



***Point sur le programme huître plate***

***Complément au***

***Compte rendu de la réunion REGEMO sur***

***l'Amélioration Génétique de l'huître plate***

***du 11/03/98***

***Document élaboré par Emmanuel Goyard en juin 1998***

***et modifié par Sylvie Lapègue en octobre 1998***



**IFREMER**



**Compte rendu de la réunion REGEMO sur  
l'Amélioration Génétique de l'huître plate  
du 11/03/98 à Nantes :**

***Bilan actualisé du programme de sélection***

rapporteurs : Emmanuel Goyard et Sylvie Lapègue  
le 17/03/98

*Etaient présents :*

*IFREMER/ RA / Port en Bessin :*

*Jean-Pierre Joly ;*

*IFREMER/ RA / Trinité sur mer :*

*Aimé Langlade ; Joseph Mazurié ;*

*IFREMER/ RA / Bouin :*

*Jean-Pierre Baud ; Joël Haure ; Max Nourry*

*IFREMER/ RA / GAP-La Tremblade :*

*Frédéric Blouin, Pierre Boudry ; Nathalie Cochenec ; E. Goyard ;*

*Sylvie Lapègue ;*

*IFREMER/ RA / Palavas:*

*Dominique Buestel ; Jocelyne Oheix.*

<b>OBJECTIF DE LA RÉUNION</b>	<b>3</b>
<b>PRÉSENTATION GLOBALE DU MATÉRIEL BIOLOGIQUE DISPONIBLE (PRÉSENTATION E. GOYARD)</b>	<b>3</b>
<b>Caractéristiques des populations sélectionnées</b>	<b>3</b>
<b>Historique de la sélection</b>	<b>4</b>
Période 1 : Pontes collectives non contrôlées + Sélection massale :	4
Période 2 : Structuration des populations en familles biparentales + Sélection familiale	5
<b>Rappel des principaux résultats déjà obtenus fin 96</b>	<b>6</b>
Un niveau de résistance plus élevé des populations sélectionnées	6
Une différence entre huîtres sélectionnées et huîtres sauvages : la formule hémocytaire (présentation en cours de discussion par N. Cochenec)	8
<b>Principales questions posées fin 96 et articulation logique des expérimentations lancées en 1997</b>	<b>9</b>
Quel est le niveau de résistance des familles produites en 95?	9
La croissance est-elle stable dans le temps et existe-t-il des interactions génotype-environnement pour la croissance ?	9
Quel est le niveau de performance économique des produits élites issu du programme de sélection?	11
Quel déterminisme pour la tolérance ?	11
<b>BILAN DES EXPÉRIMENTATIONS MENÉES OU EN COURS SUR LA GÉNÉRATION DE 1995</b>	<b>12</b>
<b>Croissance en milieu intensif à Bouin en 1996 (présentation JP Baud)</b>	<b>12</b>
Manip croissance-survie en Baie de Quiberon (présentation A. Langlade)	14
<b>Manips croissance survie en Normandie</b>	<b>19</b>
résultats par site (présentation JP Joly)	19
comparaison des résultats Bouin 96 et Ouest Cotentin 97 (présentation E. Goyard)	22
<b>Manip croissance survie en Méditerranée (présentation D. Buestel et J. Oheix)</b>	<b>23</b>
<b>Inoculation 1997 (présentation E. Goyard)</b>	<b>26</b>
<b>Physiologie de l'huître plate (présentation J. Haure)</b>	<b>29</b>
<b>BILAN DES PRODUCTIONS "SÉLECTION 97" : (PRÉSENTATION E. GOYARD)</b>	<b>32</b>
<b>Manip "HP-2000"</b>	<b>32</b>
Rappel des objectifs	32
Bilan des productions élites 97 et témoins 97	33
<b>Lignées consanguines</b>	<b>34</b>
<b>PLANS DE CROISEMENTS 98 (PRÉSENTATION E. GOYARD)</b>	<b>35</b>
Croisements entre populations sélectionnées 85, 89i et 89ni	35
Croisements des populations sauvages et des populations sélectionnées	36
<b>SYNTHÈSE</b>	<b>37</b>

<b>Synthèse des résultats nouveaux</b>	<b>37</b>
<b>Conséquences pour la gestion des lots en élevage sur les différents sites</b>	<b>38</b>
Productions de 1995 et antérieures	38
Productions 1997 et postérieures	39
<b>CONCLUSION</b>	<b>39</b>
<b>ANNEXE 1 : FAMILLES PRODUITES EN 1995 : APPELLATIONS ET NIVEAU DE CONSANGUINITÉ</b>	<b>41</b>
<b>ANNEXE 2 : DATES DE RÉCOLTE DES PONTES DES FAMILLES DE 1995</b>	<b>43</b>
<b>ANNEXE 3 : TYPES DE CROISEMENTS UTILISÉS DANS LES EXPÉRIMENTATIONS SUR LES FAMILLES DE 1995</b>	<b>44</b>
<b>ANNEXE 4 : STRUCTURE DE TESTAGE DE 50 FAMILLES À BOUIN</b>	<b>46</b>
<b>ANNEXE 5 : SUIVI ENVIRONNEMENTAL DU TESTAGE DE 50 FAMILLES À BOUIN</b>	<b>47</b>
<b>ANNEXE 5 (SUITE) : SUIVI ENVIRONNEMENTAL DU TESTAGE DE 50 FAMILLES À BOUIN</b>	<b>48</b>
<b>ANNEXE 6 : PLAN DES ESSAIS SUR LA CONCESSION IFREMER DE LA BAIE DE QUIBERON</b>	<b>49</b>
<b>ANNEXE 7 : MORTALITÉS PAR FAMILLE DANS LES 3 SITES NORMANDS</b>	<b>50</b>
<b>ANNEXE 8 : COMPARAISON PERFORMANCES BOUIN 96 ET W.COTENTIN 9751 PAR FAMILLE ET PAR POPULATION</b>	<b>51</b>
<b>ANNEXE 9 : SURVIES FAMILIALEPOST INOCULATION 97</b>	<b>52</b>
<b>ANNEXE 10 : GESTION 1998 DES FAMILLES DE 1995 PRÉSENTES À LA TRINITÉ</b>	<b>53</b>

## Objectif de la réunion

Le programme de sélection de l'huître plate a été initié en 1985 par des pathologistes de la Tremblade. La sélection ne portait que sur le seul critère de tolérance des huîtres plates au parasite *Bonamia ostreae* et correspondait plus à un outil pour étudier divers aspects de la parasitose qu'à un programme d'amélioration génétique visant à la relance de la culture de l'huître plate.

Dans le cadre du réseau REGEMO, ce programme a ensuite été repris par les généticiens de l'IFREMER, coordonnés par André Gérard. Les mouvements et réorganisation de personnels passés et à venir (départ en congé puis démission de Yamama Naciri, CDD de Marc Barré, reconversion en génétique et mutation prochaine d'Emmanuel Goyard, embauche en CDI de Sylvie Lapègue, arrivée prochaine d'Edouard Bédier, élargissement des domaines d'intervention de Pierre Boudry) donnent une importance toute particulière au triple objectif de la réunion :

- rappel historique et définition d'un vocabulaire commun à l'ensemble des membres du réseau REGEMO
- inventaire et bilan des opérations menées ou en cours :
  - sur la dernière génération de sélection produite en 1995
  - sur le matériel issu de cette génération et produit en 1997
- définition des actions à mettre en œuvre pour la suite du programme (gestion des cheptels en sélection, plans de croisement et actions de recherche)

*N.B.: Afin de faciliter la lecture de ce document et son utilisation ultérieure, l'articulation logique des différentes parties a été privilégiée par rapport à la chronologie exacte de la réunion. Les tableaux et figures présentés ont été produits par les différentes équipes représentées lors de cette réunion.*

## Présentation globale du matériel biologique disponible (présentation E. GOYARD)

### **Caractéristiques des populations sélectionnées**

Depuis 1989, le programme de sélection d'huîtres plates pour la survie en milieu bonamiosé dispose de trois populations en sélection, issues chacune d'un groupe de géniteurs fondateurs de Quiberon, supposés non-apparentés. Les croisements effectués en 1995 ont été initialement gérés jusqu'en Septembre 96 comme si deux de ces trois populations étaient confondues, si bien qu'on ne parlait jusqu'à cette date que des populations "pop85" et "pop89". L'étude de la diversité allélique menée par Sophie Launey dans sa thèse et le contrôle a posteriori de l'historique des lots en sélection démontre clairement l'existence de ces 3 populations distinctes dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau 1.

	Pop 85	Pop 89 non-inoc	Pop 89 inoc	Population sauvage Quiberon 93
<b>historique de la sélection</b>				
cycles de sélection massale	2 cycles sans inoculation* 1985-1990 1990-1995	1 cycle sans inoculation 1989-1995	1 cycle avec inoculation + 1 cycle sans inoculation 1988 1989-1995	-
cycles de sélection avec une structure familiale	1 cycle avec inoculation 1995-1998	1 cycle avec inoculation 1995-1998	1 cycle avec inoculation 1995-1998	-
nombre de géniteurs des familles biparentales produites en 1995	58 géniteurs	32 géniteurs	24 géniteurs	-
<b>diversité génétique</b>	Pop 85	Pop 89 non-inoc	Pop 89 inoc	Population sauvage Quiberon 93
nombre d'individus analysés	67	51	38	49
nombre moyen d'allèles par locus	13.2	5.5	9.5	21
nombre maximum d'allèles par locus	15	6	13	26
nombre de géniteurs fondateurs.	<i>environ 15-20</i>	3 (exactement)	environ 10	-

\*sauf un lot inoculé en 1988 dont est issue une seule des familles biparentales produites en 1995.

**Tableau 1 : Principales caractéristiques des trois populations en sélection.**

### **Historique de la sélection**

Deux schémas de sélection ont été successivement pratiqués au sein de ces trois populations :

#### **Période 1 : Pontes collectives non contrôlées + Sélection massale :**

Les trois populations ont subi un ou deux cycles de sélection massale pour la survie après confrontation avec le parasite. Deux types de pression de sélection ont été appliquées au cours de ces cycles :

- par infestation naturelle en milieu fortement bonamiosé (Baie de Quiberon) et en laissant les mortalités s'exprimer jusqu'à l'âge d'au moins quatre ans.
- en surimposant à la pression ci-dessus une infestation provoquée par inoculation d'une grande quantité de parasites purifiés dans la cavité péricardique d'huîtres anesthésiées (Station de La Tremblade), et en laissant les mortalités s'exprimer environ un an après l'inoculation.

Plusieurs dizaines d'animaux survivants ont été mis ensemble à pondre dans un bac d'élevage. Les deux ou trois premières pontes ont été élevées en écloserie et mélangées de façon à

former la génération suivante de chacune des populations.

## Période 2 : Structuration des populations en familles biparentales + Sélection familiale

Une structure en familles de pleins frères a été introduite en 1995. Les objectifs visés étaient les suivants :

- permettre une meilleure gestion de la diversité génétique, indispensable au vu des informations données *a posteriori* par les microsatellites,
- s'affranchir des limites de la sélection massale (impossibilité de tests sur plusieurs sites avec des répétitions afin de contrôler statistiquement la variance environnementale, risque de croiser entre eux des animaux apparentés).

Elle est résumée dans le Tableau 2 et détaillée en annexe 1. Cette structuration a été permise en adaptant l'équipement de l'écloserie de La Tremblade, de façon à pouvoir élever et nurser un grand nombre de lots séparément, mais qui doivent être décalés dans le temps, et donc d'âge différent (figure 1 et annexe 2). En 1995, il a été possible de créer en tout 97 familles de pleins-frères qui ont été maintenues séparées, puis subdivisées en différents lots pour répondre aux besoins des expériences.

Parent 1 x Parent 2	Pop 85	Pop 89 non-inoc	Pop 89 inoc	Géniteurs sauvages non-sélectionnés
Pop 85	29 fam.	6 fam.	10 fam.	
Pop 89 non-inoc	-	16 fam.	4 fam.	
Pop 89 inoc	-	-	12 fam.	
Géniteurs sauvages non-sélectionnés	-	-	-	20 fam.

Tableau 2 : familles biparentales créées en 1995

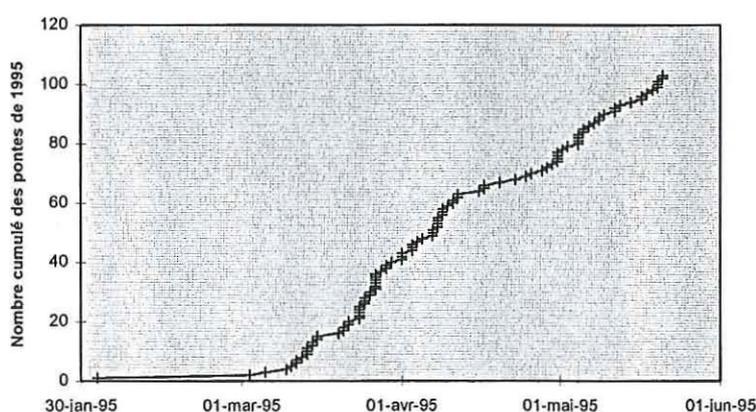


Figure 1 : chronologie de la récolte des pontes en 1995

Il est important de noter que la nomenclature mise en place en 1995, faussée par l'oubli de l'existence de deux populations 89 bien distinctes faisait état de 29 familles Pop85 (étiquettes blanches), 32 familles pop89 (repérées par des étiquettes rouges : 16 pop89ni + 12 pop89i + 4 croisements pop89ni x pop89i) et de seulement 16 croisements inter-population (étiquettes bleues correspondant uniquement aux croisements faisant intervenir la pop85).

Grâce aux microsatellites, Sophie Launey a pu déterminer le niveau de consanguinité de certaines familles biparentales de 1995 (c'est à dire par définition le niveau d'apparentement de leurs géniteurs). Ces résultats, ainsi qu'une nomenclature de ces familles respectant la structuration en 3 populations distinctes, sont donnés en annexe 1. Il est important de noter que ces familles ont été produites par croisement de pleins-frères, par croisements de demi-frères, par croisements entre non-apparentés ou encore par croisements entre individus à apparentement inconnu.

### **Rappel des principaux résultats déjà obtenus fin 96**

#### **Un niveau de résistance plus élevé des populations sélectionnées**

L'ensemble des expérimentations menées en milieu naturel bonamiosé (Baie de Quiberon) ou en bassins de petit volume après inoculation à La Tremblade sont résumés dans le tableau 3 et les figures 2 et 2bis. Elles visaient à comparer les niveaux de résistance :

- des différentes générations des populations en sélection
- de témoins d'écloserie issus de géniteurs sauvages
- d'individus issus du rétrocroisement entre géniteurs de la population A (pop85) et géniteurs sauvages
- d'individus issus de croisements entre géniteurs de la population A (pop85) et géniteurs de la "pop89" (populations B (89 non-inoc) et C (89 inoc) réunies).

Lot testé	Témoin	Survie des lots testés	Survie des lots témoins	Coefficient multiplicateur de la survie par rapport au témoin	Date de début de test	Date de fin de test	site
pop 85 - G1	sauvage	59%	33%	1.79	fév-88	mar-89	Riv. Penzé
pop 85 - G2	écloserie	44%	29%	1.53	fév-92	nov-93	Quiberon
pop 85 - G3	écloserie	59%	13%	4.54	jul-93	mar-95	Quiberon
rétrocroisement 85-G2 x Témoin	écloserie	24%	13%	1.85	jul-93	mar-95	Quiberon
pop 89 - G1	sauvage	94%	66%	1.42	mar-91	oct-91	Quiberon
pop 89 - G1	sauvage	72%	48%	1.50	mar-91	oct-91	La Tremblade
pop 89i - G2	écloserie	50%	48%	1.04	fév-93	sep-94	Quiberon
pop 89ni - G2	écloserie	53%	48%	1.10	fév-93	sep-94	Quiberon
croisement 85-G2 x 89-G1	écloserie	39%	16%	2.44	jul-93	mai-95	Quiberon
croisement 85-G2 x 89-G1	écloserie	79%	63%	1.25	mar-94	sep-94	Quiberon

**Tableau 3 : résumé des tests de survie**

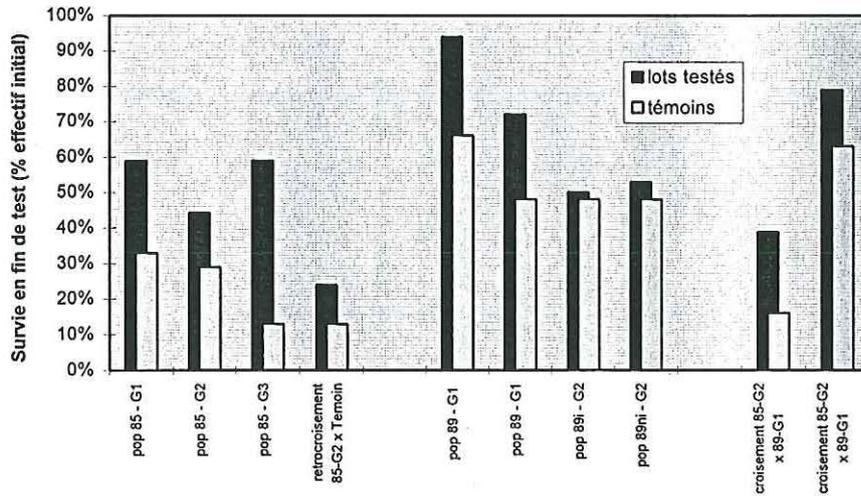


Figure 2 : taux de survie en fin d'expérience des lots testés et de leur témoin associé

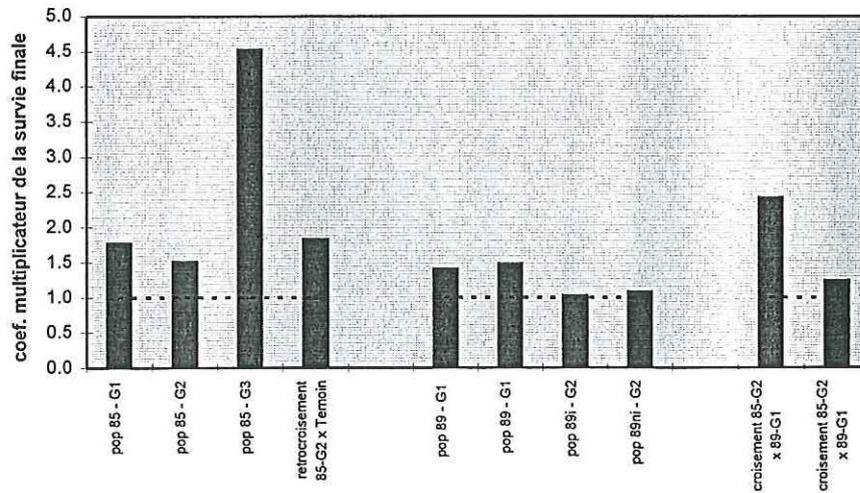


Figure 2bis : augmentation relative des taux de survie en fin d'expérience par rapport aux témoins

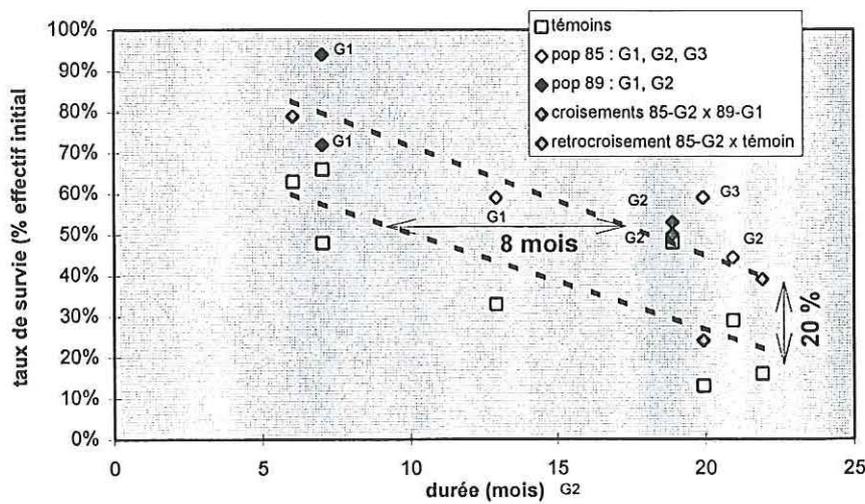


Figure 3 : survies finales et durées d'expérimentations

Quelques éléments essentiels sont à retenir de ces expérimentations :

- Sur l'ensemble de ces tests, les lots sélectionnés montrent des performances de survie presque toujours supérieures, parfois égales, à celles des lots témoins.
- L'utilisation des huîtres sélectionnées permet de multiplier le taux de survie par 1,85 en moyenne dans les différentes expériences (valeurs extrêmes : 1.04 - 4.54).
- La figure 1bis semble indiquer une baisse relative des performances en deuxième génération sur les populations sélectionnées (qui a été interprétée dans le passé comme une manifestation du fardeau génétique). Cette dépression des performances n'apparaît pas sur la figure 3.
- les croisements entre populations sélectionnées montrent des performances de survie intermédiaires entre les performances des individus issus des croisements de mêmes géniteurs en intra population : aucun hétérosis interpopulation ne semble apparaître.
- le produit issu du rétrocroisement pop85-G2 x témoin montre aussi des performances de survie intermédiaires entre les performances des individus issus des croisements des mêmes géniteurs en intra population : on enregistre une survie inférieure à celle de la 3ème génération de la pop85, mais près de deux fois supérieure à la population témoin.

