

LES ANALYSES STATISTIQUES MULTIVARIEES : APPLICATION SUR DEUX ESPECES DE SOLEIDEA DES COTES TUNISIENNES

Aziza GLID*, S. MOSBAH, M. GHORBEL* et M.N BRADAI.

Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM), Centre de Sfax BP 1035 – 3018 Sfax

*azizaglid@yahoo.fr

*Mohamed.Ghorbel@instm.rnrt.tn

المخلص

تحليل إحصائي متعدد العوامل ؛ تطبيقات حول نوعين من سمك المداس بالسواحل التونسية : في هذه المدونة، قمنا بدراسة خاصة بيومترية لثلاث عينات من نوعين من سمك المداس *Solea aegyptiaca* المتأتية من سواحل صفاقس وجربة و *Solea senegalensis* المتأتية من بحيرة منزل عبد الرحمان ببزرت. تعتمد هذه الدراسة على تحليل إحصائي متعدد العوامل للمعطيات المذكورة. بينت هذه الدراسة اختلافا واضحا في بعض الخصائص بين النوعين من سمك المداس وبالنسبة لنفس النوع من جهة إلى أخرى. من خلال العلاقة الكانونية، تمكنا من استخراج معادلات نستطيع من خلالها وضع كل عينة من المداس في النوع المناسب ومكان صيدها المناسب. يمكن تعميم هذه الدراسة على جميع أنواع هذه العائلة رغم تشابهها شكليا حيث يمكن أن تكون منهجية جديدة للتصنيف تعتمد على الخصائص الأكثر دلالة.

الكلمات المفاتيح: تحليل إحصائي، المداس، تونس.

RESUME

Une analyse statistique multivariée a été entreprise sur la base de 11 caractères métriques et 10 caractères méristiques de 3 échantillons de Soleidae appartenant à 2 espèces différentes en provenance de 3 localités distinctes : *S. aegyptiaca* de Sfax et de Djerba et *S. senegalensis* de Bizerte. Cette étude a montré une différence significative de certains caractères entre les deux espèces d'une part et au sein de la même espèce pêchée dans 2 localités différentes. Le recours aux fonctions canoniques a permis d'élaborer des équations pouvant classer un échantillon dans l'espèce adéquate et dans la localité de sa capture. Une étude complémentaire intégrant toutes les espèces de cette famille, morphologiquement très semblable, pourrait être une méthodologie de systématique basée uniquement sur les caractéristiques les plus significatives.

Mots clés : Analyse multivariée, Classification, Soleidae, Tunisie.

ABSTRACT

Statistical multivariate analysis: application on two species of Soleidea of the Tunisian coast: A statistical multivariate analysis was undertaken on the basis of 11 metric characteristics and 10 meristic characteristics of 3 samples of Soleidae pertaining to 2 different species coming from 3 distinct localities: *S. aegyptiaca* from Sfax and from Djerba and *S. senegalensis* from Bizerta. This study shows a significant difference in certain characters between the two species on the one hand and within simple of the same species on the other hand. The use of the canonical functions permits us to classify a sample with the adequate species and with the fishing locality of its capture. A complementary study integrating all the species of this family, morphological very similar, could be a new methodology of systematic only based on the significant characteristics.

Key words: Multivariate analysis, Classification, Soleidea, Tunisia.

INTRODUCTION

Les Soleidae sont des poissons osseux présentant un corps ovale fortement comprimé. En Méditerranée, les Soleidae sont représentés par quatre genres (*Solea*, *Microchirus*, *Monochirus* et *Buglossidium*). En Tunisie, Bradai et al., (2004) ont recensé 10 espèces de la famille de Soleidés. L'identification de ces espèces est basée essentiellement sur plusieurs caractères morphologiques : le nombre de vertèbres, le nombre de rayons des nageoires, la forme de la narine de la face aveugle, la forme et la coloration d'une tache foncée sur la nageoire pectorale du côté oculaire (Tinti et al, 2000)... Etant donné leurs grandes ressemblances morphologiques d'une part et l'existence de plusieurs caractères morphologiques d'autre part, l'identification des espèces n'est pas

suffisamment aisée et les confusions ne sont pas rares (Bradai, 2000). Compte tenu de la valeur économique élevée de ces espèces, un outil d'identification est hautement recommandé afin de distinguer les unités des stocks. A cet effet, la présente étude est une approche statistique multivariée qui vise à déterminer les caractéristiques morphologiques les plus discriminantes de deux espèces de cette famille. Les deux espèces étudiées sont *Solea aegyptiaca* (Chabanaud, 1927) et *Solea senegalensis* (Kaup, 1858).

