

La variabilité morphométrique et méristique des populations de sole pole (*pegusa lascaris*) de la zone Centrale Atlantique du Maroc

[The morphometric and meristic variability of populations of sole pole (*pegusa lascaris*) of the Atlantic Central zone of Morocco]

Aziz CHAKOUR and Hassan EL OUIZGANI

Lab. Océanographie & Halieutique, Faculté des sciences, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This biometric study was made on four Moroccan populations of sand sole obtained from the main fishing ports of the Atlantic central area (Safi, Essaouira, Agadir and Ifni). A total of 252 individuals were taken from commercial captures. Seven meristics characters were counted and fourteen morphometrics parameters were measured to reveal possible geographical variations of this species. The test of Kruskal-Wallis shows a significant difference at 5 % for the four meristics values in whole sites. The morphometric treatment of variables by PCA shows a strong percentage of variance expressed by the first of three components. All the variables are correlated to the first main component, except the pre-orbital distance (LPO) and the pre-dorsal distance (LPD). The ascending linear discriminating analysis, confirms 90 % of classification of the individuals of the four stations, 9 of 14 characters morphometrics analyzed are discriminating. The morphometrics result in our Study area presents geographical variations of the population of sole pole.

KEYWORDS: Sand sole, *Pegusa lascaris*, meristics characters, morphometrics variability, population, Atlantic central zone, Morocco.

RESUME: Cette étude biométrique a été effectuée sur quatre populations Marocaines de sole pole de provenances des principaux ports de pêche de la zone Centrale Atlantique (Safi, Essaouira, Agadir, Ifni). Un total de 252 individus ont été prélevés à partir des captures commerciales. Sept caractères méristiques ont été comptés et quatorze paramètres morphométriques ont été mesurés afin de déceler d'éventuelles variations géographiques de l'espèce. Le test de Kruskal-Wallis indique une différence significative de 5% pour quatre valeurs méristique dans les quatre localités. Le traitement des variables morphométriques par ACP montre un fort pourcentage de variance expliqué par les trois premières composantes. Toutes les variables sont corrélées avec la première composante principale, sauf la distance pré-orbitale (LPO) et la distance pré-dorsale (LPD). L'analyse discriminante linéaire ascendante, confirme 90% de classification des individus des quatre stations, 9 des 14 caractères morphométriques analysés sont discriminants. Les résultats obtenus montrent que les caractères morphométriques dans la zone étudiée présentent des variations géographiques de la population de sole pole.

MOTS-CLEFS: Sole pole, *Pegusa lascaris*, caractères méristiques, variabilité morphométrique, population, La zone Centrale Atlantique, Maroc.

1 INTRODUCTION

Les soléidés occupent une place cruciale dans les captures des poissons plats débarqués par la pêche côtière et artisanale au Maroc. Sa valeur en poids a enregistré en moins d'une décennie une chute de 4107t en 2009 à 680t en 2015. (Statistique de pêche, Rapport 2009,2015, ONP).

À part l'espèce *dicologlossa cuneata* qui est représentée séparément par le nom commun «*la langue*» dans les statistiques de pêche Marocaines avec un tonnage très important (statistique de pêche, rapport 2001 à 2015, ONP), la sole pole *pegusa lascaris*, Risso 1810 est l'espèce de soléidés la plus représentée dans les débarquements de la pêche côtière et artisanale au Maroc. Elle est parmi les sept espèces de soléidés observés dans l'Océan Nord-Est Atlantique [1]. Son aire de répartition s'étend de l'Ecosse à l'Afrique du Sud et elle habite des fonds sableux et sablo-vaseux à des profondeurs de 5 à 300m [2],[3],[4].

Dans la zone Atlantique centrale la sole pole est principalement ciblée par la pêche artisanale. Dans cette zone représentée par quatre principaux ports du Maroc, la flotte artisanale est répartie comme suit : le port de SAFI avec 1180, ESSAOUIRA : 732, AGADIR : 1177 et IFNI avec 494 (les statistiques de la flottes actives MPM, Maroc, 2013).

Les principaux engins utilisés par la pêche artisanale pour capturer la sole pole est les trémails et les filets maillants.

Malgré sa valeur commerciale et son exploitation importante, les études réalisées concernant cette espèce au niveau des côtes Atlantiques Marocaines restent très restreintes. Cependant des études de taxonomie, régime alimentaire et biométrie ont été réalisées sur cet espèce dans les côtes Méditerranéennes, Espagnoles, et Portugaises [5],[6],[7],[8],[9],[10]

L'objectif de cette étude est la détermination de la variabilité morphométrique et méristique de quatre populations de sole pole issues des principaux ports de la zone Atlantique Centrale Marocaine.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 LA ZONE D'ETUDE

Vue l'étendue de son littoral (3500 Km de côtes), sa zone économique exclusive de plus de 1,1 million de Km² et la diversité de ses ressources marines, le Maroc possède un véritable potentiel de production halieutique qui fait du secteur de la pêche un élément essentiel dans l'économie marocaine.

Les eaux marines de la cote centre Atlantique marocain sont essentiellement caractérisés par deux phénomènes hydrologiques. D'une part l'existence d'une forte activité bénéfique du courant des Canaries. Ce dernier est engendré par le tourbillon anticyclonique des eaux nord atlantique dans la direction sud-ouest, avec une vitesse moyenne de 0,4 à 0,6 nœuds [11]. D'autre part, le courant Upwelling dont l'activité se manifeste principalement en été au niveau de la zone étudiée [12].

