



THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES BIOLOGIQUES

Étude de la différenciation de 5 populations de *Barbus plebejus* (Valenciennes, 1829) de l'Italie septentrionale

Mertens, Michel

Award date:
1996

Awarding institution:
Université de Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

SECRETARIAT BIOLOGIE
F.U.N.D.P.

Rue de Bruxelles, 59
B 5000 NAMUR (Belgique)
Tél. 081 / 72 44 18 - Fax 081 / 72 44 20

14 AOUT 1996

FACULTES UNIVERSITAIRES N.-D. DE LA PAIX

NAMUR

FACULTE DES SCIENCES

Etude de la différenciation de 5 populations de *Barbus plebejus* (Valenciennes, 1829) de l'Italie septentrionale.

Mémoire présenté pour l'obtention du grade

de Licencié en Sciences

biologiques

Mertens Michel

Septembre 1996

Remerciements.

Je voudrais tout d'abord remercier le laboratoire d'ichtyologie et de plancton de Trieste, dont tous les membres m'ont chaleureusement accueilli, pour leur patience sans égale pour mes nombreux problèmes linguistiques.

Je voudrais remercier également le prof. Specchi et le prof. Amirante, qui m'ont permis de travailler dans leur laboratoire respectifs et ont aiguillé mes recherches sur le barbeau italien.

Je m'en voudrais d'oublier deux personnes qui, non contente de m'accueillir et de m'aider dans mon travail, m'ont témoigné leur amitié, et sans lesquelles rien n'aurait été possible. Il s'agit de la Dott. Elizabetta Pizzul et de la Dott. Sylvia Battistella. Leur disponibilité et leurs conseils innombrables m'ont permis de travailler et de m'intégrer dans les divers laboratoires où j'ai travaillé.

Mes parents, enfin, pour leur soutien sans réserve, tant affectif que financier, tout au long de mon parcours académique.

1. INTRODUCTION.....	5
2. FAMILLE CYPRINIDAE	6
2.1 PRESENTATION	6
2.2 DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE:	7
2.3 INTERETS DE L'ETUDE DES CYPRINIDAE	8
2.3.1 Aquaculture.....	8
2.3.2 Ornementation.....	9
3. LE GENRE <i>BARBUS</i>.....	10
3.1 PRESENTATION.	10
3.2 INTERET DU GENRE.....	11
3.3 ESPECES MENACEES.....	11
3.3.1 Facteurs de risques.....	12
4. ESPECE <i>BARBUS PLEBEJUS</i>.....	15
4.1 DESCRIPTION	15
4.2 EVOLUTION DE LA POSITION SYSTEMATIQUE.	16
4.3 REPARTITION DE L'ESPECE.....	18
4.3.1 En Italie.....	18
4.3.2 En Grèce	18
4.3.3 En Turquie	18
4.3.4 En Espagne	19
4.4 ECOLOGIE.....	19
4.5 DYNAMIQUE	21
4.6 REPRODUCTION.....	21
5. MATERIEL ET METHODES	23
5.1 PRESENTATION DES STATIONS D'ECHANTILLONNAGES.....	23
5.1.1 Le bassin de l'Isonzo	23
5.1.2 Le Bacchiglione.....	24
5.1.3 Le Stura di Lanzo.....	25
5.2 L'ANALYSE MORPHOMETRIQUE ET MERISTIQUE.	25
5.2.1 Présentation des mesures.....	25
5.2.2 Récolte des échantillons.....	26
5.2.3 Traitement des poissons récoltés.....	29

5.2.4 La détermination de l'âge des Barbus pêchés.....	30
5.3 L'ANALYSE DES PROTEINES TOTALES DU SANG SUR GEL DE POLYACRYLAMIDE	30
5.3.1 Présentation.....	30
5.3.2 Solutions utilisées pour l'analyse des protéines totales:	31
5.3.3 Mode opératoire.....	32
5.4 ANALYSE DE L'ESTERASE DU SERUM SANGUIN.....	34
5.4.1 Présentation.....	34
5.4.2 Solutions utilisées.....	34
5.4.3 Mode opératoire.....	35
5.5 METHODES STATISTIQUES UTILISEES DANS L'ANALYSE DES DONNEES.....	36
5.5.1 L'analyse par "cluster analysis".....	36
5.5.2 L'analyse en composantes principales.....	36
5.5.3 L'analyse discriminante multivariée pas à pas (stepwise).....	37
5.5.4 L'analyse de parallélisme des coefficients de régression.....	37
5.5.5 L'analyse du χ^2	38
6. RESULTATS.....	40
6.1 RESULTATS DES MESURES MORPHOMETRIQUES ET MERISTIQUES (ANNEXE 1)	40
6.1.1 les mesures méristiques.....	40
6.1.2 Les mesures morphométriques.....	41
6.1.3 Analyse de toutes les mesures par le biais de l'analyse multivariée pas à pas (stepwise).....	46
6.1.4 conclusion des mesures.....	46
6.2 RESULTATS DES MESURES BIOCHIMIQUES.....	48
6.2.1 Analyse des protéines hydrosolubles.....	48
6.2.2 Conclusions.....	51
6.2.3 L'analyse de l'estérase sanguine dans les diverses populations.....	52
7. CONCLUSIONS GENERALES.....	54
8. ANNEXES.....	56
8.1 ANNEXE 1: TABLEAUX DE DONNEES.....	56
8.2 ANNEXE 2 : STATISTIQUES GENERALES DES VARIABLES BIOMETRIQUES.....	57
8.3 ANNEXE 3: GRAPHIQUES DE COMPARAISON DES MESURES BIOMETRIQUES DEUX A DEUX POUR LES 5 POPULATIONS ETUDIEES.....	58
9. BIBLIOGRAPHIE.....	59