L'utilisation des méthodes des analyses statistiques multivariées sur la taxonomie numérique devient de plus en plus répandue. Parmi les premières applications étaient celle de Daget (1966) qui a travaillé sur la famille des Citharininae. A l'échelle nationale, le recours à ces méthodes d'analyses reste

peu fréquent. En effet, seulement deux études ont intégré ces méthodes : Ben Salem (1991) pour la classification phénétique des espèces du genre *Trachurus* et Gharrad (1999) pour la systématique de la famille des Blenniidae. Pour la famille des Soleidés, et jusqu'à l'heure actuelle, aucune étude similaire n'a été faite.

MATERIEL ET METHODES

Cette étude a été menée sur un échantillon comportant 311 individus pêchés dans trois régions : Bizerte, Sfax et Djerba. Les échantillons de *Solea senegalensis* (101 spécimens) proviennent de Bizerte, ceux de *Solea aegyptiaca* proviennent de Sfax (108 spécimens) et également de Djerba (101 spécimens) (fig 1).

Nous avons effectué, à l'aide d'un ichtyomètre et d'un compas à pointe sèche, les mensurations suivantes (fig 2) :

- la longueur totale (LT), mesurée du museau à l'extrémité postérieure de la nageoire caudale ;

- la longueur standard (Lst), mesurée de l'extrémité antérieure du museau au point de l'insertion de la caudale ;

- le diamètre de l'œil (\emptyset) mesuré dans le sens horizontal ;

- la distance inter orbitaire (IO) séparant les deux yeux ;

- la hauteur du corps (H), la plus grande hauteur du corps ;

- la longueur de la tête (T), mesurée de l'extrémité du museau à la pointe postérieure de l'opercule ;

- la longueur de la nageoire pectorale (LP), mesurée de l'insertion de la nageoire pectorale à la pointe postérieure du plus long rayon ;

- la longueur de la nageoire anale (LA), mesurée de l'insertion du premier rayon à la naissance de la caudale ;

- la longueur de la nageoire dorsale (LD), mesurée de son origine jusqu'à la naissance de la caudale.

Nous avons relevé également les caractères méristiques : le nombre de rayons de la nageoire dorsale (ND), ceux de l'anale (NA) et de la pectorale (NP) ainsi que le nombre des vertèbres (NV).

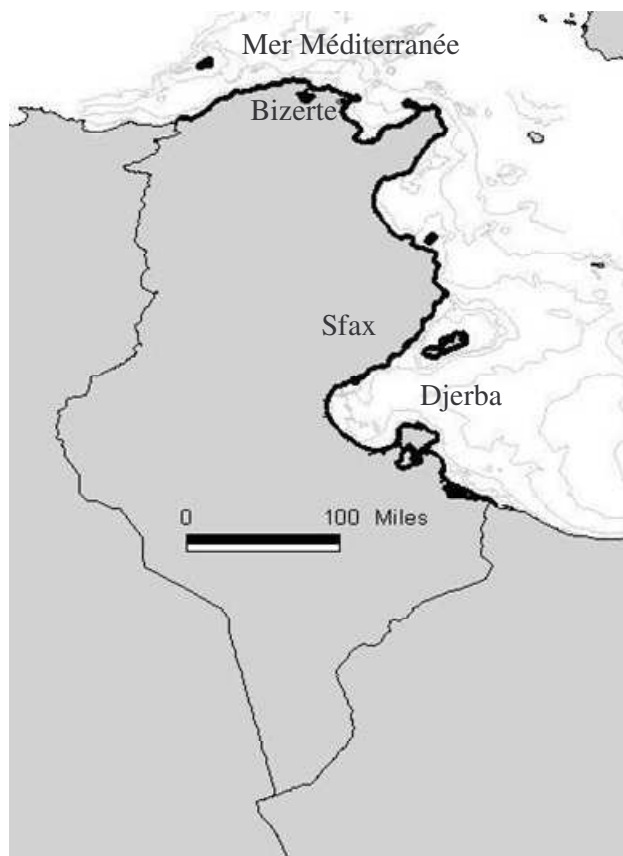


Figure 1 : Localisation géographique de la provenance des différents échantillons analysés.

