

POLYMORPHISME INTRASPÉCIFIQUE CHEZ LE SYNGNATHE AIGUILLE, *SYNGNATHUS ACUS* (OSTEICHTHYES, SYNGNATHIDAE) DES EAUX TUNISIENNES (MÉDITERRANÉE CENTRALE)

Mohamed Mourad BEN AMOR^{1,2*}, M. BEN SALEM² et C. CAPAPÉ³

1. Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, port de pêche, 2060 La Goulette, Tunisie.

2. Unité de Recherches Zoologie et Ecologie des Milieux aquatiques, Faculté des Sciences de Tunis, campus Universitaire, Université Tunis El Manar, 2092 Tunis, Tunisie.

3. Laboratoire d'Ichtyologie, case 104, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, 34095 Montpellier, cedex 5, France.

* benamor7@yahoo.fr

ملخص

دراسة اختلاف داخل النوع عند *Syngnathus acus* في المياه التونسية: وقع جمع 267 سمكة من نوع *Syngnathus acus* بين شهري جوان 2002 و جوان 2005 في المياه التونسية: 204 في بحيرة البيبان، 24 في بحيرة تونس الجنوبية و 39 في خليج تونس. لتحليل الخصائص البيومترية، استعملنا ثلاث دراسات مختلفة: الأولى تخص تحليل المتوسطات الحسابية و الإنحراف المعياري وذلك بالاستناد إلى الاختبارين الإحصائيين "F. Fisher" و "t. Student". الدراسة الثانية، تركز على تحليل كل المتوسطات الحسابية للخصائص البيومترية معا وذلك باستعمال اختبار تحليل التباين الأحادي "ANOVA". الدراسة الثالثة، تعتمد التحاليل متعددة المقاييس (Multidimensionnelles). بينت الدراسات الأولى و الثانية بصفة واضحة وجود فوارق بين مجمل الخصائص البيومترية للأسماك وذلك انطلاقا من المقارنة اثنين-اثنين لجهاث الصيد. أما ما يخص الدراسة الثالثة، فإن التحليل الإحصائي للمكونات الأساسية (ACP)، أظهر عدم وجود فوارق في الخصائص البيومترية بين المناطق الثلاث المدروسة، كذلك تحصلنا على نفس الاستنتاج إثر تحليل العامل الإحصائي (AFC) لنفس هذه الخصائص البيومترية. أما التحليل الإحصائي الثالث (CANONIQUE CAND) فقد أظهر، وجود فوارق في الخصائص البيومترية للأسماك وذلك حسب جهاث الصيد. هذه النتيجة الأخيرة وقع تدعيمها على إثر حساب عامل (D²) (Mahalanobis) والذي أكد لنا وجود ثلاث مجموعات مختلفة حسب المناطق المدروسة وكذلك وجود تشابه نسبي في الخصائص البيومترية بين أسماك بحيرة تونس الجنوبية وأسماك بحيرة البيبان.

كلمات مفاتيح: دراسة اختلاف داخل النوع، *Syngnathus acus*، المياه التونسية.

RESUME

De juin 2002 à juin 2005, 267 syngnathes aiguilles, *Syngnathus acus* Linnaeus, 1758, ont été récoltés dans les eaux tunisiennes: 204 dans Bahiret El Biban (Tunisie méridionale), 24 dans la lagune Sud de Tunis et 39 devant La Goulette (Tunisie septentrionale). Trois types d'études ont été effectués à partir de l'ensemble des variables biométriques: la première repose sur l'analyse de la variance et de la moyenne à l'aide du test "F" de Fisher et du test "t" de Student; la deuxième est fondée sur l'analyse de la multivariance (ANOVA); et la troisième est fondée sur des analyses multidimensionnelles. La première et la deuxième études ont montré des différences significatives dans les variances et les moyennes pour la plupart des caractères examinés, dans les trois secteurs comparés deux à deux. Dans la troisième étude, l'analyse en composantes principales (ACP), les variables biométriques n'ont pas permis la distinction des trois secteurs, pour l'analyse factorielle des correspondances (AFC), en revanche, ces variables ont permis de distinguer les individus au sein d'un même échantillon et non pas la discrimination des échantillons des diverses provenances. L'analyse canonique discriminante (CAND) a montré que ces mêmes variables biométriques ont un pouvoir de discrimination entre les individus des trois provenances. La quantification des différences entre les trois secteurs à l'aide de la distance de Mahalanobis (D²) a montré la présence de trois populations différentes mais avec des similitudes plus marquées entre les individus de la lagune sud de Tunis et ceux de la Bahiret El Biban, issus de deux milieux lagunaires.

Mots-clés : Osteichthyes, Syngnathidae, *Syngnathus acus*, polymorphisme intraspécifique, eaux tunisiennes, Méditerranée centrale

ABSTRACT

Intraspecific polymorphism in the Greater Pipefish, *Syngnathus acus* Linnaeus, 1758 (Osteichthyes, Syngnathidae) from Tunisian waters (Central Mediterranean): Two hundreds and sixty seven greater pipefishes, *Syngnathus acus* Linnaeus, 1758, were collected in Tunisian waters: 204 in the Bahiret EL Biban (southern Tunisia), 24 in Tunis Southern Lagoon and 39 off Halq EL Wadi (northern Tunisia). Three categories of studies were carried out: the first study was based on analysis of both variances and means of some morphological characters using Fisher's F test and Student's t test; the second and the third study were submitted to multivariate and multidimensional analysis, respectively. Both first and

second study revealed significant differences in variances and means for several examined characters, in the three areas compared two by two. In the third study, the Principle Component Analysis (PCA), the morphological variables did not allow to discriminate the three populations, for the Factorial Correspondance Analysis (FCA), these variables made it possible to distinguish the individuals within the same sample but not from the samples of various sources. However, the Discriminant Canonical Analysis (CAND) showed that these same biometric variables have a capacity of discrimination between the individuals of the three sources. The quantification of differences between the three areas using the distance of Mahalanobis (D^2) confirms the occurrence of three populations significantly different. Additionally, specimens from Tunis Southern Lagoon and those of Bahiret El Biban were relatively similar probably because they inhabit brackish areas.

Key words: Osteichthyes, Syngnathidae, *Syngnathus acus*, intraspecific polymorphism, Tunisian waters

INTRODUCTION

Le syngnathe aiguille *Syngnathus acus* se rencontre généralement dans la frange marine littorale, les estuaires et les lagunes, jusqu'à 50 m de profondeur voire plus (Bauchot et Pras, 1980; Nijssen et Buizer, 1983; Dawson, 1985). Cette espèce vit sur des substrats sableux ou vaseux et/ou des prairies de phanérogames marines ou d'algues. *Syngnathus acus* présente une vaste distribution géographique; elle est signalée au large de l'Indonésie et de Chine (Tortonese, 1970); on la retrouve dans l'Atlantique oriental, de la Norvège au Maroc, et au Sud du détroit de Gibraltar jusqu'en Afrique du Sud (Dawson, 1986). *Syngnathus acus* est présente dans les deux bassins de la Méditerranée, en Adriatique et en mer Noire (Tortonese, 1970; Dawson, 1986; Fredj et Maurin, 1987; Quignard & Tomasini, 2000); elle ne semble pas avoir fait l'objet de beaucoup d'études en biologie si l'on fait abstraction des relations taille-masse, des spécimens de Méditerranée occidentale (Valle *et al.*, 2003) ou orientale (Gurkan & Taskavak, 2007).

