

ETUDE COMPARATIVE DES CARACTERES BIOMETRIQUES CHEZ L'HUITRE PERLIERE *Pinctada radiata* DES ÎLES DE KERKENNAH (SUD TUNISIEN)

Abdelkarim DERBALI, O. JARBOUI et M. GHORBEL

Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM), BP 1035, 3018 Sfax, Tunisie. E-mail :
derbali09@yahoo.fr

ملخص

دراسة إختلاف المعطيات البيومترية عند فوقة *Pinctada radiata* بخليج قايس (تونس) : تهدف هذه الدراسة إلى مقارنة المعطيات المرفومترية لنوع الرخويات ذات الصدفتين *Pinctada radiata* على مستوى موقعين بجزيرة قرقنة (القرطن والجرف) بالإستناد على الطرق الإحصائية الفردية ومتعددة الأبعاد. وقد تركز هذا العمل على عدد جملي قدر بـ 2360 و 2422 فردا أخذوا على التوالي من محطتي القرطن والجرف طيلة سنة 2007. مكننا هذه الدراسة من التفريق بين المجموتين إنطلاقا من مقارنة المعدلات والخصائص المرفومترية. يرجع هذا الإختلاف ربما إلى الظروف البيئية والإيكولوجية لموقعي الدراسة.
الكلمات المفتاحية: *Pinctada radiata* ، الخاصيت المرفولوجية، جزر قرقنة، خليج قايس (تونس).

RESUME

Le présent travail porte sur l'étude des caractères biométriques de l'huître perlière *Pinctada radiata* des îles de Kerkennah pour la différenciation entre les populations des deux sites El Kraten et El Jorf à partir d'un pouvoir discriminant des caractères métriques et méristiques. Durant l'année 2007, un total de 2360 et 2422 individus ont été collectés respectivement dans les sites d'El Kraten et d'El Jorf. Les résultats des comparaisons des moyennes et des variances des caractères biométriques à l'aide du test "F" de Fisher et du test "t" de Student plaident en faveur d'une discrimination entre les deux populations. De même, les résultats des analyses multivariées (l'Analyse en Composante Principale (ACP) et l'Analyse Factorielle Discriminante (AFD)) confirment l'hétérogénéité des deux groupes. Les résultats obtenus semblent être liés aux conditions environnementales et écologiques des deux secteurs d'étude.

Mots clés : *Pinctada radiata*, caractères morphologiques, Iles Kerkennah, golfe de Gabès (Tunisie).

ABSTRACT

Comparative study of the biometric characters in the pearl oyster *Pinctada radiata* from the Gulf of Gabes (Tunisia): The variability of morphological characters and sexual maturity of the invasive pearl oyster *Pinctada radiata* were investigated within populations from Kerkennah islands using discriminant tests. During 2007, a total of 2360 and 2422 individuals were collected from sites El Kraten and El Jorf, respectively. The comparison of the averages and the variances of the biometric characters using the Fisher test "F" and the Student test "t" revealed an important inter-population morphological variability between Kerkennah Island populations. Both multidimensional methods (Principal Components Analysis (ACP) and Discriminating Factor Analysis (AFD)), highlighted the high divergence between *P. radiata* populations. This finding could be related to the environmental and ecological conditions of the two bathymetric sites.

Key words: *Pinctada radiata*, morphological characters, Kerkennah Islands, Gulf of Gabes (Tunisia).

INTRODUCTION

L'huître perlière *Pinctada radiata*, étant un mollusque bivalve, est une espèce exotique d'origine Indo-pacifique. Elle abonde les mers tempérées, tropicales et subtropicales, en raison de son caractère thermophile. *Pinctada radiata* est répandue dans la Méditerranée orientale, la Mer Rouge et l'Océan Indopacifique incluant l'Inde, la Chine, le Taiwan, la Corée, le Japon et l'Australie. Elles abondent également le golfe Arabe (Yu & Chu, 2006a et 2006b). La pintadine est cantonnée également dans l'Atlantique du Sud au Venezuela, Brésil, Columbia ainsi qu'au Mexique (Leon et al., 1987 ; Urban, 2000). *Pinctada radiata* a été signalée pour la première fois dans le Sud tunisien par Bouchon-Brandely & Berthoule en 1891 puis par Vassel en

1897. Par la suite, l'espèce se répartit différemment sur la quasi-totalité des côtes tunisiennes. Elle se rencontre de manière sporadique le long des côtes est et nord tunisiennes (Ktari-Chakroun & Azouz, 1971, Tlig-Zouari et al., 2009) ; cependant, elle connaît une prolifération exceptionnelle dans le golfe de Gabès (Derbali et al., 2011).

Pinctada radiata a suscité un grand intérêt à plus d'un titre. Bien après l'apparition de ce bivalve sur le littoral tunisien, plusieurs travaux ont été réalisés sur son écobiologie et son élevage (Tlig-Zouari, 1993 ; Soufi-Kechaou, 2004 ; Irathni, 2006 ; Zouiten, 2007 ; Dkhili, 2008 ; Derbali et al. 2009b ; Derbali, 2011). D'autres se sont intéressés à l'étude de son stock et la répartition spatiale de son abondance dans le golfe de Gabès (Derbali et al. 2009a ; Derbali, 2011 ; Derbali et al. 2011).

