

**Recherche de paramètres biométriques
différenciant les espèces
Ocenebra erinacea et *Ocinebrellus inornatus*.**



Ocinebrellus inornatus (gauche) et *Ocenebra erinacea* (droite)

Présenté par :

Nadège Rossi

Sous la direction de :

M. Robert Stéphane

Laboratoire Conchylicole de Poitou – Charente

LCPC

Station IFREMER de La Tremblade
17390 La Tremblade

M. Le Moine Olivier

Laboratoire Conchylicole de Poitou – Charente

LCPC

Station IFREMER de La Tremblade
17390 La Tremblade

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je tiens à remercier mon maître de stage, M. Robert Stéphane pour m'avoir fait confiance concernant les expériences et pour m'avoir aussi bien conseillée et suivie au cours de ces quelques semaines. Un grand merci à Olivier Le Moine pour l'élaboration des programmes informatiques sans lesquels cette étude n'aurait pas été possible. Je tiens à remercier tout particulièrement Philippe Geairon et Daniel Razet pour leur extrême patience face à mes questionnements quotidiens en informatique ! De même pour Patrick Soletchnick qui a réussi le tour de force de me réconcilier avec les statistiques ! D'une façon générale, merci à toute l'équipe des « Mickey » pour leur accueil au sein du LCPC et leur bonne humeur constante. Enfin merci à Philippe Gouletquer qui a permis mon intégration au sein de l'IFREMER et à Mme Garcia-Meunier pour m'avoir mise en contact avec Stéphane Robert.

SOMMAIRE

<u>INTRODUCTION</u>	2
<u>I- Présentation de la structure d'accueil</u>	3
<u>1.1 Présentation générale de l'IFREMER</u>	3
<u>1.2 Présentation de la station IFREMER de la Tremblade</u>	3
<u>II- Matériel et méthode</u>	4
<u>2.1 Espèces utilisées</u> :	4
<u>2.2 Eléments morphologiques étudiés : l'opercule et l'axe colonnaire</u>	5
<u>2.2.1 L'opercule</u>	5
<u>2.2.2 L'axe colonnaire ou columelle</u>	5
<u>2.3 Protocole d'expérimentation</u>	5
<u>2.3.1 Ramassage et stockage des individus</u>	5
<u>2.3.2 Tri des individus</u>	5
<u>2.3.3 Conditionnement des bigorneaux</u>	5
<u>2.3.4 Biométrie</u>	6
<u>2.3.5 Test de précision sur les mesures</u>	6
<u>2.3.6 Sexage</u>	6
<u>2.3.7 Traitement des individus</u>	6
<u>2.3.8 Calcul des surfaces operculaires</u>	6
<u>2.3.9 Photographie des coquilles</u>	7
<u>2.3.10 Calcul des angles</u>	7
<u>2.3.11 Analyses statistiques</u>	8
<u>III- Résultats</u>	8
<u>3.1 Variabilité de l'épaulement selon les espèces</u>	8
<u>3.2 Etude de la précision de la mesure</u>	10
<u>3.3 Etude du dimorphisme sexuel lié à la taille des individus au sein de chacune des espèces étudiées</u>	10
<u>3.4 Variation des surfaces operculaires selon les espèces</u>	12
<u>3.5 Variabilité des angles selon les espèces</u>	13
<u>IV- Discussion</u>	14
<u>4.1 Etude de l'épaulement comme caractéristique à part entière de l'espèce</u>	14
<u>4.2 Etude du dimorphisme sexuel au sein des espèces étudiées</u>	15
<u>4.3 Etude de la surface operculaire comme critère de différenciation des espèces</u>	15
<u>4.4 Etude de la variabilité de l'angle de la columelle avec le support</u>	15
<u>CONCLUSION</u> :	16
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	16
<u>ANNEXES</u>	18

INTRODUCTION

La découverte en avril 1995 du bigorneau perceur *Ocenebrillus inornatus* dans le bassin de Marennes-Oléron (Pigeot *et al.*, 2002) a entraîné de nombreuses études de caractérisation de cette nouvelle espèce vis à vis de l'espèce autochtone *Ocenebra erinacea*. Un premier type de caractérisation a été celui de l'activité de prédation comme celle effectuée dans le cadre du contrat INVABIO (Robert *et al.*, 2002), afin de prévoir les conséquences que cette nouvelle espèce pourraient avoir sur les parcs ostréicoles. Le LBEM (Laboratoire de Biologie et Environnement Marin) s'est aussi beaucoup investi pour parvenir à une caractérisation génétique de l'espèce, entre autre pour déterminer l'origine d'*O. inornatus* (Garcia-Meunier, 2002). Enfin de nombreux critères morphologiques et biométriques ont été décrits afin de différencier chacune des espèces. La coquille est l'un des critères les plus précisément décrit comme l'a fait Houart (2001) dans son ouvrage.

Cependant les recherches dans la littérature n'ont donné que très peu de résultats concernant d'éventuelles différences des surfaces operculaires de chaque espèce. Il en est de même pour l'angle d'inclinaison de la coquille par rapport au sol. Pourtant ces critères ont été exploités dans d'autres circonstances. Newman (2000) a exploité la notion de surface des opercules à travers l'étude des cirripèdes (embranchement des Crustacés) et Vermeij (1971) a étudié l'angle d'élévation « E » des axes columnaires chez l'ensemble des gastéropodes.

Sauriau (2002) a défini un nouveau critère de caractérisation des deux espèces : l'épaulement. Il a également montré qu'il n'existait pas de dimorphisme sexuel lié à la longueur chez les deux espèces.

L'objectif de cette étude est de pouvoir mettre en évidence des différences morpho-biométriques entre les deux espèces de perceurs étudiées : *O. erinacea* et *O. inornatus*. Dans un premier temps, il s'agira de faire suite à l'étude de Sauriau (2002) en évaluant l'incertitude sur les mesures liées à l'épaulement et en vérifiant l'absence d'un dimorphisme sexuel pour les deux espèces. Dans un deuxième temps, les surfaces des opercules seront calculées grâce au logiciel ArcView et à l'élaboration d'un programme adapté. Les angles seront déterminés à partir des photos numériques traitées sous ce même logiciel grâce à un autre type de programmation.

I- Présentation de la structure d'accueil

1.1 Présentation générale de l'IFREMER.

L'IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER) est un établissement public à caractère industriel et commercial, placé sous la tutelle conjointe des ministères chargés de la recherche, de l'agriculture et de la pêche, de l'équipement, des transports et du logement, et de l'environnement.

Ses activités se concentrent autour de trois axes essentiels :

- Une meilleure connaissance des ressources océaniques afin de prévoir leur évolution et de les inscrire dans le cadre d'une exploitation durable.
- Une valorisation du milieu marin et côtier grâce à des méthodes de surveillance accrues.
- Le développement de l'aspect socio-économique du monde maritime.

1.2 Présentation de la station IFREMER de la Tremblade.

Cette station se situe dans le bassin de Marennes Oléron (premier bassin ostréicole d'Europe) à l'embouchure de la Seudre.

Trois laboratoires sont regroupés :

- un laboratoire côtier de la Direction de l'Environnement Littoral (DEL) dont le rôle est de concilier activités humaines et maintient des écosystèmes.
- un Laboratoire de Génétique et Pathologie (LGP) qui se consacre essentiellement au suivi des agents pathogènes susceptibles de contaminer les élevages de bivalves. De plus il tente d'apporter des solutions génétiques pour augmenter les production et diminuer les risques de contamination.
- un Laboratoire Conchylicole de Poitou-Charentes (LCPC) qui s'intéresse en particulier aux mollusques en élevage. Les recherches menées dans ce laboratoire s'articulent autour de quatre thèmes principaux :
 - L'observation et la surveillance de la mer côtière grâce à l'existence de différents réseaux de suivis tels que REMORA (concernant les huîtres) et REMOULA (s'intéressant aux moules). Un suivi des stocks conchylicoles ainsi que des données hydro-biologiques (Razlec) est aussi effectué.
 - La modélisation du fonctionnement des écosystèmes conchylicoles dans lequel s'insère le programme Morest (Etude des Mortalités ESTivales de *Crassostrea gigas*)
 - L'optimisation et le développement des productions aquacoles comprenant l'augmentation de l'efficacité des techniques de production ainsi que l'amélioration génétique des espèces aquacoles.
 - La mise en valeur de la mer côtière et l'économie des ressources marines incluant la cartographie des marais conchylicoles et le regroupement des données les concernant afin d'évaluer les mouvements de flux d'énergie aux sein des réseaux trophiques.

L'ensemble des laboratoires suivent le même objectif d'équilibre entre les enjeux économiques et environnementaux.