En Tunisie, *Syngnathus acus* est l'espèce de syngnathidae la plus commune localement, en particulier, dans le golfe de Gabès et la Bahiret El Biban (Ben Othman, 1973; Bradaï, 2000; Bradaï *et al.*, 2004; Ben Amor *et al.*, 2008), mais on la rencontre également plus au nord dans la lagune sud de Tunis qui vient de faire l'objet d'une restauration environnementale (Ben Souissi *et al.*, 2005; Ben Amor *et al.*, 2008). Le propos de cette étude sera de mettre en évidence, dans trois étendues d'eaux de notre pays, l'existence ou non de populations différentes de *S. acus*, à partir du pouvoir discriminant d'un certain nombre de caractères biométriques et méristiques.

MATERIEL ET METHODES

Notre échantillon comprend 267 syngnathes aiguilles récoltés, de juin 2002 à juin 2005, dans les eaux tunisiennes: 204 dans la Bahiret El Biban, en Tunisie méridionale, dont la taille varie entre 71 et 207mm de longueur totale (LT), 24 dans la lagune sud de Tunis avec des longueurs totales comprises entre 74 et 103mm et 39 dans le golfe de Tunis dont la longueur totale varie entre 72 et 127mm, dans la partie septentrionale du pays (figure 1). Les spécimens ont été capturés à l'aide d'une

épouvette ou d'un petit chalut traîné par une barque à moteur. Toutefois, certains spécimens ont été rapportés par des pêcheurs professionnels opérant au filet maillant. Les spécimens sont pesés au milligramme près et mesurés au dixième de millimètre près à l'aide d'un ichtyomètre et d'un pied à coulisse digital.

Les spécimens sont tous conservés dans la collection ichthyologique de la Faculté des Sciences de Tunis, (références FST-SYN-Acus-01 à FST-SYN-Acus-267).

Les mensurations des caractères morphométriques et les comptages relatifs aux caractères méristiques ont été réalisés d'après les travaux de Dawson (1982, 1985 et 1986) sur les syngnathidés. Pour chaque spécimen, nous avons relevé les caractères suivants: longueur totale (LT), longueur de la tête (T), hauteur du corps (H), distance prédorsale (Pd), distance préanale (Pa), distance prépectorale (Pp), longueur de la base de la nageoire dorsale (D), longueur de la nageoire dorsale (Ld), longueur de la nageoire pectorale (Lp), longueur de la base de la nageoire pectorale (P), longueur de la queue (Q), distance préorbitaire (Pro), distance postorbitaire (Pso), diamètre horizontal de l'œil (O), distance interorbitaire de l'œil (Io), longueur du museau (M), nombre de rayons à la nageoire pectorale (Rp), nombre de rayons à la nageoire dorsale (Rd), nombre de rayons à la nageoire anale (Ra), nombre d'anneaux abdominaux (AA), nombre d'anneaux caudaux (AC), nombre total d'anneaux (AT) (figure 2).

Trois types d'études ont été effectués: le premier repose sur l'analyse de la variance à l'aide du test 'F' de Fisher et du test 't' de Student ($p < 0,05$); le deuxième est fondé sur l'analyse de la multivariance effectuée selon un programme S.A.S (système pour l'analyse statistique) procédure ANOVA et complétée par le test de Duncan qui permet de localiser les différences entre les groupes; le troisième, enfin, est basé sur des analyses multidimensionnelles qui intègrent toutes les variables biométriques (21 caractères) à la fois, et donnent une idée plus synthétique sur le polymorphisme intraspécifique des différentes populations de *Syngnathus acus* présentes dans les eaux tunisiennes. Les données recueillies doivent, tout d'abord, être représentées dans un tableau à n lignes (individus) et p colonnes (variables). Plusieurs méthodes factorielles peuvent être appliquées à ces données. Elles traitent les n lignes du tableau comme un nuage de points

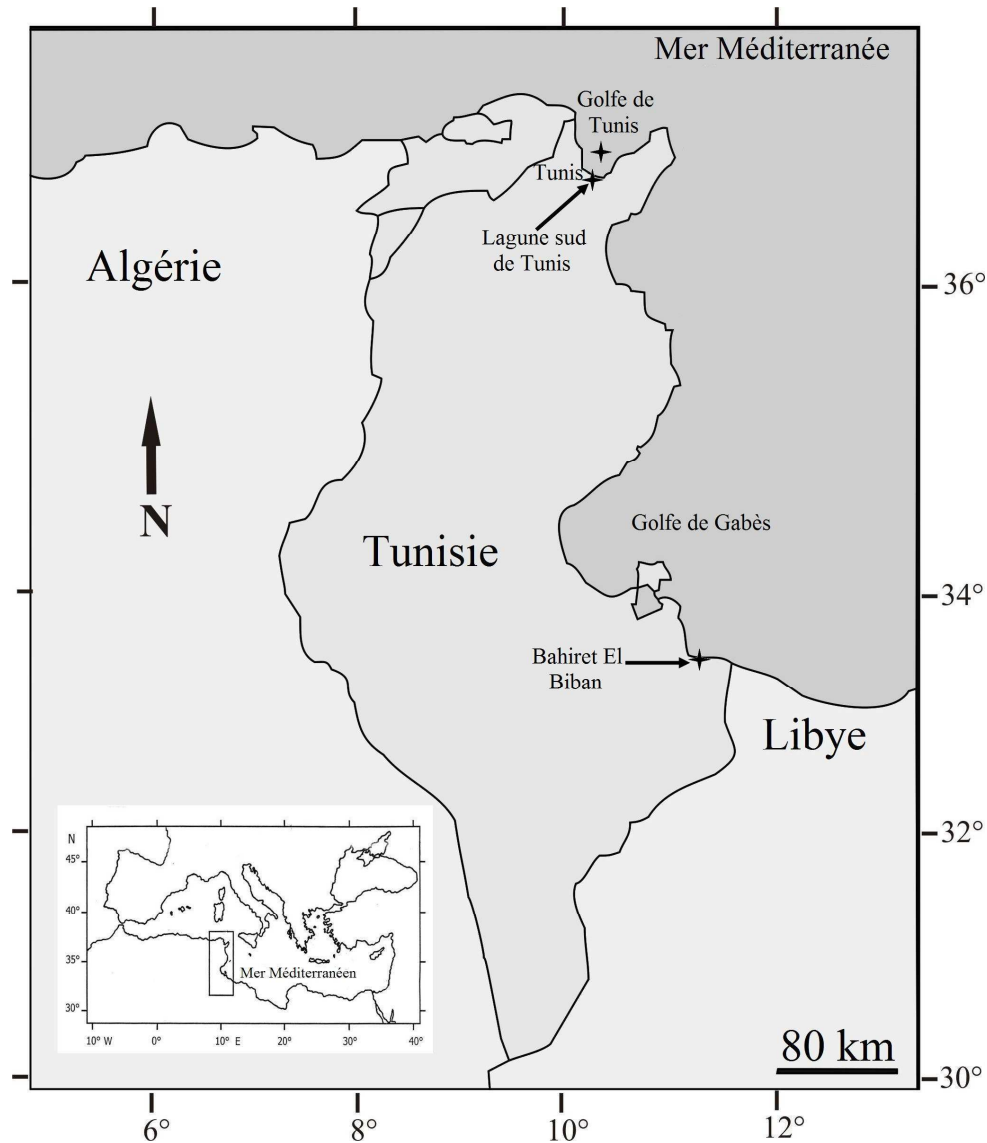


Fig. 1: Carte de la Tunisie montrant les sites d'échantillonnages de *Syngnathus acus* (étoiles).

d'un espace à p dimensions. Le but ultime de toutes ces méthodes est de donner une représentation la moins déformée possible (perte minimale d'information) de ce nuage de points dans un espace de dimension réduite (le plus souvent à 2 dimensions). Parmi les méthodes d'analyse multidimensionnelle, nous avons appliqué à nos données trois méthodes à savoir l'ACP (analyse en composante principale), l'AFC (analyse factorielle de correspondance) et l'ACD (analyse canonique discriminante). Nous nous sommes fondés sur les travaux de Dagnelie (1975), Daget (1976), Zaiem (1988), Ben Salem (1990, 1991), Gharred (1999) et Ould Mohamed Abdallahi (1999).