1. INTRODUCTION

Le *Barbus plebejus* (Valenciennes, 1829) est un cyprinidae du genre *Barbus*, que l'on peut retrouver de manière assez commune dans les fleuves de l'Italie septentrionale. Toutefois, malgré sa relative abondance, le statut taxonomique réel de cette espèce est encore extrêmement controversé et on est encore loin de connaître les éventuelles différences entre les populations de cette espèce en Italie.

L'intérêt principal de ce travail est de vérifier si on peut mettre en évidence des différences entre diverses populations de *Barbus plebejus* dans la région nord de l'Italie et si ces différences peuvent mener à une différenciation en sous-espèce à l'intérieur de la péninsule italique. Cette possibilité est plausible en raison du fait de la relative ancienneté de l'espèce italienne (Almaça, 1990). De plus comme l'espèce est assez peu étudiée et que l'on ne connaît presque pas ses diverses facettes telles que reproduction, écologie, dynamique de population, etc.. Toute contribution à cette connaissance est bienvenue.

Pour ce faire, Nous avons choisi 5 populations de *B. plebejus*, trois dans la région Friuli Venezia-Giulia (Isonzo, Torre, Natisone), une dans la région vénitienne (Bacchiglione) et une dans le Piémont (Stura di Lanzo à Turin). Nous avons effectué des prélèvements de poissons dans chacune de ces rivières. Les exemplaires de *B. plebejus* pêchés ont été ensuite mesurés et leur sang analysé par électrophorèse.

2. FAMILLE CYPRINIDAE

2.1 Présentation

Les cyprinidae sont des poissons présents dans la plus grande partie du monde. Ils se retrouvent naturellement en Asie, en Europe, en Afrique et en Amérique du nord. Ils ont été introduits à Madagascar et en Australie et sont absents d'Amérique du sud où cependant des fossiles rapportés à ce groupe ont pourtant été découverts récemment (Guégan *et al.* 1993) (Figure 1). C'est une famille très diversifiée, comptant a peu près 220 genres et 1700 espèces selon Howes, 1991. L'origine des cyprinidae est à ce jour encore controversée, bien que l'Asie méridionale semble en être le centre d'origine le plus probable.

La presque totalité des espèces de cyprinidae sont sténohalines dulcicoles. (Gandolfi *et al.*, 1991)

La grande variété des caractères écologiques et éthologiques rencontrée entre espèces est une conséquence de leur large distribution et de la radiation adaptative du groupe. On trouve des cyprinidae adaptés aux eaux froides et d'autres aux eaux chaudes; il en existe des nectoniques et des benthiques; des rhéophiles et d'autres typiques des eaux stagnantes. On trouve même quelques espèces, non européennes, qui sont cavernicoles. (Gandolfi *et al.*, 1991)

L'identification des cyprinidae à l'espèce est parfois assez ardue, car des taxa proches peuvent être presque impossibles à distinguer, et le même taxon peut présenter des différences énormes selon le lieu géographique.

certaines espèces proches peuvent en outre parfois s'hybrider, compliquant d'autant plus leur détermination (Berrebi *et al.*, 1993).

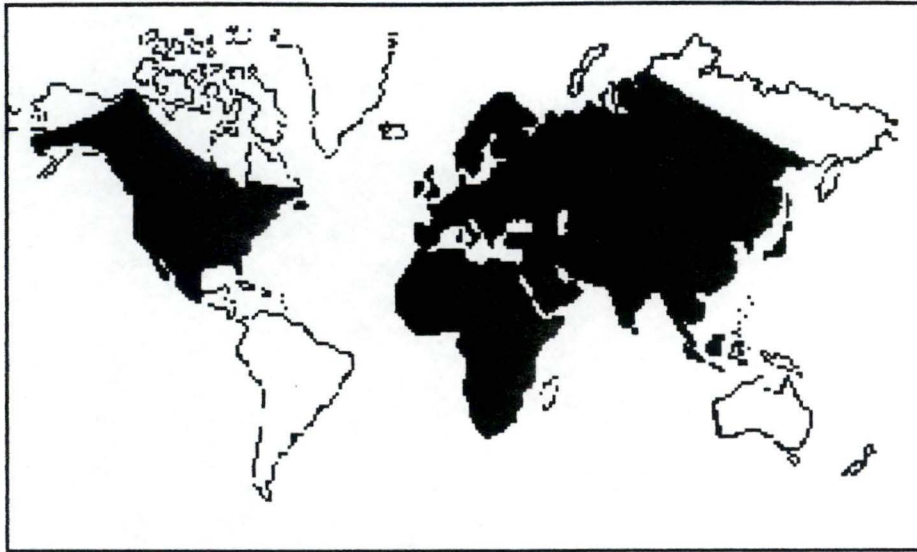


Figure 1: distribution des Cyprinidae dans le monde (d'après Lelek, 1987).