II- Matériel et méthode

2.1 Espèces utilisées :

Ocenebra erinacea (Linné, 1758)

•Répartition géographique et habitat.

Ocenebra erinacea est présente dans les zones se trouvant au sud de Gibraltar et de la Grande Bretagne ainsi qu'à l'est de la méditerranée où sa présence est néanmoins plus discrète. Cette espèce a aussi été recensée à Madère et aux Açores (Houart, 2001).

Les substrats rocheux ou sablo-vaseux ainsi que les parcs ostréicoles et mytilicoles constituent son habitat le plus commun mais *O. erinacea* présente aussi la capacité de vivre à des profondeurs allant jusqu'à 130m (Houart, 2001).

•Morphologie (photo 1).

Pigeot *et al.* (2000) ont décrit des bourrelets peu développés au niveau de la dernière spire de la coquille mais relativement nombreux (cinq ou sept) (1, photo 1). De plus, ils ont constatés une ornementation longitudinale appuyée et régulière de la coquille et bien présente sur le rebord externe de l'ouverture (2, photo 1).

Ocinebrellus inornatus (Recluz, 1851)

•Répartition géographique et habitat.

Originnaire du Japon et des côtes asiatiques (Houart,2001), cette espèce a été successivement introduite dans l'état de Washington (1924), en Colombie Britannique (1931), en Oregon (1930-1934), en Californie (1941) puis a été récemment détectée à Marennes-Oleron (Pigeot *et al.*, 2000). *O. inornatus* a aussi été signalée dans la baie d'Arcachon (Houart, 2000) ainsi qu'au nord de l'île de Ré et à la Trinité sur mer (Sauriau, 2002).

O. erinacea et *O. inornatus* partagent la même niche écologique au niveau de la zone de balancement des marées, à savoir la ceinture à fucus serratus (Pigeot *et al.*, 2000).

•Morphologie (photo 1)

Une des principales caractéristiques morphologiques de *O. inornatus* est la présence d'un épaulement beaucoup plus marqué (3, photo 1) et un canal siphonal plus long (4, photo 1) que chez *O. erinacea* (3' et 4', photo 1) (Pigeot *et al.*, 2000). A noter également une large ouverture dont la bordure externe est peu crénelée (5, photo 1) (Houart, 2001).

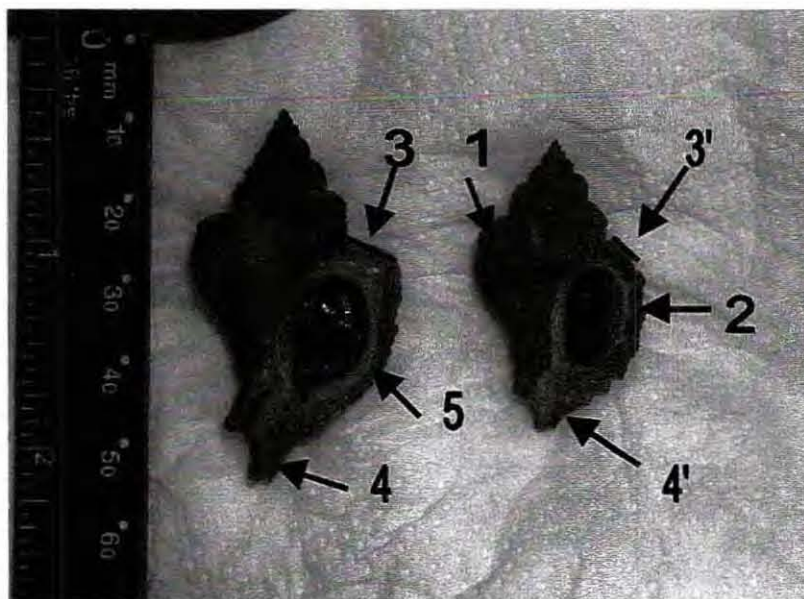


Photo 1 :Vue péristomiale de la coquille adulte d'*Ocenebra erinacea* (à droite) et d'*Ocinebrellus inornatus* (à gauche). Les flèches indiquent les principaux caractères morphologiques de différenciation entre les deux espèces.

2.2 Eléments morphologiques étudiés : l'opercule et l'axe colonnaire.

2.2.1 L'opercule

L'opercule peut être assimilée à un disque corné fixé sur le pied de l'animal. Il permet à l'animal de s'isoler de l'extérieur lors de sa rétraction à l'intérieur de sa coquille (photo 3, annexe). En effet, Ankel (1972) a mis en évidence son rôle de barrage, empêchant l'intrusion de particules indésirables dans la coquille. Norton (1988) démontre que l'opercule agit aussi comme une barrière face aux enzymes de digestion. Il constate que 40% des gastéropodes ingérés émergent vivants des fèces de prédateurs.

2.2.2 L'axe colonnaire ou columelle

C'est l'axe autour duquel va se former la coquille. Il est possible de le visualiser en effectuant une coupe longitudinale de la coquille (photo 4, annexe). Chez *O. erinacea* et *O. inornatus*, la columelle se confond avec la droite passant par l'apex et l'extrémité du canal siphonal.

2.3 Protocole d'expérimentation

2.3.1 Ramassage et stockage des individus.

Le site de ramassage se situe à Fouras, au niveau de la pointe de la Fumée, où l'activité ostréicole est prépondérante. Les deux espèces ont été ramassées le même jour, à la main, sur les rochers, sur le sol ou au niveau des collecteurs (coupelles). Les bigorneaux ont ensuite été répartis dans des casiers ou des poches à huîtres pour les plus petits individus, et placés dans un bassin alimenté en eau de mer. Ils ont été régulièrement nourris avec des moules ou des huîtres.

2.3.2 Tri des individus.

Les animaux ont été triés selon trois critères :

- L'espèce : La différenciation des espèces s'est uniquement basée sur les critères morphologiques propres de leur coquille permettant une séparation rapide et fiable des espèces notamment grâce au crénelage et à la forme de l'ouverture ainsi qu'à l'épaule angulaire prononcé chez l'espèce invasive.

- La taille : la sélection a été faite de sorte à obtenir un panel de taille aussi large que possible éliminant cependant les animaux dont la taille était inférieure à 25 mm. En effet, il a été observé qu'en deçà de cette taille les caractères morphologiques ne sont pas assez marqués pour différencier de manière certaine les deux espèces.

- La coquille : Les animaux aux coquilles cassées (notamment l'apex ou le canal siphonal) ou trop fortement colonisées ont été exclus par soucis d'homogénéité et afin d'éviter tout biais concernant les résultats liés à la biométrie.

150 individus de chacune des espèces ont été retenus de façon aléatoire au sein des groupes présélectionnés. Ils recouvrent l'ensemble des tailles explorées.

2.3.3 Conditionnement des bigorneaux

Avant toute manipulation, des lots de 50 bigorneaux, alternativement de l'une ou l'autre des espèces, sont préparés. Les coquilles sont nettoyées de leur épifaune. L'ensemble des individus est ensuite plongé pendant 4 h dans une solution contenant 250g de chlorure de magnésium ($MgCl_2$), 3l d'eau de mer et 2l d'eau douce afin de les anesthésier pour empêcher la rétraction des animaux lors de leur extraction.

2.3.4 Biométrie.

Cette étude ayant comme un des objectifs de faire suite au travail de Sauriau (2002), pour les mesures de l'épaulement, il est nécessaire de reproduire cette technique de mesure afin de pouvoir comparer les résultats entre eux. C'est ainsi que la longueur, la largeur et la largeur du dernier tour de spire ont été mesurés à l'aide d'un pied à coulisse, de la même manière que Sauriau l'a décrit dans son protocole (figure 1).