La zone d'étude située dans le Centre Atlantique Marocain entre 28°26' et 32°17' est caractérisée par un plateau continental qui varie d'un endroit à l'autre, sa largeur est de 15 à 25 milles avec une profondeur qui peut atteindre les 200 m [13]. La nature de fond du plateau continental selon [14], est subdivisée en zones sablonneuses, zones à coquillages fins, zones à sédiments fins, zones vaseuses et zones rocheuses près des caps.

La zone Centre Atlantique Marocain est représentée par les principaux ports du Maroc (Safi, Essaouira, Agadir et Ifni) (figure 1) est fondamentalement ciblée par la pêche côtière au Maroc.

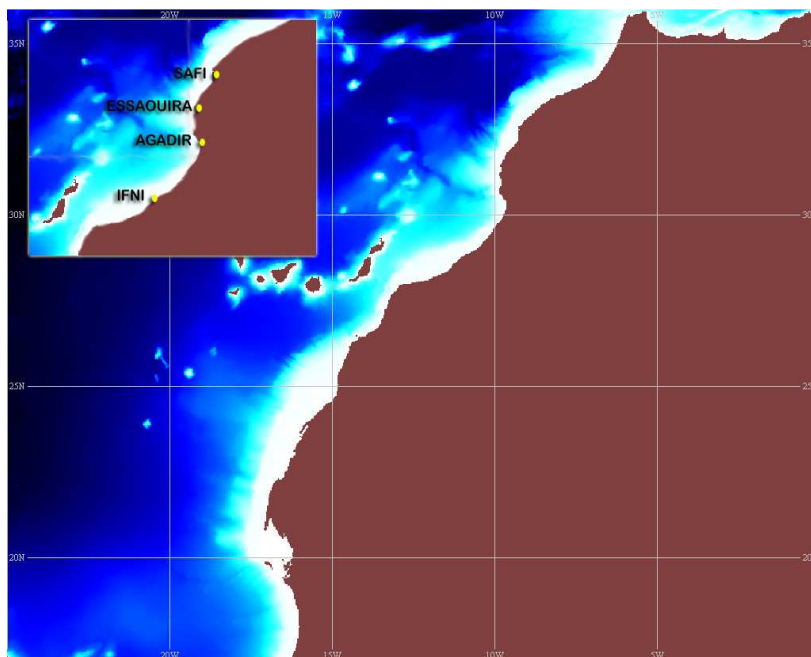


Fig.1. Carte des stations d'échantillonnages (port de Safi, port d'Essaouira, port d'Agadir et port d'Ifni)

2.2 L'ECHANTILLONNAGE

Durant l'automne 2015, des opérations d'échantillonnage biologiques, des prises commerciales des barques artisanales sont menées dans les quatre stations à savoir le port de Safi, le port d'Essaouira, le port d'Agadir et le port d'Ifni. Un total de 252 individus de poisson sole pole, avec des tailles comprises entre 18 et 30 cm, ont été prélevés à partir des pêches commerciales (figure2). Dans cette pêche les engins utilisés sont les filets maillants et les trémails de 200m de longueur et de 2.5m de largeur en moyenne pour pêcher ce poisson.

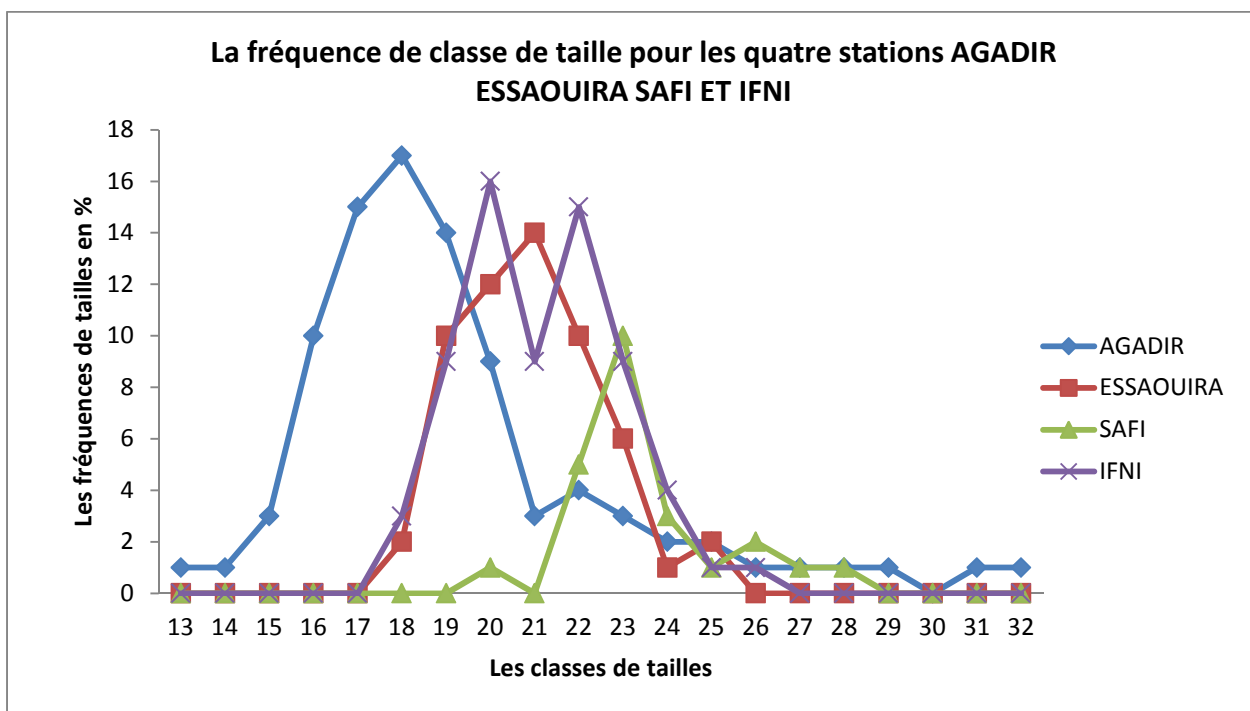


Fig.2. La distribution des fréquences des tailles pour les échantillons des quatre stations (Agadir, Essaouira, Safi et Ifni).

