITRE: Action du carbonate de calcium $\text{CaCO}_3$ sur le sédiment.	11
2ème CHAPITRE: Action du sulfate de calcium $\text{CaSO}_4$ sur le milieu.	28
COMPTE-RENDU N°2: Essai de mise au point d'un indicateur de la survie des post-larves de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> à l'ensemencement en bassin.	45
COMPTE-RENDU N°3: Analyse comparée de deux méthodes d'évaluation de l'effectif de la population en bassin.	54
COMPTE-RENDU N°4: Etude des principaux paramètres (Oxygène, pH, Température) du milieu d'élevage pendant la saison sèche en Guyane. Suivi en continu et effets d'un brassage mécanique.	64
COMPTE-RENDU N°5: Influence des conditions de traitement après pêche et de la conservation sous glace sur la qualité de la chevette <i>Macrobrachium rosenbergii</i> .	79
DEUXIEME PARTIE :	
RECHERCHE SUR L'ECOSYSTEME BASSIN DE CHEVRETTE	86
INTRODUCTION	
I. Recherche d'un indicateur de la qualité de l'eau d'élevage	88
II. Recherche d'un indicateur de la qualité du sédiment	94

## INTRODUCTION

L'intervention du laboratoire Aquaculture de l'IFREMER Guyane dans la filière de production de chevrettes a porté en 1987 sur 2 niveaux :

- un appui technique direct à la profession pour répondre à ses besoins spécifiques,
- une recherche à court et moyen terme pour compléter les connaissances nécessaires à un meilleur contrôle du système de production.

Par rapport aux années précédentes, l'année 87 correspond à la mise en fonctionnement effectif de la station expérimentale que l'IFREMER a construite à KOUROU (station commune IFREMER-INRA) ce qui a permis à l'équipe du laboratoire Aquaculture de Guyane de procéder à ses propres expérimentations et de mettre en route en Guyane un véritable programme de recherche sur l'espèce et les techniques d'élevage.

---

L'appui technique à la profession a pris plusieurs formes au fur et à mesure du déroulement du programme de mise en place de la filière à partir de 1982. Les formes les plus importantes quant à leur finalité et à leur durée, la formation des éleveurs et le transfert du savoir-faire technique sur les fermes mêmes, particulièrement à leur démarrage, ont été activement mises en oeuvre en 85 et 86, années au cours desquelles 8 exploitations étaient opérationnelles et où le programme était en phase ascensionnelle. En 1987 ces formes d'intervention se sont limitées à 3 exploitations qui en avaient encore besoin.

Un autre type d'appui technique à la profession a été mis en place à la station expérimentale de Kourou, une recherche finalisée pour répondre à des problèmes identifiés par les éleveurs.

Ils sont apparus principalement au cours du suivi régulier des premiers bassins ensemencés et de leur production, se traduisant :

- au niveau du cheptel, par une exploitation, à la taille commerciale choisie (la classe commerciale 20-30, soit 20 à 30 individus au kilo), d'un nombre trop faible d'individus par rapport au nombre de post-larves ensemencées;

- au niveau du milieu d'élevage, par des difficultés à corriger sa composition minérale et à maîtriser ses variations quotidiennes par l'utilisation des amendements classiques.

D'autres problèmes sont apparus avec les premières commercialisations à l'exportation comme par exemple une contamination des produits congelés par des coliformes les rendant impropres à la mise en vente; une étude particulière a été conduite pour éviter ce type de contamination.

---

Le programme de recherche à plus long terme d'application a porté en 87 sur l'analyse du milieu d'élevage au niveau de ses deux composantes, la tranche d'eau et surtout le fond du bassin. L'objectif était d'identifier un indicateur biologique, à la fois facilement appréhendable par les éleveurs, et bon estimateur de la qualité du milieu. En effet, celui-ci (et au sens large du terme, l'écosystème) a une importance essentielle dans la technique "en continu" transférée aux aquaculteurs : en plus de son rôle direct dans la qualité de l'environnement physique et chimique des animaux, il leur apporte un complément alimentaire essentiel au plan qualitatif (sous la forme du plancton et de toute la faune benthique des décomposeurs de la matière organique qui se dépose en excès dans ce système) et il a un rôle épurateur par le recyclage des déchets organiques au sein même du système (puisque les renouvellements d'eau sont trop faibles pour les véhiculer en dehors du bassin).

Ce programme a fait intervenir en 86 et en 87 des collaborateurs extérieurs à l'équipe de base du laboratoire de Guyane (thésards de 3ème cycle du DEA de biologie marine de Paris VI et un chercheur de l'Université de Besançon); leurs résultats portent respectivement sur la tranche d'eau (la phase productrice du système) et sur le fond du bassin (la phase épuratrice du système). Leurs résultats sont synthétisés par l'équipe du laboratoire de Guyane.

---

Le travail de l'IFREMER s'est réalisé en parallèle à l'évolution de la filière qui, en 87, a été négative. En effet, si les années précédentes ont été marquées par une progression régulière du programme avec l'obtention d'un certain nombre d'acquis qui pouvaient être jugés comme définitifs (mise en place des unités de production, augmentation des surfaces et de la production, formation des éleveurs à la technique d'élevage et maîtrise sur le terrain de l'ensemble des phases de la production), l'année 87 marque un arrêt brutal de cette dynamique à la suite de l'échec de la commercialisation à l'exportation. Cet échec, qui s'est matérialisé par un stock invendu de 40 T au mois d'octobre 87, a eu pour conséquence directe l'arrêt de 4 petites exploitations représentant une vingtaine d'hectares (Gomez, Lory, Lopez, Barjou) et de grosses difficultés financières pour les exploitations restantes (Saor, Cacao, Rabotin, Amva St Jean). Une exploitation nouvelle qui démarrerait en 87 (Marie Anne Aquaculture SA) n'a pas souffert de cet échec.

Face à cette situation de mévente de la production, au prix nécessaire pour que les entreprises guyanaises puissent vivre, l'ODEADOM a fait établir 2 études pour identifier les possibilités de réussite de cette production sur le marché métropolitain. La première (demandée au Ministère de l'Agriculture) était destinée à établir le prix de revient de la production locale et les gains qui pouvaient être attendus à court et moyen termes; la seconde (demandée au Cabinet de Marketing GEM) était destinée à identifier le meilleur marché pour ce nouveau produit.

Les résultats de ces études montrent qu'un créneau de commercialisation existe pour le produit guyanais, malgré son prix de revient qui restera plus élevé que le produit du sud-est asiatique; ce créneau est celui d'un produit haut de gamme, vendu en frais, avec une identité précise et un appui promotionnel pour le faire connaître.

---

Ce document présente successivement :

- dans sa première partie, les recherches conduites dans le cadre de l'appui technique à la profession,
  - dans sa seconde partie, la synthèse des recherches conduites sur l'écosystème bassin.
-

PREMIERE PARTIE

L'APPUI TECHNIQUE A LA PROFESSION

---

## PREMIERE PARTIE :

### L'APPUI TECHNIQUE A LA PROFESSION

---

Le suivi très régulier de l'ensemble des exploitations en 85 et en 86 a permis d'identifier des éléments communs caractérisant les élevages guyanais dans les deux premières années de leur démarrage :

- une difficulté globale à maîtriser le milieu d'élevage et en particulier à le corriger efficacement par l'emploi d'amendements calcaires classiques; ceux-ci se sont même montrés dangereux pour le cheptel par les conséquences de leur application sur le pH se traduisant par de fortes élévations;
- une exploitation d'un nombre trop faible d'animaux par rapport au nombre de post-larves ensemencées, autrement dit une survie globale médiocre de 20 à 25 %; l'élevage en système continu assure normalement une production stable en nombre et en taille (20-30 individus par kilo); dans de nombreux bassins des creux importants de production de quelques semaines à quelques mois avaient clairement pour origine l'absence d'animaux de classe de taille sub-récoltable.

1. Les difficultés de contrôle du milieu d'élevage ont comme origine la très faible minéralisation des eaux de Guyane et particulièrement l'absence quasi-totale d'ions calcium et d'ions carbonate-bicarbonate; les premiers sont nécessaires à la fois à l'animal et au bon équilibre de l'écosystème; les seconds ont le pouvoir de limiter les variations du pH. Ce paramètre fluctue naturellement dans de tels systèmes aquatiques; ses variations très rapides dans la journée et ses fortes valeurs (au-delà de 9) peuvent provoquer des mortalités importantes, surtout chez les jeunes stades plus vulnérables.

Les expériences mises en oeuvre ont été de 2 ordres: (*Compte-rendu d'expérience n° 1*)

- suivre l'effet du carbonate de calcium apporté dans les bassins selon des quantités calculées à la suite d'une analyse chimique du sédiment; cette analyse détermine la capacité du sédiment à retenir des ions calcium jusqu'à en être saturé (capacité d'échange cationique);
- essais d'un autre type d'amendement, le gypse (sulfate de calcium), pour éviter les effets néfastes du carbonate sur les variations de pH.

Ces expériences ont permis de mieux comprendre l'action de ces amendements dans le contexte guyanais et de proposer aux aquaculteurs des procédures adaptées à ce contexte.

Le contrôle effectif du milieu reste cependant difficile, bien qu'une évolution positive globale ait été constatée avec le temps dans l'ensemble des élevages. La qualité de contrôle nécessaire à une augmentation significative des rendements (pour tendre vers 3 T/ha/an) passe par une

gestion globale de l'eau au niveau de chaque ferme et non par une gestion bassin par bassin; une telle gestion globale inclut des dispositifs de traitement en amont du réseau hydraulique et de recyclage des eaux en aval. Cette façon de procéder, qui est apparue évidente dans le contexte guyanais, permet d'une part d'amortir au niveau des bassins les variations des paramètres physico-chimiques des eaux courantes naturelles et, d'autre part, de rééquilibrer leur composition minérale en économisant des produits chimiques; cette nouvelle approche est une donnée essentielle pour l'avenir technique et économique de ces élevages.

2. L'exploitation d'un nombre insuffisant d'animaux commercialisables par rapport au nombre de post-larvesensemencées a deux origines qui ont été bien identifiées :

La première est incontestablement une mortalité supérieure aux normes de cet élevage. Cette mortalité se manifeste de deux façons :

- elle peut être brutale et massive au moment de l'ensemencement en bassin des post-larves venant de l'écloserie; elle est alors la conséquence de stress physiologiques provoqués par des valeurs des principaux paramètres physico-chimiques du milieu d'élevage qui sont en dehors de celles que peuvent supporter les post-larves. Généralement ce sont plusieurs paramètres qui sont à la limite ou en-dehors de la capacité de tolérance des post-larves et elles s'épuisent à essayer de réguler leur métabolisme. Les principaux paramètres en cause sont le pH, la température et la faible concentration ionique du milieu d'accueil.

- elle peut être régulière tout au long de l'élevage. Lors des prélèvements effectués dans les élevages (au cours des pêches commerciales ou d'échantillonnages statistiques) il est apparu une quantité d'animaux mous bien supérieure à ce qui est trouvé dans d'autres régions (jusqu'à 25 % en Guyane par rapport à moins de 10 % ailleurs). Ces animaux viennent de muer et leur carapace n'a pas encore durci. Le fait de trouver plus d'animaux mous en Guyane signifie que le temps du durcissement de la carapace est plus long; ceci est à mettre directement en relation avec la très faible teneur des eaux en calcium qui est une source importante (de l'ordre de 40 % probablement) pour les besoins normaux de l'animal. Ces animaux mous sont fragiles à toutes manipulations et sont sans défense; les pertes constatées en cours d'élevage proviennent de cette anomalie de durcissement de la carapace, la mortalité intervenant surtout au cours des pêches qui, dans la méthode d'élevage en continu, ont lieu 2 à 3 fois par mois dans un même bassin; les animaux mous capturés et non commercialisés meurent généralement quand ils sont remis dans le bassin car ils ont été écrasés au cours de la pêche; ce phénomène est accentué dans les bassins dont le fond est boueux, les animaux mous risquant plus d'être enfouis dans le sédiment meuble lors du passage du filet. La perte est surtout importante dans les classes de grande taille car la durée de durcissement de la carapace est plus longue que chez les petites tailles. C'est alors une perte économique importante pour l'éleveur puisque l'animal a été élevé jusqu'à la taille commerciale.

La seconde origine du faible nombre d'animaux exploités à la taille commerciale 20/30 lors du démarrage des premiers élevages guyanais semble être la très forte hétérogénéité de croissance entre le lot de tête de la population et les autres lots (lot intermédiaire et lot de queue).

L'hétérogénéité de croissance est connue chez cette espèce et a son origine dans des facteurs internes à la population en relation avec la reproduction : les mâles reproducteurs sont des individus très dominateurs et ils imposent une hiérarchie très forte au sein du cheptel; leur élimination par pêche sélective (ce sont les individus les plus gros) permet aux individus qui étaient dominés de prendre leur place; il y a alors un défilement très progressif des animaux des classes de taille inférieure vers les classes de taille supérieure correspondant aux classes commerciales.

Dans les élevages guyanais, il apparaît des hiatus importants dans le défilement des groupes d'individus, le premier groupe de mâles dominants s'exprimant très rapidement, beaucoup plus vite que ce qui se voit ailleurs. Les groupes suivants traînent en croissance et tardent à atteindre les tailles économiquement intéressantes. L'origine de ce phénomène est à rechercher dans des facteurs externes à la population, des facteurs de l'environnement (la température de l'eau, très élevée dans les bassins en Guyane) et des facteurs trophiques (la capacité du milieu d'élevage à produire une quantité de nourriture d'origine naturelle, qualitativement très riche, intervenant en complément de la ration normale d'aliment composé distribué par l'éleveur). Le complément alimentaire naturel est insuffisant pour satisfaire l'ensemble des besoins de la population dont le métabolisme est très activé par les températures élevées, le lot de tête confisquant à son profit cet apport et ayant en retour une croissance très rapide, les lots suivants subissant par contre-coup une croissance ralentie.

La réponse directement apportée par les éleveurs a été de commercialiser progressivement la classe de taille inférieure (30/40) pour laquelle un marché existe.

Les expériences mises en oeuvre ont été de plusieurs ordres.

Pour répondre au problème de la mortalité, une procédure d'ensemencement de post-larves réduisant les risques a été mise au point ainsi qu'un moyen de contrôle pour estimer la perte. Les résultats concrets ont été de pratiquer les ensemencements le soir plutôt que dans la matinée et de disposer de cages témoins pour apprécier la mortalité sur un nombre connu de post-larves. Ces acquis sont positifs (*Compte-rendu d'expérience N° 2*).

Un moyen fiable pour apprécier l'effectif du cheptel en cours d'élevage a également été éprouvé. Deux méthodes d'évaluation existent; il fallait les tester comparativement dans la pratique de l'élevage pour connaître la plus précise et la moins contraignante. Les vidanges de bassins qui ont suivi ces études ont permis d'avoir des comparaisons précises entre les effectifs estimés et les effectifs réels. Les acquis sont positifs, les 2 méthodes présentant des avantages complémentaires (*Compte-rendu d'expérience n° 3*). Elles sont disponibles pour les éleveurs qui limitent cependant leur utilisation seulement dans les cas où ils ne savent plus apprécier ce qu'ils ont dans leurs bassins, car ces méthodes restent lourdes à mettre en oeuvre.

Pour résoudre le problème de la forte hétérogénéité de croissance, par le biais d'un apport trophique complémentaire, des essais de stimulation d'une chaîne alimentaire naturelle sur le fond du bassin ont été réalisés à partir de fiente de poule, engrais organiques très utilisés dans des productions aquacoles de certains pays. Les premiers résultats n'ont pas apporté de réponse très précise mais ils ont permis de mieux définir une seconde série d'expériences programmée en 89 dans laquelle des supports organiques seront apportés en complément sur le fond du bassin. L'objectif est d'accroître les substrats disponibles pour le développement de la flore bactérienne et la faune de microorganismes stimulés par la fiente de poule, ces deux maillons trophiques étant à l'origine de la chaîne alimentaire benthique que l'on cherche à développer.

3. Deux autres études ont été conduites en 87 dans le cadre de l'appui technique aux éleveurs :

- La première portait sur l'effet des brasseurs-oxygénateurs mécaniques sur les principaux paramètres du milieu. Elle a été menée en collaboration avec un chercheur du laboratoire d'hydrobiologie de l'INRA; cette étude a consisté à suivre en continu, sur des cycles de 24 H, trois paramètres d'un bassin d'élevage : la température, le pH et l'oxygène dissous, simultanément en surface et dans le fond du bassin. Ces mesures étaient associées à des données météorologiques correspondantes (l'insolation, la température de l'air, la vitesse du vent) (*Compte-rendu d'expérience n° 4*).

- La seconde portait sur le préconditionnement des chevrettes pêchées à la ferme et des précautions strictes à prendre pour qu'elles ne soient pas contaminées par des germes coliformes. Cette étude a été réalisée en collaboration avec la Direction des Services Vétérinaires et a abouti à définir un protocole précis pour tuer les animaux immédiatement après leur capture dans un bain d'eau propre contenant de la glace fondante. La généralisation du protocole de traitement sur l'ensemble des fermes a permis de disposer d'un produit d'une qualité très homogène (*Compte-rendu d'expérience n° 5*).

---

Ces expériences, complétées par des observations effectuées chez les aquaculteurs et par certains travaux qu'ils ont eux-même effectués en 1987, ont eu les retombées suivantes pour la technique d'élevage en continu pratiquée par les aquaculteurs :

- Une méthode pour mieux connaître le cheptel en élevage et une procédure pour limiter la perte des post-larves à l'ensemencement;

- Une technologie pour résoudre le problème de la gestion de l'eau qui doit être étudiée et adaptée pour chaque exploitation : elle comprend des aménagements en amont du réseau hydraulique de décantation et d'enrichissement en calcium. En aval, elle prévoit une recirculation de l'eau des élevages après un lagunage pour éliminer l'ammoniacque et les nitrites. Elle n'a pas encore été mise en oeuvre dans les fermes car elle nécessite des investissements supplémentaires.

- Un moyen de faciliter la gestion de l'oxygène du milieu d'élevage par l'utilisation, soit en routine, soit plutôt en secours pour ce type de technique d'élevage, de brasseurs-oxygénateurs mécaniques.

- Une technique standard de conditionnement après pêche pour commercialiser un produit de qualité constante.

Les limites de la technique en continu sont mieux apparues dans le contexte guyanais :

- une exploitation trop partielle du cheptel

- une impossibilité de stimuler la productivité naturelle benthique sauf au démarrage du bassin puisqu'on ne le vide pas pendant plusieurs années.

Ces deux inconvénients ont des conséquences importantes au niveau du rendement obtenu; ils justifient de travailler sur des techniques d'élevage à cycles plus courts et en lots homogènes. Ce sera l'objet principal des programmes de la station de Kourou au cours de la période 88-90.

## COMPTE RENDU D'EXPERIENCE N° 1

ETUDE DE L'ACTION DE 2 TYPES D'AMENDEMENT CALCIQUE ( $\text{CaCO}_3$  et  $\text{CaSO}_4$ )  
DANS LES BASSINS D'ELEVAGE de *Macrobrachium rosenbergii* en GUYANE.

### INTRODUCTION

La nécessité de disposer dans le milieu d'élevage des chevrettes, de teneurs correctes en calcium et en carbonates, est justifiée par les besoins suivants:

- en calcium :

\* pour les chevrettes au plan physiologique (absorption directe par les branchies à partir du milieu)

\* pour l'écosystème au niveau du sédiment

. pour le pH du sol : action de rééquilibrage du pH du sol vers la neutralité ce qui favorise l'activité bactérienne (qui joue un rôle essentiel dans la minéralisation de la matière organique)

. pour la structuration du sédiment par son pouvoir de floculation et d'agrégation. L'aération du sédiment facilite alors les échanges chimiques et biologiques et favorise l'activité de l'ensemble des décomposeurs de la matière organique présents dans le sédiment (microfaune).

- en carbonates :

\* effet de tampon sur le milieu donc amortissement des variations brutales du pH.

Il faut souligner que l'on fait d'emblée l'hypothèse que les ions  $\text{Ca}^{++}$  se comportent en milieu aquatique comme en milieu émergé. Cette hypothèse se justifie d'abord parce que l'essentiel de la structuration du sédiment se fait pendant l'assec du bassin ou avant sa première mise en eau et ensuite parce que le mode d'action du calcium dans le sol est sous forme dissoute (eau interstitielle) quelle que soit la situation du bassin.

En Guyane, la pauvreté chronique des ions se manifeste :

- sur les chevrettes : beaucoup d'animaux mous, à l'origine probable de pertes d'animaux en cours d'élevage (le fait de trouver beaucoup d'animaux mous signifie que le temps de recalcification de la carapace est plus long que le temps normal à cause probablement d'un déficit en calcium dans le milieu externe à l'animal (FIEBER and LUTZ, 1982).

- sur le milieu d'élevage : par une instabilité du pH qui enregistre entre 8 H et 12 H des variations très fortes à la hausse et en milieu d'après-midi des valeurs au-dessus de 9,5, à l'origine également de pertes d'animaux (sensibilité particulière des post-larves et des jeunes animaux à ces variations brutales (SARVER et al, 1982; HUMMEL, 1986).

L'emploi de carbonate de calcium (qui apporte en même temps les 2 ions manquants) a été inscrit dès l'origine du démarrage des élevages comme une pratique à instaurer systématiquement en Guyane : il s'est fait avant la mise en eau des bassins par répartition de l'amendement sur l'ensemble du fond et, en cours d'élevage par distribution à la volée. Les doses préconisées aux éleveurs correspondaient au maximum à 3 tonnes par hectare et par an, avec une dose initiale comprise entre 1 et 3 tonnes. Les résultats constatés ont été, dans la majorité des cas, décevants :

- l'enrichissement des eaux en calcium a été toujours très fugace; l'hypothèse d'un piégeage très rapide des ions  $Ca^{++}$  par les argiles de l'enceinte (le fond du bassin et les digues) et par les matières en suspension terrigènes a été formulée;

- l'effet de la forte élévation de pH après apport de carbonate de calcium a provoqué des pertes importantes de post-larves quand les ensemencements étaient proches des amendements et ceci malgré une bonne connaissance de ce phénomène dû à l'action de la fonction soluble de l'amendement sur le pH : les aquaculteurs n'ont pas réussi à toujours bien maîtriser ces deux opérations dans le temps.

A partir de ces constatations, deux séries d'expérience ont été programmées à Kourou sur l'utilisation, dans le temps, des amendements calcaires :

- la première, visant au plus à constituer dans le sédiment du bassin une réserve en ions calcium qui serait libérée progressivement dans le milieu aquatique et au moins à rendre le sédiment neutre vis à vis d'un apport en calcium dans la masse d'eau;
- la seconde, visant à tester un autre type d'amendement sans effet sur le pH : le gypse (sulfate de calcium).

## 1er CHAPITRE : ACTION DU CARBONATE DE CALCIUM $\text{CaCO}_3$ SUR LE SEDIMENT

### 1. BUT DE L'EXPERIMENTATION

Une des caractéristiques des sols et des eaux guyanais est leur grande pauvreté en calcium. Or, cet ion joue un rôle de première importance dans l'élevage de la chevrette tant au plan de son utilisation directe par l'animal, notamment au moment de la phase cruciale de la mue, qu'au plan de la qualité générale du milieu (eau et sédiment).

Les apports classiques de calcium, sous la forme de carbonates, avant la mise en eau comme en cours d'élevage, n'ont pas entraîné une élévation très significative de la dureté, comme on l'attendait.

En raison de la forte teneur en argiles des substrats de la plupart des bassins, l'hypothèse logique d'un piègeage des ions calcium dans le sédiment acide a été avancée.

Pour que les amendements en cours d'élevage puissent se traduire par un apport correspondant en calcium disponible pour les animaux, il apparaissait donc nécessaire de chercher à saturer d'abord le sédiment en ions calcium afin d'éviter tout risque de piègeage ultérieur. Cette saturation devait avoir également deux autres fonctions :

- neutraliser l'acidité du sol (donc favoriser l'activité bactérienne et accélérer la minéralisation de la matière organique),
- constituer une réserve de calcium aisément échangeable.

Le but de cette expérimentation était donc de chercher la saturation du sédiment avec des doses calculées à partir d'analyses du sol. Une seconde série d'analyses effectuées un mois après le chaulage et la mise en eau permettait de mesurer les effets de cet apport de calcium selon les différentes doses correspondant aux différents modes de calcul.

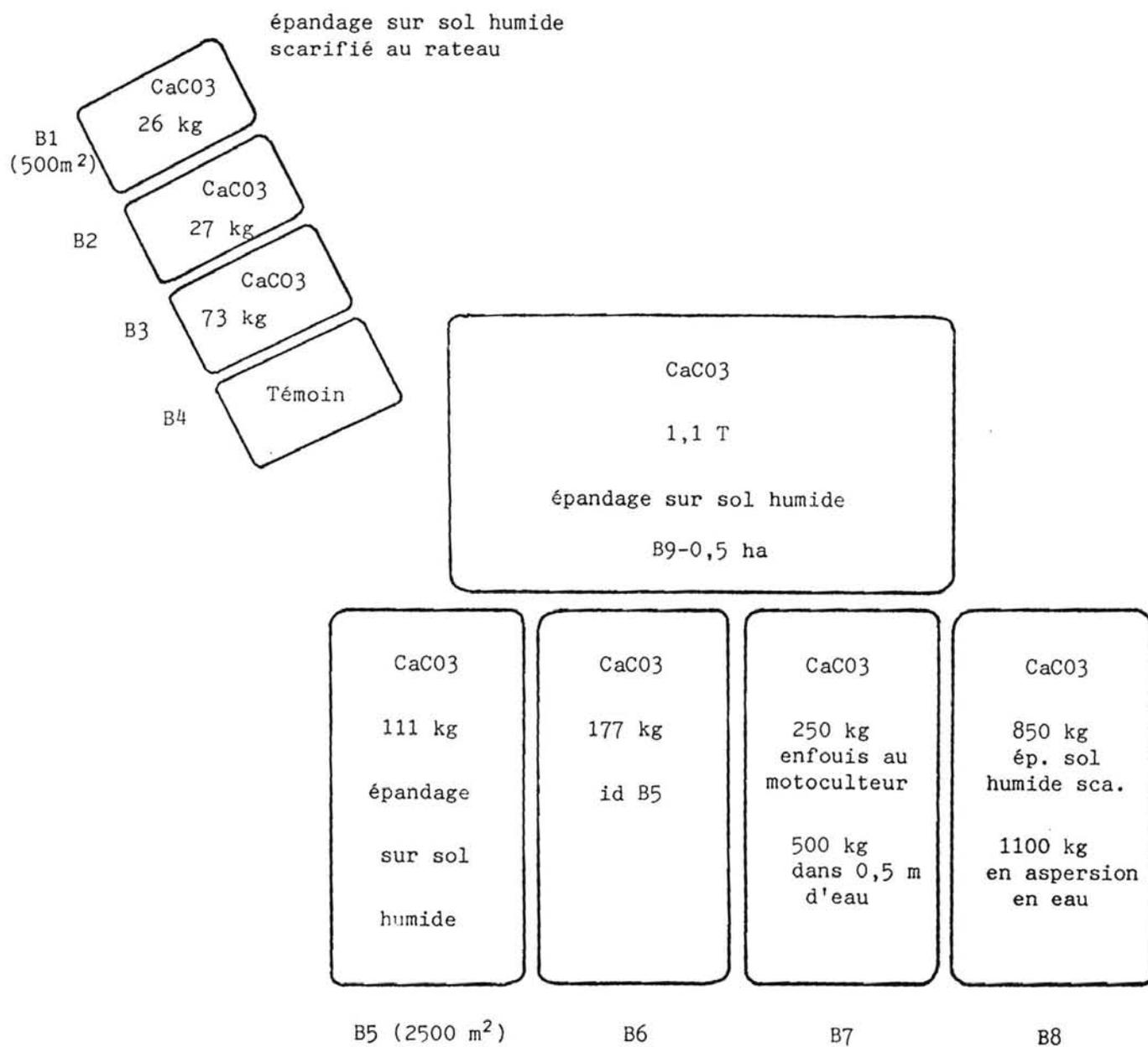
### 2. MATERIEL ET METHODES

#### 2.1. MATERIEL

Il est constitué par l'ensemble des bassins neufs de la station de Kourou. En raison de la forte homogénéité spatiale du sol, chacun des bassins est considéré comme une unité expérimentale, malgré les différences de surface.

La figure 1 présente les bassins, leur surface respective et leur disposition relative.

Le carbonate de calcium est de qualité agricole et contient une faible proportion de magnésie (4 %). Sa granulométrie est assez fine pour admettre un rendement de 100 %.



**Figure 1:** Agencement des bassins; types, quantités et modes d'amendement initiaux pratiqués à la station expérimentale de Kourou.

Pour faciliter les échanges entre le sol et l'amendement 2 outils ont été employés :

- un rateau pour scarification superficielle (B1,B2,B3,B8)
- un motoculteur de jardin (B7).

## 2.2. METHODES

### 2.2.1. Analyses du sol

- 17 prélèvements ont été effectués le 21 décembre 1986 avant toute mise en eau: 8 au centre de chaque bassin pour les bassins 1 à 8, 9 répartis sur toute la surface du bassin 9 puis regroupés et mélangés pour donner un échantillon unique pour ce bassin.
- chaque échantillon correspond à une épaisseur de 15 cm de sol prélevé à la tarière.
- la même procédure a été appliquée le 31 juillet 1986, 1 mois après la mise en eau simultanée de l'ensemble des bassins.
- 2 types d'analyses ont été confiées au laboratoire d'analyse de l'ORSTOM :

. une granulométrie classique des argiles aux sables grossiers (voir annexe 1). Il n'a pas été fait de mesure de la quantité de matière organique, estimée nulle sur ces sols fraîchement décapés;

. la détermination des caractéristiques du complexe absorbant : <sup>(1)</sup>

- \* pH (H<sub>2</sub>O et KCl)
- \* acidité d'échange : H<sup>+</sup> et Al<sup>+++</sup> (total = A)
- \* bases échangeables : Ca<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup>,  
(cations majeurs basiques - total = S)
- \* capacité d'échange cationique totale (T)

De ces valeurs, on déduit:

- \* l'acidité "totale" échangeable (A)
- \* le taux de saturation :

$$v = \frac{\text{somme des bases échangeables}}{\text{Capacité d'Echange Cationique}} = \frac{S}{T}$$

- \* le taux d'insaturation basique (= BU ou "base unsaturation") :

$$BU = \frac{\text{acidité d'échange}}{\text{Capacité d'Echange Cationique}} = \frac{A}{T}$$

---

(1) Voir en annexe 2: rappel du rôle du complexe absorbant

### 2.2.2. Méthode de calcul

#### . Principe

Cette méthode s'applique à déterminer la quantité d'amendement nécessaire pour atteindre la saturation du sédiment. Plusieurs modes de calcul sont utilisables selon les auteurs. Nous avons choisi l'approche de BOYD en raison de son expérience en matière de sols inondés à vocation aquacole (pisciculture).

La méthode de calcul proposée par BOYD (1982) repose sur la connaissance de la relation entre le taux d'insaturation basique (A/T) et le pH du sol. La courbe qui décrit cette relation est construite à partir des résultats d'analyse de nombreux échantillons de sol (voir figure 2).

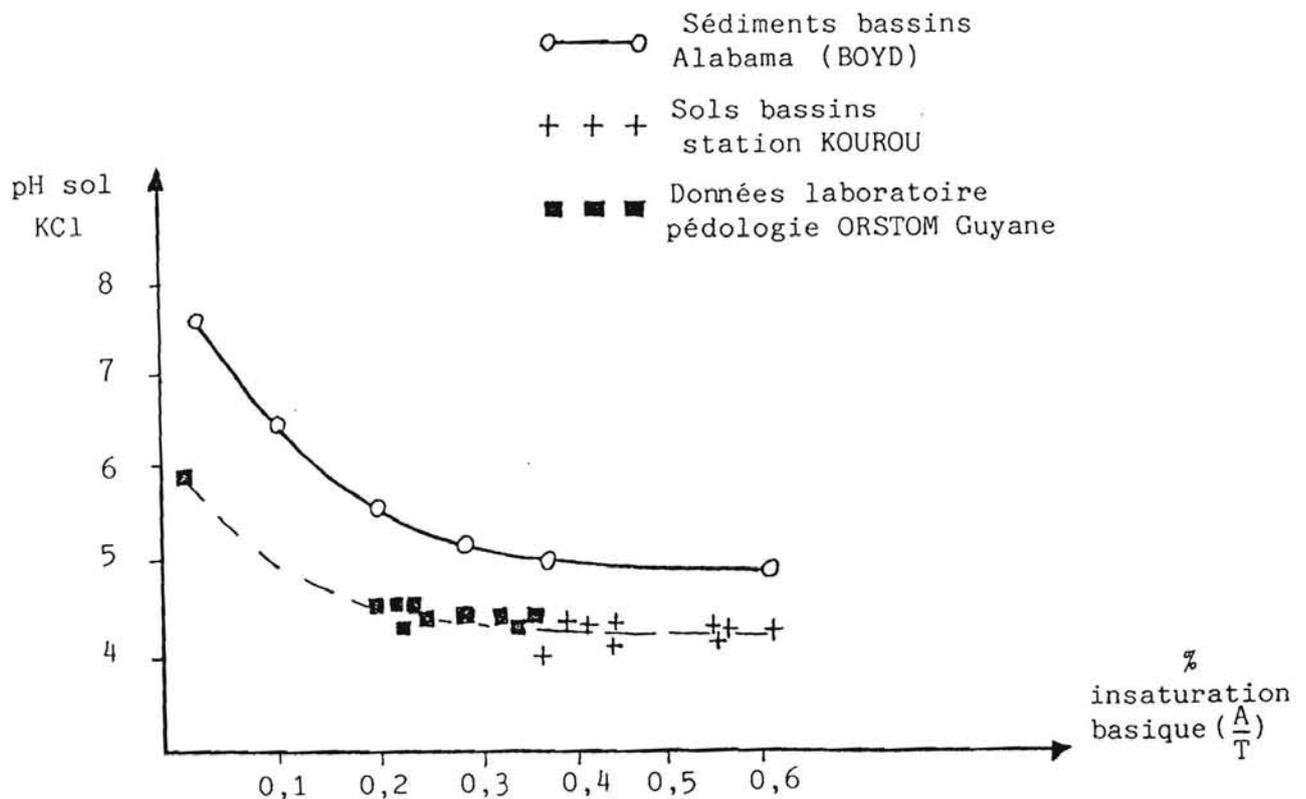


Figure 2 : Relations comparées entre le pH et l'insaturation basique pour des sols d'Alabama et de Guyane.

Comme on cherche à atteindre un pH de 7 dans le sol, le graphe permet de faire correspondre la valeur du taux d'insaturation final auquel on doit aboutir. Comme on connaît le taux initial dans le sol à amender, on peut calculer la fraction de la capacité d'échange totale qu'il reste à saturer par différence entre ces 2 taux.

#### . Cas de la Guyane

La courbe établie par BOYD n'est valable que pour les sols agricoles tempérés de l'Alabama. Si l'on cherche à tracer celle qui correspond aux sols des bassins de Kourou, on obtient une droite pratiquement parallèle à l'axe des abscisses car quel que soit le taux d'insaturation basique des échantillons des bassins de Kourou (0,29 à 0,61) le pH reste toujours très acide et varie très peu (4,83 à 5,00 pour le pH eau et 3,96 à 4,42 pour le pH KCl).