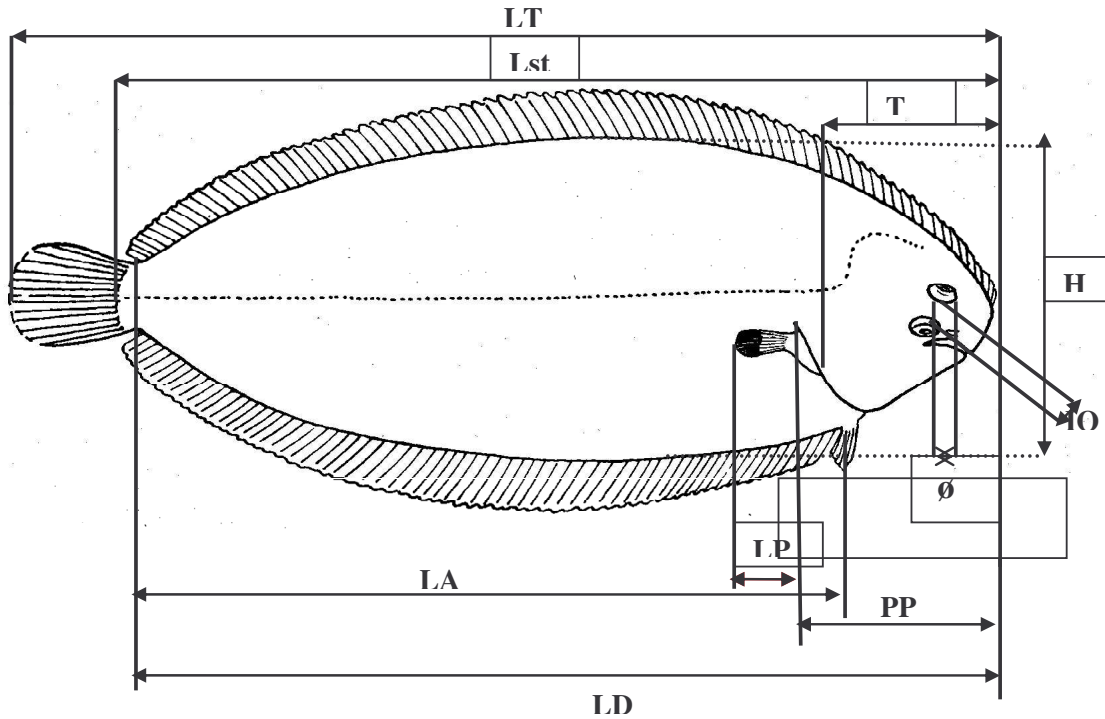


Figure 2 : Les différentes mensurations relevées sur les échantillons.

Les études biométriques préliminaires ont montré des différences entre les deux espèces *S. senegalensis* de Bizerte d'une part et *S. aegyptiaca* de Sfax et Djerba d'autre part. Une analyse discriminante linéaire (Fisher, 1936) a été conduite sur la base des différentes mensurations sus mentionnées afin d'élucider une règle de classification des différents échantillons. Une méthode d'entrée de variables pas à pas a été utilisée en vue d'exclure les variables les moins discriminantes. L'utilisation des fonctions discriminantes canoniques a porté l'avantage de déterminer les paramètres de la fonction discriminante. L'affectation des échantillons à l'espèce correspondante et/ou à la région correspondante est basée sur les critères métriques (distances aux barycentres des groupes). Le logiciel statistique SPSS 11.0 a été utilisé pour ces études statistiques multivariées.

RESULTATS

Le test statistique F de Fisher (Tab I) montre que toutes les variables sont discriminantes pourvu que les valeurs de signification enregistrées soient inférieures au seuil de 5%. Ainsi, la classification des échantillons sur ces critères (Tab II) donne un bon degré de fiabilité. Le pourcentage des individus totaux bien classés est de 89%. L'espèce *S.*

senegalensis est la plus bien classée (100%). L'analyse discriminante fait apparaître deux fonctions canoniques discriminantes qui expliquent respectivement 94% et 6% de la variance initiale. La projection des individus sur les deux fonctions discriminantes (fig 3) montre que la première fonction est discriminante des espèces. L'équation de cette fonction se présente comme suit :

$$y = 0,975*T + 1,99*LP - 0,093*LD - 0,289*LA + 1,096*H - 1,61*Epais + 5,734*Diam - 4,35*Inter - 1,504*PP + 0,122*ND + 0,027*NA + 0,36*Np + 0,592*Nv + 0,011*Pev - 38,819$$

Une règle de classification des deux espèces peut ainsi être dressée. L'affectation d'un individu à l'espèce respective est tributaire de son score d'une part et des fonctions aux barycentres des groupes (Tab III).