L'analyse en composantes principales (ACP) permet de décrire et de représenter les ressemblances entre les individus par rapport à l'ensemble des variables dans le but

de distinguer des groupes plus ou moins homogènes. L'analyse factorielle des correspondances (AFC) est une méthode descriptive qui a l'avantage de pouvoir représenter simultanément sur le même plan factoriel le nuage des individus et des variables. Cette méthode est aussi caractérisée par la facilité de son interprétation qui s'appuie sur l'étude de proximité entre individus-individus, variables-variables et individus-variables (Daget, 1976).

L'analyse canonique discriminante (CAND) est fortement apparentée à l'analyse en composantes principales (ACP), mais elle en diffère par le fait qu'elle s'applique dans le cas où les individus sont a priori répartis en plusieurs groupes. Si l'analyse en composantes principales recherche les axes qui absorbent le maximum d'inertie, l'analyse canonique recherche les axes, maximise l'inertie interclasse et

minimise l'inertie intraclasse. Le but de l'analyse canonique est de déterminer une ou plusieurs variables synthétiques qui permettent de mieux discriminer les points observations (individus) en classes. La procédure de l'analyse canonique nous permet de calculer la distance de Mahalanobis (D^2) qui permet de discriminer les différents groupes dans un espace à plusieurs dimensions. Elle permet aussi de déterminer dans quelle mesure ces groupes peuvent être distingués les uns des autres.

RESULTATS ET DISCUSSION

Analyse statistique des caractères métriques (Rapports morphométriques) et méristiques

Quinze rapports morphométriques (T/LT, H/LT, Pd/LT, Pa/LT, Pp/LT, D/LT, Ld/LT, P/LT, Lp/LT, Q/LT, O/T, Io/T, Pro/T, Pso/T, M/T) et six caractères méristiques (Rd, Rp, Ra, AA, AC, AT) ont été calculés pour les échantillons récoltés dans les différents sites (figure 2, Tableaux I et II). Dans une première analyse, les comparaisons entre les variances et entre les moyennes, prises deux à deux des échantillons des différents secteurs ont permis de constater au niveau de la majorité des caractères biométriques, des différences significatives de ces variances et/ou de ces moyennes entre les individus des différents milieux étudiés (Tableau III). La deuxième analyse de la multivariance a mieux confirmé les différences entre régions. Les résultats de l'ANOVA ont montré, chez *Syngnathus acus* que seules les variables Rp, Ra, AA, P/LT, Pso/T et Io/T présentent des moyennes identiques (Tableaux IV et V).

Analyse multidimensionnelle des caractères métriques et méristiques

1. Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse des résultats obtenus pour les 21 variables étudiées a montré que la matrice de corrélation présente des coefficients de corrélation très faibles: ce qui indique une évolution indépendante de ces variables. Les axes 1 et 2 absorbent respectivement 35,17% et 17,55% de la variation globale alors que l'axe 3 n'en absorbe que 8,78%. La représentation graphique des points observations du plan formé par les axes 1 et 2 (figure 3) montre que les points observations sont très entremêlés. Il n'y a pas tendance à l'isolement des 3 secteurs, mais plutôt, mélange des points observations des 3 secteurs. Cependant, quelques individus de Bahiret El Biban et du golfe de Tunis ont tendance à se dégager du nuage de points. Cette distribution ne permet pas une discrimination nette entre les individus des trois provenances. Il semble donc que les variables biométriques n'ont pas de pouvoir significatif dans la séparation des populations de *S. acus* des trois milieux d'études.

2. Analyse factorielle des correspondances (AFC)

Les résultats de l'analyse factorielle des correspondances ont montré que ce sont surtout les variables méristiques Rd (rayons de la nageoire dorsale), Rp (rayons de la nageoire pectorale), Ra (rayons de la nageoire anale), AA (nombre d'anneaux abdominaux), AC (nombre d'anneaux caudaux) et AT (nombre total d'anneaux) qui définissent les trois premiers axes. Alors que pour les rapports morphométriques ce sont seulement les rapports Io/T, O/T et M/T qui contribuent à l'étirement du champ des points mais la contribution de ces variables reste faible par rapport aux variables méristiques. Les variables restantes sont projetées dans le centre de l'inertie du diagramme (axe1-axe2) et ne contribuent pas, par conséquent, à la variation.

L'étirement du champ des points observations ne permet pas une séparation biogéographique de *S. acus*. L'analyse de la figure 4, révèle que les individus appartiennent pour leur quasi-totalité à l'échantillon de Bahiret El Biban et se répartissent d'une manière homogène des deux côtés de l'axe 1 et l'axe 2. Les quelques individus du golfe de Tunis et de la lagune sud de Tunis suivent la même distribution. Les variables méristiques: Rd, Rp, Ra, AA, AC et AT, en plus des rapports morphométriques: Io/T, O/T et M/T, permettent de distinguer les individus au sein d'un même échantillon et non pas la discrimination entre les échantillons des diverses provenances. Il semble donc que l'analyse factorielle des correspondances des variables biométriques ne permet pas de dégager des caractères qui présentent un réel pouvoir discriminant chez *S. acus* dans les trois milieux d'études. Donc l'analyse des correspondances montre, elle aussi (en plus de l'ACP) que *S. acus* n'est pas influencé par les conditions du milieu et présente des variables biométriques presque homogènes quel que soit le site de capture. De telles observations suggèrent une probable capacité de l'espèce à s'adapter à des milieux de natures différentes, saumâtre (lagune sud de Tunis), marin (golfe de Tunis) et hyperhalin (Bahiret El Biban) comme nous l'avons préalablement mis en évidence (Ben Amor *et al.*, 2008).

3. Analyse canonique discriminante (CAND)

Les résultats de l'analyse du tableau VI montrent que la corrélation entre les axes (1 et 2) est très faible, l'axe 1 absorbe à lui seul 70,97% de l'inertie totale du nuage de points alors que l'axe 2 ne reçoit que 29,03%. De ce fait, une représentation dans un plan formé par les axes 1 et 2 donne une idée sur la totalité de la variation.

