

Bases génétiques et plasticité de la croissance et de la survie chez l'huître creuse, *Crassostrea gigas*

B. Ernande

CREMA - CNRS-IFREMER
L'Houmeau, France.

P. Boudry, S. Heurtebise

Laboratoire de Génétique et Pathologie -
IFREMER. La Tremblade, France.

J. Haure, J-L. Martin

Laboratoire conchylicole Pays de Loire -
IFREMER. Bouin. France.



Ifremer



CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

1. Introduction

- Les huîtres sont des animaux sessiles, vivant dans un environnement fortement variable dans l'espace et le temps:
 - *Les individus n'ont pas le moyen d'échapper à la variabilité environnementale par migration.*
- **Hypothèse**: les huîtres pourraient avoir évolué de manière à développer une capacité de s'adapter à court terme à l'environnement dans lequel elles vivent:
 - ✓ *La flexibilité physiologique* face à la variabilité *temporelle* de leur environnement.
 - ✓ *La plasticité phénotypique*, la capacité d'un unique génotype d'exprimer différents phénotypes en fonction de l'environnement dans lequel il se développe et vit, face à l'hétérogénéité *spatiale* des lieux de fixation.

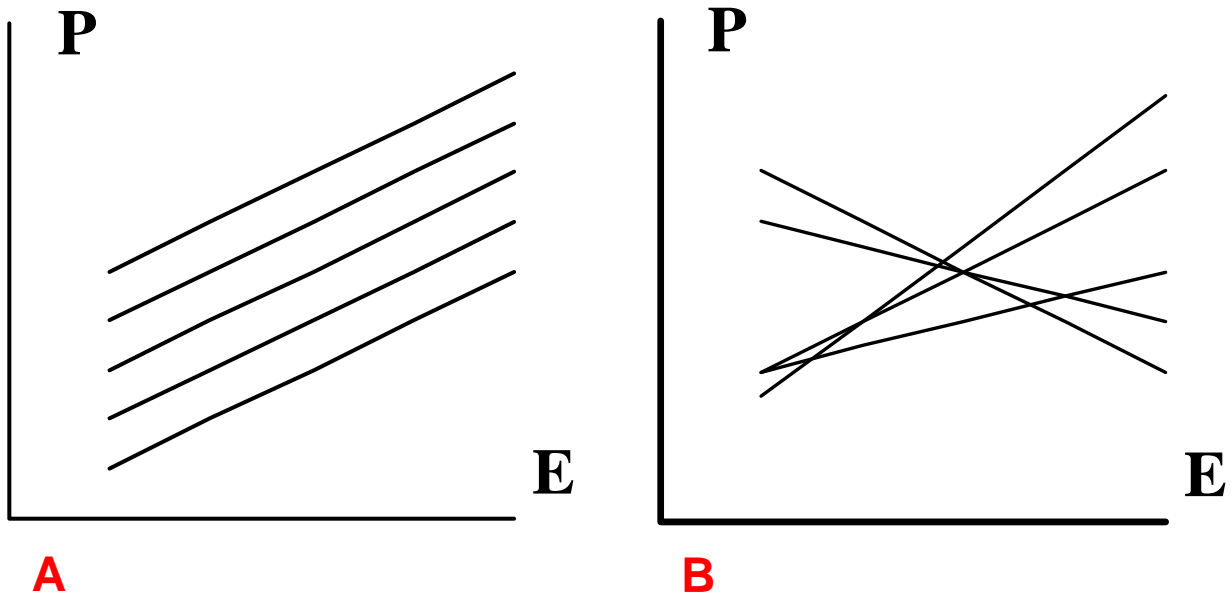
2. Problématique

- Quel est le **degré de plasticité phénotypique** chez *Crassostrea gigas* ?
- La plasticité phénotypique peut-elle être **sélectionnée**?
 - ✓ Est-elle **héritable** ?
c.a.d. est-elle **génétiquement déterminée** et **variable** entre les individus, familles ou populations ?
 - ✓ Est-elle **adaptative** ?
c.a.d. augmente-t-elle la « **fitness** » individuelle (= survie x fécondité) ?

Notre étude : plasticité phénotypique de la **croissance, la survie et la fécondité**:

- ✓ La fitness dépend de la survie et la fécondité.
- ✓ Ces trois caractères sont souvent corrélés physiologiquement puisqu'ils représentent les trois principaux compartiments énergétiques.
- ✓ Ils présentent un intérêt important pour l'ostréiculture/
 - ➔ croissance et survie : production en biomasse
 - ➔ survie et fécondité : recrutement des stocks

3.1. Matériel et méthode



A) Tous les génotypes ont le même degré de plasticité phénotypique:

$$P = G + E$$

✓ Soit la plasticité n'est *pas déterminée génétiquement* soit il n'y a *pas de variabilité génétique* pour ce caractère.

B) Le degré de plasticité phénotypique change entre génotypes:

$$P = G + E + G \times E.$$

✓ La plasticité génétique est *génétiquement déterminée* et *variable* entre génotypes.