#### **Une différence entre huîtres sélectionnées et huîtres sauvages : la formule hémocytaire (présentation en cours de discussion par N. Cochenec)**

Les travaux de Nathalie Cochenec mettent en évidence des différences significatives des formules hémocytaires entre des populations d'huîtres plates sauvages et des populations en sélection : les cellules cibles préférentielles de *Bonamia* (les cellules agranuleuses) sont moins fréquentes chez les huîtres sélectionnées que chez les individus témoins. Ce résultat suggère que les huîtres sélectionnées seraient plus tolérantes que résistantes au *Bonamia*. Il indique qu'il existe probablement une limite au niveau de tolérance qui peut être atteint par sélection, puisqu'il n'est pas possible d'éliminer totalement un des types hémocytaires.

En outre, la numération hémocytaire d'individus issus du rétrocroisement entre géniteurs de la "pop85" et géniteurs sauvages met en évidence que leur formule hémocytaire est de même type que celle d'individus sélectionnés.

La formule hémocytaire semble donc intéressante dans la perspective de son utilisation comme critère de sélection. Dans ce but, les résultats obtenus devront être confirmés et la stabilité spatio-temporelle de la formule hémocytaire devra être étudiée.

#### **En résumé :**

- les 3 populations en sélection, structurées en familles de pleins-frères depuis 1995, disposent d'une variabilité génétique réduite du fait du faible nombre de géniteurs fondateurs.
- Les familles de 1995 ont des niveaux de consanguinité variables (de 0 pour les familles issues de non-apparentées à au moins 0.5 pour les familles issues du croisement de pleins-frères, peut-être plus pour certaines familles de la pop85 dont la généalogie n'a pas pu être reconstituée).
- Des facteurs biologiques et techniques empêchant la synchronisation des pontes induisent

une variabilité importante dans les conditions environnementales initiales. De ce fait, les différences observées entre les familles peuvent résulter de facteurs non génétiques.

- Ces deux éléments (pontes non-synchrones et différences de consanguinité) interdisent toute sélection inter-familiale. La structuration des populations en familles est néanmoins utile pour une sélection intra-familiale et pour maîtriser le niveau de consanguinité dans les nouvelles générations. (rappel : le mode de sélection est indépendant du plan de croisement : les deux types de sélection familiale peuvent être suivis de croisement intra ou inter-familiaux)

### **Principales questions posées fin 96 et articulation logique des expérimentations lancées en 1997**

#### **Quel est le niveau de résistance des familles produites en 95?**

Deux tests pour évaluer le niveau de résistance des populations ou des familles produites en 1995 ont échoué : en Baie de Quiberon, de nombreux lots familiaux ont subi de fortes mortalités à la suite du transfert de Bouin à La Trinité ; à La Tremblade, le suivi de 3000 individus inoculés en 1996 s'est heurté à des mortalités liées à des problèmes zootechniques. Deux nouveaux tests ont été initiés à partir de familles de 1995 :

- à La Trinité-sur-Mer, suivi depuis juin 96 en milieu bonamiosé de différents lots issus du dédoublement de 50 familles élevées en milieu intensif à Bouin : ces lots sont constitués de mélange de familles : pop85, "pop89", (pop 89i, pop89ni et intercroisements 89i x 89ni mélangés), "mixage" (intercroisement entre population 85 et une des 2 populations de 89), témoin. La mauvaise connaissance de la structure des 2 populations 89i et 89ni à l'époque du lancement de ce test (on croyait avoir affaire à une seule population 89 jusqu'en septembre 96) explique ces mélanges qui vont limiter la portée des conclusions.

- à La Tremblade, des inoculations ont été pratiquées en mars 97 sur plus de 3000 individus dans le cadre du cycle de sélection 95-98 : elles ont essentiellement pour but d'éliminer des individus sensibles à la parasitose parmi des animaux ayant été sélectionnés de manière intra-familiale pour leur forte croissance (en milieu intensif pour 50 familles testées à Bouin en 96, ou en milieux non contrôlés pour les autres) ; le classement des familles en fonction de leur survie est un objectif secondaire.

#### **La croissance est-elle stable dans le temps et existe-t-il des interactions génotype-environnement pour la croissance ?**

Un premier test de croissance en conditions intensives à Bouin en 1996 avait pour but principal de contrôler que la sélection opérée pour la tolérance à *Bonamia* sur plusieurs générations ne s'accompagnait pas d'une baisse des performances de croissance. Cette expérience a permis de classer les familles par niveau de performance de croissance dans un environnement particulier, caractérisé par l'abondance trophique et l'absence d'exondation. Sur la durée de cette expérience, 2000 courbes de croissance individuelle ont également été établies pour étudier la stabilité dans le temps de la croissance.

Afin d'assurer que les souches sélectionnées auront des performances économiquement viables, voire améliorées, en conditions d'élevage, il est important de vérifier que ce

classement sera encore valide dans des environnements différents plus comparables aux conditions réelles d'élevage (compétition trophique et/ou exondation). En effet, il n'est pas impossible qu'une famille très performante en conditions trophiques *ad libitum* se trouve handicapée dans des conditions moins favorables du fait de sa physiologie particulière.

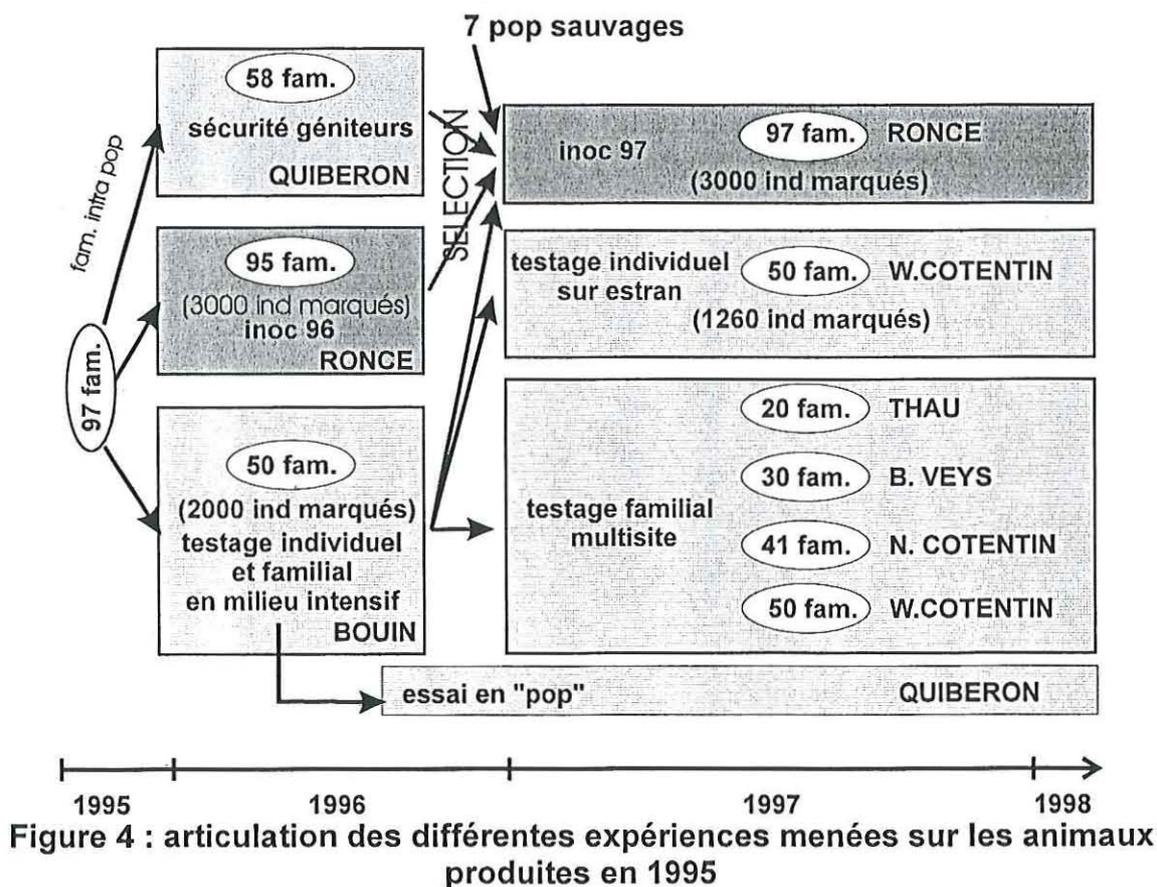
Plusieurs tests ont été mis en place début 97 avec les huîtres plates nées en 95 et suivies à Bouin en 96 pour déterminer si de telles interactions entre génotype et environnement existent ou non :

- suivi individuel et familial sur la côte ouest du Cotentin
- suivi familial en eau profonde sur le Nord Cotentin
- suivi familial sur estran en baie des Veys
- suivi familial en pleine eau dans l'étang de Thau

Le suivi individuel sur la côte ouest du Cotentin permet également d'étudier la stabilité interannuelle de la croissance.

Par soucis de simplification, on pourrait argumenter que, partant d'une espèce non domestiquée, le progrès génétique réalisé en conditions intensives a de grandes chances de correspondre à un progrès dans d'autres conditions, même si d'éventuelles interactions peuvent modifier légèrement le classement des génotypes. Il semble quand même préférable de s'assurer que ces interactions ne sont pas majeures.

Le schéma de la figure 4 synthétise l'utilisation expérimentale des familles de 1995. Pour chacune des expériences, l'annexe 3 indique le nombre de familles utilisées dans chacun des 7 types de croisements effectués.



## **Quel est le niveau de performance économique des produits élites issu du programme de sélection?**

Dans le cadre de la diffusion du progrès génétique au secteur de la production, aucune contrainte de variabilité génétique n'est à prendre en compte (au moins tant que le naissain d'écloserie reste minoritaire dans le milieu naturel), alors qu'une telle contrainte existe à chaque génération de sélection, en particulier celle de 1995 ; on ne cherche qu'à maximiser le niveau de performance des animaux élevés et dont la descendance n'a pas à être réutilisée. C'est pourquoi le matériel produit en 95 ne permet pas directement de déterminer si le programme de sélection permet d'ores et déjà de valoriser économiquement le progrès réalisé. Le matériel produit en 97 avait pour objectif de répondre à cette question en dehors de toute consanguinité.

## **Quel déterminisme pour la tolérance ?**

Le déterminisme génétique de la tolérance à la bonamiose reste actuellement la grande inconnue du programme. Cette tolérance peut d'ailleurs provenir de plusieurs facteurs indépendants, liés d'une part à la pénétration du parasite dans l'huître, et d'autre part à la dynamique de développement de la maladie au sein de l'huître après infection.

Les croisements entre populations sélectionnées et le rétrocroisement entre population 85 et population sauvage suggèrent que le caractère de tolérance pris dans sa globalité est additif : la descendance a en effet un niveau de tolérance intermédiaire entre ceux des lots sélectionné et sauvage .

En revanche, le même rétrocroisement entre population 85 et population sauvage suggère que la formule hémocytaire typique de la population sélectionnée est un caractère dominant.

Sophie Launey devait étudier le déterminisme précis de la tolérance au cours de sa thèse, en analysant une famille consanguine avec des marqueurs génétiques. Cette étude n'a pas pu être menée à bien, à cause des problèmes zootechniques rencontrés en 1996 et du nombre insuffisant de marqueurs disponibles pour une telle approche. Il aurait fallu pouvoir également évaluer le niveau de tolérance individuel des huîtres de cette famille.

On ne sait donc pas si ce caractère est monogénique, oligogénique, ou déterminé par un très grand nombre de gènes. Or, cette question est importante. Si le caractère est déterminé par un très petit nombre de gènes, il est probable que les fortes intensités de sélection appliquées pour la survie en milieu bonamiosé ont déjà fixé les allèles favorables apportés par les fondateurs au sein de nos populations sélectionnées. Dans ce cas, il n'est plus possible d'augmenter le niveau de tolérance, et, si celui-ci est encore économiquement insuffisant, il faut aborder le problème par une amélioration de la croissance pour atteindre une taille commerciale satisfaisante à 2 ans et demi.

En revanche, si le caractère est déterminé par un très grand nombre de gènes, il est probable que tous les allèles favorables n'ont pas été fixés dans nos populations sélectionnés. Un progrès génétique est encore possible. Mais le bon niveau de performances des populations sélectionnées dès la première génération ne plaide pas pour un tel déterminisme.

## Bilan des expérimentations menées ou en cours sur la génération de 1995

### *Croissance en milieu intensif à Bouin en 1996 (présentation JP Baud)*

Un dispositif expérimental avait été mis en place au mois d'avril 1996 à la station de Bouin. Après dédoublement en juin 96, 50 familles de 1995 étaient représentées par 200 individus (dont 40 marqués) répartis en 4 raceways béton dans des casiers familiaux superposés (annexe 4). Cette expérimentation réalisée en collaboration avec l'équipe de Bouin supposait de leur part une zootechnie sans faille : contrôle quotidien des débits d'eau, d'air et de phytoplancton, mesure des températures salinité et concentration en oxygène (annexe 5).

La mortalité cumulée sur la durée de l'expérience est de l'ordre de 10% et ne montre pas de différence significative entre populations sélectionnées et témoin (figure 5). Les suivis individuels jusqu'à février 97 ont permis de montrer la linéarité de la croissance (figure 6).

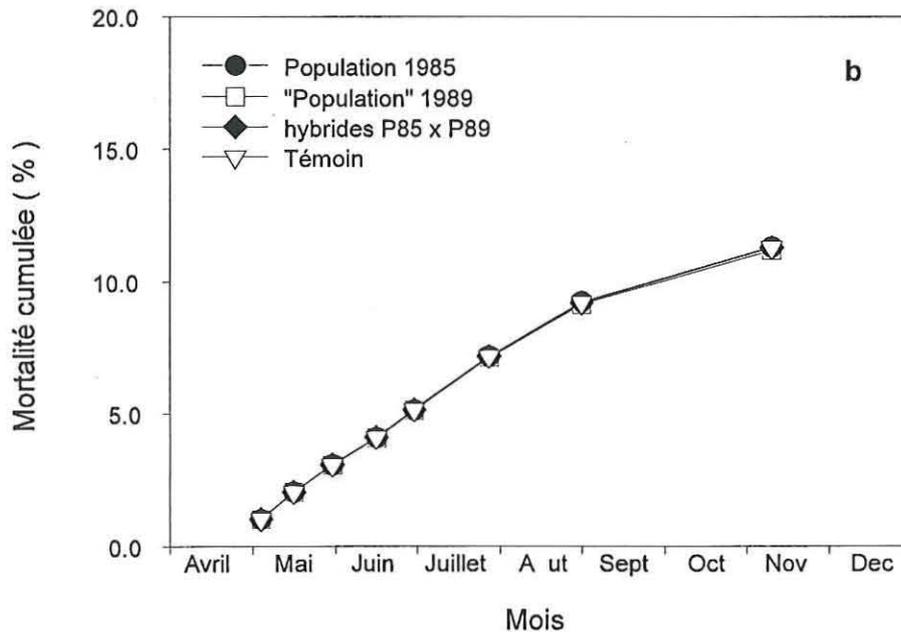


Figure 5 : mortalité observée sur les lots en testage

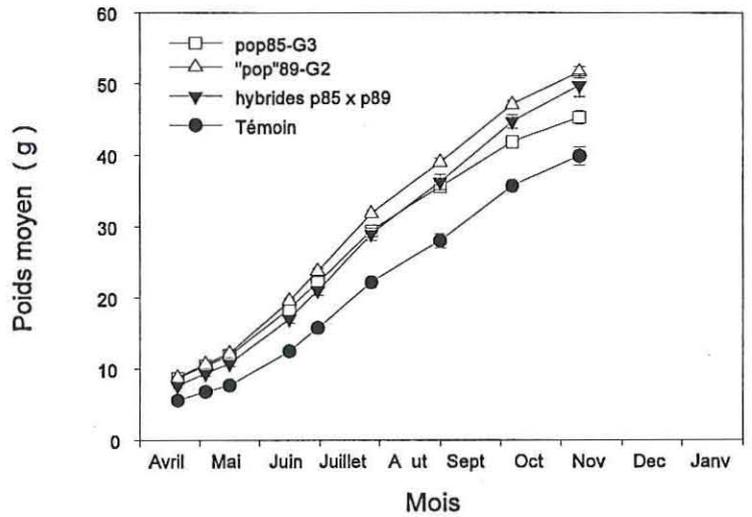
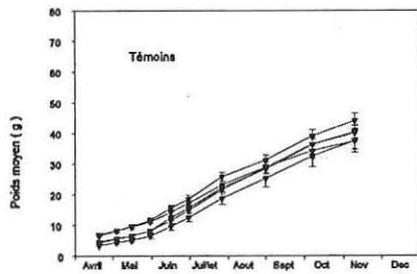
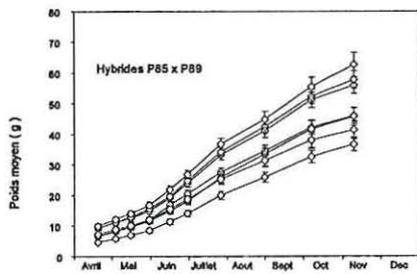
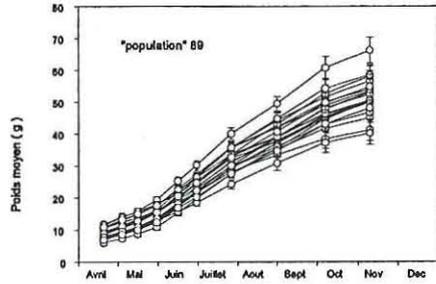
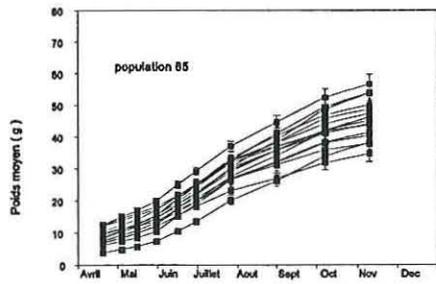
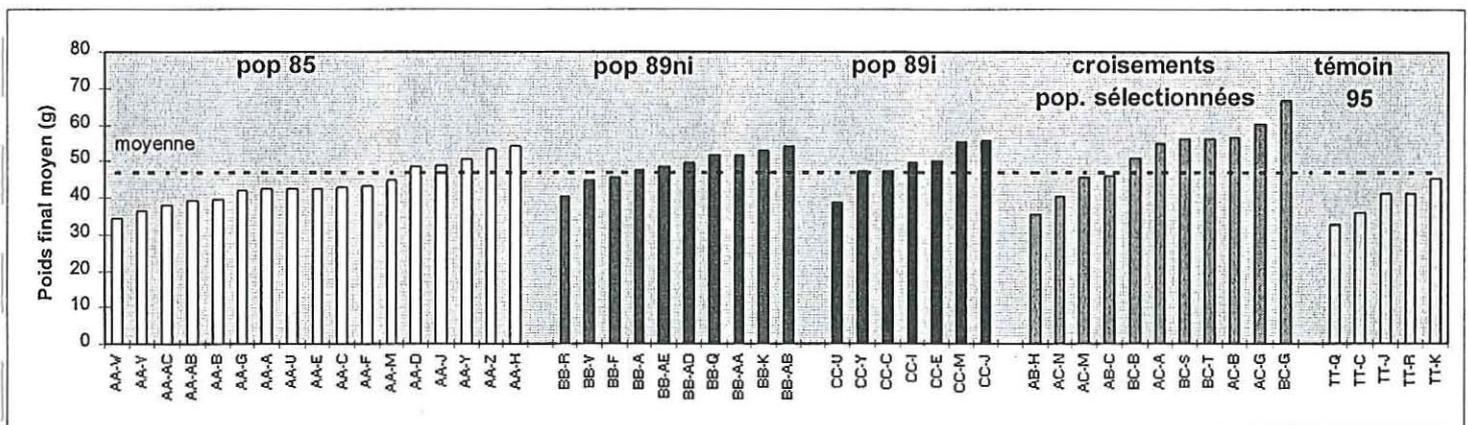


Figure 6 : croissances familiales et par population

Les résultats familiaux font apparaître une forte variabilité inter-familiale au sein de chaque population (figure 7), mais plusieurs tendances se dégagent :

- les familles hybrides des 3 populations en sélection sont globalement meilleures que les familles intra-population.
- Les cinq témoins d'écloserie affichent des performances moins bonnes que les familles sélectionnées (mais elles ont été produites plus tard que les familles intra-population).

Il faut cependant rappeler que les performances familiales peuvent avoir une forte composante environnementale liée à leur histoire précoce (échelonnement des dates de pontes sur plusieurs mois) : de ce fait, les différences observées entre familles ne sont pas que d'origine génétique. La variabilité entre niveau de consanguinité mise en évidence par marqueurs après le lancement de l'expérimentation rend également délicates l'interprétation des différences observées.



**Figure 7 : comparaison des performances de croissance de 50 familles biparentales produites en 1995**

#### En résumé :

L'apport majeur de cette expérience est la démonstration qu'il est possible d'élever en milieu intensif en conditions trophiques non limitantes des huîtres plates jusqu'à une taille commerciale, sans forte mortalité. Dans le cas où l'expression du génotype ne dépendrait pas de l'absence de compétition inter-individuelle, ceci pourrait ouvrir des perspectives intéressantes pour le testage, même si les comparaisons ne sont vraiment valides d'un point de vue génétique qu'en intra-familial compte tenu des écarts de dates de ponte.

#### Manip croissance-survie en Baie de Quiberon (présentation A. Langlade)

Les lots suivis sur la concession IFREMER de la baie de Quiberon (annexe 6) ont été reçus en 4 fois et répartis sur 3 types d'installation :

- Une partie a été mise en caisses de prégrossissement pour semis au sol ultérieurs : ces lots ont été éliminés à la suite de fortes mortalités automnales constatées en décembre 95.

