

ANALYSE DE LA VARIABILITÉ MORPHOMÉTRIQUE ET MÉRISTIQUE DES POPULATIONS DE *BARBUS CALLENSIS* VALENCIENNES, 1842 (POISSONS, CYPRINIDÉS) DE TUNISIE.

M.M. KRAIEM

Laboratoire d'Hydroécologie, Département de Biologie, Faculté des Sciences de Tunis,
Campus Universitaire, 1060 Tunis, TUNISIE.

Reçu le 19 novembre 1993
Accepté le 18 avril 1994

Received 19 November, 1993
Accepted 18 April, 1994

RÉSUMÉ

Cette approche biométrique a été effectuée sur dix populations tunisiennes de *Barbus callensis* de provenances différentes. Elle a permis, grâce à l'analyse canonique discriminante, de mettre en évidence l'isolement écologique et génétique d'une population nord-ouest de toutes les autres populations du pays qui présentent une homogénéité apparente. Tout en gardant leur pool génique original, les populations de *B. callensis* de Tunisie semblent devoir acquérir progressivement des caractères génétiques propres.

Mots-clés : Barbeau, *Barbus callensis*, variabilité, éco-génétique, populations, Tunisie.

ANALYSIS OF MORPHOMETRIC AND MERISTIC VARIABILITY IN *BARBUS CALLENSIS* POPULATIONS (PISCES, CYPRINIDAE) FROM TUNISIA.

SUMMARY

These biometrical investigations were performed on ten Tunisian populations of *Barbus callensis* collected in different streams, rivers and reservoirs all over the country. The statistical analysis (CAN-DISC) showed the ecological and genetical isolation of one northwestern population belonging to an Algerian catchment from the other Tunisian populations, who appeared more uniform. While preserving their original gene pool, most Tunisian strains seem to be acquiring original characters among North-African *B. callensis*.

Key-words : Barbel, *Barbus callensis*, variability, eco-genetic, populations, Tunisia.

INTRODUCTION

En Tunisie, le genre *Barbus* est essentiellement représenté par l'espèce *B. callensis* qui présente une large répartition biogéographique. Celle-ci s'étend sur tout le nord et le centre-ouest du pays (KRAIEM, 1983), occupant ainsi divers milieux.

Dans le cas des études des poissons des eaux courantes, la notion de population est parfois escamotée par la complexité et la difficulté d'approche de ces milieux. Ainsi, une structure géographique linéaire ramifiée telle que celle du domaine fluvial constitue écologiquement un élément habituel de différenciation populationnelle (LOUDENSLAGER et GALL, 1980).

La présence de plusieurs populations, que ce soit dans un même cours d'eau, dans des cours d'eau différents, ou dans des bassins différents, suppose un certain isolement reproductif. Cet isolement reproductif peut se traduire par une évolution divergente entre populations, c'est-à-dire une modification du pool génique. L'ensemble du génome détermine les caractéristiques morphologiques et physiologiques des individus, c'est-à-dire leur capacité de survie. La sélection naturelle tend à produire des populations adaptées aux caractéristiques du milieu au sein duquel elles évoluent.

Dans la pratique, les études en biologie des populations se basent, le plus souvent, sur l'analyse du génome et l'examen de l'aspect extérieur des individus. Les approches les plus utilisées de nos jours sont, de loin, la biométrie et l'analyse biochimique des protéines. La présente étude sera basée sur la première approche et aura pour objectif d'estimer l'homogénéité de *B. callensis* en Tunisie, en rapport avec les caractéristiques écologiques des divers bassins hydrographiques du pays qu'il occupe.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Etude des milieux prospectés

Les différents échantillons de barbeaux proviennent des localités mentionnées sur la carte (Fig. 1).

Le choix de ces lieux de prélèvement repose sur la particularité de leurs bassins versants. Il s'agit :

- du bassin du Nord-Ouest pour l'oued Ennour, qui est un affluent d'altitude (450 m) de l'oued El Kébir qui coule en Algérie ; et l'oued Ghézala, un affluent secondaire du fleuve Mejerda,
- du bassin de l'Ichkeul, pour les oueds Sejnane et Joumine situés dans la plaine de Mateur,
- du bassin de la Mejerda, pour l'o. Mejerda à Sidi Salem et ses affluents, l'o. Béja et l'o. Siliana,
- du bassin du Nord-Est pour les oueds Abid et Miliane,
- du bassin du Centre pour l'oued Nabhana, situé en zone semi-aride au nord de Kairouan.