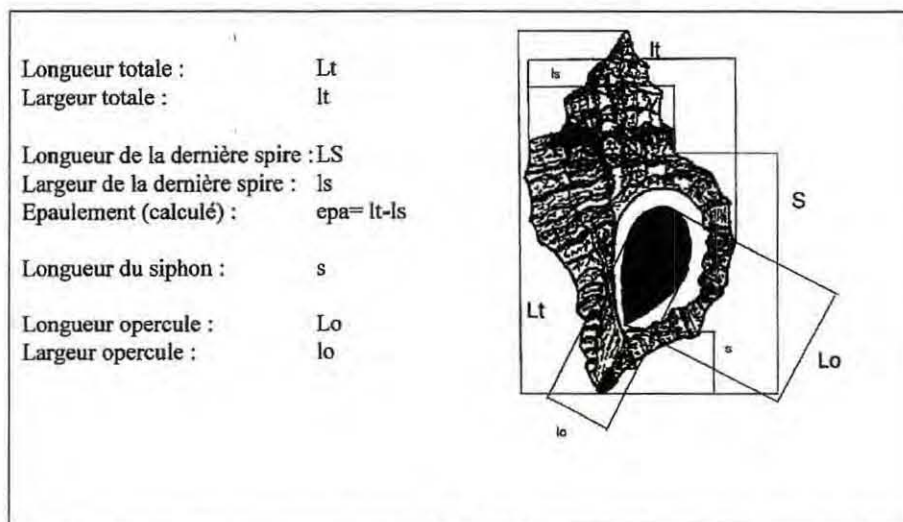


Figure 1 : Mensurations prises sur la coquille des bigorneaux perceurs selon Sauriau (2002)

2.3.5 Test de précision sur les mesures.

Les mesures de longueur totale, largeur totale et largeur de la dernière spire ont été effectuées dix fois sur 15 individus, de taille variée, de chaque espèce à l'aide d'un pied à coulisse (au 1/10^{ème} de mm). Les résultats ont ensuite été traités par le logiciel Excel afin d'évaluer l'erreur liée à la prise de mesure par le calcul du coefficient de variation.

2.3.6 Sexage

La détermination du sexe est effectuée après extraction de la partie antérieure de l'animal. Les mâles sont reconnaissables par la présence d'un pénis à droite derrière la tête tout comme chez *Littorina sp.* (Reid, 1996).

2.3.7 Traitement des individus

Après avoir catalogué toutes ces données, les animaux sont extraits successivement de leur coquille en sectionnant transversalement, à l'aide d'un scalpel, la partie postérieure de la tête de façon à pouvoir effectuer le sexage. L'opercule est détachée. La tête sectionnée est conservée dans un tube à essai fermé et numéroté contenant du formol à 2% afin de pouvoir vérifier le sexage. Lorsque toutes les opercules sont individualisées, elles sont réhumidifiées puis déposées, dans l'ordre, sur une feuille de papier blanc. Cette feuille est ensuite recouverte par un transparent dont la face lisse est apposée sur les opercules ; de cette façon l'eau contenue dans les opercules va être absorbée dans le papier et permettre la fixation des opercules. Le tout est placé, durant 4 heures, entre deux plaques de bois surmontées de poids afin que les opercules sèchent bien à plat.

Les coquilles sont placées individuellement en sachets hermétiques, numérotés puis congelées pour permettre des vérifications ultérieures.

2.3.8 Calcul des surfaces operculaires.

Les feuilles sur lesquelles ont été disposées les opercules, sont scannées en noir et blanc (400dpi) sous le logiciel Presto Manager. L'image obtenue (photo 5, annexe) est ensuite traitée sous le logiciel ArcView GIS 3.2. L'élément fondamental de l'analyse est le pixel. La variation de couleur de chaque pixel servira de base pour le traitement d'image. Chaque pixel

a une surface de $0,004 \text{ mm}^2$. Cette valeur est conservée à toutes les étapes du traitement de l'image afin de ne pas créer un biais lors du calcul final de la surface. L'image sélectionnée est dans un premier temps découpée selon 9 classes de couleurs (photo 6, annexe). Les couleurs initialement les plus claires deviennent les plus foncées. De ce fait, la feuille blanche ayant servi de support aux opercules est représentée par les pixels dont les valeurs sont les plus fortes. Après avoir déterminé et entré la valeur délimitant l'opercule de son support, le programme élaboré va traiter l'image selon deux classes de couleurs : la classe inférieure à la valeur déterminée puis celle étant supérieure à cette valeur. L'opercule est alors représentée par une seule couleur (photo 7, annexe) dont le nombre de pixels va être comptabilisé et converti en une surface. Les opercules suivantes sont analysées les une après les autres de la même façon. Les valeurs des surfaces sont retranscrites et enregistrées directement dans une table Access pour être traitées ultérieurement sur Excel et STATgraphics.

2.3.9 Photographie des coquilles

Les images numériques des coquilles ont servi de support à la détermination de l'angle que forme la coquille avec la base. Pour obtenir une bonne définition, il est nécessaire que la prise de vue soit plan. L'appareil photo est disposé parallèlement à la coquille photographiée. Un pied photographique est utilisé afin de conserver toujours la même position de prise de vue. L'animal est disposé dans l'axe d'une droite parallèle au bord de la table servant de support. L'apex et le canal siphonal servent de repère visuel pour cette orientation. Les photos sont effectuées par lot de 85 coquilles puis elles sont ensuite enregistrées sur ordinateur et identifiées avec leur numéro d'origine.

2.3.10 Calcul des angles

Les images numériques des coquilles sont traitées individuellement sous le logiciel ArcView GIS 3.2. Un programme permettant le calcul d'angle a été réalisé. La droite de référence est tracée parallèlement au support. Les droites déterminant l'angle sont positionnées selon deux méthodes différentes (photo2) :

- passant par l'apex et l'extrémité du canal siphonal (AngleEX).
- passant par l'extrémité de l'apex et par le milieu de l'extrémité du canal siphonal (AngleMI).

La même méthode est rigoureusement appliquée pour chaque coquille afin d'assurer une bonne précision de la mesure. Chacune des valeurs d'angles est enregistrée dans une table de valeur sous Access de façon à pouvoir les traiter sous STATgraphics par la suite.

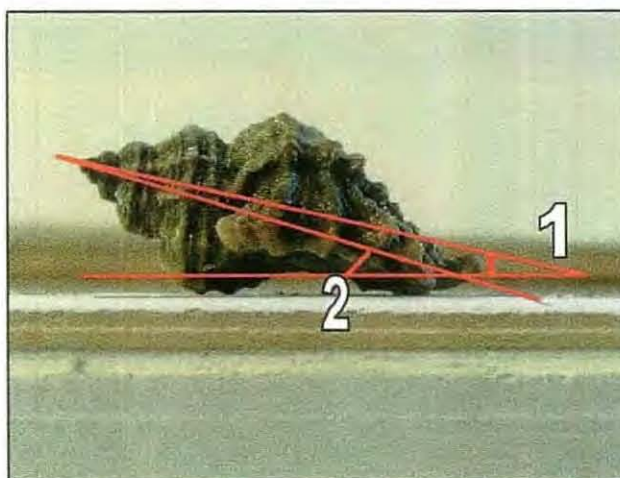


Photo 2: Exemple de traitement d'image mettant en évidence les trois types de droites permettant de définir les deux angles étudiés : 1 (angleEX) et 2 (angleMI).

2.3.11 Analyses statistiques.

L'ensemble des résultats a été traité statistiquement sous le logiciel STATgraphics. Dans le cadre de cette étude, ce logiciel permet d'effectuer des analyses de variance à un facteur en introduisant une covariable. Les régressions linéaires ont été réalisées sous Excel.

III- Résultats

3.1 Variabilité de l'épaulement selon les espèces.

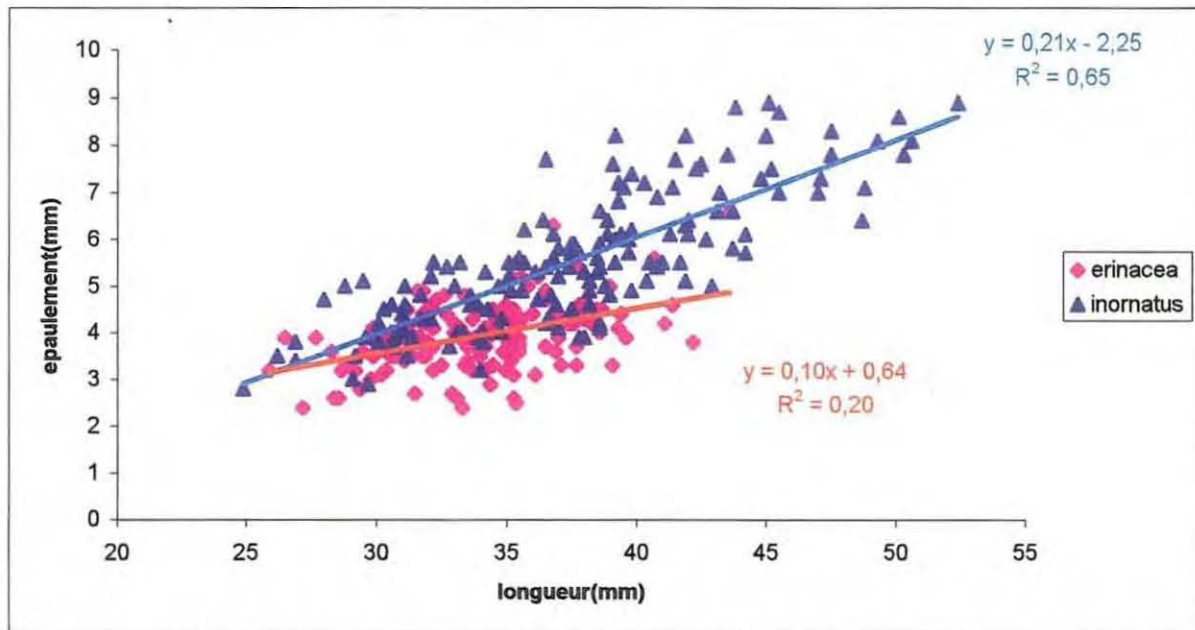


Figure 2 : Evolution de l'épaulement de *O. erinacea* et *O. inornatus* en fonction de la longueur totale de chaque individu.