D'autres valeurs issues d'échantillons variés de sol de Guyane et analysés par le laboratoire de pédologie de l'ORSTOM montrent que dans tous les cas le pH ne dépasse jamais 6 même pour un sol saturé ( $A/T = 0$ ).

On est donc conduit à chercher à saturer complètement la capacité d'échange cationique avec l'ion  $Ca^{++}$  en réduisant l'acidité d'échange à zéro. Le pH du sol devrait alors être à sa valeur potentielle maximum pour ce type de sol.

#### . mode de calcul

On sait par expérience, et les résultats d'analyse le confirment, que la somme de l'acidité d'échange et des bases échangeables est sensiblement inférieure à la capacité d'échange cationique. Ce phénomène est dû au fait qu'une fraction des ions  $H^+$  est très fortement liée au complexe absorbant, et ce, d'autant plus que la quantité de matière organique est réduite. En conséquence, toute l'acidité n'est pas échangeable (voir figure 3).

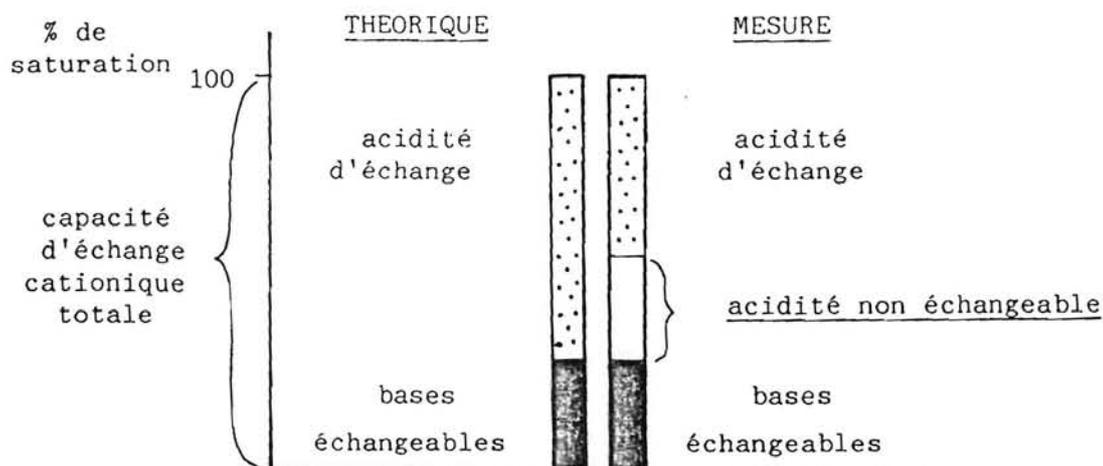


Figure 3 : Répartition théorique et mesurée de l'acidité d'échange et des bases échangeables.

Il y a donc 2 manières de calculer les besoins en amendement:

- soit en compensant l'acidité d'échange mesurée (A),
- soit en compensant la différence entre la capacité d'échange cationique totale et les bases échangeables (T-S).

En raison de l'écart important parfois observé entre ces 2 valeurs, on peut prendre également la moyenne :

$$\frac{A + (T-S)}{2}$$

Par ailleurs, en raison des approximations consenties pour aboutir à un mode de calcul simple, BOYD recommande d'utiliser un coefficient correcteur de 1,5 ou 2 pour compenser une sous-évaluation possible de la quantité d'amendement à apporter.

Nous avons choisi d'utiliser un coefficient correcteur de 2 pour 2 des 4 bassins appartenant au mode de calcul le plus général parce que le moins risqué (T-S).

Le tableau 1 présente la répartition des bassins selon le mode de calcul retenu.

Pour le calcul des doses, on utilise les éléments suivants :

- pour saturer une acidité d'échange de 1 milli-équivalent <sup>(1)</sup>, il faut 50 mg de CaCO<sub>3</sub> pour 100 g de sol,
- on estime que, sur 15 cm d'épaisseur, 1 ha de sol pèse 2,2 . 10<sup>9</sup> g (2.200 T).

Le mode d'épandage est classique pour la majorité des bassins : sur sol humide avec généralement une scarification superficielle (voir figure 1 pour détail des quantités).

Dans 2 bassins (B2 et B3), l'épandage s'est fait à sec, afin d'essayer d'estimer la perte éventuelle d'efficacité de l'amendement.

---

(1) rappel : 1 milli-équivalent =  $\frac{\text{poids atomique}}{\text{valence}} \cdot \frac{1}{1000}$

Base de calcul	Coefficient multiplicateur	quantité à l'hectare (T/ha)	Bassin
A	1	0.75	1
	1	0.5	5
T - S	1	2.3	3
	1	3.7	7
	2	8.8	8
	2	2.2	9
A + (T - S)	1	0.87	2
2	1	0.8	6
Témoin	-	0	4

Tableau 1 : Bases de calcul et quantités de  $\text{CaCO}_3$  épandues à l'hectare sur les bassins de la station expérimentale de Kourou.

A : Acidité d'échange

T : Capacité totale d'échange cationique

S : Somme des bases échangeables.

La figure 4 montre les doses d'amendement rapportées à l'hectare pour chaque bassin.

On remarque que :

- les 4 doses les plus fortes correspondent à la base de calcul (T-S), base la plus large pour l'estimation de l'acidité totale d'échange,

- le bassin 8 présente des besoins en calcium très élevés; cela correspond à la conjonction d'une très forte teneur en argile (57 % contre 24 % en moyenne pour les 8 autres bassins), d'une base de calcul maximale, (T-S) et enfin d'un coefficient correcteur de 2.

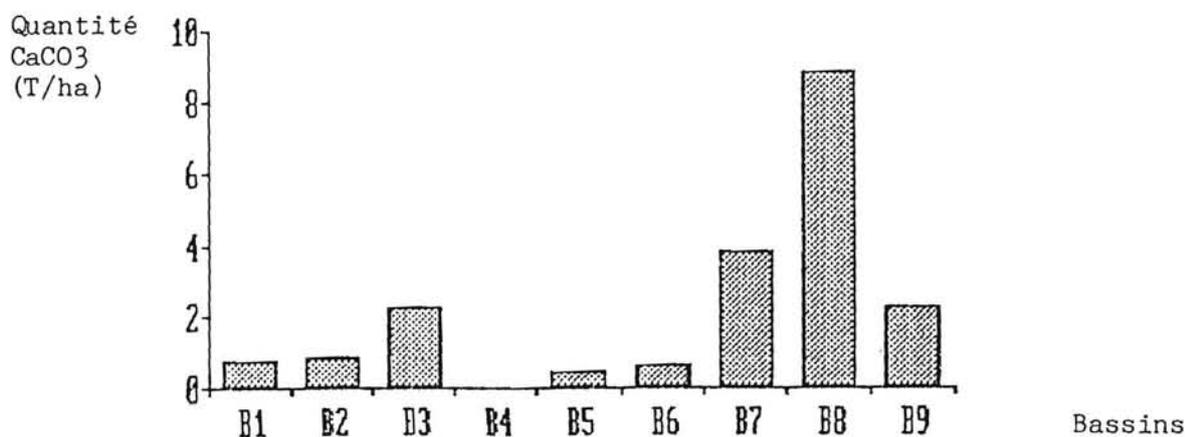


Figure 4 : Quantité d'amendement apportée aux bassins de la station expérimentale.

## 3. RESULTATS

La seconde série de mesures correspond à des analyses effectuées sur des échantillons du sol prélevés selon le même protocole que les mesures initiales, après un délai de mise en eau de 1 mois. L'ensemble des résultats figure sur le tableau 2. On remarque que :

1. la mise en eau seule (bassin témoin) augmente tous les paramètres y compris la teneur du sol en calcium;

2. la diminution de l'acidité d'échange n'est observée que pour les doses supérieures à 3 T/ha (B7-B8). Dans ces cas seulement on enregistre un déplacement (une diminution) des ions  $Al^{+++}$ ;

3. une élévation significative de la teneur en calcium et donc du taux de saturation final n'est observée que pour la dose maximale employée sur le bassin 8. <sup>(1)</sup>

Bases de calcul	Bassins	CaCO <sub>3</sub> (T/ha)	A	S	T	V (S/T)	BU (A/T)	Ca <sup>++</sup>	Al <sup>+++</sup>	H <sup>+</sup>	pH (H <sub>2</sub> O)
A	B1	0,75	0,95	0,11	1,55	7,0	0,61	0,03	0,87	0,08	4,83
			1,04	0,23	2,20	10,5	0,47	0,10	0,98	0,06	4,84
	B5	0,50	0,81	0,22	1,80	12,0	0,45	0,09	0,73	0,08	4,96
			1,42	0,29	2,00	14,5	0,71	0,12	1,37	0,05	4,95
T - S	B3	2,30	1,27	0,13	2,80	5,0	0,45	0,05	0,19	0,08	4,68
			1,50	0,48	2,70	17,8	0,56	0,32	1,43	0,07	4,99
	B7	3,7	1,56	0,23	2,85	8,0	0,55	0,07	1,47	0,09	4,88
			0,98	0,40	2,80	14,3	0,35	0,22	0,92	0,06	5,12
B8	8,80	3,06	0,46	--	--	--	0,05	3,00	0,06	4,86	
		1,34	1,43	2,60	55,0	0,52	0,94	1,27	0,07	5,12	
B9	2,20		0,58	0,23	1,90	12,0	0,29	0,06	0,51	0,07	4,91
			0,61	0,66	2,30	28,7	0,27	0,35	0,55	0,06	5,11
$\frac{A+(T-S)}{2}$	B2	0,87	0,56	0,09	1,55	6,0	0,36	0,03	0,48	0,08	5,00
			0,88	0,27	2,20	12,3	0,40	0,13	0,82	0,06	5,00
	B6	0,80	0,79	0,21	2,00	10,0	0,40	0,06	0,72	0,07	4,82
			1,22	0,51	3,10	16,5	0,26	0,30	1,14	0,08	5,09
Témoin	B4		1,23	0,11	2,20	5,0	0,56	0,03	1,16	0,07	4,92
			1,48	0,39	3,30	11,8	0,45	0,21	1,41	0,07	5,21

Tableau 2: Résultats des analyses de sol des bassins de la station de Kourou, à la mise en eau et un mois plus tard.

(1) On fait l'hypothèse que la valeur de la capacité d'échange initiale pour ce bassin est, comme pour tous les autres bassins, peu différente de la valeur au bout d'un mois (erreur de mesure au laboratoire pour la valeur initiale).

#### 4. DISCUSSION

Pour être interprété correctement, l'ensemble des résultats doit être replacé dans le contexte d'un sol fraîchement décapé et très déséquilibré tant au plan chimique (sol acide, très riche en  $Al^{+++}$ ) qu'au plan physique (sol compact, dépourvu de matière organique).

1) La mise en eau seule augmente tous les paramètres y compris la teneur en calcium. Cet effet peut être attribué à un changement de structure du complexe absorbant en raison de son hydratation (gonflement des argiles) et à l'apport de matières organiques et d'ions (comme le calcium) par l'eau de pompage. Cette hydratation du sédiment est donc globalement bénéfique. Elle plaide en faveur d'un épandage sur sol humide. La comparaison de ce mode d'épandage (6 bassins) par rapport à un sol sec (bassins 2 et 3) ne donne pas de résultats significativement différents parce que la durée de mise en eau (1 mois) a masqué les effets spécifiques de l'épandage sur sol humide.

2) Le premier objectif, la saturation du complexe absorbant, n'est pas atteint. Dans le meilleur des cas on obtient 55 % de saturation mais pour une dose énorme (8,8 T/ha). Ceci s'explique par le manque de matière organique dans le complexe absorbant, ce qui a rendu très difficile le déplacement des ions acides ( $Al^{+++}$  et  $H^+$ ) hors d'une structure exclusivement minérale.

Il est en effet inefficace de chercher à enrichir en calcium un substrat minéral neuf sans préparer le sol par un apport préalable de matière organique. La combinaison de celle-ci avec la fraction minérale permet à la fois d'augmenter la capacité totale d'échange et l'aptitude du sol à fixer le calcium.

3) Faute de pouvoir "s'accrocher" au complexe absorbant, les ions  $Ca^{++}$  sont restés en grande partie en solution, donc en position vulnérable vis à vis du lessivage créé par le renouvellement quotidien de l'eau. Ceci explique pourquoi une élévation nette de la teneur en calcium du sédiment n'a été observée que pour un apport massif (8,8 T/ha pour le B8).

4) L'effet des amendements dans le temps sur l'eau du fond des bassins peut être suivi pendant 3 mois (juillet-septembre 1986) jusqu'à ce que l'influence de la mer dans l'eau de pompage perturbe les paramètres chimiques. L'objectif était d'apprécier la capacité de relargage des ions  $Ca^{++}$  par le sédiment théoriquement saturé.

Le tableau 3 présente l'évolution de la dureté calcique de juillet à septembre et la répartition des quantités de  $CaCO_3$  apportées soit avant la mise en eau soit en aspersion en cours d'élevage.

Bassins		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9 *	
Apport de CaCO <sub>3</sub> (T/ha)	Apport initial en assec (juin)	0,7	0,9	2,3	0	0,5	0,8	3,7	8,8	2,2	
	en aspersion	août	2,5	1,5	1,5	0	0,6	0,2	0,0	0	0,9
		septembre	0,9	0,5	0,0	0	0,4	0,4	0,2	0	0,1
	Total	4,1	2,9	3,8	0	1,5	1,4	3,9	8,8	3,2	
Dureté calciq <sup>ue</sup> moyenne (mg/l en équival <sup>t</sup> CaCO <sub>3</sub> )	juillet	4	7	6	5	10	11	20	23	14	
	août	7	10	11	4	9	12	19	19	13	
	septembre	15	18	20	4	17	17	18	21	18	

Tableau 3: Répartition des amendements apportés en assec et en aspersion pendant 3 mois. Evolution de la dureté calcique de l'eau du fond dans le même temps.

On observe que :

- pour un amendement total cumulé sur 3 mois (épandage en assec + en aspersion) compris entre 1,4 et 4,1 T/ha, on obtient une dureté calcique finale comprise entre 15 et 20 mg/l, soit 4 à 5 fois la valeur du bassin témoin (valeur "plancher" recherchée : 20 mg/l);
- seul l'apport de doses massives au départ (> 3T/ha) permet d'obtenir une dureté calcique stable de l'eau de fond de l'ordre de 20 mg/l;
- pour une quantité de CaCO<sub>3</sub> beaucoup plus élevée (8,8 T/ha dans le B8) la dureté calcique de l'eau du fond mesurée au bout de 3 mois est très peu supérieure aux valeurs des autres bassins (21 mg/l contre 17,5 de valeur moyenne des autres bassins amendés);
- si l'apport de CaCO<sub>3</sub> en aspersion permet d'élever progressivement la dureté de l'eau de fond, les fortes doses (jusqu'à 3,4 T/ha en 2 apports) ne donnent pas au bout de 2 mois des valeurs plus élevées que des doses faibles (0,6 T/ha en 2 apports).

On constate donc que les apports de CaCO<sub>3</sub> en assec n'ont pas beaucoup profité à l'eau du fond sauf pour des doses très élevées (et donc très coûteuses pour l'aquaculteur). Comme on n'observe pas non plus d'enrichissement significatif du sédiment lui-même, il faut admettre qu'une grande partie du calcium a été perdue par lessivage.

L'apport en aspersion de quantités modérées de CaCO<sub>3</sub> a le même effet sur la dureté de l'eau de fond que celui de fortes doses. Si l'on admet que le lessivage et l'augmentation de la capacité d'échange par simple apport de matière organique) sont homogènes sur l'ensemble des bassins, on devrait observer une dureté de l'eau proportionnelle aux doses apportées.

En fait, en dehors du bassin témoin et des 2 bassins fortement amendés en assec, tous les bassins atteignent des valeurs comparables entre elles en août (7 à 13 mg/l) puis en septembre (15 à 20 mg/l) indépendamment des doses apportées : de 0,2 à 2,5 T en août et de 0,1 à 0,9 T en septembre. La quantité de calcium utilisable pour les échanges eau de fond-sédiment est donc plus liée à la capacité de fixation du fond qu'au volume de l'amendement.

Ainsi, l'enrichissement progressif en matière organique du fond des bassins augmenterait la capacité de fixation des ions calcium (développement du complexe absorbant) et régulerait la dureté calcique de l'eau de fond par simple équilibre d'échange.

---

Le suivi de la dureté de l'eau n'a pu être prolongé au-delà de 3 mois. Sur un plus long terme, il faut tenir compte de l'enrichissement permanent du fond qui isole progressivement le sédiment originel : en effet, celui-ci subit une pluie de matières organiques considérable (aliment, phyto et zoo-plancton morts, débris de macrophytes, etc) augmentée des colloïdes apportés par le pompage et le ruissellement sur les berges et dont la floculation partielle entraîne la sédimentation.

En raison de cette dynamique d'accumulation permanente, le chaulage doit se faire sous forme d'apports modérés mais réguliers afin :

- de suivre l'enrichissement progressif du complexe absorbant et donc l'augmentation de sa capacité globale d'échange,
- de fixer la quantité d'ions calcium nécessaire à l'équilibre entre le sédiment récent et l'eau superficielle sans risquer le lessivage.

Dans le cas d'un système d'élevage en continu, le risque de lessivage peut être écarté en recyclant l'eau d'évacuation et en la renvoyant en tête de bassin. Dans le cas d'un système d'élevage en discontinu, un chaulage régulier peut être assuré en minimisant le risque de perte grâce à des apports en assec seulement. On devrait alors obtenir une saturation progressive de l'enveloppe avec le temps.

L'abondance des colloïdes minéraux provenant de l'eau de pompage ou du ruissellement fluvial sur les berges entraîne une accumulation importante de particules fines après fixation de calcium et floculation. On ne dispose pas d'éléments pour savoir si les colloïdes floculés sont susceptibles de rendre le calcium au milieu en cas de déficit calcique de celui-ci. Par contre, le risque d'envasement accéléré est connu et peut être prévenu soit par une décantation et une floculation préalable avant l'entrée de l'eau dans le bassin, soit par un recyclage de l'eau.

## 5. CONCLUSIONS PRATIQUES

Le principe de chaulage en assec est qu'il faut préparer le sol pour disposer d'une capacité maximale de fixation des ions  $\text{Ca}^{++}$ . Sur des sols neufs il est essentiel d'apporter de la matière organique (type balle de riz) très déficitaire dans les sols guyanais.

Sur des sols déjà enrichis en matière organique, il faut renforcer la saturation et compenser les pertes de calcium (enfouissement, lessivage, absorption par les chevrettes, etc).

Dans le cas d'apport en aspersion il faut distinguer 2 cas :

- pour des eaux peu colloïdales, le chaulage n'est efficace que pour des doses limitées et régulières. Le facteur limitant est généralement le pH (voir chapitre précédent).

- pour des eaux très chargées en colloïdes, il faut chercher à protéger le bassin et du piègeage du calcium et d'un envasement trop rapide. Le  $\text{CaSO}_4$ , très soluble, peut être utilisé alors en bassin de décantation pour floculer massivement les colloïdes et permettre l'introduction d'une eau "allégée". Le  $\text{CaCO}_3$ , peu soluble, peut être utilisé directement dans le bassin. Le recyclage de l'eau du bassin permet d'économiser la floculation systématique de toute l'eau de renouvellement.

Le tableau 4 résume les principaux enseignements pratiques de cette étude.

<i>En assec</i>	<i>Sol neuf</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>:- apports en matières organiques sèches</i></li> <li><i>- scarifier</i></li> <li><i>- mouiller le sol</i></li> <li><i>- attendre 2-3 semaines (pour l'activité bactérienne)</i></li> <li><i>- amender : 2-3 T/ha</i></li> <li><i>- attendre 3 semaines avant la mise en eau (dissociation progressive du CaCO<sub>3</sub>)</i></li> </ul>
	<i>Sol enrichi vidange après élevage</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>:- laisser sécher (oxydation de la matière organique)</i></li> <li><i>- amender : 0,5-1 T/ha</i></li> <li><i>- mouiller le sol</i></li> <li><i>- attendre 1 semaine avant la mise en eau</i></li> </ul>
<i>En aspersion</i>	<i>Eau peu colloïdale</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>- arrêter le renouvellement d'eau durant 24 h après l'apport</i></li> <li><i>- dose max: 100 Kg/ha/semaine</i></li> <li><i>- répartition sur la périphérie des bassins</i></li> <li><i>- apport régulier selon pH (exclus si pH &gt; 8,5)</i></li> </ul>
	<i>Eau très colloïdale</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>- décantation et chaulage de l'eau au CaSO<sub>4</sub> avant introduction dans le bassin</i></li> <li><i>- apports modérés et réguliers de CaCO<sub>3</sub> dans le bassin (50 Kg/ha/semaine)</i></li> <li><i>- recyclage (économie de la floculation en décanteur)</i></li> </ul>

Tableau 4: Conseils pratiques d'emploi du CaCO<sub>3</sub> en assec et en aspersion.

## BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- BOYD, C.E., 1974. Lime requirements of Alabama fish pond. Auburn University Agricultural Experiment Station. Auburn, Alabama, Bulletin 459, 20 pp.
- BOYD, C.E., 1982. Water quality management for pond fish culture. Developments in aquaculture and fisheries science. Ec. par Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 318 pp.
- CRIPPS et al, 1979. Inhibition of growth of *Macrobrachium rosenbergii* by calcium carbonate water hardness. Proc. World Maric. Soc. 10 : 575-580.
- FIEBER, L.A. and LUTZ, P.L., 1982. Calcium requirements for molting in *Macrobrachium rosenbergii*. J. World Maric. Soc. 13 : 21-27.
- GROS, C.E., 1967. Guide pratique de la fertilisation. Masson ed.
- HOLLEBECQ, M.G., 1987. Le chaulage en étang. Fiche tech. interne INRA hydrobiologie-unité synthèse et dev. 23 p.
- HUMMEL, C.G., 1986. The effect of high pH on the mortality of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) postlarvae in green and clear water. M. Sc. Thesis, University of Puerto Rico, Mayaguez, 37 pp.
- LASNIER-LACHAISE, L., 1973. Agronomie nouvelle. Flammarion 347 p.
- SARVER, d. MALECHA, S. and ONIZUKA, D., 1982. Possible sources in stocking mortality in post-larval *Macrobrachium rosenbergii*. In : M.B. New (Editor) Giant Prawn Farming. Developments in aquaculture and fisheries sciences. 10. Elsevier Publishing Co., Amsterdam. pp. 99-113.
- STICKNEY, R.R., 1979. Principles of warmwater aquaculture. Ed. John Wiley and sons, New York, 373 pp.
- WURTZ-ARLET, J., 1980. La fertilisation des étangs, in R. Billard, La pisciculture en étang. INRA Publi. Paris. pp 99-106.

ANNEXE 1: GRANULOMETRIE DES SOLS DES BASSINS DE LA STATION  
EXPERIMENTALE DE KOUROU AVANT SA MISE EN EAU (26/12/85)

Bassins	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9 *
‡ argile	21,10	24,45	23,40	24,90	20,05	25,20	29,65	57,50	28,52
‡ limons fins	27,90	28,60	28,45	22,10	23,70	17,70	24,10	20,55	19,61
‡ limons grossiers	5,80	7,34	5,96	5,36	6,27	4,93	4,50	3,04	6,55
‡ sables fins	26,05	22,34	24,32	23,22	32,96	19,64	23,76	7,86	23,47
‡ sables grossiers	18,99	18,26	17,67	24,80	17,01	33,08	18,58	11,20	22,11

\* = moyenne de neuf prélèvements.

## ANNEXE 2 : RAPPEL DU ROLE DU COMPLEXE ABSORBANT

La fraction active du sol qui intervient dans les échanges chimiques est constituée d'un mélange complexe de minéraux et de matières organiques situé à la périphérie des grains de sable et des agrégats minéraux. En raison de sa forte capacité d'absorption et d'échange des ions, cette structure est appelée complexe absorbant.

Ce complexe absorbant est la "plaque tournante" des échanges dans le sol car c'est autour de cette unité structurale primaire que s'opère toute la chimie du sol. La principale monnaie d'échange chimique dans cette activité est le calcium car sa facilité de combinaison tant avec le complexe absorbant qu'avec les anions libres en solution en fait une unité d'échange idéale. Mais pour que cette dynamique fonctionne, il faut que le sol soit riche au départ d'un "capital" de calcium échangeable. Or, les sols bruts en Guyane sont très pauvres en calcium.

Ils sont par contre riches en aluminium ( $Al^{+++}$ ) et en hydrogène ( $H^+$ ) ce qui entraîne une forte acidité préjudiciable à la vie bactérienne. L'amendement a donc un double but :

- remplacer le maximum de cations acides ( $Al^{+++}$  et  $H^+$ ) par le calcium ( $Ca^{++}$ ) : c'est la recherche de la "saturation",
- élever le pH vers la neutralité.

La figure 5 schématise l'évolution de la répartition des cations acides et basiques avant et après l'amendement avec :

- A = acidité d'échange totale ( $Al^{+++}$  et  $H^+$ )
- S = somme des cations basiques échangeables (ici  $Ca^{++}$  seul)
- T = capacité d'échange totale.

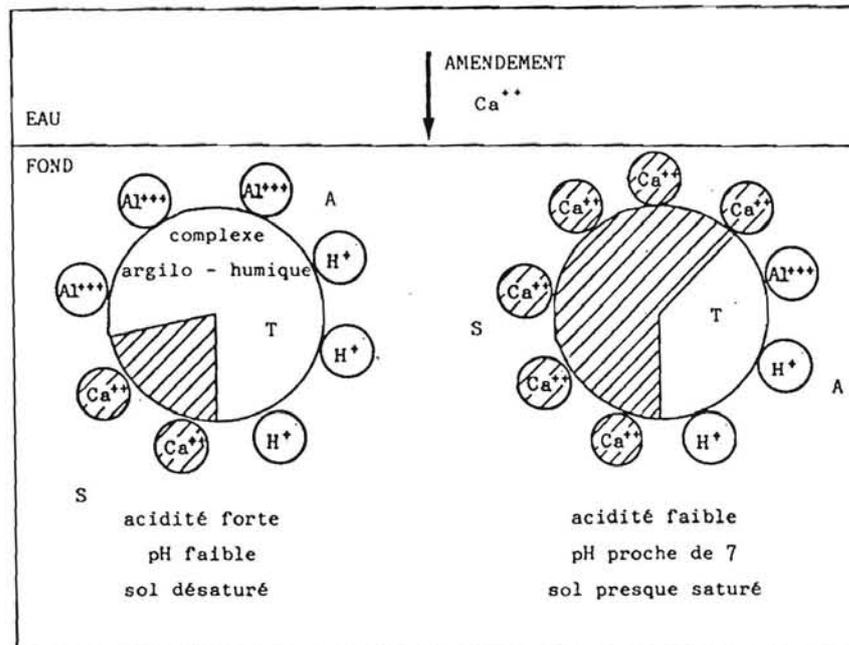


Figure 5: Saturation partielle du complexe absorbant par un amendement calcique.

Les ions  $\text{Ca}^{++}$  du complexe argilo-humique sont faciles à déplacer. Leur libération permet de mettre en réserve dans le sol les éléments nutritifs qui, sans lui, seraient perdus par lessivage.

Ces éléments nutritifs sont ensuite échangés notamment contre des ions  $\text{H}^+$  formés continuellement par l'activité bactérienne.

La saturation du complexe absorbant permet donc au sol d'exprimer sa potentialité maximale de fixation et de libération des éléments nutritifs utiles à l'ensemble de la biocénose benthique.

La réserve de calcium constituée par l'amendement initial est donc progressivement restituée dans le milieu, ce qui fait que des ions  $\text{Ca}^{++}$  sont à tout moment disponibles pour les besoins de la chevrette notamment au moment des pics de mues. Ceci explique pourquoi il faut aussi reconstituer régulièrement le "capital" de calcium pour assurer une dureté convenable au niveau du fond.

## 2ème CHAPITRE: ACTION DU SULFATE DE CALCIUM $\text{CaSO}_4$ SUR LE MILIEU

### BUT DE L'EXPERIMENTATION

Le carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$ , produit traditionnel du chaulage s'étant révélé à l'usage relativement peu efficace (peu d'effet sur la dureté et l'alcalinité) et difficile d'emploi (élévation du pH dans des milieux déjà très basiques), le sulfate de calcium  $\text{CaSO}_4$  est apparu comme un produit mieux adapté en raison:

- de son pouvoir de dissociation rapide et complète
- de son absence d'effet sur le pH.

Aussi, une double approche de laboratoire et de terrain a été décidée afin :

- de déterminer les caractéristiques du produit utilisé,
- d'évaluer à court terme (16 jours maximum) les effets sur la dureté, le pH et l'alcalinité de son utilisation en aspersion dans l'eau et après incorporation au sédiment.

Toutes les expérimentations ont été menées sur de petits échantillons en laboratoire, en comparant systématiquement les effets du  $\text{CaSO}_4$  au Carbonate de calcium classique.

Une vérification en vraie grandeur du pouvoir de dissociation du  $\text{CaSO}_4$  et de la formule de calcul pour la dureté à atteindre a été faite sur un bassin de 0,5 ha.

### 1. MATERIEL ET METHODES

#### 1.1. Matériel

En laboratoire, le matériel expérimental est constitué de béciers de 1 litre contenant 200 ml de sédiment frais (en provenance de la ferme SAOR ou du bassin B9 de Kourou) et un litre d'eau en provenance du fleuve Kourou ou du bassin 9 (prélèvement au centre).

Le bassin utilisé pour la vérification "in situ" est le B9 de la station de Kourou: 0,5 ha, 1 m de profondeur moyenne (voir granulométrie et paramètres du complexe absorbant dans l'annexe 1 du compte-rendu d'expérience précédent).

Les produits de chaulage utilisés sont :

- la "chaux des Antilles" pour le  $\text{CaCO}_3$
- l'"Aquabel" <sup>(1)</sup> pour le  $\text{CaSO}_4$ . Marque déposée.

---

(1) "AQUABEL" SAMC. 21, 23 rue des Ardennes, 75940 PARIS  
Cedex 19. Telex 670991 GYPSCO.

Le matériel d'analyse est constitué de :

- 1 pH-mètre électronique de laboratoire Tacussel (précision: 0,05)
- 1 spectro-photomètre Hach pour le calcium et les carbonates (précision : 0,1 mg/l).

## 1.2. Méthodes

Les essais en laboratoire sont effectués systématiquement avec 2 réplicats. L'action du  $\text{CaSO}_4$  est analysée en 4 étapes :

- 1) Détermination de la pureté du produit (attaque à l'acide chlorhydrique concentré puis dosage par complexométrie à l'EDTA) et calcul de la concentration calcique potentielle maximale.
- 2) Etude comparée du pouvoir de dissociation dans l'eau de l'Aquabel et du carbonate de calcium et suivi des paramètres dureté, pH et alcalinité après 2 H, 24 H et 6 jours.
- 3) Etude comparée de l'effet de l'incorporation au sédiment en assec de l'Aquabel et du carbonate de calcium sur la dureté, le pH et l'alcalinité de l'eau après 16 jours.
- 4) Application sur un bassin d'élevage (B9 de la station de Kourou) : contrôle de la valeur de calcul théorique de la quantité de  $\text{CaSO}_4$  à utiliser (MARTIN, 1986) par mesure de la dureté 15 heures après l'amendement par aspersion dans l'eau.

## 2. RESULTATS

### 2.1. Détermination de la pureté des produits

Le tableau 1 présente les principales caractéristiques des 2 produits employés :

- Aquabel pour le sulfate de calcium  $\text{CaSO}_4$
- Chaux des Antilles pour le carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$ .

	$\text{CaSO}_4$	$\text{CaCO}_3$
<i>Nom chimique</i>	<i>Sulfate de calcium</i>	<i>Carbonate de calcium</i>
<i>Nom commercial</i>	<i>Aquabel</i>	<i>Chaux des Antilles</i>
<i>Teneur en calcium</i>	29,4 %	40 %
<i>Pureté</i>	83 % de $\text{CaSO}_4$ 17 % de $\text{CaCO}_3$	96 % de $\text{CaCO}_3$
<i>Dissociation chimique</i>	$\text{CaSO}_4 \begin{cases} \rightarrow \text{Ca}^{++} \\ \rightarrow \text{SO}_4^{--} \end{cases}$ $+ 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4$ (acide sulfurique)	$\text{CaCO}_3 \begin{cases} \rightarrow \text{Ca}^{++} \\ \rightarrow \text{CO}_3^{--} \\ \rightarrow \text{HCO}_3^{--} \\ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \end{cases}$ (selon équilibre)

Tableau 1: Caractéristiques des produits utilisés dans l'expérimentation.

L'expérimentation prévoit d'introduire les quantités d'amendement nécessaires pour atteindre la concentration théorique maximale de 100 mg/l de calcium. Mais l'impureté relative des produits utilisés a conduit à des valeurs corrigées légèrement différentes (cf. tableau 2).

Produit	CaCO <sub>3</sub>		CaSO <sub>4</sub>	
	1	2	3	4
N° d'essai				
[Ca <sup>++</sup> ] théorique max. (mg/l)	100	100	100	100
[Ca <sup>++</sup> ] théorique max. corrigée (mg/l)	96	96	105	105

Tableau 2: Concentrations calciques potentielles théoriques et corrigées.

On utilisera donc respectivement 96 et 105 mg/l pour les concentrations théoriques maximales des essais avec le carbonate et de ceux avec le sulfate. La granulométrie des 2 produits est assez fine pour admettre un rendement de l'amendement de 100 %.

## 2.2 Dissociation des produits introduits en aspersion et suivi des paramètres

### 2.2.1. Protocole expérimental

Quatre essais sont effectués : 2 avec le carbonate et 2 avec le sulfate. Pour chaque essai, on introduit dans un bécher de 1 litre 200 ml de sédiment frais et 1 litre d'eau prélevés au centre du bassin 9 de Kourou. Après 24 H de repos, on ajoute les quantités d'amendement nécessaires pour atteindre une concentration théorique maximale de 100 mg/l de calcium.

Trois séries de mesures (pH, dureté, alcalinité totale, coefficient de dissociation) sont effectuées 2 H, 24 H et 6 jours après.

La dureté est exprimée en mg/l d'ions calcium. Le titre alcalinimétrique complet est donné en mg/l d'équivalent CaCO<sub>3</sub>.

Le coefficient de dissociation est dérivé de la formule de Martin (1976) et s'exprime en % :

$$C.D = \frac{[C]_{tm} - [C]_{to}}{[C]_m} \cdot 100 \quad \text{avec,}$$

$[C]_{tm}$  = concentration de l'ion considéré au moment de la mesure (temps  $t_m$ )

$[C]_{to}$  = concentration naturelle de l'ion dans le milieu avant l'introduction de l'amendement étudié (temps  $t_o$ )

$[C]_m$  = concentration théorique maximale que peut atteindre l'ion en cas de dissociation complète.