Les caractéristiques morphodynamiques et physicochimiques qui nous semblent fondamentales ont été relevées et regroupées dans les tableaux I et II.

Traitement des échantillons de Barbeaux

Les poissons ont été récoltés pour la plupart par pêche électrique, mais ceux provenant des milieux à forte conductivité ont été capturés par filets maillants et artisanaux. Ils ont été conservés sur place dans une solution formolée à 4 %. Les échantillons ont été prélevés entre 1986 et 1991.

L'étude a porté sur 220 barbeaux de taille comprise entre 5 et 30 cm (Lt) provenant de 10 milieux appartenant aux différents bassins situés dans l'aire de répartition de cette espèce :

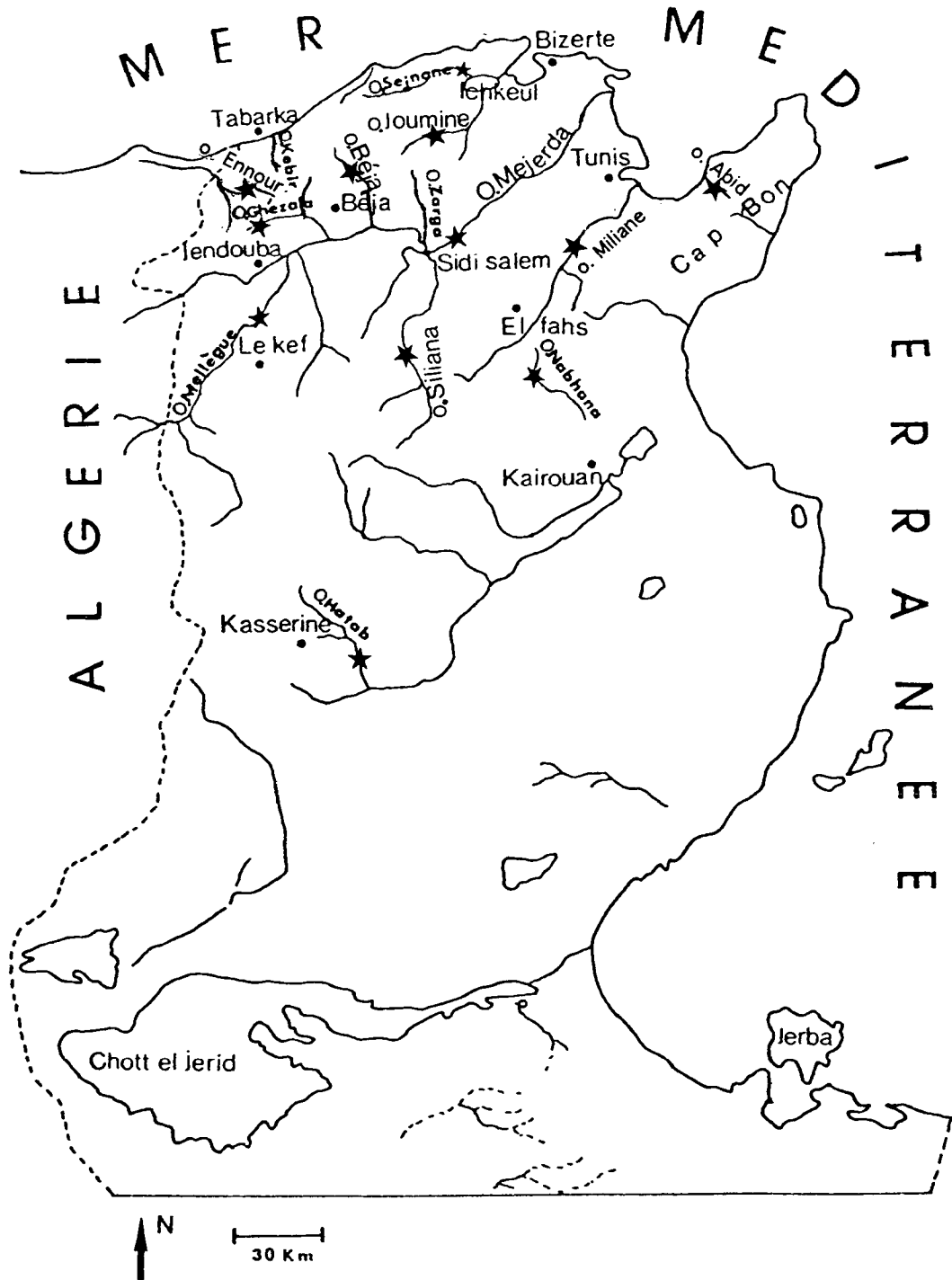


Figure 1 : Cours d'eau prospectés et localisation des stations d'étude.
Figure 1 : Prospected streams and location of study sites.

— Oued Ennour :	E	(14 spécimens)
— O. Ghézala :	G	(24 «)
— O. Béja :	B	(19 «)
— O. Mejerda à Sidi Salem :	M	(17 «)
— O. Siliana :	S	(24 «)
— O. Joumine :	J	(24 «)
— O. Sejnane :	C	(38 «)
— O. Abid :	A	(14 «)
— O. Milliane :	L	(25 «)
— O. Nabhana :	N	(21 «)

La description des poissons porte sur deux types de caractères :

- des caractères numériques (méristiques) qui correspondent au dénombrement de diverses pièces anatomiques (écailles, rayons des nageoires, branchiospines, etc...),
- et des caractères morphométriques qui correspondent à des mensurations de certains éléments du corps.

Les caractères méristiques correspondent à des variables discrètes qui fournissent des données objectives du fait qu'elles sont indépendantes de la taille du sujet examiné. Par contre, les caractères morphométriques correspondent plutôt à des variables continues corrélées avec la taille du sujet et présentent un caractère plus subjectif dans la mesure où la façon de mesurer est plus sujette à variation de la part de l'opérateur.

Analyse biométrique