D'une manière générale, l'étude biométrique en croissance relative a pour objectif d'établir des relations sous forme d'équations mathématiques entre les différents paramètres linéaires et pondéraux d'une espèce donnée. Cette étude nous permettra d'avoir une idée sur la croissance relative des diverses proportions du corps et les changements qui peuvent affecter l'animal au cours de son développement. En effet, il est admis généralement que les variables morphologiques des individus peuvent traduire ou correspondre à certaines variations biologiques. Ces variations morphologiques et biologiques sont induites, totalement ou partiellement, par les conditions du milieu comme cela a été démontré entre autres chez les poissons. En Tunisie, l'étude biométrique a suscité l'intérêt de plusieurs auteurs (Zaouali, 1978 ; Tlig-Zouari, 1993 ; Soufi-Kechaou, 2004 ; Chéour, 2004 ; Irathni, 2006, Zouiten, 2007, Dkhili, 2008 ; Tlig-Zouari et al., 2010 et Bellaaj-Zouari et al., 2011). L'étude de l'hétérogénéité des populations pourrait être suffisante pour motiver en Tunisie les chercheurs à approfondir les études des paramètres biologiques. En effet, les variables morphologiques des individus peuvent traduire ou correspondre à certaines variations biologiques. Dans le présent travail, nous proposons d'étudier ces paramètres pour la différenciation entre les populations étudiées de *P. radiata* dans le Sud du pays à partir d'un pouvoir discriminant d'un certain

nombre de caractères biométriques et méristiques. Ces données sont essentielles pour comprendre la répartition de cette espèce et pour définir l'impact des conditions environnementales agissant sur son installation.

MATERIEL ET METHODES

Les échantillons de *Pinctada radiata* ont été collectés mensuellement durant une année (2007) dans les deux sites El Kraten et El Jorf (Nord et Sud Kerkennah) (Fig. 1). Dans le premier site, l'ensemble des prélèvements ont été faits par plongée à bord d'une petite embarcation. Dans le site d'El Jorf, la collecte des échantillons a été faite à pied en période de basse marée (entre 11h et 14h) et à une profondeur d'eau ne dépassant pas 1 m. Après le travail du terrain, les échantillons issus des deux sites ont été transférés au laboratoire, où les mensurations et les dissections ont été réalisées. Pour chaque individu, nous avons relevé la largeur (L), la hauteur (H), l'épaisseur (E), la longueur et la profondeur de charnière (Lchar ; Pchar) à l'aide d'un pied à coulisse électronique à 0,01 mm près. De même, nous avons déterminé la masse totale fraîche (M), la masse de chair fraîche (Mchf), la masse de chair sec (Mchs) et la masse de la coquille sèche (Mcoq) ou moyen d'une balance de précision 0,01 g.



Figure 1 : Zones de prélèvement des échantillons de l'huître perlière *Pinctada radiata* dans le golfe de Gabès.

1. Caractères métriques

Pour étudier la croissance relative de deux organes, plusieurs modèles ont été proposés mais la majorité d'entre eux peuvent être ramenés à la loi d'allométrie simple de la forme $y = a x^b$ (Le Cren, 1951), où y est la variable dépendante, dimension ou poids du corps étudié, x est la variable indépendante représentant la longueur de référence, a est une constante et b est le coefficient d'allométrie. Après une transformation logarithmique, l'équation de la loi d'allométrie s'écrit :

$$\text{Log } y = \text{Log } a + b \text{ Log } x$$

Afin de déterminer la nature d'allométrie, nous avons comparé la valeur observée de la pente (b) à la valeur théorique 1 (s'il s'agit de relations allométriques liant deux paramètres linéaires), ou 3 (s'il s'agit d'une mesure linéaire et d'une mesure pondérale) à l'aide du test t de Student (à 5% comme seuil d'erreur).

$$t = \frac{|b-1|}{s(b)} \quad \text{ou} \quad t = \frac{|b-3|}{s(b)},$$

$$s(b) = \sqrt{\frac{sy^2(1-r^2)}{sx^2(n-2)}}$$

Avec s représente l'Ecart-type, s_y^2 la variance de y ou dispersion de y après transformation logarithmique, s_x^2 la variance de x ou dispersion de x après transformation logarithmique, r le coefficient de corrélation et $n-2$ le degré de liberté. Lorsqu'on utilise les mensurations linéaires de l'espèce, trois cas peuvent se présenter. Quand $b = 1$, la croissance est isométrique. Si $b < 1$, la croissance est minorante. Si $b > 1$, la croissance est majorante.

S'agissant de la croissance relative de la masse par rapport à une mesure de la longueur, il a été démontré que le poids augmente en général proportionnellement au cube de la longueur. Pour la relation pondérale, trois cas peuvent se présenter. Quand $b = 3$, la croissance est isométrique. Si $b < 3$: la croissance est minorante. Si $b > 3$, la croissance est majorante. Dans le cas d'isométrie, les proportions du corps croissent de la même façon. Cependant, dans les deux derniers cas, la croissance d'un paramètre est proportionnellement inférieure ou supérieure à la croissance du caractère de référence.