2.3 L'ANALYSE MORPHOLOGIQUE

2.3.1 ETUDE MERISTIQUE

Pour 252 individus de sole pole le comptage des rayons de chaque nageoire a été réalisé aussitôt après l'échantillonnage. En effet les comptages méristiques réalisés sont en nombre de sept à savoir le Nombre des rayons de la nageoire anale (**N.R.ANA**), Nombre des rayons de la nageoire dorsale (**N.R.DOR**), Nombre des rayons de la nageoire caudale (**N.R.CAU**), Nombre des rayons de la nageoire pectorale face occulée (**N.R.PEC.FO**), Nombre des rayons de la nageoire pectorale face non occulée (**N.R.PEC.FNO**), Nombre des rayons de la nageoire pelvienne face occulée (**N.R.PEL.FO**), Nombre des rayons de la nageoire pelvienne face non occulée (**N.R.PEL.FNO**).

La révélation de l'existence de l'effet de la répartition géographique sur les caractéristiques méristiques est examinée à travers le test de Kruskal-Wallis.

2.3.2 MORPHOMETRIE

Toutes les mensurations métriques ont été réalisées dans les mêmes conditions de lecture à 1 mm près. Pour 168 individus de la sole pole nous avons réalisé 14 mensurations morphométriques à savoir: La longueur totale (**LTOT**), la longueur standard (**LSTD**), la longueur céphalique (**LCEPH**), la longueur dorsale (**LDOR**), la longueur anale (**LANA**), la longueur pectorale (**LPEC**), la hauteur maximale (**HMAX**), la hauteur minimale (**HMIN**), Diamètre orbitale (**DIAO**), la longueur pré-anale (**LPAN**), la longueur pré-dorsale (**LPDO**), la longueur pré-pectorale (**LPPEC**), la longueur pré-pelvienne (**LPPELV**), la longueur pré-orbitale (**LPOR**).

Seule la longueur Totale a été mesurée à l'aide d'un ichtyomètre, les autres mensurations ont été prises par l'intermédiaire du traitement de l'image de chaque individu par le logiciel image j 1.50b [15][16].

Afin de justifier la corrélation entre les caractères morphométriques et la longueur totale, nous avons exprimé chaque caractère en fonction de LT. Le coefficient de corrélation, r^2 , est évalué pour chaque paire de variable pour mesurer la force de la constante de corrélation selon la méthode de Pearson.

L'ACP est utilisé pour déterminer l'existence des différences significatives des caractères morphométriques dans les différentes stations. L'analyse discriminante linéaire a été réalisée pour les variables morphométriques dans le but d'individualiser les caractères qui séparent les quatre populations.

L'analyse de nos données a été réalisée par le logiciel R [17].

Le traitement par le R est fait à travers les principaux packages (ade4, MASS, KLaR) [18],[19],[20].

3 RESULTAT

3.1 ETUDE MERISTIQUE

L'analyse des principales caractéristiques statistiques des échantillons des quatre stations révèle une similarité des médianes de tous les caractères méristiques sauf pour les rayons dorsaux et anaux par rapport aux quatre stations. On observe aussi que les valeurs max et min pour la station d'Ifni sont plus extrêmes par rapport aux autres stations.

En effet le test de Kruskal-walis à un seuil de 5% montre qu'il n'existe pas une différence significative par rapport aux quatre stations pour le nombre des rayons de la nageoire anale, dorsale et pectorale face non occulée, par contre pour le nombre des rayons de la nageoire caudale, pectorale face occulée, pelvienne face occulée et non occulée, le test montre qu'il existe une différence significative par rapport aux quatre stations (Tableau1).

Tableau 1 : Test de Kruskal Wallis des caractères méristiques pour les quatre stations (Agadir, Essaouira, Safi, Ifni), $P=0.05$, $ddl=3$

Comptages méristiques	Khi-2	L'hypothèse
N.R.ANA	6.664	H0
N.R.DOR	3.878	H0
N.R.CAU	108.37	H1
N.R.PEC.FO	8.317	H1
N.R.PEC.FNO	2.751	H0
N.R.PEL.FO	49.758	H1
N.R.PEL.FNO	9.774	H1

3.2 MORPHOMETRIE

La matrice de corrélation de Pearson montre une forte corrélation de la longueur totale par rapport aux autres variables métrique, sauf pour la longueur pré-dorsale et le diamètre-orbital avec des valeurs de 0,0527 et 0,461 respectivement (Tableau 2).

Tableau 2 : Résultat de la corrélation de Pearson de la longueur totale par rapport aux caractères morphométrique.