La seconde fonction canonique est spécifique à l'espèce *S. aegyptiaca* et fait apparaître deux groupes d'individus relatifs aux deux régions. Bien qu'elle montre bien cette différence, son faible pouvoir explicatif (4% de la variance initiale) rend plus adéquat d'entreprendre une analyse discriminante sur la base de deux échantillons de *S. aegyptiaca*. Le tableau IV donne les statistiques univariées de deux échantillons. Seuls les caractères qui ont une valeur de signification inférieure à 0,05 (Tab IV) diffèrent

Tableau I : Moyennes et tests d'égalité des moyennes des variables métriques et méristiques de trois échantillons : *S. senegalensis* de Bizerte et *S. aegyptiaca* de Sfax et de Djerba.

| | Lambda de Wilks | F | Signification |
|----------|-----------------|--------|---------------|
| Lt | 0,61 | 95,51 | 0 |
| Lst | 0,61 | 98,48 | 0 |
| T | 0,8 | 39,82 | 0 |
| LP | 0,43 | 200,08 | 0 |
| LD | 0,64 | 85,14 | 0 |
| LA | 0,7 | 63,73 | 0 |
| H | 0,42 | 214,56 | 0 |
| Epai | 0,85 | 26,18 | 0 |
| Diamètre | 0,69 | 70,01 | 0 |
| Inter | 0,81 | 35,88 | 0 |
| PP | 0,79 | 40,26 | 0 |
| ND | 0,39 | 239,5 | 0 |
| NA | 0,68 | 72,76 | 0 |
| NP | 0,33 | 311,83 | 0 |
| NV | 0,17 | 738,43 | 0 |
| Pev | 0,6 | 99,65 | 0 |

Tableau II : Résultats du classement des échantillons tests de *S. senegalensis* de Bizerte et *S. aegyptiaca* de Sfax et de Djerba. *b 89,0% des observations originales classées correctement.

| | Espèces/Régions | Classe(s) d'affectation prévue(s) | | |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| | | <i>S. aegyptiaca</i> de Sfax | <i>S. senegalensis</i> de Bizerte | <i>S. aegyptiaca</i> de Djerba |
| Effectif | <i>S. aegyptiaca</i> de Sfax | 94 | 2 | 12 |
| | <i>S. senegalensis</i> de Bizerte | 0 | 101 | 0 |
| | <i>S. aegyptiaca</i> de Djerba | 20 | 0 | 81 |
| Pourcentage | <i>S. aegyptiaca</i> de Sfax | 87 | 1,9 | 11,1 |
| | <i>S. senegalensis</i> de Bizerte | 0 | 100 | 0 |
| | <i>S. aegyptiaca</i> de Djerba | 19,8 | 0 | 80,2 |

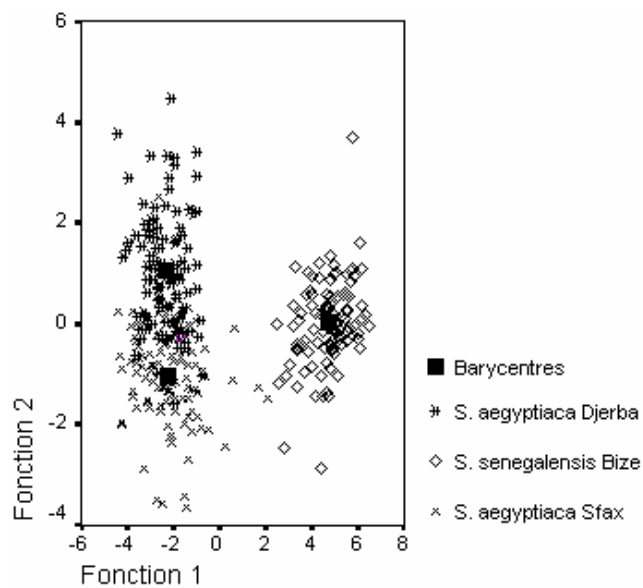


Figure 3 : Projection des échantillons sur les deux fonctions canoniques discriminantes

Tableau III : Fonction discriminante aux barycentres des 3 groupes.

| Espèces/Régions | Fonction |
|-----------------------------------|----------|
| <i>S. aegyptiaca</i> de Sfax | -2,204 |
| <i>S. senegalensis</i> de Bizerte | 4,709 |
| <i>S. aegyptiaca</i> de Djerba | -2,352 |