2. Analyse univariée

Ce type d'analyse permet de tester, en se basant sur une seule variable, l'homogénéité ou l'hétérogénéité de plusieurs échantillons. Dans le présent travail, l'étude repose sur l'analyse de la variance à l'aide du test F de Fisher et sur la comparaison des moyennes par le test t de Student avec un degré de confiance de l'ordre de 95%.

3. Analyse multivariée

Actuellement, l'analyse statistique multivariée est un outil incontournable pour étudier des données provenant de nombreuses observations faites sur

plusieurs variables. Elle a pour but de résumer l'information continue dans les données sur un nombre réduit de dimensions reflétant au mieux les proximités entre observations et/ou entre variables. Pour effectuer cette analyse, nous avons eu recours à l'Analyse en Composante Principale (ACP) et l'Analyse Factorielle Discriminante (AFD).

3.1 Analyse en Composante Principale (ACP)

L'Analyse en Composante Principale (ACP) est une méthode appropriée aux données multidimensionnelles, lorsque toutes les variables observées sont de type numérique, de préférence dans les mêmes unités et que l'on veut voir s'il y a des liens entre ces variables. Cette technique s'avère donc une technique mathématique permettant de réduire un système complexe de corrélation en un plus petit nombre de dimensions. L'ACP est donc une méthode de réduction du nombre de caractères permettant des représentations géométriques des individus et des caractères. Elle construit de nouvelles variables artificielles et des représentations graphiques permettant de visualiser des relations entre variables ainsi que l'existence éventuelle de groupes d'individus et de groupes de variables.

Les corrélations sont synthétisées dans un cercle imaginaire à deux axes ou plus. Chaque axe représente une composante principale. Nous regardons la position des variables par rapport à cet axe. Si les variables sont proches de la direction positive de l'axe alors elles sont corrélées, par contre si elles sont proches de la direction négative de l'axe alors elles sont anti-corrélées. Pour comparer des points entre eux, on ne le fera que s'ils sont proches de la circonférence du cercle.

3.2 Analyse Factorielle Discriminante (AFD)

Couvrant un aspect explicatif et prédictif, l'Analyse Factorielle Discriminante (AFD) consiste à déterminer les caractères discriminants d'une population répartie en groupes mais aussi à affecter des individus dans les groupes correspondants. Ainsi, au delà de la description des oppositions entre groupes, l'analyse discriminante vise à construire un outil à la décision qui permet d'affecter à une des catégories toute observation nouvelle caractérisée par ses descripteurs mais dont on ignore le groupe d'appartenance. Il s'agit donc, grâce à l'outil statistique construit, de prévoir l'appartenance à un des groupes (Bardos, 2001).

L'analyse discriminante linéaire part de la connaissance de la partition en classes des individus d'une population et cherche les combinaisons linéaires des variables décrivant les individus qui conduisent à la meilleure discrimination entre les classes. Parmi les tests adoptés pour ce type d'analyse, le test de sphéricité de Bartlett est construit pour déterminer la dimension de l'espace latent. Ce test teste l'hypothèse nulle d'absence de corrélation significative entre les variables. Il permet de

déterminer si les composantes hors de la diagonale de la matrice sont différentes de zéro ou s'il y a une relation entre les différentes variables prises en considération.

Une manière de déterminer quelles sont les variables qui discriminent entre les différents types de groupes est de construire un index (appelé encore score dans les études relatives aux sciences économiques). Cet index peut s'écrire sous la forme suivante :

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_0$$

Où a_0 est une constante ;

a_1, a_2, a_3, a_4 et a_5 sont des coefficients qui indiquent le poids des variables ;

x_1, x_2, x_3, x_4 et x_5 sont les variables indépendantes ;

et y : est la variable dépendante exprimant l'appartenance d'une observation à un groupe.

La sélection des variables explicatives est basée sur une estimation de leur pouvoir discriminant. Deux critères peuvent être envisagés qui sont le lambda de Wilks (λ) et la statistique (F). L'application du test F de Fisher sur les coefficients permet d'identifier les variables discriminantes. C'est ainsi que deux cas se présentent pour chaque variable

$F_{\text{théorique}} > F_{\text{calculé}}$: la variable en question ne peut pas exprimer l'appartenance à un groupe bien défini.

$F_{\text{théorique}} < F_{\text{calculé}}$: la variable est dotée d'un fort pouvoir discriminant pouvant orienter une observation vers un groupe bien déterminé.

La valeur de lambda de Wilks est calculée sur l'ensemble des variables explicatives qui compose la fonction discriminante, varie entre 0 (pouvoir discriminant absolu) et 1 (pouvoir discriminant nul). En effet, les faibles valeurs indiquent de fortes différences entre les groupes et de fortes valeurs indiquent des différences faibles entre les groupes (Desbois, 2004). Le lambda de Wilks est une fonction inverse de la statistique F soit :

$$\lambda = \frac{1}{[1 + F / (n - 2)]}$$

Avant d'interpréter la fonction discriminante et dans une approche rigoureuse, nous devons tester l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes des groupes pour les variables introduites dans le modèle. Ceci passe par l'application d'un test χ^2 à la valeur du lambda de Wilks du modèle. Le test M de Box de sa part, teste une hypothèse nulle de matrices de covariances à égales populations. Ces deux tests sont fondamentaux pour l'exécution ultérieure de l'analyse discriminante. Le recours à l'application des fonctions discriminantes canoniques nous permet de déterminer les coefficients de la fonction de l'analyse discriminante. L'estimation de l'index moyen de

chaque groupe fournira une bonne appuie pour la détermination des barycentres des groupes.