Les caractères morphométriques	Corrélation de Pearson
LTOT	1.000
LSTD	0.994
LCEPH	0.919
LDOR	0.993
LANA	0.985
LPEC	0.777
HMAX	0.967
HMIN	0.923
DIAO	0.461
LPAN	0.693
LPDO	0.0527
LPPEC	0.893
LPPELV	0.697
LPOR	0.714

L'analyse en composante principale exprime un pourcentage de variance par rapport à la première composante, et elle est de l'ordre de 72,25%. En effet toutes ces variables expriment une forte corrélation positive par rapport à la première composante sauf pour la longueur pré-dorsale et le diamètre-orbital avec des valeurs de 0,027 et 0,512 respectivement (figure 3).

La première composante est la moyenne des mensurations métriques de la sole pour les quatre localités. En effet la première composante peut être représentée selon l'équation suivante :

$$PC1 = LTOT(0.98) + LSTD(0.97) + LCEPH(0.96) + LDOR(0.97) + LANA(0.95) + LPEC(0.79) + HMAX(0.96) + HMIN(0.93) + DIAO(0.52) + LPAN(0.79) + LPDO(0.03) + LPPEC(0.95) + LPPELV(0.80) + LPOR(0,80)$$

L'analyse discriminante linéaire nous a permis de dégager 12% de taux erreur associé, soit 20 individus mal classés sur 168 traités (Tableau 3). En effet elle fournit 88% des classifications issues de l'ACP.

Le reclassement fournit par l'analyse discriminante linéaire ascendante pas à pas, confirme 90% de classification des individus des quatre stations, dans ce reclassement les variables prise en compte sont : (LPDO + HMIN + DIAO + HMAX + LPPEC + LPEC + LTOT + LSTD + LDOR).

La figure5 représente la distribution des variables discriminantes par population dont la structure montre une individualisation des populations par rapport à celle donnée par L' ACP (figure4). L'ellipse qui représente la population d'Agadir, en fonction du premier axe, se distingue nettement des autres populations. Les trois populations restant se chevauche, et en peut les individualiser par rapport au deuxième axe

Les deux premiers axes discriminants du reclassement présentent respectivement des valeurs de LD1 : 0.79, LD2 : 0,15. Et en effet l'équation du premier axe discriminant peut s'écrire comme suite :

$$LD1 = -1.49(LPDO) + 0.57(HMIN) - 0.37(DIAO) - 0.03(HMAX) + 0.15(LPPEC) + 0,08(LPEC) - 0.19(LTOT) + 0.07(LSTD) + 0.13(LDOR)$$

Tableau 3 : Matrice de classification de la sole pole dans les quatre populations.

	%Correct	AGADIR 0.274	ESSAOUIRA 0.274	IFNI 0.262	SAFI 0.19	TOTAL
AGADIR	91	42	04	00	00	46
ESSAOUIRA	91	00	42	01	03	46
IFNI	86	00	03	38	03	44
SAFI	81	00	03	03	26	32
TOTALE	88	42	52	42	32	168