3.2. Matériel et méthode

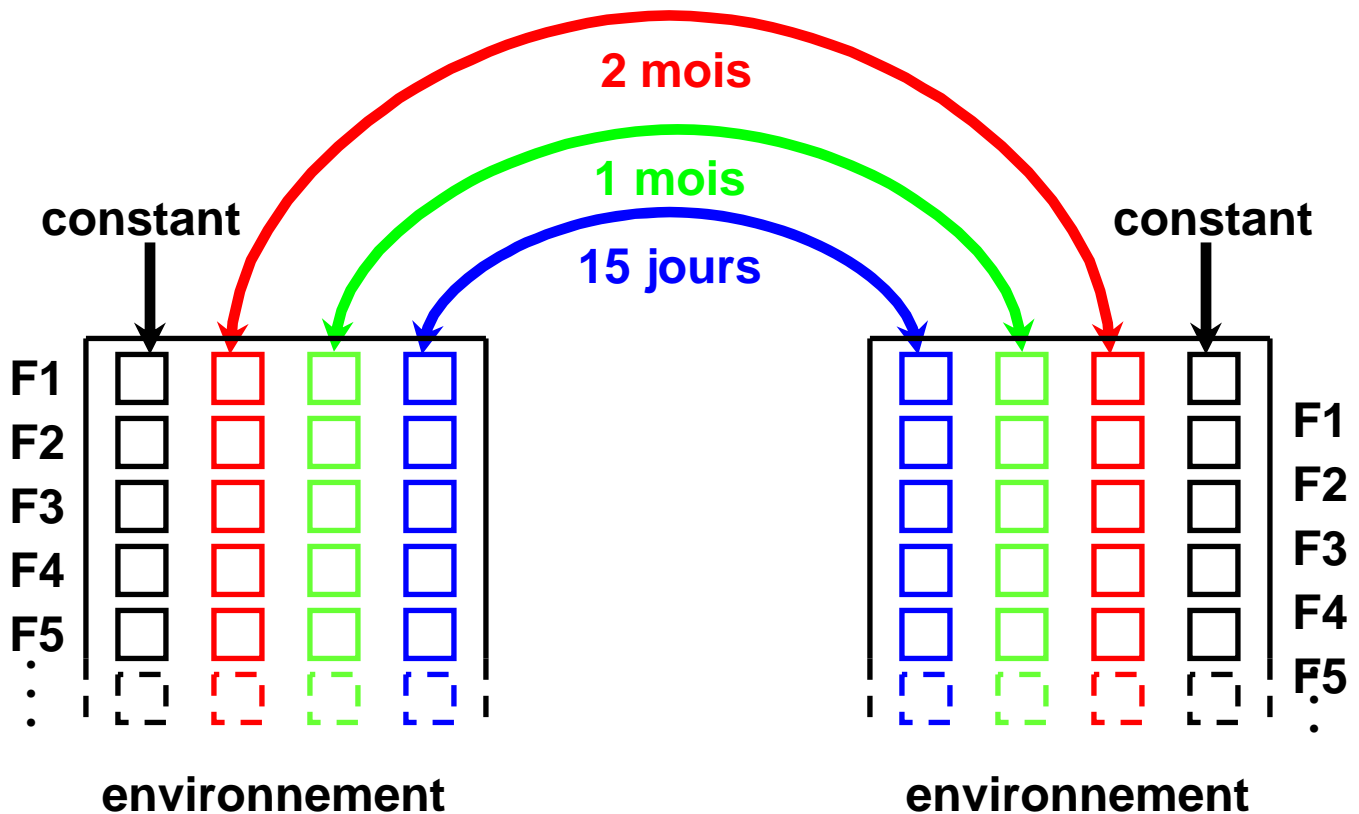
Plan de croisement:

		mâles				
		1	2	3	4	5
femelles	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
	12					
	13					
	14					
	15					

5 familles de demi-frères, chacune contenant 3 familles de plein-frères = *15 familles de plein-frères*.

3.3. Matériel et méthode

Plan expérimental : 2 environnements x 2 sites



« riche »



« pauvre »



Site 1:
Phytoplancton Conditions contrôlées *Phytoplancton*
+++ -

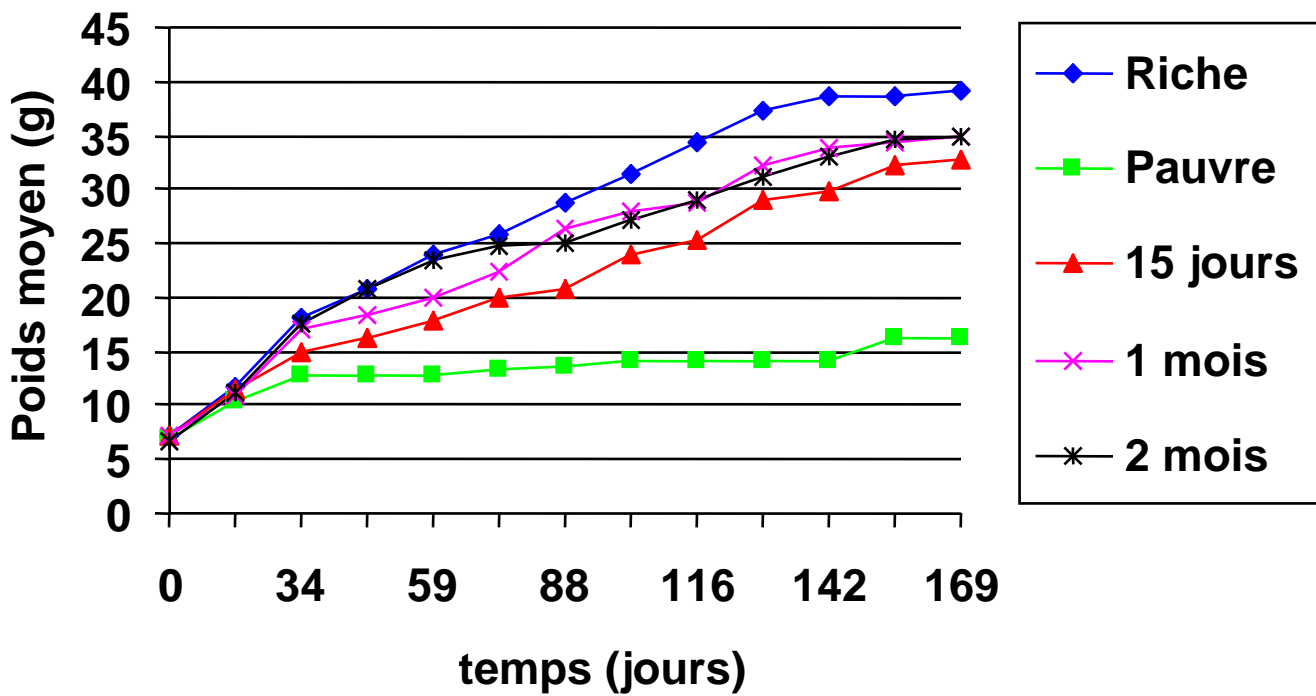
Site 2:
Claire Expérience de terrain *Estran*

Cette présentation :