Cette analyse a été effectuée sur les Barbeaux appartenant aux 10 populations citées plus haut. Chacune d'elles est décrite par 14 caractères. Les caractères retenus représentent 5 méristiques et 9 morphométriques ; ces derniers sont traduits sous forme de rapports, ils sont ainsi réduits à 7. L'étude biométrique générale portera alors sur 12 variables (Tableau III). Nous avons donc, pour chaque caractère, 220 observations.

Tableau III : Codes des variables retenues pour l'analyse canonique discriminante.

Table III : Variables codes used for the canonical discriminant analysis.

A - Variables méristiques	Codes
1) Nombre total de vertèbres	V1
2) Nombre de dents sur le 4 ^e rayon osseux de la nageoire dorsale	V2
3) Nombre de branchiospines sur le côté supérieur du 1 ^{er} arc branchial gauche	V3
4) Nombre de branchiospines sur le côté inférieur du 1 ^{er} arc branchial gauche	V4
5) Nombre d'écailles sur la ligne latérale	V5
B - Variables morphométriques transformées	
6)..... V7/V6 longueur de la tête/longueur standard	T1
7)..... V8/V7 diamètre de l'œil/longueur de la tête	T2
8)..... V9/V6 longueur de la nageoire pectorale/longueur standard	T3
9)..... V10/V6 distance entre les nageoires ventrales et l'anale/longueur standard	T4
10)..... V11/V6 distance pré-dorsale/longueur standard	T5
11)..... V12/V6 distance pré-ventrale/longueur standard	T6
12)..... V14/V13 longueur de la partie denticulée du 4 ^e rayon osseux de la nageoire dorsale/longueur totale du même rayon	T7

Pour le traitement statistique des données, nous avons fait appel à «l'Analyse Canonique Discriminante» (YOCCOZ, 1988 ; ZAIEM, 1988). Cette analyse multivariée permet de mettre en évidence la ou les dimensions selon lesquelles les groupes se distinguent le mieux. Plusieurs auteurs (RAO, 1953 et 1973 ; ROUVIER, 1966 ; HEBRANT, 1974...) ont montré que l'on peut établir des combinaisons linéaires discriminantes de plusieurs observations qui rendent le mieux compte de la dispersion de ces observations entre deux classes, deux espèces taxonomiques ou deux populations.

L'analyse a été effectuée selon un programme S.A.S. (Statistical Analysis System), qui nous a été aimablement fourni par le Centre de Calcul EL KHAWAREZMI de TUNIS ; nous avons utilisé la procédure CAN-DISC.