ACP des variables morphométrique

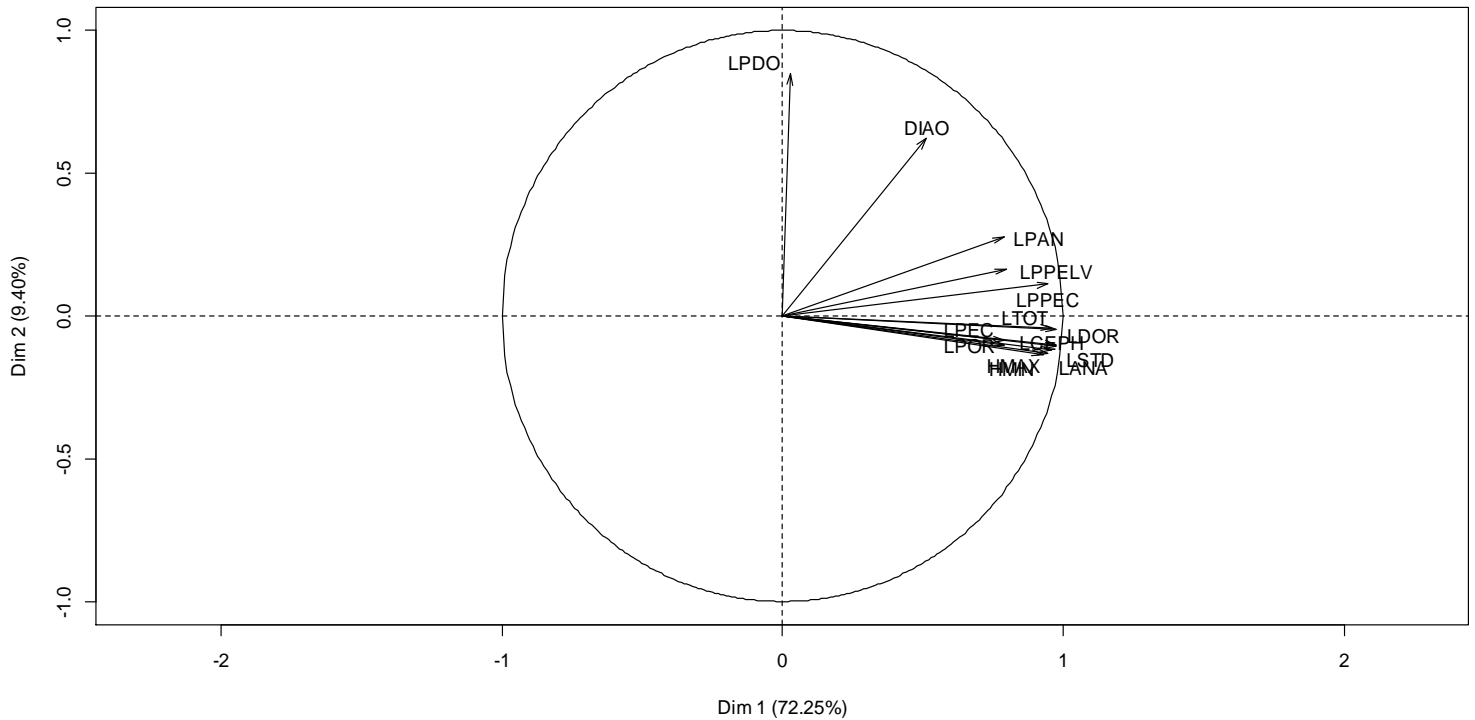


Fig.3. L'analyse en composante principale des variables morphométrique pour les quatre localités (AGADIR, SAFI, ESSAOUIRA, IFNI)

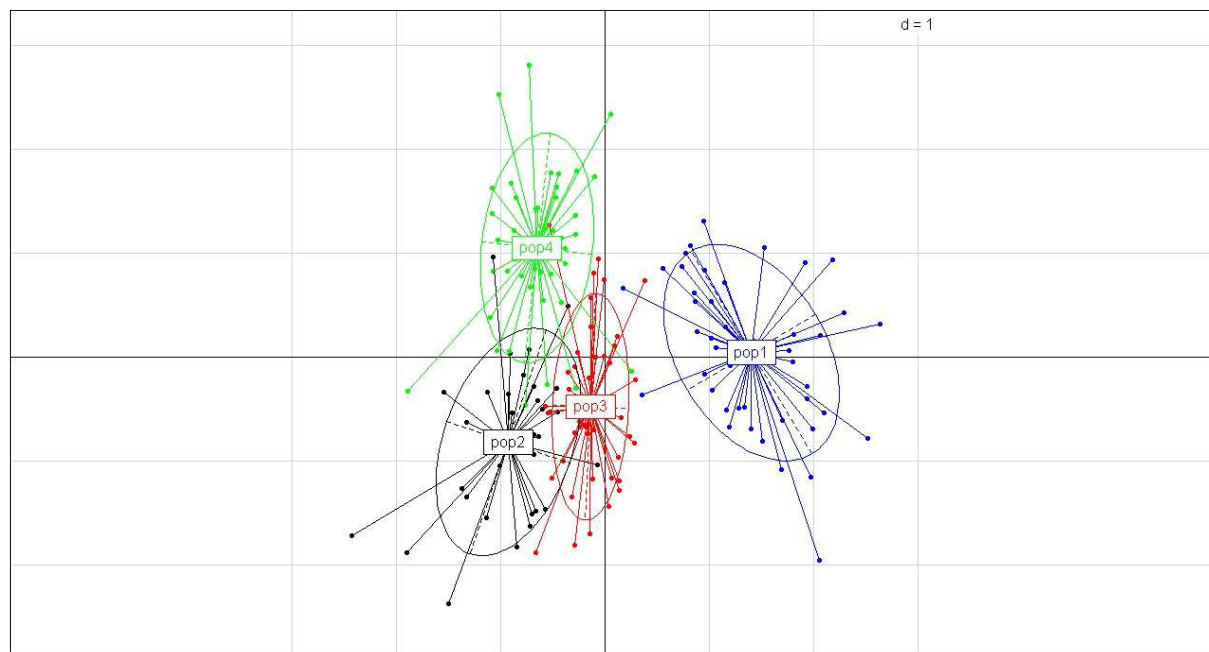


Fig.4. L'analyse en composante principale des variables morphométrique pour les quatre localités (AGADIR, SAFI, ESSAOUIRA, IFNI)