- Une autre partie a été mise en casiers sur filières au sol pour un test sur 2 ans : les lignes ont été relevées en plusieurs fois de septembre 1996 à juin 1997

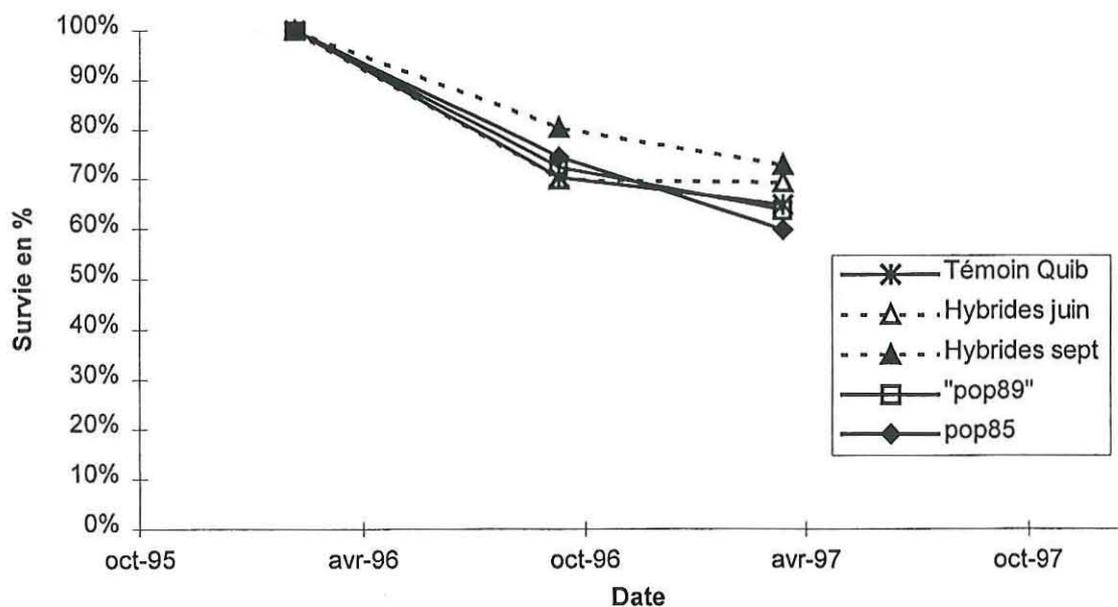
- Des échantillons de chaque ponte ont été mis en réserve pour servir ultérieurement de géniteurs : ces lots ont été triés à plusieurs reprises.

- Un autre test a été mis en place en juin 96, à partir des lots de même origine mais conservés à Bouin de juin 1995 à juin 1996 et ayant subi très peu de mortalité. Ce test est encore en cours.

### Premier test sur filières

Chaque casier contenait un mélange d'individus issus de plusieurs pontes de la même "population" (pop85, "pop89", hybrides 85 x "89", témoins. Les arrivages se sont étalés de fin juin à début juillet pour les lots 85 et 89, de fin juin à septembre pour le lot "hybrides" et en une seule fois, en septembre, pour le lot témoins d'écloserie issus de parents Quiberon. Les répétitions n'étaient pas rigoureusement identiques dans la mesure où ce n'étaient pas nécessairement les mêmes familles qui composaient les poches de la même lignée.

Des mortalités anormales ont été observées dès la fin de l'automne 1995 sur les lots arrivés en début d'été. Les résultats de survie, d'infestation par *Bonamia* et de survivantes saines depuis le tri de printemps sont donnés sur les figures 8a, b et c.



**Figure 8a : Evolution de la survie des lots produits en 1995 dans le test 1 à partir du tri de printemps 1996**

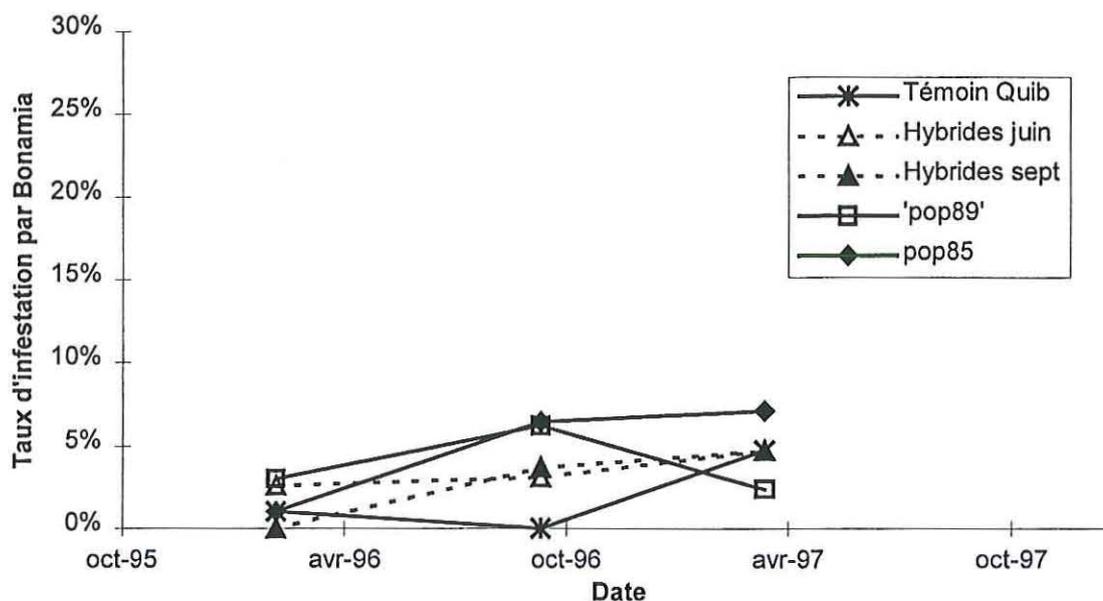


Figure 8b : Evolution de l'infestation par *Bonamia oostreae* des lots produits en 1995 dans le test 1, à partir du tri de printemps 1996

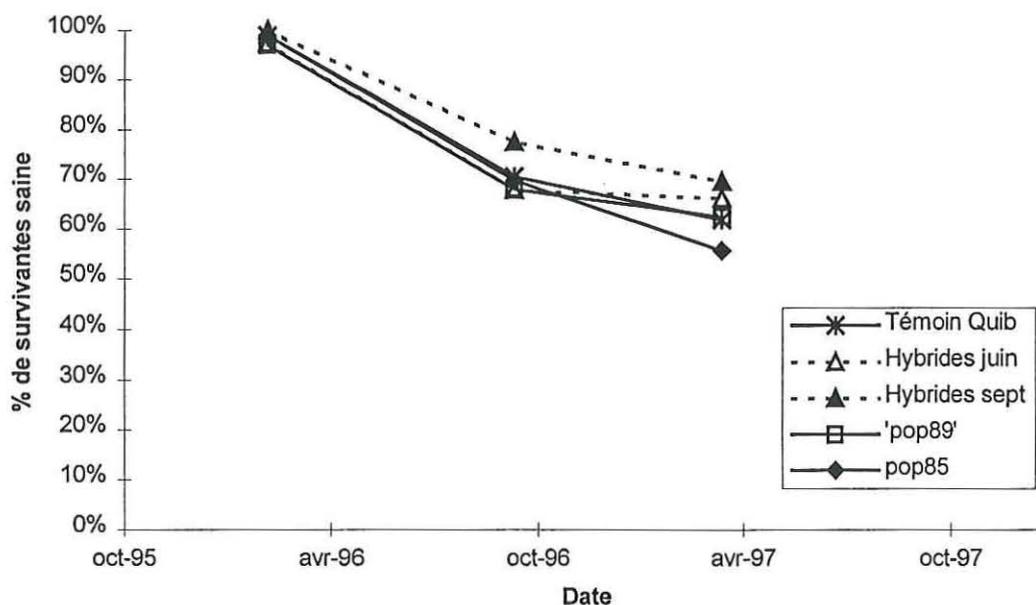


Figure 8c : Evolution du taux de survivantes saines pour les lots produits en 1995 dans le test 1, à partir du tri de printemps 1996

Seul le lot mixage marque un survie légèrement meilleure que les autres lots. La population sélectionnée depuis le plus longtemps (pop85) montre le plus de mortalité et les taux de *Bonamia* les plus élevés (7 % en avril 1997). Toutefois, les taux de *Bonamia*, globalement faibles, ne sont pas significativement différents entre les lignées. Il faut cependant se rappeler que les poches du témoin Quiberon et que certaines poches d'hybrides ont été soumises à l'action de *Bonamia oostreae* depuis moins longtemps (3 mois d'écart entre les mises en place). Quoi qu'il en soit ces tests ne sont pas concluants en termes de progrès génétique.

## Second test sur filières

Les trois figures suivantes donnent l'évolution de la survie, du taux de *Bonamia ostreae* et du nombre de survivantes saines de juin 1996 à janvier 1998.

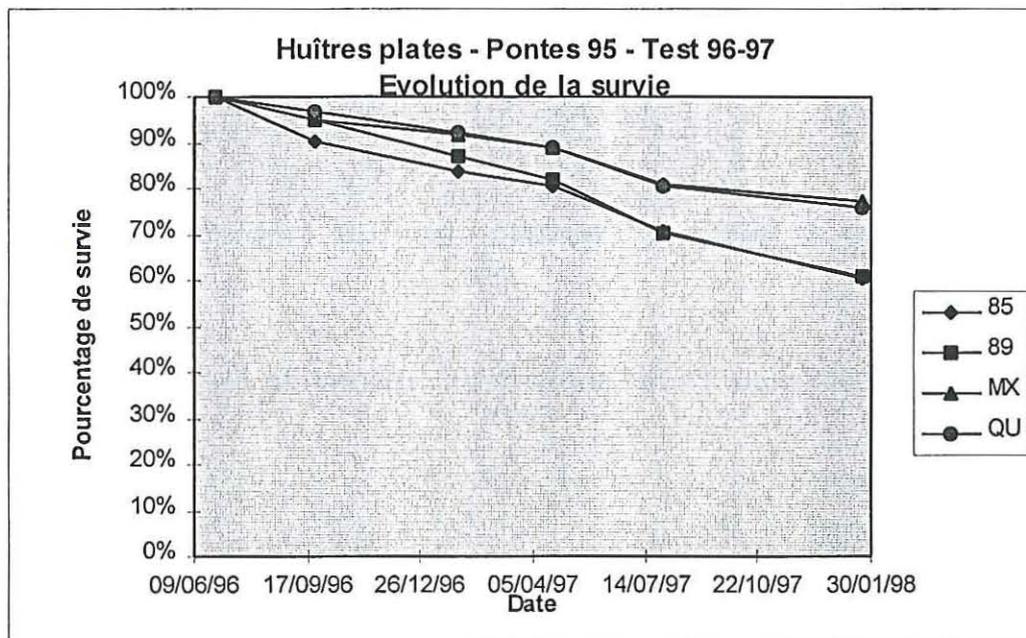


Figure 9a. :Evolution de la survie des lots produits en 1995 dans le test 2

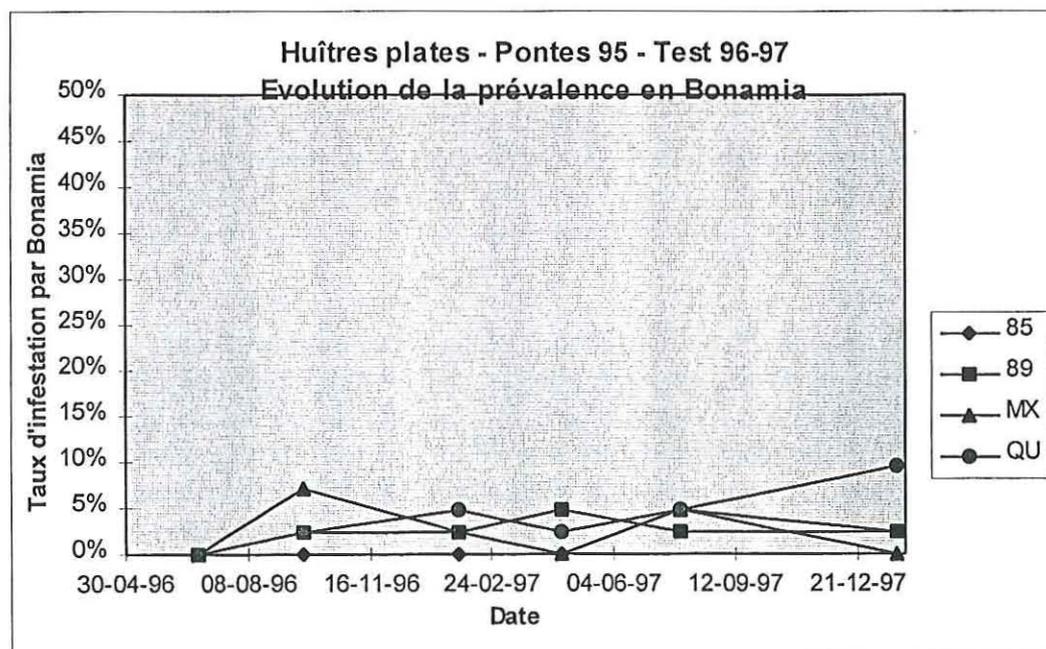
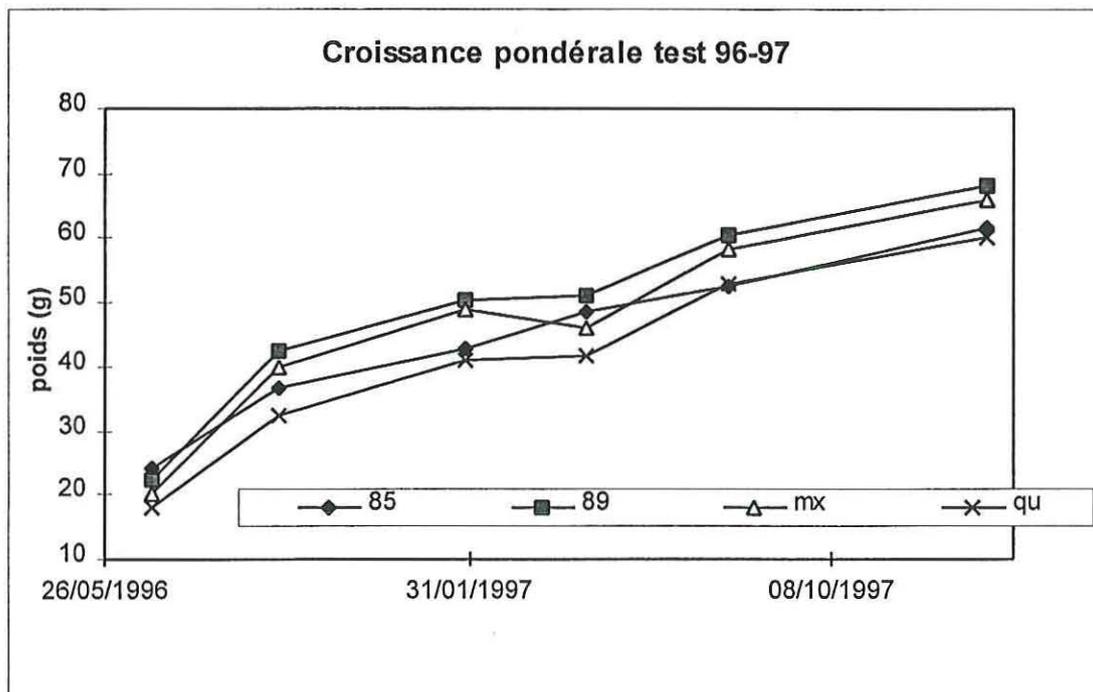


Figure 9b : Evolution de l'infestation par *Bonamia ostreae* des lots produits en 1995 dans le test 2



**Figure 9d : Evolution de la croissance pondérale des lots produits en 1995 dans le test 2**

**En résumé :**

Le point effectué en Décembre sur les lots mis en place en juin 96 sur la concession IFREMER de la Baie de Quiberon confirme l'absence de tendance déjà signalée par Anne-Geneviève Martin en fin d'été 97 (note interne du 06/09/97) : les populations sélectionnées ne s'avèrent pas différentes des témoins que ce soit en terme de gain de poids ou de survie. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que les animaux n'ont pas encore été confrontés au parasite depuis suffisamment longtemps : les mortalités différentielles ne pourraient par contre apparaître au cours du second été sur site bonamiosé, soit à l'été 98.

**Manips croissance survie en Normandie**

**résultats par site (présentation JP Joly)**

mortalité :

La figure 10a donne les résultats de mortalité pour l'ensemble des familles testées et pour les 3 sites. Le tableau correspondant est donné en annexe 7. On note un effet site marqué avec de moins bonnes survies en Baie des Veys. Néanmoins les huîtres sélectionnées de ce secteur présentent un taux de survie supérieur aux huîtres naturelles qui servaient de témoins (figure 10b).

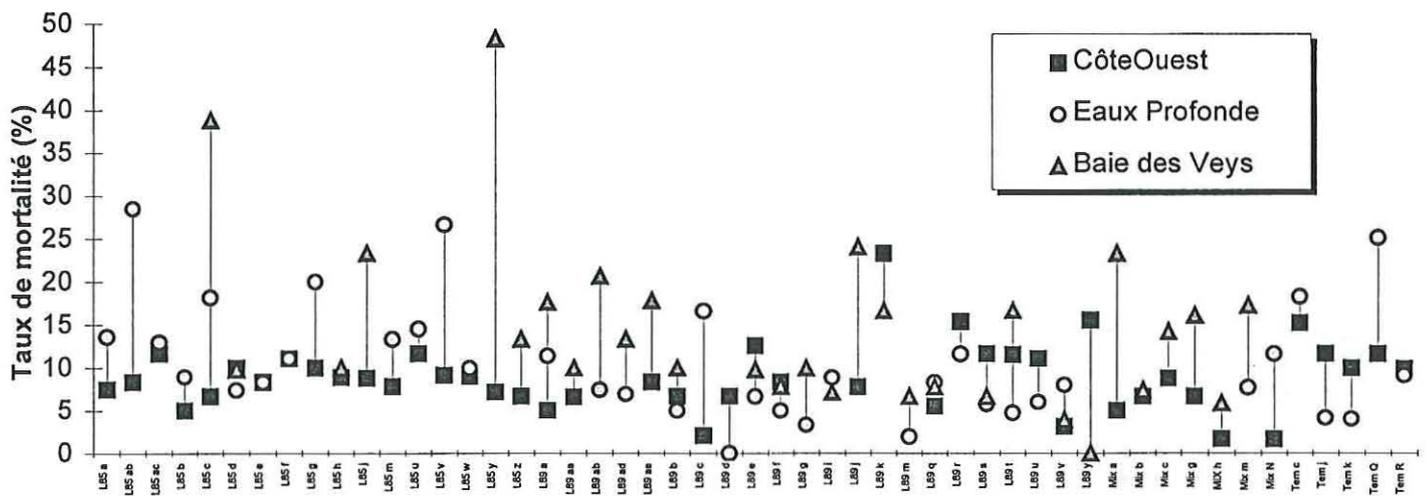


Figure 10a : mortalités observées sur les 3 sites Normands

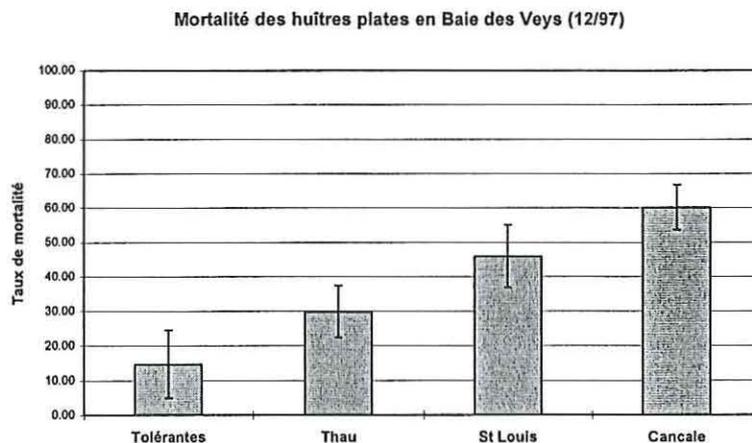
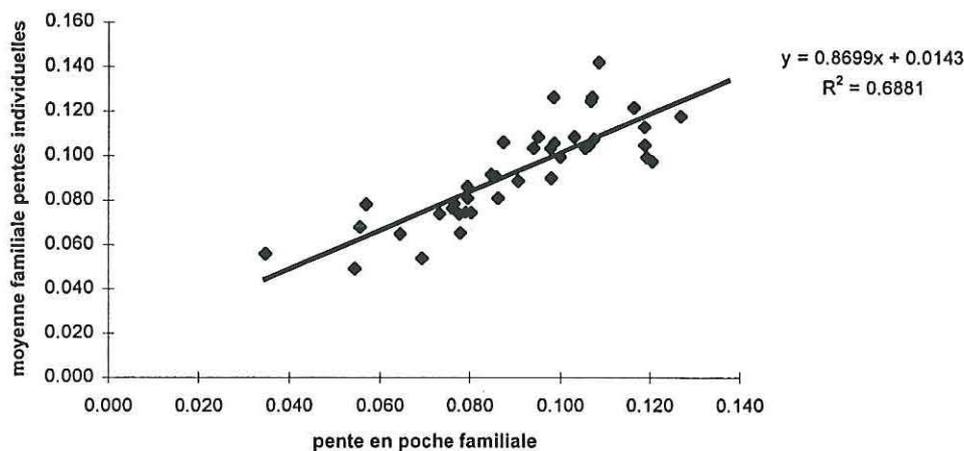


Figure 10b : mortalités observées en Baie des Veys

En moyenne, en globalisant les 3 sites, "L89" et "Mix" ont un comportement similaire (environ 9,5% de mortalité) et "L85" présente un taux moyen supérieur (13,5%), en particulier à cause du mauvais comportement de 2 familles en Baie des Veys (avec 39 et 48 % de mortalité!).