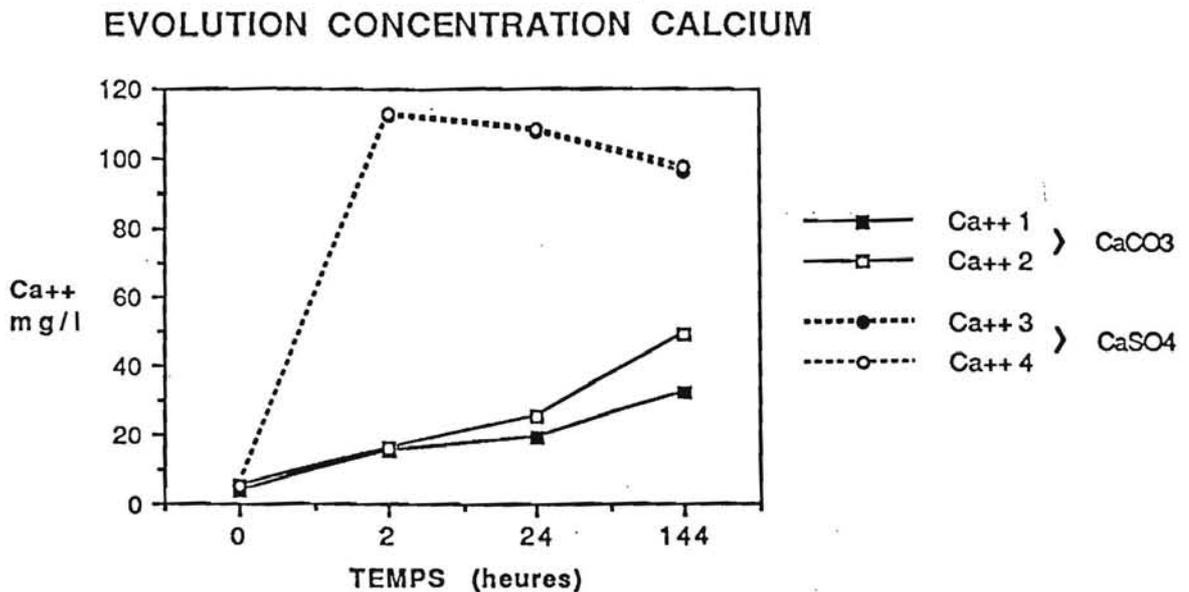
Rappelons que pour les essais avec le carbonate la  $[C]_m$  vaut 96 mg/l et que pour ceux avec le sulfate la  $[C]_m$  vaut 105 mg/l

### 2.2.2 Résultats

Le tableau 3 présente l'évolution dans le temps (2H, 24H, 6 jours) du pH, de la dureté, de l'alcalinité et du coefficient de dissociation selon le type d'apport ( $\text{CaCO}_3$  ou  $\text{CaSO}_4$ ).

### 2.2.3. Effet sur la dureté (dissociation)

La dissociation complète du sulfate de calcium dans l'eau est obtenue dans les deux heures suivant son aspersion (fig. 1). La décroissance des courbes 3 et 4 indique une absorption ultérieure du calcium par le sédiment.



*Figure 1 : Evolution de la concentration en calcium dans l'eau des béciers. Suivi sur 6 jours.  
Béciers 1 et 2 : chaulés au  $\text{CaCO}_3$   
Béciers 3 et 4 : chaulés au  $\text{CaSO}_4$   
(Noter l'échelle non linéaire du temps).*

		CHAUX DES ANTILLES (CaCO <sub>3</sub> )		AQUABEL (CaSO <sub>4</sub> )	
		1	2	3	4
Etat initial	pH	5.90	6.03	6.07	6.04
	Ca <sup>++</sup> mg/l	4	5.60	5.60	5.60
	T.A.C.*	12	22	20	14
-----					
2 H	pH	8.43	7.76	6.84	6.70
	Ca <sup>++</sup> mg/l	15.2	16	112	112.8
	T.A.C.	26	32	18	14
	C.D.	11.7	10.8	100	100
-----					
24 H	pH	7.65	7.93	6.82	6.84
	Ca <sup>++</sup> mg/l	19.2	25.6	108	108.8
	T.A.C.	28	58	18	18
	C.D.	15.8	20.8	97.5	98.2
-----					
6 j	pH	7.36	8.09	7.37	7.60
	Ca <sup>++</sup> mg/l	32	49.6	96	97.6
	T.A.C.	76	128	30	34
	C.D.	29.2	46.3	86	87.6

Tableau 3 : Evolution dans le temps du pH, de la dureté, de l'alcalinité et du coefficient de dissociation suivant l'apport de carbonate de calcium et de sulfate de calcium.

\* —> T.A.C en mg/l d'équivalent CaCO<sub>3</sub>

Le carbonate de calcium est dissocié à environ 10 % dès sa mise en solution. La plus grande partie sédimente. La libération du calcium dans l'eau se poursuit très progressivement ensuite pour atteindre 46 % au maximum au terme de 6 jours.

L'élévation de la pente de la droite entre les points à 24 H et les points à 144 H pour les béciers 1 et 2 ne correspond pas à une accélération de la dissociation mais à l'artefact que constitue une échelle non linéaire du temps. En fait, la dissociation se poursuit mais de plus en plus lentement.

#### 2.2.4. Effet sur le pH

Comme cela est observé à chaque chaulage en bassin, le carbonate de calcium entraîne une hausse rapide et nette du pH dans l'heure qui suit son aspersion. Le pH décroît ensuite très progressivement pour se stabiliser vers 7,7 au bout de 6 jours. Cette décroissance s'explique par la fixation des ions  $\text{Ca}^{++}$  par le sédiment en échange d'ions  $\text{H}^+$  dont la remise en solution entraîne l'abaissement du pH.

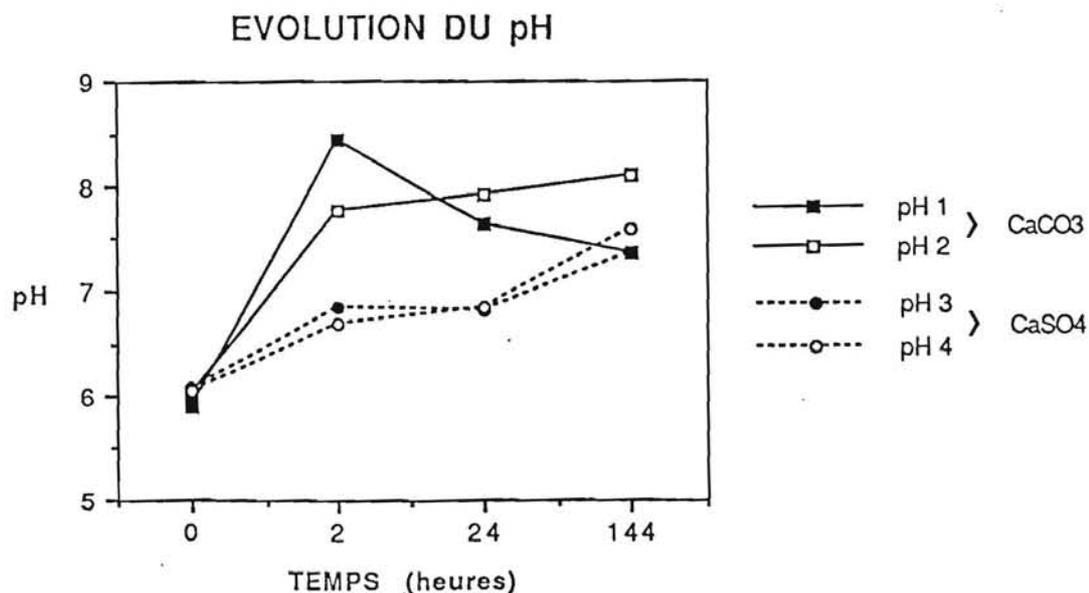


Figure 2: Evolution du pH dans l'eau des béciers. Suivi sur 6 jours.  
 Béciers 1 et 2 : chaulés au  $\text{CaCO}_3$   
 Béciers 3 et 4 : chaulés au  $\text{CaSO}_4$   
 (Noter l'échelle non linéaire du temps).

La lente montée du pH pour les béciers chaulés au  $\text{CaSO}_4$  s'explique par la présence du  $\text{CaCO}_3$  entrant pour 17 % dans la composition de l'AQUABEL. Il s'agit donc d'un effet "parasite" de ce produit dont il faut éventuellement tenir compte dans la pratique car il représente une élévation de plus d'un demi point pH en 2 heures.

### 2.2.5. Effet sur l'alcalinité

Comme prévu, l'apport de carbonate de calcium entraîne une élévation régulière de l'alcalinité au fur et à mesure de sa solubilisation. Le  $\text{CaSO}_4$  pur n'a pas d'effet sur l'alcalinité. Mais les 17 % de  $\text{CaCO}_3$  contenus dans l'AQUABEL entraînent une élévation progressive des carbonates/bicarbonates. Il est significatif que l'élévation relative du TAC dans les béciers chaulés à l'AQUABEL par rapport à l'élévation de ceux chaulés au  $\text{CaCO}_3$  au bout de 6 jours soit également dans un rapport de 17 %.

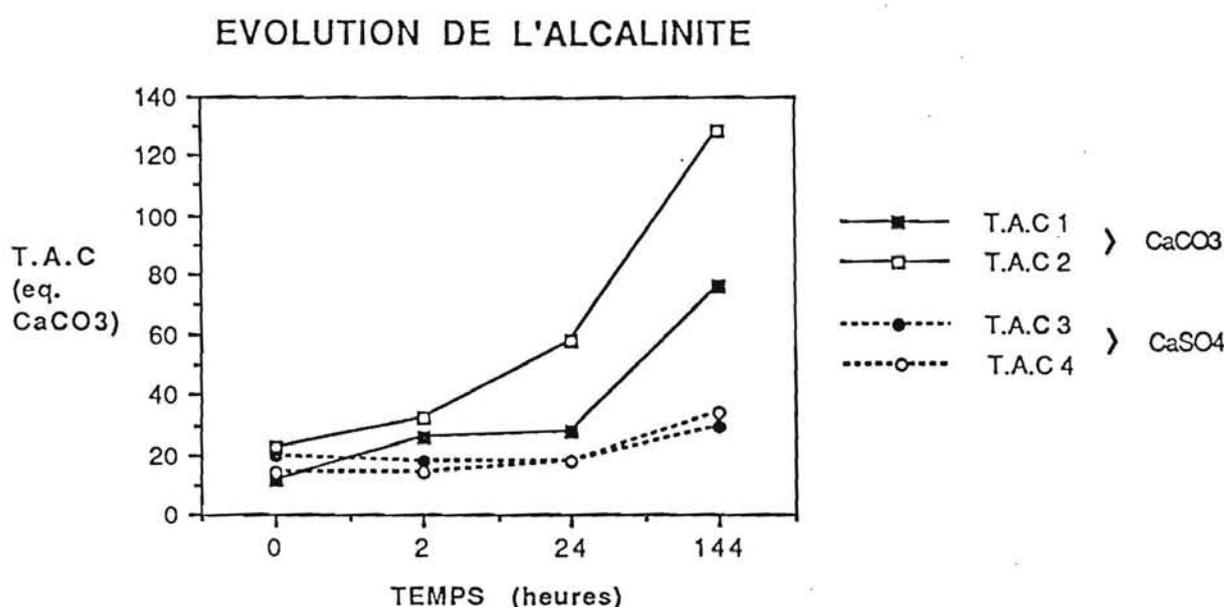


Figure 3 : Evolution du T.A.C. dans l'eau des béciers.  
Suivi sur 6 jours.

*Béciers 1 et 2 : chaulés au  $\text{CaCO}_3$*

*Béciers 3 et 4 : chaulés au  $\text{CaSO}_4$*

(Noter l'échelle non linéaire du temps).

### 2.3. Effets à 16 jours sur les principaux paramètres chimiques de l'eau de l'incorporation préalable au sédiment des 2 produits.

#### 2.3.1. Protocole expérimental

L'essai est effectué sur 2 échantillons de sol en provenance de la nouvelle série de bassins réalisée à la ferme SAOR. Le calcium est incorporé au sol sec à raison de 0,5 % de  $\text{Ca}^{++}$  sous forme d'AQUABEL ou de chaux des Antilles ce qui correspond à une concentration potentielle maximale très importante (1000 mg/l) et à un amendement de 9,16 T de  $\text{CaCO}_3$  pour un hectare (épaisseur de sol concernée : 5 cm). Cette dose est très proche de celle appliquée sur le bassin 8 de la station de Kourou dans l'expérience précédente. Mais les valeurs des paramètres chimiques ne sont pas comparables car elles sont mesurées dans le sédiment pour la première expérience et dans l'eau pour la seconde. Le support aqueux est l'eau du Kourou. Les mesures de calcium, pH et alcalinité ont été faites dans l'eau 16 jours après le remplissage des béciers (voir tableau récapitulatif 4).

## 2.3.2. Résultats

	1	2	3	4	5	6	Eau initiale
Produit	CaSO <sub>4</sub>	CaSO <sub>4</sub>	CaCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>	témoin	témoin	-
$[Ca^{++}]$ M mg/l	1000	1000	1000	1000	-	-	-
pH	7.99	7.04	8.15	8.11	7.35	7.57	6.48
$[Ca^{++}]$ mg/l	168	137.6	68	64	0	0	3.2
T.A.C. (éq. CaCO <sub>3</sub> )	18	10	160	164	10	12	4

*Tableau 4 : Valeurs des paramètres chimiques relevées dans l'eau 16 jours après l'incorporation en assec des deux produits dans le sédiment et mise en solution.  
[Ca<sup>++</sup>] M : Concentration potentielle maximale*

## 2.3.3. Effet sur la dureté

Les épandages en assec effectués au sulfate de calcium présentent une efficacité en apport calcique dans l'eau 2 à 3 fois supérieure au carbonate de calcium (fig. 4).

Les échantillons de sol témoins ont absorbé les 3,2 mg/l de calcium présents dans l'eau initiale.

Les duretés calciques mesurées dans l'eau restent très inférieures à la concentration potentielle maximale prévue (1000 mg/l). Ceci est dû à l'extrême avidité en calcium des sols nus de la ferme SAOR qui, comme la plupart des sols guyanais, ont piégé la majeure partie des ions libérés massivement dès la mise en eau pour le CaSO<sub>4</sub> (cf. 1.2.3.).

Cette observation est aussi vraie pour le CaCO<sub>3</sub> qui libère le calcium plus lentement : au 16<sup>e</sup> jour on peut considérer que plus de 50 % des ions ont été libérés. Or, il n'en apparait dans l'eau de contact que 6 %. La majeure partie a donc été retenue par le sédiment.

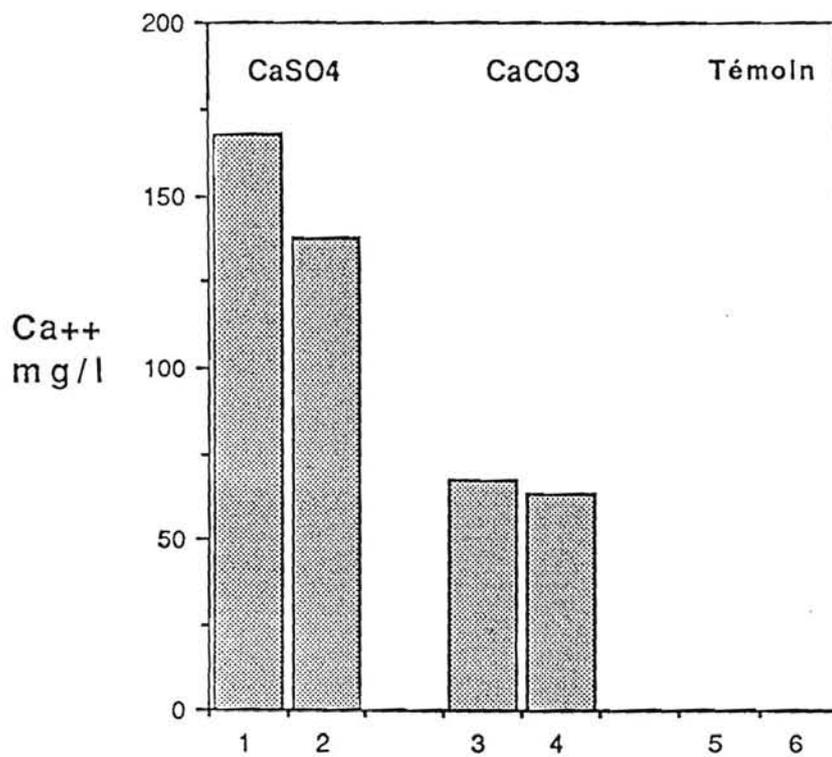


Figure 4 : Teneur en calcium relevée dans l'eau des 6 béchers au terme de 16 jours de mise en eau.

#### 2.3.4. Effet sur le pH

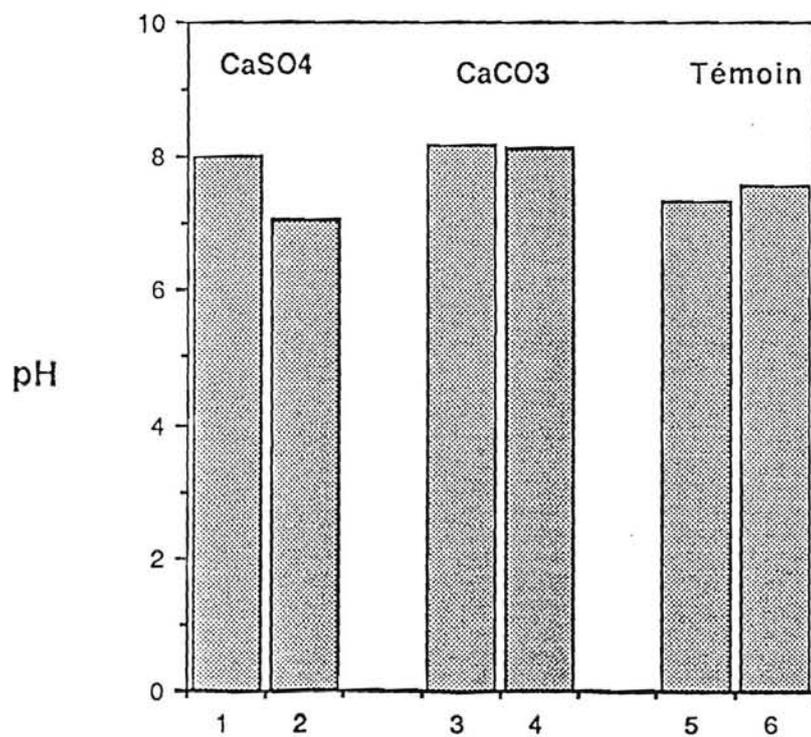


Figure 5 : Valeur des pH relevés dans l'eau des 6 béchers au terme de 16 jours de mise en eau.

Les mesures à 16 jours n'enregistrent qu'un état d'équilibre entre l'eau et le sédiment. Les pH des échantillons amendés au  $\text{CaCO}_3$  sont légèrement plus élevés que ceux des témoins et de l'amendement au  $\text{CaSO}_4$ .

### 2.3.5. Effet sur l'alcalinité

Logiquement, l'alcalinité des échantillons amendés au  $\text{CaSO}_4$  n'est pas significativement différente de celle des échantillons témoins (voir figure 6). Par contre, l'élévation de l'alcalinité dans l'eau des échantillons amendés au  $\text{CaCO}_3$  est nette et atteint 160 mg/l d'équivalent  $\text{CaCO}_3$ .

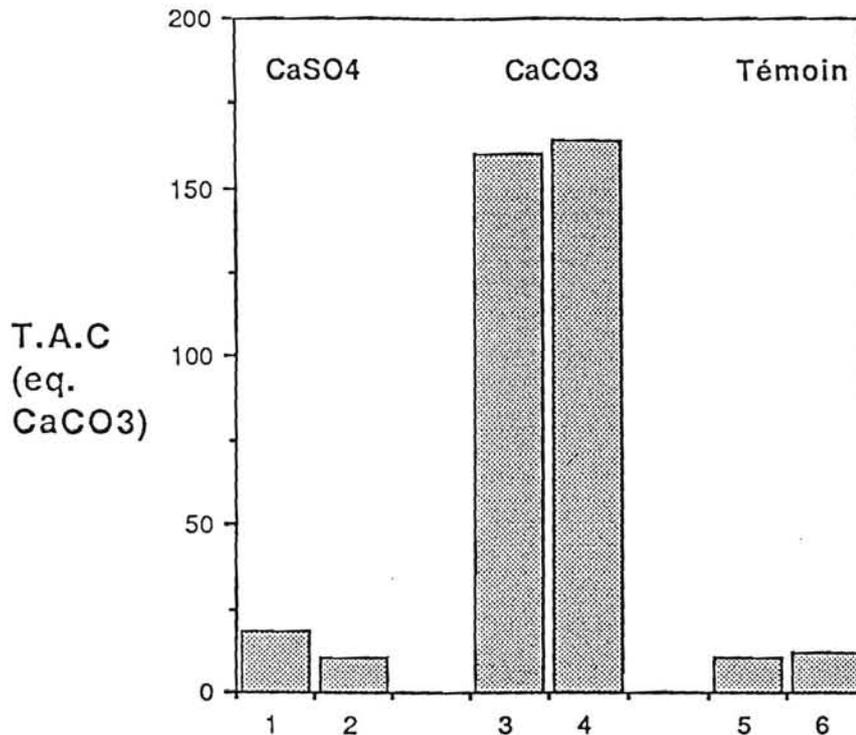


Figure 6 : Valeurs du T.A.C. relevé dans les 7 béchers au terme de 16 jours de mise en eau.

On n'observe pas comme en aspersion (cf. 2.2.5), l'effet du  $\text{CaCO}_3$  contenu dans l'AQUABEL (17 %) probablement en raison du piégeage des ions carbonates/bicarbonates dans le sédiment.

### 2.4. Essai en aspersion "in situ"

A l'issue des travaux de laboratoire, il était intéressant de tester l'efficacité réelle du produit Aquabel en vraie grandeur en utilisant la formule de MARTIN (1976) pour calculer la dose théorique pour une dureté calcique attendue. Les échantillons de sédiment utilisés pour les tests en béchers provenant essentiellement du bassin 9 de Kourou, c'est sur ce bassin qu'a eu lieu un essai d'aspersion d'Aquabel le 16 septembre 1987.

Les résultats en laboratoire ont montré une action quasi instantanée du  $\text{CaSO}_4$  sur la dureté calcique (dissociation complète en 2 heures). Dans cette expérience in situ, le contrôle est effectué 15 heures après l'application du produit.

Au moment de cette expérience, en pleine saison sèche, l'eau du Kourou était sous une influence légèrement saline (pH env. 7.5, dureté env. 150 mg/l) aussi seul l'effet à court terme de l'Aquabel sur la dureté calcique a été étudié.

#### 2.4.1. Protocole d'expérimentation

16.09.87 - 17 H : arrêt du pompage, mesure TH, dureté calcique et pH, calcul de la dose de CaSO<sub>4</sub>, aspersion.

17.09.87 - 8 H : mesure TH (dureté calcique).

La quantité d'Aquabel à apporter est calculée par la formule de MARTIN:

$$Q_t = ([C]_{Th} - [C]_i) \cdot 1,4 \cdot \frac{1}{CD(t)} \cdot k \cdot V$$

où

[C]<sub>Th</sub> = Concentration théorique en Ca<sup>++</sup> (mg/l) à atteindre

[C]<sub>i</sub> = Concentration initiale en Ca<sup>++</sup> (mg/l) dans l'eau du bassin

1,4 = Coefficient de transformation du Ca en CaO

CD (t) = coefficient de dissolution au temps t

k = rapport massique de l'amendement utilisé et du CaO

V = volume à traiter (en litres).

Dans le cas étudié, la recherche d'une dureté calcique de 10,2 mg/l 15 heures après l'aspersion donne :

$$Q_{15} = (10,2 - 5,6) \cdot 1,4 \cdot \frac{1}{0,98} \cdot \frac{136}{56} \cdot 5 \cdot 10^6$$

Q<sub>15</sub> = 79,5 kg arrondis à 80 kg.

#### 2.4.2. Résultat

La mesure de la dureté calcique le lendemain de l'aspersion donne 10,4 mg/l de calcium, valeur très proche de la valeur attendue (10,2) ce qui confirme la rapidité de la dissociation du CaSO<sub>4</sub> dans l'eau et la validité de la formule de calcul.

Le suivi des valeurs du pH, de la dureté et de l'alcalinité les jours suivants n'a pas d'intérêt pour l'étude de l'influence à plus long terme de cet amendement car les valeurs des paramètres chimiques de l'eau de pompage diffèrent nettement des valeurs rencontrées habituellement au cours de l'année et leur effet sur le milieu est nettement plus marqué que celui de l'amendement.

Ainsi, 6 jours après l'amendement, la dureté calcique est de 36 mg/l alors qu'on aurait dû observer une diminution de la dureté en raison du lessivage entraîné par le renouvellement et de la fixation des ions CA<sup>++</sup> sur le sédiment.

## 2.5. Observations sur le sédiment "in situ"

Les bassins 1 et 3 de Kourou (500 m<sup>2</sup> unitaire) amendés régulièrement au CaSO<sub>4</sub> ont montré à la vidange :

- un sédiment moins épais que dans des bassins d'âge comparable, d'une texture assez dense (type "yaourt")
- une couleur noirâtre très marquée mais sans dégagement de gaz remarquables (type CH<sub>4</sub> ou H<sub>2</sub>S).

L'exposition à l'air entraîne un éclaircissement net et rapide de la couleur du sédiment qui passe du noir au beige clair en quelques jours.

Ce phénomène de noircissement n'est pas observé pour des bassins amendés au carbonate de calcium sauf en cas de manque prolongé d'oxygène au niveau du fond. Il correspond alors à un processus de réduction, réversible par oxygénation forcée du fond (utilisation de brasseurs-oxygénateurs) ou par mise en assec.

## 3. DISCUSSION

### 3.1. Effets sur la dureté

La caractéristique la plus remarquable de l'Aquabel est sa dissociation très rapide et complète après son aspersion aussi bien dans les conditions de laboratoire que dans un bassin d'élevage. Ceci s'explique par le fort pouvoir de solubilité du sulfate de calcium (> 2g/l) principal composant de l'Aquabel.

Le carbonate de calcium commercial se solubilise par contre beaucoup plus lentement. L'échelle de temps nécessaire pour atteindre 50 % de dissociation se compte alors en semaines.

### 3.2. Effets sur le pH

L'apport de carbonate de calcium entraîne une élévation rapide et importante du pH au contraire du sulfate de calcium dont la dissociation fait apparaître l'ion sulfate SO<sub>4</sub> qui, par sa combinaison avec 2 H<sup>+</sup>, donne l'acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, acide fort qui s'oppose à l'élévation de pH. L'inconvénient majeur du chaulage avec le carbonate de calcium est donc supprimé avec le CaSO<sub>4</sub>.

### 3.3. Effets sur l'alcalinité

Normalement, le sulfate de calcium n'a pas d'effet sur l'alcalinité car il est dépourvu de carbonates. Mais ses formes commerciales, comme l'Aquabel, contiennent des impuretés qui apportent des carbonates solubles et entraînent une légère augmentation de l'alcalinité.

### 3.4. Effet sur le milieu

L'ion  $\text{Ca}^{++}$  possède la propriété remarquable de floculation des colloïdes. On observe en laboratoire une rapide clarification des échantillons d'eau des bassins due à la précipitation des matières en suspension. La forte solubilité du  $\text{CaSO}_4$  se traduit lors de l'amendement par un apport massif d'ions  $\text{Ca}^{++}$  dont la capacité de floculation est considérable. Cette action peut avoir des effets importants tant sur l'eau que sur le sédiment.

#### 3.4.1. Effet sur l'eau

Comme en laboratoire, l'aspersion de  $\text{CaSO}_4$  en bassin entraîne une clarification de l'eau d'élevage. Ce phénomène peut avoir des conséquences néfastes surtout si l'apport est massif et se passe en saison sèche. Le processus est le suivant :

- En Guyane, l'eau des bassins est généralement chargée en colloïdes (bassins "laiteux") qui freinent la pénétration de la lumière, limitent l'activité photosynthétique et le développement du phytoplancton. Les variations quotidiennes du pH, et notamment les valeurs maximales de l'après-midi, très liées à l'activité photosynthétique, sont donc indirectement freinées par la présence des colloïdes.
- L'apport massif d'ions calcium consécutif à l'aspersion du  $\text{CaCO}_3$  entraîne une clarification brutale de l'eau par floculation des colloïdes qui tombent au fond.
- La pénétration de la lumière est alors plus importante et plus profonde et entraîne à court terme un développement explosif ("bloom") du phytoplancton. Le pH peut alors atteindre des valeurs critiques pour les animaux en élevage.
- L'excès de matière organique en suspension entraîne à terme la mort de l'ensemble du phytoplancton dont la sédimentation déclenche généralement une crise d'oxygène.

Le  $\text{CaSO}_4$  doit donc plutôt être réservé pour un usage pendant la saison humide comme c'est le cas pour la plus grande des fermes guyanaises qui l'utilise alors couramment sans risque.

#### 3.4.2. Effet sur le sédiment

L'apport régulier de  $\text{CaSO}_4$  a entraîné 2 types d'effets sur le sédiment des bassins : un tassement puis un noircissement. Les 2 phénomènes peuvent être reliés à la propriété de floculation de l'ion  $\text{Ca}^{++}$ . Le processus se déroulerait en 2 temps :

- la libération massive d'ions  $\text{Ca}^{++}$  à l'aspersion du  $\text{CaSO}_4$  entraîne une floculation générale et brutale du sédiment qui se tasse sous l'effet de l'aggrégation de la matière organique. Il y a donc un effet de "compaction" du sédiment sous l'action attractive des ions  $\text{Ca}^{++}$ .
- le tassement brutal réduit les espaces interstitiels et donc la circulation des fluides dans le sédiment ce qui conduit à court terme à un processus de réduction du milieu et à son noircissement.

La mise à l'air permet une re-oxydation du sédiment ce qui se traduit à l'observation par l'éclaircissement de sa couleur.

Ces phénomènes ("contraction", noircissement) ne sont pas observés avec le carbonate de calcium même à de fortes doses. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que la libération des ions calcium est très progressive dans le cas d'un carbonate et que le processus d'agrégation du complexe argilo-humique est également progressif. Ceci conduirait d'une part à la constitution d'agrégats plus importants (phénomène analogue à la cristallisation qui donne des cristaux d'autant plus gros que le processus est lent) et surtout à la constitution et au développement des ramifications interstitielles facilitant ainsi à la fois la circulation des fluides et le transfert des ions  $\text{Ca}^{++}$ . Dans cette optique, le sulfate de calcium devrait être réservé en amendement initial dans le cas d'un bassin neuf dépourvu de matières organiques colloïdales (donc sans risque de réduction à la mise en eau) ou en aspersion au profit principal de l'eau en raison de sa très bonne solubilité.

On peut aussi s'interroger sur l'évolution de l'ion sulfate présent au départ sous sa forme la plus oxydée et la plus stable ( $\text{SO}_4^{--}$ ). Une étude sur les effets comparés de la chaux et du gypse en étang, (SRAE Centre, 1984) a montré que l'emploi du  $\text{CaSO}_4$  entraînait à terme un enrichissement du sédiment en sulfures, composés précurseurs de l' $\text{H}_2\text{S}$  en milieu réducteur (évolution reliée au noircissement progressif du sédiment en profondeur). En cas d'insuffisance durable d'oxygène dans le sédiment il apparaît le risque de réduction du soufre en hydrogène sulfuré ( $\text{H}_2\text{S}$ ) sous l'action de bactéries sulfito-réductrices.

Ce composé particulièrement toxique est facilement décelable par son odeur caractéristique d'oeuf pourri. Ce phénomène n'a cependant jamais été constaté en Guyane malgré l'observation de plusieurs crises d'oxygène dans des bassins amendés au  $\text{CaSO}_4$ . Il est probable que la réduction du soufre est un processus trop lent pour pouvoir être observé car l'aquaculteur réagit toujours rapidement en cas de crise d'oxygène, quand il ne l'a pas prévenue.

#### 4. CONCLUSION

Par leurs effets sur l'eau (dureté, pH, alcalinité et turbidité) et les sédiments fins, le sulfate de calcium et le carbonate de calcium présentent des caractéristiques assez différentes pour qu'on puisse qualifier ces 2 produits de complémentaires dans leurs actions comme le rappelle le tableau 5.

Le tableau 6 présente de manière synthétique les recommandations pratiques d'utilisation des 2 types d'amendements selon différents objectifs. Le choix du produit et des doses doit être ajusté pour chaque exploitation, voire pour chaque bassin, en fonction des réponses particulières selon les conditions du site. L'aquaculteur doit donc apprendre à se servir de sa propre expérience pour utiliser ces possibilités d'amendement avec le maximum d'efficacité et le minimum de risques.

Action		Effet du $\text{CaSO}_4$	Effet du $\text{CaCO}_3$
sur l'eau	Dureté	Dissociation complète rapide	Dissociation progressive
	pH	Elevation lente due aux impuretés	Elévation rapide
	Alcalinité	sans effet (aux impuretés près)	Fort
	Turbidité	Eclaircissement	sans effet
sur le sédiment		Floculation rapide	Structuration progressive

*Tableau 5: Principaux effets du  $\text{CaSO}_4$  et du  $\text{CaCO}_3$  sur l'eau et le sédiment des bassins d'élevage.*

OBJECTIFS		RECOMMANDATIONS PRATIQUES
AU NIVEAU DE L'EAU	Apporter du calcium  (élever la dureté)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. CaSO<sub>4</sub></li> <li>. Dose max : 150 kg/ha/sem.</li> <li>. répéter l'amendement jusqu'à la concentration souhaitée.</li> <li>. traiter au changement de lune ou à la pleine lune (pics de mues).</li> <li>. répartition homogène côté intérieur des berges (lessivage progressif) et bords du bassin (zone de mues préférentielle).</li> <li>. remplacer le CaSO<sub>4</sub> par le CaCO<sub>3</sub> en cas de forte densité du phyto-plancton (si pH &lt; 8).</li> </ul>
	Renforcer le pouvoir tampon (élever l'alcalinité)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. CaCO<sub>3</sub></li> <li>. Dose : 2(-75 kg/ha/sem.</li> <li>. Apports modérés mais réguliers selon pH (exclus si pH &gt; 8.5).</li> </ul>
AU NIVEAU DU SOL	Ré-équilibrer le  manque de  calcium	<p>En assec sur bassins neufs ou curés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Mélange 1/3-2/3 CaSO<sub>4</sub>-CaCO<sub>3</sub> (effets court terme + moyen terme)</li> <li>. Dose 1-3 T/ha</li> <li>. Scarification sur sol humide</li> <li>. Apport préalable de matière organique riche en carbone (type balle de riz).</li> </ul>
		<p>Bassin en eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. CaCO<sub>3</sub></li> <li>. Dose max : 100 kg/ha/sem.</li> <li>. Apports modérés mais réguliers selon pH (exclus si pH &gt; 8.5).</li> <li>. Répartition sur la périphérie des bassins</li> </ul>
	Améliorer la  structure	<p>En assec :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. CaCO<sub>3</sub></li> <li>. Dose : 3-5 T/ha</li> <li>. Scarification sur sol humide</li> <li>. Apport préalable de matière organique</li> </ul> <p>Bassin en eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. CaCO<sub>3</sub> en aspersion</li> <li>. Homogène</li> <li>. Dose max : 100 kg/ha/sem.</li> <li>. Apports modérés et réguliers (selon pH).</li> </ul>

Tableau 6: Critères de choix et recommandations pratiques d'utilisation du CaSO<sub>4</sub> et CaCO<sub>3</sub>.

## BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- AQUABEL, 1986. Pour régénérer les milieux aquatiques. Doc. Tec. Aquabel  
6 p.
- BOYD, C.E., 1982. Water quality management for pond fishculture.  
Developments in aquaculture and fisheries science. Ed. Elsevier,  
Scientific Publish. comp. Amsterdam. 318 p.
- BILLARD, R. 1980. La polyculture en étang. in R. Billard. La pisciculture en  
étang. INRA Publi. Paris. 169-281.
- HOLLEBECQ, M.G., 1987. Le chaulage en étang. Doc. tech.interne INRA.  
Hydrobio. Univ. Synthèse et dév. 23 p.
- MARTIN, J.F., 1986. Pour une meilleure gestion des étangs en  
région centre. La piscic. franc. 83. 56-61.
- MARTIN, J.F., 1987. La fertilisation des étangs. AQUAREVUE 11. 34-40 et 12-  
35-41.
- SRAE Centre, 1984. Aquaculture en Sologne. Les apports calciques : le gypse  
et la chaux. Min. Agric. SRAE région centre. 45 p.

## COMPTE RENDU D'EXPERIENCE N° 2

### ESSAI DE MISE AU POINT D'UN INDICATEUR DE LA SURVIE DES POST LARVES DE *Macrobrachium rosenbergii* A L'ENSEMENCEMENT EN BASSINS.

#### 1. BUT

L'un des principaux problèmes rencontrés par les aquaculteurs utilisant le système continu en Guyane est la variation de leur production. En effet, des creux de production importants ont été remarqués et ils ont été mis en relation avec l'absence ou la mauvaise représentation d'une cohorte dans l'histogramme de taille de la population. Cette sous-représentation dans l'échantillon est visible deux mois après le lâcher des post-larves dans le bassin et correspond généralement à une mortalité survenue à l'ensemencement.

Il était nécessaire de disposer d'un moyen de contrôler la survie des post-larves à l'ensemencement pour que l'éleveur puisse intervenir rapidement par un nouvel apport de post larves en cas de mortalité importante. Le moyen mis au point est la cage de survie. L'étude porte sur son degré de précision, sa fiabilité et les limites de son utilisation.

#### 2. MATERIEL ET METHODES

##### 2.1. Description de la cage

- Cube de 50 cm d'arête, cadre en bois
- Moustiquaire de 1000  $\mu$  de maille tendue à l'intérieur du cadre afin que les post-larves ne restent pas coincées entre filet et cadre.
- Couvercle hermétique utilisant les mêmes matériaux
- Poids posé sur la cage pour la maintenir posée sur le fond.

##### 2.2. Méthode

Le test se fait en même temps que l'ensemencement.

- 2 ou 4 cages sont utilisées par bassin en fonction de leur taille (2 pour les 500 m<sup>2</sup>, 4 pour les 2 500 et 5 000 m<sup>2</sup>)
- Les cages sont réparties équitablement entre zones profondes et zones peu profondes (figure 1).
- 50 PL sont introduites par cage.
- Un premier comptage de chaque cage est effectué à 24 H. Les PL sont remises dans la cage.
- Un comptage final a lieu à 48 H. C'est ce comptage qui sera utilisé pour la survie.
- Chaque comptage est double et est effectué avec des brocs de 1 litre et des bassines à fond clair.
- Le temps de travail est d'environ 10 mn à deux personnes par cage.

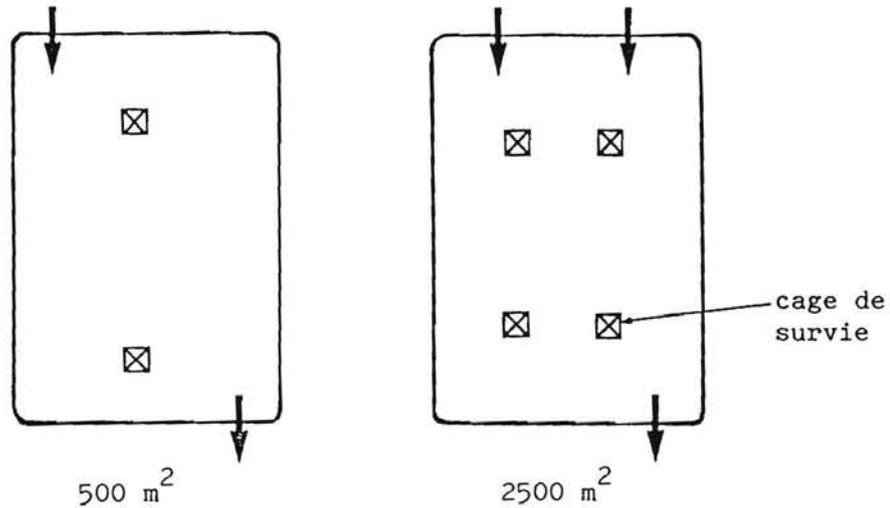


Figure 1: Disposition des cages de survie dans les bassins

Les cages ont été testées dans deux types d'élevage :

- En continu :

Dans ce cas on cherche à mettre en relation la survie observée en cage et la représentation de la cohorte dans l'échantillon prélevé 2 mois plus tard.

- En discontinu (essentiellement des prégrossissements):

Là, il s'agit d'associer à chaque chiffre de survie en cage un chiffre réel de survie finale à la vidange 2 à 3 mois plus tard.

### 3. RESULTATS

Ils apparaissent dans les histogrammes (pour le continu) et le tableau (pour les prégrossissements).

- En continu : BASSIN A

BASSIN B

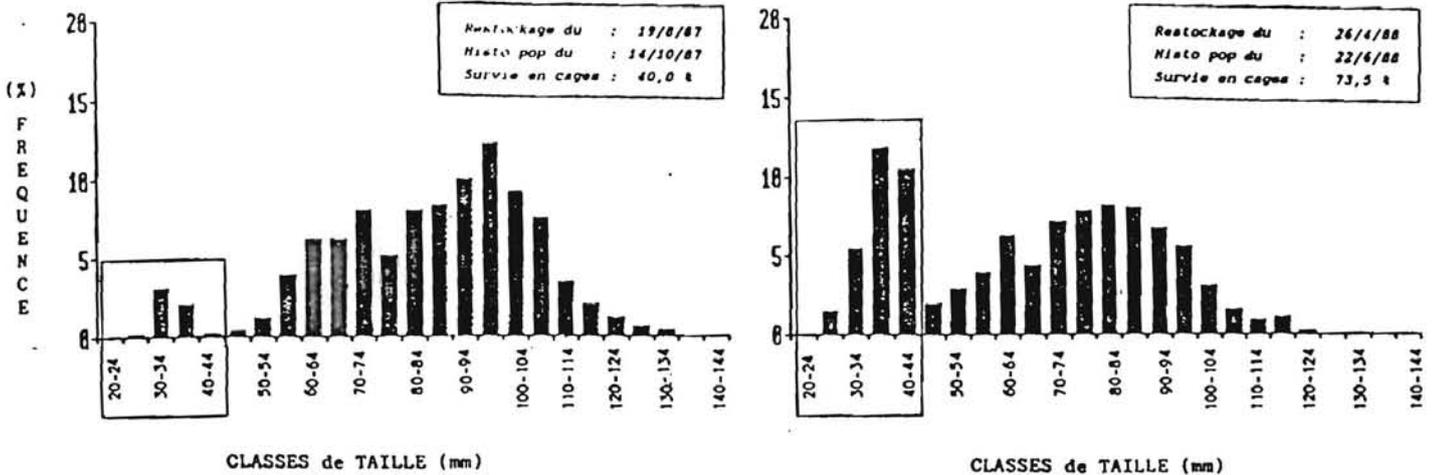
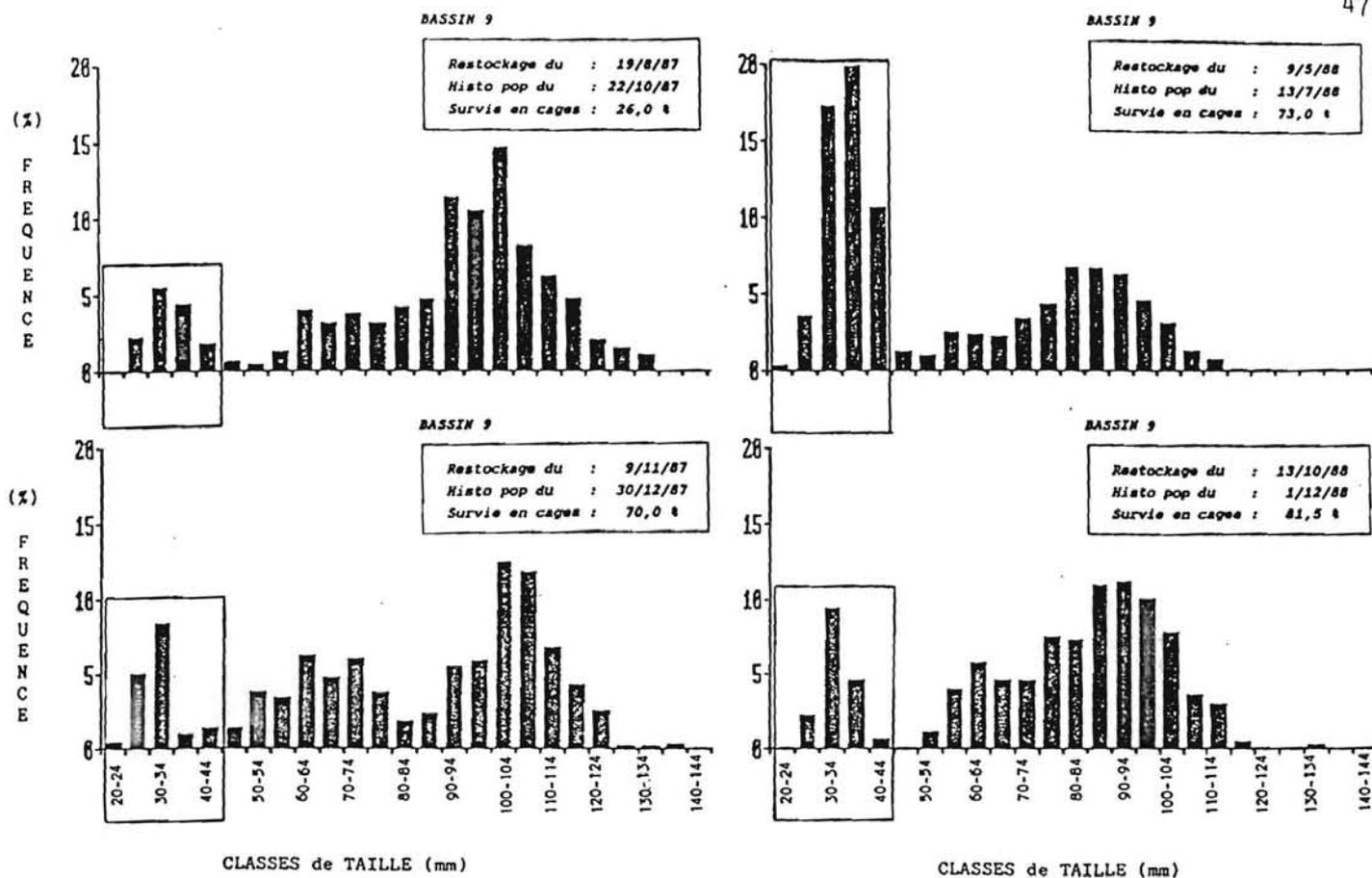


Figure 2: Histogrammes de la population totale 60 jours après restockage du bassin B8 de la station expérimentale de Kourou.



NB: Sur chaque histogramme, la zone encadrée correspond au dernier restockage.

Figure 3 : Histogramme de la population totale 60 jours après restockage du bassin B9 de la station expérimentale de Kourou.

- En discontinu :

N° bassin	Date ensèmentement	Durée élevage	Survie cage	Survie finale
B1	29/4/87	87 jrs	91,5 %	99,7 %
B2	29/4/87	87 jrs	85 %	95,5 %
B3	29/4/87	87 jrs	90,5 %	98,3 %
B4	29/4/87	87 jrs	89,5 %	66,1 %
B1	7/8/87	93 jrs	41,5 %	30 %
B2	7/8/87	94 jrs	26,5 %	36 %
B2	20/6/88	71 jrs	57 %	54,2 %
B6	13/6/88	106 jrs	74 %	68 %
B2	17/11/88	76 jrs	87 %	79,5 %
B3	17/11/88	77 jrs	68 %	80,2 %
B4	17/11/88	78 jrs	86 %	80,1 %
B4	14/2/89	65 jrs	47 %	78 %
B1	13/4/89	68 jrs	75 %	89 %

Tableau 1 : Survie en cage et survie finale sur prégrossissements.

## 4. DISCUSSION

### 4.1. Continu

Dans leur utilisation en système continu, la survie en cage apparait comme un bon indice qualitatif de réussite ou d'échec d'un restockage. Elle permet de programmer un restockage de compensation immédiatement après sa lecture. Cependant, la comparaison entre la survie observée en cage et la représentation de la cohorte dans l'histogramme de taille 2 mois plus tard ne permet pas de conclure sur le degré de précision de cet indicateur.

### 4.2. Discontinu

Dans nos expériences de prégrossissement, nous disposons de 2 données : la survie en cage et la survie finale. Nous avons essayé de les mettre en relation afin de permettre à l'aquaculteur de prévoir sa survie finale à partir de la lecture de la survie en cage.

Les hypothèses suivantes ont été émises :

- Quand la survie réelle à l'ensemencement est de 100 %, la survie en cage n'est jamais à 100 % à cause du stress que procure la cage et les comptages de post-larves. On l'appellera S<sub>s</sub> (survie suite au stress cage : indépendante des conditions par ailleurs).

- Quand les conditions du bassin sont médiocres, c'est-à-dire qu'elles peuvent engendrer une mortalité (par ex. problème d'oxygène dans les zones profondes, présence importante de boue de mauvaise qualité par endroits...), la survie en cage, indépendamment du stress de la cage, est plus faible que celle en bassin. En effet, en bassin, en cas de mauvaises conditions, les post-larves peuvent se déplacer pour rechercher une zone où les conditions sont meilleures. Nous appellerons cette survie S<sub>mc</sub> (survie mauvaise condition).

$$S_{mc} = (S_{\text{enst}})^c$$

c : coefficient correcteur

car quand  $S_{\text{enst}} = 100\% \rightarrow S_{mc} = 100\%$   
bonnes conditions partout dans le bassin y compris dans la cage.

quand  $S_{\text{enst}} < 100\% \rightarrow S_{mc} < S_{\text{enst}}$   
la cage amplifie l'effet "mauvaises conditions" à cause de l'impossibilité pour les post-larves de se déplacer.

En résumé:

la mortalité due au stress de la cage (=constante)  
+  
la mortalité due aux mauvaises conditions d'ensemencement  
=  
la mortalité réelle

(avec mortalité "mauvaises conditions" cage > mortalité "mauvaises conditions" en bassin)

Ensuite s'applique une survie mensuelle ( $S_m$ ) correspondant à une mortalité résiduelle en élevage. Globalement la survie finale est liée à la survie à l'ensemencement de la façon suivante :

$$S \text{ finale} = S \text{ ensemencement} \cdot S \text{ mensuelle}^n$$

où  $n$  est le nombre de mois d'élevage.

L'utilisation des résultats d'expériences consignés dans le tableau permet la mise au point de l'équation suivante qui lie la survie finale à la survie en cage (voir annexe mode de calcul) :

$$S \text{ finale} = \left( \frac{S \text{ cage}}{0,9} \right)^{0,806} \cdot 0,959^n$$

Cependant dans le mode de calcul, nous avons été obligés d'introduire des approximations :

- considérer que la "survie stress cage" est une constante ce qui doit être proche de la réalité,
- considérer que les prégrossissements sont de même durée afin d'avoir un  $n$  constant. Le tableau montre que la durée d'élevage varie de 65 à 106 jours avec une grosse majorité de valeurs entre 75 et 95 j. Le biais introduit est assez important.
- enfin, considérer que la survie mensuelle est une constante ce qui peut paraître abusif même si dans des conditions d'élevage standard, elle doit varier peu autour d'une moyenne que nous avons l'habitude d'enregistrer à 95 %. C'est probablement là qu'est introduit le biais le plus important surtout si l'on regarde les aspects abordés dans les prégrossissement (alimentation, densité).

Les 2 dernières approximations sont nécessaires dans le calcul pour pouvoir considérer que le terme  $S_m^n$  est une constante. La survie mensuelle ( $S_m$ ) étant proche de 1 (entre 0,9 et 1) et le nombre de mois ( $n$ ) étant compris entre 2,2 et 3,5, le terme  $S_m^n$  varie peu et l'erreur possible diminue.

En fin de compte, la régression effectuée fait apparaître un coefficient de 0,818 qui, lorsqu'on le teste, donne un résultat acceptable à un risque d'erreur inférieur à 0,1 %. Ceci signifie que, si l'on admet 0,1 % de risque de se tromper, on peut affirmer qu'il y a corrélation. Mais la nature même de ce test ne permet pas de conclure sur le degré de proximité des points par rapport à la courbe. Il permet seulement de dire que les points sont répartis équitablement et de façon homogène de part et d'autre de la droite. L'observation de la courbe confirme cette analyse.

Ainsi, même si l'on a été amené à admettre des biais dans le raisonnement, cela n'a pas entaché la valeur des hypothèses faites sur la répartition et le déterminisme de la mortalité en cage par rapport à ce qui se passe réellement dans le bassin. Le témoin en est l'excellent coefficient de corrélation obtenu.

Mais malgré cela, la disposition des points par rapport à la droite confirme que cet indicateur ne peut donner actuellement qu'un ordre de grandeur de la survie réelle à l'ensemencement.

Dans des conditions standards d'élevage où la densité, l'alimentation, le suivi, la gestion de l'eau, la durée de prégrossissement ne varient pratiquement pas, les approximations faites dans le calcul sont valables et le risque d'erreur quasi nul. Dans ces conditions qui sont celles d'une ferme de production, les données de survie en cage et à la vidange appliquées au mode de calcul décrit ici permettront de dégager une équation probablement plus fiable et plus précise que celle donnée dans ce document. Cette équation pourra ainsi donner des valeurs de survie finale à partir de la lecture de la survie en cage, pour les conditions particulières de cette ferme.

## 5. CONCLUSION

Cette étude montre que les cages de survie sont utilisables pour savoir dans quelle mesure a réussi un ensemencement direct de post-larves en bassin. Aucune indication de précision ne peut être apportée mais les résultats montrent qu'au dessus de 65-70 % de survie en cage, on peut considérer globalement que l'ensemencement a réussi (survie finale à 2-3 mois de 66 à 99 % : 83 % en moyenne).

Inversement, en dessous de ces chiffres, on peut s'attendre à une survie médiocre à l'ensemencement (50 % en moyenne dans nos essais en discontinu) et intervenir en conséquence.

Cet indicateur est particulièrement utile en système continu car il permet de programmer un restockage de compensation immédiatement après la lecture des cages au lieu d'attendre 2 mois et le premier histogramme de taille de la population restockée.

Cette intervention permet d'éviter un trop grand écart entre 2 restockages réussis et contribue donc à régulariser et fiabiliser la production.

En prégrossissement, il permet de détecter un incident intervenu à l'ensemencement et de prévoir le nombre de juvéniles que l'on peut espérer avoir à la vidange. Ceci est important pour la programmation des transferts d'individus sur une ferme utilisant le système discontinu.

Le manque de précision provenant de certaines approximations dans le calcul sera fortement diminué dans des conditions d'élevage plus standardisées comme on en rencontre chez les aquaculteurs suivant un schéma d'élevage précis.

## ANNEXE

## MODE DE CALCUL

$Se$  = survie réelle à l'ensemencement  
 $Sc$  = survie en cage  
 $Ss$  = survie due au "stress cage" constante  
 $Smc$  = survie "mauvaise condition"  
 $Sm$  = survie mensuelle en élevage  
 $Sf$  = survie finale à la vidange  
 $n$  = nombre de mois d'élevage  
 $c$  = coefficient correcteur ( $>1$ )

$$Smc = Se^c \quad (1)$$

car qd  $Se = 100 \%$        $smc = 100 \%$   
 qd  $Se < 100 \%$        $smc < Se$

Par ailleurs :

$$Sc = Ss \cdot Smc \quad (2)$$

De (1) et (2) on déduit :

$$Sc = Ss \cdot Se^c \quad (3)$$

$$Se^c = \frac{Sc}{Ss} \quad Se = \left(\frac{Sc}{Ss}\right)^y \quad (3) \quad \text{avec } y = \frac{1}{c}$$

D'autre part, la survie finale s'exprime par :

$$Sf = Se \cdot (Sm)^n \quad (4)$$

De (3) et (4), on déduit :

$$Sf = \left(\frac{Sc}{Ss}\right)^y \cdot Sm^n \quad (5)$$

(5) est une équation à 3 inconnues :  $Ss$ ,  $y$  et  $Sm$

## RESOLUTION DE L'EQUATION (5)

Cette équation à 3 inconnues est insoluble telle qu'elle. Pour obtenir une estimation de la survie "stress cage", nous allons utiliser 3 cas particuliers où la survie à l'ensemencement est proche de 100 %. L'équation (5) ne comportera plus que 2 inconnues.

Par la suite, à l'aide d'une transformation logarithmique, on obtiendra une équation de la forme  $Y = aX + b$ . Une régression linéaire de  $Y$  sur  $X$  nous permettra de déterminer  $a$  et  $b$  qui correspondent à nos deux inconnues une fois transformées.

### I. Approximation de la survie "stress cage".

Quand la survie finale est très élevée, on peut admettre que la survie à l'ensemencement a été proche de 100 %. Dans ce cas, la seule mortalité observée en cage est due au "stress cage".

Prenons 3 cas particuliers contemporains :

B1 : 29.04.87	Sf = 99,7 %	Sc = 91,5%
B2 : 29.04.87	Sf = 95,5 %	Sc = 85 %
B3 : 29.04.87	Sf = 98,3 %	Sc = 90,5%
Moyenne	..... 97,8 %	89 %

1er cas : Si toute la mortalité a eu lieu en cours d'élevage, la survie à l'ensemencement a été de 100 % dans les 3 cas. La différence entre 100 % et la survie observée en cage provient uniquement de la mortalité due au "stress cage". Ainsi :

$$Sc = Ss \cdot Se^c$$

quand  $Se = 100 \%$ ,  $Ss = Sc$   
d'où  $Ss = 0,89$

2ème cas : Si toute la mortalité a eu lieu à l'ensemencement, la survie réelle à l'ensemencement a été la même que la survie finale (c.a.d. 99,7 %, 95,5 % et 98,3 % respectivement). La survie en cage s'écrit :

$$Sc = Ss \cdot Se^c$$

La survie à l'ensemencement  $Se$  et le coefficient  $c$  étant tous deux très proches de 1, on peut considérer que  $Se^c$  est peu différent de  $Se$

La survie "stress cage" s'écrit alors :

$$Ss = \frac{Sc}{Se} = \frac{0,89}{0,978} = 0,91$$

La survie "stress cage" est dans tous les cas comprise entre ces 2 chiffres: 0,89 et 0,91. Nous l'approximerons donc à 0,90.

Dans l'équation (5), il ne reste plus que 2 inconnues :

Y et  $S_m$ .

### II. Résolution de l'équation (5): Détermination de y et de $S_m$ .

Pour des conditions relativement standard et des durées de prégrossissement voisines on peut assimiler le terme  $(S_m)^n$  à une constante inconnue.

Alors (5) est de la forme :

$$A = B^y \cdot D \quad (y \text{ et } D \text{ inconnues})$$

En utilisant une transformation logarithmique, on obtient :

$$\begin{aligned}\text{Ln A} &= \text{Ln} (B^y \cdot D) \\ &= y \text{ Ln B} + \text{Ln D}\end{aligned}$$

avec A = Survie finale

$$B = \frac{\text{Survie cage}}{0,9}$$

Une régression linéaire de Ln A sur Ln B va donner :

$$\begin{aligned}\text{Pente} &= y \quad \text{coefficient correcteur (1/c)} \\ \text{Ordonnée à l'origine} &= \text{Ln D} = \text{Ln} (S_m)^n\end{aligned}$$

## RESULTATS

Sur 13 couples de données la régression linéaire nous donne un coefficient de corrélation  $r$  de 0,818. Lorsqu'on le teste, ce résultat est significatif pour un risque d'erreur  $\alpha < 0,1 \%$ .

On obtient :

$$\begin{aligned}S_m &= 95,9 \ \% \\ y &= 0,806\end{aligned}$$

L'équation finale s'écrit :

$$S_{\text{finale}} = \left( \frac{S_{\text{cage}}}{0,9} \right)^{0,806} \cdot 0,959^n$$

$$\text{et } S_{\text{ens}} = \left( \frac{S_{\text{cage}}}{0,9} \right)^{0,806}$$

$$S_{\text{mens}} = 95,9 \ \%$$

## COMPTE RENDU D'EXPERIENCE N° 3

### ANALYSE COMPAREE DE DEUX METHODES D'EVALUATION DE L'EFFECTIF DE LA POPULATION EN BASSIN

#### 1. BUT

Le contrôle de l'effectif de la population n'est pas directement réalisable sur des élevages gérés en mode continu. Cet inconvénient propre au système occasionne un manque de données bilan sur l'effectif de la population en cours d'élevage. Il en résulte une mauvaise connaissance du stock dans les bassins, paramètre indispensable à la gestion d'une exploitation car il permet :

- de cerner essentiellement le problème de la ration alimentaire.
- d'apprécier la survie.
- d'envisager des prévisions de production.

Pour contourner cette faiblesse d'un système largement pratiqué par les aquaculteurs de la zone Antilles-Guyane, il faut avoir recours à des techniques d'évaluation du cheptel applicables en phase d'élevage. Il existe des moyens qualitatifs basés essentiellement sur l'utilisation des histogrammes de fréquence des tailles. Les autres sont quantitatifs et s'assimilent plus étroitement à de véritables méthodes d'estimation.

Deux des méthodes disponibles déjà existantes ont été expérimentées sur la station de Kourou entre 1987 et 1988 de manière à être testées avant d'être transférées en tant qu'outil exploitable par les éleveurs. Ces deux méthodes d'application largement différentes sont celles de :

- marquage-recapture ou méthode de PETERSEN
- pêches partielles successives ou méthode de KERSUZAN, dérivée de celle de DE LURY.

L'objectif de cette étude vise à dégager quelques règles générales sur le degré de précision de chaque méthode, mais aussi de déterminer la fiabilité et les contraintes spécifiques de chacune d'elle dans leur utilisation pratique.

#### 2. MATERIEL ET METHODES

##### 2.1 MATERIEL

Les bassins sont ceux de la station expérimentale de Kourou, leur forme est rectangulaire, leur surface est de 2500 m<sup>2</sup> sauf pour B1 : 500 m<sup>2</sup>. Ils ont été gérés selon différents modes d'élevage (continu, phase 1 de grossissement discontinu, géniteurs) ce qui entraîne des structures de population très variées.

Le filet d'échantillonnage utilisé pour construire l'histogramme de taille de la population totale est un filet de maille 4 mm. Le filet de récolte est le plus souvent d'une maille de 22 mm et sélectionne efficacement à partir de la classe de taille 90-94 mm. Il peut être également de maille 25 mm et sélectionne alors à partir de la classe de taille 100-104 mm.

## 2.2 METHODES

### 2.2.1 Méthode de marquage-recapture (PETERSEN)

#### Principe

Parmi une population  $N$  à évaluer, on marque  $M$  chevrettes, qui sont relâchées dans le bassin. Après dilution des animaux marqués dans la reste de la population, on procède à une pêche non sélective d'un échantillon  $C$  de la population. Soit  $R$ , le nombre d'animaux marqués recapturés. On fait alors l'hypothèse suivante :

$$\frac{M}{N} = \frac{R}{C}, \text{ d'où } N = \frac{MC}{R}$$

#### Conditions d'application

1. Pas de variation de  $N$  pendant l'estimation.
2. Tous les animaux ont la même probabilité d'être capturés lors de la première capture.
3. Le marquage n'affecte pas la "capturabilité" de l'animal.
4. Les animaux marqués sont répartis au hasard dans la population des non marqués.
5. La marque persiste entre les captures.
6. S'il y a mortalité chez les marqués, celle-ci est connue.

#### Marquage

Il se fait par section du tiers inférieur de l'uropode droit. Il n'est pas obligatoire de marquer tous les individus capturés à la première pêche. Il est d'ailleurs préférable d'éviter de marquer les individus mous et ceux de petites tailles pour éviter les mortalités post-manipulatoires. Par contre, ils doivent tous être recomptés à la recapture.

Le nombre d'animaux à marquer et à recapturer est dépendant d'une approximation préalable de l'effectif de la population étudiée. Elle repose sur l'historique du bassin depuis son premier ensemencement et prend en compte toutes les récoltes d'animaux ainsi que les mortalités théoriques jusqu'à l'évaluation. Cette estimation s'affranchit d'une grande précision.

Des abaques proposent ainsi différentes combinaisons pour le nombre d'animaux à marquer et à recapturer en fonction de la précision recherchée (ROBSON et REGIER, 1964).

Les animaux sont stockés en cage pendant le marquage avant d'être relâchés simultanément au centre du bassin après décompte des morts éventuels.

### Recapture

Elle est effectuée ou 24 ou 48 heures plus tard (délai pour la dilution correcte des animaux marqués) avec la même senne d'échantillonnage et en différents endroits du bassin.

La bonne dilution des animaux marqués peut être vérifiée au moyen d'un test de Chi carré. La vérification de l'hypothèse d'homogénéité renforce la validité de l'estimation; son rejet traduit une perte de précision. L'intervalle de variation autour de l'estimation est fourni par les abaques de ROBSON et REGIER et peut être choisi à  $\pm 10\%$ ,  $\pm 25\%$ ,  $\pm 50\%$  en admettant 5% de risque d'erreur.

Si l'approximation préalable n'est pas réalisable, le nombre d'animaux à marquer et à recapturer est dépendant des moyens humains dont on dispose. L'intervalle de confiance autour du N estimé est alors calculé selon les méthodes proposées par RICKER (1975).

### Temps de travail

En moyenne pour des bassins de 2500 m<sup>2</sup> et des populations de 7000 individus, il faut consacrer 2 h 30 à quatre personnes pour le marquage et 2 h pour la recapture.

La méthode de marquage au bleu de méthylène semble moins consommatrice en temps de travail. Elle n'a pas été testée ici.

## 2.2.2 Méthode des pêches partielles successives (KERSUZAN)

### Principe

Il faut disposer d'une représentation de la population en classes de taille. Elle est obtenue par une pêche au filet d'échantillonnage de maille 4 mm (figure 1).

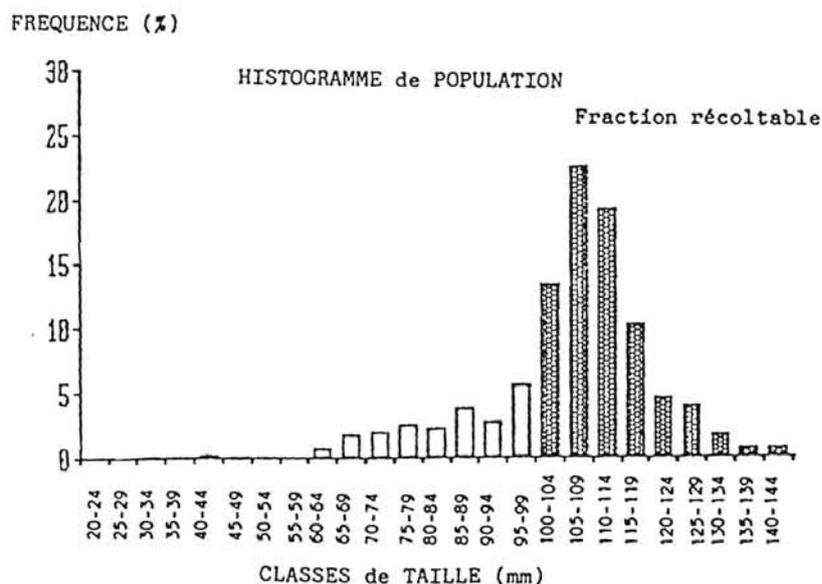


Figure 1 : Fraction de la population totale récoltable au filet de 25 mm.

Ces données acquises, il reste à réaliser les pêches partielles successives. Le passage d'un filet à mailles sélectives extrait du bassin une certaine fraction de la population. C'est la première pêche commerciale. La structure de ce lot d'animaux récoltés est analysée en construisant un nouvel histogramme des tailles par prélèvement d'un échantillon représentatif de cette P1.

La pêche commerciale 2 est réalisée de la même manière et soumise à une analyse identique. Les graphes obtenus permettent de déduire la taille "récoltable" ou classe de référence, qui est la classe de taille à partir de laquelle, le filet prélève massivement les animaux. Cependant la technique de pêche ne permet pas d'avoir une efficacité de 100 % . Celle-ci se traduit par :

$$\text{Eff.1} = \frac{N1}{Nt}$$

$$\text{Eff.2} = \frac{N1}{(Nt - N1)}$$

avec      Eff.1 = efficacité de pêche au 1<sup>er</sup> coup de filet.  
           Eff.2 = efficacité de pêche au 2<sup>ème</sup> coup de filet.  
           N1    = nombre d'animaux dans la P1.  
           N2    = nombre d'animaux dans la P2.  
           Nt    = effectif du bassin inconnu.

En prenant l'hypothèse nécessaire que l'efficacité reste constante aux deux coups de filet, il est possible d'écrire :

$$\text{Eff.1} = \text{Eff.2}$$

(KERSUZAN, PY., et al, 1988)

ce qui permet de calculer l'efficacité :

$$\text{Eff.} = \frac{N1 - N2}{N1}$$

Cependant le calcul de l'effectif total ne fait intervenir que les classes récoltables, donc les classes supérieures à la classe de référence. Le pourcentage que représente ces classes totalement capturées dans l'histogramme de récolte 1 est :

$$\% \text{ tot cap} = \sum_{i=\text{ref}}^{i=\text{max}} \frac{Ni}{N \text{ tot P1}}$$

où Ni correspond aux effectifs dans la récolte 1.

La figure 2 permet d'apprécier la sélectivité d'un filet de maille 25 mm:

- très peu d'individus da taille inférieure à 95 mm.
- peu d'individus dans la classe 95-99 mm.
- beaucoup d'individus à partir de la classe 100-104 mm.

La classe de référence pour ce filet est donc 100-104 mm.

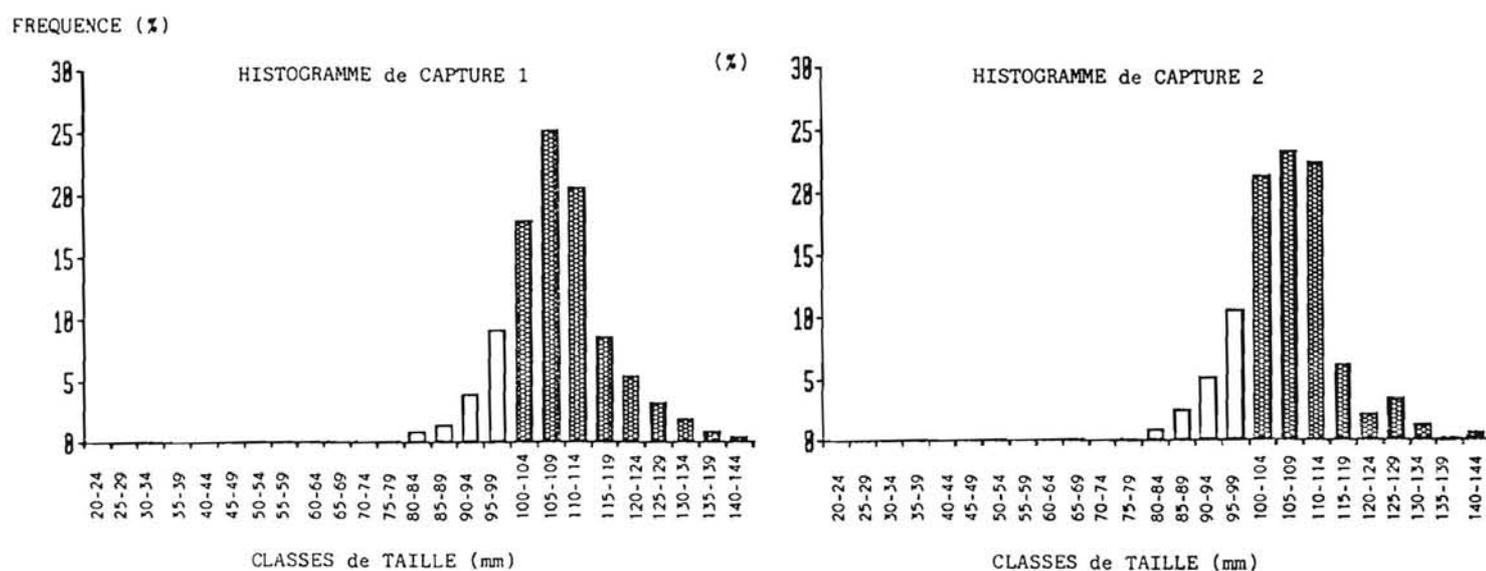


Figure 2 : Fraction récoltable de la population dans les deux pêches commerciales.