RÉSULTATS

Analyse écologique

Les eaux de surface en Tunisie sont essentiellement concentrées dans le Nord, correspondant à 80 % des potentialités hydrologiques du pays. L'examen des données morphodynamiques (tableau I) des différentes stations prospectées nous permet de distinguer 3 catégories d'oueds :

- les oueds d'altitude, de faibles dimensions et à cours plutôt rapide plus ou moins interrompu en période d'étiage (oueds Ennour et Ghézala),
- les oueds de plaine, de grandes dimensions et pérennes (oueds Mejerda, Miliane, Joumine et Nabhana),
- les oueds de plaine, de dimensions moyennes et à cours plus ou moins interrompu en période d'étiage (oueds Sejnane, Béja, Siliana et Abid).

Tableau I : Caractères morphodynamiques des milieux prospectés (R : rochers ; P : pierres ; G : graviers ; S : sable).

Table I : Morphodynamic characteristics of the prospected biotopes (R : rocks ; P : stones ; G : gravel ; S : sand).

Oueds	Affluence	Altitude (m)	Pente (%)	Largeur (m)	Substrat	Vitesse du courant	«Cours accidenté»
Ennour	O. El Kébir Algérie	410	4,17	4 - 2,5	R + P	Rapide	Oui
Ghézala	O. Bouherma et O. Mejerda	250	0,43	5 - 3,5	G + P + S	Rapide	Non
Béja	O. Mejerda	155	0,16	5 - 3,0	P + S	Rapide à moyen	à l'étiage
Retenue Sidi Salem	O. Mejerda	145	0,35	S : 4 300 ha	R + P + S + V	Moyen à calme	Non
Sejnane	O. Sejnane	10	0,14	6 - 3,5	P + G + S	Moyen	Oui
Joumine	O. Joumine	15	0,27	6 - 4,0	P + G + S	Moyen à rapide	Non
Abid	O. Abid	10	0,28	5 - 3,0	P + S	Moyen	+/-
Miliane	O. Miliane	170	0,22	6 - 4,0	R + P + S	Moyen à rapide	Non
Siliana	O. Mejerda	420	1,50	6 - 4,0	P + S	Moyen à rapide	Non
Nabhana	O. Nabhana	90	0,31	6 - 4,0	P + G + S	Moyen à rapide	+/-

D'autre part, l'analyse des données physicochimiques relevées sur 3 années consécutives : 1988 - 89 - 90 (tableau II) montre que les eaux des différents milieux ne se différencient nettement que par les variations de la salinité. En effet, la composition en sels est généralement stable ou varie peu ; sur l'ensemble des stations, la salinité **S** mesurée aux quatre saisons (tableau II) permet de définir :

- une région nord-ouest à faible salinité : oueds Ennour, Ghézala et Béja, avec $0,1 < S < 0,4$ g/l en hiver et $0,2 < S < 0,7$ g/l en été,
- une région côtière nord, à très forte amplitude de variation : oueds Sejnane, Joumine et Abid avec respectivement 0,4 ; 0,4 et 0,3 g/l en hiver et 2,5 ; 1,2 et 1,1 g/l en été,
- une région centre à forte salinité : elle comprend tous les autres cours d'eau analysés. La salinité en hiver ne descend que rarement au dessous de 1g/l et dépasse toujours cette valeur en été, avec un maximum de 3 g/l mesuré dans l'oued Miliane.

Ce gradient de salinité nord-sud a déjà été observé (KALLEL, 1984) avec des valeurs inférieures à 1,5 g/l au nord, 1,6 g/l à Sidi Salem et 1,8 g/l dans l'oued Nabhana, la plus au sud des stations étudiées.

Les autres mesures de sels dissous confirment la principale partition du pays en régions nord-ouest et centre-sud avec une forte augmentation des concentrations en SO_4^{--} , Cl^- , NO_3^- et $CaCO_3$ vers le centre-sud (tableau II).

Tableau II : Physicochimie des eaux des différents milieux prospectés (valeurs extrêmes des relevés effectués, en cours de journée, sur 3 années successives : 1988-89-90).

Table II : Water physicochemical parameters of the various prospected biotopes (extreme values of measurements carried out, during the day, along 3 successive years : 1988-89-90).