Tableau IV : Moyennes et tests d'égalité des moyennes des variables métriques et méristiques de deux échantillons de *S. aegyptiaca* de Sfax et de Djerba ;

* En gras les variables qui admettent des moyennes significativement différentes entre les deux échantillons.

| | Moyenne | | F | Signification |
|-----------|------------------------------|--------------------------------|--------|---------------|
| | <i>S. aegyptiaca</i> de Sfax | <i>S. aegyptiaca</i> de Djerba | | |
| Lt | 17,63 | 17,56 | 0,03 | 0,865 |
| Lst | 15,2 | 15,02 | 0,236 | 0,628 |
| T | 3,06 | 3,33 | 9,315 | 0,003 |
| LP | 1,04 | 1,19 | 13,893 | 0 |
| LD | 14,71 | 14,33 | 1,209 | 0,273 |
| LA | 12,05 | 11,92 | 0,177 | 0,675 |
| H | 4,48 | 4,46 | 0,048 | 0,827 |

| | | | | |
|-----------------|-------|---------|-------|--------------|
| Epai | 0,80 | 0,84 | 1,107 | 0,294 |
| Diamètre | 0,30 | 0,35 | 5,066 | 0,025 |
| Inter | 0,48 | 0,50 | 2,188 | 0,141 |
| PP | 3,21 | 3,4455 | 6,901 | 0,009 |
| ND | 73,3 | 72,1881 | 8,462 | 0,004 |
| NA | 60,90 | 61,9109 | 6,38 | 0,012 |
| NP | 7,79 | 7,5248 | 8,714 | 0,004 |
| NV | 40,67 | 40,2277 | 8,239 | 0,005 |
| Pev | 45,39 | 49,9023 | 1,548 | 0,215 |

entre les deux échantillons de *S. aegyptiaca*. Cette fonction canonique est donnée ci-dessous :

$$y = -6,333*T - 3,358*LP + 0,63*LD + 0,483*LA + 3,142*Epai + 4,629*PP + 0,453*NP - 0,066*Pev - 9,263$$

Les fonctions aux barycentres des groupes sont données par le tableau V, 80% des observations sont bien classées (Tab VI) ce qui confère au modèle établi un bon degré de fiabilité.

Tableau V : Fonctions discriminantes aux barycentres des 2 groupes : *S. aegyptiaca* de Sfax et *S. aegyptiaca* et de Djerba

| Espèces/Régions | Fonction |
|--------------------------------|----------|
| <i>S. aegyptiaca</i> de Sfax | 0,833 |
| <i>S. aegyptiaca</i> de Djerba | -0,891 |

Tableau VI : Résultats du classement des échantillons tests de *S. aegyptiaca* de Sfax et *S. aegyptiaca* de Djerba selon la fonction canonique.. b 80,4% des observations originales classées correctement.

| | | Classe(s) d'affectation prévue(s) | |
|-------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| | | <i>S. aegyptiaca</i> de Sfax | <i>S. aegyptiaca</i> de Djerba |
| Effectif | <i>S. aegyptiaca</i> de Sfax | 95 | 13 |
| | <i>S. aegyptiaca</i> de Djerba | 28 | 73 |
| Pourcentage | <i>S. aegyptiaca</i> de Sfax | 88 | 12 |
| | <i>S. aegyptiaca</i> de Djerba | 27,7 | 72,3 |

DISCUSSIONS ET CONCLUSION

Cette étude a porté sur deux espèces de soles provenant de trois localités différentes : *S. senegalensis* de Bizerte et *S. aegyptiaca* de Sfax et de

Djerba. Elle a montré l'existence de différences significatives de toutes les caractéristiques morphométriques et méristiques des deux espèces. Le recours à la fonction discriminante canonique a porté l'avantage d'élucider une équation qui a permis

d'identifier l'espèce. Cette équation explique 94% de la variance initiale.

Par ailleurs, la constatation la plus intéressante est celle de l'existence de différence significative de certains caractères morphométriques et méristiques des deux échantillons de *S. aegyptiaca*. Les traits qui diffèrent selon la composante zone sont les caractères morphométriques : la longueur de la tête (T), la longueur de la nageoire pectorale (LP), la longueur de la nageoire anale (LA), la longueur de la nageoire dorsale (LD), la distance pré pectorale (PP) et l'épaisseur du corps, les caractères méristiques : le nombre des rayons de la nageoire pectorale (NP) et le poids éviscéré (Pev). Ainsi, il apparaît que les caractéristiques environnementales et/ou écologiques différentes des deux régions (Kchaou *et al.*, 2009) sont à l'origine des différences significatives des caractères morphométriques et méristiques des deux populations de *S. aegyptiaca*. Une autre illustration de ce phénomène a été donnée par Chalbi, *et al.* (1997) sur l'espèce *Atriplex halimus* en Tunisie. Ces auteurs ont remarqué la présence de deux populations différentes de cette espèce entre le Nord et le Sud.