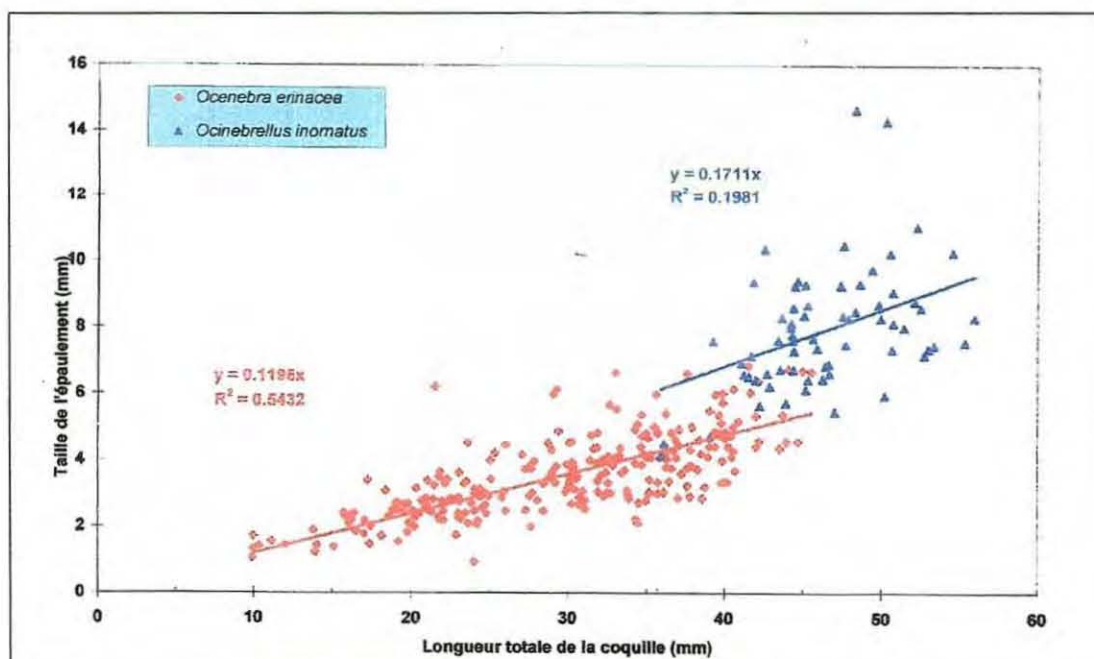


Figure 3 : Allométrie entre la longueur de la coquille et la largeur de l'épaulement, *Ocenebra erinacea* (rouge) et *Ocinebrellus inornatus* (bleu) selon Sauriau (2002).

L'évolution de l'épaulement en fonction de la longueur est représentée figure 2. Deux nuages de points, correspondant à chacune des espèces, se distinguent, déterminés par des droites de régression linéaire (figure 2). Les pentes associées sont de 0,21 (*O. inornatus*) et 0,10 (*O. erinacea*). Le coefficient de régression est de 0,65 pour *O. inornatus* et de 0,20 pour *O. erinacea*. L'espèce invasive présente globalement un épaulement supérieur à l'espèce autochtone.

La figure 3 présente le résultat de l'étude du même critère, établi par Sauriau (2002). Les nuages de points d'*O. erinacea* et *O. inornatus* présente des droites de régression linéaire dont les pentes sont respectivement de 0,12 et 0,17. Les coefficients de régression sont de 0,54 et 0,20.

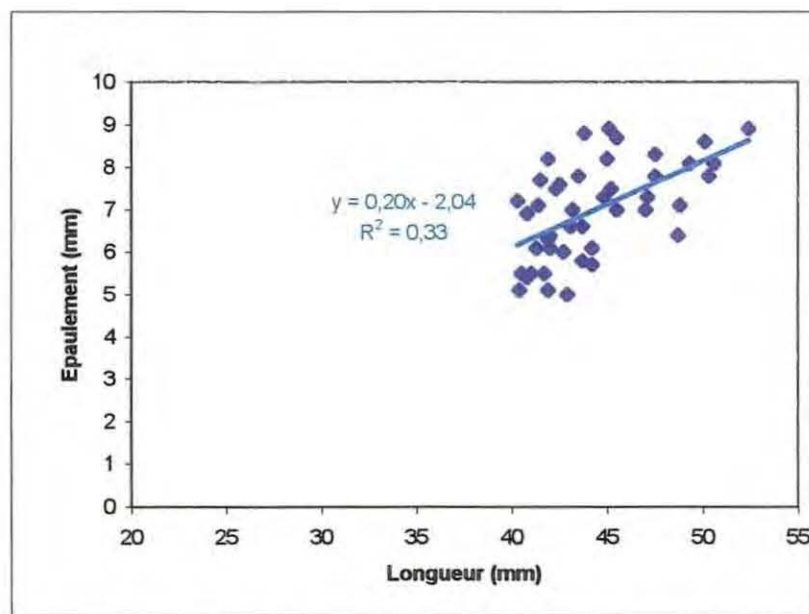


Figure 4: Variation de l'épaulement chez *O. inornatus* pour les classes de taille supérieure à 40 mm.

La droite de régression obtenue par la mesure de l'épaulement (figure 4) ne prend en compte que les individus *O. inornatus* supérieurs à 40 mm. Elle se rapproche de la classe de taille utilisée par Sauriau (2002) (Figure 3). L'équation des droites de régression pour cette espèce (Figure 3 et Figure 4) est équivalente. Cependant l'influence sur le coefficient de régression est importante car il apparaît deux fois moins important que pour la Figure 2.

3.2 Etude de la précision de la mesure

	<i>O. erinacea</i>		<i>O. inornatus</i>	
	Coefficient de variation lié à la largeur de la dernière spire	Coefficient de variation lié à la largeur totale	Coefficient de variation lié à la largeur de la dernière spire	Coefficient de variation lié à la largeur totale
individu 1	0,63%	0,66%	1,66%	0,61%
individu 2	2,63%	0,59%	1,28%	1,33%
individu 3	1,52%	12,54%	1,49%	0,22%
individu 4	3,61%	1,52%	17,95%	0,22%
individu 5	13,93%	1,16%	1,38%	0,49%
individu 6	2,88%	1,32%	2,97%	1,94%
individu 7	1,22%	0,90%	1,28%	0,48%
individu 8	3,34%	2,18%	1,47%	1,57%
individu 9	2,64%	1,20%	1,64%	0,67%
individu 10	17,47%	2,63%	1,64%	0,89%
individu 11	2,21%	0,29%	2,46%	1,30%
individu 12	2,04%	1,05%	2,17%	1,54%
individu 13	1,97%	0,36%	1,96%	1,10%
individu 14	1,73%	0,66%	0,97%	0,55%
individu 15	2,42%	0,95%	0,84%	1,26%

Tableau 1 : Coefficients de variation obtenus en effectuant 10 fois les mesures de la largeur totale et de la largeur de la dernière spire sur 15 individus de chaque espèce.

Le tableau 1 récapitule les coefficients de variation obtenus sur les mesures de largeur totale et largeur de la dernière spire. Les imprécisions les plus importantes se portent sur la mesure de la largeur de la dernière spire avec une erreur globalement plus importante chez *O. erinacea*. Le coefficient de variation le plus important s'élève à 17,47%. De même, la mesure de la largeur totale entraîne une imprécision. Cependant la valeur la plus élevée pour cette mesure, toute espèce confondue, est 2,18% (excepté pour l'individu 3 (12,54%)). Les résultats pour la mesure des longueurs ne sont pas présentés. En effet, les coefficients de variation obtenus sont inférieurs à 0,3% chez les deux espèces, gage d'une précision notable de cette mesure.