Par ailleurs, l'effectif de la population disponible lors de PETERSEN pêches cumulées n'est représenté que par les classes prises à 100 %, d'où :

$$N'd = \frac{N_d \cdot \% \text{ tot cap}}{100}$$

Cet effectif correspond au résultat que devraient fournir les deux pêches commerciales si elles étaient réalisées avec 100 % d'efficacité et avec une sélectivité parfaite. Cette fraction théoriquement récoltable rapportée à l'histogramme de la population totale permet de déduire une estimation de l'effectif global du cheptel.

D'où le pourcentage que représentent les classes totalement capturées dans la distribution des fréquences de taille de la population :

$$\% \text{ tot cap/Pop} = \sum_{i=\text{ref}}^{i=\text{max}} \frac{N_i}{N \text{ tot Pop}}$$

où  $N_i$  correspond aux effectifs dans la population.

Enfin, l'effectif total de la population du bassin est :

$$N = \frac{N'd \cdot 100}{\% \text{ tot cap/Pop}}$$

### Conditions d'application

- 1.Stratégie d'échantillonnage fiable pour fournir un échantillon représentatif de la population.
- 2.Moyens techniques et humains invariables pour garantir une constance de l'efficacité de pêche aux deux récoltes successives.
- 3.Le passage du premier coup de filet n'affecte pas la capturabilité de l'animal.
- 4.Conservation de la même sélectivité du filet entre la P1 et la P2.

### Temps de travail

Le temps nécessaire pour la construction d'un histogramme de fréquences des tailles de la population est de 1 h à 1 h 30, à quatre personnes pour un bassin de 2500 m<sup>2</sup>. Les pêches commerciales 1 et 2 requièrent environ 3 heures. Ces histogrammes complémentaires s'avèrent inutiles quand la sélectivité du filet est bien connue.

### 3. RESULTATS

Ils sont récapitulés dans le tableau 1 par ordre chronologique. 5 estimations ont été réalisées selon la méthode de KERSUZAN; 6 selon celle de PETERSEN. Tous les bassins ont été vidangés pour vérifier ces évaluations d'effectif. Parmi eux, seul B1 (500 m<sup>2</sup> - élevage monosexé) présentait une population plus réduite (1466 individus), la moyenne d'effectif des autres bassins (2500 m<sup>2</sup>) étant d'environ 7000 animaux.

La comparaison des deux méthodes d'estimation n'est nullement compromise par cette différence, ni même par celle concernant les modes de gestion du cheptel, étant donné que ces estimations reposent sur une méthode de calcul identique.

La méthode de KERSUZAN s'appuie sur une forte proportion d'animaux récoltables : 40 % en moyenne. La moyenne algébrique des écarts estimation-vidange est de 1,64 % et peut s'interpréter comme une dérive modérée de cette méthode (voir tableau 1).

Les estimations suivant la méthode de PETERSEN ont requis en moyenne le marquage de 12 % de la population (voir tableau 1). La moyenne algébrique des écarts estimation-vidange est de -13 % et semble indiquer une tendance de cette méthode à la sous-estimation de l'effectif réel de la population. La mauvaise dilution des animaux dans la bassin pourrait être à la l'origine de cette dérive négative.

Enfin quand les méthodes sont employées successivement sur la même population, on observe une plus grande précision de la méthode de PETERSEN dans 2 cas sur 3.

## 4. DISCUSSION

### 4.1 OBSERVATIONS SUR LA METHODE DE KERSUZAN.

Dans cette méthode, il n'apparaît pas de proportionnalité entre le pourcentage d'animaux récoltables et la précision de l'estimation. Cette observation est un peu surprenante car on pouvait légitimement s'attendre à ce que plus on capture d'animaux, plus l'estimation serait précise. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'un point de faiblesse de cette méthode soit l'hypothèse de constance sur l'efficacité de pêche. Ainsi, même lorsqu'une fraction importante de l'effectif est capturée (78,5 % pour la manip n°4), le biais sur l'estimation de l'effectif reste conséquent et peut être dû à une variation trop marquée de l'efficacité de pêche.

C'est une contrainte permanente de cette méthode qui ne peut être atténuée qu'avec une mise en oeuvre invariable des moyens techniques et humains. Toutefois, indépendamment de la stratégie de pêche, il sera difficile de contourner la perturbation que provoque le premier passage du filet sur la population. Cet effet pourrait être à la limite d'un bouleversement ayant pour conséquence directe une récupération d'un plus grand nombre de petits animaux à la P2. Cette source de variabilité influence l'efficacité de pêche en la diminuant et par le jeu des rapports dans les calculs, majore considérablement l'effectif estimé.

La seconde pêche reste cependant nécessaire pour la mesure de l'efficacité et la confirmation de la sélectivité.

### 4.2 OBSERVATIONS SUR LA METHODE DE PETERSEN.

Les résultats acquis n'indiquent pas de relations entre le pourcentage d'animaux marqués et la précision de l'estimation. Il n'est donc pas indispensable de s'astreindre à un marquage massif des animaux, même si cette étape n'est source d'aucune variabilité étant donné qu'elle est peu sensible aux opérateurs. L'inconvénient majeur sur le marquage concerne surtout les animaux qui subissent un stress non négligeable. Il peut être atténué en ne marquant qu'à partir d'une classe de taille donnée de la population.

Coûteuse en temps, cette méthode d'évaluation semble cependant sous-estimer les effectifs réels. Cette tendance minorante est retrouvée dans les résultats de la station IFREMER de Tahiti. 14 estimations effectuées en 1986-87 sur des populations plus importantes (15000 à 47000 individus) ont restitué une moyenne algébrique des écarts estimation-vidange de -2,2 % (AQUACOP et L., ANTOINE, 1987).

Le seul lien discernable pourrait concerner le degré de précision de l'estimation et la correcte dilution des individus marqués dans le bassin. En effet quand l'hypothèse d'homogénéité de répartition des animaux est fortement vérifiée, l'écart entre l'effectif estimé et l'effectif réel est très faible (de l'ordre de 0,1 %). Par contre, la mauvaise dilution se manifeste par un test d'homogénéité impossible à vérifier; l'écart entre l'estimation et la vidange se creuse alors à -22,0 % en moyenne.

Le nombre de résultats obtenus sur la station de Kourou reste cependant trop limité pour ne discerner que les tendances possibles de cette méthode et non les règles générales sur son fonctionnement.

Numéro de manip.	Numéro de bassin et surfaces (m <sup>2</sup> )	Dates manip.	Estimations selon Kersuzan	Estimations selon Pétersen	Effectif réel	Ecart relatif entre Kersuzan et vidange	Ecart relatif entre Pétersen et vidange	% d'animaux récoltables	% d'individus marqués
1	B8 - 2500 m <sup>2</sup>	1/12/86	5678	/////	6282	- 9,6 %	/////	29,5 %	/////
2	B7 - 2500 m <sup>2</sup>	8-16/10/87	10271	8760	8960	14,6 %	- 2,2 %	36,6 %	13,3 %
3	B5 - 2500 m <sup>2</sup>	2-22/2/88	6093	4714	4707	29,4 %	0,1 %	78,5 %	10,6 %
4	B8 - 2500 m <sup>2</sup>	2-9/9/88	8318	8744	10519	-21,0 %	-16,9 %	17,5 %	12,9 %
5	B8 - 2500 m <sup>2</sup>	19-24/1/89	6867	5288	7245	- 5,2 %	-27,0 %	32,7 %	6,9 %
6	B1 - 500 m <sup>2</sup>	31/1-15/3/89	/////	1540	1466	/////	5,0 %	/////	20,0 %
7	B5 - 2500 m <sup>2</sup>	21/2-3/3/89	/////	4852	7594	/////	-36,0 %	/////	9,2 %
					Moyenne	1,6 %	-13,0 %	39,0 %	12,0 %

Tableau 1 : Récapitulatif des estimations selon les méthodes de Kersuzan et de Pétersen.

## 5. CONCLUSION

Cette analyse comparative permet d'appréhender quelques tendances de ces deux méthodes d'estimation d'effectif applicables en mode d'élevage continu. Leurs avantages et inconvénients sont rappelés dans le tableau 2.

Les deux méthodes correspondent à deux démarches différentes :

Pour une estimation d'effectif facilement intégrable à l'activité normale d'une exploitation, peu coûteuse en temps et suffisamment précise pour évaluer globalement une survie et prévoir convenablement la tendance des productions, la méthode de KERSUZAN est la mieux adaptée.

La méthode de PETERSEN réclame une évaluation préalable de l'effectif étudié et fournira sous contraintes de temps et de personnel disponible une estimation assez précise pour pouvoir ajuster la ration alimentaire, quantifier la survie et planifier les productions.

La première méthode est donc mieux adaptée à une application sur les exploitations utilisant le mode de gestion continu, la seconde pouvant être requise pour un besoin particulier de précision (par exemple, comme outil de diagnostic pour une équipe d'assistance technique).

Les résultats fournis par ces évaluations doivent être utilisés comme un indice décrivant la charge biologique d'un bassin mais exigent surtout un recoupement avec les observations acquises en routine sur les exploitations.

	<i>Méthode de Kersuzan</i>	<i>Méthode de Pétersen</i>
<i>Avantages</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- s'intègre à la pêche commerciale</li> <li>- pas d'estimation préalable nécessaire</li> <li>- pas de biais apparent dans l'estimation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- procédure fiable peu sensible aux opérateurs</li> <li>- estimation assez précise si pré-estimation sommaire</li> </ul>
<i>Inconvénients</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sensible au mode de mise en oeuvre</li> <li>- relativement imprécise</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nécessité d'une estimation préalable pour être précise</li> <li>- tendance minorante possible</li> <li>- stress supérieur des animaux</li> </ul>

Tableau 2 : Avantages et inconvénients des 2 méthodes d'estimation de l'effectif d'un bassin pratiqué en Guyane.

## BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- AQUACOP, et L., ANTOINE, 1987. Estimation de l'effectif d'une population de chevrettes *Macrobrachium rosenbergii* par la méthode de PETERSEN. Doc. int.. IFREMER-DRV. 87-004/RA. Tahiti.
- KERSUZAN, PY., L., DE PARCEVAL, and J.C., FALGUIERE, 1988. Biomass estimation of *Macrobrachium rosenbergii* ponds in continuous stocking system on a 27 ha farm in French Guiana. Presented at 19 th. W.A.S. meeting. Hawai Jan. 2-9 1988.
- RICKER, W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board. Canada. 191: 383 pp.
- ROBSON, D.S., and H.A., REGIER, 1964. Sample size in PETERSEN mark recapture experiments. Trans. Am. Fish. Soc. 93 (3) 215-225.

## COMPTE-RENDU D'EXPERIENCE N°4

ETUDE DES PRINCIPAUX PARAMETRES (Oxygène, pH, Température)  
DU MILIEU D'ELEVAGE PENDANT LA SAISON SECHE EN GUYANE  
- SUIVI EN CONTINU  
- INFLUENCE D'UN BRASSEUR OXYGENATEUR MECANIQUE

### 1. BUT

Dans le contexte particulier qu'est la climatologie en Guyane, cette étude des paramètres physico-chimiques qui reflètent les conditions plus ou moins favorables de l'environnement, a pour but de connaître leur comportement, d'appréhender leur évolution et doit ainsi permettre à l'aquaculteur de mieux gérer son milieu d'élevage par leur contrôle et d'anticiper son action en phase critique avec les moyens dont il dispose (renouvellement d'eau, chasse, brassage mécanique, algicide, etc...). Cette étude se déroule en deux parties:

**Première partie :** suivi en continu des trois principaux paramètres physico-chimiques (oxygène dissous, température, pH) d'un bassin de chevrettes en production pendant la saison sèche afin de connaître leurs plages et leur vitesse de variations usuelles et d'apprécier leur hétérogénéité horizontale et verticale au sein du bassin.

**Deuxième partie :** analyse de l'influence du brassage mécanique (Paddle wheel 2,5 cv) sur 2 paramètres physico-chimiques d'un bassin en production pour en déterminer des séquences idéales de fonctionnement en gestion normale du milieu d'élevage et en période de crise.

Cette étude a été réalisée par Vincent GINOT du laboratoire d'hydrobiologie INRA de Kourou.

### 2. MATERIEL ET METHODES

Mesures effectuées du 13 août au 31 octobre (pleine saison sèche).

#### 2.1 Caractéristiques du bassin :

- surface : 2500 m<sup>2</sup>
- profondeur moyenne : 1 mètre (70 cm à l'arrivée d'eau, 150cm à l'évacuation)
- mise en eau du bassin en septembre 86.
- Fertilisation minérale (CaCO<sub>3</sub>) et organique (fiente de poule) en phase de démarrage puis entretien au sulfate de calcium pour maintenir la dureté.
- Bassin géré en système d'élevage continu (restockage tous les 4 mois), bassin en production que l'on peut considérer en régime de croisière avec un milieu d'élevage "stabilisé". charge en chevrettes estimée à 800 kg/ha.
- Renouvellement d'eau : 10 % par jour.

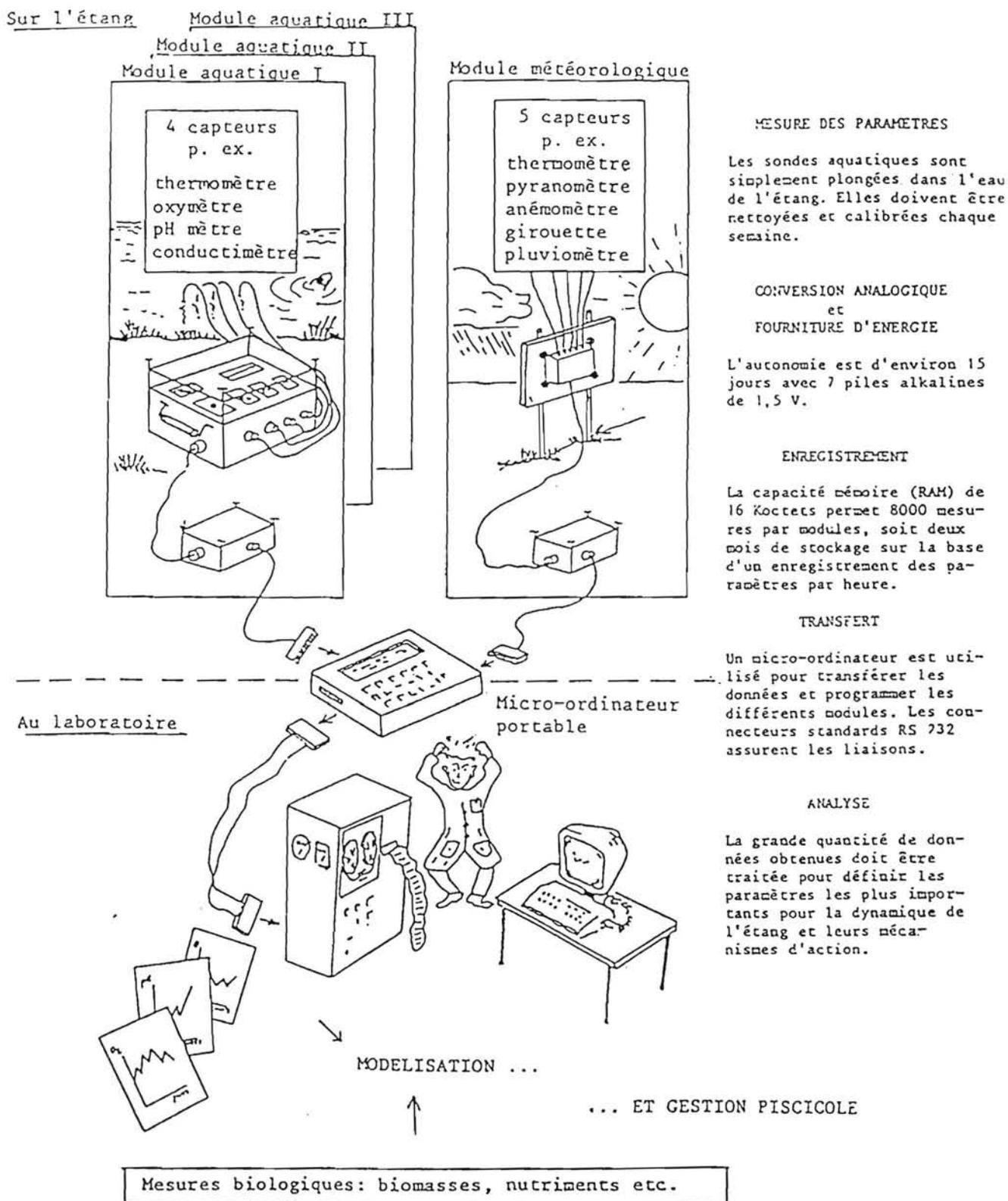


Figure 1: Une chaîne de prise et de traitement des données pour l'étang. La conception est totalement modulaire. Chaque unité, aisément portable, gère 4 ou 5 paramètres. Elles sont autonomes tant pour leur fourniture en énergie que pour le stockage des données. Le micro-ordinateur sert de liaison entre le terrain et le laboratoire.

## 2.2 Matériel de mesure (figure 1)

Le suivi météorologique est effectué au voisinage des bassins à l'aide d'une station automatique. Les mesures prises sont :

- . le rayonnement global en W/m<sup>2</sup> (pile à thermocouples)
- . la température en °C (sonde platine 100 Ω)
- . la vitesse du vent en m/s (anémomètre à dynamo)
- . la direction du vent (girouette à 36 secteurs)
- . la pluviométrie en mm (augets basculeurs)

Le stockage des données est assuré pour une unité du même type que l'unité aquatique (CR 2M).

Le suivi physico-chimique de l'eau est effectué en semi-continu au moyen d'une centrale de mesure PONSELLE de 6 paramètres couplée à une unité de stockage CR 2M. Les mesures effectuées sont celles de température, d'oxygène dissous et de pH.

- . la température en °C (pont bolométrique à résistance platine 100 Ω)
- . oxygène dissous en mg/l (sonde polarographique à membrane semi-perméable dite "sonde de Clarck")
- . pH en upH (électrode de verre plus sonde de référence indépendante sans écoulement)

L'aérateur employé est du type "Paddle wheel" deux roues à aubes entraînées par un moteur électrique de 2,5 CV (1800 W), le tout porté par 2 flotteurs et fixé par des câbles.

## 2.3 Protocoles suivis

### 2.3.1 Mesures de l'évolution temporelle des paramètres en un point donné du bassin

Les sondes sont immergées sur la ligne médiane du bassin à environ 1/3 de la longueur en partant de l'évacuation (zone la plus profonde). Un ensemble température-oxygène-pH est positionné en surface à -40 cm de profondeur et un deuxième ensemble est positionné près du fond à -110 cm de profondeur, soit 10 cm au-dessus du fond représentant un total de 6 capteurs et 2 strates de mesure. Le rythme des mesures est fixé à 20 mn et les sondes sont nettoyées et étalonnées 1 à 2 fois par semaine selon leur degré de salissure.

### 2.3.2 Mesures de l'hétérogénéité verticale et horizontale des bassins.

Les 6 capteurs sont cette fois répartis en trois groupes de deux, chaque groupe comprenant un thermomètre et un oxymètre. Le groupe de surface est fixé à -20 cm, le groupe de milieu à -60 cm et le groupe de fond à 10 cm au-dessus du fond.

La campagne de mesure s'effectue en neuf points (figure 2) dans l'ordre suivant 5, 4, 1, 2, 3, 6, 9, 8, 7 et retour au 5., ce qui nécessite environ une heure. De ce fait une partie de la variance est imputable aux

variations temporelles et non spatiales des paramètres mesurés. On limite ce biais en effectuant les mesures vers 15 H, heure à laquelle les paramètres n'évoluent plus trop vite et où l'on observe en même temps les maximums de stratification. Deux passages au même endroit, en début et en fin d'expérience, permettent de mesurer la variation temporelle des paramètres au cours de cette dernière. Elle est généralement inférieure à 1° C pour la température et à 0,5 mg/l pour l'oxygène ce qui est, les résultats le montrent, inférieur ou égal aux variations horizontales observées.

### 2.3.3 Mesures de l'impact de différentes séquences d'utilisation du brasseur sur l'homogénéisation du bassin et l'évolution des paramètres.

Les capteurs sont placés en arrière du brasseur et légèrement décalés par rapport à celui-ci pour ne pas être directement dans son rayon d'action (figure 2).

Les séquences successives d'utilisation de l'aérateur furent :

- du 17 au 30 septembre : 24 H/24 H
- du 01 au 09 octobre : 0 H/ 6 H
- du 12 au 15 octobre : 14 H/18 H

Pour ces trois séquences, les 6 capteurs sont disposés comme pour les mesures d'hétérogénéité : 3 strates différentes (-20 cm, -60 cm et à 10 cm au-dessus du fond). Deux paramètres sont mesurés : T° C et O<sub>2</sub>. Les mesures ont lieu toutes les 20 minutes.

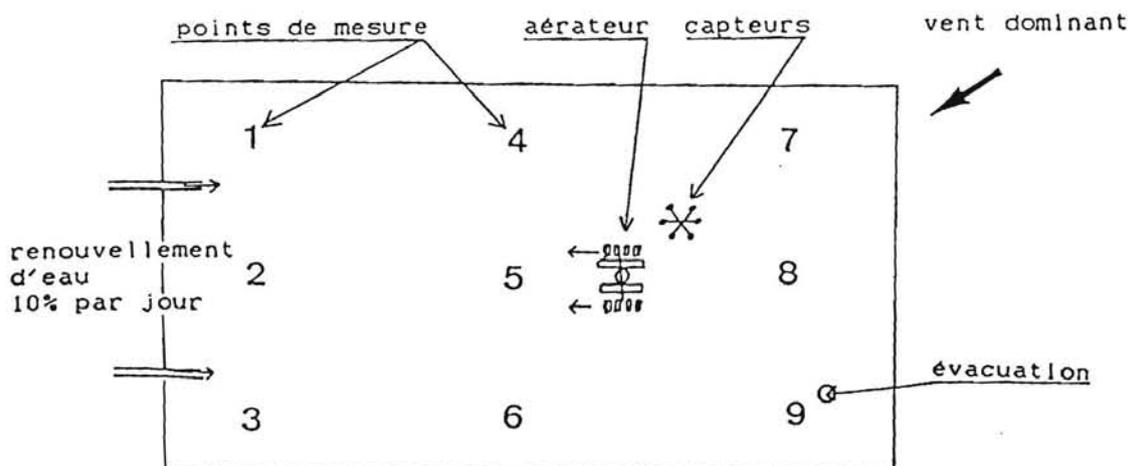


Figure 2 : Position de l'aérateur, des capteurs et des points de mesure pour l'hétérogénéité horizontale.

### 3. RESULTATS ET ANALYSE

#### \* Remarques sur les données météorologiques

Cette expérience a été menée en pleine saison sèche (d'août à octobre 87), période de temps stable, sans temps couvert durable. Ceci explique l'extrême régularité des courbes météo. (cf. comparaison des séquences d'enregistrement météo des périodes du 30.7 au 5.8 et du 21.10 au 25.10).

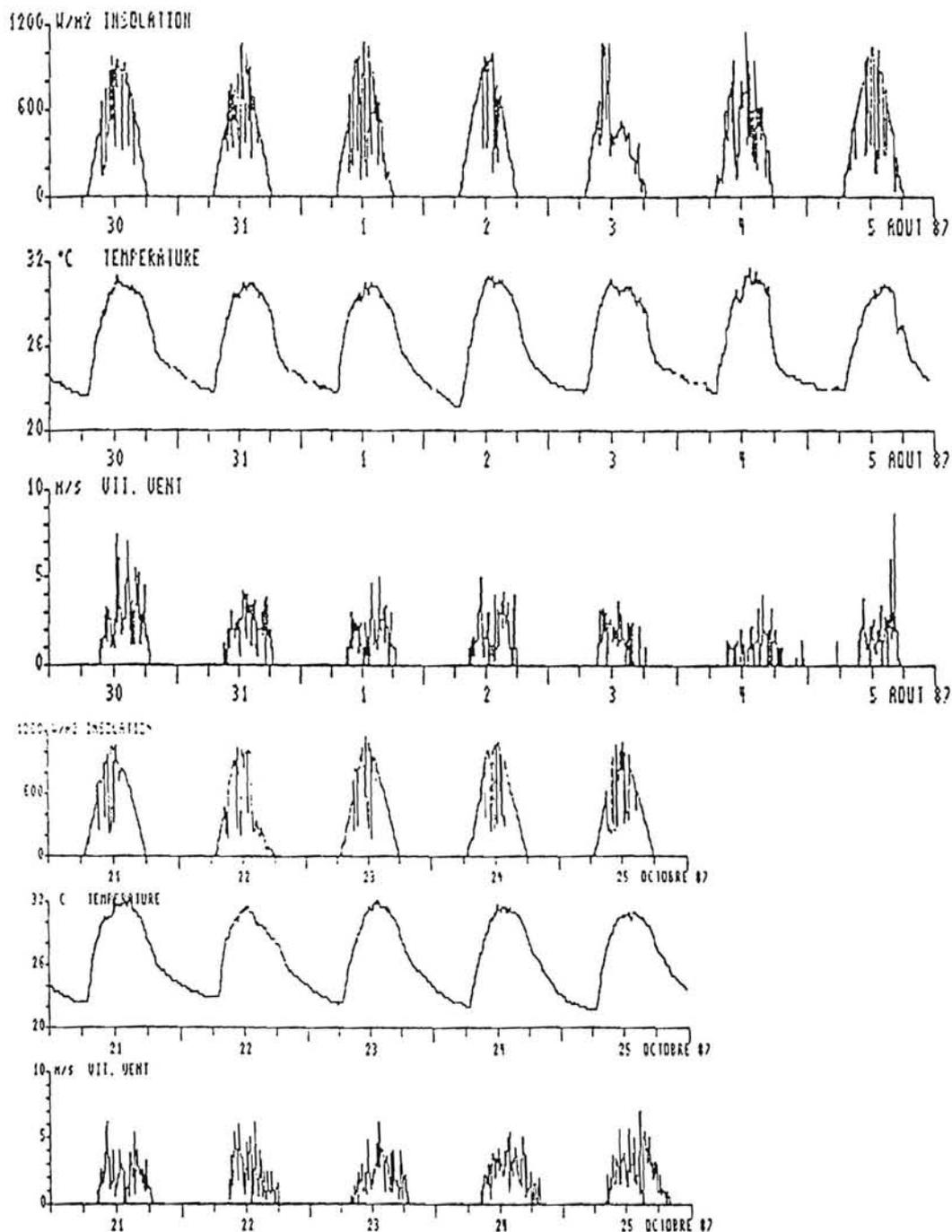


Figure 3 : Comparaison des séquences d'enregistrement météo des périodes du 30.7. au 5.8. et du 21.10 au 25.10. 1988

### 3.1. Variations temporelles des paramètres

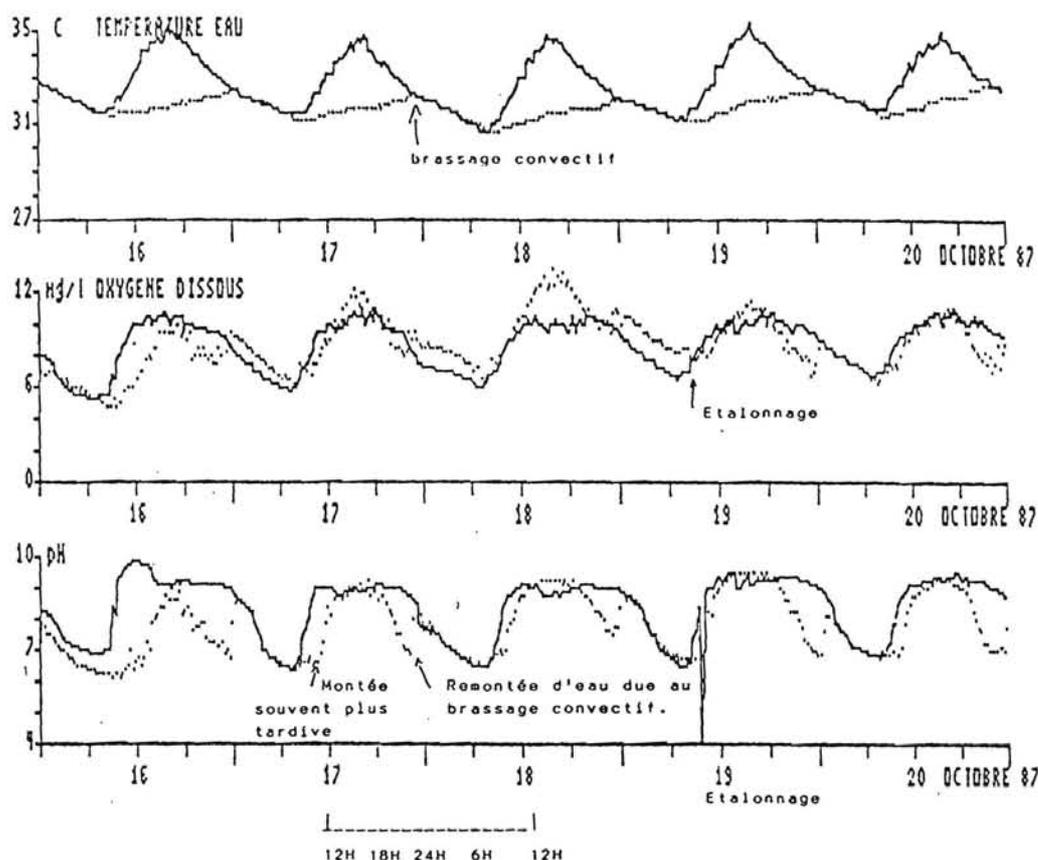


Figure 4 : Séquence d'enregistrement des variations journalières des paramètres physico-chimiques.

#### \* Remarque préliminaire sur le renouvellement d'eau.

Le renouvellement journalier est de l'ordre de 10 %. Les heures de pompage sont dépendantes des heures de marées, ce qui implique :

- . des plages de pompage qui évoluent dans le temps d'un jour à l'autre.
- . l'impossibilité de pomper en dehors des heures compatibles avec les marées,
- . d'autre part, la mise en route et l'arrêt des pompes se faisant manuellement, les pompages de nuit sont exclus.

On n'observe pas d'influence directe du renouvellement de 10 % sur l'évolution des paramètres au centre du bassin (là où sont effectuées les mesures). En effet, bien que les plages de pompage varient chaque jour, les variations diurnes des paramètres restent identiques, comme le montre la cyclicité tout au long de la séquence de mesure.

Dans l'éventualité d'une crise de pH ce type de renouvellement d'eau est inefficace puisqu'il ne semble pas avoir d'incidence sur l'évolution des paramètres. Dans ce cas, le seul moyen dont dispose l'aquaculteur est la chasse d'eau brutale à condition toutefois de pouvoir compléter rapidement ensuite le niveau d'eau.

L'absence de phase critique en  $O_2$ , tôt le matin et l'impossibilité de pomper en fin de nuit ne permettent pas de conclure sur l'efficacité de ce taux de renouvellement en cas de crise d' $O_2$ .

Le renouvellement d'eau de 10 % doit plutôt être considéré comme un garant de la stabilité physico-chimique du bassin en saison sèche en empêchant le bassin de "s'emballer" par exemple en entravant la croissance phytoplanctonique par un lessivage de l'eau de surface. C'est ensuite à l'aquaculteur de savoir "gérer" son renouvellement d'eau sur l'ensemble de sa ferme en restreignant le renouvellement d'eau des bassins stables au profit des bassins "à crise".

Par contre une station de pompage bien conçue doit pouvoir garantir un renouvellement d'eau de 10 % sur l'ensemble des bassins à tout moment. D'autres exemples ont montré en Guyane qu'en saison sèche un renouvellement continu (même s'il totalise 10 %) ne permet pas d'enrayer les crises de pH. Il semble préférable de posséder une bonne puissance de renouvellement.

On observe la reproductibilité des variations nyctémérales des paramètres physico-chimiques au long de la saison sèche. Cette stabilité s'explique par la constance de la météo et par le renouvellement d'eau de 10 %. Il y a risque de rupture d'équilibre lors de l'absence de renouvellement d'eau pendant quelques jours ou de l'insuffisance du renouvellement amplifié par l'absence de brassage vélique durant cette période.

On remarque également une forte amplitude de variation journalière des paramètres physico-chimiques de surface :

- pH : de 6,5 - 7 à 6 H à 9-9,5 à midi
- $O_2$  : de 6 mg/l à 6 H à 10 mg/l en fin de journée
- T : de 31° C à 6 H à 34°C en fin de journée

Il en est de même pour l' $O_2$  et le pH de fond alors que la température varie peu, environ 1° C, forte inertie de ce paramètre amplifiée par le brassage convectif.

L'évolution du pH se traduit par une courbe de variation de surface unimodale dont l'amplitude varie très rapidement dans le temps. On passe du minimum (à 6 - 7H) au maximum (à 10 - 11H) en 4 heures pour ensuite se maintenir sur un plateau jusqu'en début de nuit 18 - 20 H avant d'amorcer sa décroissance (production de  $CO_2$  par la matière vivante et brassage convectif).

Le pH de fond montre une évolution similaire avec un léger décalage dans le temps (inertie de la colonne d'eau) par contre, il ne présente qu'un léger palier, 12 - 18 H, la décroissance s'amorçant ensuite avec à nouveau un léger pic vers minuit au moment du brassage convectif. Valeur pH identique sur toute la colonne d'eau de minuit à 6 H du matin. Allure bimodale de la courbe pH fond, le brassage convectif se traduisant par une diminution du pH de surface relayée par une augmentation de pH de fond (mise à niveau) pour poursuivre avec une décroissance homogène sur toute la colonne d'eau.

Cette étude montre bien l'intérêt des ensemencements de post-larves dans les bassins d'élevage en fin d'après-midi au moment où la diminution du pH de fond s'amorce et non pas le matin lors de l'augmentation rapide et brutale des valeurs surface et fond.