La classification des observations dans les groupes correspondants est une étape ultérieure. Le pourcentage d'affectation correcte par rapport au nombre total d'observations est un indicateur global. Pour que le modèle présente un intérêt, il faut que le pourcentage des individus bien classés soit suffisamment élevé. Dans une approche prédictive, nous pouvons affecter une nouvelle observation dans le groupe correspondant, ceci passe en premier lieu, par le calcul de son index y . L'affectation de cette observation est fonction de la distance qui la sépare du barycentre de chaque groupe. Ainsi, elle sera attribuée dans le groupe ayant la plus faible distance de son index. L'analyse statistique est réalisée par le logiciel Excel Stat version 6.0.

RESULTATS

1. Caractères métriques

Les échantillons de *Pinctada radiata* ayant servi à cette étude sont collectés dans deux sites (El Kraten et El Jorf). Dans le premier site, le nombre total des échantillons est de 2360 individus de largeurs variant de 7,8 à 101 mm et de poids totaux allant de 0,1 à 121,5 g. Dans le deuxième site, les échantillons sont de l'ordre de 2422 individus de largeurs comprises entre 6,2 et 95 mm et des masses totales totaux entre 0,1 et 86 g.

Les résultats des analyses biométriques ont montré que les valeurs du coefficient de détermination R^2 varient de 0,91 à 0,99 à El Kraten et de 0,87 à 0,98 à El Jorf. Ces valeurs montrent l'étroite relation existante dans les relations liant les différents caractères à la largeur. Pour les relations linéaires, la valeur de la pente b est comprise entre 0,67 et 1,16 dans la première région et de 0,66 à 1,15 dans la deuxième. Alors que, pour la relation pondérale liant la masse à la largeur, la valeur de b est 2,8 dans les deux régions. Nous pouvons constater qu'il y a une allométrie majorante pour toutes les relations, à l'exception des relations H/L, Lchar/L et P/L. Les équations décrivant la relation entre les variables linéaires et pondérales de chaque groupe, le coefficient de corrélation, le test de signification ainsi que la nature des relations sont consignés dans le tableau I.

2. Analyse univariée

La comparaison des moyennes des rapports morphométriques (H/L, Lchar/L, Mchar/L, P/L) prises deux à deux des échantillons de deux sites ont permis de montrer des différences significatives entre les deux groupes ($P_F < 0,05$ et $P_t < 0,05$) (Tab. II). En effet, ces valeurs de significations, inférieures au seuil de 0,05, plaident en faveur l'indépendance phénotypique des deux groupes d'échantillons. Donc, à l'issue de cette analyse et suite aux analyses

Tableau I : Relations liant les caractères linéaires (H : hauteur, E : épaisseur, Lchar : longueur de charnière, Pchar : profondeur de charnière) et pondéraux à la largeur de référence (L) de *Pinctada radiata* des deux sites El Kraten et El Jorf ($p < 0,05$)

	Rapports morphométriques	Equation	R ²	Test d'allométrie	Nature de la relation
Kraten	H/L	$H = 1,1696 L^{0,9724}$	0,9682	7,58	minorante
	E /L	$E = 0,1984 L^{1,1461}$	0,9124	19,93	majorante
	Lchar/L	$Lchar = 3,2015 L^{0,6685}$	0,9095	76,34	minorante
	Pchar/L	$Pchar = 0,0396 L^{1,0031}$	0,9991	5,00	majorante
	M/L	$M = 0,0003 L^{2,807}$	0,9564	145,66	minorante
Jorf	H/L	$H = 1,2495 L^{0,9488}$	0,9519	11,80	minorante
	E/L	$E = 0,2222 L^{1,1219}$	0,8743	14,10	majorante
	Lchar/L	$Lchr = 3,2991 L^{0,6591}$	0,8653	64,48	minorante
	Pchar/L	$Pchar = 0,0292 L^{1,0414}$	0,9851	15,92	majorante
	M/L	$M = 0,0003 L^{2,8077}$	0,9353	120,42	minorante

Tableau II : Analyse des variances des rapports morphométriques de *Pinctada radiata* des deux sites El Kraten et El Jorf (N : effectif, M : moyenne, Var : variance, F : test de Fisher, t : test de Student, NS : non significatif, S : significatif pour $p < 0,05$)

Rapports morphométriques	Sites	N	M	Var	F	t	Signification
H/L	El Kraten	2360	1,051	$5 \cdot 10^{-3}$	122,52	11,07	S
	El Jorf	2422	1,030	$4 \cdot 10^{-3}$			
E/L	El Kraten	2360	0,356	$2 \cdot 10^{-3}$	0,12	0,34	NS
	El Jorf	2422	0,356	$2 \cdot 10^{-3}$			
Lchar/L	El Kraten	2360	0,865	$23 \cdot 10^{-3}$	111,40	10,52	S
	El Jorf	2422	0,907	$14 \cdot 10^{-3}$			
Pchar/L	El Kraten	2360	0,040	$3 \cdot 10^{-7}$	38355,31	197,59	S
	El Jorf	2422	0,034	$2 \cdot 10^{-6}$			
M/L	El Kraten	2360	0,410	$44 \cdot 10^{-3}$	448,19	21,05	S
	El Jorf	2422	0,302	0,017			

allométriques des caractères métriques, l'hypothèse nulle à égales populations se trouve contrariée et la possibilité de la distinction des deux groupes est à renforcer.