Croissance :

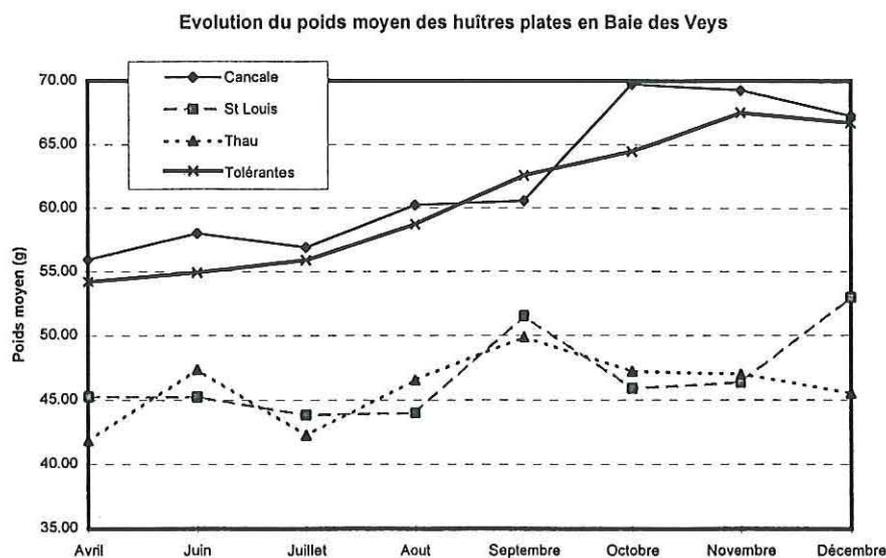
Sur la côte ouest du Cotentin, où le suivi était effectué en poches familiales et en poche de mélange d'individus marqués, on observe une bonne corrélation entre moyenne familiales de performances de croissance individuelle et performances en poche familiale (figure 11 a)



**Figure 11a : croissance mesurées individuellement et en poches familiales**

Pour le reste, les résultats n'ont pas encore été analysés finement, mais on observe que les performances sont globalement supérieures sur la Côte ouest, site pressenti à l'origine comme le meilleur des trois pour les huîtres plates. Les performances sont médiocres en Baie des Veys, site estuarien riche mais turbide et moins propice aux huîtres plates (par ailleurs situé légèrement plus haut que sur la Côte ouest). Les performances sont par contre très décevantes en eau profonde (aussi bien sur les huîtres plates que sur les huîtres creuses que nous avons également sur ce site). Les températures plus basses et la pauvreté trophique du secteur (pas d'apport d'eau douce) expliquent sans doute ces résultats surprenants.

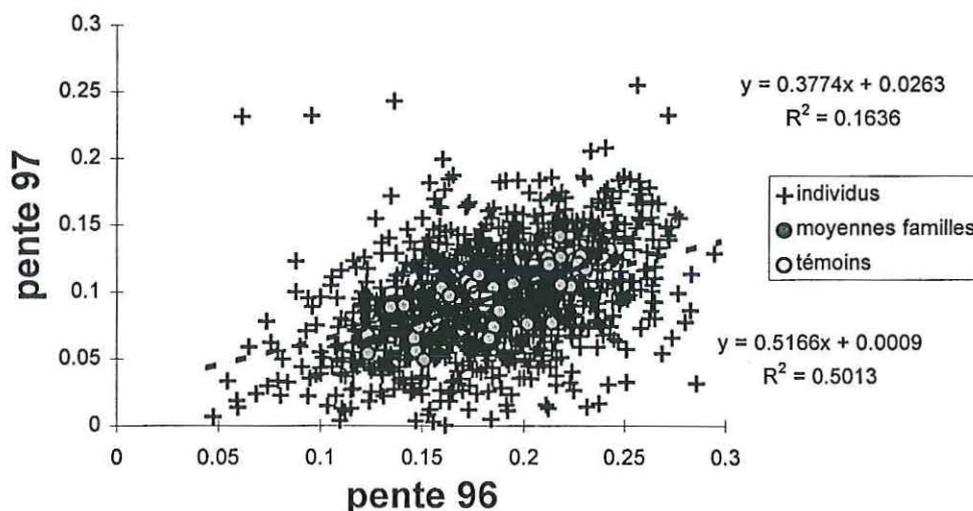
Le décalage de taille initiale entre huîtres sélectionnées et huîtres de Cancale d'une part, huîtres de Thau et de Méditerranée d'autre part (figure 11b) rend difficile l'interprétation des résultats de croissance et de survie en Baie des Veys. Le fait que les huîtres de cancales aient eu la même taille initiale que les huîtres sélectionnées issues de la nurserie de Bouin suggère qu'elles étaient en réalité âgées d'une année de plus, ce qui pourrait expliquer leur survie nettement moins bonne. Les analyses histologiques qui sont en cours à La Trinité sur ces animaux seront utiles à l'interprétation complète des résultats.



**Figure 11b : croissance observées en Baie des Veys**

## comparaison des résultats Bouin 96 et Ouest Cotentin 97 (présentation E. Goyard)

La figure 12 montre que les résultats enregistrés sur la côte ouest du Cotentin en 97 sont globalement corrélés à ceux de Bouin en 1996, que ce soit au niveau familial ou au niveau individuel : le testage à Bouin en milieu intensif pourrait donc s'avérer suffisant pour une sélection sur le critère croissance. L'annexe X représente ces 2 séries de résultats familiaux sur 2 échelles de telle sorte que les moyennes sont confondues sur le graphique.



**Figure 12 : corrélation familiales et individuelles entre croissances Bouin-96 et W.Cotentin-97**

A l'échelle individuelle, les différences de classement entre les deux sites pourraient provenir de l'absence de maîtrise du micro-environnement autour de chaque individu au sein d'un casier à Bouin et dans une poche en Normandie : la comparaison des familles "gomme" ces différences micro-environnementales et semble en première approche meilleure.

Cependant, d'un point de vue génétique, il est rappelé que les comparaisons inter-familiales ne sont pas pertinentes car les différences observées ne sont pas uniquement d'origine génétique : les différences de classement des témoins entre les deux expériences (mauvaise croissance en 96 et croissance meilleure que la moyenne en 97) peuvent s'expliquer par des dates de ponte plus tardives (annexe 2) qui ont une incidence majeure en première année, et plus faible en seconde année.

Les faibles mortalités enregistrées dans les deux manips ne permettent pas de tirer de conclusion sur d'éventuelles interactions sur la survie.

### **En résumé :**

L'intérêt de cette manip est donc double :

- mise en évidence de l'absence d'interaction G x E pour la croissance entre les 2 milieux suivis
- illustration du risque de comparer des familles non comparables et de tirer des conclusions fausses.

## **Manip croissance survie en Méditerranée (présentation D. Buestel et J. Oheix)**

L'objectif général de cette expérimentation était de rechercher les causes de mortalité estivale de l'huître plate en Méditerranée en testant différentes hypothèses :

- Quelle est la responsabilité du *Bonamia* dans ces mortalités ?
- Les huîtres méditerranéennes ne seraient-elles pas mieux adaptées que les huîtres atlantiques aux conditions estivales ?
- Est-ce que la souche de Thau serait transformée par les apports atlantiques ?
- Un passage en mer avant l'été améliorerait-il les survies ?

Le protocole prévoyait la mise en élevage en zone de Marseillan de février à décembre 1997 de quatre souches d'huîtres à Thau

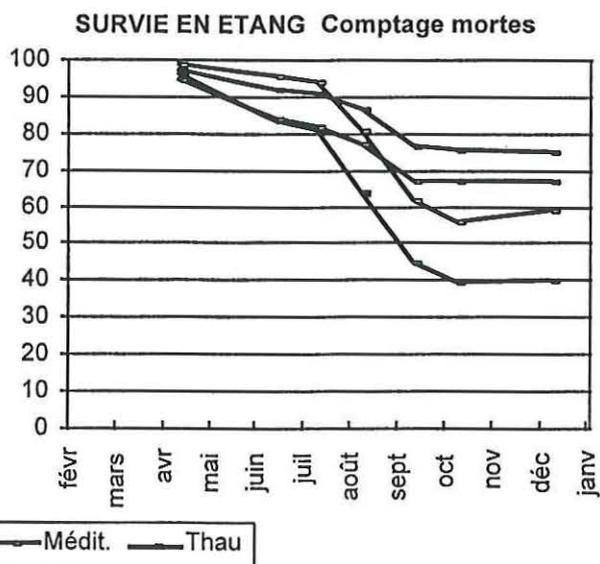
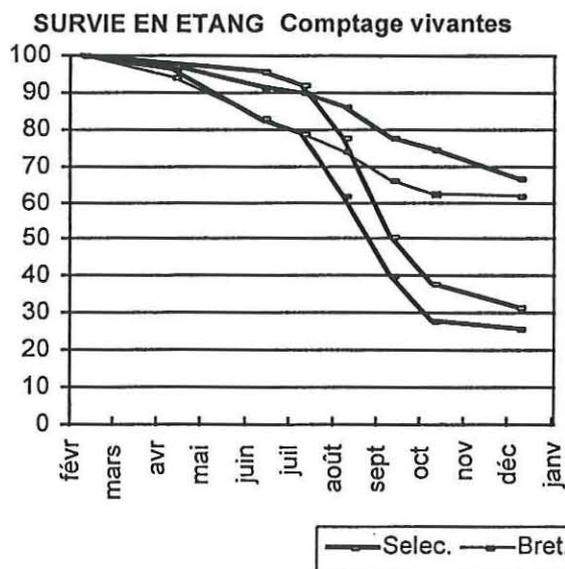
- Souche issue du programme de sélection de l'IFREMER et composée des 20 meilleures familles en termes de croissance en milieu intensif
- Souche «Thau»
- Souche «Atlantique» (Cancale)
- Souche «Méditerranéenne» (Carteau)

Un passage en mer sur filière était prévu entre juin et octobre pour une partie des lots.

Sur l'ensemble des lots ont été effectués un suivi de la croissance, de la mortalité, de l'état zoosanitaire (*Bonamia*, *Martelia*), et des conditions environnementales. En outre les lots d'origine sauvage ont été étudiés d'un point de vue structure génétique dans le cadre de la thèse de Sophie Launey.

Les résultats de survie (figures 13 a, b, c et d) montrent que :

- Les huîtres de Thau et de Carteau ont les meilleurs taux de survie : 67 et 62% ;
- Les huîtres «Sélection 95» et «Atlantiques» ont des taux de survie médiocres de 32 et 26% ;
- Les premières mortalités sont consécutives aux premiers pics de température ;
- La sortie en mer en juin décale les épisodes de mortalité du début de l'été d'environ un mois (ce décalage correspond à celui de la température) ; en final la survie globale est comparable à celle des animaux restés en étang.



Figures 13a et b : survies observées en étang.

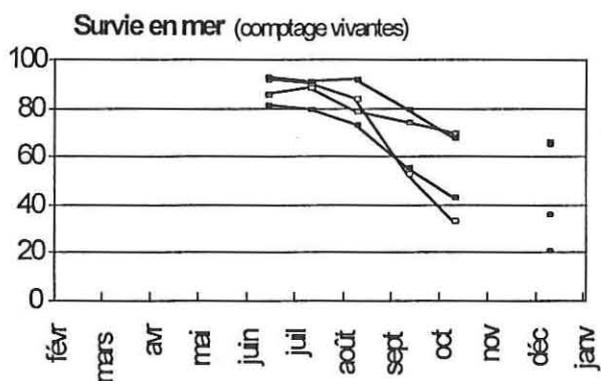


Fig. 13c : survies observées en mer

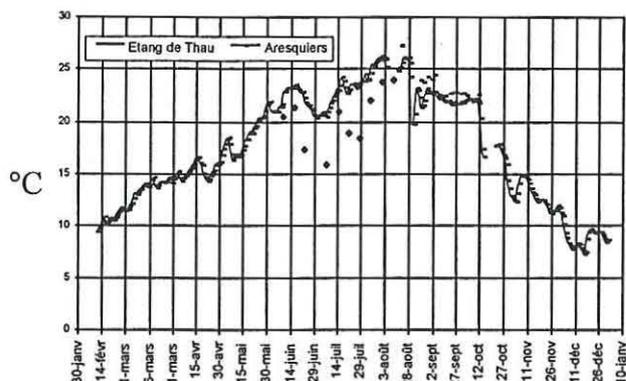


Fig. 13d : températures en mer et en étang.

Le suivi biométrique (figures 14 et 15) montre que :

- La croissance pondérale moyenne est peu différente pour les quatre lots compte tenu des différences initiales (huîtres méditerranéennes plus petites) ;
- La composition biochimique des huîtres montre que les réserves en glycogène sont élevées pour tous les lots ; les sélectionnées présentent une chute continue de l'indice de condition à partir du mois d'avril.

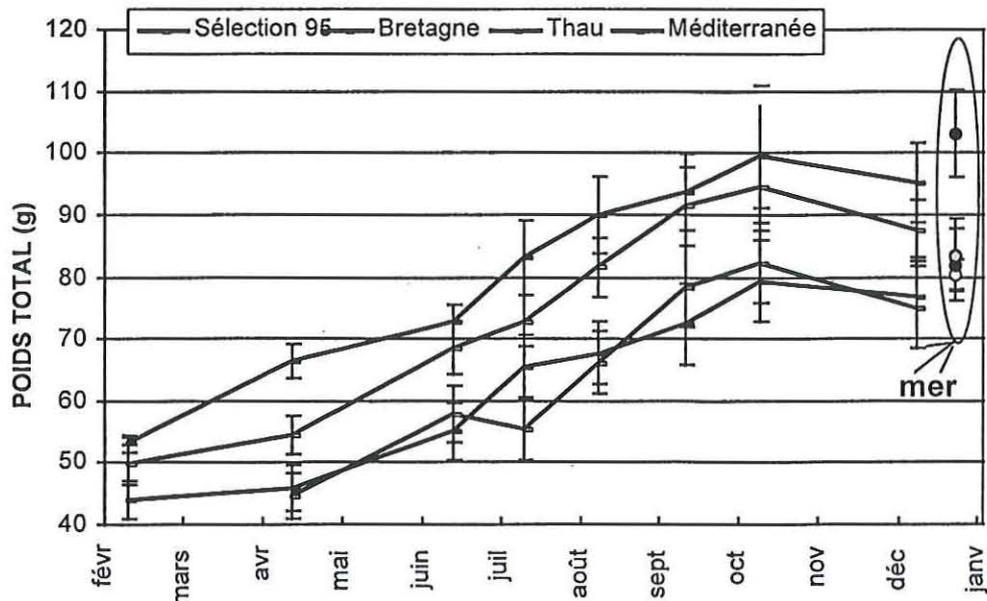


Figure 14 : croissance pondérale moyenne des 4 souches

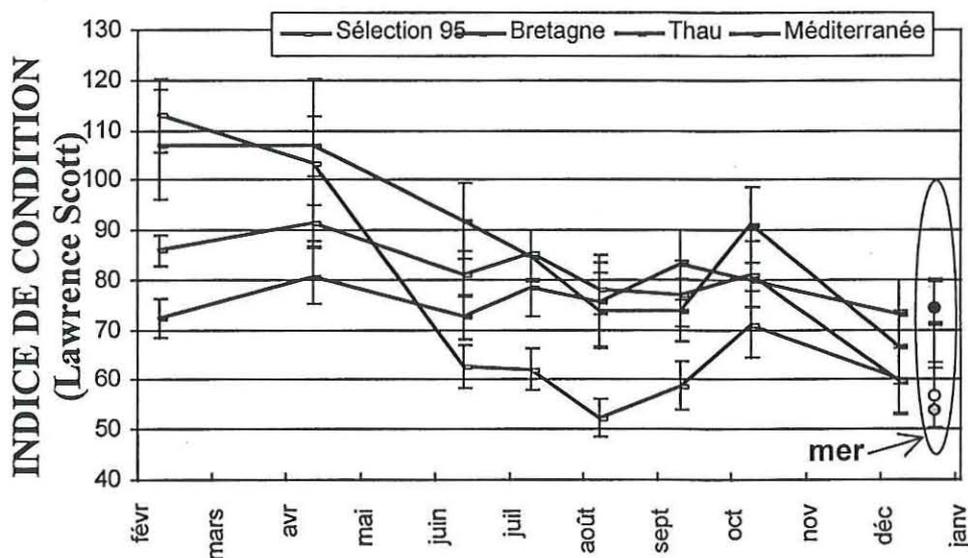
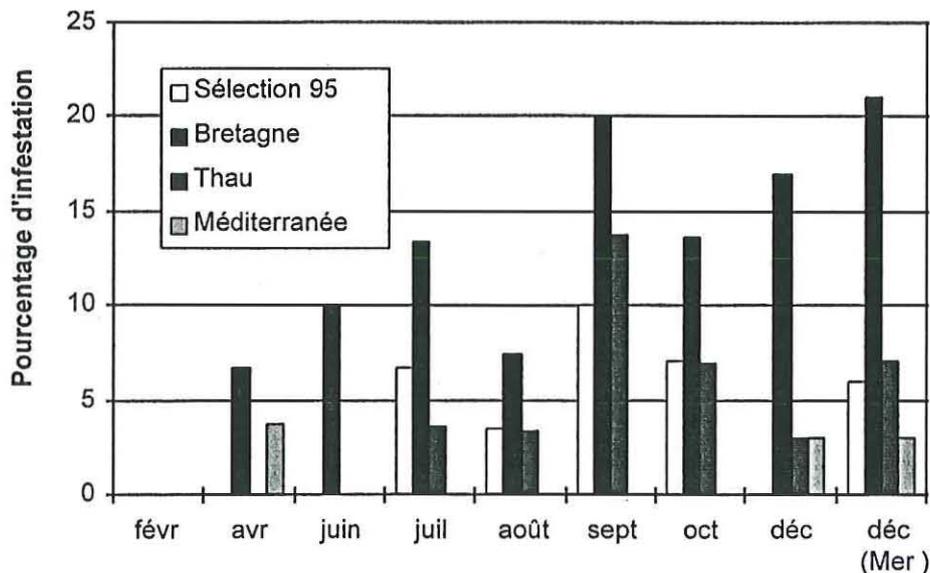


Figure 15 : évolution de l'indice de condition

Le suivi du taux de parasitisme (figure 16) au sein des différents lots montre que :

- Le parasite n'est pas décelé au départ de l'expérience ;
- Les huîtres sauvages d'Atlantique ont le taux d'infestation le plus fort ; il est cependant probable compte tenu de leur taille initiale qu'elles aient une année de plus que les autres huîtres et qu'elles aient été dès le départ faiblement parasitées, contrairement aux autres souches ;
- Les «sélection 95» et les huîtres de Thau ont un taux d'infestation similaire et faible ;
- Les huîtres de Carteau sont très faiblement infestées.