La fonction canonique discriminante de la zone a donné des résultats satisfaisants. En effet, 80% des échantillons testés sont bien identifiées.

Le présent travail s'est basé essentiellement sur les méthodes d'analyse de données pour établir une règle permettant d'identifier l'espèce et son origine en partant de certaines mensurations. Cette méthodologie pourra être un nouvel outil pour l'identification d'espèces morphologiquement très apparentées.

Dans le contexte national, exception faite des travaux de Ben Salem (1991) et Gharred (1999) sur les aspects biologiques, l'essentiel de l'utilisation des méthodes des analyses de données a été évoqué dans les études halieutiques (Jabeur *et al.* 2000, Missaoui *et al.* 2000 et Mosbah 2006). L'extension de cette étude à d'autres espèces de Soleidae s'avère nécessaire afin de dégager des règles d'identification des espèces de cette famille.

BIBLIOGRAPHIE

Ben Salem M., 1991. - Classification phénétique par analyse des correspondances des espèces du genre *Trachurus* Rafinesque, 1810 (Poissons, Carangidae). *Oceanologica Acta.*, 14 (6) : 599 – 603.

Bradai, M.N., 2000. - Diversité du peuplement ichthyologique et contribution à la connaissance

des sparidés du golfe de Gabès. Thèse Doct. D'Etat. 599 p. Fac. Sci. Sfax.

- Bradai M.N., Quingnard J.-P., Bouain A., Jarbou O., Ouannes Ghorbel A., Ben Abdallah L. & Ben Salem S., 2004. - Ichtyofaune autochtone et exotique des côtes tunisiennes : recensement et biogéographie. *Cybiurn*, 28 (4) : 315 – 328.
- Chalbi N., M.A. Bezzaouia & El Gazzah M., 1997. - Résultats préliminaires sur le polymorphisme morphogénétique et la répartition des populations naturelles de l'espèce *Atriplex halimus* en Tunisie, in : Étude de la diversité biologique de l'*Atriplex halimus* pour le repérage *in vitro* et *in vivo* d'individus résistants à des conditions extrêmes du milieu et constitution de clones, Rapport annuel du projet STD3 n°TS 3 CT 940264, Paris, 1997, 12 p
- Daget J., 1966. - Taxonomie numérique des Citharininae (Poissons, characiformes). *Bull. Mus. natn. Hist. Nat., Paris*, (2) 38 (a) : 376 - 386.
- Fisher R. A., 1936. - The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems. *Ann. of Eugenics* 7, Part II : 179 - 188.
- Gharred, T., 1999. - Systématique des Blenniidae des côtes Tunisiennes. Thèse Doct. 213 p. Fac. Sci. Tunis.
- Jabeur C., Gobert, B. & Missaoui, H., 2000. - Typologie de la flottille de pêche côtière dans le golfe de Gabès (Tunisie). *Aquat. Living Resour.*, 13 : 421 - 428.
- Kchaou N., Elloumi J., Drira Z., Hamza A., Ayadi H., Bouain A. & Alaya L., 2009. - Distribution of ciliates in relation to environmental factors along the coastline of the Gulf of Gabes, Tunisia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2009, 83(4): 414-424.
- Missaoui, H., Jabeur C., Gobert, B., Jarbou, O. & Elabed, A., 2000. - Analyse typologique de la flottille chalutière du golfe de Gabès (Sud Est Tunisie). *Bull. Inst. Scien. Tech. Mer. Salammbô*, 27 : 15 – 26.
- Mosbah S., 2006. - Contribution à l'étude de l'exploitation de la crevette royale *Penaeus kerathurus* (Forsk., 1775) dans le Golfe de Gabès. Master de Biodiversité et Ressources Aquatiques. 106 p. Fac. Sci. Sfax.
- Tinti F. & Piccinetti C., 2000. - Molecular systematics of the Atlanto-Mediterranean *Solea* species. *Journal of fish Biology*, 56: 604 – 614