La figure 5 représentant le plan formé par les axes 1 et 2, fait apparaître un nuage de points plus ou moins centré. L'examen de cette figure révèle une distribution sectorielle nette des individus des trois provenances. Les individus de Bahiret El Biban se projettent dans la partie centrale du

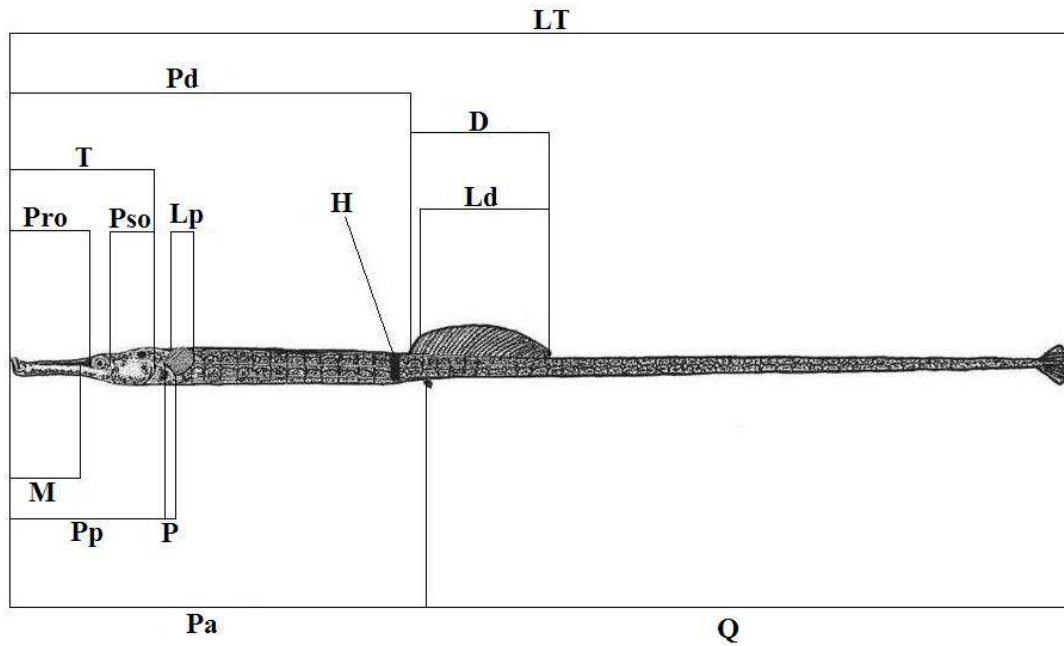


Fig. 2: Mensurations réalisées chez *Syngnathus acus* suivant DAWSON (1982).
Spécimen redessiné à partir de TORTONESE (1970).

LT: longueur totale, T: longueur de la tête, H: hauteur du corps, Pd: distance prédorsale, Pa: distance préanale, Pp: distance prépectorale, D: longueur de la base de la nageoire dorsale, Ld: longueur de la nageoire dorsale, Lp: longueur de la nageoire pectorale, P: longueur de la base de la nageoire pectorale, Q: longueur de la queue, Pro: distance préorbitaire, Pso: distance postorbitaire, M: longueur du museau.

nuage de points de part et d'autre de l'origine des axes 1 et 2. Les individus de la lagune sud de Tunis, se projettent dans la partie négative de l'axe 2; ils chevauchent ceux de la Bahiret El Biban. La détermination de la distance D^2 de Mahalanobis qui situe le degré de proximité entre les trois échantillons, permet ou non de confirmer cette hétérogénéité.

Les valeurs des distances D^2 de Mahalanobis et du test F calculé (Tableau VII) confirment la séparation existant entre les individus des trois secteurs étudiés. Toutefois, la plus petite distance ($D^2 = 3,652$) se situe entre les individus de Bahiret El Biban et lagune sud de Tunis qui sont deux milieux lagunaires, mais ces deux secteurs sont significativement différents car la valeur de F calculée (F calculée = 3,454) est supérieure à F théorique (F théorique = 1,57) pour ddl1 = 21 et ddl2 = 244 au seuil de risque de 5%, ce qui confirme la présence au moins de deux populations différentes dans les deux secteurs. La Bahiret El Biban est un milieu hyperhalin (Guélorget & Perthuisot, 1992), la lagune sud de Tunis bien que milieu saumâtre est tout de même influencée par des arrivées d'eaux marines en provenance du golfe de Tunis, avec lequel elle est relié par un canal (Ben Souissi *et al.*, 2005).

L'analyse des autres valeurs des distances D^2 de Mahalanobis qui séparent les secteurs deux à deux permet de distinguer finalement 3 populations significativement

différentes. Ceci est justifié par les valeurs de F calculées qui sont toujours supérieures à la valeur de F théorique = 1,57 (ddl1 = 21, ddl2 = 244 et au seuil de risque de 5%).

CONCLUSION

L'étude du polymorphisme intraspécifique des caractères biométriques chez *Syngnathus acus* des eaux tunisiennes a été réalisée en utilisant les méthodes de la statistique descriptive 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 des trois secteurs, ont montré, pour la majorité des caractères, des différences significatives entre les individus des milieux étudiés. Ensuite les résultats de l'ANOVA ont confirmé chez *S. acus* cette nette hétérogénéité des caractères étudiés à l'exception des variables Rp, Ra, AA, P/LT, Pso/T et Io/T pour lesquels on a enregistré une homogénéité entre les échantillons des trois milieux.

Les résultats des analyses multidimensionnelles ont montré que l'analyse en composante principale (ACP)

Tableau I. Proportions morphométriques de *Syngnathus acus* dans les différentes localités avec LT (longueur totale) et T (longueur de la tête) comme longueurs de références. N: effectif, Extr: valeurs extrêmes, m: moyenne, s:écart type.

Localités		T/LT	Pd/LT	Pa/LT	Pp/LT	H/LT	Q/LT	Ld/LT	D/LT	Lp/LT	P/LT	O/T	Pro/T	Pso/T	IO/T	M/T
Bahiret El Biban	N	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204
	Extr	8,86- 18,7	37,96 - 45,36	37,25 - 45,29	11,63 - 19,83	2,47- 4,88	40,66 - 59,44	8,02- 12,8	6,63- 10,43	1,58- 2,83	1,26- 2,3	11,04 - 26,92	36,36 - 70,51	30,23 - 62,82	7,6- 24,36	29,31 - 58,77
	m	12,72	41,44	40,74	14,14	3,31	49,38	10,04	8,76	2,21	1,62	16,88	49,94	39,56	16,12	41,32
	s	1,77	1,32	1,58	1,66	0,39	3,44	1,02	0,9	0,25	0,19	2,82	5,89	4,83	3,32	6,45
Golfe de Tunis	N	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
	Extr	10,55 -13,3	35,83 -43,6	37,87 - 41,94	11,73 -15,6	2,6- 3,75	42,44 - 60,19	8,02- 12,85	7,08- 11,46	1,73- 2,56	1,34- 2,09	13,64 - 18,85	39,13 - 51,89	37,36 - 46,09	12,28 - 18,68	30,43 - 43,81
	m	11,59	39,25	39,36	12,99	3,05	53,09	10,94	9,71	2,01	1,55	16,05	47,14	41,09	15,47	37,83
	s	0,95	2,69	1,44	1,16	0,36	6,47	1,44	1,41	0,25	0,18	1,7	3,99	2,7	1,45	3,75
Lagune sud de Tunis	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	Extr	10,29 - 13,11	37,95 - 42,24	28,18 - 41,63	12,42 - 14,94	2,53- 4,18	45,57 - 64,84	8,35- 11,22	7,18- 9,9	1,94- 2,47	1,43- 1,82	15,04 - 20,62	34,02 - 50,48	29,9- 45,45	10,2- 20,2	29,9- 40,95
	m	11,72	40,14	38,46	13,3	3,28	51,44	10,06	8,82	2,21	1,58	17,98	45,52	39,79	16,63	36,62
	s	0,76	1,41	3,39	0,67	0,46	6,3	0,78	0,88	0,18	0,12	1,86	4,54	4,11	2,45	3,47

Tableau II. Caractères méristiques de *Syngnathus acus* dans les différentes localités N: effectif, Extr: valeurs extrêmes, m: moyenne, s:écart type.