3.3 Etude du dimorphisme sexuel lié à la taille des individus au sein de chacune des espèces étudiées.

La vérification de l'équilibre du sex ratio a précédé les analyses statistiques pour ne pas induire un biais dû à un surnombre d'individus dans un des deux sexes.

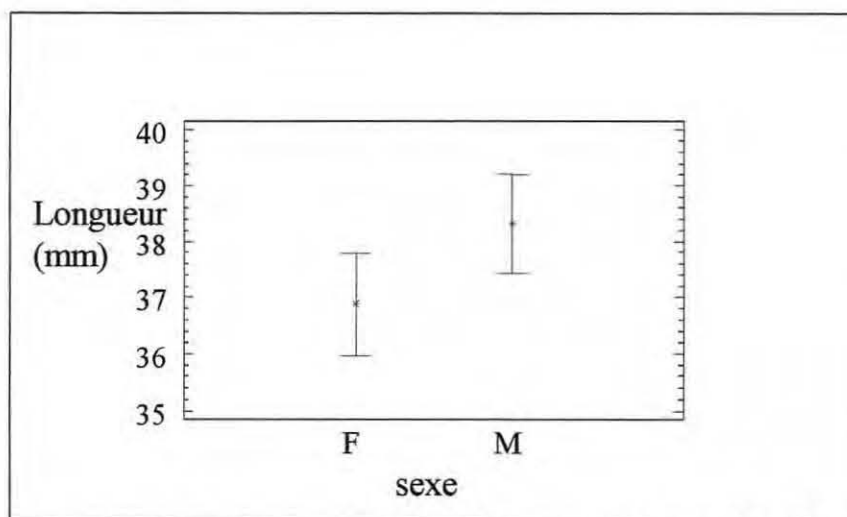


Figure 5: Variation de la longueur des individus selon les sexes chez *O. inornatus*.

Variable	Carre des écarts	Degré de liberté	Moyenne au carre	Test de fisher	Probabilité P
Sexe	78,42	1	78,42	2,54	0,11
Résidus	4577,25	148	30,93		
Total	4655,67	149			

Tableau 2 : Effet du facteur « sexe » sur la longueur totale des individus appartenant à l'espèce *O. inornatus*

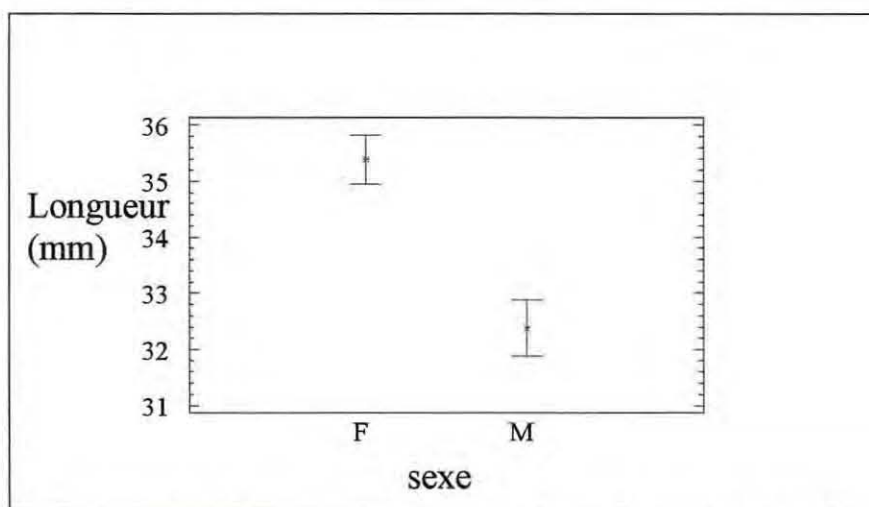


Figure 6: Variation de la longueur des individus selon les sexes chez *O. erinacea*.

Variable	Carre des écarts	Degré de liberté	Moyenne au carre	Test de fisher	Probabilité P
Sexe	333,84	1	333,84	39,29	0,000
Résidus	1257,65	148	8,50		
Total	1591,49	149			

Tableau 3 : analyse de variance montrant l'effet du facteur sexe sur la longueur totale des individus appartenant à l'espèce *O. erinacea*.

L'analyse de variance de la longueur en fonction du facteur « sexe » (tableau 2), indique un effet non significatif de ce paramètre pour l'espèce invasive *O. inornatus* ($p > 0,05$), illustré dans la figure 5. A contrario, la même analyse de variance appliquée à l'espèce

autochtone *O. erinacea* (tableau 3) présente un effet hautement significatif soulignant l'influence du sexe sur la longueur des individus ($p=0,000$) mis en évidence dans la figure 6.

3.4 Variation des surfaces operculaires selon les espèces.

		Carre des écarts	Degré de liberté	Moyenne au carre	Test de fisher	Probabilité P
Covariable	Longueur	178490,00	1	178490,00	2492,89	0,000
Variable	Espèce	1,34	1	1,34	0,02	0,89
	Résidus	21265,10	297	71,60		
	Total	226464,00	299			

Tableau 4 : Effet du facteur « espèce » sur les surfaces operculaires avec introduction de la covariable longueur.

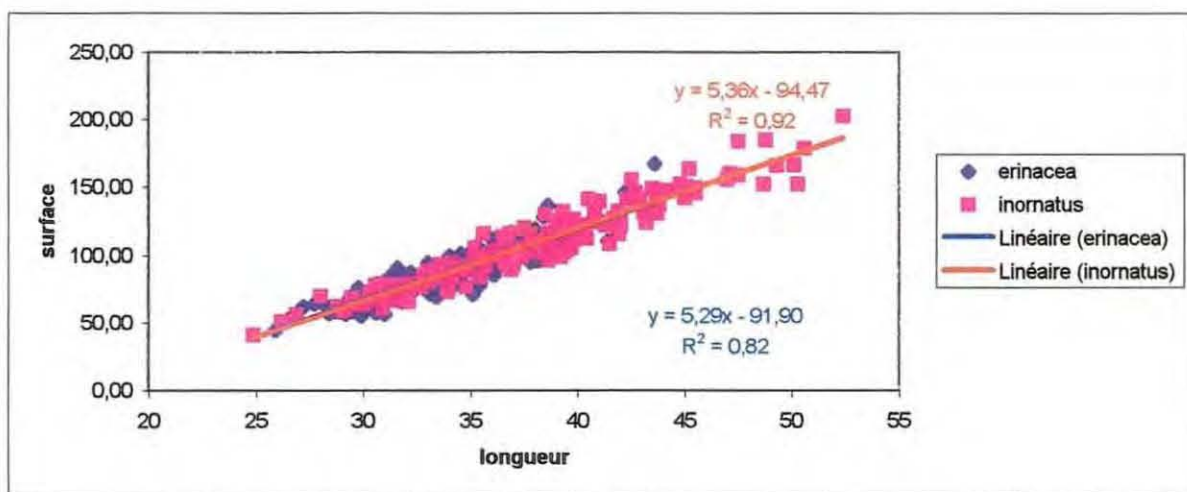


Figure 7: Evolution de la surface des opercules en fonction de la longueur des individus et par espèce.

L'effet non significatif du paramètre « espèce » sur la surface operculaire est déterminé par l'analyse de variance à un facteur ($p=0,89$, tableau 4). L'effet de la covariable longueur est au contraire très significatif ($p= 0,000$, tableau 4). Cela implique que la surface des opercules évolue en corrélation avec la longueur des individus, indépendamment de l'espèce considérée. L'influence identique de la longueur sur chaque espèce est démontrée dans la figure 8. Une superposition quasi parfaite des droites de régression linéaire de chaque nuage de point est observée. Les pentes sont respectivement pour *O. erinacea* et *O. inornatus* de 5,29 et 5,36 avec des coefficients de corrélation de 0,82 et 0,92.

3.5 Variabilité des angles selon les espèces.

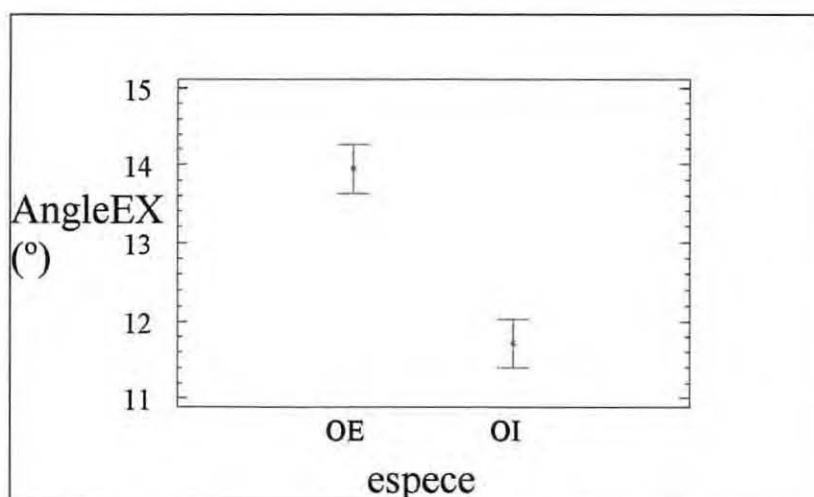


Figure 8: Variation de la mesure d'angle (angleEX : apex-extremité du canal siphonal) entre les espèces, intégrant la longueur .