**Figure 16 : évolution du niveau d'infestation par Bonamia**

**En résumé :**

- Les huîtres «Atlantiques» associent le plus fort taux de Bonamia et de mortalité. Les huîtres «sélectionnées» (elles mêmes d'origine Atlantique) sont moins infestées par le Bonamia. Elles ont cependant une mortalité comparable aux précédentes.
- Huîtres sélectionnées et huîtres de Thau ont un même taux d'infestation par le Bonamia avec des survies différentes. Les huîtres de Méditerranée ont peu de Bonamia et peu de mortalité. Ces résultats montrent que si le parasite Bonamia joue un rôle, il n'est pas la seule cause de la mortalité. L'action de ce dernier serait renforcée lors d'épisodes critiques pour la physiologie des huîtres : augmentation rapide de la température et reproduction
- Le passage en mer décale la mortalité dans le temps. Il n'améliore pas la survie.
- L'étude de la structuration génétique des populations d'huître plate a montré par ailleurs que les populations atlantiques et méditerranéennes sont nettement individualisées ; la souche de Thau présente bien des caractères communs aux deux groupes

**Inoculation 1997 (présentation E.Goyard)**

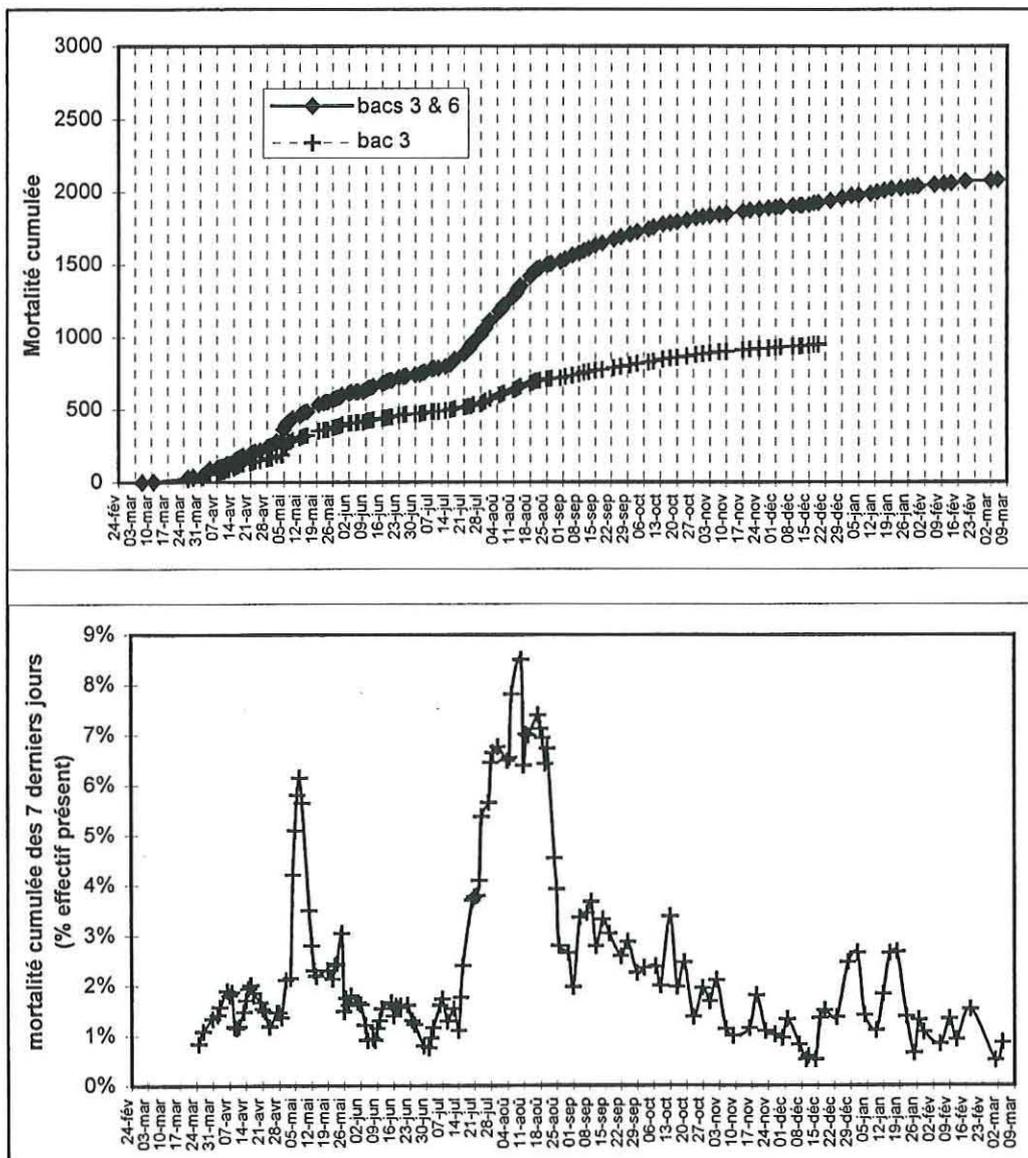
Afin de sélectionner sur un double critère de croissance rapide et de tolérance à la bonamiose, une sélection par double troncature a été mise en place sur les animaux produits en 1995 et représentatifs des trois populations IFREMER (Pop 85, Pop 89i et Pop 89ni) et sur des témoins d'écloserie, ainsi que sur des animaux sauvages de 7 origines différentes :

- Dans chacune des 97 familles de plein-frères de 1995 et des populations sauvages disponibles, des individus (jusqu'à 40) ont été présélectionnés sur un critère de croissance rapide : pour les 50 familles testées pour leur croissance en milieu contrôlé à Bouin en 1996, les 40 meilleurs individus (parmi 200) ont été déterminés par calcul du poids individuel corrigé des effets bassins ; pour les 47 autres familles qui ont été élevées dans différents environnements non contrôlés (et qui avaient subi de fortes mortalités avant le lancement de la manip de Bouin), et pour les populations sauvages,

les individus survivants les plus gros ont simplement été choisis au sein de différents lots (Quiberon, Ronce, Creaa).

- L'ensemble de ces individus ont été étiquetés puis inoculés par du *Bonamia* en début d'année 97 afin d'éliminer les animaux sensibles au parasite.

Les purifications et inoculations du parasite ont été réalisées en collaboration avec les pathologistes du laboratoire. Les animaux ont été répartis dans 2 race-ways extérieurs alimentés en eau de mer à température ambiante. Le protocole prévoyait un suivi quotidien des mortalités pendant 6 mois et la réalisation de frottis cardiaques sur les huîtres mortes afin de rechercher la présence de *Bonamia*. Environ deux tiers des animaux sont morts avant l'hiver (figure 17a et 17b). La recherche de *Bonamia* n'a été possible que dans une minorité de cas à cause de la décomposition rapide des huîtres mortes.



Figures 17a et 17b : dynamiques des mortalités observées après inoculation

L'analyse des résultats révèle que :

- Les individus des 50 familles venant de Bouin ont mieux survécu que les autres (annexe 9). Il est impossible de déterminer si leurs meilleures performances sont liées aux meilleures conditions dont ils ont bénéficié à Bouin ou s'il s'agit d'un caractère familial ;
- 80% des huîtres mortes (au total 300 lectures de frottis ont pu être faites) n'étaient pas infectées par le parasite et sont donc mortes pour d'autres raisons indéterminées (confinement, fortes températures estivales ou autre...). Il est donc impossible de faire toute comparaison inter-familiale de niveau de résistance au parasite.

L'inoculation apparaît dans cette expérience, comme dans celle menée en 96 sur des huîtres des mêmes familles âgées d'un an, comme une technique pour l'instant difficilement utilisable à l'échelle d'un programme de sélection. Néanmoins, l'opération a permis l'élimination d'individus sensibles au parasite, ce qui était le but essentiel visé.

Il est par contre impossible de savoir si les huîtres survivantes ont effectivement été confrontées au parasite. En effet, de par la technique utilisée, on contrôle mal la quantité réelle de *Bonamia* inoculée d'une huître à l'autre (seringues peu précises, sédimentation de la suspension de parasite, éventuellement différences de qualité de *Bonamia* d'une purification à l'autre). Le niveau de stress infligé est sans doute également très variable, en raison de différences de taille entre individus, et parce que la cavité péricardique n'est pas visible de l'extérieur de l'animal (parfois, on pique dans le muscle ou dans la glande digestive, et on doit piquer une seconde fois). Il en résulte un niveau de variabilité tel que 30 à 40 animaux par famille sont insuffisants pour permettre de classer les familles en fonction de leur niveau de tolérance. On se heurte là à une capacité d'inoculation et de suivi.

Le protocole d'inoculation mis au point à La Tremblade est satisfaisant pour initier des expérimentations à petite échelle en conditions très contrôlées (1 seule purification par expérience, un seul "piqueur" très expérimenté) d'où un nombre maximum d'huîtres inoculées de l'ordre de 400 animaux. Ce protocole gagnerait probablement à être précisé en ce qui concerne les conditions environnementales (en particulier de température) post inoculation qui peuvent aussi intervenir dans le développement du parasite. Il peut en particulier être très utile dans le cadre de recherches de marqueurs moléculaires ou cellulaires.

Il est par contre inadapté à l'application d'une pression de sélection dans le cadre d'un programme d'amélioration génétique à long terme qui nécessite par nature de conserver un niveau de variabilité génétique suffisant, correspondant à nombre de géniteurs efficaces à chaque génération de l'ordre 100 à 200 (50 à 100 familles biparentales). Pour être sûr d'atteindre cet objectif (c'est à dire, dans le cadre d'une sélection intra-familiale, de ne perdre aucune famille d'une génération à l'autre), le nombre de 30 individus à soumettre à la pression de sélection dans chacune des 100 familles structurant la population globale en sélection est peu compressible.

### **En résumé :**

- La pression de sélection à *Bonamia* effectuée sur les familles produites en 95 pour sélectionner les géniteurs utilisés en 98 pour la nouvelle génération est d'une efficacité probablement faible.

- La question des modalités d'application d'une pression de sélection vis à vis du *Bonamia* est difficile : l'infestation en milieu naturel est longue, aléatoire, non standardisée d'une année à l'autre, mais elle est pour l'instant la seule qui permette de soumettre à une pression de sélection un nombre de géniteurs potentiels compatible avec un programme d'amélioration à long terme qui doit disposer :

- . de géniteurs efficaces en nombre suffisant pour ne pas perdre trop rapidement de variabilité génétique,
- . de géniteurs de diffusion du progrès génétique vers les cheptels.

La recherche d'autres protocoles d'infestation standardisée (par balnéation, par proximité,...) apparaît indispensable.

- Cette difficulté met en avant l'intérêt de chercher des marqueurs de tolérance (moléculaires ou cellulaires). Les limites actuelles du protocole d'inoculation ne sont pas un frein à ce genre de recherche qui ouvrirait aussi des possibilités d'accélération du cycle de sélection (3-4 ans minimum en infestation naturelle).

### ***Physiologie de l'huître plate (présentation J. Haure)***

L'objectif de l'étude menée à Bouin était de déterminer le ou les paramètres physiologiques qui sont corrélés à la croissance pondérale de l'huître plate.

Des animaux issus de 5 familles de 1995 ont été suivis en croissance pendant 300 jours puis des animaux de poids final identique ont été testés pour les paramètres physiologiques suivants, mesurés sur un cycle de 24 heures :

- filtration (exprimée par individu et par gramme de poids sec) (figures 18a et 18b);
- absorption (figure 19) ;
- consommation d'oxygène (figure 20).

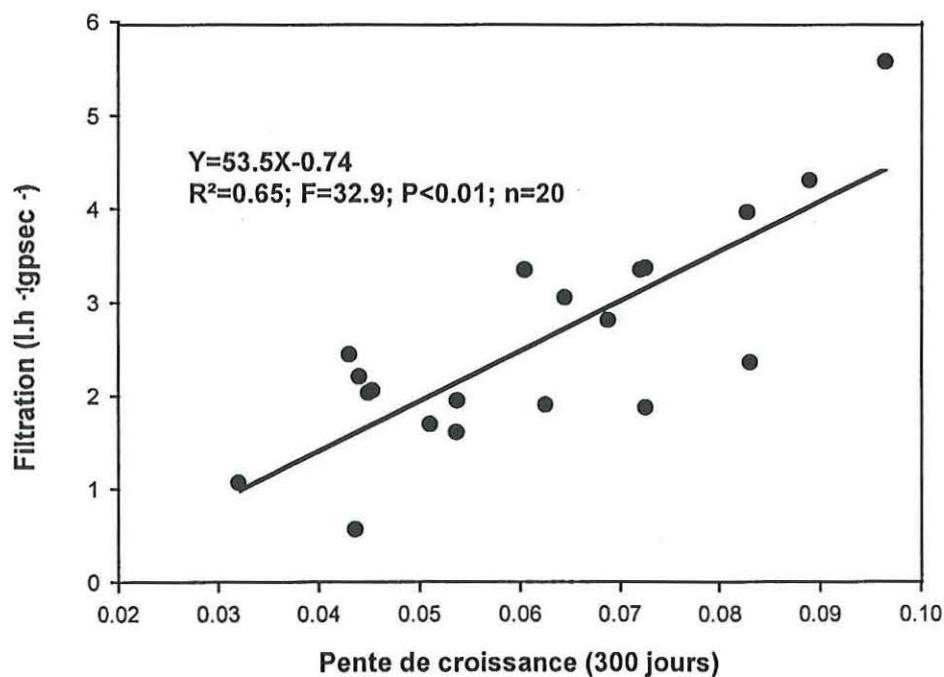
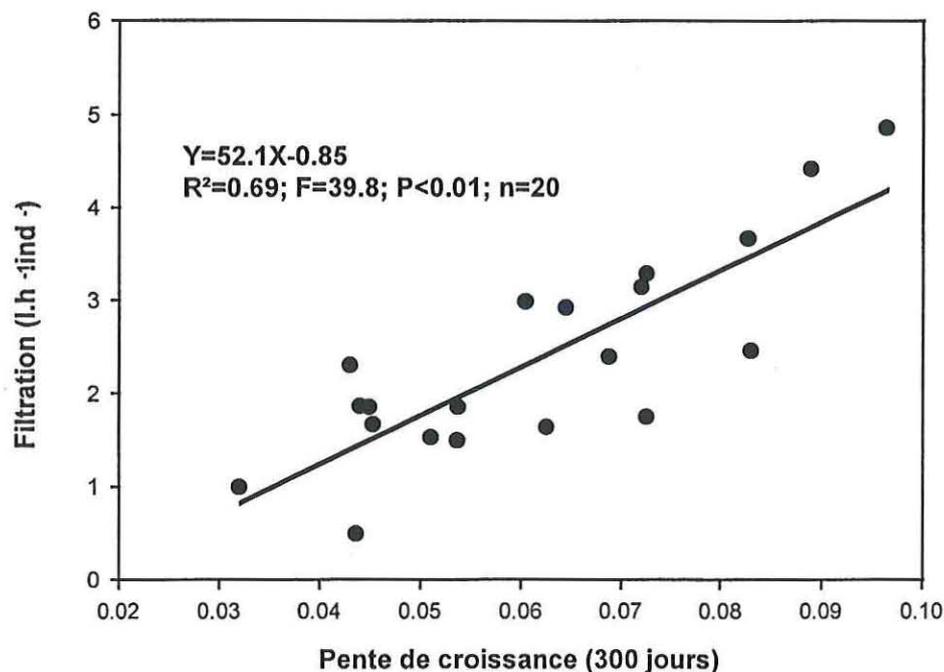
Il apparaît que :

- L'outil physiologique ouvre des perspectives intéressantes pour évaluer rapidement le potentiel de croissance des huîtres plates.
- Le paramètre physiologique le plus sensible est le taux d'activité ou filtration.
- La consommation d'oxygène ne semble pas être dépendant de la performance de croissance.

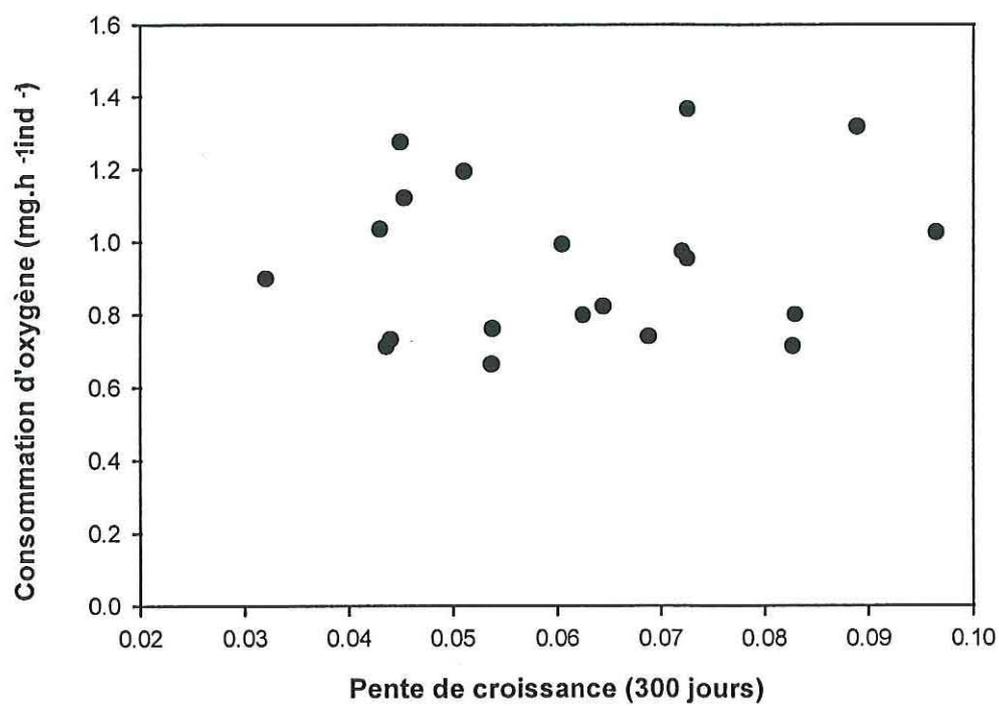
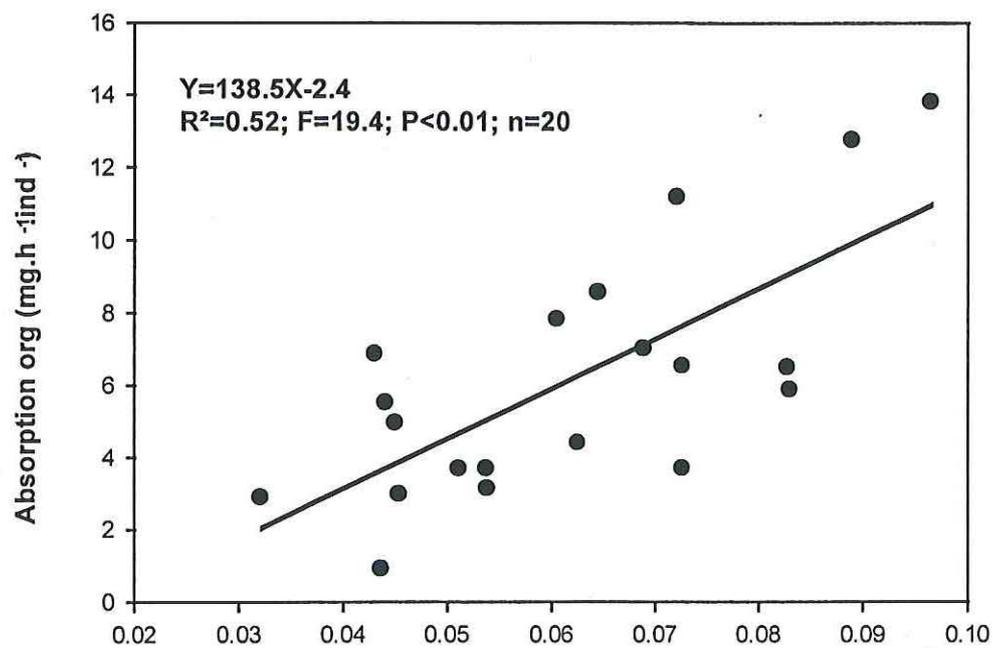
Néanmoins, ces résultats doivent être analysés en tenant compte du type d'animaux qui ont été analysés : le fait que leur poids final ait été choisi identique signifie et qu'ils soient approximativement de même âge signifie que les animaux qui présentent dans cette

expérience une forte croissance avaient probablement bridés dans la période pré-expérimentale et vice versa : autrement dit ces animaux n'ont pas eu une croissance linéaire, ce qui pourrait avoir biaisé les résultats.

Une réunion est programmée le 10/04/98 pour rediscuter de ces résultats et de la possibilité de sélectionner sur des caractères physiologique avec les physiologistes du programme GENEPHYS.



Figures 18a et 18b : relation croissance-filtration



Figures 19 et 20 : relations croissance-absorption et croissance-respiration

## Bilan des productions "Sélection 97" : (présentation E. Goyard)

### Manip "HP-2000"

#### Rappel des objectifs

Un ostréiculteur qui veut produire des huîtres plates hésitera peut-être dans un avenir plus ou moins proche sur la nature du naissain à mettre sur ses parcs : naissain de captage naturel, naissain d'écloserie non sélectionné ou naissain d'écloserie issu du programme de sélection de l'IFREMER. En 97, il a été décidé de débiter, en préambule à un testage à échelle professionnelle, une étude multi-site (baptisée HP-2000 et dans laquelle interviennent le GAP et les laboratoires de Bouin, La Trinité-sur-mer et Port-en-Bessin) visant à comparer les performances de croissance et de survie en milieu bonamiosé :

- d'un échantillon représentatif de pontes sélectionnées produites dans une logique de production commerciale (explicitée ci dessous) au printemps 97 et mis sur parc à l'automne 97 ;
- d'un échantillon de naissain d'écloserie non sélectionné issu de géniteurs sauvages, produit au printemps 97 et mis sur parc à l'automne 97 ;
- de naissain de captage naturel capté en 96 et mis sur parc au printemps 97 ;
- de naissain de captage naturel capté en 97 et mis sur parc au printemps 98.

L'existence de deux classes d'âges de captage naturel s'explique par le fait que les différences de parcours zootechniques entre produits d'écloserie et produits de captage naturel imposent "d'encadrer" les produits d'écloserie par les deux classes d'âge de captage naturel les plus proches.

La "logique de production" correspond au fait qu'un programme d'amélioration génétique comporte deux volets dont les contraintes sont différentes :

- le schéma de sélection *sensu stricto* doit :
  - . maintenir une variabilité génétique la plus grande possible au sein des populations en sélection ;
  - . permettre un progrès génétique maximal dans un temps donné (d'où l'intérêt de diminuer l'intervalle de génération) ;
- le schéma de diffusion du progrès génétique dans les élevages de production :
  - . peut n'utiliser qu'une très faible part de la variabilité disponible au sein de la population en sélection puisque les animaux de diffusion ne participent pas à la génération de sélection suivante (au moins tant que la contribution du naissain d'écloserie reste marginale dans la reproduction des stocks du milieu naturel) . De ce fait, ces animaux peuvent être issus de quelques individus "élite", croisés entre eux de manière à éviter toute consanguinité ;
  - . doit disposer d'un nombre suffisant de géniteurs "élites" pour satisfaire la demande économique.

Ainsi, pour juger de l'efficacité économique d'un programme d'amélioration génétique, il convient de comparer les meilleurs lots issus de géniteurs élites aux lots issus de géniteurs sauvages, éventuellement choisis de façon raisonnée (par exemple de très gros individus a priori très vieux). L'approche biologique, qui est celle qui a jusqu'à maintenant toujours été suivie dans le programme huître plate, consiste au contraire à comparer les performances de l'ensemble de la population sélectionnée aux performances de lots issus de géniteurs sauvages choisis au hasard.

## Bilan des productions élites 97 et témoins 97

En 1997, dans cette optique, 26 groupes de reproduction ont été constitués chacun de 5 individus sélectionnés de 1995 aux caractéristiques suivantes :

- non apparentés deux à deux ;
- ayant survécu à l'inoculation précoce de 1996 à Ronce (testage individuel) ;
- appartenant aux 5 familles ayant montré les meilleures performances de croissance en milieu contrôlé (testage sur apparentés).

Au total, 32 pontes collectives (2 à 5 parents possibles) ont été mises en élevage. Du fait de problèmes zootechniques et pathologiques, seulement 9 présentaient des effectifs suffisants à la sortie de nurserie de Bouin (poids moyen > 0.5g) pour pouvoir être utilisées de la façon suivante :

- mélange en proportions égales pour constituer 8 poches de 250 individus représentatives du matériel qui pourrait être diffusé à partir des populations sélectionnées ;
- mélange en proportions aussi égales que possible pour constituer 10 poches de 250 individus sélectionnés destinées à fournir des échantillons tout au long du suivi.