3. Analyse multivariée

3.1 Analyse en composante principale (ACP)

L'analyse des résultats pour les 5 variables étudiées (H/L, E/L, Lchar/L, Pchar/L, M/L) a montré que la matrice de corrélation présente des coefficients très forts : ce qui indique une évolution dépendante de ces variables. Les axes 1 et 2 absorbent respectivement 38,81% et 26,65% de la variation globale. La représentation graphique des points d'observations du plan formé par les axes 1 et 2 montre que les points sont peu entremêlés. Il y a tendance à l'isolement des

2 groupes d'individus. Il nous semble que les variables biométriques ont un pouvoir significatif dans la séparation des populations de *Pinctada radiata* des deux milieux d'études. La projection des variables initiales sur le premier plan factoriel est donnée par figure 2.

3.2 Analyse Factorielle Discriminante (AFD)

La première étape de cette analyse consiste à déterminer les caractéristiques des deux groupes d'échantillons de *P. radiata*. Le tableau III donne les statistiques des variables de chaque groupe. Il paraît que les deux lots admettent des variations importantes. Ces résultats viennent en concordance avec ceux émis précédemment par l'Analyse en Composante Principale.

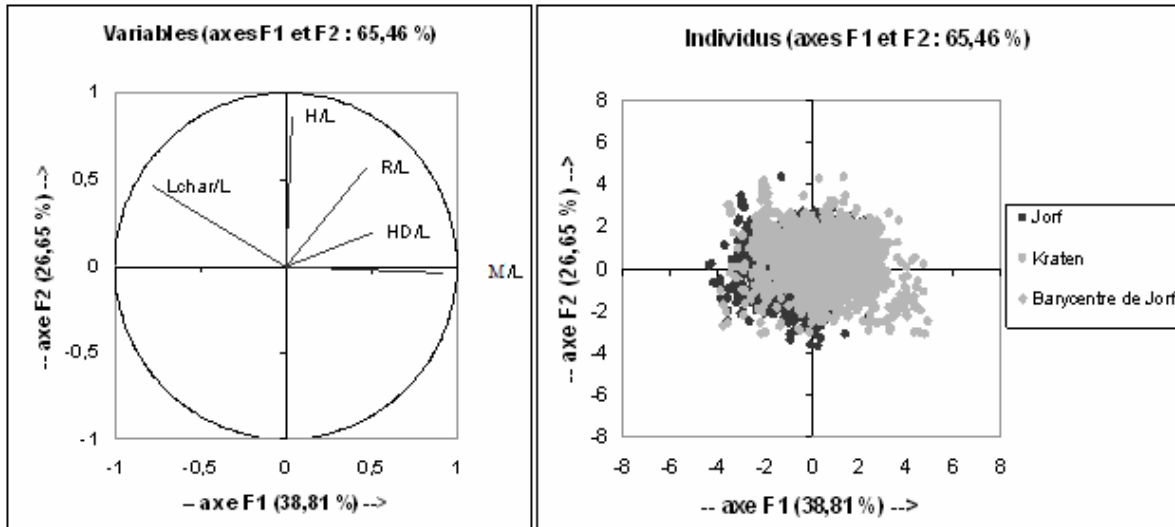


Figure 2 : Analyse en Composante Principale (ACP) appliquée aux caractères biométriques de *Pinctada radiata* des deux sites El Kraten et El Jorf (2007).

Tableau III : Statistiques de chaque groupe de *Pinctada radiata* des deux sites El Kraten et El Jorf (2007)

(L : largeur, H : hauteur, E : épaisseur, Lchar : longueur de charnière, Pchar : profondeur de charnière, M : masse totale).

Rapports morphométriques	EL Kraten		El Jorf	
	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
H/L	1,051	0,068	1,030	0,066
E/L	0,356	0,048	0,356	0,046
Lchar/L	0,865	0,152	0,907	0,117
Pchar/L	0,040	0,001	0,034	0,001
P/L	0,410	0,211	0,302	0,132

La seconde étape de cette analyse est l'identification des variables discriminantes. Le tableau IV récapitule le test de Fisher ainsi que le p-valeur unilatérale appliqué sur la base des variables testées.

La troisième statistique élaborée est celle du test de sphéricité de Bartlett. Elle teste l'hypothèse nulle d'absence de corrélation significative entre les variables. Les résultats sont consignés dans le tableau V.