		Carre des écarts	Degré de liberté	Moyenne au carre	Test de fisher	Probabilité P
Covariable	Longueur	44,81	1	44,81	6,24	0,013
Variable	Espèce	325,48	1	325,48	45,34	0,000
	Résidus	2132,03	297	7,18		
	Total	2659,61	299			

Tableau 5 : Effet du facteur « espèce » sur l'angleEX des coquilles de chaque espèce en considérant l'influence potentielle de la longueur.

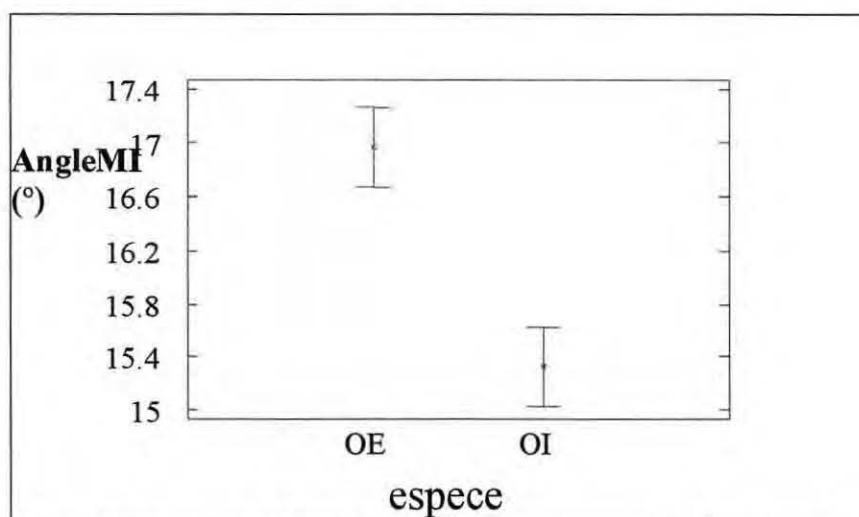


Figure 9: Variation de la mesure d'angle (angleMI : apex - milieu de l'extrémité du canal siphonal) entre les espèces, intégrant la longueur.

		Carré des écarts	Degré de liberté	Moyenne au carré	Test de fisher	Probabilité P
Covariable	Longueur	30,42	1	30,42	4,73	0,030
Variable	Espèce	175,59	1	175,59	27,29	0,000
	Résidus	1911,00	297	6,43		
	Total	2209,46	299			

Tableau 6 : Effet du facteur « espèce » sur l'angleMI des coquilles de chaque espèce en considérant l'influence potentielle de la longueur.

Quelque soit la technique de mesure considérée, l'écart entre les moyennes d'angles de chaque espèce apparaissant sur les figures 9 et 10 (2,2 et 1,6 degrés) se révèle être hautement significatif ($p= 0,000$, tableau 5 et 6). Une influence de la covariable « longueur » est mise en évidence pour chaque méthode de mesure ($p= 0,013$ pour angleEX et $p= 0,030$ pour angleMI). Le rapport entre le carré des écarts du facteur espèce et le résidu est de 15% pour angleEX et de 10% pour angleMI. La dispersion des mesures est telle que la majorité des valeurs peut satisfaire aux deux espèces.

IV- Discussion

4.1 Etude de l'épaulement comme caractéristique à part entière de l'espèce.

Les résultats de Sauriau (2002) portant sur l'épaulement des 2 espèces de bigorneaux perceurs sont rappelés figure 3. Une similitude avec les équations des droites de régression obtenues dans cette étude, est observée. Cette équivalence porte notamment sur les pentes pour chacune des espèces. Sauriau, pour *O. erinacea*, obtient une pente de 0,12 contre 0,1 dans cette étude. De même, pour *O. inornatus*, les coefficients directeurs respectifs sont de 0,21 et 0,17. Malgré l'obtention de ces résultats semblables, les coefficients de corrélation sont inversés dans les deux travaux. En effet, ils sont de 0,65 pour *O. inornatus* et 0,20 pour *O. erinacea* dans cette étude alors que Sauriau détermine des valeurs, respectivement de 0,2 et 0,54. De plus, les classes de taille représentées par Sauriau varient de 10 à 45 mm pour *O. erinacea* (270 individus) et de 40 à 58 mm pour *O. inornatus* (62 individus). Dans cette étude, l'étendue des classes de taille est inversée. En effet, la classe de taille étudiée pour *O. erinacea* est comprise entre 25 et 42 mm tandis qu'elle varie de 25 à 55 mm pour *O. inornatus*. Lors de son échantillonnage Sauriau a pu bénéficier de sites où seule *O. erinacea* était présente, ce qui lui a permis de prélever des individus de petite taille pour cette espèce, étalant ainsi la représentativité sans risque d'erreur dû à l'identification morphologique. Sa possibilité d'échantillonnage a été restreinte pour *O. inornatus* du fait de la présence des deux espèces sur le second site d'échantillonnage. L'échantillonnage des individus utilisés pour cette étude n'a été fait que sur un seul site (Fouras) où chacune des espèces est présente. L'identification d'*O. erinacea* et *O. inornatus* n'étant basée que sur des critères morphologiques difficilement identifiables sur les petits individus, la plus petite classe de taille a été volontairement limitée à 25 mm. Pigeot et al.(2002) ont défini un potentiel de croissance supérieur pour l'espèce invasive ce qui explique l'échantillonnage plus étendu pour cette espèce vis à vis de l'espèce autochtone (*O. erinacea*). La représentation ciblée d'une partie des résultats (figure 4), de manière à obtenir la même classe de taille que celle étudiée par Sauriau pour *O. inornatus*, précise cette analyse puisque le coefficient de régression est divisé par deux par rapport à celui obtenu dans la figure 2. L'épaulement est identifié par la différence entre la largeur totale et la largeur du dernier tour de spire, mesures qui sont soumises à des erreurs. En effet, même si les coefficients de variations restent inférieur à 5% pour ces mesures prises séparément, l'erreur est amplifiée lors de leur association pour la mesure de l'épaulement. De plus, la morphologie propre à chaque individu peut induire des imprécisions plus ou moins prononcées pouvant atteindre 17%. Des classes de taille diversifiées sont donc nécessaires pour diluer l'imprécision due à la mesure et obtenir de meilleurs coefficients de corrélation.

L'utilisation d'une méthode de mesure différente pourrait aussi limiter cette imprécision. En effet, DeWitt *et al.* (2000) ont utilisé la photographie numérique pour effectuer les différentes mesures de la coquille qui leur étaient nécessaires. Ils ont photographié la face dorsale des coquilles et ont choisi arbitrairement six points de mesures qu'il ont gardé pour chaque individu. Cette technique de référence pourrait ainsi permettre une diminution de l'erreur produite lorsque la mesure est faite avec un pied à coulisse.

4.2 Etude du dimorphisme sexuel au sein des espèces étudiées.

Au cours de son étude, P.G. Sauriau (2000) a mis en évidence qu'il n'existait aucun dimorphisme sexuel entre les espèces. Cependant, Martel (in Garcia-Meunier, 2003) démontre, dans un suivi expérimental contrôlé, des taux de croissance équivalents entre les mâles et les femelles de l'espèce autochtone alors que les femelles de l'espèce invasive présentent un taux de croissance supérieur à celui des mâles. Au vu de ce dernier résultat, il était possible de s'attendre à avoir des femelles d'*O. inornatus* de taille supérieure et l'égalité des tailles entre mâles et femelles d'*O. erinacea*. Or, les résultats obtenus au cours de cette étude présentent un dimorphisme sexuel pour *O. erinacea*, dont les femelles présentent des tailles globalement supérieures. En revanche aucune différence significative n'apparaît chez *O. inornatus*. Ce type de dimorphisme, induisant une taille supérieure des femelles, a été mis en évidence chez d'autres espèces de gastéropodes tel que *Buccinum undatum* (Kenchington *et al.*, 1998). Son *et al.* (2000) ont mis en évidence que ce dimorphisme, observé chez *Nucella lapillus*, pouvait être le résultat de la sélection afin d'accroître le potentiel de fécondité des femelles et que cette hypothèse pouvait être appliquée à l'ensemble des espèces de gastéropodes. Cette hypothèse est confirmée par McLeod Chapman *et al.* (1949) qui déterminent une ponte de 25 capsules pour les femelles *O. inornatus* alors que les femelles *O. erinacea* pondent 40 capsules (Papineau, 1978). Ces résultats peuvent donc constituer un premier élément de réponse concernant la supériorité de taille des femelles *O. erinacea*. Dans le cadre de cette étude, ces résultats restent à considérer avec prudence du fait de l'exclusion d'une partie de la population ainsi que de la considération globale des tailles. En effet, la tendance au dimorphisme sexuel obtenue pour *O. erinacea* n'a pas été vérifiée individuellement au sein de différentes classes de taille. Cette remarque est aussi valable dans le cas d'absence de dimorphisme chez *O. inornatus*.