Parallèlement, 7 pontes collectives d'individus sauvages (sur 9 mises en élevage) ont été élevées jusqu'à la sortie de la nurserie puis ont été mélangées (figure 21) :

- en proportions égales pour constituer 10 poches de 250 individus représentatifs des productions d'écloseries non sélectionnées,
- en proportions aussi égales que possible pour constituer 10 poches de 250 individus non sélectionnés destinées à fournir des échantillons tout au long du suivi.

Les lots "élites" et "témoin d'écloserie" ainsi constitués ont été mis en élevage à l'automne 97 sur deux sites indemnes de *Marteilia* (Etel en Bretagne Sud et Cote Ouest du Cotentin). Ils seront suivis en croissance et survie jusqu'à fin 2000 parallèlement à deux lots de naissain sauvage commercialisés aux printemps 97 et 98 (respectivement capturés en 96 et 97). Il sera ainsi possible d'évaluer à petite échelle l'intérêt, pour un éleveur, des productions d'écloserie, sélectionnées et non sélectionnées, par rapport aux techniques traditionnelles.

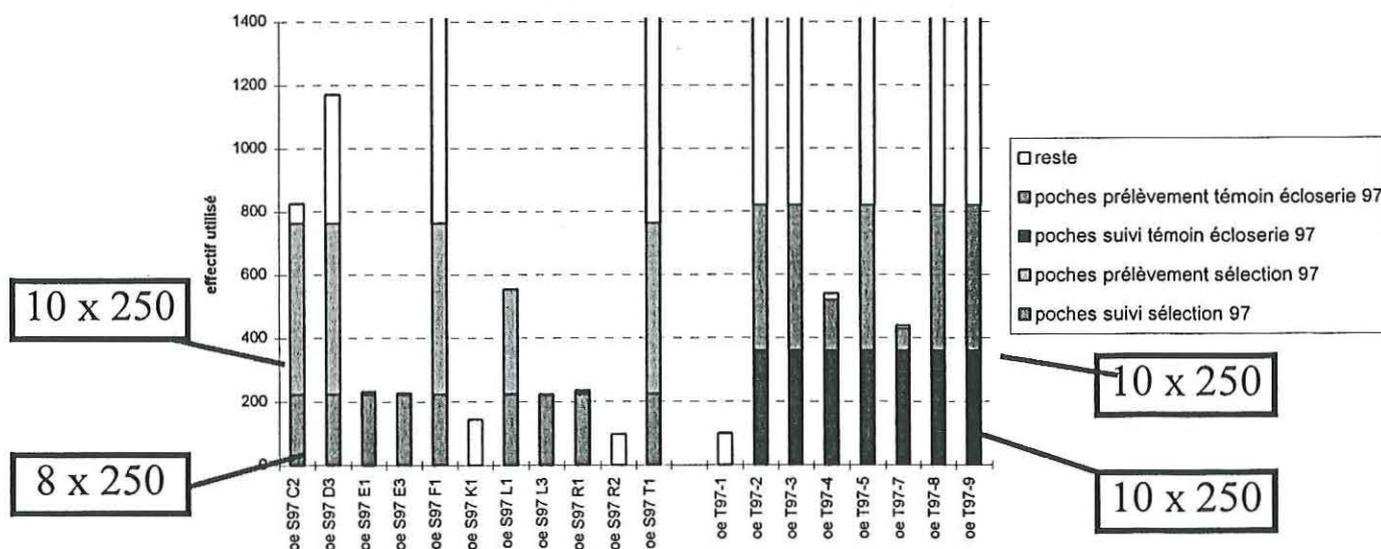


Figure 21 : constitution des lots pour le suivi HP2000

Il est cependant rappelé que les problèmes zootechniques rencontrés dans la production de ces lots (forte mortalité et élimination de nombreux élevages) pourraient biaiser les résultats de cette expérience et qu'il ne faudra pas l'oublier dans l'interprétation des résultats. L'intérêt principal de cette expérimentation est de préparer une autre expérimentation à plus grande échelle.

### **Lignées consanguines**

L'intérêt de constituer des populations consanguines réside dans le fait que leur homozygotie va augmenter avec le temps, si bien qu'à terme elles vont tendre vers des "populations pures", peu variables au sein d'une génération et d'une génération à l'autre : elles constitueront alors des témoins permettant de comparer les performances d'une expérience à l'autre.

Il est également possible que les croisements inter-population produisent des hybrides aux performances intéressantes en cas de phénomène d'hétérosis.

En 1997, dans chacune des 6 fratries issues de pleins frères produites en 96, 3 couples de pleins-frères ont été constitués. Sur les 12 pontes recueillies, 2 seulement ont été menées jusqu'à la fin de la nurserie du fait de problèmes zootechniques et pathologiques. Fin 97, on dispose donc de 6 populations en cours de constitution : 4 en sont à leur première génération de consanguinité, 2 en sont à leur seconde.

Il est donc envisageable de tenter dans les années à venir de progresser d'une nouvelle génération de consanguinité tous les ans dans chaque population.

Le tableau 3 donne la généalogie des 6 lignées consanguines en cours de constitution

Nom famille lignée consanguine	N° élevage	année de production	parent 1		parent 2	
			N°	famille ou pop	N°	famille ou pop
Oe 1	95-07-lot1	95	357	Pop 89ni	863	sauvage
Oe 2	95-07-lot2	95	204	Pop 89ni	899	sauvage
Oe 1-4	96-06-lot4	96	Oe 1 n°1	Oe 1	Oe 1 n°2	Oe 1
Oe 1-5	96-06-lot5	96	Oe 1 n°9	Oe 1	Oe 1 n°10	Oe 1
Oe 1-7	96-06-lot7	96	Oe 1 n°3	Oe 1	Oe 1 n°4	Oe 1
Oe 2-1	96-06-lot1	96	Oe 2 n°9	Oe 2	Oe 2 n°10	Oe 2
Oe 2-2	96-06-lot2	96	Oe 2 n°5	Oe 2	Oe 2 n°6	Oe 2
Oe 2-3	96-06-lot3	96	Oe 2 n°2	Oe 2	Oe 2 n°2	Oe 2
Oe 1-5-2	Oe 1-5-2	97	Oe 1-5 n°2a	Oe 1-5	Oe 1-5 n°2b	Oe 1-5
Oe 1-7-1	Oe 1-7-1	97	Oe 1-7 n°1a	Oe 1-7	Oe 1-7 n°1b	Oe 1-7
Oe 1-7-2	Oe 1-7-2	97	Oe 1-7 n°2a	Oe 1-7	Oe 1-7 n°2b	Oe 1-7

**Tableau 3 : généalogie des 6 lignées consanguines**

Accessoirement, deux autres types de pontes pourront être tentées :

- pontes multiparentales intra-lignée : compte tenu du nombre d'aquariums disponibles pour la production des lignées (3 par lignée) et compte tenu du fait qu'on n'est jamais sûr de l'obtention d'un ponte à partir de deux individus donnés, on augmente la probabilité d'obtenir une nouvelle génération de consanguinité chaque année en augmentant le nombre d'huîtres par aquarium mais on progresse moins vite par génération. S

- autofécondations : à l'inverse, on pourrait tenter de laisser des huîtres seules en aquarium pour obtenir des autofécondations (comme il s'en est déjà produit quelques-unes à Ronce dans le passé) et de les élever. On progresserait ainsi plus vite en consanguinité à chaque génération mais le temps de génération risque d'augmenter...

## Plans de croisements 98 (présentation E. Goyard)

La nouvelle génération 98 sera constituée de deux types principaux de familles biparentales :

- familles biparentales issues du croisement de 2 individus des populations sélectionnées (85, 89i et 89ni) : l'objectif est ici de produire du matériel non consanguin dont les parents ont été sélectionnés sur au moins deux générations et dont la variabilité génétique est suffisante pour assurer plusieurs générations de sélection sans apparition de consanguinité. A cet effet, on appariera des individus provenant de populations en sélection différentes.
- familles biparentales issues de croisements entre un individu sauvage et un individu de l'une des 3 populations en sélection : l'objectif est ici de reconstituer une nouvelle population à base génétique large intégrant le progrès réalisé sur les 3 populations à base génétique étroite afin de permettre la sélection à plus long terme.

Les géniteurs sélectionnés utilisés seront issus de l'expérimentation d'inoculation menée en 97 décrite plus haut : compte tenu de la présélection effectuée avant inoculation, la sélection est donc très clairement, pour la première fois dans le programme de sélection, tentée sur deux critères :

- sélection pour la croissance rapide, avec une efficacité connue ;
- sélection pour la tolérance à *Bonamia*, avec une efficacité douteuse compte tenu des problèmes rencontrés dans l'expérience d'inoculation.

### Croisements entre populations sélectionnées 85, 89i et 89ni

**La stratégie choisie est de conserver le mieux possible les ressources génétiques disponibles** : aucune sélection interfamiliale ne sera donc effectuée en intra pop (ceci est cohérent avec le fait qu'on ne dispose pas de données permettant de comparer la valeur génétique de ces familles produites dans des conditions environnementales différentes). Le nombre de géniteurs utilisé par famille sera pondéré en fonction du nombre de géniteurs fondateurs par population. Les microsatellites montrent que les pop85, 89ni et 89i actuellement en sélection ont respectivement 12-15, 3 et 8-10 géniteurs fondateurs, soit un total maximum de 28.

Cette répartition inégale impose en 98 de n'effectuer que des croisements du type **85 x 89ni** ou **85 x 89i**. Afin de contrôler les parentés, un génotypage sur 3 locus a été effectué sur certains candidats à la reproduction. Une matrice de similarité entre familles à partir du génotype des parents a été calculée afin d'optimiser les croisements.

On propose donc le nombre de géniteurs suivants :

Population	Pop 85	Pop 89 non-inoc	Pop 89 inoc	total intra-pop
nb géniteurs fondateurs	10-15	3	8-10	21-28
nb familles 95	29 fam.	16 fam.	12 fam.	57 fam.
nb géniteurs utilisés par famille	2	1	3 à 4	2 en moy.
nb géniteurs utilisés total	58	16	42	116

### Croisements des populations sauvages et des populations sélectionnées

*NB: une autre stratégie possible aurait été de faire des croisements sauvage x sauvage pour relancer un programme de sélection sur une population entièrement nouvelle à base génétique large. La stratégie adoptée ici est au contraire d'essayer de profiter le plus possible du progrès déjà acquis, au prix d'un avancement de la date à partir de laquelle la consanguinité devra être gérée. Il n'y a pas actuellement d'éléments pour choisir objectivement l'une ou l'autre stratégie.*

On dispose de 9 populations sauvages (Tableau 4) :

nom	lieu captage	date captage	lieu récolte	date récolte	inoc 97
bi 93	quiberon	93	binic	début 97	oui
bi 94	quiberon	94	binic	début 97	oui
ca1	cancale	?	cancale	début 97	oui
pc1	pertuis	<93?	pertuis	début 97	oui
	charentais		charentais		
ia1	île d'aix	?	île d'aix	début 97	oui
md1	carteau	?	carteau	début 97	oui
th1	?	?	thau	début 97	oui
qu97	quiberon	?	quiberon	fin 97	non
et97	etel	?	etel	fin 97	non

**Tableau 4 : population sauvages disponibles à Ronce début 98**

Compte tenu du nombre de familles sélectionné x sélectionné prévu (environ 60), le nombre de croisements sauvage x sélectionné sera d'environ 40. Comme la diversité génétique est apportée par les animaux sauvages, il est possible de ne pas utiliser l'ensemble de la diversité génétique de la population en sélection.

L'origine Quiberon a démontré sa bonne adaptation aux conditions d'élevages en Atlantique et en Manche. Il est donc proposé de privilégier son utilisation : en aucun cas l'introduction de gènes méditerranéens dans la population en sélection ne doit être interprétée comme un moyen d'élargir le champ de valorisation du programme. Si les producteurs méditerranéens éprouvent le besoin d'un programme de sélection, il faudra le bâtir sur de nouvelles bases.

Il est également proposé de pondérer la contribution de chaque population sélectionnée par le nombre de ses géniteurs fondateurs.

## Synthèse

### **Synthèse des résultats nouveaux**

Les **travaux de physiologie** effectués à Bouin méritent d'être analysés finement car ils pourraient ouvrir des **perspectives intéressantes** dans le cadre d'une sélection sur la croissance. De nouvelles expériences sont nécessaires, en particulier sur la stabilité des caractères observés.

Les expérimentations en Baie des Veys en à Thau montrent qu'il existe une interaction entre origine des huîtres et milieu d'élevage. Dans le cadre de nos expériences, en Méditerranée, seules les huîtres d'origine méditerranéenne ont une bonne survie. En Atlantique, des expériences passées ont montré que les huîtres d'Atlantique survivent mieux les huîtres de Méditerranée d'âge équivalent. Il serait utile de comprendre si ce problème est d'origine génétique ou s'il s'agit d'un problème adaptatif lié au transfert des animaux entre 2 milieux caractérisés en particulier par des différences de taille des particules alimentaires (autrement dit, des huîtres d'origine Atlantique élevées dès le stade larvaire en Méditerranée rencontrent-elles les mêmes problèmes que des huîtres adultes de l'atlantique transférées en Méditerranée ?). Or les populations en sélection de l'IFREMER ont une origine Atlantique, ce qui hypothèque leurs possibilités de valorisation en Méditerranée (alors qu'on y produit environ 50% des huîtres plates actuellement commercialisées). Ceci pose clairement la question de l'opportunité de lancer un autre **programme de sélection en collaboration avec l'écloserie SATMAR de Leucate**. Un tel projet pourrait être envisagé dans un cadre contractuel précis où l'IFREMER pourrait éventuellement proposer un schéma de sélection en fonction des contraintes zootechniques de l'écloserie. Il est par contre clair que l'on sort du cadre sélection pour la tolérance à *Bonamia*.

Alors que les résultats du suivi en milieu intensif à Bouin en 96 semblaient montrer pour le paramètre croissance un progrès génétique des populations sélectionnées par rapport à des témoins d'écloserie, ce résultat est contredit par le suivi des mêmes animaux en seconde année en Normandie. Pourtant, la corrélation entre les performances familiales à Bouin et en Normandie montre l'absence d'interaction entre les génotypes et ces deux environnements. Il faut en tirer 2 conséquences :

- La différence de classement entre familles sélectionnées et témoin correspond plutôt à la difficulté de comparer d'un point de vue génétique des familles qui n'ont pas été produites initialement dans des environnement identiques (dates de pontes étalées sur 3 mois) et de niveau de consanguinité différents.
- Il est possible de faire une sélection pour le caractère croissance en suivant les performances individuelles en milieu intensif sur une période de quelques mois : le testage en milieu d'élevage Atlantique n'apparaît pas comme nécessaire pour ce caractère.

**Compte tenu des contraintes zootechniques fortes liées à la biologie de l'espèce, et dans le cadre d'une population à variabilité génétique réduite qui nécessite une structuration familiale, la sélection intra-familiale est la seule qui apparaisse comme pertinente.** Elle offre l'avantage de libérer de toute contrainte temporelle pour la production des familles et autorise donc un étalement des productions d'une année à l'autre (il ne serait plus nécessaire

de produire 100 familles tous les 3-4 ans, et il serait possible de produire 25-33 familles tous les 3-4 ans).

**La question des critères de sélection est la plus controversée :**

- Nathalie Cochenec rappelle que l'objectif initial du programme était la sélection sur le seul **critère de tolérance**. L'approche économique qui pourrait privilégier la sélection sur la croissance pourrait rendre la population sélectionnée sur ce seul critère sans intérêt pour les pathologistes.
- Jean-Pierre Baud rappelle que ses travaux sur les stress précoces montrent une tendance pour les individus à forte croissance de moins bien résister à ces stress standardisés. Il y a peut-être un risque de fragiliser les cheptels en sélectionnant pour une croissance rapide. L'intégration de **données sur le stress** aux objectifs de sélection pourrait s'avérer pertinente moyennant un approfondissement du sujet.
- Emmanuel Goyard fait remarquer que pour l'instant le seul paramètre pour lequel on sait sélectionner à échelle non-expérimentale est la **croissance** et que le cycle de sélection pour ce paramètre peut n'être que d'une année alors qu'il en faut au moins 3, voire 4 ou 5 pour la tolérance tant qu'on ne dispose pas de marqueur. La possibilité de prendre le parasite de vitesse est effectivement une démarche différente de celle jusqu'alors affichée. Elle n'a pas semblé aberrante aux membres du CODIR qui ont été informés des possibilités de valorisation du programme. Les deux démarches ne seraient incompatibles que si les caractères de tolérance et de croissance rapide étaient négativement corrélés.
- La possibilité de sélectionner pour une **meilleure homogénéité de croissance** au sein des lots en élevage est évoquée : Jean-Pierre Baud signale les travaux de l'INRA sur cet objectif pour l'escargot. Le schéma préconisé par l'IFREMER pour la crevette en Equateur pourrait aussi être un point de départ pour une réflexion sur cette approche pour huître plate, voire pour huître creuse.

***Conséquences pour la gestion des lots en élevage sur les différents sites***

**Productions de 1995 et antérieures**

**Méditerranée**

Les effectifs survivants au sein des familles sélectionnées sont suffisamment faibles pour ne plus présenter d'intérêt pour le programme de sélection.

**Normandie**

Le suivi des lots familiaux est prolongé sur les 3 sites en 98 (Ouest-Cotentin, Nord Cotentin, Baie des Veys). Les individus numérotés seront suivis en 1999. Ceci constitue une sécurité géniteur importante.

En conséquence, les lots accidentellement mélangés 2 à 2 (évoqués lors de la réunion précédente) ne présentent plus d'intérêt et peuvent être sacrifiés

**Trinité**

L'essai en 4 pop débuté en juin 96 est poursuivi jusqu'à fin 98 avec deux prélèvements intermédiaires (1 avant l'été, 1 en Décembre).

Les familles de 1995 qui ne sont pas présentes en Normandie doivent être scrupuleusement

conservées (Annexe 10). Les autres peuvent être éliminées s'il est nécessaire de libérer des structures, mais il serait plus prudent de les conserver jusqu'à ce que les 100 familles de la nouvelle génération de sélection soient toutes produites.

Les reliquats des productions de 1992, les résidus de "mixage" et de "rétrocroisement" doivent être inventoriés et identifiés pour décider de leur devenir.

### **Productions 1997 et postérieures**

Pour mémoire, Il est rappelé que le protocole de la manip HP 2000 prévoit l'achat du captage naturel 97 commercialisable au printemps 98.

Les lots produits en 98 seront nursés à Bouin puis expédiés à l'automne à La Trinité et si possible sur un site Normand pour des raisons de sécurité. L'objectif est d'une centaine de familles. Il sera nécessaire de faire un point sur le niveau de réalisation de cet objectif en début d'été.

### **Conclusion**

Globalement, compte tenu des points d'interrogation sur ce programme, des difficultés zootechniques liées à la biologie de cette espèce qui rendent difficiles les croisements contrôlés, et de l'adaptation des populations méditerranéennes et Atlantique à leur milieu, il apparaît important :

- de tenter de développer un ou plusieurs marqueurs pour le caractère de tolérance : marqueurs moléculaires de type AFLP ou RAPD, ou marqueurs cellulaires (formule hémocytaire) ; ce dernier point impose en particulier d'étudier l'évolution dans le temps de la formule hémocytaire ;
- de mieux appréhender la physiologie de la croissance
- de vérifier si la sélection croissance peut avoir un impact négatif sur la survie des cheptels
- de développer un schéma de sélection strictement intra-familiale utilisant de manière plus régulière les infrastructures de l'IFREMER, voire d'écloseries privées. Dans ce cadre, les croisements non consanguins sélectionnés x sélectionnés et sélectionnés par sauvage prévus à ronce en 1998 sont un bon point de départ.
- de continuer à développer des lignées consanguines qui sont pour l'instant le seul moyen de diminuer la variabilité intra-lot : en 98 il est prévu de croiser entre plein-frères les animaux des 6 lignées consanguines actuellement en cours de constitution. Compte tenu de l'existence de familles issues de pleins-frères au sein des pop89i et pop89ni, il serait envisageable d'augmenter ce nombre en 99 et d'initier une sélection intra-familiale au sein de ces lignées.
- d'être prêt à répondre positivement à une demande de coopération de la nouvelle écloserie de Leucate dans le cadre d'un accord contractuel pour lancer un plan de sélection à vocation

méditerranéenne.

*remarque : une réunion interne au GAP le 06/04/98 a permis de dégager un certain nombre d'axes de recherches supplémentaires en pathologie, prioritaires en termes d'application au programme de génétique :*

- recherche et mise au point de nouveaux protocoles standardisés d'infestation compatible avec les effectifs à soumettre à la pression de sélection (par exemple par balnéation en circuit fermé ou par proximité...)
- étude de l'influence de la taille et de l'âge sur la sensibilité au parasite

Les actions des laboratoires côtiers pour 98 se "limitent" pour le moment aux deux opérations suivantes :

- nursage à Bouin des familles produites à La Tremblade durant le premier semestre
- mise sur site bonamiosé (Quiberon + un autre à définir avec La Trinité ?) de ces familles pour exercer une pression de sélection naturelle sur la génération à venir.

D'autres actions pourront être envisagées en fonction des effectifs disponibles et de l'évolution des techniques d'infestation. Dans tous les cas, il sera nécessaire de faire un bilan des productions 98 en début d'automne afin que les différents laboratoires prévoient leurs actions et le matériel correspondant.