Localités		Rd	Rp	Ra	AA	AC	AT
Bahirat El Biban	N	204	204	204	204	204	204
	Extr	22-35	11-16	3-4	14-18	27-47	41-63
	m	24,82	13,47	3,9	15,87	32,99	48,85
	s	3,14	0,98	0,3	0,75	4,41	4,58
Golfe de Tunis	N	39	39	39	39	39	39
	Extr	22-31	11-14	3-4	14-17	27-45	41-61
	m	26,05	13,1	3,85	15,87	36,87	52,74
	s	3,37	0,68	0,37	0,7	7,07	7,28
Lagune sud de Tunis	N	24	24	24	24	24	24
	Extr	22-26	12-14	4	15-17	29-35	44-51
	m	24,08	13,33	4	15,75	31,75	47,5
	s	1,59	0,76		0,61	1,87	2,11

Tableau III. Comparaison intraspécifique de la variance des rapports morphométriques et des caractères méristiques de *Syngnathus acus* (t: valeur du test t de Student, F: valeur du test F de Fisher et +/-: signification des tests au seuil de risque de 5%)

Rapports morphométriques		Bahirat El Biban - Golfe de Tunis	Bahirat El Biban - Lagune sud de Tunis	Golfe de Tunis - Lagune sud de Tunis
T/LT	F	3,471 +	5,424 +	1,563 -
	t	5,759 +	5,036 +	0,598 -
Pd/LT	F	4,153 +	1,141 -	3,64 +
	t	4,971 +	4,301 +	1,718 -
Pa/LT	F	1,204 -	4,603 +	5,542 +
	t	5,396 +	3,254 +	1,234 -
Pp/LT	F	2,048 +	6,139 +	2,998 +
	t	5,248 +	4,68 +	1,344 -
H/LT	F	1,174 -	1,391 -	1,633 -
	t	4,076 +	0,307 -	2,087 +
Q/LT	F	3,537 +	3,354 +	1,055 -
	t	3,488 +	1,575 -	0,999 -
Ld/LT	F	1,993 +	1,71 -	3,408 +
	t	3,728 +	0,115 -	3,14 +
D/LT	F	2,454 +	1,046 -	2,567 +
	t	4,053 +	0,315 -	3,085 +
Lp/LT	F	1 -	1,929 +	1,929 +
	t	4,578 +	0 -	3,681 +
P/LT	F	1,114 -	2,507 +	2,25 +
	t	2,205 +	1,435 -	0,793 -
O/T	F	2,002 +	2,299 +	1,197 -
	t	1,241 -	2,57 +	4,131 +

Pro/T	F	2,179 +	1,683 -	1,295 -
	t	3,682 +	4,358 +	1,439 -
Pso/T	F	3,2 +	1,381 -	2,317 +
	t	2,787 +	0,254 -	1,377 -
IO/T	F	5,243 +	1,836 +	2,855 +
	t	1,978 +	0,925 -	2,104 +
M/T	F	2,958 +	3,455 +	1,168 -
	t	4,645 +	5,595 +	1,303 -
Caractères méristiques				
Rd	F	1,152 -	3,9 +	4,492 +
	t	2,111 +	1,888 -	3,128 +
Rp	F	2,077 +	1,663 -	1,249 -
	t	2,875 +	0,825 -	1,214 -
Ra	F	1,521 +	0 -	0 -
	t	0,795 -	4,761 +	2,532 +
AA	F	1,148 -	1,512 -	1,317 -
	t	0,081 -	0,962 -	0,716 -
AC	F	2,57 +	5,562 +	14,29 +
	t	3,306 +	2,526 +	4,286 +
AT	F	2,53 +	4,712 +	11,904 +
	t	3,217 +	2,514 +	4,216 +

Tableau IV. Comparaison intraspécifique de la multivariance (ANOVA) des caractères morphométriques de *Syngnathus acus* (F: valeur du test F de Fisher, +/-: signification au seuil de risque de 5%, groupement de Duncan: les secteurs avec mêmes lettres présentent des moyennes homogènes).

Variables	Stations	Effectifs	Moyennes	F (+/-)	Groupement de Dancun
T/LT	Bahiret El Biban	204	12,72	11,02 +	A
	Golfe de Tunis	39	11,59		B
	Lagune sud de Tunis	24	11,72		B
Pd/LT	Bahiret El Biban	204	41,44	34,48 +	A
	Golfe de Tunis	39	39,25		C
	Lagune sud de Tunis	24	40,14		B
Pa/LT	Bahiret El Biban	204	40,74	24,1 +	A
	Golfe de Tunis	39	39,36		B
	Lagune sud de Tunis	24	38,46		C
Pp/LT	Bahiret El Biban	204	14,14	11,3 +	A
	Golfe de Tunis	39	12,99		B
	Lagune sud de Tunis	24	13,3		B
H/LT	Bahiret El Biban	204	3,31	7,2 +	A
	Golfe de Tunis	39	3,05		B
	Lagune sud de Tunis	24	3,28		A
Q/LT	Bahiret El Biban	204	49,38	13,36 +	B
	Golfe de Tunis	39	53,09		A
	Lagune sud de Tunis	24	51,44		A
Ld/LT	Bahiret El Biban	204	10,04	11,39 +	B
	Golfe de Tunis	39	10,94		A
	Lagune sud de Tunis	24	10,06		B

D/LT	Bahiret El Biban	204	8,76	15,03 +	B
	Golfe de Tunis	39	9,71		A
	Lagune sud de Tunis	24	8,82		B
Lp/LT	Bahiret El Biban	204	2,21	11,6 +	A
	Golfe de Tunis	39	2,01		B
	Lagune sud de Tunis	24	2,21		A
P/LT	Bahiret El Biban	204	1,62	2,87 -	A
	Golfe de Tunis	39	1,55		A
	Lagune sud de Tunis	24	1,58		A
O/T	Bahiret El Biban	204	16,88	4,07 +	AB
	Golfe de Tunis	39	16,05		B
	Lagune sud de Tunis	24	17,98		A
Pro/T	Bahiret El Biban	204	49,94	9,74 +	A
	Golfe de Tunis	39	47,14		B
	Lagune sud de Tunis	24	45,52		B
Pso/T	Bahiret El Biban	204	39,56	1,86 -	A
	Golfe de Tunis	39	41,09		A
	Lagune sud de Tunis	24	39,79		A
IO/T	Bahiret El Biban	204	16,12	1,18 -	A
	Golfe de Tunis	39	15,47		A
	Lagune sud de Tunis	24	16,63		A
M/T	Bahiret El Biban	204	41,32	11,06 +	A
	Golfe de Tunis	39	37,83		B
	Lagune sud de Tunis	24	36,62		B

Tableau V. Comparaison intraspécifique de la multivariance (ANOVA) des caractères méristiques de *Syngnathus acus* (F: valeur du test F de Fisher, +/-: signification au seuil de risque de 5%, Groupement de Duncan: les secteurs avec mêmes lettres présentent des moyennes homogènes).