Les valeurs en oxygène dissous sont en permanence comprises dans une fourchette favorable avec un minimum entre 5 et 6 H (valeur de fond 5 mg/l) et un maximum atteint en début d'après midi, les valeurs se maintiennent ensuite sur un palier (niveau supérieur) jusqu'en fin d'après midi avant de s'infléchir. En fait, la courbe paraît tronquée au niveau du pic comme si les valeurs avaient atteint un seuil limite supérieur. On assiste à un phénomène de photo-inhibition en surface aux heures les plus chaudes, 12 - 16 H de la journée. La courbe s'infléchit ensuite (arrêt de production d'oxygène par photosynthèse avec le déclin de la luminosité). Tout le milieu devient consommateur, homogénéisation des valeurs sur toute la colonne d'eau par brassage convectif. Le minimum est atteint en fin de nuit, reprise de l'activité photosynthétique avec l'apparition du jour.

L'oxygène de fond suit des variations identiques avec un léger décalage, atteint sa valeur maximale en fin de journée, mais ne présente pas de palier (pas de désaturation ni de photo-inhibition sur le fond du bassin) pic bref auquel succède une diminution progressive marquée par un sursaut (0,5 mg/l) au moment du brassage convectif à partir de 0 H. Les valeurs de fond suivent alors une évolution identique à celles de surface.

Très grande amplitude de variation de la température de surface avec un gain de 5°C entre 6 H et 18 H et des pics à 35°C. Les animaux qui vivent sur le fond n'ont pas à subir ce gradient thermique puisque l'on observe une relative stabilité des températures de fond qui avoisinent l'optimum thermique avec toutefois une légère augmentation (gain de 1° C) au moment du brassage convectif des masses d'eau.

### 3.2. Hétérogénéité verticale et horizontale des paramètres

4 campagnes de mesures ont été effectuées, bassin au repos (pas de renouvellement pendant les mesures) aux heures les plus chaudes.

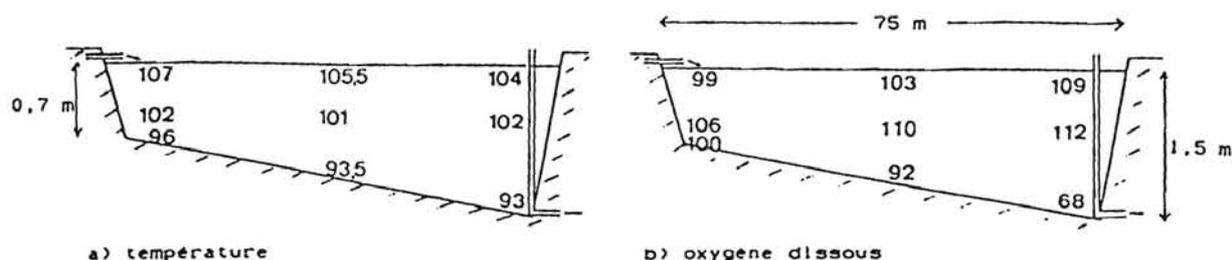


Figure 5 : Résultat des mesures d'hétérogénéité

La base 100 représente la moyenne globale du bassin pour le paramètre considéré. Les différences latérales étant apparues comme minimes, inférieures à 2 % quelle que soit la couche d'eau, le bassin d'une largeur de 30 mètres sera considéré comme latéralement homogène.

#### a) Température

On note le léger gradient négatif de l'arrivée d'eau vers l'évacuation. Cette hétérogénéité horizontale ne dépasse cependant pas 4 % soit environ 1°C entre les valeurs minimales et maximales observées et ce quelle que soit la couche d'eau (surface-milieu-fond). Ce léger gradient peut s'expliquer par un réchauffement plus rapide dû à la faible hauteur d'eau au point haut, alors que la partie basse du bassin offre une plus grande inertie. Toutefois on peut considérer ce type de bassin comme homogène horizontalement dans les conditions de mesures (peu ou pas de vent, pas de renouvellement, ensoleillement important).

Par contre, la stratification (hétérogénéité verticale) est partout de l'ordre de 11 % soit environ 4°C. Les différences fond-surface sont très marquées alors que l'écart surface-milieu n'excède pas 1°C. On observe donc une stratification très marquée aux heures les plus chaudes. Le réchauffement ne concerne que la couche d'eau supérieure (surface-milieu). En l'absence de brassage, la température de fond présente une grande inertie et une grande stabilité.

#### b) Oxygène dissous

Gradient positif du point haut vers le point bas pour les couches d'eau supérieures. De 10 % en surface (1 mg/l) à 6 % au milieu (à 0,6 mg/l), le gradient s'inverse pour les strates du fond.

Le gradient positif des couches supérieures n'est pas complètement expliqué par le gradient inverse de température vu plus haut. En effet, ce dernier ne dépasse jamais 1,5°C ce qui correspond à une différence de solubilité de l'oxygène de 0,15 mg/l. Celle ici observée est dix fois supérieure.

Le gradient inverse (environ 30 %, soit 3 mg/l) pour la strate de fond s'explique par le profil du bassin (hauteur d'eau). A l'arrivée d'eau faible profondeur (-70 cm) le phytoplancton a colonisé toute la colonne d'eau production d'oxygène par la photosynthèse. L'évacuation plus profonde (-150 cm) est plus sujette à l'anoxie, cette partie du bassin étant consommatrice d'oxygène.

Cette hétérogénéité horizontale du fond traduit en quelque sorte la stratification (hétérogénéité verticale) :

- un point à - 70 cm
- un point à - 100 cm
- un point à - 150 cm.

Quant à la stratification, elle n'est conséquente qu'au point bas (évacuation) où elle atteint 40 %, soit près de 4 mg/l.

Au centre du bassin, elle est moindre, de l'ordre de 10 % (1 mg/l) ce que confirme l'étude précédente sur la variation temporelle des paramètres physico-chimiques : aux heures les plus chaudes et malgré l'absence de brassage, la valeur de l'O<sub>2</sub> dissous de fond est voisine de celle de surface quand la photo-inhibition est importante. Dans ce cas de figure, la teneur en oxygène de la couche du milieu (-60 cm) est systématiquement supérieure à celle en surface (-20 cm).

### 3.3 Séquences avec paddle wheel

L'objectif était de tester différentes séquences d'utilisation d'un aérateur de type "paddle wheel" afin de voir son impact sur le brassage et l'oxygénation du bassin.

#### 3.3.1. Fonctionnement en continu du brasseur

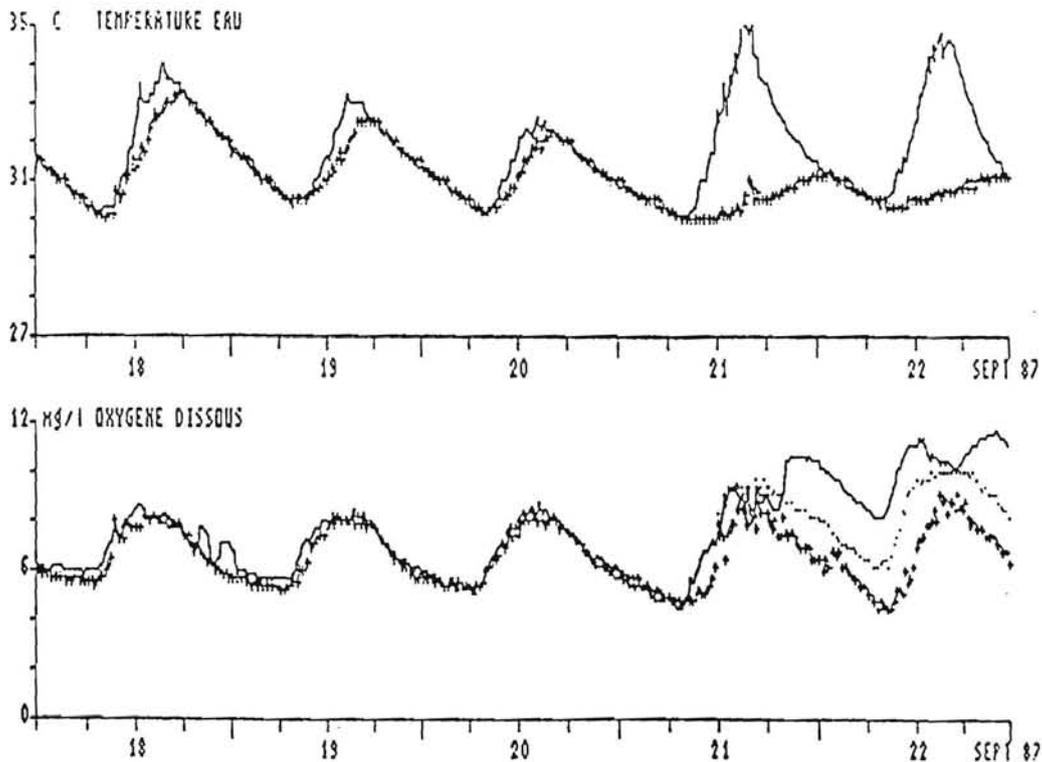


Figure 6 : Séquence d'enregistrement brasseur en fonctionnement continu (arrêt accidentel du brasseur du 21 au 23).

On observe l'homogénéisation totale de la masse d'eau soumise au brassage mécanique. Elle se vérifie en tout point du bassin (campagne de mesures d'hétérogénéité effectuées sur toute la colonne d'eau et sur toute la surface du bassin).

### a) Température

Fusion des températures fond et surface avec nivellement des maxima et augmentation des minima aux heures d'ensoleillement maximum. Une très légère stratification ( $1^{\circ}\text{C}$  environ) s'installe quand même lors du réchauffement des eaux mais disparaît dès 17 heures. Le brassage des masses d'eau se traduit par une moindre amplitude de la variation de la température de surface. Par contre, il pourrait y avoir apparition d'un "risque" température pour les chevrettes, le brassage ayant pour effet de faire passer le fond d'une température stable ( $30-31^{\circ}\text{C}$ ) à une température plus fluctuante ( $29^{\circ}\text{C}$  à  $33^{\circ}\text{C}$ ) et dont l'amplitude thermique peut atteindre  $4^{\circ}\text{C}$ .

L'amortissement des oscillations que l'on observe entre le 18 et le 20 septembre semble plutôt imputable à la météo qui s'est dégradée pendant cette période.

### b) Oxygène dissous

Le brassage des masses d'eau est là aussi bien visible et les trois courbes relatives aux trois profondeurs des capteurs sont rigoureusement superposées. Les remarques faites sur la température sont également valables ici, à savoir essentiellement la limitation des amplitudes journalières (5 à 9 mg/l contre 5 à 12 mg/l sans aérateur).

On observe donc une limitation efficace de la sursaturation aux alentours de 8 à 9 mg/l. Par contre, la désaturation débute dès 16 H (maximum diurne en oxygène dissous sans brassage) et la tombée de la nuit, 19 - 20 H est abordée avec une teneur en  $\text{O}_2$  déjà presque à son minimum d'où un risque de déficit en oxygène dissous en fin de nuit mais l'aérateur intervient efficacement en maintenant l' $\text{O}_2$  à un seuil identique de 5 mg/l observé lors des mesures sans aérateur.

### 3.3.2. Séquence de nuit 0 H - 6H du matin

On observe de la même manière l'homogénéisation totale de la masse d'eau pendant la durée du brassage mécanique, le problème étant que l'on peut difficilement la discerner du brassage convectif.

### a) Température

Similitude parfaite entre les mesures effectuées bassin au repos et celles effectuées avec une séquence de fonctionnement 0 H - 6H du paddle wheel. Il y a redondance des deux brassages : superposition des deux effets l'un masquant l'autre.

Forte amplitude thermique journalière de la couche de surface ( $30-35^{\circ}\text{C}$ ). Pic de température à 18 H, le réchauffement débute vers 7-8 H avec le début du jour, accroissement linéaire jusqu'à 18 H, puis décroissance jusqu'à 6 - 7 H avec homogénéisation des couches d'eau vers 0 H sous l'effet conjoint des brassages mécanique et convectif. Grande stabilité de la température de fond environ  $30^{\circ}\text{C}$  avec un accroissement de  $1^{\circ}\text{C}$  au moment du brassage.

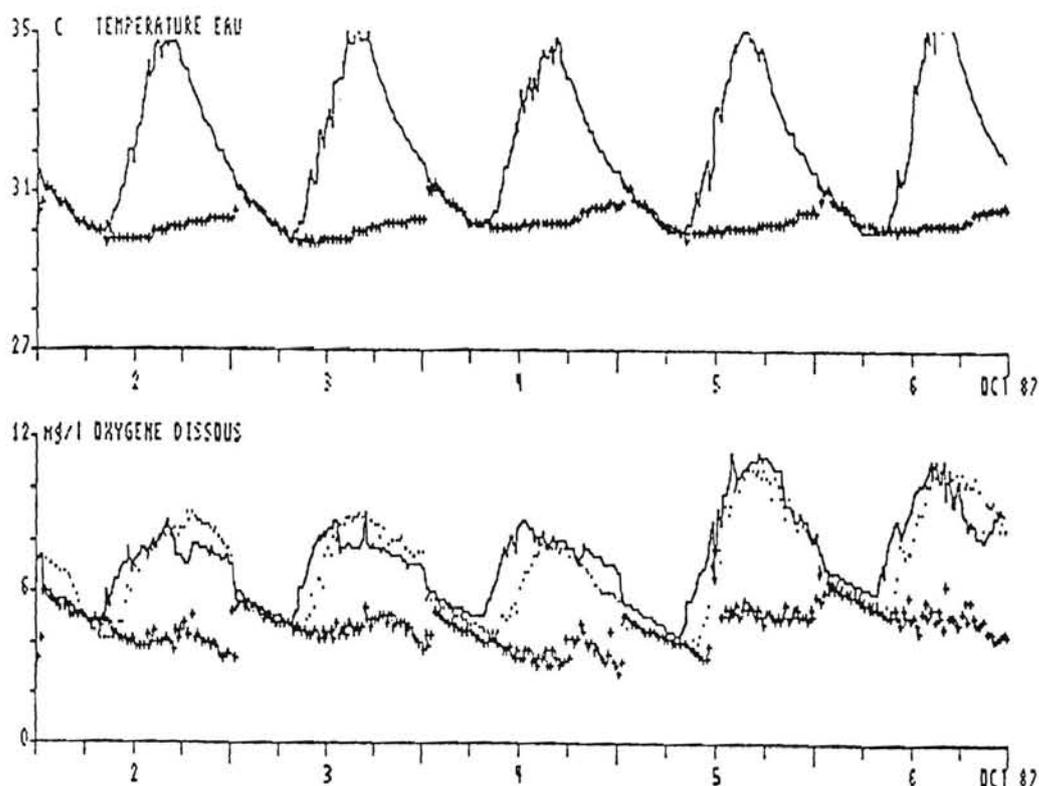


Figure 7 : Séquence d'enregistrement brasseur en fonctionnement discontinu 0 H - 6 H.

#### b) Oxygène dissous

Même remarque pour la tranche horaire 0 H - 6 H que la température, c'est à dire, juxtaposition du brassage mécanique et du brassage convectif mais là s'arrête la similitude avec les conditions de mesure bassin au repos.

En effet, dans le cas présent, on observe une forte stratification entre la couche moyenne, la couche de surface d'un côté et le fond de l'autre, alors que cette différence n'existait pas dans les variations journalières d'un bassin au repos. La stabilité des valeurs de fond à un niveau inférieur en oxygène dissous pourrait résulter d'un effet secondaire de la séquence à 0 H-6 H du brasseur.

La mise en mouvement par brassage du bassin aux heures où la production d'oxygène est la plus faible entraîne, malgré la reprise de l'activité photosynthétique de surface, la surconsommation d'oxygène dissous sur le fond par des phénomènes de bioturbation (remise en suspension des boues et des particules organiques au voisinage du fond) d'où un surcroît d'oxydation pendant que les particules sédimentent à nouveau.

Le démarrage du brassage mécanique profitera aux valeurs de fond (gain de 2 mg/l à 0 H) puis perte progressive de cette acquisition jusqu'au lendemain avec toutefois un sursaut en fin de journée.

### 3.3.3. Séquence d'après-midi 14 H - 18 H

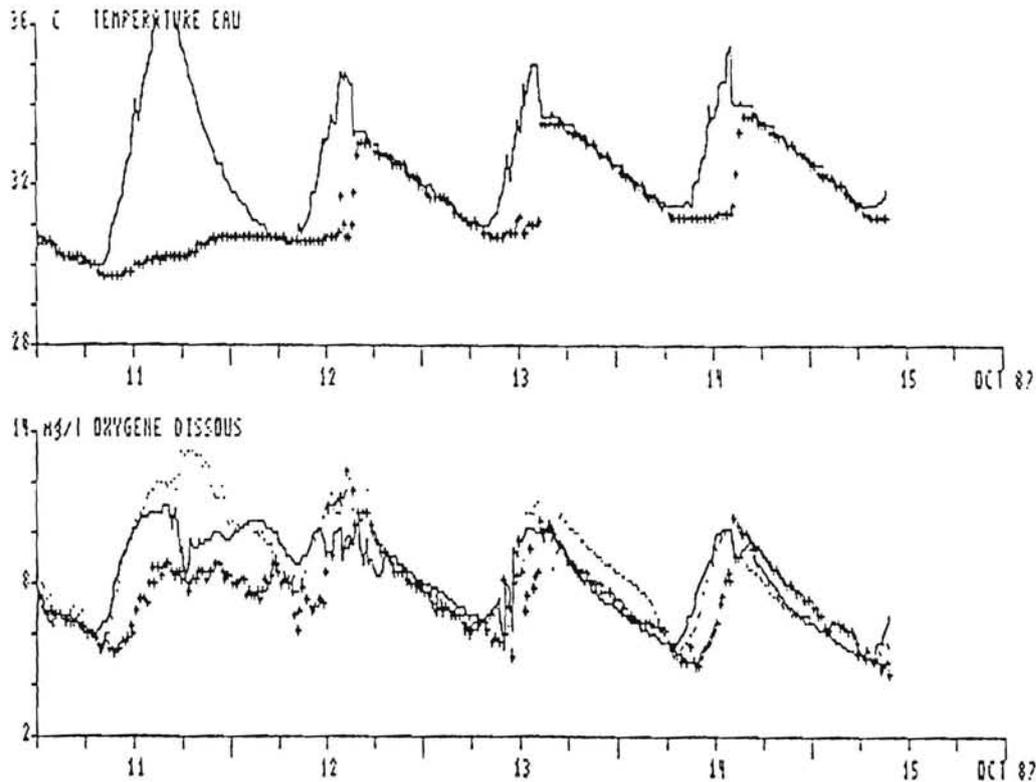


Figure 8: Séquence d'enregistrement brasseur en fonctionnement discontinu 14 H - 18 H.

L'homogénéisation des masses d'eau au moment où la stratification est la plus importante a lieu en moins d'une heure.

#### a) Température

Cette déstratification rapide (la surface perd 1°C, le fond en gagne 3) pourrait provoquer des stress par choc thermique chez les animaux en mue et les juvéniles (la température pouvant atteindre des valeurs voisines de 34°C). Puis décroissance linéaire jusqu'aux valeurs minimales atteintes en fin de nuit, le brassage convectif semblant maintenir l'homogénéisation de la colonne d'eau. Ensuite jusqu'au démarrage du paddle wheel les températures surface et fond évoluent chacune comme dans la situation d'un bassin au repos, c'est-à-dire, forte amplitude de variation pour la température de surface et stabilité relative de la température de fond.

#### b) Oxygène dissous

Même remarque que pour la température, c'est-à-dire homogénéisation des couches d'eau sur laquelle se greffe la désaturation linéaire de la masse d'eau, donc pas de palier avec maintien au maximum.

On observe un pic éphémère aux alentours de 10 mg/l vers 15-16 H avec l'homogénéisation de la couche d'eau, puis la désaturation débute et se prolonge jusqu'à la tombée de la nuit, le bassin est ensuite consommateur. Diminution de la teneur jusqu'en fin de nuit 6 - 7 H, le brassage convectif maintenant une bonne homogénéisation de la couche d'eau, les valeurs en O<sub>2</sub> surface, milieu et fond suivant ensuite les variations observées en l'absence de brasseur jusqu'au démarrage de celui-ci.

#### 4. DISCUSSION

Dans un environnement stable, c'est-à-dire une météo régulière (saison sèche), un renouvellement constant de 10 % par jour, un milieu d'élevage stabilisé (bassin relativement âgé, en régime de croisière), on observe la reproductibilité des variations nyctémérales des principaux paramètres physico-chimiques du bassin. Cet équilibre est cependant précaire. La saison sèche étant considérée comme potentiellement à risque comme le démontre les suivis effectués : les maxima observés en pH (9 - 9,5) au cours des mesures correspondent aux limites supérieures autorisées pour l'élevage, les valeurs relevées en oxygène dissous jusqu'à 12 mg/l, c'est-à-dire une forte sursaturation, laissent entrevoir de gros risques de bloom phytoplanctonique. Le maintien de cet équilibre nécessite une gestion rigoureuse de la part de l'aquaculteur avec les outils dont il dispose :

- le renouvellement dont le seuil de 10 % par jour n'est pas une gageure, il est le garant de la stabilité du milieu d'élevage,
- le contrôle de la population phytoplanctonique au moyen de chasse et d'évacuation de l'eau de surface, ou au moyen de brassage mécanique qui, par désaturation de l'oxygène dissous, limite l'accroissement de cette population,
- ce brassage permettant également l'apport d'oxygène dissous quand c'est nécessaire.

Ces suivis de variation ont également mis en évidence l'accroissement brutal des valeurs de pH au cours de la matinée d'où l'importance des ensemencements en fin d'après midi au moment de la décroissance du pH.

Les mesures d'hétérogénéité ont montré qu'en l'absence de renouvellement et aux heures les plus chaudes, hormis les valeurs d'oxygène dissous de fond, ce type de bassin peut être considéré comme horizontalement homogène. Par contre, on observe une forte stratification (hétérogénéité verticale) en température et en oxygène dissous (au point bas uniquement) pouvant entraîner des risques d'anoxie.

Les expérimentations pour l'analyse de l'influence du brassage mécanique s'étant déroulées dans un environnement favorable (conditions ne nécessitant pas de système d'aération), l'impact des différentes séquences testées n'a pas pu être réellement mis en évidence. Toutefois les données retirées apportent de précieux enseignements sur l'intérêt du brassage mécanique en période de crises.

Le fonctionnement en continu du brasseur permet une homogénéisation totale de la masse d'eau, une limitation de la sursaturation aux heures les plus chaudes, (stabilisation de la population phytoplanctonique). Il garantit le maintien du seuil minimum en oxygène dissous en fin de nuit, par contre il entraîne l'apparition par déstratification d'un risque température pour les animaux en faisant passer la valeur de température fond à celle de la surface qui peut atteindre 34 - 35°C en saison sèche aux heures les plus chaudes. Il implique également une grosse dépense d'énergie (électricité) entraînant des coûts importants. Ces mêmes effets bénéfiques mais sans les inconvénients peuvent être apportés par l'utilisation d'une séquence discontinue.

Une plage 11 H - 13 H permettrait:

- l'homogénéisation de la masse d'eau sans entraîner l'apparition d'un risque température
- la désaturation en oxygène dissous, c'est-à-dire un contrôle des montées diurnes en oxygène dissous produit par la population phytoplanctonique garantissant la stabilité des blooms phytoplanctoniques.

Une plage de nuit 0H - 6 H éviterait tout risque d'anoxie. Ce type de fonctionnement nécessite une dépense d'énergie faible et à un coût moindre (l'électricité étant moins chère la nuit).

#### BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- COATANEA, D., B. NGUYEN-THUYET et A. FEBVRE, 1989. Aération, circulation en bassins d'élevage intensif de crevettes peneides : profils remarquables des courbes de teneur en oxygène dissous. Centre Océanologique du Pacifique, BP 7004, Taravao, Tahiti (Polynésie française).
- ENGLE, C.R., 1988. An economic comparison of aeration devices for aquaculture ponds. Department of Agriculture, University of Arkansas at Pine Bluff. Pine Bluff, Arkansas 71501, USA.
- GINOT, V., 1988. Suivi des paramètres physico-chimiques et essais d'aérateur dans les bassins à chevrettes de la station INRA-IFREMER de Kourou, Laboratoire d'hydrobiologie, INRA, BP 709, 97387 Kourou, (Guyane Française).

## COMPTE RENDU D'EXPERIENCE N°5

### INFLUENCE DES CONDITIONS DE TRAITEMENT APRES PECHE ET DE LA CONSERVATION SOUS GLACE SUR LA QUALITE DE LA CHEVRETTE, *Macrobrachium rosenbergii*

#### 1. INTRODUCTION

De nombreux travaux ont été réalisés sur la stabilité des chevrettes congelées (Reddy et al, 1981). Nip et Moy (1979) ont montré que des chevrettes congelées par différentes méthodes et conservées pendant un mois à -15°C, ne présentaient pas de changements significatifs des qualités organoleptiques. Une diminution de ces qualités n'est perceptible qu'après plus de 6 mois. Les chevrettes congelées étêtées sont plus stables que les chevrettes congelées entières (Hule et Waters, 1981).

Le produit frais évolue par contre très rapidement. Cette évolution est beaucoup plus marquée chez les chevrettes que chez les crevettes pénéides car la concentration en lipides y est supérieure (3.18% contre 1.33%), et notamment en acides gras polyinsaturés *w*% vite oxydés (Chanmugam et al, 1983). On distingue 2 types d'altérations:

- l'altération enzymatique qui correspond à une autolyse aseptique du muscle; l'hépatopancrés libère à la mort de l'animal des enzymes qui dégradent les protéines musculaires (Nip et al, 1985),
- l'altération bactérienne: Les réactions chimiques s'arrêtent ou deviennent irréversibles à la mort de l'animal et les cellules deviennent perméables aux bactéries qui y pénètrent et s'y développent, dont notamment des bactéries protéolytiques (Premaratne et al, 1986).

L'altération du produit se traduit au niveau organoleptique par une chair peu ferme après cuisson et qui se dissocie au décorticage.

La procédure optimale de traitement des chevrettes après pêche est connue et enseignée aux aquaculteurs de Guyane depuis 1984 (conférences de l'IFREMER par MM. Durand et Becel). Elle consiste à tremper pendant une vingtaine de minutes, les animaux dès leur sortie du bassin, dans un bain d'eau glacée à raison de 3/5 de glace pour 2/5 d'eau. Les animaux sont ainsi tués par le froid et leur température interne descendue sous +4°C de manière à freiner les réactions enzymatiques. Les animaux sont ensuite égouttés, triés puis conditionnés sous glace dans des boîtes isothermes pour la vente en frais, ou congelés selon les méthodes habituelles. La qualité des chevrettes est ainsi préservée pendant toute la durée des opérations de traitement à la ferme (tri, conditionnement). Le passage instantané des animaux du bassin vers le bain d'eau glacé limite également les contaminations et les multiplications bactériennes.

En Guyane, le manque de glace a entraîné une dérive dans l'application de cette procédure: animaux triés sur berge, dans la boue et au soleil, animaux placés vivants sous glace dans les boîtes isothermes sans passage en bain glacé...

Début 1987, un container de plusieurs tonnes en provenance de la SICA de Guyane est refusé au Havre car les services vétérinaires ont mesuré un taux anormal de bactéries coliformes. Il fallait très rapidement en identifier l'origine pour que ne s'attache pas au produit guyanais une image de produit souillé. Pour cette étude, l'IFREMER a collaboré avec la Direction des Services Vétérinaires pour mettre en place un protocole d'échantillonnage et d'expérimentation pour déterminer l'origine de cette contamination bactérienne et préciser l'importance des conditions de traitement après pêche et de conservation sous glace sur la qualité finale du produit. Le Dr Alain Le Breton a été chargé de l'étude.

## 2. MATERIELS ET METHODES

Dans un premier temps, 34 prélèvements sont réalisés sur des chevrettes livrées par les producteurs à la SICA aquacole, juste avant leur commercialisation. Ces prélèvements, acheminés rapidement à la D.S.V de Cayenne et analysés, forment le lot n°4.

Une deuxième série de prélèvements est faite sur dix pêches effectuées à la ferme expérimentale IFREMER de Kourou. Trois lots d'animaux sont réalisés:

lot n°1: chevrettes tuées en eau glacée puis mises sur glace,

lot n°2: chevrettes mises directement sur glace sans passage en eau glacée,

lot n°3: chevrettes laissées 15 mn sur berge puis mises sur glace.

Les prélèvements sont mis sous glace, acheminés au laboratoire de Cayenne sitôt la pêche terminée et les analyses sont effectuées dès le lendemain matin de leur arrivée. A quatre reprises, une partie du lot n°1 est conservée huit jours en container isotherme, sous glace, avec évacuation de l'eau de fonte. Une source de froid permet de maintenir la température entre 0°C et +4°C. Des analyses journalières sont réalisées sur ce lot.

### Caractères organoleptiques

Les caractères retenus sont ceux utilisés en France pour l'inspection sanitaire des crustacés habituellement présentés sous glace: l'aspect de l'oeil, la fermeté du muscle, l'odeur et l'aspect de la membrane thoraco-abdominale (J.Gousset et G. Tixerant, tableau donné en annexe). Ces critères sont notés de 1 à 5 et la moyenne des résultats obtenus est calculée.

### Caractères chimiques

Sous l'effet combiné des enzymes et des bactéries, les acides aminés des protéines sont dégradés en ammoniacque et en amines (mono-, di- et triméthylamines) que l'on dose dans la chair pour caractériser l'évolution du produit. C'est la mesure de l'azote basique volatile total (ou A.B.V.T.) selon la méthode classique décrite par Pantaléon et Rosset (1962).

### Caractères microbiologiques

Les dénombrements bactériens sont réalisés à partir d'un broyat de queues de chevrettes (intestin compris), par l'ensemencement d'1 ml des dilutions appropriées en eau peptonée. La flore mésophile est dénombrée sur Plate Count Agar après 48 heures d'incubation à 37°C. Les germes coliformes sont recherchés sur milieu désoxycholate, incubé 24 heures à 30°C et à 42°C pour la recherche des coliformes fécaux (Pantaléon 1970). Les germes sulfito-réducteurs sont dénombrés sur milieu S.P.S. après 48 heures à 42°C.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

#### Incidence des conditions de pêche sur la qualité du produit final.

*Tableau 1: Dosage de l'A.B.V.T. et comptages bactériens en fonction des conditions de pêche des chevrettes (l'ABVT est donné en mg pour 100 g de chair et les dénombrements sont exprimés en nombre de germes par gramme).*

LOT DE CHEVRETTES	A.B.V.T	FLORE MESOPHILE	COLIF.	COLIF. FECAUX	SULFITO-REDUCTEURS
N°1	17.1	7.2 10 <sup>4</sup>	17.7	10.8	0.6
N°2	17.7	1.0 10 <sup>5</sup>	33.6	7.0	1.0
N°3	22.2	7.4 10 <sup>6</sup>	64.7	31.4	1.5
N°4 a	18.2	8.6 10 <sup>4</sup>	48.1	30.0	0.5
N°4 b	21.3	1.9 10 <sup>6</sup>	76.9	34.7	0.7

Les résultats consignés dans le tableau n°1 correspondent à la moyenne des dénombrements bactériens et des dosages de l'A.B.V.T. effectués sur les lots 1 à 4.

Pour les 3 lots expérimentaux, une différence nette apparaît entre le lot n°3 et les lots n°1 et n°2. La flore mésophile est 100 fois supérieure, les dénombrements sur milieu désoxycholate ont triplé. Cette différence se retrouve lors du dosage de l'A.B.V.T. Les valeurs restent basses, mais celles du lot n°3 sont sensiblement supérieures. En revanche, les modifications entre les deux premiers lots sont minimales: l'A.B.V.T. et la flore mésophile ont légèrement augmenté pour le lot n°2, alors que les coliformes à 30°C ont doublé.

Cette augmentation du taux d'A.B.V.T. qui correspond à une lyse des protéines musculaires et ce développement bactérien témoignent d'un début d'évolution et d'altération du produit. ces données montrent l'intérêt de saisir les chevrettes en eau glacée pour bloquer les phénomènes enzymatiques post-mortem et les développements bactériens.

Le lot n°4, prélèvements avant commercialisation, a été scindé en deux groupes:

- 4 a: 21 prélèvements de bonne qualité
- 4 b: 13 prélèvements de qualité moyenne.

Cette hétérogénéité confirme la qualité très inconstante du produit commercialisé lorsque le protocole de traitement après pêche n'est pas respecté. Les résultats du groupe 4 b sont équivalents à ceux du lot n°3, lot qui a subi le plus mauvais traitement.

#### Evolution du produit conservé sous glace

##### Caractères organoleptiques:

L'évolution de ces caractères est résumée dans le tableau 2. La membrane thoraco-abdominale s'altère dès le deuxième jour. Les autres paramètres retenus n'évoluent qu'à partir du quatrième jour. Au septième jour, l'aspect extérieur de la chevrette devient médiocre et justifierait un retrait de la vente.

	J 1	J 2	J 3	J 4	J 5	J 6	J 7	J 8
Aspect de l'oeil	1	1	1	1.9	2.7	2.9	3	3
Fermeté du muscle	1	1	1	1	1.6	2	2.4	2.4
Odeur	1	1	1	1	1.4	1.6	2.4	2.4
Memb. th-abdominale	1	1.4	1.6	2	2.4	2.6	3	3.4

*Tableau 2: Evolution des caractères organoleptiques des chevrettes conservées huit jours sous glace, entre 0° C et +4° C.*

##### A.B.V.T et caractères microbiologiques:

L'ABVT augmente lentement les trois premiers jours, puis rapidement le quatrième et le cinquième jour (figure 1), ce qui peut être mis en parallèle avec la modification des caractères organoleptiques. La flore mésophile est 100 fois plus importante après huit jours de conservation du produit sous glace. Corrélativement les germes coliformes doublent, alors que les coliformes fécaux n'augmentent pas. Les résultats des dénombrements bactériens ne répondent plus alors aux normes d'hygiène alimentaire, bien que le produit au départ soit d'excellente qualité.

La répartition des germes dans la partie caudale n'est pas homogène: la partie proximale proche du céphalo-thorax est plus chargée en bactéries que la partie distale. La conservation des chevrettes entières favorise donc la contamination bactérienne de leur chair et leur évolution.

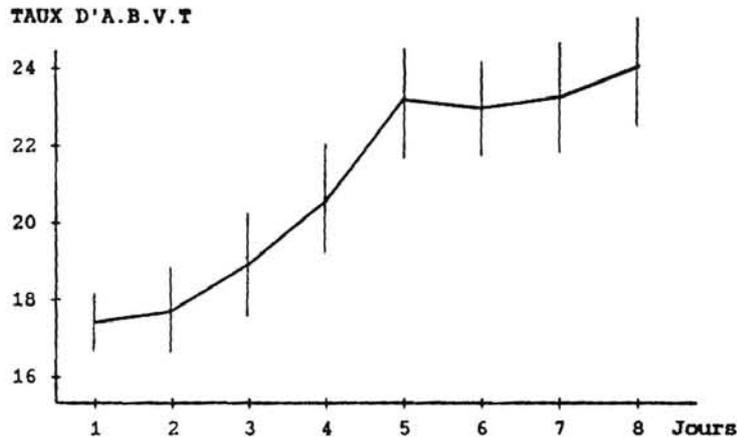


Figure 1: Evolution des dosages d'A.B.V.T. lors de la conservation sous glace

Temps de conservation	Partie caudale	Flore mésophile	Coli-formes	Colif. fécaux
1 <sup>er</sup> jour	proximale	1.1 10 <sup>5</sup>	35.0	24.5
	distale	8.7 10 <sup>4</sup>	12.5	7.5
8 <sup>ème</sup> jour	proximale	1.2 10 <sup>7</sup>	57.5	28.0
	distale	2.3 10 <sup>6</sup>	35.0	5.0

Tableau n° 3: Dénombrements bactériens après un et huit jours de conservation sous glace (dénombrements exprimés en nombre de germes par gramme).