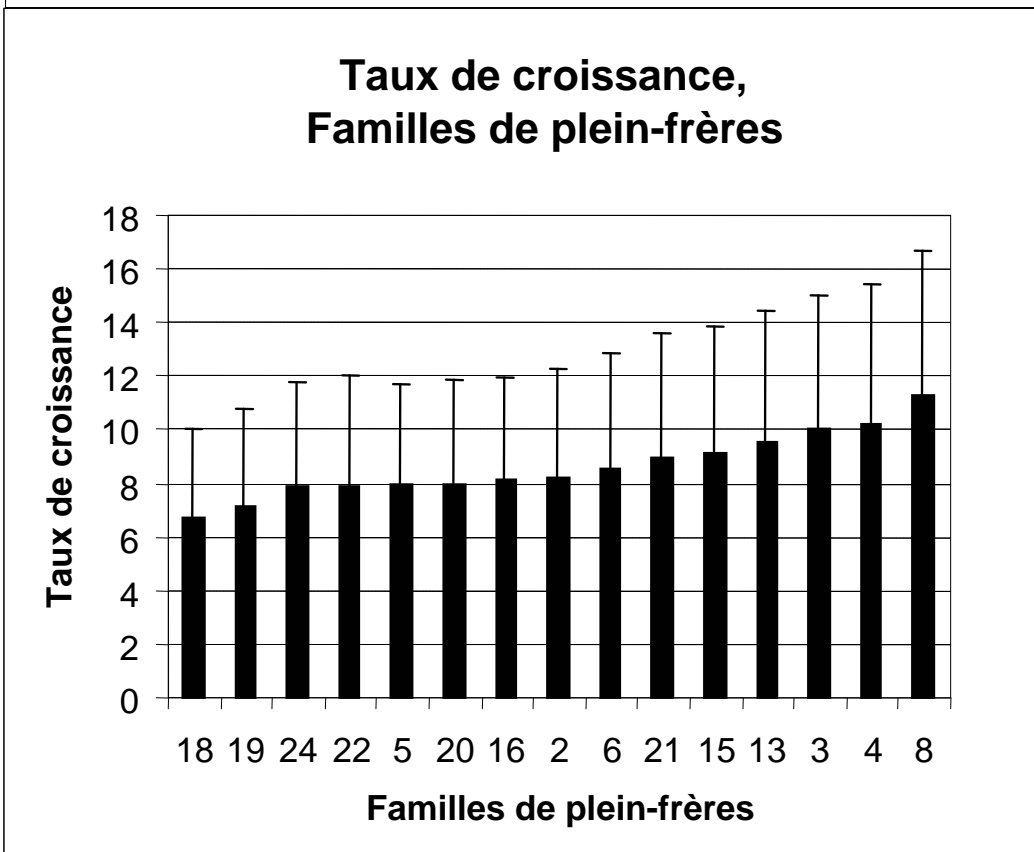
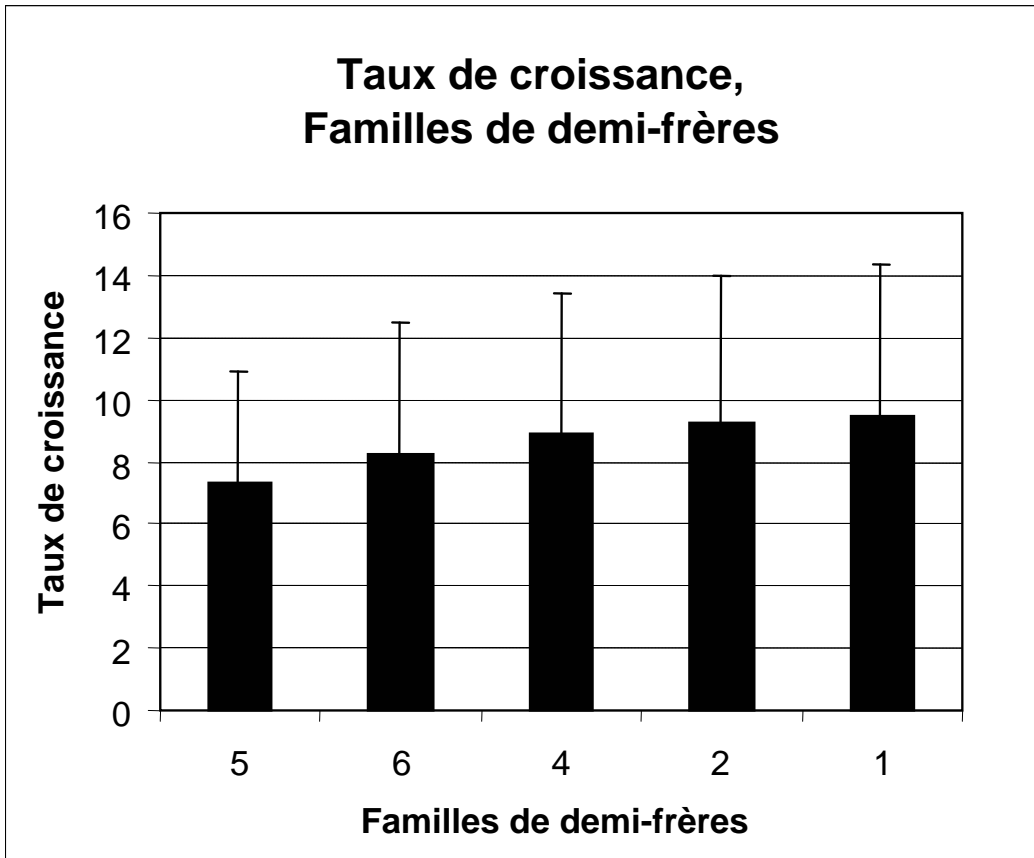
- **Résultats de croissance et de survie au site 1 (Bouin)**
 - ✓ Normes de réaction / famille
 - ✓ Héritabilités
 - ✓ Corrélations croissance / survie
 - ✓ Stabilité des performances entre les 2 sites.

Les autres données (fécondité et ecophysiologie :RTA, FTA, « scope for growth ») sont en cours de traitement.