A l'égard de ce tableau, nous avons constaté qu'au seuil de signification $\alpha = 0,05$, nous pouvons rejeter l'hypothèse nulle d'absence de corrélation significative entre les variables. Autrement dit, la corrélation entre les variables est significative. De plus, afin de s'assurer de l'indépendance des deux groupes, un test a été appliqué sur la valeur lambda de Wilks de la fonction discriminante. Les résultats afférents figurent dans le tableau VI.

La valeur de $F_{calculée}$ est très hautement significative vu qu'elle est supérieure à la valeur théorique ($F_{théorique} = 2,248$) et la valeur de signification est inférieure au seuil de 0,001. D'après ce test, l'hypothèse nulle des matrices de covariance à égales populations se trouve contrariée et les deux populations que nous avons testées sont distinctes. Les fonctions discriminantes canoniques nous

permettent d'estimer l'index y moyen des deux groupes. Pour cela, nous avons eu recours aux fonctions discriminantes canoniques. Les coefficients correspondants sont donnés par le tableau VII.

Nous obtenons ainsi, l'équation finale suivante :
 $y = 0,785 H/L - 2,985 E/L + 0,428 Lchar/L + 986,924 Pchar/L + 0,122 M/L - 36,813$

Nous donnons dans ce qui suit l'index y moyen de chaque groupe. Les coefficients des équations sont donnés par le tableau VIII.

Nous obtenons ainsi, les deux équations suivantes :
 $y_j = 180,644 H_j/L_j + 1,583 E_j/L_j + 64,076 Lchar_j/L_j + 33210,614 Pchar_j/L_j + 9,843 M_j/L_j - 693,486$

$y_k = 185,135 H_k/L_k - 15,506 E_k/L_k + 66,525 Lchar_k/L_k + 38860,499 Pchar_k/L_k + 10,540 M_k/L_k - 904,468$

En se basant sur la distance des points observations par rapport aux barycentres ($\hat{y}_m = 2,899$ et $\hat{y}_e = -2,825$), le classement des observations dans les groupes correspondants permet de donner des renseignements sur la fiabilité du modèle établi. Dans la présente étude, 99,35% des observations originales sont classées correctement (Tab. IX).

Tableau IV : F de Fisher et p-valeur correspondantes associées aux carrés des distances de Mahalanobis entre les groupes de *Pinctada radiata* des deux sites El Kraten et El Jorf (2007).

F	El Jorf	El Kraten	P	El Jorf	El Kraten
Jorf	0	7828,063	Jorf	1	< 0,0001
Kraten	7828,063	0	Kraten	< 0,0001	1

Tableau V : Test de corrélation entre les variables des deux groupes de *Pinctada radiata* des sites El Kraten et El Jorf (2007).

Khi ² (valeur observée)	5446,397
Khi ² (valeur critique)	18,307
ddl	10
p-value unilatérale	< 0,0001

Tableau VI : Valeur du lambda de Wilks associée à la fonction discriminante appliquée entre les groupes de *Pinctada radiata* des deux sites El Kraten et El Jorf (2007).

Lambda de Wilks	0,109
F (valeur observée)	7828,063
F (valeur critique)	2,248
ddl 1	5
ddl 2	4776
p-value unilatérale	< 0,0001

Tableau VII : Coefficients des fonctions discriminantes canoniques appliquées aux groupes de *Pinctada radiata* des deux sites El Kraten et El Jorf (2007) (L : largeur, H : hauteur, E : épaisseur, Lchar : longueur de charnière, Pchar : profondeur de charnière)

Variable	F1
Constante	-36,813
H/L	0,785
E/L	-2,985
Lchar/L	0,428
Pchar/L	986,924
M/L	0,122

Tableau VIII : Coefficients des fonctions discriminantes canoniques entre les groupes de *Pinctada radiata* des deux sites El Kraten et El Jorf (2007) (L : largeur, H : hauteur, E : épaisseur, Lchar : longueur de charnière, Pchar : profondeur de charnière)

Coefficient	El Jorf (j)	El Kraten (k)
Constante	-693,486	-904,468
H/L	180,644	185,135
E/L	1,583	-15,506
Lchar/L	64,076	66,525
Pchar/L	33210,614	38860,499
M/L	9,843	10,540

Tableau IX : Matrice de confusion appliquée entre les groupes de *Pinctada radiata* des deux sites El Kraten et El Jorf (2007).

	vers El Jorf	vers El Kraten	Somme
de El Jorf	2395	27	2422
	50,08%	0,56%	50,65%
de El Kraten	4	2356	2360
	0,08%	49,27%	49,35%
Somme	2399	2383	4782
	50,17%	49,83%	100,00%

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'étude du polymorphisme intraspécifique des caractères biométriques chez le bivalve *Pinctada radiata* a été réalisée en utilisant les méthodes de la statistique de comparaison et les méthodes d'analyse multidimensionnelle. La comparaison des moyennes et des variances des caractères biométriques à l'aide du test "F" de Fisher et du test "t" de Student, prises deux à deux des échantillons de deux sites, ont montré une hétérogénéité entre les populations de deux sites d'étude. Deux types de méthodes en statistique multidimensionnelle ont été employées : les méthodes factorielles, qui consistent à projeter le nuage de points sur un plan et les méthodes descriptives et explicatives apparentées à l'analyse en composantes principales (ACP), s'appliquant à des données quantitatives sur lesquelles est déjà définie une typologie ou partition.