Oueds	t °C (eau)	O ₂ (mg/l)	Salinité (g/l)	Cond. (20 °C) (µS/cm ²)	pH	SO ₄ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Dureté totale (mg CaCO ₃ /l)	Alcalinité (mg HCO ₃ /l)
O. Ennour	5,1 - 27,2	7,8 - 10,5	0,1 - 0,2	230 - 420	7,8 - 8,3	30 - 81	30 - 50	0,05 - 0,25	100 - 130	60 - 200
O. Ghézala	5,4 - 27,8	7,6 - 9,8	0,1 - 0,6	354 - 1210	7,8 - 8,4	80 - 195	30 - 150	0,27 - 1,15	150 - 215	200 - 250
O. Béja	5,8 - 28,7	7,2 - 9,7	0,2 - 0,7	567 - 1400	8,0 - 8,3	85 - 180	80 - 180	1,05 - 9,90	120 - 360	250 - 330
Sidi Salem	6,2 - 28,4	7,6 - 9,5	1,6 - 2,3	1760 - 2540	8,1 - 8,4	500 - 610	400 - 520	0,94 - 1,80	600 - 700	150 - 180
O. Joumine	6,4 - 28,7	7,8 - 10,7	0,4 - 1,2	450 - 1550	8,2 - 8,5	60 - 170	60 - 100	2,50 - 8,20	360 - 430	180 - 200
O. Sejnane	7,2 - 29,1	7,1 - 11,9	0,4 - 2,5	546 - 3900	8,2 - 8,7	45 - 90	160 - 430	1,25 - 3,70	450 - 700	130 - 250
O. Abid	7,1 - 29,3	6,3 - 9,1	0,3 - 1,4	520 - 2215	7,8 - 8,2	130 - 170	170 - 570	0,82 - 1,35	300 - 370	100 - 380
O. Miliane	7,4 - 29,6	7,2 - 11,7	2,0 - 3,1	2100 - 6400	8,2 - 8,6	900 - 1500	450 - 1960	1,95 - 4,65	600 - 1300	170 - 360
O. Siliana	7,8 - 30,1	7,8 - 11,5	0,8 - 1,3	1100 - 1700	7,8 - 8,2	250 - 460	50 - 215	4,87 - 8,92	500 - 600	160 - 215
O. Nabhana	8,2 - 31,2	7,8 - 9,8	0,8 - 1,6	2100 - 2900	7,6 - 8,7	400 - 610	200 - 570	0,28 - 1,54	380 - 930	110 - 230

Les autres facteurs tels que l'oxygène dissous, le pH ou l'alcalinité (HCO_3) et la dureté ne présentent pas de contraste nord/sud, à l'exception de la conductivité qui est essentiellement fonction de la salinité et de la température qui reflète un certain réchauffement des eaux du nord vers le sud.

Analyse des différentes populations de *B. callensis*

1. Structures canoniques

Les variables canoniques sont choisies de façon à assurer un rapport maximum des différences entre groupes par comparaison avec les différences existant à l'intérieur des groupes. On détermine ainsi les coefficients canoniques standardisés des variables qui permettent de définir les composantes canoniques, ainsi que la quantité d'absorption de la variabilité par ces composantes.

a) Définition des axes canoniques

Le tableau IV représente les structures canoniques qui constituent les corrélations des caractères initiaux avec les axes canoniques.

La première composante canonique (Can. 1) est fortement corrélée avec V_3 : le nombre de branchiospines sur le côté supérieur du 1^{er} arc branchial gauche. D'autres variables pourraient être corrélées à un degré moindre avec cet axe ; il s'agit de V_5 : nombre d'écaillés sur la ligne latérale et V_2 : nombre de dents sur le 4^e rayon osseux de la nageoire dorsale.

La deuxième composante canonique (Can.2) est définie essentiellement par V_4 : nombre de branchiospines sur le côté inférieur du 1^{er} arc branchial gauche.

Tableau IV : Structures canoniques (a) et coefficients canoniques standardisés (b) des populations de *B. callensis* étudiées.

Table IV : Canonical structures (a) and standardized canonical coefficients (b) of the studied *B. callensis* populations.