Par ailleurs, Pierre Boudry suggère de développer la circulation d'information dans le cadre du réseau REGEMO élargi aux autres généticiens de l'IFREMER (Tahiti, Palavas) : une liste de diffusion par mail regemo.list pourrait être établie et être systématiquement utilisée pour la diffusion des rapports, protocoles, projets qui peuvent servir de base de réflexion pour d'autres actions (dernier exemple en date : projet crevette équateur). Le rapport de cette réunion devra être diffusé sous forme papier mais aussi sous la forme d'un fichier .doc afin que chacun dispose des supports des figures, tableaux, graphiques utiles au programme.

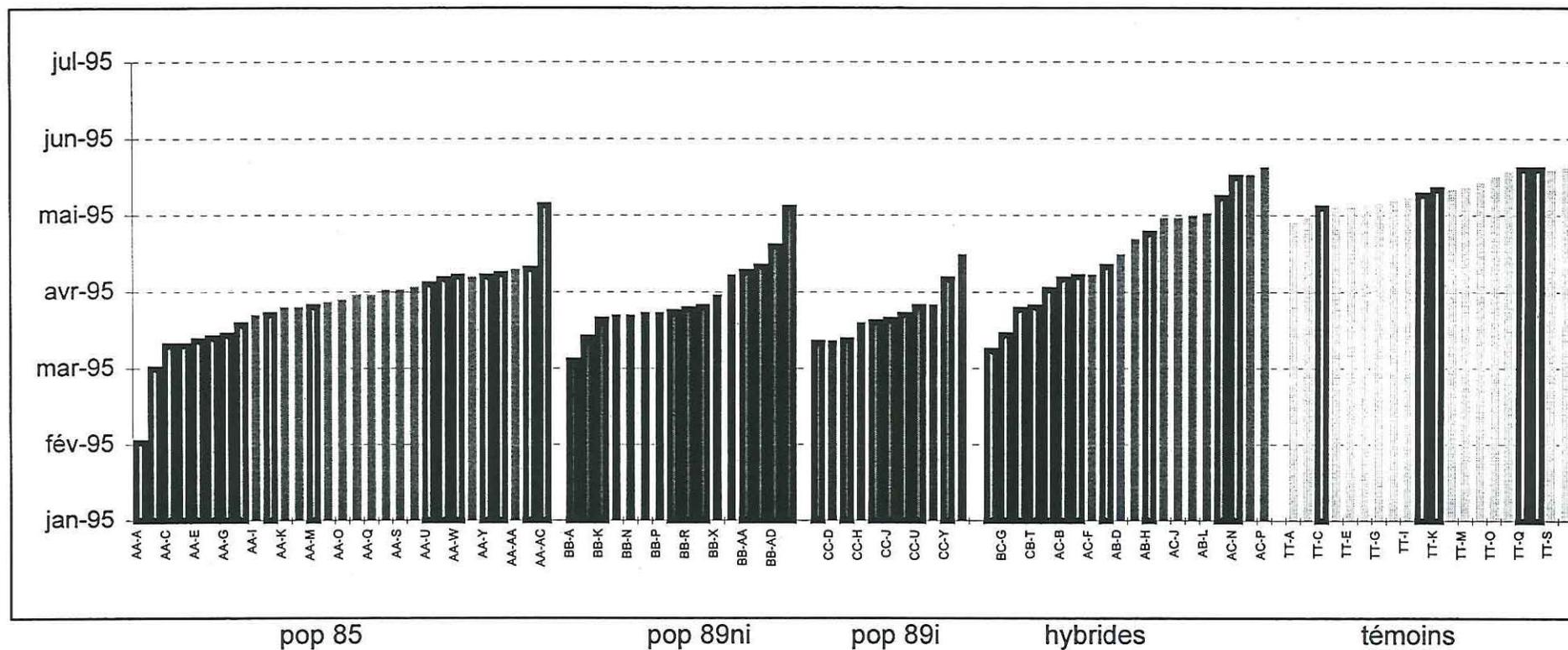
Jean-Pierre Baud insiste sur le fait qu'un rythme de 2 réunions par an et la tenue de petits stages de formation en interne est un objectif à atteindre pour le bon fonctionnement du réseau au sein duquel des liens doivent être tissés.

## Annexe 1 : familles produites en 1995 : appellations et niveau de consanguinité

N° élevage larvaire ronce	N° famille donné en 95	population avec confusion 89i-89ni	population réelle (sans confusion 89i -89ni)	apparentement des parents	N°famille à utiliser pour distinguer les croisements intra et inter-pop	N°famille à utiliser pour distinguer les 7 types de croisements
OESE9504 lot 1	L85-A	85	85	?	85-A	AA-A
OESE9504 lot 2	L85-B	85	85	?	85-B	AA-B
OESE9504 lot 4	L85-C	85	85	?	85-C	AA-C
OESE9504 lot 5	L85-D	85	85	?	85-D	AA-D
OESE9504 lot 6	L85-E	85	85	?	85-E	AA-E
OESE9504 lot 7	L85-F	85	85	?	85-F	AA-F
OESE9504 lot 8	L85-G	85	85	?	85-G	AA-G
OESE9504 lot 9	L85-H	85	85	?	85-H	AA-H
OESE9504 lot 10	L85-I	85	85	?	85-I	AA-I
OESE9504 lot 11	L85-J	85	85	?	85-J	AA-J
OESE9504 lot 12	L85-K	85	85	?	85-K	AA-K
OESE9504 lot 13	L85-L	85	85	?	85-L	AA-L
OESE9504 lot 14	L85-M	85	85	?	85-M	AA-M
OESE9504 lot 15	L85-N	85	85	?	85-N	AA-N
OESE9504 lot 16	L85-O	85	85	?	85-O	AA-O
OESE9510 lot 1	L85-P	85	85	?	85-P	AA-P
OESE9510 lot 2	L85-Q	85	85	?	85-Q	AA-Q
OESE9510 lot 3	L85-R	85	85	?	85-R	AA-R
OESE9510 lot 4	L85-S	85	85	?	85-S	AA-S
OESE9510 lot 5	L85-T	85	85	?	85-T	AA-T
OESE9510 lot 6	L85-U	85	85	?	85-U	AA-U
OESE9510 lot 7	L85-V	85	85	?	85-V	AA-V
OESE9510 lot 8	L85-W	85	85	?	85-W	AA-W
OESE9510 lot 9	L85-X	85	85	?	85-X	AA-X
OESE9510 lot 10	L85-Y	85	85	?	85-Y	AA-Y
OESE9510 lot 11	L85-Z	85	85	?	85-Z	AA-Z
OESE9510 lot 12	L85-AA	85	85	?	85-AA	AA-AA
OESE9510 lot 13	L85-AB	85	85	?	85-AB	AA-AB
OESE9510 lot 14	L85-AC	85	85	?	85-AC	AA-AC
OESE9505 lot 1	L89-A	89	89ni	HS	89ni-A	BB-A
OESE9505 lot 2	L89-B	89	mx	NR	89mx.-B	BC-B
OESE9505 lot 3	L89-C	89	89i.	HS	89i.-C	CC-C
OESE9505 lot 4	L89-D	89	89i.	NR	89i.-D	CC-D
OESE9505 lot 5	L89-E	89	89i.	NR	89i.-E	CC-E
OESE9505 lot 6	L89-F	89	89ni	?	89ni-F	BB-F
OESE9505 lot 7	L89-G	89	mx	NR	89mx-G	BC-G
OESE9505 lot 8	L89-H	89	89i.	NR	89i.-H	CC-H
OESE9505 lot 9	L89-I	89	89i.	NR	89i.-I	CC-I
OESE9505 lot 10	L89-J	89	89i.	NR	89i.-J	CC-J
OESE9505 lot 11	L89-K	89	89ni	HS	89ni-K	BB-K
OESE9505 lot 12	L89-L	89	89ni	?	89ni-L	BB-L
OESE9505 lot 13	L89-M	89	89i.	NR	89i.-M	CC-M
OESE9505 lot 14	L89-N	89	89ni	FS	89ni-N	BB-N
OESE9505 lot 15	L89-O	89	89ni	HS	89ni-O	BB-O
OESE9505 lot 16	L89-P	89	89ni	HS	89ni-P	BB-P
OESE9508 lot 1	L89-Q	89	89ni	FS	89ni-Q	BB-Q

OESE9508 lot 2	L89-R	89	89ni	FS	89ni-R	BB-R
OESE9508 lot 3	L89-S	89	mx	NR	89mx-S	BC-S
OESE9508 lot 4	L89-T	89	mx	NR	89mx-T	BC-T
OESE9508 lot 5	L89-U	89	89i.	FS	89i.-U	CC-U
OESE9508 lot 6	L89-V	89	89ni	HS	89ni-V	BB-V
OESE9508 lot 7	L89-W	89	89i.	HS	89i.-W	CC-W
OESE9508 lot 9	L89-X	89	89ni	HS	89ni-X	BB-X
OESE9508 lot 10	L89-Y	89	89i.	HS	89i.-Y	CC-Y
OESE9508 lot 11	L89-Z	89	89ni	FS	89ni-Z	BB-Z
OESE9508 lot 12	L89-AA	89	89ni	FS	89ni-AA	BB-AA
OESE9508 lot 13	L89-AB	89	89ni	HS	89ni-AB	BB-AB
OESE9508 lot 14	L89-AC	89	89i.	NR	89i.-AC	CC-AC
OESE9508 lot 15	L89-AD	89	89ni	HS	89ni-AD	BB-AD
OESE9508 lot 16	L89-AE	89	89ni	HS	89ni-AE	BB-AE
OESE9511 lot 1	MIX-A	85 x 89	mx	NR	MIX-A	AC-A
OESE9511 lot 3	MIX-B	85 x 89	mx	NR	MIX-B	AC-B
OESE9511 lot 4	MIX-C	85 x 89	mx	NR	MIX-C	AB-C
OESE9511 lot 5	MIX-D	85 x 89	mx	NR	MIX-D	AB-D
OESE9511 lot 6	MIX-E	85 x 89	mx	NR	MIX-E	AC-E
OESE9511 lot 7	MIX-F	85 x 89	mx	NR	MIX-F	AC-F
OESE9511 lot 8	MIX-G	85 x 89	mx	NR	MIX-G	AC-G
OESE9511 lot 9	MIX-H	85 x 89	mx	NR	MIX-H	AB-H
OESE9511 lot 13	MIX-I	85 x 89	mx	NR	MIX-I	AB-I
OESE9511 lot 14	MIX-J	85 x 89	mx	NR	MIX-J	AC-J
OESE9511 lot 15	MIX-K	85 x 89	mx	NR	MIX-K	AC-K
OESE9511 lot 16	MIX-L	85 x 89	mx	NR	MIX-L	AB-L
OESE9517 lot 1	MIX-M	85 x 89	mx	NR	MIX-M	AC-M
OESE9517 lot 2	MIX-N	85 x 89	mx	NR	MIX-N	AC-N
OESE9517 lot 3	MIX-O	85 x 89	mx	NR	MIX-O	AB-O
OESE9517 lot 4	MIX-P	85 x 89	mx	NR	MIX-P	AC-P
OESE9516 lot 2	TEM-A	témoïn	95	?	TEM-A	TT-A
OESE9516 lot 3	TEM-B	témoïn	95	?	TEM-B	TT-B
OESE9516 lot 4	TEM-C	témoïn	95	?	TEM-C	TT-C
OESE9516 lot 5	TEM-D	témoïn	95	?	TEM-D	TT-D
OESE9516 lot 6	TEM-E	témoïn	95	?	TEM-E	TT-E
OESE9516 lot 7	TEM-F	témoïn	95	?	TEM-F	TT-F
OESE9516 lot 8	TEM-G	témoïn	95	?	TEM-G	TT-G
OESE9516 lot 9	TEM-H	témoïn	95	?	TEM-H	TT-H
OESE9516 lot 10	TEM-I	témoïn	95	?	TEM-I	TT-I
OESE9516 lot 11	TEM-J	témoïn	95	?	TEM-J	TT-J
OESE9516 lot 12	TEM-K	témoïn	95	?	TEM-K	TT-K
OESE9516 lot 13	TEM-L	témoïn	95	?	TEM-L	TT-L
OESE9516 lot 14	TEM-M	témoïn	95	?	TEM-M	TT-M
OESE9516 lot 15	TEM-N	témoïn	95	?	TEM-N	TT-N
OESE9516 lot 16	TEM-O	témoïn	95	?	TEM-O	TT-O
OESE9520 lot 1	TEM-P	témoïn	95	?	TEM-P	TT-P
OESE9520 lot 2	TEM-Q	témoïn	95	?	TEM-Q	TT-Q
OESE9520 lot 3	TEM-R	témoïn	95	?	TEM-R	TT-R
OESE9520 lot 4	TEM-S	témoïn	95	?	TEM-S	TT-S
OESE9520 lot 5	TEM-T	témoïn	95	?	TEM-T	TT-T

## Annexe 2 : dates de récolte des pontes des familles de 1995



(les barres d'histogramme entourées correspondent aux familles testées à Bouin en 1996)

### Annexe 3 : types de croisements utilisés dans les expérimentations sur les familles de 1995

Parent 1 x Parent 2	Pop 85	Pop 89 non-inoc	Pop 89 inoc	Géniteurs non-sélectionnés
Pop 85	29 fam.	6 fam.	10 fam.	
Pop 89 non-inoc	-	16 fam.	4 fam.	
Pop 89 inoc	-	-	12 fam.	
Géniteurs non-sélectionnés	-	-	-	20 fam.

**Tableau 1 : familles biparentales créées en 1995 (97 familles)**

Parent 1 \ Parent 2	Pop 85	Pop 89 non-inoc	Pop 89 inoc	Géniteurs non-sélectionnés
Pop 85	28 fam.	0	0	
Pop 89 non-inoc	-	16 fam.	3 fam.	
Pop 89 inoc	-	-	11 fam.	
Géniteurs non-sélectionnés	-	-	-	0

**Tableau 2 : "sécurité géniteurs" à La Trinité (58 familles) (95-98?)**

*critère de choix des 58 parmi 97 : appartenance à la pop 85 ou la "pop 89"*

Parent 1 x Parent 2	Pop 85	Pop 89 non-inoc	Pop 89 inoc	Géniteurs non-sélectionnés
Pop 85	27fam.	6 fam.	10 fam.	
Pop 89 non-inoc	-	16 fam.	4 fam.	
Pop 89 inoc	-	-	12 fam.	
Géniteurs non-sélectionnés	-	-	-	20 fam.

**Tableau 3 : familles 95 inoculées à La Tremblade en 1996 (95 familles)**

Parent 1 \ Parent 2	Pop 85	Pop 89 non-inoc	Pop 89 inoc	Géniteurs non-sélectionnés
Pop 85	17 fam.	2 fam.	5 fam.	
Pop 89 non-inoc	-	10 fam.	4 fam.	
Pop 89 inoc	-	-	7 fam.	
Géniteurs non-sélectionnés	-	-	-	5 fam.

**Tableau 4 : familles 95 suivies à Bouin en 96 (50 familles)**

*critère de choix des 50 parmi 97 : effectif disponible >200*

Parent 1 Parent 2	Pop 85	Pop 89 non-inoc	Pop 89 inoc	Géniteurs non-sélectionnés
Pop 85	4 fam.	1 fam.	2 fam.	
Pop 89 non-inoc	-	5 fam.	4 fam.	
Pop 89 inoc	-	-	4 fam.	
Géniteurs non-sélectionnés	-	-	-	0

**Tableau 7 : familles 95 suivies à Thau en 97**

*critère de choix des 20 parmi 50 : les 20 meilleures en sortie de test à Bouin*

Parent 1 Parent 2	Pop 85	Pop 89 non-inoc	Pop 89 inoc	Géniteurs non-sélectionnés
Pop 85	6 fam.	3 fam.	3 fam.	
Pop 89 non-inoc	-	10 fam.	4 fam.	
Pop 89 inoc	-	-	4 fam.	
Géniteurs non-sélectionnés	-	-	-	0

**Tableau 8 : familles 95 suivies en Baie des Veys en 97**

*critère de choix des 20 parmi 50 : les 30 meilleures en sortie de test à Bouin*

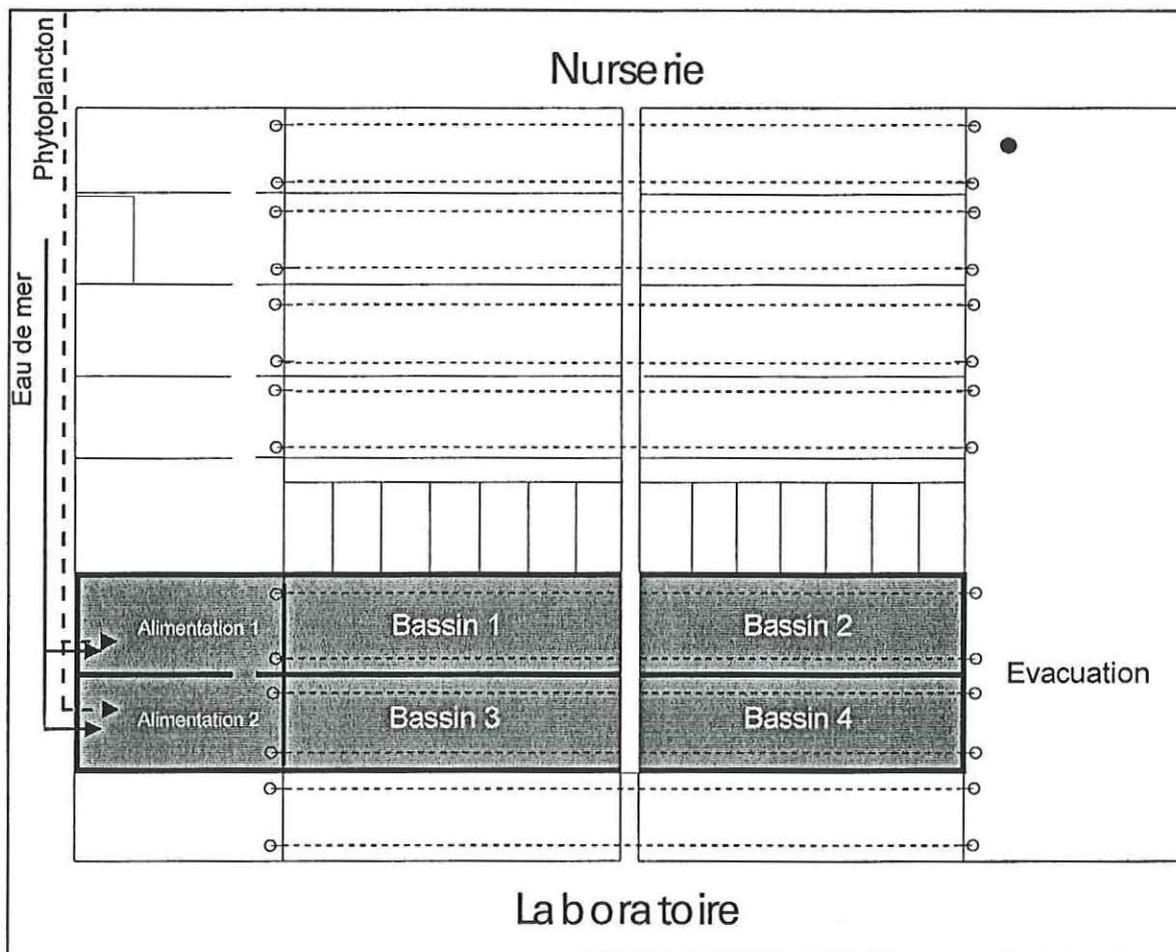
Parent 1 Parent 2	Pop 85	Pop 89 non-inoc	Pop 89 inoc	Géniteurs non-sélectionnés
Pop 85	17 fam.	3 fam.	3 fam.	
Pop 89 non-inoc	-	8 fam.	3 fam.	
Pop 89 inoc	-	-	6 fam.	
Géniteurs non-sélectionnés	-	-	-	5 fam.

**Tableau 9 : familles 95 suivies sur la côte W du Cotentin en 97 (45 familles)**

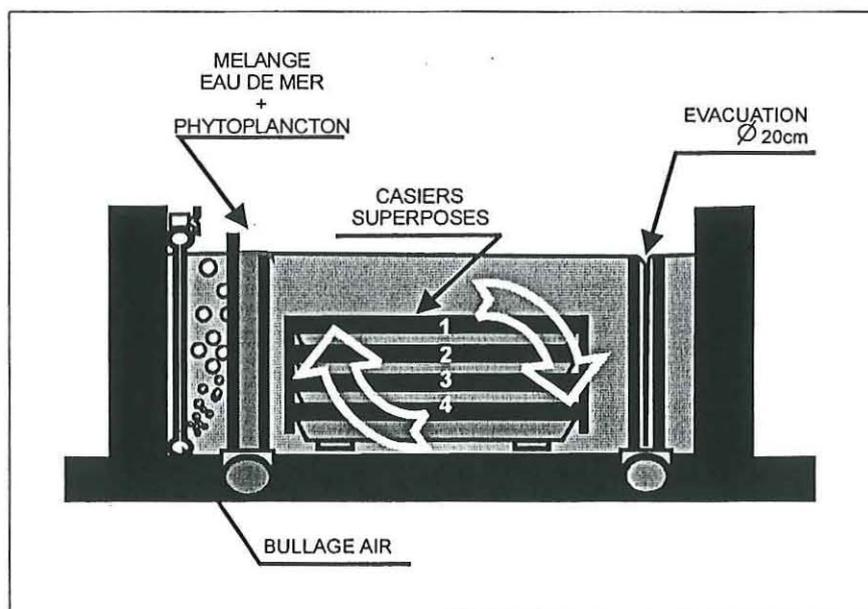
Parent 1 Parent 2	Pop 85	Pop 89 non-inoc	Pop 89 inoc	Géniteurs non-sélectionnés
Pop 85	13 fam.	0 fam.	2 fam.	
Pop 89 non-inoc	-	7 fam.	4 fam.	
Pop 89 inoc	-	-	6 fam.	
Géniteurs non-sélectionnés	-	-	-	5 fam.