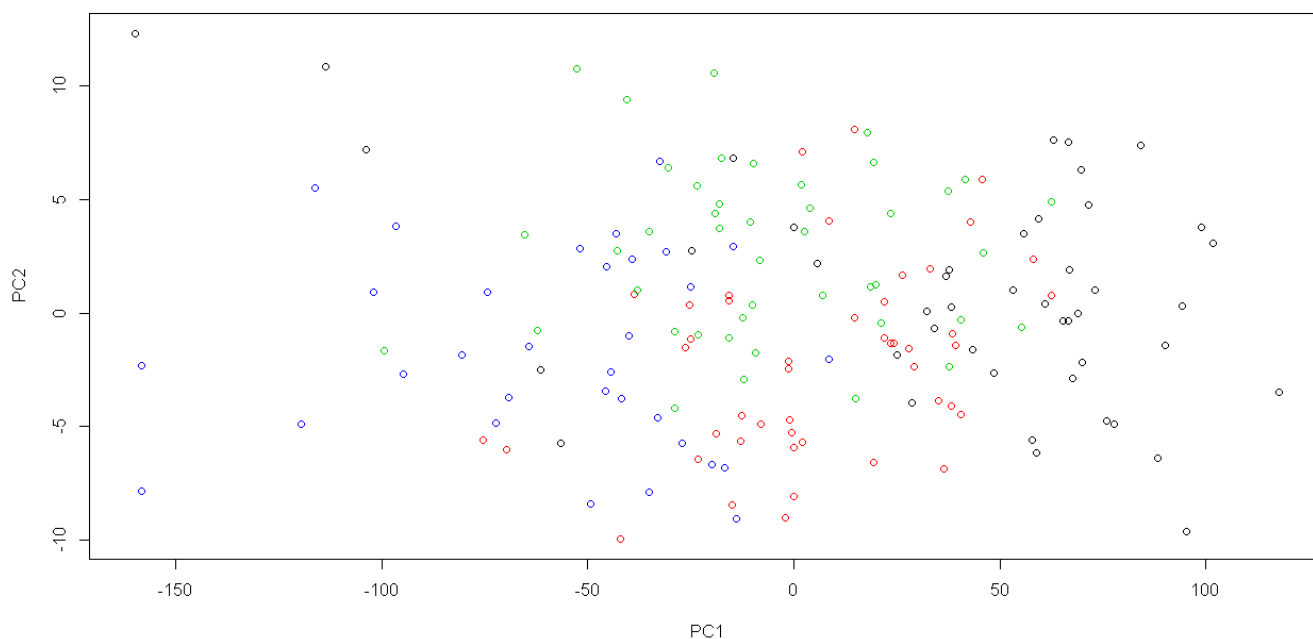


Fig.5. Analyse discriminante linéaire des caractères morphométrie pour les quatre stations (Safi, Essaouira, Agadir et Ifni) de la zone Centrale Atlantique Marocain. (pop1=Agadir, pop2=Safi, pop3=Essaouira, pop4= Ifni).

4 DISCUSSION

L'étude de la morphologie dont le but de déterminer les différences inter et intra spécifiques est depuis longtemps utilisée par les biologistes, cette méthode est utilisée afin de déceler les sous-populations de poissons plats [5],[6],[7],[8],[21] la plus part des auteurs complètent les études de la morphométrie avec d'autres aspects tel que les études moléculaires, génétiques et de parasitologie afin de déterminer les sous population et mieux définir les stocks.

La sole pole présente une grande variabilité morphologique intra spécifique dans différentes localités géographiques [5],[9]. Cette variabilité morphologique ainsi observé dans la zone Centre Atlantique Marocain est clairement visible à l'intérieur d'une même population cela est peut-être dû aux facteurs environnementaux tel que la température, la salinité, et la période de ponte. Ces facteurs influencent les caractères morphologiques de l'espèce, surtout durant ses stades juvéniles [22], [23], [24].

L'analyse de l'étude méristique montre qu'il existe généralement une différence significative entre les quatre stations à un seuil de 5%. Selon les études réalisées par [5],[6],[8] les caractères méristique présente une grande variabilité d'une région à l'autre, cela peut être associé à l'effet de la température qui varie d'un endroit à l'autre [26]. [28], [27] ont cité qu'il existe une relation étroite entre la distribution latitudinales des poissons et la variabilité méristique. En effet ces auteurs ont noté que le nombre des éléments méristique (rayons des nageoires par exemple) progresse en allant vers le nord. Cependant dans cette étude la distribution géographique des quatre populations présente une différenciation significative par rapport aux quatre stations avec des nombres de rayons dorsale de 78-88, rayons anale de 61-69 et rayons pectorale 8-9 dans la région d'Agadir (Tableau 4). Tandis que pour les deux régions de Safi et Essaouira, on note que le nombre des rayons sont généralement presque similaires avec le nombre de rayon anale, dorsale et pectorale sont respectivement, 59-71,76-90 et 7-9 pour Safi et 60-73,76-89 et 7-9 pour Essaouira. La population d'Ifni quand a elle est plus proche de celle de Safi et Essaouira que celle d'Agadir, avec 62-79 pour les rayons anale, 73-88 pour les rayons dorsale et 8-10 pour les rayons pectorale. Ces résultats peuvent être expliqués par l'effet du gardien latitudinale si en compare la population d'Agadir qui est au sud avec celle de Safi et Essaouira. Mais pour la population d'Ifni qui est au sud d'Agadir cette explication s'avère fausse car le nombre des éléments méristique pour la sole pole d'Ifni est plus grande par rapport à celle d'Agadir ce qui laisse la probabilité d'existence d'un milieu avec des conditions spécifique à Ifni [29]. Cette comparaison de variabilité méristique reste approximative car le test de Kruskal Wallis démontre qu'il n'existe pas une différence significative entre les quatre localités pour les trois caractères méristique (nombre de rayons dorsale, anale et pectorale face occulée) cité dans la comparaison.

Les résultats publiés pour le nombre des rayons pour la sole pole selon [8],[5],[6],[30] (Tableau 4) reste approximativement supérieur par rapport aux résultats trouvés dans cette étude pour les quatre localités. Cela peut être expliqué par l'effet du gardien latitudinale et par conséquence celui de la température qui varie significativement entre le nord et le sud. La référence [22] suggère que l'effet de la lumière sur les œufs des poissons est un facteur majeur qui influence le nombre des caractères méristiques plus que la température. Dans cette étude réalisée sur le Centre Atlantique Marocain il est probable que la température est un facteur déterminant pour isolé la population Safi-Essaouira des autres, car cette région littorale est bien caractérisée par une température froide dans la zone entre Safi et Essaouira [31].