Caractères Axes	V1	V2	V3	V4	V5	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Can 1 (a)	-0,416	0,169	0,926	0,458	-0,870	-0,610	-0,171	-0,041	-0,127	-0,441	-0,655	0,723
(b)	-0,177	-0,578	0,979	0,530	-0,690	-0,127	0,087	0,206	-0,118	-0,049	-0,113	0,329
Can 2 (a)	0,163	0,824	-0,048	0,842	0,179	-0,247	-0,548	0,699	0,818	-0,184	-0,118	0,332
(b)	0,119	0,545	-0,574	0,980	0,090	0,062	-0,024	0,193	0,301	-0,229	0,266	0,326

b) Absorption de la variabilité des caractères par les axes canoniques

D'après le Tableau V, l'axe Can.1 défini par (V_3 , V_5 et V_2) absorbe 35,7 % de la variabilité ; l'axe Can.2 défini par (V_4) absorbe 28,4 % de la variabilité. Ainsi, à elles deux, les composantes Can.1 et Can.2 absorbent 64,1 %, soit environ les 2/3 de la variabilité. Nous allons donc nous limiter à ces deux composantes pour établir les projections des populations sur les plans qu'elles engendrent.

La construction des polygones délimitant les différentes populations a permis de mettre en évidence deux groupes de populations (Fig. 2).

Un premier groupe bien isolé des autres est constitué par la population de l'oued Ennou, caractérisé par :

Tableau V : Absorption de la variabilité par les axes canoniques.

Table V : Variability absorption by the canonical axes.

Axes	Can. 1	Can. 2
Corrélation canonique	0,790	0,755
Erreur standard approximative	0,025	0,029
Valeur propre	1,669	1,328
Pourcentage d'inertie	35,70	28,40
Inertie cumulée	35,70	64,10

- un nombre relativement important de denticulations (26 en moyenne) sur le dernier rayon osseux de la nageoire dorsale,
- un nombre relativement important de branchiospines (4 sur le côté supérieur et 8 sur le côté inférieur du 1^{er} arc branchial gauche),
- une tête plus petite, et un œil plus petit.

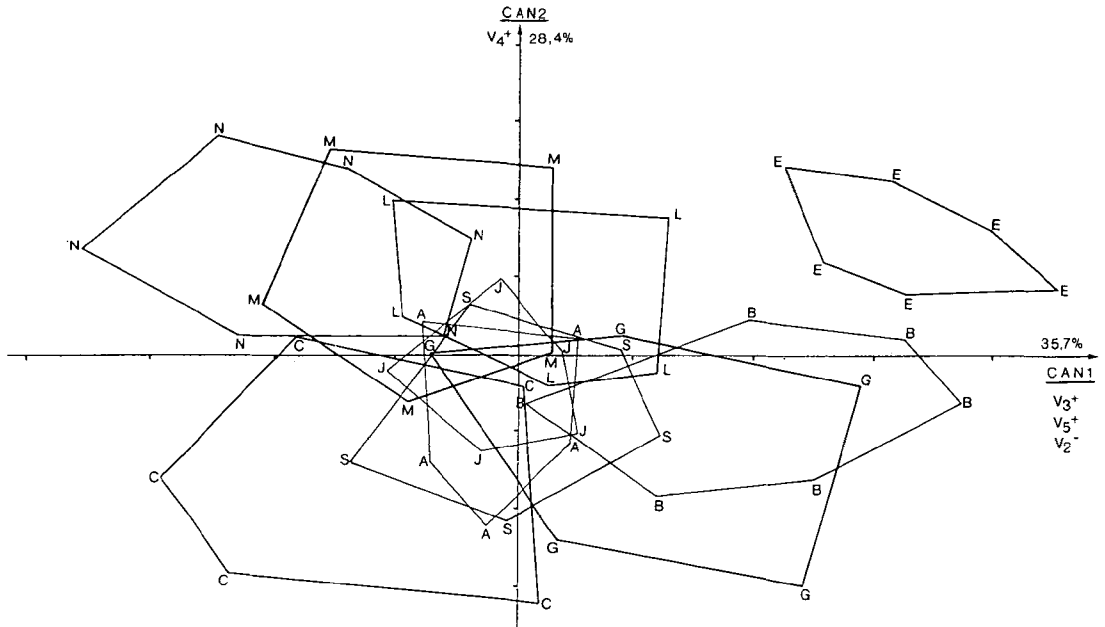


Figure 2 : Représentation graphique de l'analyse canonique discriminante relative aux diverses populations de *B. callensis* étudiées (légende dans le texte).