**Tableau 9 : familles 95 suivies en eau profonde dans le Nord-Cotentin (37 familles)**

## Annexe 4 : Structure de testage de 50 familles à Bouin

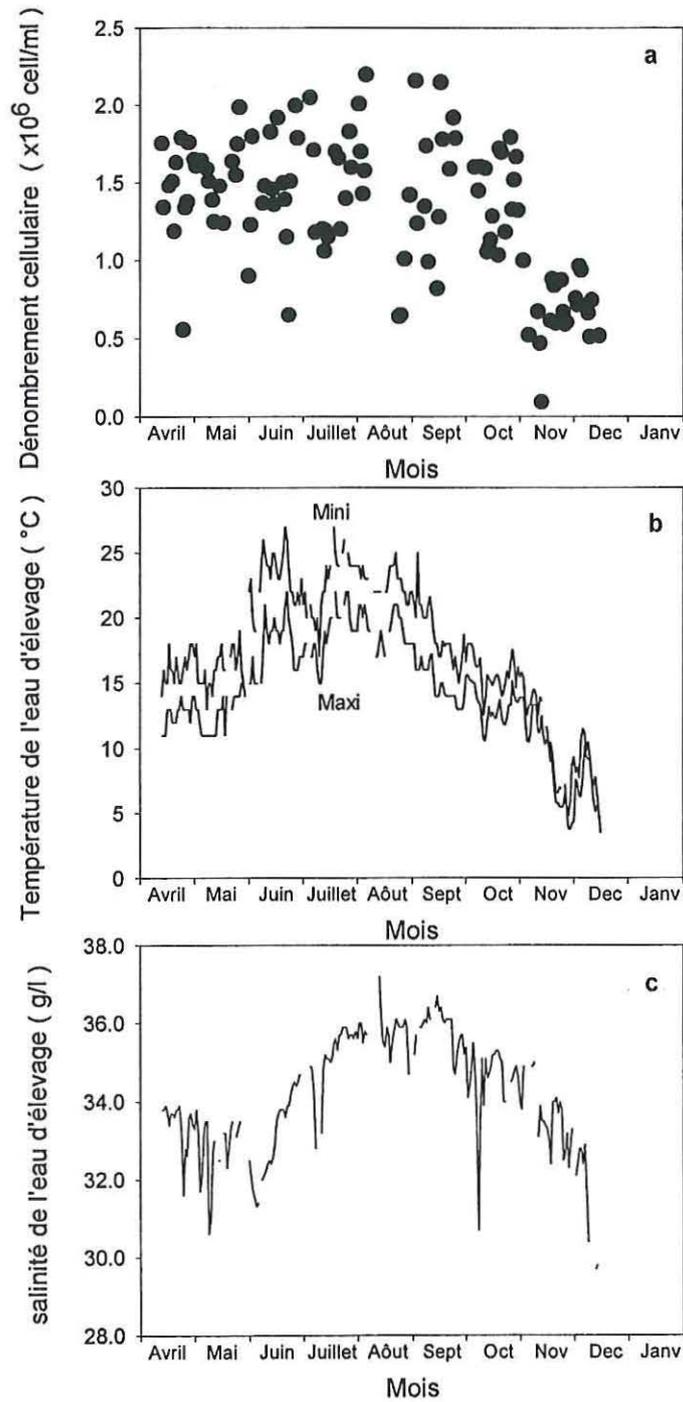


Plan de situation des 4 race-ways béton

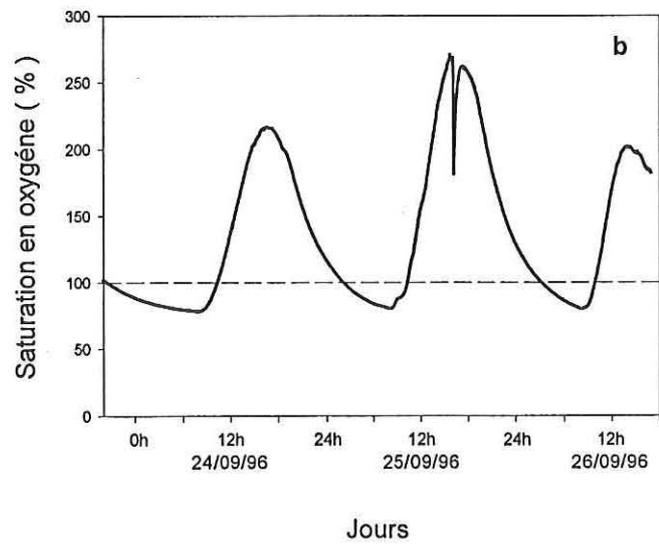
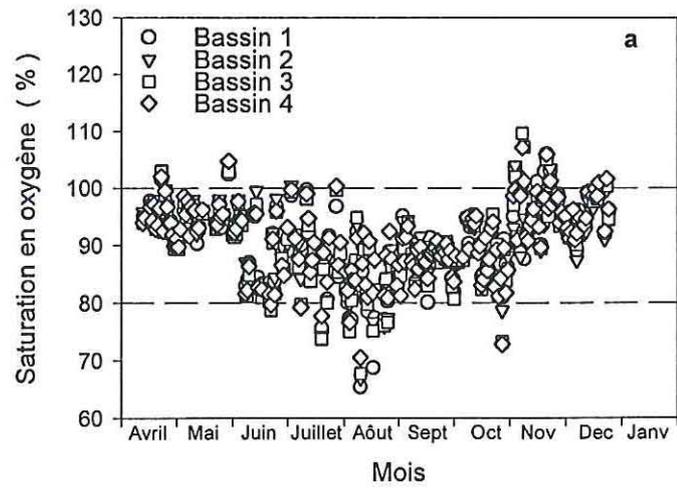


coupe transversale d'un race-way béton

## Annexe 5 : Suivi environnemental du testage de 50 familles à Bouin

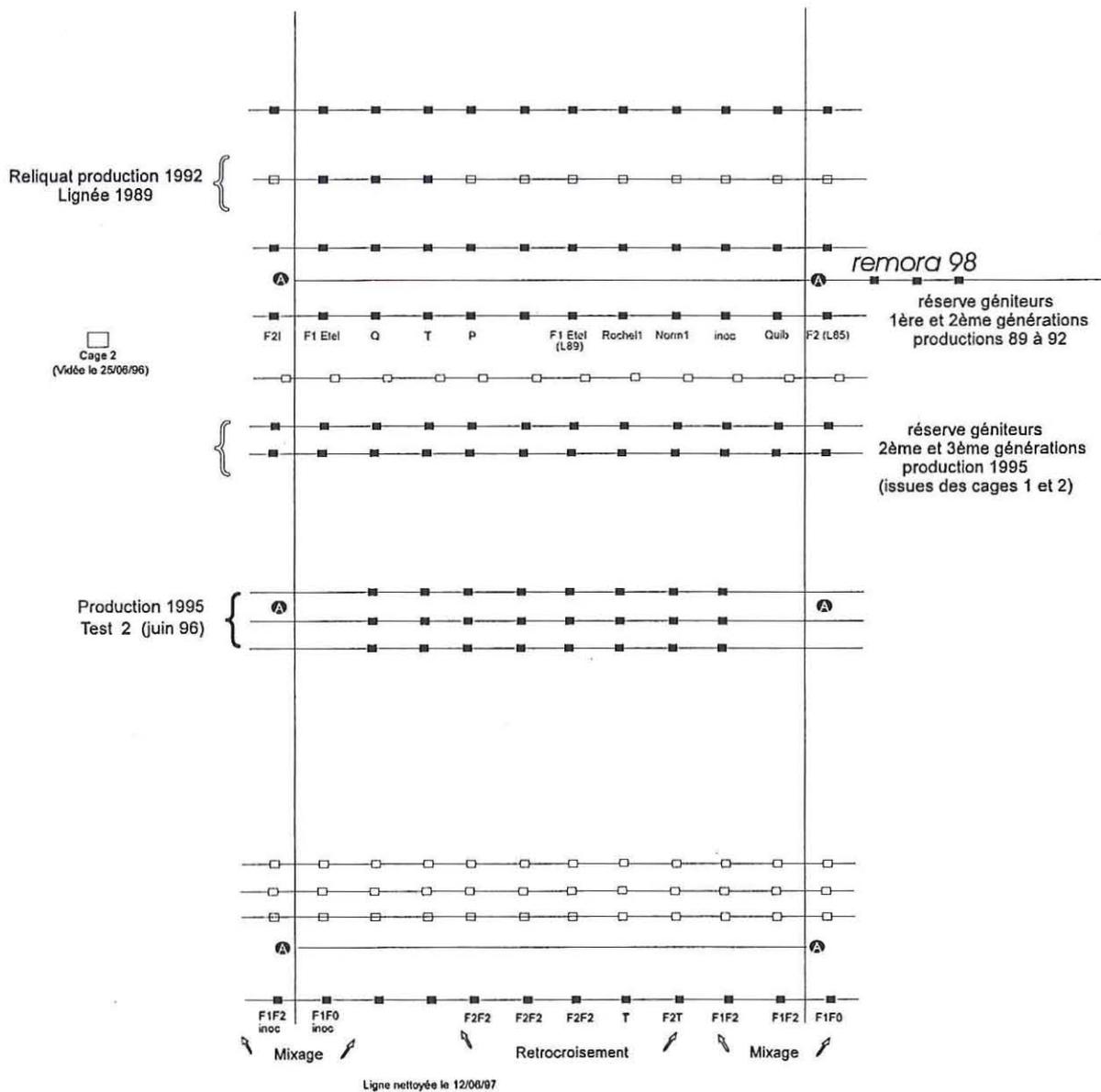


## Annexe 5 (suite) : Suivi environnemental du testage de 50 familles à Bouin



# Annexe 6 : plan des essais sur la concession IFREMER de la baie de Quiberon

## GENETIQUE HUÎTRES PLATES

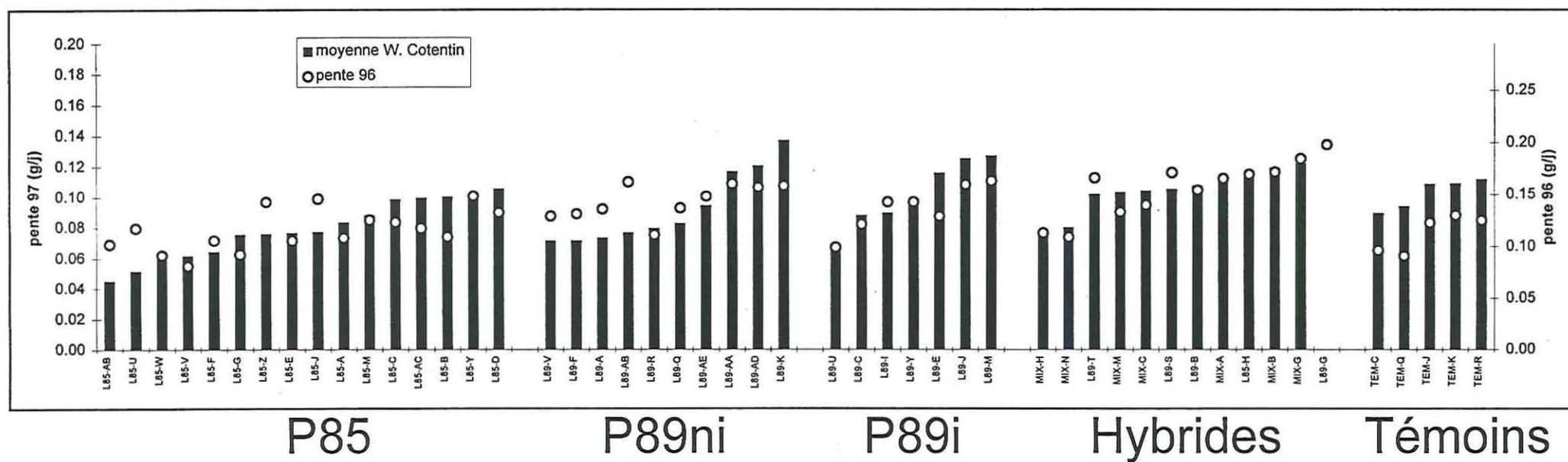


## Annexe 7 : Mortalités par famille dans les 3 sites normands

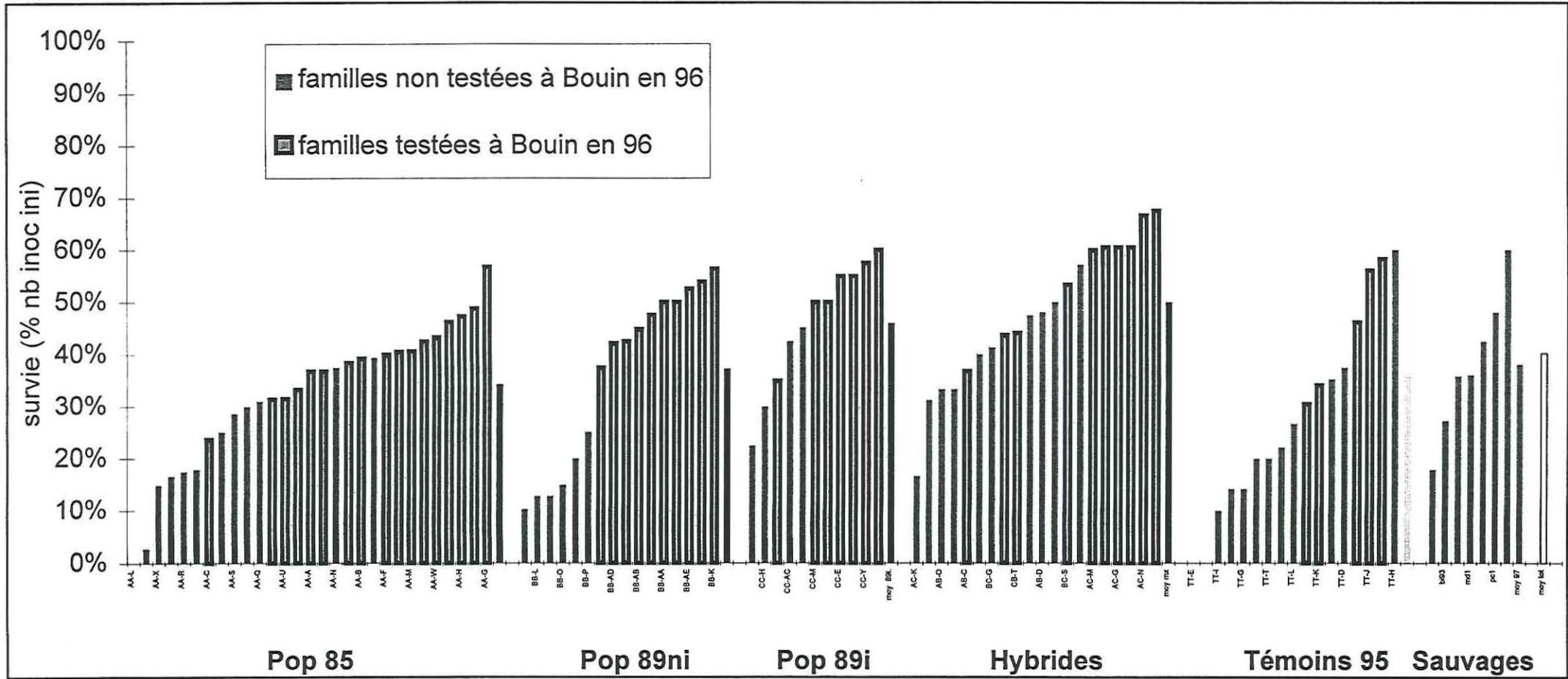
Famille	CôteOuest	Eaux Profonde	Baie des Veys	Moyenne
L85 a	7.50	13.65		10.58
L85 ab	8.33	28.51		18.42
L85 ac	11.67	13.00		12.33
L85 b	5.00	8.95		6.97
L85 c	6.67	18.19	38.78	21.21
L85 d	10.00	7.41	9.8	9.07
L85 e	8.33	8.33		8.33
L85 f	11.09	11.11		11.10
L85 g	10.00	20.00		15.00
L85 h	8.89		10	9.44
L85 j	8.79		23.33	16.06
L85 m	7.83	13.33		10.58
L85 u	11.67	14.53		13.10
L85 v	9.17	26.67		17.92
L85 w	9.01	10.00		9.50
L85 y	7.19		48.28	27.74
L85 z	6.67		13.33	10.00
Moyenne	8.69	14.90	23.92	13.37
ecartyp	1.83	6.72	16.25	5.43
L89 a	5.00	11.40	17.65	11.35
L89 aa	6.61		10.00	8.30
L89 ab		7.44	20.69	14.06
L89 ad		6.89	13.33	10.11
L89 ae	8.33		17.86	13.10
L89 b	6.67	5.00	10.00	7.22
L89 c	2.05	16.67		9.36
L89 d	6.67	0.00		3.33
L89 e	12.59	6.67	9.80	9.69
L89 f	8.33	5.00	7.84	7.06
L89 g		3.33	10.00	6.67
L89 i		8.89	7.14	8.02
L89 j	7.78		24.14	15.96
L89 k	23.33		16.67	20.00
L89 m		1.96	6.67	4.31
L89 q	5.56	8.33	7.84	7.24
L89 r	15.40	11.67		13.53
L89 s	11.67	5.83	6.67	8.06
L89 t	11.56	4.76	16.67	11.00
L89 u	11.11	6.00		8.56
L89 v	3.13	8.02	3.92	5.02
L89 y	15.56		0	7.78
Moyenne	9.49	6.93	11.49	9.53
ecartyp	5.15	3.74	6.09	3.92
Mix a	5.00		23.33	14.17
Mix b	6.67		7.41	7.04
Mix c	8.82		14.29	11.55
Mix g	6.67		16.13	11.40
MIX h	1.67		5.88	3.77
Mix m		7.75	17.31	12.53
Mix N	1.63	11.67		6.65
Moyenne	5.07	9.71	14.06	9.59
ecartyp	2.92	2.77	6.51	3.78
Tem c	15.26	18.33		16.80
Tem j	11.67	4.17		7.92
Tem k	10.00	4.05		7.02
Tem Q	11.67	25.20		18.43
Tem R	9.92	9.17		9.54
Moyenne	11.70	12.18		11.94
ecartyp	2.16	9.31		5.29
Moyenne	8.85	10.59	14.49	11.06
Mini	1.63	0.00	0.00	3.33
Maxi	23.33	28.51	48.28	27.74

## Annexe 8 : Comparaison performances Bouin 96 et W.Cotentin 97

par famille et par population



### Annexe 9 : survies familiales post inoculation 97



## Annexe 10 : Gestion 1998 des familles de 1995 présentes à la Trinité

N° famille	code trinité	dernier	
		effectif connu	gestion 98
L85-A	85-95-04-01	70	-
L85-B	85-95-04-02	0	-
L85-C	85-95-04-04	33	-
L85-D	85-95-04-05	56	-
L85-E	85-95-04-06	0	-
L85-F	85-95-04-07	26	-
L85-G	85-95-04-08	18	-
L85-H	85-95-04-09	0	-
L85-I	85-95-04-10	0	-
L85-J	85-95-04-11	32	-
L85-K	85-95-04-12	0	-
L85-L	85-95-04-13	0	-
L85-M	85-95-04-14	69	-
L85-N	85-95-04-15	0	-
L85-O	85-95-04-16	0	-
L85-P	85-95-10-01	22	à conserver
L85-Q	85-95-10-02	0	-
L85-R	85-95-10-03	58	à conserver
L85-S	85-95-10-04	0	-
L85-T	85-95-10-05	66	à conserver
L85-U	85-95-10-06	55	-
L85-V		0	-
L85-W	85-95-10-08	41	-
L85-X	85-95-10-09	15	à conserver
L85-Y	85-95-10-10	34	-
L85-Z	85-95-10-11	25	à conserver
L85-AA	85-95-10-12	40	à conserver
L85-AB	85-95-10-13	27	-
L85-AC	85-95-10-14	47	-

N° famille	code trinité	dernier	
		effectif connu	gestion 98
L89ni-A	89-95-05-01	39	-
L89mx.-B	89-95-05-02	33	-
L89i.-C	89-95-05-03	0	-
L89i.-D	89-95-05-04	14	à conserver
L89i.-E	89-95-05-05	7	-
L89ni-F	89-95-05-06	34	-
L89mx-G	89-95-05-07	25	-
L89i.-H	89-95-05-08	33	à conserver
L89i.-I	89-95-05-09	0	-
L89i.-J	89-95-05-10	29	-
L89ni-K	89-95-05-11	35	-
L89ni-L	89-95-05-12	0	-
L89i.-M	89-95-05-13	0	-
L89ni-N	89-95-05-14	28	à conserver
L89ni-O	89-95-05-15	0	-
L89ni-P	89-95-05-16	21	à conserver
L89ni-Q	89-95-08-01	30	-
L89ni-R	89-95-08-02	0	-
L89mx-S	89-95-08-03	25	-
L89mx-T	89-95-08-04	58	à conserver
L89i.-U	89-95-08-05	30	-
L89ni-V	89-95-08-06	85	-
L89i.-W	89-95-08-07	19	à conserver
L89ni-X	89-95-08-09	50	à conserver
L89i.-Y	89-95-08-10	21	-
L89ni-Z	89-95-08-11	35	à conserver
L89ni-AA	89-95-08-12	30	-
L89ni-AB	89-95-08-13	29	-
L89i.-AC		0	-
L89ni-AD	89-95-08-15	41	-
L89ni-AE	89-95-08-16	70	-