Variables	Stations	Effectifs	Moyennes	F (+/-)	Groupement de Duncan
Rd	Bahiret El Biban	204	24,82	3,64 +	AB
	Golfe de Tunis	39	26,05		A
	Lagune sud de Tunis	24	24,08		B
Rp	Bahiret El Biban	204	13,47	2,67 -	A
	Golfe de Tunis	39	13,1		A
	Lagune sud de Tunis	24	13,33		A
Ra	Bahiret El Biban	204	3,9	1,96 -	A
	Golfe de Tunis	39	3,85		A
	Lagune sud de Tunis	24	4		A
AA	Bahiret El Biban	204	15,87	0,29 -	A
	Golfe de Tunis	39	15,87		A
	Lagune sud de Tunis	24	15,75		A
AC	Bahiret El Biban	204	32,99	14,31 +	B
	Golfe de Tunis	39	36,87		A
	Lagune sud de Tunis	24	31,75		B
AT	Bahiret El Biban	204	48,85	13,6 +	B
	Golfe de Tunis	39	52,74		A
	Lagune sud de Tunis	24	47,5		B

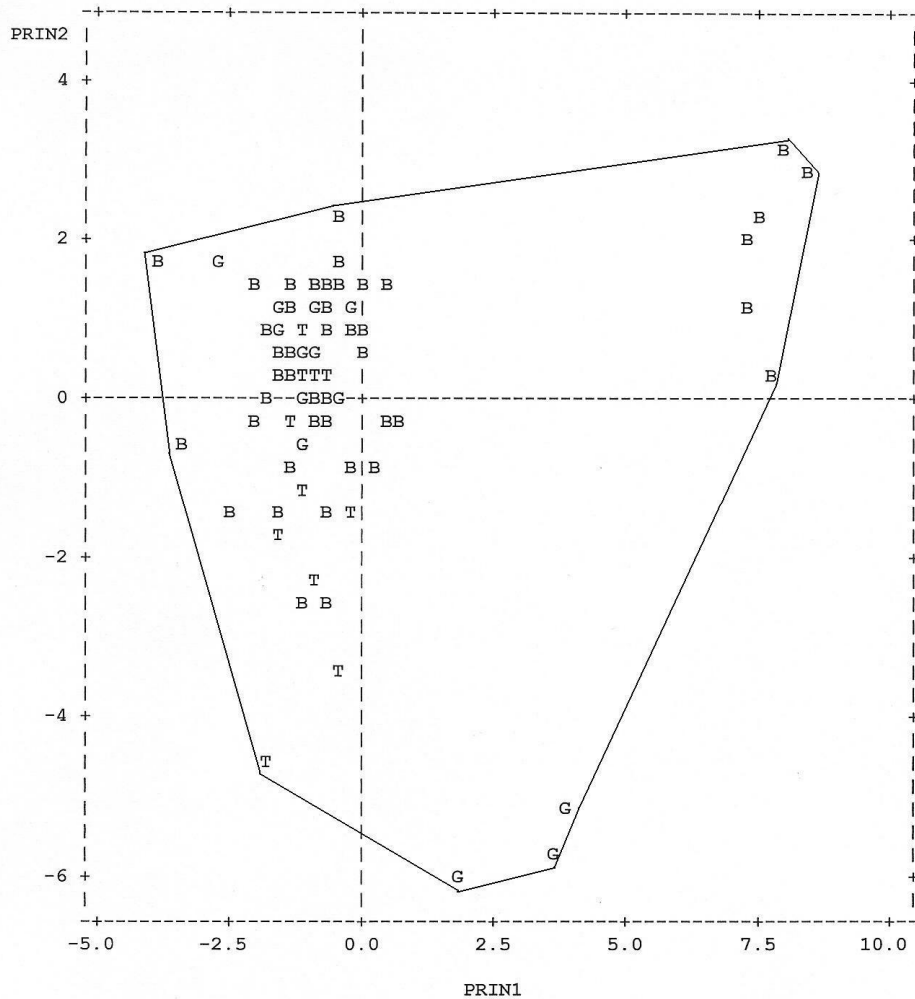


Fig. 3: Analyse en composantes principales (ACP) appliquée aux caractères biométriques de *Syngnathus acus*: dispersion des points observations dans le plan 1-2 (B: Bahiret El Biban, G: golfe de Tunis, T: Lagune sud de Tunis).

ainsi que l'analyse factorielle des correspondances (AFC) ne permettent pas de distinguer nettement les trois secteurs, alors que l'analyse canonique a pu les séparer. Le calcul des distances D^2 de Mahalanobis confirme la présence de trois populations différentes mais avec une ressemblance plus marquée entre les individus de la lagune sud de Tunis et ceux de Bahiret El Biban qui sont nuage de points de part et d'autre de l'origine des axes 1 et 2. Les individus de la lagune sud de Tunis, se projettent dans la partie négative de l'axe 2; ils chevauchent ceux de la Bahiret El Biban. La détermination de la distance D^2 de Mahalanobis qui situe le degré de proximité entre les trois échantillons, permet ou non de confirmer cette hétérogénéité.

Les valeurs des distances D^2 de Mahalanobis et du test F calculé (Tableau VII) confirment la séparation existant entre les individus des trois secteurs étudiés. Toutefois, la plus petite distance ($D^2 = 3,652$) se situe entre les

individus de Bahiret El Biban et lagune sud de Tunis qui sont deux milieux lagunaires, mais ces deux secteurs sont significativement différents car la valeur de F calculée (F calculée = 3,454) est supérieure à F théorique (F théorique = 1,57) pour $ddl1 = 21$ et $ddl2 = 244$ au seuil de risque de 5%, ce qui confirme la présence au moins de deux populations différentes dans les deux secteurs. La Bahiret El Biban est un milieu hyperhalin (Guélorget & Perthuisot, 1992), la lagune sud de Tunis bien que milieu saumâtre est tout de même influencée par des arrivées d'eaux marines en provenance du golfe de Tunis, avec lequel elle est relié par un canal (Ben Souissi *et al.*, 2005).

L'analyse des autres valeurs des distances D^2 de Mahalanobis qui séparent les secteurs deux à deux permet de distinguer finalement 3 populations significativement différentes. Ceci est justifié par les valeurs de F calculées qui sont toujours supérieures à la valeur de F théorique = 1,57 ($ddl1 = 21$, $ddl2 = 244$ et au seuil de risque de 5%).