Figure 2 : Graphic representation of the canonical discriminant analysis relative to the various studied populations of *B. callensis* (legend in the text).

Ces distances permettent par la suite d'établir un dendrogramme qui classe les différentes populations selon leurs degrés de proximité (SNEATH et SOKAL, 1973) :

$$I_p = \frac{1}{D^2} \times 100$$

Nous constatons que les plus grandes distances sont celles qui séparent la population d'Ennour des autres populations. Par ailleurs, les distances les plus importantes se situent entre cette dernière et celle du Sejnane (28,58), celle du Nabhana (27,95) et celle du Siliana (22,66). Signalons, en outre, que toutes les distances séparant les différentes populations sont significatives.

L'établissement du dendrogramme des indices de proximité des populations (Fig.3) déduits des distances de Mahalanobis permet de distinguer plus nettement les groupes de populations. Ainsi nous distinguons, d'après l'arbre constitué, la population bien isolée de l'oued Ennour, oued d'altitude, de faibles dimensions, et à cours interrompu en période d'étiage, qui présente des eaux très douces, fraîches, claires et propres, et le groupe formé par les autres populations qu'on peut diviser en deux sous-groupes. Le premier renferme les populations des oueds Joumine, Miliane, Mejerda et Nabhana, oueds de plaine pérennes et de grandes dimensions, caractérisés (à l'exception de l'o. Joumine) par des eaux plus salées, plus réchauffées, plus turbides et moins propres. Le deuxième regroupe les populations des oueds Abid, Sejnane, Béja, Ghézala et Siliana ; ces oueds de plaine mais de dimensions moyennes se caractérisent par des eaux de qualité physico-chimique intermédiaire et un cours plus ou moins permanent. Ceci explique la position centrale de ces populations par rapport à celles d'Ennour d'une part, et de Joumine, Miliane, Mejerda et Nabhana, d'autre part.

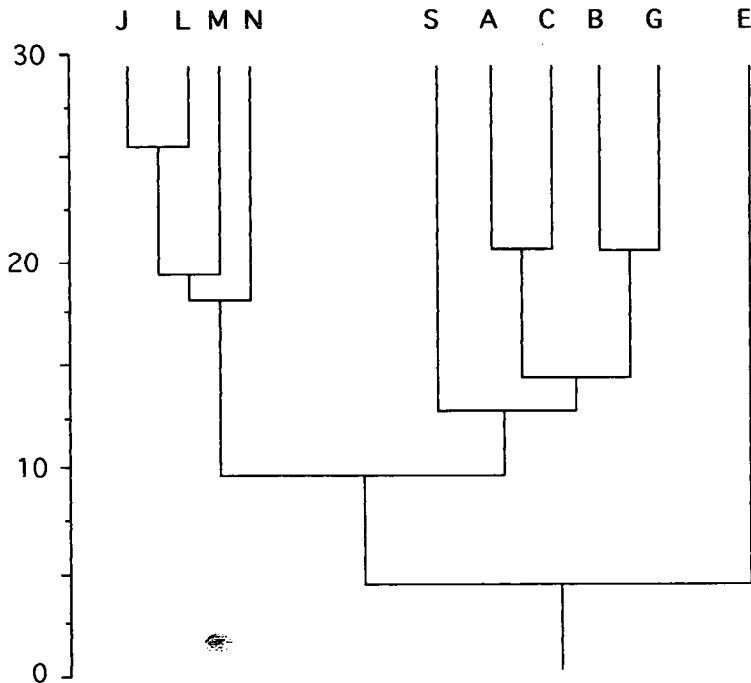


Figure 3 : Dendrogramme des indices de proximité des différentes populations de *B. callensis* étudiées (légende dans le texte).

Figure 3 : Proximity index dendrogram of the various studied populations of *B. callensis* (legend in the text).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Cette étude biométrique nous a permis, grâce à l'utilisation de l'analyse canonique discriminante,

- d'une part, de limiter le nombre de caractères étudiés en mettant en évidence ceux qui discriminent le plus les populations. Ces caractères sont essentiellement le nombre de branchiospines du 1^{er} arc branchial, le nombre d'écaillés sur la ligne latérale, le nombre de dents sur le 4^e rayon osseux de la nageoire dorsale et le rapport du diamètre de l'oeil à la longueur de la tête ;
- d'autre part, de classer les différentes populations selon les deux premières composantes canoniques et de les comparer.