Tableau 4 : le comptage méristique pour *pegusa lascaris* à différentes régions

L'auteur	La source	Rayons	nombre	Range
Afonso D 2002	Algarve	Anal	100	60-76
		Dorsal	100	73-92
		Pectoral	99	6-10
	Cadiz	Anal	104	62-81
		Dorsal	105	72-93
		Pectoral	105	7-9
	Porto	Anal	101	58-81
		Dorsal	100	75-92
		Pectoral	101	6-12
Gaertner D 1982	Douarnenez	Anale	147	58-74
		Dorsale	147	72-91
Marinaro, J.-Y 1988	Méditerranée	Anale	----	67-75
		Dorsale	----	83-90
Chabanaud 1929	Méditerrané	Anale	61	53-71
		Dorsale	61	65-87
	L'est de l'Atlantique	Anale	60	58-75
		Dorsale	60	75-90
NOS RESULTATS	Agadir	Anal	53	61-69
		Dorsal	53	78-88
		Pectoral F.O	53	8-9
	Essaouira	Anal	57	60-73
		Dorsal	57	76-89
		Pectoral F.O	57	7-9
	Safi	Anal	32	59-71
		Dorsal	32	76-90
		Pectoral F.O	32	7-9
	Ifni	Anal	64	62-79
		Dorsal	64	73-88
		Pectoral F.O	64	8-10

La sole pole présente une grande variabilité morphologique. Cette variabilité a été bien observée dans cette étude, soit à l'intérieur d'un échantillon, soit par rapport à différents échantillons. Le phénotype est lié aux facteurs génétiques et environnementaux. Les paramètres environnementaux influencent les caractères morphologiques surtout dans les stades précoces de développements [25]. Dans cette étude l'analyse multivariée par l'ACP montre qu'il existe une différence significative par rapport aux localités étudiée à un seuil de 5%.

L'étude de l'analyse discriminante linéaire confirme les résultats de l'ACP. On peut déduire l'existence probable de trois sous-populations qui cohabitent dans les quatre localités. La population d'Agadir, la population d'Ifni, Safi et Essaouira représente une seule population ensemble. Ces résultats s'accordent avec les résultats trouvés dans l'étude méristique.

Les caractères discriminants pour la population d'Agadir sont principalement la LPDO et le DIAO qui séparent significativement (0.01) cette population des autres avec des moyens plus élevées. Les caractères tel que la HMAX, HMIN, LPEC et LDOR contribue significativement (0.01) à la séparation des deux populations de Safi et Essaouira a la fois des autres populations. La population d'Ifni quand a elle se sépare généralement des autres populations par des moyens de DIAO plus bas et de HMIN avec une moyenne plus élevée. Par ailleurs pour chaque population l'ensemble des caractères morphométriques tel que (LPDO, HMIN, DIAO, HMAX, LPPEC, LPEC, LTOT, LSTD, LDOR) contribue à la fois à la séparation des trois sous population.

La ressemblance morphométrique entre les deux populations de Safi et Essaouira peut être dû à l'effet de l'environnement spécifique de la région littorale Safi et Essaouira qui se caractérise par des températures basses et une activité planctonique très riche ce qui induit un environnement spécifique et similaire pour les deux localités. Selon [27]. [26] l'environnement affecte la forme du poisson par son effet sur le taux d'accélération de la croissance. L'influence des facteurs génétiques qui ne sont pas négligeables contribue aussi à caractériser la forme d'un poisson [28]. Cependant dans cette étude il est bien visible que les facteurs environnementales tel que la température, la salinité, l'oxygène dissous et l'abondance de l'activité planctonique influencent fortement la variabilité morphométrique de la sole pole dans la zone.

5 CONCLUSION

Selon l'étude réalisée sur la variabilité des caractères morphométriques et méristiques, la sole pole présente une grande variabilité dans les quatre localités Agadir, Essaouira Safi et Ifni. Celle-ci est observée à l'intérieur d'une population qu'entre population sauf pour le cas des deux régions Safi-Essaouira qui constituent probablement un habitat pour une seule population de la sole pole.

Les résultats de l'étude biométrique montre que la population d'Agadir présente des caractères morphologiques distincts des autres populations par contre les deux populations de Safi et Essaouira présentent presque les mêmes caractères morphologiques. Pour la population d'Ifni elle s'avère plus proche de celle de Safi-Essaouira que d'Agadir malgré l'éloignement géographique entre ces deux populations.

La grande variabilité observée est due principalement aux facteurs d'ordre environnemental et d'ordre génétique. En effet cette espèce est probablement représentée par trois sous-populations qui cohabitent ensemble dans la zone Atlantique Centrale du Maroc. De ce fait la probabilité de présence de trois stock écologique discret de point de vue morphologique doit être vérifié par l'application des méthodes de marquage moléculaires et génétiques tel que les microsatellites et la mtADN, ces techniques ont prouvé une grande capacité de détection des différenciations au niveau des populations des poissons [32],[33].

Vue l'énorme pression de pêche appliquée sur cette espèce et la demande accrue de sa chair appréciée par les consommateurs nationaux et internationaux. Les études de la biologie, de l'écologie, de la dynamique de population et de la gestion de stock de cette espèce s'avère indispensable.