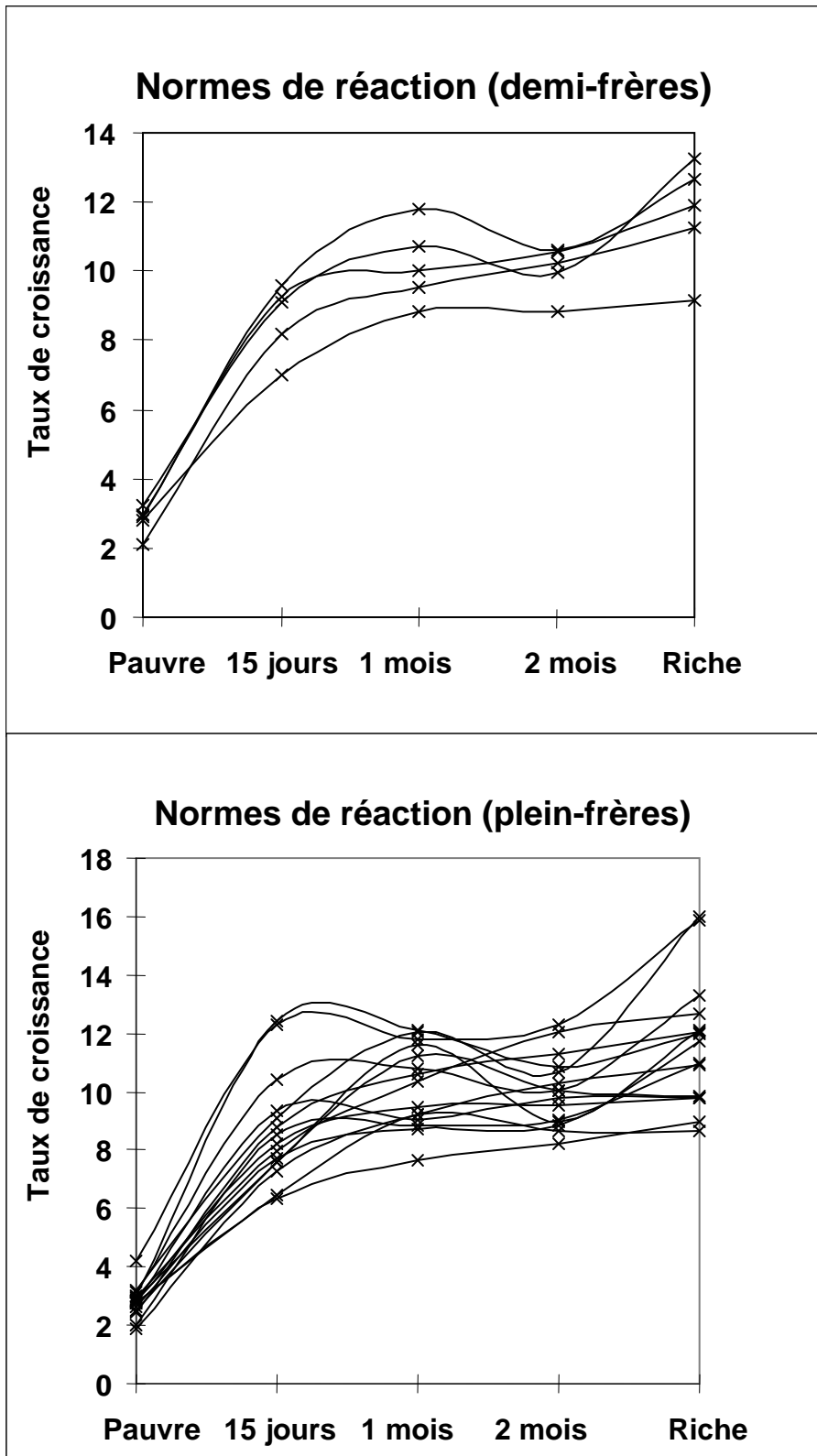
4.1. Résultats: croissance



4.2. Résultats: croissance



4.3. Résultats: croissance



4.4. Résultats: croissance

Analyse de variance

<i>Source</i>	<i>ddl</i>	<i>SC Type IV</i>	<i>SC moyen</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>R²</i>
Modèle	75	25631,90	341,76	39,88	0,0001	0,59
mâle	4	1296,70	324,18	37,83	0,0001	
femelle/mâle	11	1314,21	119,47	13,94	0,0001	
traitement	4	20724,96	5181,24	604,68	0,0001	
trait*mâle	16	591,12	36,94	4,31	0,0001	
trait*femelle/mâle	40	1238,59	30,96	3,61	0,0001	
Erreurs	2088	17891,31	8,57			
Total	2163	43523,21				

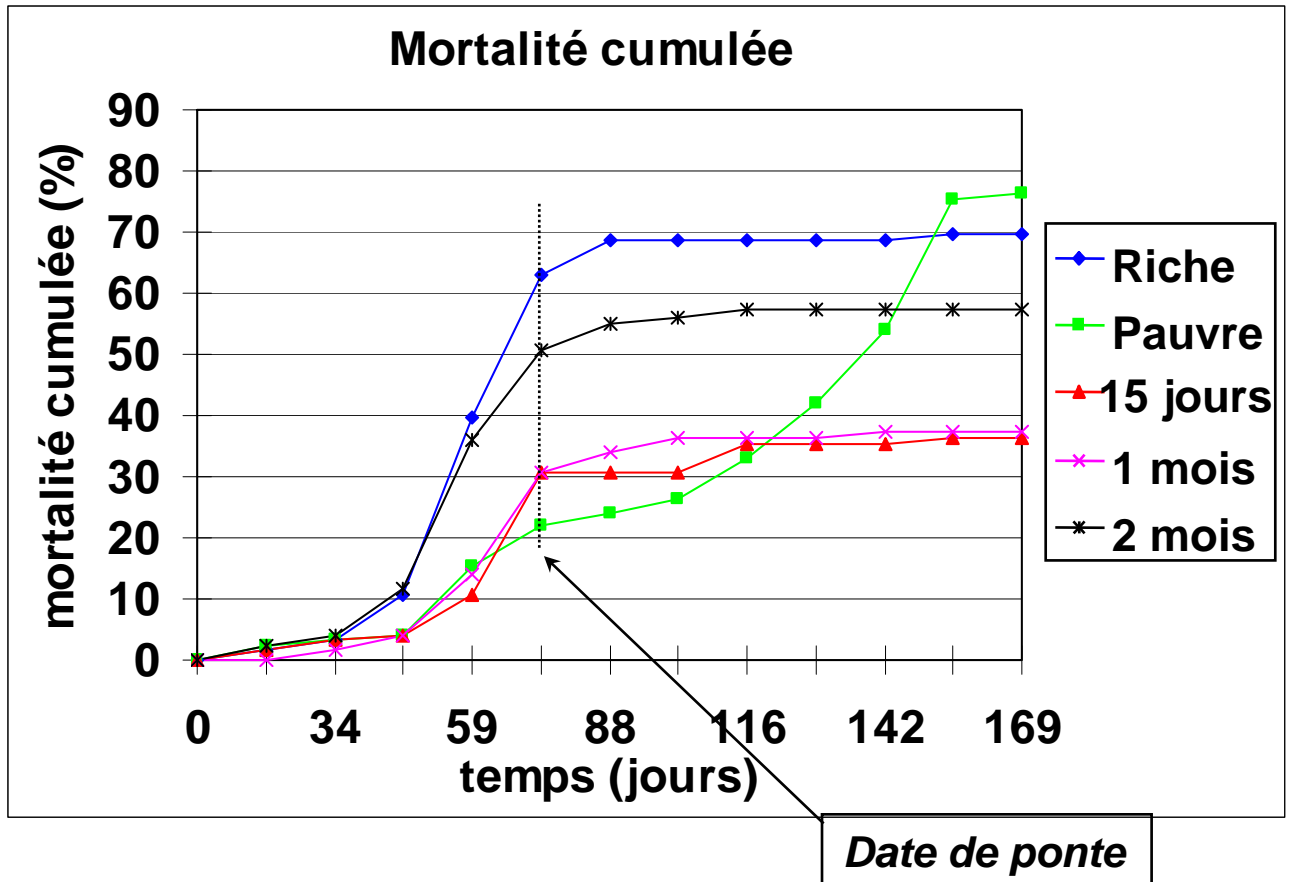
Composants de la variance

<i>Composants Observés</i>		<i>Composants estimés</i>		
		<i>Composants</i>	<i>estimations</i>	<i>%</i>
V mâle	0,52	VA	2,07	8,91
V femelle/mâle	0,89	VN.A	-	-
V trait	11,78	V traitement	11,78	50,77
V trait*mâle	0,05	V I(A)	0,22	0,94
V trait*femelle/male	0,79	V I(N.A)	2,74	11,81
V erreurs	8,58	Verreurs	6,39	27,56
V phénotype	22,61	VP	23,20	100,00
		Degré de plasticité		63,53