Ces résultats montrent qu'une chevrete gardée sous glace dans de bonnes conditions commence à évoluer au bout de quatre à cinq jours et atteint au huitième jour les normes limites de vente.

Il semble qu'une teneur en A.B.V.T inférieure ou égale à 20 mg pour 100 g correspond à des chevrettes en état de fraîcheur très satisfaisant. Des taux compris entre 20 et 25 mg pour 100 g traduisent des produits ayant subi un début d'évolution. Au delà de 25 mg pour 100 g, les chevrettes sont altérées. Une flore mésophile de 10<sup>5</sup> germes par gramme peut être tolérée ainsi que la présence de 40 à 50 germes coliformes par gramme.

#### 4. CONCLUSION

Le respect des conditions de traitement des chevrettes après la pêche s'avère primordial (tuées en eau glacée le plus rapidement possible puis mises sous glace). Un quart d'heure de berge suffit pour que l'évolution du produit et son altération commence. Ces modifications se font de manière exponentielle. La qualité finale du produit en sera donc très diminuée et sa conservation réduite d'autant. Sous glace et dans de bonnes conditions, la durée de conservation d'un tel produit ne devrait pas excéder cinq jours, d'autant plus que les chevrettes sont présentées non étêtées ce qui favorise leur évolution.

#### BIBLIOGRAPHIE

- CHANMUGAM, P., J. DONOVAN, C.J. WHEELER and D.H. HWANG, 1983. Differences in the lipid composition of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and marine shrimp. J. Food Sci. 48: 1440-1462.
- DURAND et BECEL, 1984. La conservation par le froid des animaux marins. Stage de formation des aquaculteurs membres de l'A.D.A.GUY. Comptendu de la conférence de l'I.S.T.P.M. du 9 mars 1984.
- GOUSSET, J. et G. TIXERANT. Les produits de la pêche - Identification des principales espèces - Appréciation de l'état de fraîcheur. Inf. Tech. des Services Vétérinaires.
- HALE, M.B. and M.E. WATERS, 1981. Frozen storage stability of whole and headless freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii* Marine Fisheries Review. 43: 18-21.
- NIP, W.K. and J.H. MOY, 1979. Effect of freezing methods on the quality of the prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. Proc. World Maricul. Soc. 10:781-768.
- NIP, W.K., C.Y. LAN and J.H. MOY, 1985. Partial characterization of a collagenolytic enzyme fraction from the hepatopancreas of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* J. Food Sci. 50:1187-1188.
- PANTALEON et col., 1970. Hygiène des denrées animales et d'origine animale - Technique de laboratoire. Inf. Tech. des Services Vétérinaires.
- PANTALEON, J. et R. ROSSET, 1962. Contrôle de la qualité et de la salubrité du poisson et des coquillages. A.V.H.A.
- PREMARATNE, R.J., W.K. NIP and J.H. MOY, 1986. Characterization of proteolytic and collagenolytic psychrotrophic bacteria of ice-stored freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* Marine Fisheries Review 48(2):44-47.
- REDDY, S.K., W.K. NIP and C.S. TANG, 1981. Changes in fatty acids and sensory quality of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) stored under frozen conditions. J. Food Sci. 46:353-356.

## ANNEXE

Caractères observés sur la chevrette	Appréciation des caractères				
	1	2	3	4	5
Aspect de l'oeil	noir , brillant		noir ,légèrement terne	terne,début décoloration	terne décoloré
Fermeté du muscle	ferme		légèrement élastique	souple	relâché mous
Odeur	nulle spécifique	douceâtre	faiblement rance	légèrement putride	putride
Membrane thoraco-abdominale	résistante brillante claire	résistante légèrement ternie,claire	flétrie,terne début relâchement entre l'abdomen et le céphalo-thorax	relâchée terne opalescente	relâchée,terne noirâtre chair colorée en arrière du céphalo-thorax

*Barème de cotation des caractères organoleptiques des crustacés conservés sous glace (d'après Gousset et Tixerant).*

DEUXIEME PARTIE

RECHERCHE SUR L'ECOSYSTEME BASSIN DE CHEVRETTE

---

## DEUXIEME PARTIE

# RECHERCHE SUR L'ECOSYSTEME BASSIN DE CHEVRETTES

---

### INTRODUCTION

La méthode d'élevage semi-intensif pratiquée en Guyane repose principalement sur :

- le contrôle du milieu afin de maintenir en permanence une qualité optimale de l'environnement physico-chimique et biologique (principaux facteurs: oxygène, température, pH, dureté, alcalinité, densité phytoplanctonique, aliment artificiel);
- le contrôle du cheptel afin de maximiser simultanément la charge biologique par unité de surface et la croissance.

Les interventions humaines sur le bassin s'ajoutent à l'évolution naturelle de celui-ci et l'ensemble détermine la mise en place progressive d'un écosystème complexe "bassin-milieu aquatique-cheptel".

La stabilité du climat tropical permet de construire peu à peu cet écosystème dans l'optique d'une production maximale de chevrettes. Mais si la dynamique de bon nombre de facteurs est maintenant bien connue, deux domaines restent mal explorés :

- les matières en suspension, vivantes (phyto-zooplancton) ou mortes, (organiques ou minérales),
- le sédiment et, plus précisément, l'interface eau/sédiment, habitat de l'espèce qui nous intéresse.

Les relations entre ces deux domaines sont également importantes car elles déterminent en partie la vitesse d'envasement du bassin. Trois grandes fonctions interviennent en permanence à ces deux niveaux et influent directement sur l'évolution de l'écosystème :

- la fonction trophique : On sait depuis longtemps que la chevette complémente sa ration alimentaire de granulé par divers nutriments puisés directement dans le milieu (matière organique particulaire, faune du sédiment, zooplancton vivant ou mort, etc);
- la fonction de minéralisation : La matière organique qui tombe sur le fond en permanence entre dans un processus de minéralisation plus ou moins rapide (par voie bactérienne principalement) selon les conditions du milieu, notamment la teneur en oxygène qui, si elle est suffisante, favorise la voie aérobie;

- la fonction d'accumulation: La sédimentation et la minéralisation laissent des résidus permanents; le ravinement direct des berges et la floculation partielle des colloïdes apportés par le pompage donnent des boues fines souvent concentrées en pied de talus. Cette accumulation entraîne un double risque :

- . asphyxie progressive du sédiment allant jusqu'à la réduction du milieu,
- . gêne croissante pour la pêche.

Un assec devient alors indispensable. Cette périodicité de l'assec en système continu est classique. Au regard de ses conséquences au plan économique dans la gestion des bassins, il est important de pouvoir espacer au maximum ces assecs sans préjudice pour la production, d'où l'importance du choix des critères de l'assec.

La finalité de cette démarche est donc de donner à l'aquaculteur et aux assistants techniques travaillant en relation étroite avec lui, des éléments de décision supplémentaires (indicateurs) afin de mieux connaître son élevage et donc d'en améliorer le rendement.

## I. RECHERCHE D'UN INDICATEUR DE LA QUALITE DE L'EAU D'ELEVAGE

### I.1. OBJECTIF

Pour connaître la qualité de son milieu d'élevage au niveau de la tranche d'eau, et donc pour pouvoir la gérer à son optimum, l'aquaculteur dispose de plusieurs moyens d'analyse. Chacun le renseigne sur un paramètre particulier de l'écosystème (température, pH, oxygène, dureté, alcalinité, turbidité globale, etc) mais aucun de ces paramètres n'intègre globalement la notion de qualité du milieu.

L'élément qui joue un rôle essentiel dans le milieu et dont l'évolution influence la plupart des paramètres suivis est le phytoplancton. En effet, il intervient :

- sur la teneur en oxygène et la valeur du pH (par la biochimie de la photosynthèse), facteurs-clef du développement et de la survie des chevrettes,
- sur la turbidité, facteur déterminant de l'activité photosynthétique et de la dynamique d'accumulation du sédiment,
- sur la chaîne trophique tout entière puisque qu'il est le premier maillon de la voie autotrophe.

L'objectif de cette recherche était donc de chercher à mieux comprendre le rôle du phytoplancton dans le milieu d'élevage et d'essayer de dégager un indicateur de cet élément à la fois assez global et assez simple pour permettre à l'aquaculteur de compléter l'approche physico-chimique de son élevage par un critère biologique.

### I.2. MATERIEL ET METHODES

Cette recherche a été menée de juin 1986 à mars 1987 par deux stagiaires de DEA d'océanographie de l'Université PARIS VI sous le contrôle et l'encadrement permanents de l'équipe chargée de la mise en oeuvre des divers programmes expérimentaux sur la station IFREMER-INRA de Kourou.

#### I.2.1. Matériel

Six bassins de 3 tailles différentes (500, 2500, 5000 m<sup>2</sup>) ont été suivis depuis leur mise en eau jusqu'à l'âge de 8 mois selon une périodicité d'un mois pour les 5 premières séries et de 10 à 15 jours pour les 5 dernières.

Afin de pouvoir comparer les résultats de la station avec ceux des fermes commerciales, 3 exploitations ont été étudiées à raison de 3 bassins dans chacune. L'exploitation de Mr LORY a donné lieu à 2 séries de mesures pour chaque saison, tandis que celle de Mr LOPEZ et celle de la SAOR ont fait l'objet de 2 séries en saison des pluies.

#### I.2.2. Méthodes

Trois groupes de paramètres ont été suivis :

- paramètres classiques du bassin : oxygène, pH, température, dureté, alcalinité, turbidité (disque de Secchi)
- paramètres liés au phytoplancton et à la matière en suspension (organique ou minérale) :
  - . chlorophylle a (dosée selon la méthode de STRICKLAND et PARSONS)
  - . production photosynthétique (méthode de bouteilles sombres et claires) mesurée en surface, en milieu de colonne d'eau et au fond
  - . DBO<sub>2</sub>: demande biologique en oxygène sur 2 jours (méthode recommandée par DUFOUR pour les eaux tropicales)
  - . matières en suspension, organiques et minérales (filtration, séchage, pesée, calcination),
  - . identification des principales familles algales et leur évolution dans le temps.
- paramètres liés au climat : température de l'air, pluviosité, vent, luminosité.

### I.3. RESULTATS

Les résultats détaillés sont répertoriés dans la thèse de DEA de Mlles HANIN et BERMEJO; les plus importants peuvent être regroupés comme suit :

- la chlorophylle constitue en moyenne environ 1 % de la charge des bassins en matière organique particulaire, les 99 % restant sont constitués de matériel organique détritique plus ou moins dégradé;
- l'énergie lumineuse incidente n'est jamais un facteur limitant de la photosynthèse quelle que soit la saison :
  - . valeur moyenne en saison humide : 713 J/cm<sup>2</sup>/j
  - . valeur moyenne en saison sèche : 938 J/cm<sup>2</sup>/j
  - . valeur saturante de la photosynthèse : 250 J/cm<sup>2</sup>/j
- la turbidité est essentiellement minérale et augmente nettement en saison des pluies comme le taux de matières minérales en suspension;
- la production photosynthétique est homogène sur toute la colonne d'eau durant la saison sèche ce qui indique un phénomène de photo-inhibition en surface; par contre, en saison des pluies, la production photosynthétique diminue avec l'augmentation de la profondeur en raison de la forte filtration de la lumière entraînée par l'augmentation des matières en suspension;
- la teneur en chlorophylle a, la production photosynthétique, la demande biologique en oxygène et les populations algales subissent de fortes variations :
  - . dans le temps par un même bassin (hors effet saisonnier)
  - . entre les bassins (même ceux gérés de façon similaire);

- il semble exister un lien entre la productivité d'oxygène (P/B = production d'oxygène/biomasse algale estimée par Chl<sub>a</sub>) et la composition algale :

- . très forts P/B : chlorophycées seules
- . forts P/B : cyanophycées + chlorophycées + diatomophycées
- . P/B moyens : cyano + chlorophycées
- . faibles P/B : cyanophycées seules.

Une quatrième famille, les euglenophycées, caractéristique des milieux eutrophiques, a été identifiée et semble jouer un rôle trophique direct.

#### I.4. ESSAI D'INTERPRETATION

Les résultats doivent être intégrés dans le protocole général d'expérimentation des bassins afin de tenir compte des opérations effectuées en amont (amendement, fumage, type d'aliments, etc.) et en aval (croissance, survie, pêches, récoltes). Globalement, on a pu observer :

##### a) au plan trophique

- le rôle primordial et déterminant de l'amendement initial dans le démarrage de l'écosystème,
- le rôle important de l'apport de matière organique (fiente de poule) dans le développement du zooplancton mais sans contribution nutritionnelle suffisante pour assurer une croissance correcte,
- la proportion considérable de matière organique détritique (99 % de la matière particulaire), ce qui induit l'hypothèse d'une chaîne trophique alimentaire dépendant de la fonction hétérotrophe et non pas du schéma autrophe : lumière + sels minéraux + CO<sub>2</sub> → phytoplancton, le dernier constituant l'alimentation principale du zooplancton, lui-même à son tour complément alimentaire pour la chevrette.

La vie autotrophe aboutit par ailleurs à 2 types d'impasse trophique pour la chevrette :

- le développement de cyanophycées de fond, fréquent chez les bassins jeunes dont l'eau reste claire trop longtemps, ce qui permet la prolifération d'algues de fond en général et de cyanophycées benthiques en particulier. Ces algues non seulement ne sont pas utilisables par le zooplancton, mais leur dégradation ultérieure est coûteuse en oxygène,
- le développement d'espèces de zooplancton non consommées par les chevrettes. On a noté ainsi des proliférations de copépodes, notamment après l'apport de fiente de poule, sans profit pour les animaux.

Le rôle trophique du phytoplancton semble donc globalement beaucoup plus faible que ce que l'on pouvait penser au départ.

b) au plan chimique :

- les variations du pH sont fortement liées à la biomasse algale et à l'activité photosynthétique : un phytoplancton bien développé entraîne une élévation de 1,5 à 2 points de pH entre la valeur de l'aube et celle de la mi-journée. Cette dernière, qui est généralement la valeur maximale de la journée sert de base aux décisions concernant l'intensité du renouvellement, le chaulage ou le restockage de post-larves. La mesure directe du pH reste alors le meilleur moyen de contrôle.

- la production d'oxygène dans la masse d'eau est assurée par l'ensemble du phytoplancton mais l'activité de celui-ci reste soumise aux variations de 3 facteurs :

- . l'ensoleillement
- . la turbidité
- . le brassage.

L'ensoleillement: les teneurs en sels minéraux et en CO<sub>2</sub> ne sont pas considérées comme des facteurs limitants potentiels en raison de la forte luminosité permanente, de l'enrichissement du bassin par les amendements et l'alimentation artificielle et de l'importance de l'ensemble de la fonction respiratoire dans le bassin notamment la nuit.

La turbidité intervient de manière complexe car elle englobe à la fois la densité phytoplanctonique et la charge en matières en suspension riche en colloïdes minéraux. Plusieurs phénomènes déterminants de l'activité photosynthétique peuvent se combiner comme le montre le tableau 1.

Turbidité (mesurée au disque de Secchi)	Nature des particules en suspension	Effet sur la production d'oxygène globale (sur l'ensemble de la tranche d'eau)
forte (Secchi 15)	phytoplancton dominant	production forte mais auto- limitation par : . auto-ombrage . photo-inhibition de surface
	colloïdes dominants	baisse de la production d'oxygène pour les couches d'eau moyennes et profondes.
moyenne (15 < S < 50)	phytoplancton dominant	production maximale
	colloïdes dominants	production moyenne ou faible
faible ( S > 50)	phytoplancton peu abondant	production faible; développement d'algues de fond . peu productrices d'oxygène . consommatrices prioritaires des sels issus de la minéralisation.

Tableau 1 : Effets sur la production globale d'oxygène de différents types de turbidité.

La valeur du Secchi doit donc être complétée par une appréciation de la nature de la turbidité en s'aidant des éléments disponibles : couleur du bassin, pluviométrie, protection des berges du ravinement, origine de l'eau de renouvellement,.... Une appréciation quantitative précise nécessite des mesures de laboratoire assez fines.

Le brassage de la masse d'eau effectué soit par le vent soit par un brasseur mécanique (à palettes ou à turbine) entraîne 3 types d'effets:

- . désaturation (en fin de journée)
- . oxygénation
- . augmentation de la turbidité par remise en suspension du sédiment superficiel.

Le sédiment superficiel est composé de particules détritiques fines et d'algues sédimentées. Leur remise en suspension entraîne des effets antagonistes :

- les matières remises en suspension augmentent la turbidité de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière dans la tranche d'eau donc la production d'oxygène;
- les algues encore vivantes réintroduites dans la zone euphotique subissent une réactivation de la fonction photosynthétique et produisent à nouveau de l'oxygène.

La résultante de ces 2 actions dépend de la proportion de chaque élément (algues - matières inertes) dans le nuage soulevé par le brassage.

## I.5 CONCLUSION

Le bilan de la production d'oxygène est donc une valeur très difficile à estimer en raison du nombre de facteurs et de la complexité de leurs interactions. Une simple appréciation de la densité phytoplanctonique (en admettant que l'on puisse éliminer rapidement à l'analyse les colloïdes par floculation au  $\text{CaSO}_4$  par exemple) ne permet pas une prédiction fiable de l'évolution de l'oxygène dans le bassin.

Si, de son vivant, le phytoplancton ne joue un rôle important qu'au niveau des variations de l'oxygène et du pH et un rôle très secondaire au niveau de la chaîne alimentaire suivant la voie autotrophe, par contre, à sa mort, il entre dans un processus de dégradation qui intéresse autant l'animal que le bassin :

- par l'aspect alimentaire indirect
- par l'aspect de restitution minérale
- par l'aspect d'accumulation et ses conséquences physiques et biochimiques.

Aussi il était naturel de se tourner vers le sédiment, à la fois habitat de la chevrette en élevage et véritable "mémoire" de la vie du bassin et de son évolution.

## BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- AQUACOP, 1979. *Macrobrachium rosenbergii* culture in Polynesia : pH control of experimental growing ponds water by photoplankton limitation with an algicid. 10 th Meeting of the World Mariculture Society, Honolulu.
- BANNISTER, T.T., 1974. Production equations in termes of chlorophyll concentration, quantum yield, and upper limit to production. *Limnology and Oceanography*, 19 (1) : 1-12.
- BOYD, C.E., 1973. Summer algal communities and primary productivity in fish ponds. *Hydrobiologia* 41 (3) : 357-390.
- COSTA-PIERCE, B.A. and E.A. LAWS, 1985. Effects of destratification on eutrophic and heterotrophic microplankton productivity in eutrophic aquaculture ponds. *Aquaculture* 50 :141-151.
- EWING, M.S. and T.C. DORRIS. Algal community structure in artificial ponds subjected to continuous organic enrichment. *The american midland-naturalist*, 83-2. (565-580).
- GANF, G.G. 1975. Photosynthetic production and Irradiance photosynthesis relationships of the phytoplankton from a shallow equatorial lake (Lake George, Uganda) *Oecologia* 18 : 165-183.
- GROBBELAAR, J.U., 1985. Phytoplankton productivity in turbid waters. *Journal of plankton research* 7 (5) : 653-663.
- HOLM-HANSEN O. and B. RIEMANN, 1978. Chlorophyll a determination : improvements in methodology. *Oikos* 30 : 438-447.
- JONES R.I., 1977. Factors controlling phytoplankton production and succession in a highly eutrophic lake (Kinnego Bay, Lough Neagh). II. Phytoplankton production and its chief determinants. *J. Ecol.* 65 : 561-577.
- LAWS, E.A. and S.R., MALECHA. 1981. Application of a nutrient saturated growth model to phytoplankton management in freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) ponds in Hawaii. *Aquaculture*, 24 : 91-101.
- MELACK, J.M. 1976. Primary productivity and fish yields in tropical lakes *Trans. Am. Fish. Soc.* 105 (5) : 575-580.
- RUBRIGHT, J.S., J.L. HARREL, H.W. HOLCOMB and J.C. PARKER. 1981. Responses of planktonic and benthic communities to fertilizer and feed applications in shrimp mariculture ponds. *J. World Maricul. Soc.* 12 (1) : 281-299.
- SHOEDER, G.L. 1978. Autrophic and heterotrophic production of micro-organisms in intensely manured fish ponds and related fish yields. *Aquaculture*, 14 : 303-325.
- STAHL, M.S. 1979. The role of natural productivity and applied feeds in the growth of *Macrobrachium rosenbergii* *Proc. World. Maric. Soc.* 10.

## II. RECHERCHE D'UN INDICATEUR DE LA QUALITE DU SEDIMENT

### II.1. OBJECTIF

Devant la difficulté d'apprécier correctement l'influence du phytoplancton sur la qualité générale du milieu d'élevage (en dehors de la mesure directe du pH et de l'oxygène) et en raison de la fonction naturelle d'accumulation du fond, il était logique de chercher dans le sédiment un indicateur de la qualité du milieu d'élevage permettant d'intervenir sur 2 plans :

- amélioration de la gestion de l'élevage
- décision de l'assec.

En effet, l'étude des sédiments lacustres montre que ceux-ci ne sont que l'image intégrée au cours du temps du métabolisme de la matière organique, de sa nature et des mécanismes de sa minéralisation (*voir en annexe 3 : Rappel des principaux facteurs de la dynamique d'échange entre l'eau d'élevage et le sédiment*). Si les bassins d'élevage de chevrettes constituent des écosystèmes relativement simplifiés par rapport à l'écosystème lacustre, leur évolution rapide en zone tropicale facilite l'identification des facteurs déterminants de l'évolution du bassin. Le bilan des échanges est connu : renouvellement, chaulage, fumage, aliment d'un côté, évacuation d'eau, sédimentation, exportation de chevrettes (rendement) de l'autre.

Il est logique de rechercher un lien entre le sédiment et le rendement pour 3 raisons :

- le sédiment est aussi une résultante des apports destinés à élever le rendement,
- le sédiment est une source trophique importante pour la chevrerie surtout dans les jeunes stades,
- le sédiment est susceptible de devenir inhospitalier, voire "toxique" sous certaines conditions (anaérobiose) pour la chevrerie, avec un effet direct (hypoxie, émission d' $H_2S$ ), ou indirect (surdensité aux endroits restés sains) sur la survie.

L'objectif était donc d'aboutir à un indice simple permettant de corriger, voire de prévenir, les baisses de rendement liées à la dégradation de la qualité de sédiment ou à son accumulation excessive et de prendre à bon escient la décision d'une vidange complète.

### II.2. MATERIEL ET METHODES

Cette recherche a été menée de janvier 1987 à février 1988 par Ch. MARTIN, Enseignant-chercheur au DESS "Eaux Continentales" du laboratoire d'hydrobiologie continentale de la Faculté des Sciences de Besançon. Son travail a pu s'insérer comme un prolongement naturel du travail effectué sur la tranche d'eau et a donc pu bénéficier des enseignements de cette approche. L'ensemble de ce travail a été fait en collaboration étroite avec l'équipe de l'IFREMER travaillant tant sur la station expérimentale de Kourou que sur les bassins des fermes privées suivies par l'assistance technique.

## II.2.1. Matériel

### \* Matériel d'analyse

Pour le prélèvement des sédiments, un carottier type "traineau" a été utilisé. Le carottier est inspiré des techniques de carottage en faciès lenitique (ROFES, 1989).

Le laboratoire d'analyse des sols de l'ORSTOM de Cayenne a assuré les analyses chimiques complexes, nécessitant un matériel et des produits coûteux.

Pour les analyses simples, le matériel suivant a été utilisé :

- loupe binoculaire OLYMPUS (x 200)
- série de tamis de 50 à 800  $\mu$
- séchoir (105°C)
- four (550°C)
- balance de précision (0,01 g)
- pH-mètre TACUSSEL (eau).

### \* Les bassins

- sur la station de Kourou : 1 prélèvement mensuel effectué au centre de chaque bassin pendant 6 mois (février à août); 3 analyses complètes sur 4 horizons (B2,3,4).

- sur les exploitations privées :

. AMVA St Jean	: 3 bassins (sur 3)
. Rabotin	: 2 bassins (sur 7)
. Gomez	: 9 bassins (sur 9)
. Lopez	: 8 bassins (sur 8)
. Lory	: 8 bassins (sur 8)
. SAOR	: 26 bassins (sur 40)
. Cacao gravitaire	: 6 bassins (sur 6)
. Cacao Saut Bief	: 12 bassins (sur 18)
. Marie Anne Aqua.	: 2 bassins (sur 5)

165 prélèvements ont été effectués en Guyane entre les mois de février et septembre 1987 dont 81 à la station expérimentale de Kourou dans le cadre de suivis mensuels. La localisation des exploitations échantillonnées est présentée à la figure 1.

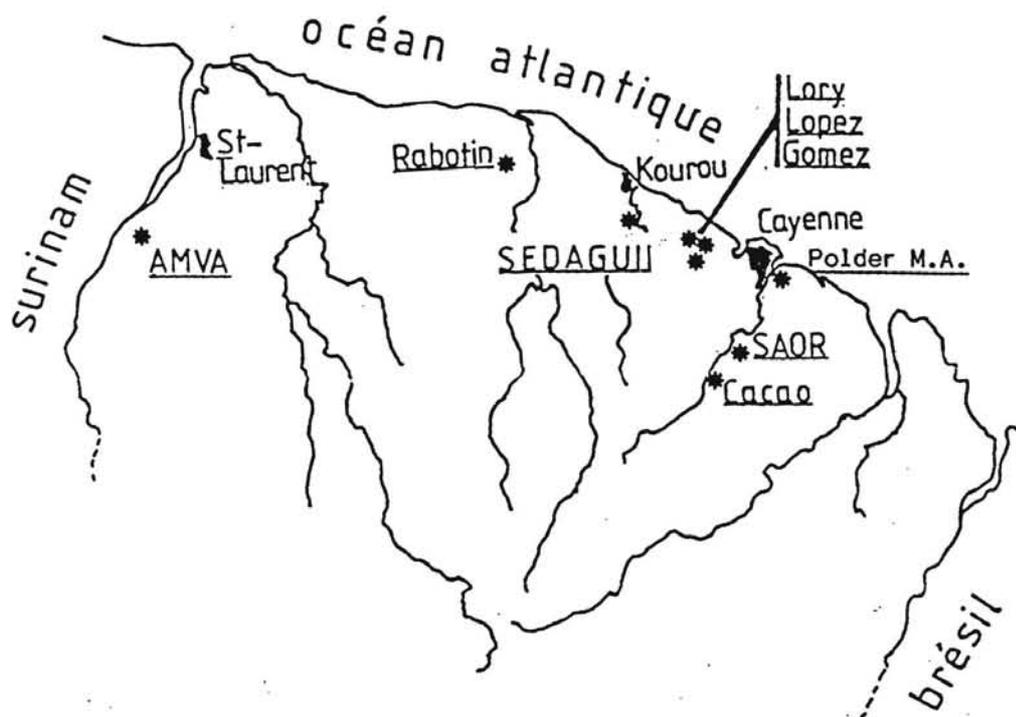


Figure 1 : Localisation des exploitations échantillonnées en Guyane

## II.2.2. Méthodes

### \* Prélèvements

Deux échantillons sont prélevés conjointement au centre du bassin. Le premier, concernant l'horizon superficiel (<2 cm), est destiné à l'observation microscopique de la microfaune. Le second, séparé selon les différentes strates depuis l'horizon de surface jusqu'au socle compacté, est conservé au frais puis congelé dès son arrivée au laboratoire. Les séries d'analyses sont effectuées après décongélation en séries groupées par le laboratoire de chimie de l'ORSTOM et par nous-mêmes.

### \* Analyses

#### . physico-chimie du sédiment

Après décongélation complète au réfrigérateur selon le protocole défini par LAGADEC et al, 1984, le sédiment est partagé en deux fractions aliquotes, l'une destinée à une analyse granulométrique simplifiée, l'autre à la préparation d'une fraction sèche en vue des minéralisations et des analyses élémentaires effectuées par le laboratoire d'analyse des sols de l'ORSTOM de Cayenne. le traitement physico-chimique des échantillons est présenté en annexe 1.

Les paramètres analysés sont :

- paramètres physiques : granulométrie en 3 fractions  
< 50  $\mu$ ; 50-800  $\mu$ ; > 800  $\mu$ .
- paramètres chimiques :
  - . acidité générale : Al<sup>+++</sup>, pH, H<sub>2</sub>O
  - . richesse minérale : Ca<sup>++</sup>, Fe total, P<sub>2</sub> O<sub>5</sub>
  - . richesse organique : matière organique totale, azote, carbone.

### . Biologie du sédiment

Les déterminations des organismes de micro-organismes benthiques ont été effectuées au laboratoire de la station expérimentale de Kourou à l'état frais. Les listes faunistiques sont établies suivant le critère de présence-absence. Les limites des catégories d'espèces ont été simplifiées pour faciliter l'appréciation de la diversité faunistique des bassins d'élevage. Les 54 taxons répertoriés sont répartis en 3 groupes :

- a) méiofaune: cyclopidés, arpacticoïdes, cladocères, ostracodes, chironomides, chaoborides, oligochètes, nématodes, tardigrades, gastrotriches.
- b) microfaune: protozoaires (amoébiens, thécamoébiens, holotriches, hétérotriches, hypotriches, péritriches, ciliés, flagellés), rotifères, eugléniens.
- c) phytoplancton: chlorophycées, cyanophycées, chrysophycées, diatomées

Les limites de détermination ne sont pas uniformes et dépendent pour l'essentiel de la complexité taxinomique des groupes rencontrés. Certaines des unités poussées à l'espèce ont été vérifiées par M. BOURELLY, Professeur au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris.

### . Paramètres de gestion d'élevage

4 critères ont été retenus :

- amendement (carbonate ou sulfate de calcium)
- fumure (fiente de poule)
- âge
- rendement.

Le rendement est calculé sur la base de la dernière année d'exploitation en continu. Il ne tient donc pas compte de la phase initiale de constitution du stock (6 à 7 mois) ni de la montée en puissance (7ème au 16ème mois) puisque l'étude ne concerne que des exploitations de plus de 2 ans.

En effet, l'objectif est bien de rechercher la part de responsabilité du sédiment (qualité et quantité) dans la tendance du rendement. L'échelle d'une année est donc un maximum mais elle a l'avantage d'annuler les variations saisonnières.

#### \* Méthode d'analyse

En raison du nombre de facteurs en cause et de leur interdépendance générale, il était intéressant d'essayer de structurer l'ensemble des données afin d'en faciliter l'interprétation.

En effet, le choix à priori d'un ou d'un nombre réduit de critères déterminants du rendement permettant d'utiliser une méthode d'analyse plus simple risquait d'écarter des paramètres peu courants d'utilisation mais en réalité très représentatifs de l'état du bassin ou de son évolution. Aussi, la méthode d'analyse choisie est celle des correspondances, bien adaptée au souci d'explorer les liens d'un large spectre de facteurs assez dissemblables.

Il faut noter que cette approche ne prend pas en compte certains facteurs importants de rendement comme la fréquence de pêche ou le type d'aliment, facteurs considérés comme globalement comparables sur les bassins étudiés.

## II.3. RESULTATS

### II.3.1. Physico-chimie du sédiment

Les bassins d'élevage sont jeunes. Il est donc logique que l'analyse des sédiments reflète les caractéristiques des substrats originels comme le montre le tableau 1 :

- pauvreté en matière organique
- pauvreté en calcium et en phosphore
- richesse en ions acides  $Al^{+++}$  et  $H^+$ .

Sites	Granulométrie ( $\mu$ )			Paramètres chimiques						
	< 50	50 - 800	> 800	pH	% eau	Perte au feu	% MO	N° /..	C/N	Ca++ meq %
Cacao grav	21.23	25.71	53.07	6.47	36.19	15.88	2.99	2.19	7.83	2.04
Cacao St bief	23.63	19.84	56.55	6.38	38.63	10.26	2.39	1.84	7.47	5.54
Kourou	20.79	28.45	50.79	6.43	35.89	8.33	2.42	1.59	9.03	7.29
SAOR	34.04	8.95	56.99	5.02	48.58	9.65	2.62	1.95	7.74	4.43
Lopez	32.24	43.94	23.82	5.40	32.41	3.77	1.57	1.00	9.26	2.64
Lory	26.34	18.79	54.87	5.68	34.76	6.64	1.39	1.07	7.53	4.22
Rabotin	39.03	32.30	28.66	5.21	46.88	12.25	4.49	3.64	6.66	6.34
Gomez	29.71	30.78	39.51	4.87	39.08	10.22	2.99	1.62	10.93	1.50
Polder	33.46	32.62	33.90	4.45	65.32	25.48	21.87	10.28	12.32	4.72
AMVA	12.15	72.07	15.78	6.24	20.23	5.04	2.94	1.38	12.44	2.55

*Tableau 1 : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques analysés sur les sédiments des bassins de Guyane classés par exploitation.*

Les taux de matière organique observés (exception faite du site du Polder Marie-Anne) placent les bassins dans les types oligo-humiques définis par HAKANSON (1983) et HUSSENOT (1987). On note cependant de nettes différences de couleur après séchage des sédiments des différents sites.

Deux groupes de couleur apparaissent :

- couleur beige foncé à brun-noir : Polder, Rabotin, Amva, Gomez.
- couleur beige clair au rouge brique : le reste des bassins (la majorité).

Au premier groupe appartiennent les sites construits sur un type de sol se rapprochant d'un sol agricole avec une granulométrie relativement fine : 71 % en moyenne de particules inférieures à 800  $\mu$ .

Au second groupe appartiennent les sites construits sur un sol brut de type latérite avec une granulométrie plus grossière : 50 % en moyenne de particules inférieures à 800  $\mu$ .

### II.3.2. Structure et composition verticales du sédiment

L'analyse du sédiment suivant un axe vertical depuis l'interface eau/sédiment jusqu'au substrat permet les observations suivantes :

- le sédiment se répartit en 2 horizons bien distincts :
  - . un horizon superficiel (2-5 cm d'épaisseur), fin (la fraction dominante est inférieure à 50  $\mu$ ), de couleur claire (beige-brun), riche en eau (55% en moyenne)
  - . un horizon profond, plus grossier (la fraction dominante est supérieure à 800  $\mu$ ), de couleur sombre (brun foncé-noir), moins riche en eau (40 %)
- les teneurs en matière organique et en azote
  - . décroissent avec la profondeur : 6 à 1 % de matière organique de la surface au substrat,
  - . augmentent avec le temps : + 3 % pour la matière organique en 6 mois.

Le sédiment subit un processus permanent d'enrichissement en matière organique. Au sein de ce processus, c'est principalement la disponibilité de l'oxygène dissous qui détermine la distinction entre les 2 horizons observés:

- l'horizon superficiel est une zone de dégradation aérobie rapide des dépôts récents,
- l'horizon profond est une zone de dégradation anaérobie lente des résidus de minéralisation.

L'accroissement avec le temps de la proportion de ce second horizon dans le sédiment est donc un des éléments importants de l'appréciation de la qualité du fond.

### II.3.3. Composition faunistique

L'analyse faunistique des sédiments de bassins d'élevage de *Macrobrachium rosenbergii* que nous avons approchée qualitativement a

permis de mettre en évidence l'habitabilité du sédiment pour 54 unités taxonomiques reconnues. Les groupes dominant le peuplement sont :

- les oligochètes
- les nématodes
- les thécamoebiens
- les ciliés holotriches,
- des petits flagellés non identifiés
- des eugléniens du type *Euglena sp.*
- des chlorophycées desmidiacées,
- des cyanophycées du groupe des oscillaires (*O.sp.* et *O.spirulina*)
- et des diatomées du groupe des naviculales.