REFERENCES

- [1] Quérou J.C. M. Desoutter and F. Lagardère. Soleidae. p. 1308-1324. In P.J.P. Whitehead, M.-L. Bauchot, J.-C. Hureau, J. Nielsen and E. Tortonese (eds.) Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. UNESCO, Paris. Vol. 3, 1986.
- [2] Quéro J. C. et Vayne J. J. Clé de détermination des poissons marins de l'Atlantique du Nord-Est, entre le 80° et le 30° parallèle Nord. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, La Rochelle, Ed., France, 41 pp. 1979.
- [3] Collignon J. *Bulletin de l'Institut des Pêches Maritimes du Maroc*, 1969, (20)23 p.1972.
- [4] Deniel C. Les poissons plats en baie de Douarnenez. Reproduction, croissance et migration des Bothidae, Scophthalmidae, Pleuronectidae et Soleidae. PhD thesis. Université de Bretagne Occidentale, Brest, France. 1981.
- [5] GAERTNER D., Analyse biométrique de *Solea lascaris* (Risso, 1810) en baie de Douarnenez (Finistère). *Cybium*, 36(1): 1533. 1982.
- [6] Marinaro, J.-Y. La sole de sable commune en Méditerranée: *Solea (Pegusa) theophilus* (Risso, 1810). *Cybium* 12, 139-144. 1988.
- [7] BEN-TUVIA A., A taxonomic reappraisal of the Atlanto-Mediterranean soles *Solea solea*, *S. senegalensis* and *S. lascaris*. *J. Fish Biol.*, 36: 947-960. 1990.
- [8] Afonso-Dias, I., Reis, C., Andrade, J.P., Geographic variation in biometric characters of *Pegusa lascaris* (Soleidae) from Iberian waters. *Cybium* 26, 5-10. 2002.
- [9] Pinheiro Ana, Célia M. Teixeira, Ana Luisa Rego, Joana F. Marques, Henrique N. Cabral. Genetic and morphological variation of *Solea lascaris* (Risso, 1810) along the Portuguese coast, *Fisheries Research* 73, 67-78. 2005.
- [10] Célia M. Teixeira, Ana Pinheiro, Henrique N. Cabral, Feeding ecology, growth and sexual cycle of the sand sole, *Solea lascaris*, along the Portuguese coast *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89(3), 621-627. 2009.
- [11] Allain Ch. Les conditions hydrologiques sur la bordure atlantique de l'Afrique du Nord-Ouest. (Rapport sur les travaux antérieurs au symposium) – Rapport & Procès – Verbaux Conseil Int. Explor. Mer, Inst. Sci. Techn. Pêches Marit., Paris, Vol. 159, 1970.
- [12] Hilmi et al. Les principales caractéristiques océanographiques de la côte atlantique marocaine par « Atlantiro » p 24, 1998.
- [13] Bernikov R. Synthèse des travaux de recherches océanographiques réalisés le long de la côte atlantique marocaine par « Atlantiro » p24, 1991.
- [14] Orbi A. Hydrologie et dynamique des côtes marocaines : Milieux pélagiques et zones côtières ; Expo'98-Lisbonne. Pp : 68, 1998.
- [15] Schneider, C.A., Rasband, W.S., Eliceiri, K.W. "NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis". *Nature Methods* 9, 671-675, 2012.

- [16] Abramoff, M.D., Magalhaes, P.J., Ram, S.J. "Image Processing with ImageJ". Biophotonics International, volume 11, issue 7, pp. 36-42, 2004.
- [17] R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- [18] Chessel, D. and Dufour, A.B. and Thioulouse, J. The ade4 package. One-table methods. R News. 4: 5-10. 2004.
- [19] Venables, W. N. & Ripley, B. D. Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0. 2002.
- [20] Weihs, C., Ligges, U., Luebke, K. and Raabe, N. klaR Analyzing German Business Cycles. In Baier, D., Decker, R. and Schmidt-Thieme, L. (eds.). Data Analysis and Decision Support, 335-343, Springer-Verlag, Berlin. 2005.
- [21] Marques, J.F. Celia M. Differentiation of commercially important flatfish populations along the Portuguese coast: Evidence from morphology and parasitology. Fisheries Research 81 293–305, 2006.
- [22] LINDSEY, C.C. Temperature controlled meristic variation in the paradise fish *Macropodus opercularis* (L.). Canadian Jour. Zool., 30:87-98. 1954
- [23] Fage, L. Croissance, races, migrations. Traite de zoologie de p.p. Grasse, Paris, Masson et Cie. Edit. 73, 1835-1849. 1958.
- [24] BARLOW, G. W. Geographic variation in the morphology and physiology of the gobiid fishes of the genus *Gillichthys*. Doctoral Dissertation, University of California, Los Angeles, 219 pp. 1958.
- [25] Ihssen, P.E., Booke, H.E., Casselman, J.M., McGlade, J.M., Payne, N.R., Utter, F.M. Can. J. Fish Aquat. Sci. 38, (1981) 1838–1855.
- [26] Hubbs, The structural consequences of modifications of the developmental rate in fishes, considered in reference to certain problems of evolution. C.L. Amer. Naturalist, 1926. 60:57-81.
- [27] VLADYKOV, V. D. 1934. Environmental and taxonomic characters of fishes. Trans. Roy. Canadian Inst., 20:99-140.
- [28] Hubbs, C.L. The relation of hydrological conditions to speciation in fishes. A symposium on Hydrobiology. Univ. Wisconsin 1941 Press: 182-195.
- [29] JENSEN, AD. S. 1944. On specific constancy and segregation into races in sea fishes. Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab, Biol. Medd., 19:1-19.
- [30] Chabanaud, P. (1929). Observations sur la taxonomie, la morphologie et la bionomie des soleides du genre *Pegusa*. Anns Inst. Océanogr. 7(6), 21 5-261.
- [31] Furnestin J., Hydrologie du Maroc atlantique, Rev. Trav. Inst. Pêches Mar. 23 () 5–78, 1959.
- [32] Graves, J.E., 1998. Molecular insights into the population structures of cosmopolitan marine fishes. J. Hered. 89, 427–437.
- [33] Turan, C., Carvalho, G.R., Mork, J., 1998. Molecular genetic analysis of Atlanto-Scandian herring (*Clupea harengus*) populations using allozymes and mitochondrial DNA Markers. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 78, 269–283.