Héritabilité

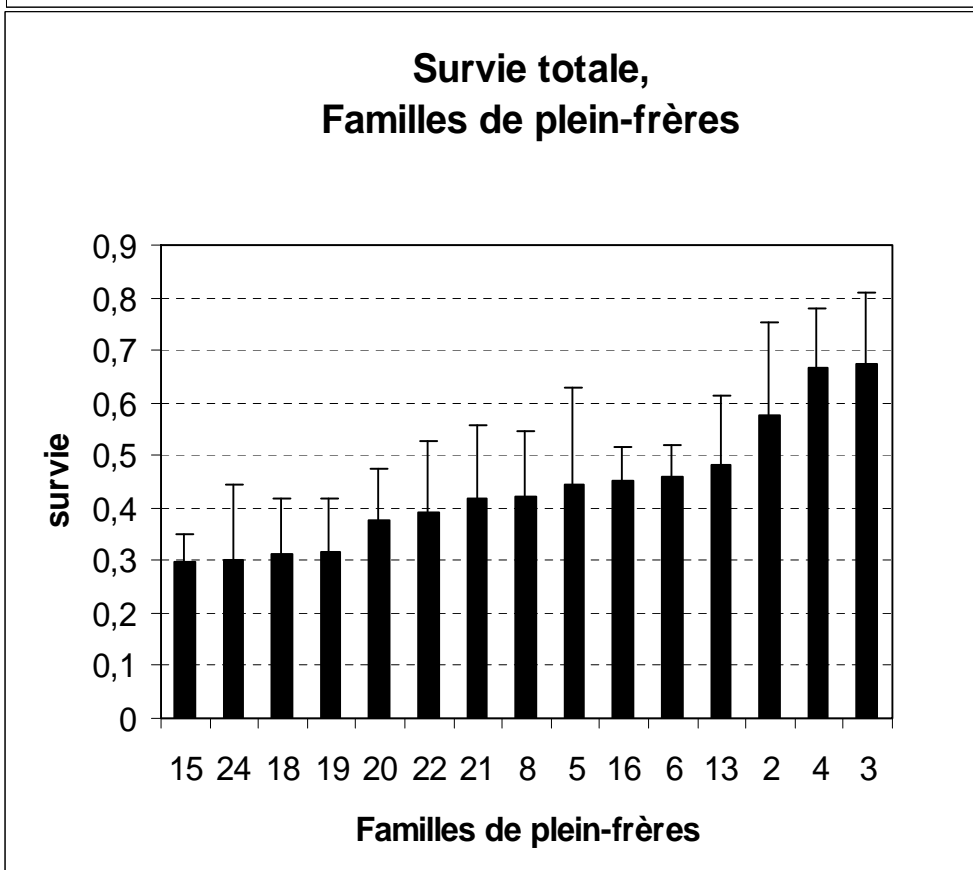
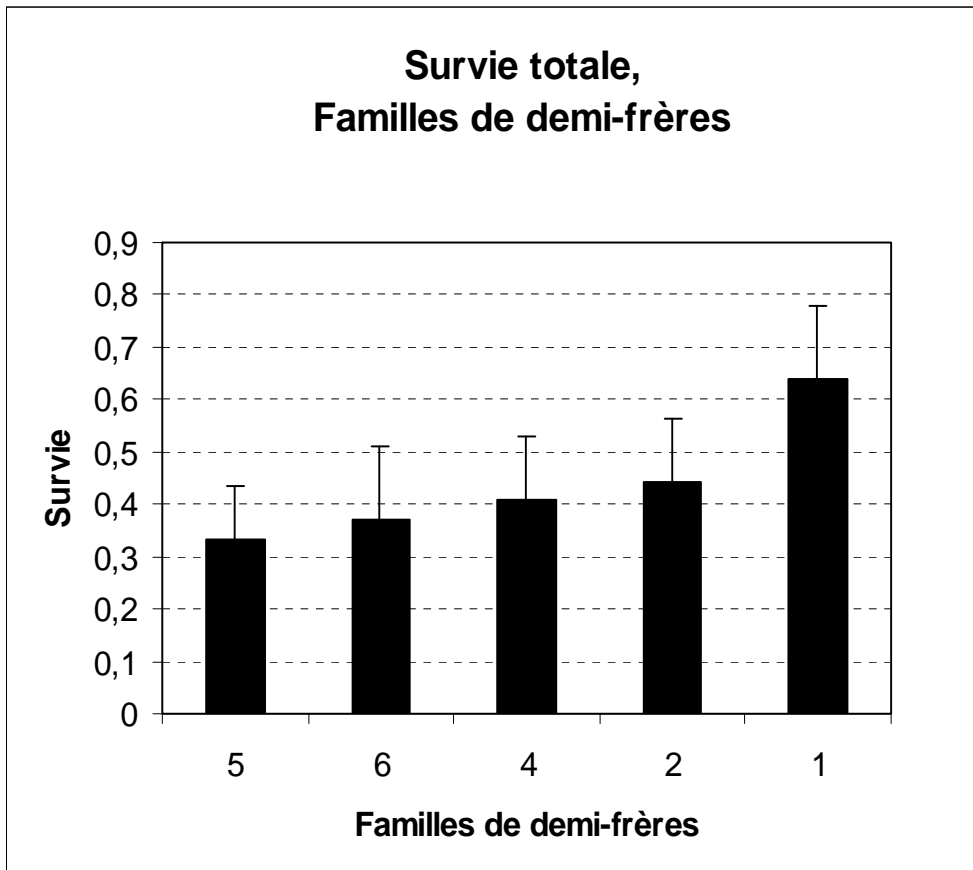
Moyenne	h²	0,089
Plasticité	h²	0,009
Total	h²	0,098

4.5. Résultats: survie



L'analyse des données de survie a été faite pour le taux de survie sur la totalité de la période expérimentale (*survie totale*) et le taux de survie avant reproduction (*survie A.R.*).

4.6. Résultats: survie totale



4.8. Résultats: survie totale

Analyse de variance

<i>Source</i>	<i>ddl</i>	<i>S.C. Type III</i>	<i>S.C. Moyen</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>R²</i>
Modèle	34	2,69	0,08	10,16	0,0001	0,90
mâle	4	1,21	0,30	38,83	0,0001	
femelle/mâle	10	0,30	0,03	3,85	0,0011	
traitement	4	0,99	0,25	31,83	0,0001	
traitement*mâle	16	0,19	0,01	1,51	0,1429	
Erreurs	40	0,31	0,01			
Total	74	3,00				

Composants de la variance

<i>Composants</i>		<i>Composants estimés</i>		
<i>Observés</i>		<i>Composants</i>	<i>estimations</i>	<i>%</i>
V mâle	0,0178986	VA	0,0716	17,11
V femelle/mâle	0,0044331	VN.A	0,0000	0,00
V traitement	0,0157421	Vtraitement	0,0157	3,76
V trait*mâle	0,0013328	VI(A)	0,0053	1,27
V trait*femelle/mâle	0,0036134	VI(N.A)	0,0038	0,91
V erreurs	0,2500000	Verreurs	0,3220	76,95
V phénotype	0,2930200	VP	0,4185	100,00
		Degré de plasticité		5,04