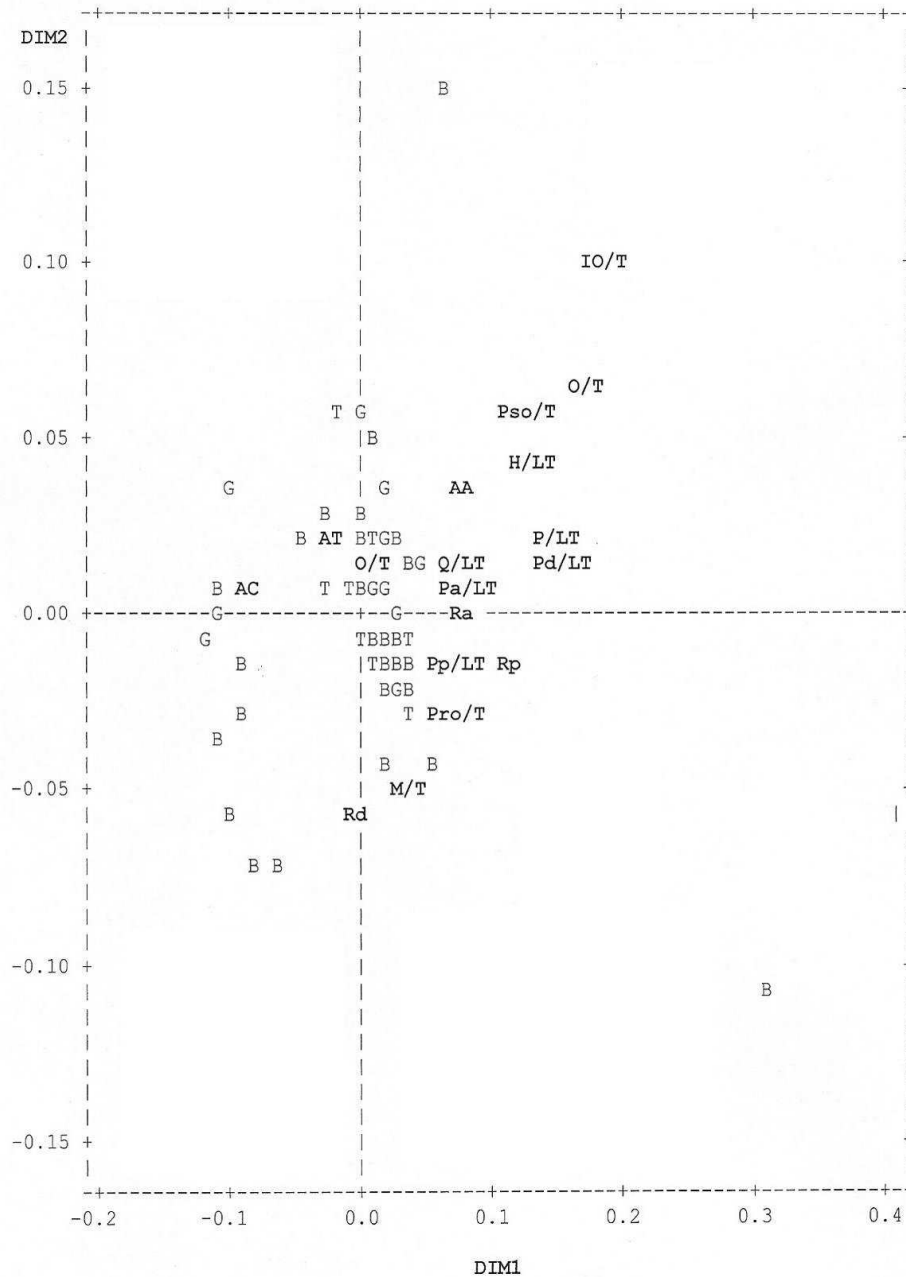


Fig. 4: Analyse factorielle des correspondances (AFC) appliquée aux caractères biométriques de *Syngnathus acus*: dispersion des points observations dans le plan 1-2 (B: Bahiret El Biban, G: golfe de Tunis, T: Lagune sud de Tunis).

CONCLUSION

L'étude du polymorphisme intraspécifique des caractères biométriques chez *Syngnathus acus* des eaux tunisiennes a été réalisée en utilisant les méthodes de la statistique descriptive 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 des trois secteurs, ont montré, pour la majorité des caractères, des différences significatives entre les individus des milieux étudiés. Ensuite les résultats de l'ANOVA ont confirmé chez *S. acus* cette nette hétérogénéité des caractères étudiés à l'exception des variables Rp, Ra, AA, P/LT, Pso/T et Io/T pour lesquels on a enregistré une homogénéité entre les échantillons des trois milieux.

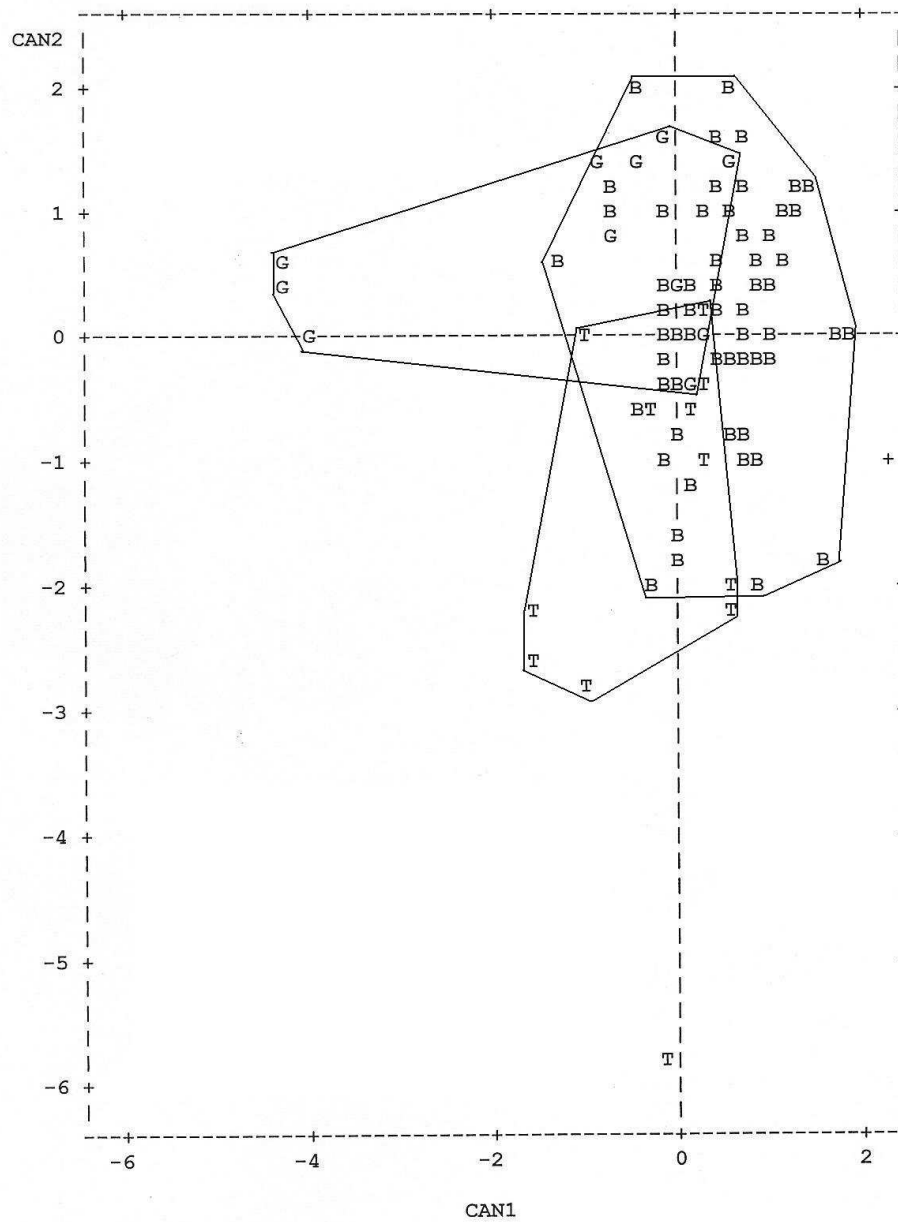


Fig. 5: Analyse Canonique Discriminante (CAND) appliquée aux caractères biométriques de *Syngnathus acus*: dispersion des points observations dans le plan 1-2 (B: Bahiret El Biban, G: golfe de Tunis, T: Lagune sud de Tunis).