4.3 Etude de la surface operculaire comme critère de différenciation des espèces.

L'analyse de variance des mesures des surfaces operculaires montre qu'il n'existe pas de différence significative de ces surfaces concernant *O. erinacea* et *O. inornatus*. De plus la superposition des droites de corrélation (figure 7) montre une évolution hautement équivalente de la surface des opercules selon la taille des individus pour les deux espèces. Yuh-Wen *et al.* (2002) ont étudié les opercules de *Cipangopaludina chinensis* (Mollusque : Gastropode) par la mesure, à partir de la strie de croissance centrale, des longueurs supérieures et inférieures ainsi que des largeurs de droite et de gauche, afin de différencier cinq groupes de cette espèce provenant de lieux différents. Ils ont mis en évidence une importante variabilité entre les opercules des individus qui s'observe de la même façon dans le cadre de cette étude, s'appuyant pourtant sur deux espèces différentes. De ce fait, la différenciation morphologique des opercules par la surface ne constitue pas une bonne approche de discrimination des espèces. Néanmoins, l'observation d'une différence de forme des opercules des deux espèces laisse la perspective d'autres études.

4.4 Etude de la variabilité de l'angle de la columelle avec le support.

Quelque soit la méthode de mesure utilisée, *O. inornatus* exprime un angle colonnaire inférieur à celui d'*O. erinacea*. Vermeij (1971) a fait l'étude comparative de cet angle, qu'il a déterminé comme « angle d'élévation E », sur l'ensemble des gastéropodes. Il a conclu sur le caractère évolutif de cet angle dont un fort degré d'élévation reflètent une primitivité de l'individu. Des études génétiques pourraient permettre de conclure sur la pertinence de ce résultat appliqué à *O. erinacea* et *O. inornatus*.

Un effet de la taille sur la mesure d'angle est observé et peut s'expliquer du fait que l'extrémité de l'apex ne soit pas toujours très bien développée chez les plus petits individus d'où l'intérêt d'effectuer deux types de mesure pour éviter tout artefact.

CONCLUSION :

Cette étude a tout d'abord permis de confirmer et de préciser les résultats obtenus par P.G Sauriau (2002) sur la mise en évidence d'un nouveau critère de différenciation entre *Ocenebra erinacea* et *Ocenebrellus inornatus* incarné par l'épaulement. Néanmoins ce descripteur a montré ses limites de part l'imprécision de sa mesure plus marquée chez *O. erinacea*. Il serait intéressant d'élaborer un autre protocole de mesure utilisant l'imagerie numérique, pour accroître la standardisation de la mesure. Lors de travaux ultérieurs, il sera possible de prendre en référence l'équation de Sauriau (2002) pour l'épaulement d'*O. erinacea* ($y = 0,12x$) et celle établie par ce travail pour *O. inornatus* ($y = 0,21x - 2,25$).

Même si la mise en évidence d'un dimorphisme sexuel chez l'espèce autochtone *O. erinacea* reste discutable cela permet néanmoins de réitérer l'hypothèse de stratégies de développement différentes selon l'espèce (Martel in Garcia-Meunier, 2003). Cependant, des critères biologiques qui pourraient permettre d'appuyer cette hypothèse restent mal connus tels que la durée de vie de chacune des espèces.

Enfin, deux nouveaux paramètres, que sont la surface operculaire et les angles d'inclinaison des coquilles, ont été testés au titre de nouveaux critères de différenciation des espèces étudiées. Il a été montré que la surface operculaire n'est pas discriminante et qu'elle présente au contraire une très forte similarité entre les espèces. Les mesures d'angles, bien que significatifs sur un large échantillon, présentent une dispersion trop importante pour que, considéré individuellement, une appartenance préférentielle à l'une ou l'autre des espèces soit établie. Vermeij (1971) a mis en avant une hypothèse évolutive concernant cet angle chez l'ensemble des gastéropodes en précisant que les animaux dont les coquilles sont les moins élevées pouvaient exploiter de plus larges ressources. Cela pourrait être l'une des causes de la grande adaptabilité d'*O. inornatus* dont l'angle d'inclinaison est plus faible qu'*O. erinacea*.

BIBLIOGRAPHIE

- Ankel, WE., 1971. The tower shell *Turritella communis* Risso and its operculum. Nat.Mus., Frankf. Vol. 101, no.5, pp. 197-207.
- DeWitt TJ., Robinson BW., Wilson DS., 2000. Functional diversity among predators of a freshwater snail imposes an adaptive trade-off for shell morphology. Evolutionary ecology research, 2: 129-148.
- Garcia-Meunier P., 2002. Etude d'une population invasive de bigorneaux perceurs (*Ocenebrellus inornatus*) dans le bassin de Marennes-Oléron. Etat d'avancement des travaux mars 2001-mars 2002. 50pp.
- Garcia-Meunier P., 2003. Etude d'une population invasive de bigorneaux perceurs (*Ocenebrellus inornatus*) dans le bassin de Marennes oléron : Caractérisation génétique - Compétition spatiale et trophique avec les taxons indigènes - Gestion du risque dans les écosystèmes conchylicoles. Etat d'avancement des Travaux : Deuxième année mars 2002 - mars 2003.
- Houart R., 2001. A review of the recent Mediterranean and northeastern Atlantic species of muricidae. pp. 57, 79.
- Kennington, E ; Glass, A., 1998. Local adaptation and sexual dimorphism in the waved whelk (*Buccinum undatum*) in Atlantic Nova Scotia with applications to fisheries

- management. Can.Tech.Rep.Fish.Aquat.Sci./Rapp.Tech.Can.Sci.Halieuat.Aquat. no. 2237, 47 pp.
- McLeod Chapman W., Banner A.H., 1949. Contributions to the life history of the Japanese oyster drill, *Tritonalia japonica*, with notes on other enemies of the Olympia oyster, *Ostrea lurida*. Biol. Bull. 49 A: 167-200.
- Newman W.A., 2000. A new genus and species of barnacle (*Cirripedia, Verrucomorpha*) associated with vents of the Lau Back- Arc Basin: its gross morphology, inferred first juvenile stage and affinities. *Zoosystema* 22 (1): 71-84.
- Norton, S.F., 1988. Role of the gastropod shell and operculum in inhibiting predation by fishes. *Science (Washington)*, vol.241, no.4861, pp.92-94.
- Papineau.C., 1978. Element de la biologie d'*Ocenebra erinacea* : Application à la protection des cultures de Pectinidés en rade de Brest. Mémoire de DEA, Paris VI.
- Pigeot J., Miramand P., Garcia-Meunier P., Guyot T., Séguignes M., 2000. Présence d'un nouveau prédateur de l'huître creuse, *Ocenebrellus inornatus* (Récluz, 1851), dans le bassin conchylicole de Marennes-Oleron. *Acad. Sci.*, pp. 697-703.
- Reid D.G., 1996. Systematics and evolution of *Littorina*. Pp. 8-9.
- Robert S., Grangeré K., Amiot J.B., Le Moine O., Solechnik P., Guilpain P., Seugnet J.L., Geairon P., Goulletquer P., Razet D., Faury N., Taillade S., Garcia-Meunier P., Martel C. 2002. Contrat INVABIO. Approche de l'activité de prédation de l'huître creuse *Crassostrea gigas* par les bigorneaux perceurs *Ocenebra erinacea* et *Ocenebra inornata*. Régulation des populations de perceurs *Ocenebra erinacea* et *Ocenebra inornata* : survie vis-à-vis des températures négatives et action du brûlage sur des pontes naturelles.
- Sauriau P-G., 2002. Les bigorneaux perceurs des Pertuis Charentais : éléments de biologie, synthèse des moyens de lutte. Rapport au conseil général de Charente-Maritime et à l'Université de La Rochelle. pp 1-7.
- Son, Min Ho; Hugues, R.N., 2000. Sexual dimorphism of *Nucella lapillus* (*Gastropoda: Muricidae*) in north Wales, UK. *Journal of Molluscan Studies*. Vol. 66, no. 4, pp.489-498.
- Vermeij,G.J., 1971. Gastropod evolution and morphological diversity in relation to shell geometry. *J.Zool*. Vol. 163, no. 1, pp. 15-23.
- Yuh-Wen, C., Hon-Cheng C., Sin-Che L., Chaolun A.C.,2002. Morphometric analysis of shell and operculum variations in the viviparid snail, *Cipangopaludina chinensis* (*Mollusca : Gastropoda*), in Taiwan.