L'apparition de deux ensembles bien individualisés a permis de mettre en évidence l'existence d'une population «originale» au nord-ouest (celle d'Ennour). Celle-ci, appartenant à un bassin versant indépendant situé au nord-est de l'Algérie, se trouve géographiquement isolée, ce qui laisse supposer des échanges géniques faibles voire absents entre cette population et toutes les autres.

Cependant, certaines des autres populations, en l'occurrence celles de Khroumirie (Béja et Ghézala) géographiquement proches de celle d'Ennour, semblent présenter avec celle-ci des affinités morphologiques qui tendent à les rapprocher. Mais, d'un autre côté, la grande similitude que présentent les deux populations des oueds Béja et Ghézala avec les autres populations de l'intérieur du pays les retient dans cet ensemble. L'appartenance de ces populations à des bassins versants qui communiquent pourrait engendrer un brassage génique qui expliquerait ces similitudes.

D'autre part, bien qu'elle soit géographiquement plus éloignée de celle d'Ennour et occupant un milieu écologiquement différent, la population du Miliane paraît phénotypiquement aussi proche d'elle que les populations de Béja et de Ghézala. Nous retrouvons ici la distorsion, constatée lors de l'approche biochimique que nous avons déjà entreprise (BERREBI *et al.*, en cours), entre les caractéristiques écologiques du milieu et les caractéristiques génétiques des barbeaux qui les peuplent car l'oued Miliane, dont la population est génétiquement rattachée au groupe d'Ennour et du Nord-Ouest (Fig. 2), est écologiquement nettement du groupe Centre. De plus, l'o. Joumine, qui présente des caractères écologiques typiques des oueds du Nord, voit sa population classée génétiquement dans le groupe du Centre (Fig. 3).

Malgré l'homogénéité apparente du grand ensemble, nous remarquons certaines différences entre les populations de *B. callensis* auxquelles s'ajoutent les distorsions entre l'écologie et la génétique de ces populations. Ce qui nous laisse supposer que cette différenciation aurait une origine paléo-historique liée aux difficultés de colonisation d'un bassin à partir d'un autre, avec des étapes longues et des effets fondateurs puissants, et non seulement à une adaptation aux conditions écologiques.

BIBLIOGRAPHIE

- DAGNELIE P., 1982. Analyse statistique à plusieurs variables. Presse agronomique, Gembloux, Belgique, 362 p.
- HEBRANT F., 1974. Problèmes de discrimination dans le cas de plusieurs populations. *Biométrie, Praximétrie*, 14, 3-4.
- KALLEL R., 1984. La salinité des eaux de surface en Tunisie. *Rapp. int. DRE*, Tunisie, 55 p.
- KRAIEM M.M., 1983. Les poissons d'eau douce de Tunisie. Inventaire commenté et répartition géographique. *Bull. Inst. natnl scient. techn. Océanogr. Pêche Salammbô*, 10, 107-124.

- LOUDENSLAGER E. J., GALL G.A.E., 1980. Geographic patterns of protein variation and subspeciation in cutthroat trout, *Salmo clarki*. *Syst. Zool.*, 29 (1), 27-42.
- RAO C.R., 1953. Discriminant functions for genetic differentiation and selection. *Sankhya*, 12, 229-246.
- RAO C.R., 1973. Recent trends of research in multivariate analysis. *Biometrics*, 28, 3-22.
- ROUVIER R., 1966. L'analyse en composantes principales : son utilisation en génétique et ses rapports avec l'analyse discriminante. *Biometrics*, 22, 334-357.
- SNEATH P.H.A., SOKAL R.R., 1973. Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification. FREEMAN, San Francisco, 573 p.
- YOCCOZ N.G., 1988. Le rôle du modèle euclidien d'analyse des données en biologie évolutive. *Thèse Doct., Univ. Lyon I*, 254 p.
- ZAIEM M.H., 1988. Les méthodes exploratrices de l'analyse des données. *Univ. Tunis, Inst. sup. Educ. Form. cont.*, 225 p.