Tableau VI. Corrélations des variables biométriques avec les axes, valeurs propres et proportions de l'inertie totale expliquée par les premiers axes.

Axes	Corrélations	Valeurs propres	Proportions %	Cumulatives %
Axe 1	0,634	0,672	70,97	70,97
Axe 2	0,464	0,275	29,03	100

Tableau VII: Valeurs des distances D^2 de Mahalanobis et du test F calculé entre les trois secteurs.

F	D^2	Bahiret El Biban	Golfe de Tunis	Lagune sud de Tunis
Bahiret El Biban			5,381	3,652
Golfe de Tunis	7,754			6,464
Lagune sud de Tunis	3,451		4,226	

Les résultats des analyses multidimensionnelles ont montré que l'analyse en composante principale (ACP) ainsi que l'analyse factorielle des correspondances (AFC) ne permettent pas de distinguer nettement les trois secteurs, alors que l'analyse canonique a pu les séparer. Le calcul des distances D^2 de Mahalanobis confirme la présence de trois populations différentes mais avec une ressemblance plus marquée entre les individus de la lagune sud de Tunis et ceux de Bahiret El Biban qui sont deux milieux lagunaires, même si le second se caractérise par son hyperhalinité.

L'étude du polymorphisme intraspécifique montre que les paramètres physico-chimiques du milieu sont bien susceptibles de contrôler les variations de certains des caractères biométriques de *S. acus*. Cependant, si certaines espèces sont très sensibles et répondent facilement aux fluctuations des facteurs du milieu, d'autres, en revanche, présentent une stabilité assez importante des caractères et ne subissent que peu ou pas l'influence du milieu. La compréhension des variations spatiales de certains caractères méristiques et métriques chez une espèce selon Quignard (1978) n'est pas à l'heure actuelle totalement accessible mais, une confrontation minutieuse des faits constatés avec les facteurs étho-écologiques et l'intégration d'éléments d'écophysiologie, permettent de donner un commencement de réponse aux nombreuses questions qui restent jusqu'à ce jour sans solution.

BIBLIOGRAPHIE

- Bauchot M.L. & Pras A., 1980. - Guide des poissons marins d'Europe. Delachaux & Niestlé, Paris-Lausanne, 427 p.
- Ben Amor M.M., Ben Salem M., Ben Souissi J., Reynaud C. & Capapé C., 2008. - The syngnathid species from Tunisian waters (central Mediterranean): a survey. *Annales, ser. Hist. Nat.* 18(1): 1-10.
- Ben Othman S., 1973. - Le Sud tunisien (golfe de Gabès): Hydrologie, Sédimentologie, Flore et Faune. Thèse 3^{ème} Cycle, Université de Tunis, 166p.
- Ben Salem M., 1990. - Révision du genre *Trachurus* Rafinesque 1810. Biologie et génétique des espèces tunisiennes. Thèse de doctorat d'Etat Es-Sciences Biologiques. Faculté des sciences de Tunis, 351p.
- 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.
- Ben Souissi J., Mejri H., Zaouali J., El Abed A., Ben Salem M., Guélorget O. & Capapé C., 2005.- Teleost species recorded in Tunis Southern Lagoon after its environmental restoration (northern Tunisia, central Mediterranean). *Annales, ser. Hist. nat.*, 15(2): 157-164
- Bradaï M. N., 2000. - Diversité du peuplement ichthyque et contribution à la connaissance des sparidés du golfe de Gabès). Thèse de doctorat d'Etat ES. Sciences Naturelles. Faculté des sciences de Sfax, 600p.
- Bradaï M.N., Quignard J.P., Bouaïn A., Jarboui O., Ouannes-Ghorbel A., Ben Abdallah L., Zaouali J. & Ben Salem S., 2004. - Ichtyofaune autochtone et exotique des côtes tunisiennes: recensement et biogéographie. *Cybiuim.*, 28 (4): 315-328.
- Daget J., 1976. - Les méthodes mathématiques en écologie. Paris, Ed. Masson, 171 p.
- Dagnelie P., 1975. - Analyse statistique à plusieurs variables. Gembloux, Press Agron, 351 p.
- Dawson C.E., 1982. - Fishes of western north Atlantic. Part 8 Order Gasterosteiformes, Suborder Syngnathoidei, Syngnathidae. Sears Foundation for Marine Research Memoir (Yale University) 1, 1-197.
- Dawson C.E., 1985. - Indo-Pacific pipefishes (Red sea to the Americas). Gulf Coast Research Laboratory, Ocean Springs, Mississippi, USA, 217p.
- Dawson C. E., 1986. - Syngnathidae. In: J.P. Whitehead, M.L. Bauchot, J.C. Hureau, J. Nielsen and E. Tortonese. (Editors.), Fishes of the North-western Atlantic and the Mediterranean. Vol. I, UNESCO, Paris, pp. 628-639. Paris: UNESCO.
- Fredj G. & Maurin C., 1987. - Les poissons dans les banques de données Médifaune. Application à

- l'étude des caractéristiques de la faune ichthyologique méditerranéenne. *Cybiu.*, 11 (3): 218-299.
- Gharred T., 1999. - Systématique des Blenniidae des côtes tunisiennes. Thèse de Doctorat. Biologie. Faculté des Sciences de Tunis, 213p.
- Guélorget O. & Perthuisot J. P., 1992. - Paralic ecosystems. Biological organization and functioning. *Vie Milieu*, 42(2): 215-251.
- Gurkan S. & Tsakavak E., 2007. - Length-weight relationships for syngnathid fishes of the Aegean Sea, Turkey. *Belg. J. Zool.*, 137(2): 219-222.
- Nijssen H. & Buizer D.A.G., 1983. - First record of the worm pipefish, *Nerophis lumbriciformis* (Pennant, 1776) in coastal waters of the Netherlands, with notes on other animal species recently recorded from the oosterschelde. *Bull. Zool. Mus. Univ. Amsterdam*, 9 (22): 209-213.
- Ould Mohamed Abdallahi K., 1999. Systématique et Biologie de *Caranx rhonchus* Geoffroy Saint-Hilaire, 1817 (Téléostéen Carangidae) des côtes tunisiennes et mauritaniennes. Thèse de Doctorat. Biologie. Faculté des Sciences de Tunis, 206 pp.
- Quignard J.P., 1978. - Introduction à l'ichtyologie méditerranéenne: aspect général du peuplement. *Bull. Off. natn Pêch. Tunisie*, 2(1-2): 3-21.
- Quignard J. P. & Tomasini J. A., 2000. - Mediterranean fish biodiversity. *Biol. Mar. Medit.*, 7 (3): 1-66.
- Tortonese E., 1970. - Osteichthyes (Pesci ossei). Parte prima. *In: Fauna d'Italia*, 564 p.
- Valle C., Bayle J. T. & Ramos A. A., 2003. - Weight-length relationships for 22 fish of the Mar Menor coastal lagoon (western Mediterranean Sea). *J. Appl. Ichthyol.*, 22: 293-294.
- Zaiem M.H., 1988. - Les méthodes exploratoires de l'analyse des données. Institut supérieur de l'éducation et de la formation continue de Tunis. Fonds des Nations Unies pour la population, 225 p.