Les indices de diversité faunistique sont rassemblés dans le tableau 2. Les valeurs sont très comparables à celles que l'on peut observer pour des bassins plus anciens en Martinique (à l'exception du polder Marie Anne qui présente une microfaune très diversifiée).

	SAOR	LORY	KOUROU	AMVA	GOMEZ	CACAO	RABOTIN	BARJOU	POLDER	MOY.
Méiofaune	1,1	2,9	2,2	2,0	2,2	2,1	1,0	2,5	4,0	1,7
Microfaune	2,1	4,9	3,4	2,0	2,0	2,9	1,9	2,8	9,0	2,8
Phytoplancton	8,7	4,0	5,8	4,7	5,2	4,3	4,6	4,0	7,0	4,3
diversité animale totale	3,2	7,8	5,6	4,0	4,2	5,0	2,9	5,3	13	4,5
diversité générale totale	11,9	11,8	11,4	8,7	9,4	9,3	7,5	9,3	20	8,8

Tableau 2 : Valeurs de la diversité faunistique dans les bassins d'élevage de *Macrobrachium rosenbergii*. Moyennes par exploitation.

La diversité faunistique s'avère fortement liée à la présence de substrats particuliers dans les fonds de bassins. La possibilité d'utiliser la répartition et l'abondance faunistiques en tant qu'indices de qualité du sédiment, comme cela est pratiqué pour l'appréciation de certaines boues (CALAWAY, 1968, VERDY, 1976), n'est donc pas possible ici en raison de l'influence prédominante du substrat.

#### II.3.4. Analyse factorielle des correspondances

La partie la plus délicate de cette analyse est le codage des données faunistiques en raison de la diversité des espèces rencontrées et de la difficulté de leur classement dans des catégories écologiques précises.

L'analyse factorielle des correspondances montre que les 2 paramètres discriminatoires les plus importants sont la teneur en matière organique et celle en azote organique. En 3ème échelon apparaît le rapport C/N, indice classique de l'évolution d'un sol, ainsi que la teneur en calcium, élément central des échanges dans le sol.

Les valeurs seuils de ces paramètres et les classes physico-chimiques qu'ils constituent sont schématisées à la figure 2.

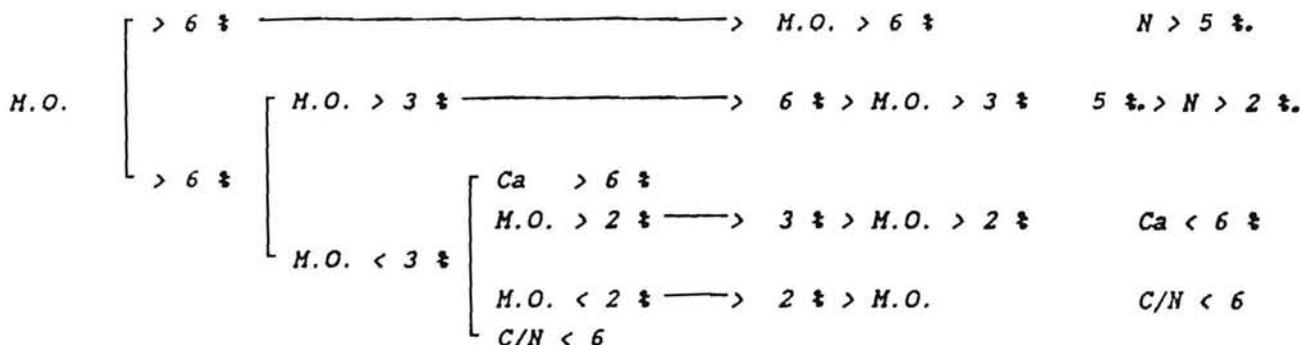


Figure 2 : Première exploitation de l'analyse factorielle des correspondances pour la définition des types et de leurs seuils.

## II.4. DISCUSSION

L'appréciation de la qualité du sédiment d'un bassin ne doit pas se limiter à la prise en compte des paramètres physico-chimiques et biologiques. Elle doit se faire dans un cadre plus large qui intègre 3 facteurs importants : le contexte du bassin, son mode de gestion et le temps.

### II.4.1. Le contexte

Le contexte général du bassin joue un rôle important et souvent direct dans la nature et la formation du sédiment : nature et structure du sol après creusement des bassins, qualité du compactage général et du profilage des digues, présence de décanteur ou de canal d'amenée d'eau, protection des berges du ruissellement voire du ravinement, proximité de la végétation, source de débris végétaux variés, exposition générale à l'ensoleillement et au régime éolien, etc... Tous ces facteurs ont des conséquences directes sur la composition et l'évolution du sédiment. La plupart des effets sont de type quantitatif, apport terrigène des berges (généralement sous-estimé) matières en suspension par le renouvellement, mais certains effets sont de type qualitatif : l'intensité du brassage éolien détermine en partie la teneur en oxygène de fond, notamment la nuit, facteur capital de la dégradation générale de la matière organique et de la vie de la microfaune.

### II.4.2. Le mode de gestion

Le mode de gestion du bassin par l'aquaculteur est déterminant pour la dynamique d'accumulation du fond. Celle-ci est fondée sur un déséquilibre volontaire : en effet, le fond du bassin supporte une charge biologique largement excessive par rapport à ce que serait un équilibre naturel : les 6 ou 7 chevrettes de 1 à 40 g qui occupent chaque mètre carré exercent une

très forte pression trophique sur le milieu qui est compensée théoriquement en totalité par un apport quotidien de granulé industriel. Même en cas de bonne tenue à l'eau, une partie du granulé est perdue pour la consommation directe (enfouissement accidentel, fragmentation excessive, mauvaise répartition de l'aliment par rapport à la répartition réelle des chevrettes.

Aussi la ration d'aliment est-elle toujours assez largement calculée sous peine de voir apparaître sur les chevrettes des signes de carence alimentaire : blessures, cannibalisme, ralentissement de croissance. Le fond du bassin reçoit donc de manière permanente de la matière organique (granulé) en excès afin de garantir la satiété des animaux visés même si on sait que les post-larves et les jeunes stades s'alimentent en grande partie sur le milieu naturel. Mais pour l'aquaculteur, il est plus facile de gérer un stock d'aliment que les premiers maillons de la chaîne trophique. Le bassin fonctionne donc sous une "pression d'eutrophisation" permanente qui est d'autant plus forte que l'aquaculteur gère mal son bassin (surnutrition, sous-densité de chevrettes, mauvais contrôle de la qualité de l'eau, etc.).

#### II.4.3 Le temps

L'étude de la composition du sédiment montre que celui-ci s'enrichit en matière organique avec le temps.

Le rapport C/N intègre également la notion de temps car sa valeur évolue suivant le type d'environnement chimique (abondance ou non d'oxygène) et biologique (type et abondance de bactéries). Ces 2 critères sont également les plus discriminatoires d'après l'analyse factorielle des correspondances. On peut donc les utiliser pour essayer de situer le bassin étudié et surtout de prédire son évolution.

La figure 3 fait la synthèse d'une telle approche. Pour la construire, on a utilisé les informations suivantes :

- l'échelle de HUSSENOT pour la teneur en M.O.
- l'évolution du rapport C/N en fonction des apports et du type de dégradation. En effet, ce rapport dépend d'abord de la nature de l'apport organique (SOHIER, 1986).

C/N biomasse bactérienne	: 3-4
biomasse protozoaires	: 4-5
granulé chevette	: 5
phytoplancton vivant	: 6
phytoplancton mort	: 8
fecès	: 8

Dans le sédiment superficiel s'établit un équilibre des apports et du relargage des formes minéralisées du carbone et de l'azote quand l'écosystème fonctionne de manière rapide en phase aérobie. La valeur d'équilibre du rapport C/N tourne alors autour de 7.

Par contre, avec le temps et l'accumulation permanente de matière organique, le risque augmente d'un enfouissement de celle-ci avant dégradation complète. La minéralisation est alors ralentie et se déroule en phase anaérobie. Dans cette phase, la dégradation de l'azote est plus rapide que celle du carbone et son recyclage dans le sédiment superficiel par la méiofaune suit une boucle plus courte que celle du carbone (FENCHEL, 1977). Le rapport C/N a alors tendance à augmenter.

On dispose ainsi d'un cadre général d'appréciation de la situation du bassin et de son évolution probable. On distingue trois grandes zones dans le schéma 3 qui résume ces données :

- Si le bassin se situe dans la zone I, sa pauvreté organique et/ou minérale l'empêche de contribuer efficacement à l'apport trophique naturel utilisable par les chevrettes. Fumure et fertilisation sont alors justifiées.
- Si le bassin se situe dans la zone II, il est en équilibre optimum mais son eutrophisation potentielle (dans le sens de surcharge organique) doit être surveillée. Une bonne oxygénation de fond doit être respectée sous peine de voir démarrer prématurément la phase d'anaérobie.
- Si le bassin se situe dans la zone III, il apparaît alors comme déséquilibré par l'excès de matière organique. La minéralisation est ralentie et la dégradation anaérobie de la matière organique dans le sédiment peut devenir gênante pour l'élevage. L'élimination de cet excès doit alors être programmée: pompage partiel du sédiment, siphonnage des accumulations les plus fortes, assec et curage éventuellement.

L'accumulation de matière organique en abcisse de la figure 3 fonctionne donc comme un axe de temps car l'apport permanent de celle-ci ne peut jamais être compensé totalement par l'exportation de chevrettes et l'évacuation d'eau. L'évolution prévisible des bassins se fait donc de gauche à droite.

La quasi-totalité des bassins guyanais se situe dans la zone I en raison de la pauvreté originelle des sols et de la jeunesse des exploitations. La situation excentrée du polder correspond en fait à l'absence de décapage du substrat organique pour les premiers bassins.

La zone II correspond à des bassins très productifs, riches en matière organique et bénéficiant d'une minéralisation aérobie rapide. On y trouve des bassins plus anciens situés aux Antilles.

Dans la zone III sont observés des bassins anciens en système continu depuis plus de 5 ans et souvent mal gérés.

Cette approche ne répond cependant pas exactement à l'objectif visé pour deux raisons :

- comme la figure 3 le montre, l'excès de matière organique ne menace pas pour le moment les bassins guyanais. Cet outil prévisionnel ne sera donc utile que dans 2 ou 3 ans,
  - les teneurs en carbone, azote et matière organique du sédiment ne sont pas faciles à acquérir car elles nécessitent l'intervention d'un laboratoire.
-

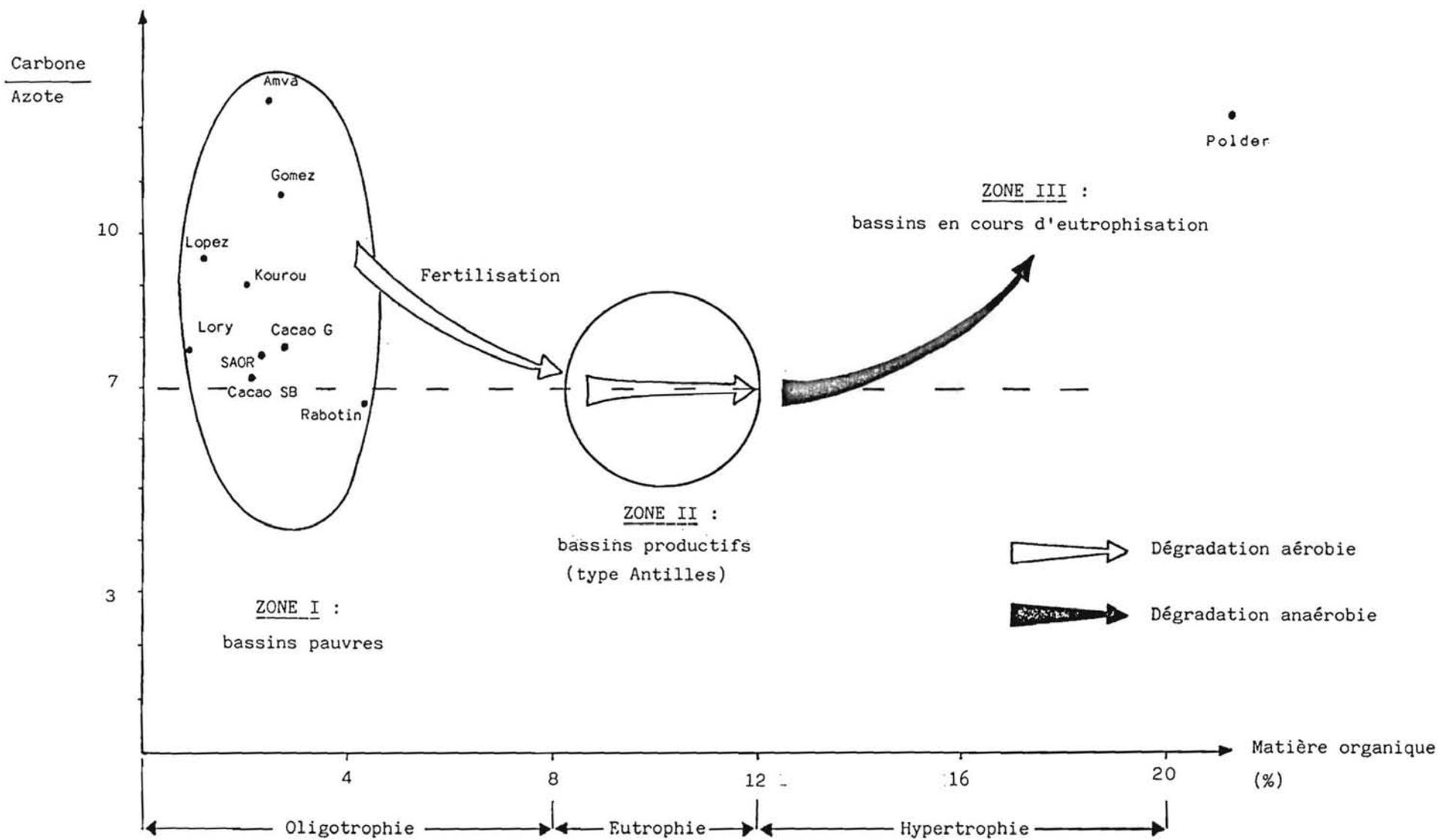


Figure 3: Schéma d'évaluation et d'évolution des bassins en fonction du taux de matière organique et du rapport C/N du sédiment.

Ces paramètres physico-chimiques étant donc difficilement utilisables par l'aquaculteur pour apprécier rapidement la qualité du sédiment, l'intérêt d'un indice biologique simple apparaît de nouveau. Mais cette approche se heurte à deux fortes contraintes :

- le critère proposé, classique, est celui de la diversité biologique. Il oblige donc l'observateur à un décompte aussi exhaustif que possible des espèces présentes dans le sédiment. Ce travail déjà long et difficile pour un biologiste expérimenté est hors de portée d'un aquaculteur.
- les différences entre les profils faunistiques des exploitations guyanaises semblent plus dues à la diversité des substrats qu'à des stades d'évolution bien différenciés.

Les bassins guyanais sont jeunes comme le montre leur pauvreté en matière organique. Or, le travail de l'aquaculteur (fumage, chaulage, alimentation quotidienne) et l'évolution naturelle du bassin (sédimentation du phyto et du zooplancton, accumulation de matières en suspension organiques et minérales apportées par le pompage, ravinement des berges, etc) entraînent un processus de création continue d'un sol aquatique. Ce processus, comparable sur toutes les exploitations, entraîne à son tour une convergence des caractéristiques des bassins quel que soit le site d'origine.

La seule différence majeure qui persiste est la vitesse d'évolution de ce processus. Un bassin suralimenté, aux berges mal stabilisées, "vieillira" beaucoup plus rapidement qu'un bassin bien construit et correctement géré. La faune du sédiment sera alors bien fonction de l'évolution du sédiment et non plus du substrat d'origine, rapidement enfoui.

Par ailleurs, les espèces qui servent de critères dans l'appréciation de la qualité des boues en climat tempéré sont bien identifiées et peu nombreuses (*voir annexe 2*). Il n'est donc pas nécessaire de dresser un inventaire complet de la faune du sédiment pour en apprécier la qualité. La présence ou l'absence d'un certain nombre d'espèces-repères suffirait pour donner une appréciation globale. Il sera alors nécessaire de préciser dans les conditions tropicales la signification écologique des principales unités taxonomiques rencontrées.

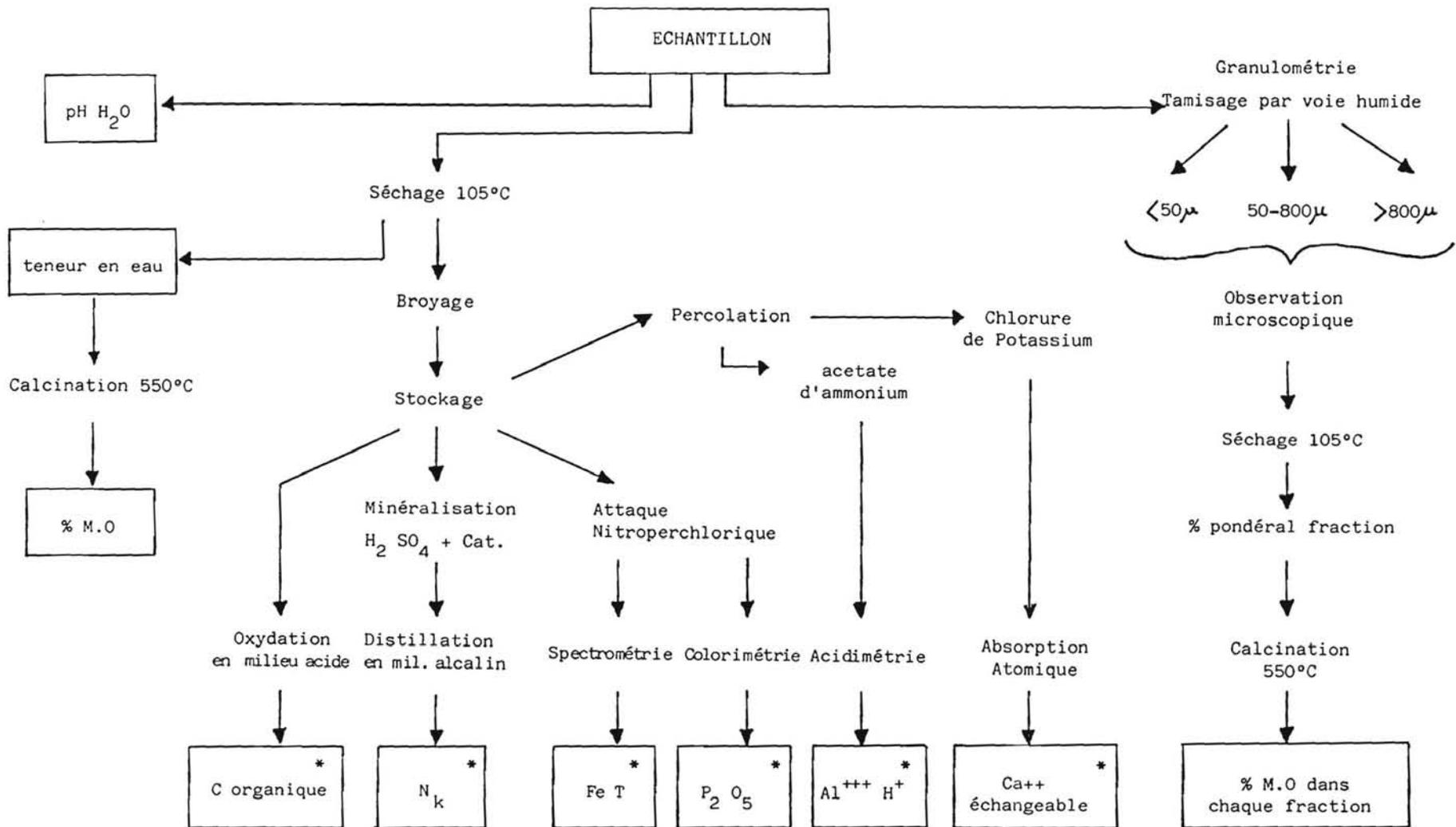
Celle-ci peut être complétée par des critères macroscopiques simples comme la couleur, l'odeur, la texture et surtout l'épaisseur, source évidente de gêne mécanique à la pêche et de mortalité des animaux mous. Un sédiment épais, noirâtre, nauséabond, parle de lui-même. Un sédiment clair, fin, inodore, également.

Ainsi, l'aquaculteur n'aurait plus besoin que d'une simple loupe binoculaire et d'un guide d'identification bien illustré (dessin, photos) lui permettant de mener à bien la discrimination des espèces ou familles d'espèces constituant les repères-cléf. Cette apprise de son sédiment et de sa capacité de complémentation de l'alimentation artificielle. Elle permettrait enfin d'apprécier un éventuel excès de la ration alimentaire par l'observation des restes.

## BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- CALAWAY, W.T., 1968. The metazoa of waste treatment processes-rotifers. Journal WPCF. 11 (2) : R413-R422.
- CORBIN, J.S, FUJIMOTO, M.M. and IWAI, T.Y, 1983. Feeding practices nutritionnal considerations for *Macrobrachium rosenbergii* culture in Hawai. Crustacean aquaculture. Vol1 : 391-412.
- FAIR, P.H. and FORTIER, A.R, 1981. The role of formula feeds and natural productivity in culture of the prawn *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture 24 : 233-243.
- FENCHEL, T.M, and JORGENSEN, B.B, 1977. Detritus food chain of aquatic ecosystems : the role of bacteria in advances in microbial ecology. Vol 1. plenum press. N.Y.
- FRIKHA, M.G, LINLEY E.A.S, DELMAS, D. 1987. Evolutions annuelle et saisonnière de la microbiomasse d'une claire à huitres : importance des populations bactérioplanctoniques. Journées du G.A.Bi.M. 19-22 novembre 1986, Lhoumeau, France. "Processus biochimiques du réseau trophique en milieu côtier et lagunaires". Océanis, 13 (4-5) : 433-447.
- HAKANSON, L., JANSON, M., 1983. Principles of lake sedimentology. Springer-verlag. Heidelberg. 316 p.
- HUSSENOT, J., 1987. Intérêt de l'étude de la matière organique du sédiment superficiel dans les élevages marins semi-intensifs en bassins de terre de *Penaeus japonicus*. CREMA, Lhoumeau, note H87-02 : 4 pp.
- LAGADEC, B., THOUMY, V. 1984. Recherches écologiques sur les sédiments des lacs jurassiens. Mém. DESS Fac. Sci. Besançon, 33 p.
- LILEYESTROM, C.G, ROMAIRE, R.P and AMARON, P. 1984. Diet and food assimilation of channel catfish and malaysian prawns in polyculture as determined by stomach content analysis and stable carbon isotope ratios. Louisiana State Unit agricult. exp. station. Baton rouge. Louisiana 70 803. USA.
- MAESTRINI, S.Y., 1986. Origine et devenir des nutriments dans les marais de la côte atlantique : dynamique de la circulation, flux des éléments nutritifs aux interfaces, processus de reminéralisation par les bactéries. A.T.P. PIREN "Lagunes et marais maritimes". Rapport final des travaux effectués en 1985 sur le site de L'Houmeau : 49p.
- MANAUD, F., 1987. Programme "Marais maritimes atlantiques". Flux à l'entrée d'un bassin du marais expérimental du CREMA, L'Houmeau (17). Rapport IFREMER, DERO 87-27-EL. 47 p.
- ROFES, G., SAVARY, M. 1981. Description d'un nouveau modèle de carottier pour sédiments fins. Bull. Fr. Pisc. 233 : 103-113.
- SOHIER, L., 1986. Microbiologie appliquée à l'aquaculture marine intensive : participation des micro-organismes marins au maintien des capacités de production des milieux eutrophes à faible taux de renouvellement utilisés pour l'élevage intensif de crevettes pénéides. Thèse d'Etat Univ. aix-Marseille 2. 145 p.

- SORNIN, J.M., 1986. Influence de la biodéposition sur l'évolution géochimique d'un bassin aquacole : études en cours et perspectives. ann. Soc. Sci. Nat. Charentes Maritimes 7 (4) : 475-480.
- STAHL, M.S., 1979. The role of natural productivity and applied feeds in the growth of *Macrobrachium rosenbergii*. World Maric. Soc. Vol 10 : 92-109.
- VEDRY, B., 1976. L'analyse écologique des boues activées. Rap. tech. Préfecture de Paris. 125 p.



ANNEXE 1: Protocole analytique du traitement des échantillons et paramètres analysés.

**ANNEXE 2 : CRITERES D'ANALYSE DE LA BIOLOGIE DU SEDIMENT.  
INTERPRETATION ECOLOGIQUE POUR CHAQUE CATEGORIE.**

La faune est regroupée en 3 catégories fondées sur des échelles de taille. La flore est regroupée dans les 2 dernières catégories avec également un critère de taille.

**1ère catégorie : gros décomposeurs**

Unités systématiques rencontrées :

- oligochètes (vers)
- chironomes (larves d'insectes)
- ostracodes (crustacés)
- tardigrades
- gastrotriches.

Interprétation :

Ces formes sont les plus grosses (> 400  $\mu$ ). Elles travaillent les dépôts par filtration, remaniant ainsi de grandes quantités de sédiment pour libérer des agglomérats de fines particules organiques. Leur présence est communément inféodée aux milieux stabilisés et aux faibles charges organiques.

**2ème catégorie : grosse méiofaune 100 > t > 400  $\mu$**

Unités systématiques rencontrées :

- nématodes (vers)
- ciliés holotriches (protozoaires)
- rhizopodes (protozoaires)
- ciliés péritriches (protozoaires)
- eugléniens
- rotifères.

Interprétation :

Cette catégorie, à l'écologie variée, est essentiellement prédatrice. Son action est surtout déterminante dans la limitation des populations bactériennes. Elle est présente dans les zones de moyenne et forte charges.

**3ème catégorie : petite méiofaune 30 > t > 100  $\mu$**

Unités systématiques rencontrées :

- ciliés holotriches (protozoaires)
- ciliés hypotriches (protozoaires)
- zooflagellés (protozoaires)

Interprétation :

Cette faune qui exploite l'espace liquide situé entre les floccs organiques est réputée vivre dans les boues les plus chargées.

4ème catégorie : cellules phytoplanctoniques.

Unités systématiques rencontrées :

- cyanophycées (*Anabaena*)
- diatomées (*Diatoma, Synedra*)
- chrysophycées (*Mallomonas*)
- chlorophycées (*Scenedesmus, Staurastrum, Pediastrum, Spirogyra*, volvocales, *Chlorella*).

Ces organismes appartenant au phytoplancton de la masse d'eau sont rencontrés à la surface du substrat au moment de leur sédimentation.

On a ainsi une indication indirecte sur la quantité et la nature du phytoplancton.

5ème catégorie : cellules phytoplanctoniques à développement macroscopique.

Unités systématiques rencontrées :

- cyanophycées (*Microcystis, Oscillatoria*)
- diatomées (*Navicula*)
- chlorophycées (*Closterium*)

Ces algues, qui appartiennent également au phytoplancton, développent dans certaines conditions de véritables tapis à la surface du sédiment. (Cas fréquent d'une colonne d'eau trop claire).

### ANNEXE 3 : PRINCIPAUX FACTEURS DE LA DYNAMIQUE D'ECHANGE ENTRE L'EAU D'ELEVAGE ET LE SEDIMENT

De nombreuses recherches ont été menées tant en eau douce qu'en eau de mer sur le milieu riche et complexe que constitue un sédiment immergé surtout quand une ou plusieurs productions simultanées (poissons, mollusques et crustacés d'eau douce ou d'eau de mer) sont stimulées volontairement par l'homme dans l'enceinte d'un bassin.

Sans entrer dans un modèle exhaustif des apports et des interactions de tous les éléments qui interviennent dans l'évolution d'un bassin, on peut dire que le sédiment est le "lieu géométrique" du bilan des flux qui animent le bassin :

- flux d'énergie lumineuse : influence sur la température, la photosynthèse, donc sur une partie de la sédimentation biologique,

- flux d'énergie mécanique par le vent ou un brasseur mécanique : homogénéisation, oxygénation, désaturation, etc...,

- flux naturel de matières organiques et minérales par le renouvellement d'eau, le ruissellement sur les berges, les apports éoliens et les apports organiques de la végétation de berge,

- flux artificiel de matières organiques et minérales par l'intervention de l'homme : chaulage, fumage, alevinage, alimentation.

Tous ces flux interagissent les uns sur les autres dans l'énorme "réacteur" que constitue le bassin et l'ensemble des composants finit par se déposer sous une forme plus ou moins complexe ou dégradée sur le fond. En effet, la tendance générale de l'ensemble du réseau trophique du bassin est l'accumulation de matériel organique à l'interface eau/sédiment (MANAUD, 1987).

Conséquence logique, le sédiment est beaucoup plus riche en micro-organismes que la colonne d'eau; ainsi, par exemple, la densité bactérienne est en moyenne 400 fois plus élevée dans le sédiment que dans l'eau (MAESTRINI, 1986). Pour cette raison, le sédiment superficiel est le siège d'une activité intense que l'on peut schématiquement résumer (figure 2):

- a) "pluie" permanente de nutriments variés, certaines directement assimilables (molécules organiques) d'autres plus difficiles à dégrader (débris de macrophytes),

- b) dégradation rapide de la matière organique par les bactéries : 90 % de la biomasse est dégradée par voie bactérienne dès que la température dépasse 15°C (FRIKHA, 1987). Cette dégradation peut être complète : il s'agit alors d'une minéralisation totale permettant le relargage des éléments nutritifs dans la colonne d'eau et un recyclage par le phytoplancton ou les microphytes benthiques.

Cette dégradation peut être aussi incomplète : les produits "semi finis" sont alors utilisés par le maillon trophique supérieur des hétérotrophes : le microbenthos.

Le devenir de ce micro (ou meio) benthos est double :

- soit il constitue l'alimentation directe des stades juvéniles des espèces élevées (alevins de poissons, post larves de crustacés),
- soit il alimente une espèce-proie typique du régime des adultes élevés, copépode ou daphnie par exemple.

c) enfouissement de la matière organique partiellement dégradée en raison de l'excès d'apport de matériau et démarrage du processus de dégradation anaérobie.

La dynamique de la couche superficielle du sédiment est donc fonction de multiples paramètres dont les principaux sont :

- la température : toujours élevée en zone tropicale, elle favorise une activité métabolique en général et bactérienne en particulier, intense,
- les apports minéraux et organiques : en dehors de l'intervention humaine, les premiers sont fonction surtout des pluies donc des saisons, les seconds fonction de la productivité naturelle des eaux,
- les capacités de "digestion" du fond qui dépendent étroitement de la nature et de la structure du sol,
- la structure de la chaîne trophique et l'abondance relative des différents maillons : microfaune, faune benthique des "espèces-proies" *Macrobrachium*.

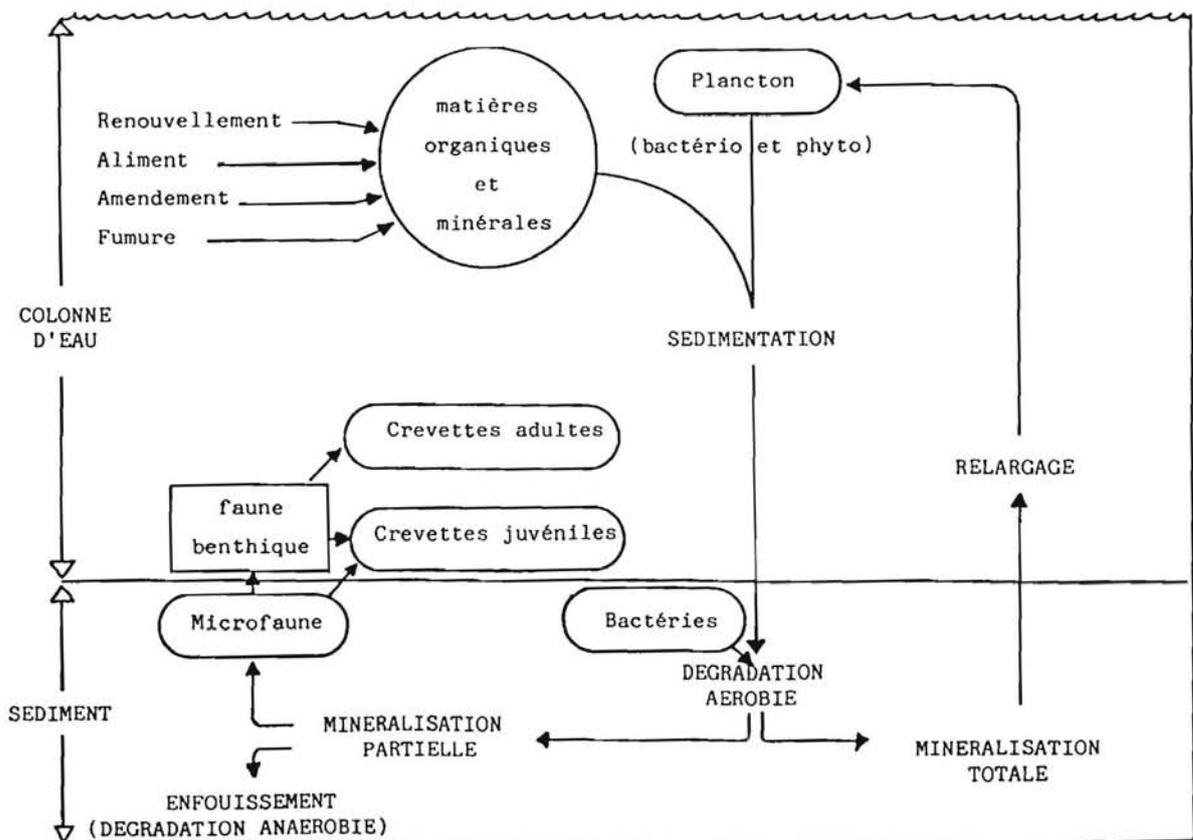


Figure 2: Schéma des principales interactions liées à la sédimentation organique

La chevrette exploitée est donc au sommet de la pyramide alimentaire du bassin, position vulnérable au plan trophique (donc au plan de sa croissance et du rendement à terme) en cas de déséquilibre ou de disfonctionnement des maillons inférieurs.

On constate (STAHL, 1979, FAIR, 1981, CORBIN, 1983) qu'il existe une forte pression trophique des chevrettes sur la microfaune du sédiment et la faune benthique. La raréfaction de ces décomposeurs a comme conséquence de ne conserver qu'une seule voie pour la dégradation de la matière organique : l'activité bactérienne.

Il apparaît alors un double risque : l'accumulation rapide de matière organique et la fermentation anaérobie après enfouissement. Ces deux évolutions, généralement simultanées, ont des conséquences directes sur l'élevage :

- gêne mécanique à la pêche,
- risque de toxicité des produits de la fermentation anaérobie,
- risque d'accumulation sélective de la boue dans une partie du bassin entraînant une migration des animaux vers les zones plus favorables et donc une surdensité locale.

Tous ces facteurs influencent le rendement final. On comprend alors l'importance du lien complexe qui relie la qualité biologique et physico-chimique du sédiment et le rendement. Cette importance justifie la recherche d'un indice global permettant de mieux apprécier le rôle favorable ou défavorable du sédiment afin de pouvoir agir en connaissance de cause et surtout de pouvoir prévenir une évolution défavorable au lieu de la subir.

**IFREMER-SDP**  
Centre de BREST  
Bibliothèque

P. 70-29263 PLOUZANE