L'analyse factorielle discriminante, comme en ACP, a permis de réduire le nombre de dimensions des données, en recherchant celles suivant lesquelles les classes se séparent le mieux. Les directions factorielles discriminantes successives sont déterminées, tandis que des graphiques factoriels permettent ici encore de visualiser les individus de chaque site de notre étude. Divers indicateurs et tests sont également calculés pour juger l'intérêt et la pertinence des résultats obtenus. Les résultats des analyses multidimensionnelles ont montré que l'analyse en composante principale (ACP) et l'analyse factorielle discriminante (AFD) permettent de distinguer nettement entre ces groupes d'individus de chaque espèce.

Chez *Pinctada radiata* (= *P. fucata* = *P. imbricata*), la différence des caractères morphométriques entre populations de différents sites a été largement signalée dans des études antérieures. En Australie, Hynd (1955) considère la petite huître perlière *P. fucata* comme une espèce synonyme de *P. radiata*. Ranson (1961) la considère même comme synonyme. Basé sur une étude d'électrophorèse des protéines, l'huître perlière Japonaise *P. imbricata* est la même espèce que *P. fucata* et *P. radiata* (Colgan & Ponder, 2002). En Bahrayn, Beaumont & Khamdan (1991) ont montré une différence significative des caractères morphométriques de plusieurs populations de *P. radiata*. Ces auteurs ont attribué ces différences aux conditions environnementales en particulier l'action des courants marins, l'abondance de nourriture et les facteurs physicochimiques comme la température et la salinité. Plus récemment, Tlig-Zouari et al. (2010) et Bellaaj-Zouari et al. (2011) sont parvenus à la même constatation suite à une étude comparative entre certaines populations de *P. radiata* le long des côtes tunisiennes.

En Tunisie, la formation des perles chez *P. radiata* est exceptionnelle. Quand elle a lieu, celles-ci sont

généralement de mauvaise qualité et très friables. Giard (1903) avait déjà attiré l'attention sur le fait que la forme de cette espèce invasive en Méditerranée depuis l'ouverture du canal de Suez est moins perlière que celle en Mer Rouge. Parenzan (1974) insiste sur le fait que les conditions environnementales de la Méditerranée font que les individus de cette espèce soient de plus petite taille que ceux de la Mer Rouge et ne produisent pas de perles. Ceci pourrait être lié aux adaptations morphologiques des populations tunisiennes de l'huître perlière *P. radiata* de leur lieu d'origine.

Bien que la plupart des paramètres biologiques du bivalve *P. radiata* ont été déterminés au préalable dans les travaux antérieurs dans le golfe de Gabès, le recours à cette étude morphologique et biologique a permis d'apporter des informations nouvelles sur cette espèce. La divergence des populations pourrait être expliquée donc par les propriétés physiologiques acquises par cette espèce pour bien s'adapter aux conditions environnementales de chaque milieu d'habitat. Ces différences entre les populations peuvent traduire donc une acclimatation aux conditions ambiantes de l'habitat ou une adaptation établie génétiquement au niveau des populations de la même espèce. En effet, dans un site géographique donné, chaque population acquiert des propriétés physiologiques pour une adaptation aux conditions du milieu tels que l'abondance de la nourriture, la température, la salinité ainsi que la pollution.

BIBLIOGRAPHIE

- Bardos M. 2001. Analyse discriminante : application au risque et scoring financier, 244p. Dunod. Paris.
- Beaumont A.R. & Khamdan S.A.A. 1991. Electrophoretic and morphometric characters in population differentiation of the pearl oyster, *Pinctada radiata* (Leach), from around Bahrain. *J. Mollus. Stud.* 57: 433-442.
- Bellaaj-Zouari A., Dkhili S, Gharsalli R., Derbali A. & Aloui-Bejaoui N. 2011. Shell morphology and relative growth variability of the invasive pearl oyster *Pinctada radiata* in coastal Tunisia. *J. Mar. Bio. Ass. U.K., CJO 2011* doi:10.1017/S0025315411001925.
- Bouchon-Brandely M. & Berthoule A. 1891. Les pêches maritimes en Algérie et en Tunisie. Paris : Librairies Militaire de L. Baudoin, 118 pp.
- Cheour M.K. 2004. Contribution et étude écobiologique de *Pinctada radiata* dans les îles de Kerkennah. DEA, 72p. Inst. Natn. Agr.Tunis.
- Colgan D.J. & Ponder W.F. 2002. Genetic discrimination of morphologically similar sympatric species of Pearl Oysters (Mollusca:

- Bivalvia: *Pinctada*) in eastern Australia. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 53 : 697-709.
- Derbali A. 2011. Biologie, abondance et cartographie de deux espèces de bivalves: l'huître perlière *Pinctada radiata* et la coque glauque *Cerastoderma glaucum* dans le golfe de Gabès. *Thèse de Doctorat*, 169p + annexes. Fac. Sci. Sfax (Tunisie).
- Derbali A, Jarboui O. & Ghorbel M. 2009a. Évaluation et cartographie du stock de l'huître perlière *Pinctada radiata* dans la zone estran de la région de Médenine (Tunisie). *Bull. INSTM*, NS 14 : 81-85.
- Derbali A, Jarboui O., Ghorbel M. & Dhieb K. 2009b. Reproductive Biology of the pearl oyster, *Pinctada radiata* (Mollusca: Pteriidae), in northern Kerkennah Island (Gulf of Gabes). *Cah. Biol. Mar.*, 50 : 215-222.
- Derbali A., Jarboui O. & Ghorbel M. 2011. Distribution, abundance and population structure of the pearl oyster *Pinctada radiata* (Mollusca: Bivalvia) in southern Tunisian waters (Central Mediterranean). *Cah. Biol. Mar.*, 52: 23-31.
- Desbois D. 2004. Introduction à la méthode des scores : les difficultés financières des exploitants agricoles. *MODULAD* : 72-99.
- Dkhili S. 2008. Etude comparative des caractéristiques morphologiques de la coquille et de la structure de la nacre chez différentes populations de l'huître perlière *Pinctada radiata* (Leach, 1814) du littoral tunisien. DEA, 103p. Inst. Natn. Agr. Tunis.
- Giard A. 1903. L'origine parasitaire des perles : sur la production volontaire de perles fines ou margarose artificielle. *Jour. Conchyl.*, 52 : 72-74.
- Hynd J.S. 1955. A revision of the Australian pearl-shell, genus *Pinctada* (Lamellibranchia). *Austr. J. Mar. Freshw. Research*, 6 : 98-132.
- Irathni I. 2006. Etude de l'écobiologie du Mollusque bivalve *Pinctada radiata* (Leach, 1814) sur le littoral Nord et Est de la Tunisie. DEA, 155p. Univ. Tunis.
- Ktari-Chakroun F. & Azouz A. 1971. Les fonds chalutables de la région sud-est de la Tunisie (golfe de Gabès). *Bull. Inst. Natn. Scient. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô*, 2 : 155-248.
- Le Cren E. D., 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.*, 20:201-219.
- Leon L., Cabrera T. & Troccoli L. 1987. Fijacion e indice de engorde de la ostra perla *Pinctada imbricata* Roding 1798 (Mollusca : Bivalvia) en tres bancos naturales del nororiente de Venezuela. *Contribuciones Cientificas* 12. Universidad de Oriente, Porlamar, Venezuela. 41p.
- Parenzan P. 1974. Carta d'indentità delle conchiglie del Mediterraneo. Volume secondo, prima parte. Taranto, 74p.
- Ranson G. 1961. Les espèces d'huîtres perlières du genre *Pinctada*. *Mém. Inst. Royal Sci. Nat. Belgique. 2^{ème} sér. Fasc* 67: 3-26.
- Soufi-Kechaou E. 2004. Caractérisation écobiologique de l'espèce invasive *Pinctada radiata* (Leach, 1814) au nord-est des îles Kerkennah et relations avec l'espèce endémique et protégée de Méditerranée *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758). DEA, 185p. Inst. Natn. Agr. Tunis.
- Tlig-Zouari S. 1993. Contribution à l'étude écobiologique de deux espèces de mollusques Lamellibranches *Pinctada radiata* (Leach, 1814) et *Pinna nobilis*, (Linné 1758) des Iles Kerkennah. Thèse de Doctorat, 215p. Fac. Sci. Tunis. Tunisie
- Tlig-Zouari S., Rabahoui L., Irathni I. & Ben Hassine O.K. 2009. Distribution, habitat and population densities of the invasive species *Pinctada radiata* (Mollusca: Bivalvia) along the Northern and Eastern coasts of Tunisia. *Cah. Biol. Mar.*, 50 : 131-142.
- Tlig-Zouari S., Rabaoui R., Irathni I., Diawara M. & Ben Hassine O. 2010. Comparative morphometric study of the invasive pearl oyster *Pinctada radiata* along the Tunisian coastline. *Biologia*, 65 : 294-300.
- Urban H.J. 2000. Culture potential of the pearl oyster *Pinctada imbricata* from the Caribbean. I. Gametogenic activity, growth, mortality and production of a natural population. *Aquaculture*, 189 : 361-373.
- Vassel E. 1897. La Pintadine du Golfe de Gabès. In: Association Française pour l'Avancement des Sciences. Compte-rendu de la 25^{ème} session, Carthage (à Tunis), 1896. Vol. 2: 458-466. Paris: Masson.
- Yu D.H. & Chu K.H. 2006a. Genetic variation in wild and cultured populations of the pearl oyster *Pinctada fucata* from southern China. *Aquaculture*, 258 : 220-227.
- Yu D.H. & Chu K.H. 2006b. Species identity and phylogenetic relationship of the pearl oysters in *Pinctada* (Roding, 1798) based on ITS sequence analysis. *Bioch. Systemat. Ecology*, 34 : 240-250.
- Zaouali J. 1978. Les peuplements malacologiques de la mer de Bou Ghrara. *Bull. off. Natn. Pêche. Tunisie*, 2 : 199-209.
- Zouiten A. 2007. Etude comparative de deux populations d'huître perlière *Pinctada radiata* : croissance et qualité de nacre. Mastère, 70p. Inst. Sup. Biotech. Marine.