Héritabilité

Moyenne	h^2	0,171
Plasticité	h^2	0,013
Total	h^2	0,184

4.9. Résultats: survie avant reproduction

Analyse de variance

Source	ddl	S.C. Type III	S.C. Moyen	F	P	R ²
Modèle	34	2,60	0,08	9,29	0,0001	0,89
mâle	4	0,79	0,20	23,84	0,0001	
femelle/mâle	10	0,26	0,03	3,18	0,0043	
traitement	4	1,39	0,35	42,18	0,0001	
traitement*mâle	16	0,17	0,01	1,25	0,2740	
Erreurs	40	0,33	0,01			
Total	74	2,93				

Composants de la variance

<i>Composants</i> <i>Observés</i>		<i>Composants estimés</i>		
		<i>Composants</i>	<i>estimations</i>	<i>%</i>
V mâle	0,0112148	VA	0,0906	22,01
V femelle/mâle	0,0035994	VN.A	0,0000	0,00
V traitement	0,0226621	Vtraitement	0,0112	2,72
V trait*mâle	0,0006931	VI(A)	0,0028	0,67
Vtrait*femelle/mâle	0,0025431	VI(N.A)	0,0046	1,12
V erreur	0,2500000	Verreur	0,3026	73,47
V phénotype	0,2907125	VP	0,4118	100,00
Degré de plasticité				3,40

Héritabilité

Moyenne	h^2	0,220
Plasticité	h^2	0,007
Total	h^2	0,227

4.10. Résultats: corrélations Croissance / survie totale

Corrélations phénotypiques:

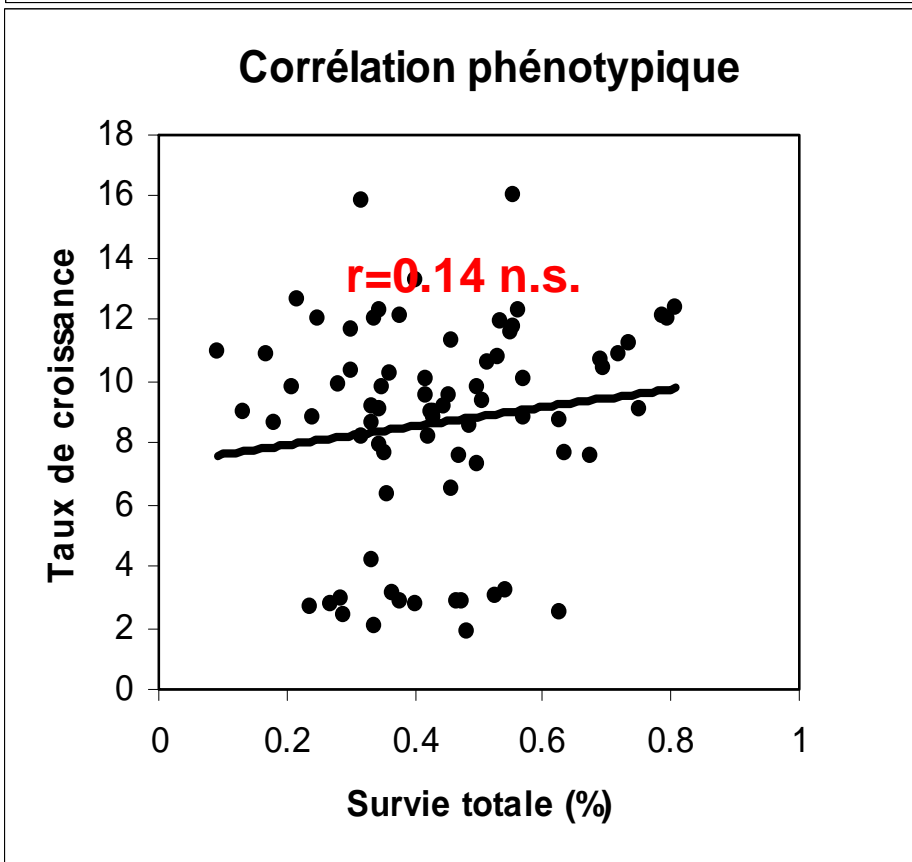
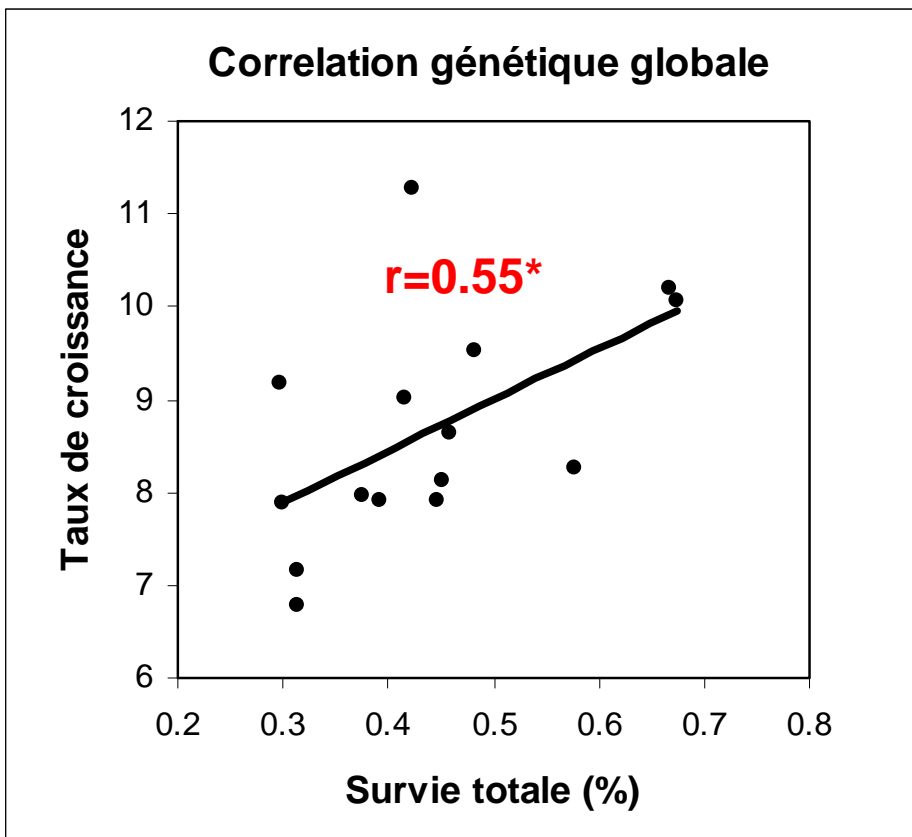
Pas de corrélation globale ou intra-famille de demi-frères significatives

Corrélations génétiques:

3 valeurs positives significatives

	<u>Croissance</u>		<u>Survie</u>		<u>Corrélation</u>
	<i>moyenne</i>	<i>E.T.</i>	<i>moyenne</i>	<i>E.T.</i>	
Pauvre	2,80	0,53	0,35	0,19	- 0,04
15 jours	8,67	1,83	0,52	0,16	0,59 *
1 mois	10,18	1,40	0,47	0,20	0,69 **
2 mois	10,03	1,22	0,41	0,15	0,21
Riche	11,63	2,20	0,19	0,14	0,59 *

4.11. Résultats: corrélations croissance / survie totale



4.12. Résultats: corrélations

Croissance / survie avant reproduction

Corrélations phénotypiques:

Corrélation globale significative - **0.38 ***** et 9 des 15 corrélations intra-familles de demi-frères (toutes négatives)

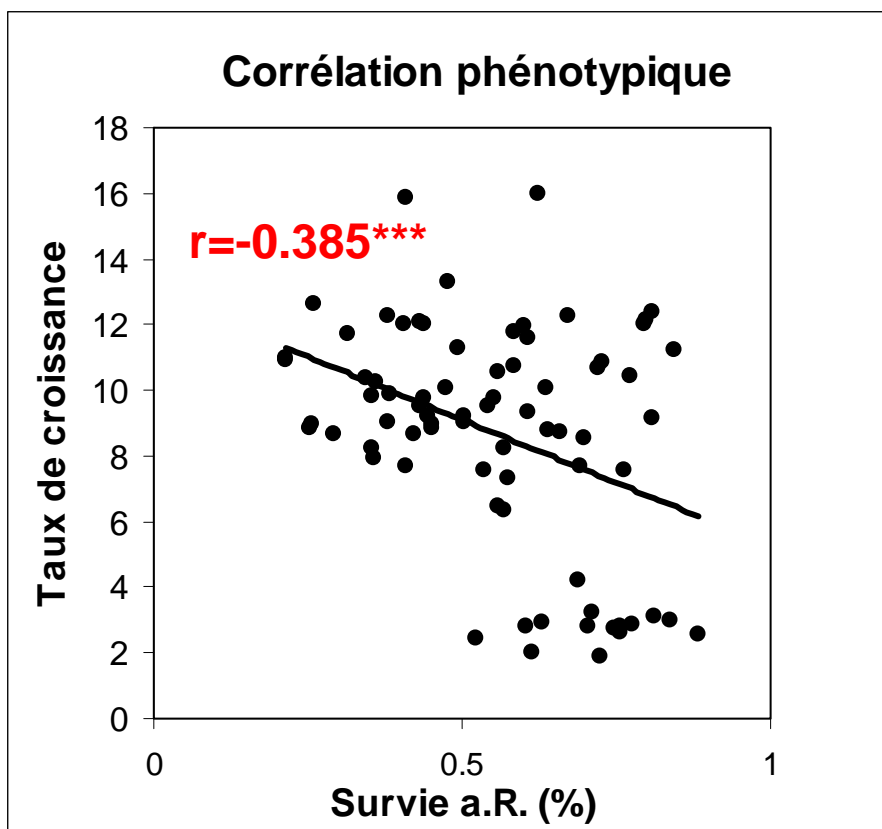
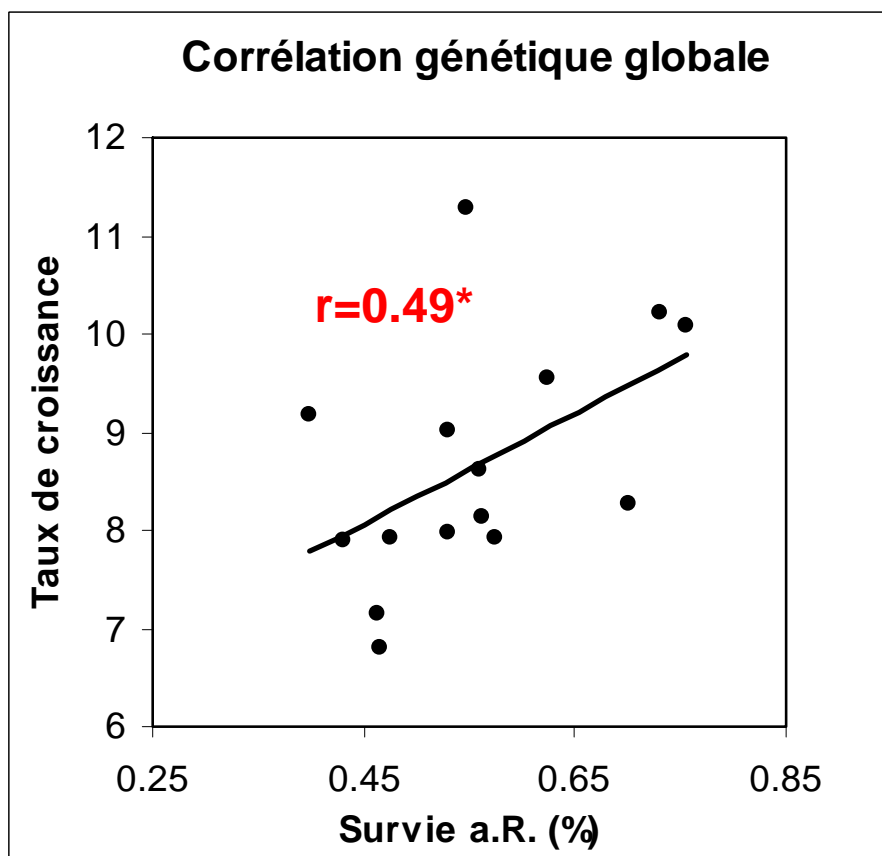
Corrélations génétiques:

3 valeurs positives significatives

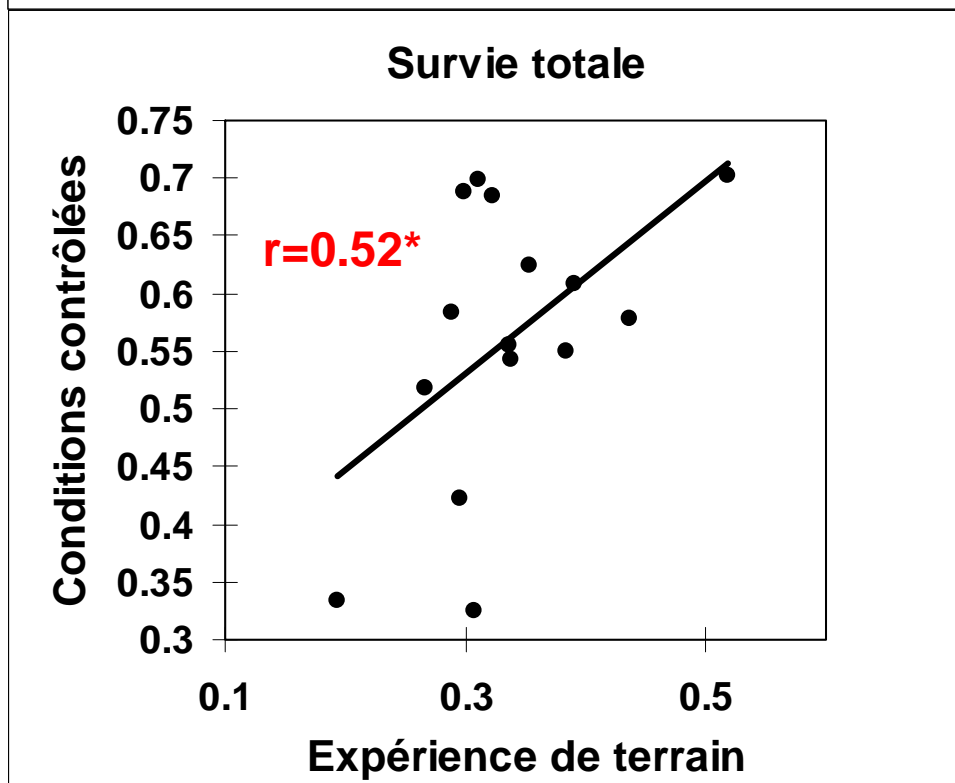
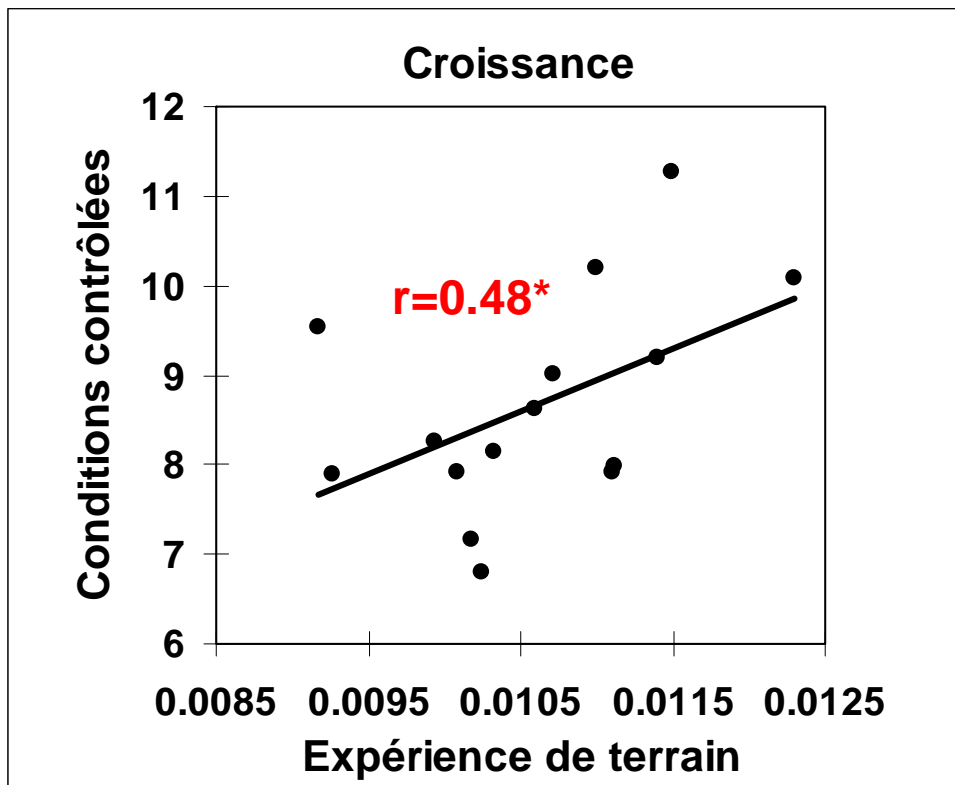
	<i>Croissance</i>		<i>Survie</i>		<i>Corrélation</i>
	<i>moyenne</i>	<i>E.T.</i>	<i>moyenne</i>	<i>E.T.</i>	
Pauvre	2.80	0,52	0,71	0,10	0,15
15 jours	8,67	1,83	0,63	0,13	0,50**
1 mois	10,18	1,40	0,54	0,19	0,66 ***
2 mois	10,04	1,22	0,45	0,14	0,21
Riche	11,63	2,21	0,32	0,16	0,52 **

4.13. Résultats: corrélations

Croissance / survie avant reproduction



4.16. Résultats: stabilité des performances entre les deux sites expérimentaux.



5.1. Conclusions

• Croissance

- ✓ *très fort degré de plasticité*: 63 % de la variance phénotypique.
- ✓ Bases génétiques de la plasticité de la croissance serait *importantes* (plus fortes que pour la moyenne elle-même), mais *principalement non-additives*.
- ✓ *Héritabilité de la croissance moyenne*: 0,08.

• Survie

- ✓ *Faible degré de plasticité*: 3 à 5%.
 - ✓ Bases génétique de la plasticité de la survie sont *faibles*.
 - ✓ *Héritabilité de la survie moyenne*: 0.17 à 0.22.
- *Les résultats de survie contrastent avec ceux de la croissance, peut-être à cause du fait que dans le cas de la survie nous ne pouvons pas estimer le composant non-additif que ce soit pour moyenne ou pour la plasticité. Ainsi, la variance non-additive vient augmenter fortement le terme d'erreur.*

5.2. Conclusions

- **La corrélation génétique** entre croissance et survie est *globalement positive*, bien qu'elle varie entre traitements → un programme de sélection sur un de ces 2 caractères *pourrait être envisagé* sans problème relié à une réponse corrélée négative du second.
- **La corrélation phénotypique** entre *croissance et survie totale* ne montre *aucune tendance globale*. Au contraire, la corrélation phénotypique entre *croissance et survie avant reproduction* est *globalement fortement négative*. Ceci pourrait avoir une importance non négligeable pour *les pratiques ostréicoles*: augmenter la croissance des individus en leur offrant plus de ressources trophiques par exemple, pourrait entraîner une augmentation de la mortalité.

5.3. Conclusions

- **La stabilité des performances** entre les sites expérimentaux est **positive** (environ 0.5) à la fois pour la survie et la croissance → l'expérience en milieu **contrôlé** peut être considérée comme assez **représentative** du comportement des huîtres sur le terrain.

6. Perspectives

- **Thèse de Lionel Degremont** « Etude des bases génétiques et physiologiques de la mortalité estivale et des relations avec la croissance chez l'huître creuse *Crassostrea gigas* », notamment dans le cadre du programme « **MOREST** »:
 - ✓ **G1 : 3 séries de croisements** (6 mâles x 24 femelles)
 - ✓ **3 sites expérimentaux**
 - ✓ **Sélection en G2**