ANNEXES

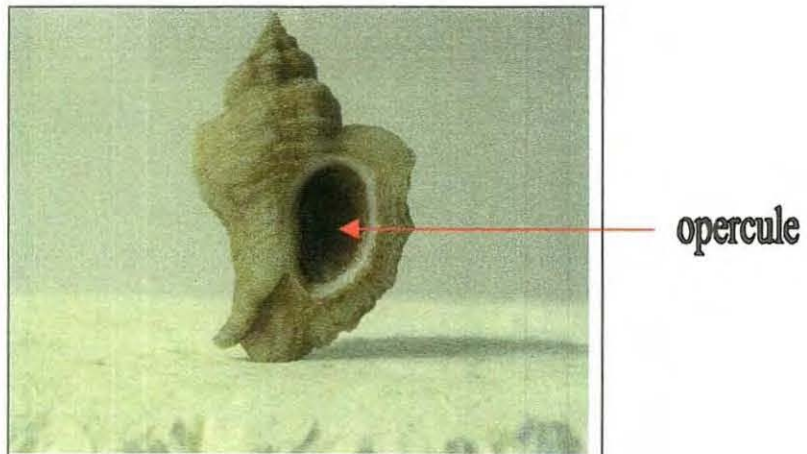


Photo 3 : Face ventrale de *Ocinebrellus inornatus* permettant la localisation de l'opercule.

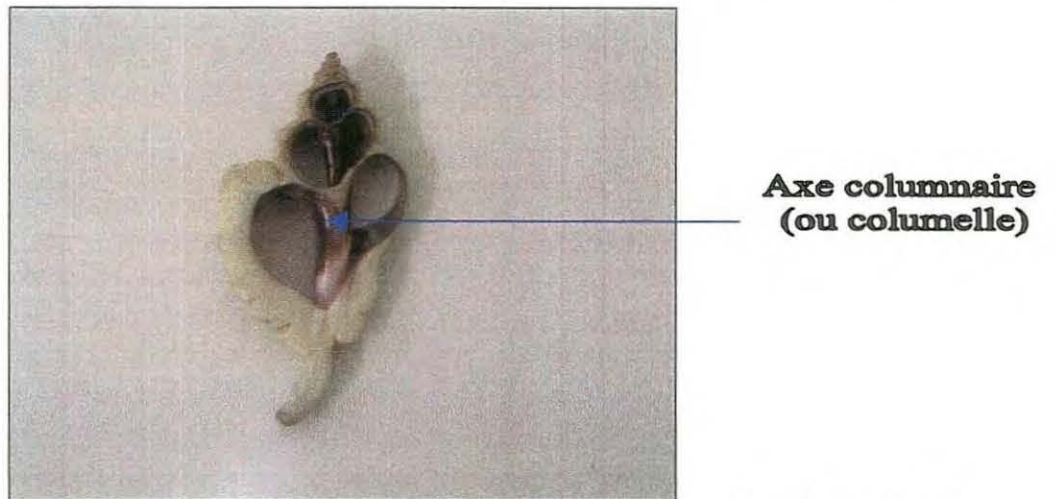


Photo 4 : Coupe longitudinale de *Ocinebrellus inornatus* mettant en évidence l'axe colonnaire.

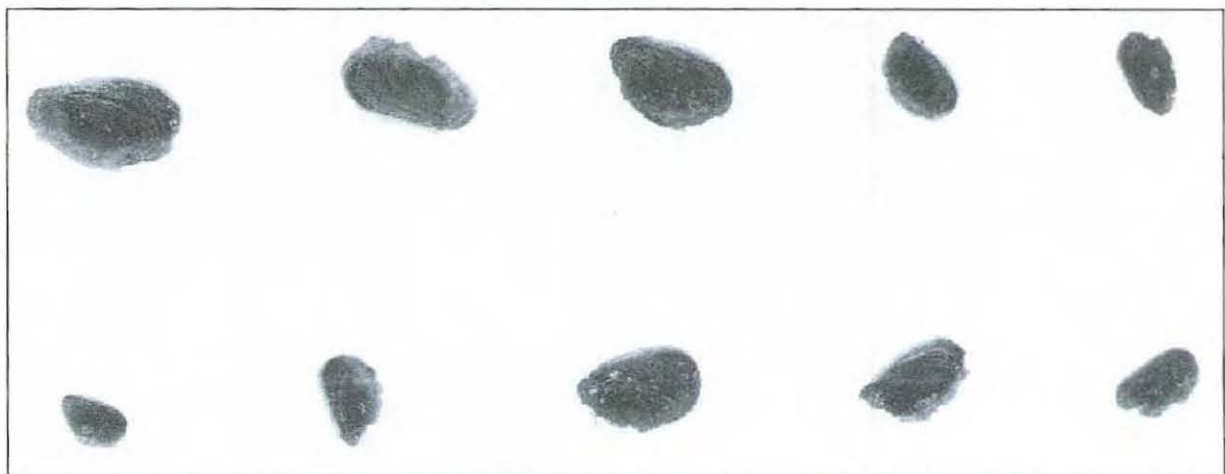


Photo 5 : Opercules scannés d'*Ocenebra erinacea*.

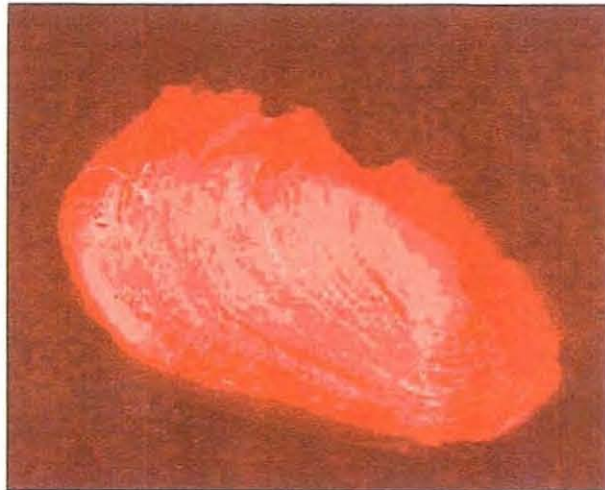


Photo 6 : Opercule d'*Ocenebra erinacea* après la première phase du traitement d'image consistant à isoler l'image selon 9 classes de couleurs.

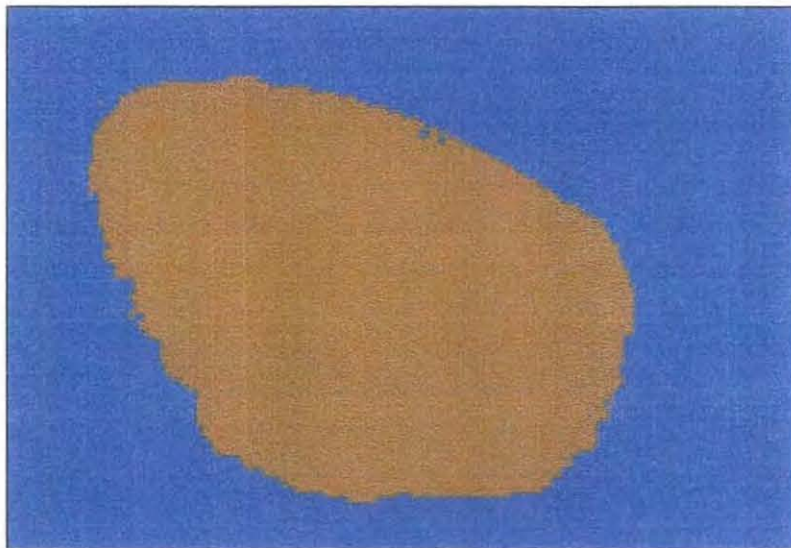


Photo 7 : Opercule d'*Ocenebra erinacea* au stade finale du traitement d'image ne comportant plus que deux classes de couleurs.