2.2 Description morphologique:

Les caractéristiques morphologiques des cyprinidae sont:

1. bord supérieur de la bouche constitué seulement des prémachoières.
2. De 1 à 3 séries de dents pharyngiennes qui s'opposent à une plaque connectée au basioccipital dérivant de la fusion des os pharyngiens supérieurs. La forme des dents et leur disposition est en rapport avec l'alimentation du poisson et possède une certaine importance dans la systématique du genre (Gandolfi *et al*, 1991) (Figure 2).
3. Barbillons absents, ou ne dépassant pas le nombre de deux paires, généralement assez peu développés.
4. Vessie natatoire divisée en deux chambres.
5. Appendice pylorique absent (Gandolfi *et al*, 1991).



Figure 2 : Exemple de dents pharyngiennes de *Barbus plebejus* en trois rangées d'après Pizzul *et al*, 1994.

2.3 Intérêts de l'étude des cyprinidae

2.3.1 Aquaculture

Les cyprinidae sont les premiers poissons qui ont fait l'objet d'une aquaculture. A ce jour cette forme d'aquaculture est la plus courante. Elle est utilisée principalement en Extrême-Orient, où cette forme de production alimentaire est solidement établie. La production mondiale aquacole est produite pour près de 50% par les cyprinidae, représentés par plusieurs millions de tonnes de poissons par an, principalement composés par différentes espèces de carpes (carpe commune, carpe

koi, carpe argentée, carpe à grosse tête et carpe herbivore) et de diverses espèces de tilapia.

2.3.2 Ornementation.

Une partie non négligeable de l'empoissonnement des aquariums d'eau douce et des étangs d'ornementations est assurée par les cyprinidae, dont le représentant le plus important est le célèbre poisson rouge (*Carassius auratus* Linnaeus, 1758), que tout le monde connaît et qui a été introduit pratiquement dans le monde entier.

3. LE GENRE *BARBUS*.

3.1 Présentation.

Le genre *Barbus* fait partie de la famille des cyprinidae, qui compte actuellement 22 espèces de *Barbus* s.s. dans la région européenne, une vingtaine en Afrique du Nord, et approximativement une vingtaine au Proche et Moyen-Orient (sud de la Turquie, Syrie, Iraq, Liban et Israël). (Philippart, 1993)

Les *Barbus* euro-méditerranéen sont souvent séparés en petites populations isolées l'une de l'autre d'un point de vue géographique. Cet isolement, est du le plus souvent à des chaînes de montagnes ou à la mer, et ses conséquences phénotypiques constituent une des difficultés majeures de la classification systématique de ce genre.

La question est de savoir si les différences que l'on peut découvrir entre populations distinctes peuvent produire une sous-espèce ou un simple sous-type géographique de la même espèce. Peut-on découvrir si le flux génétique entre populations est dû uniquement à l'isolement géographique ou à un mécanisme intrinsèque qui permettrait alors une classification entre sous-espèces, voire espèces? (Almaça, 1990)

Barbus Barbus (Linnaeus, 1758) est l'espèce qui est la plus largement répandue en Europe. On la trouve de la France jusqu'au bassin du Niemen au nord-est. En Angleterre, elle est considérée comme autochtone seulement dans quelques rivières du sud-est, mais elle se retrouve maintenant dans les aires de pêche du Severn, de l'Avons, de la Tamise, du Welland et du Trent, et probablement dans

quelques autres rivières. La limite de son extension orientale est constituée par le bassin du Dniepr.

Selon une série d'arguments génétiques et biogéographiques, Persat et Berrebi (1990) pensent que le *Barbus Barbus* serait originaire des fleuves orientaux et aurait colonisé l'Europe occidentale durant le Pléistocène.

3.2 Intérêt du genre

Le genre *Barbus* a été jusqu'à présent relativement peu étudié. L'accent a été le plus souvent mis sur l'étude des salmonidés ou des cyprinidés d'eaux calmes (carpes, Carassins) et sur les gasterosteidés (Poncin *et al*, 1993). Cependant des lacunes concernant la taxonomie exacte des espèces et sous-espèces de *Barbus* sont mises en évidence par tous les auteurs s'occupant de classifications (Almaça, 1989; Phillippart, 1993; Berrebi, 1993; Tortonese, 1970; Vitali, 1984; etc.). Les problèmes résultent le plus souvent du manque de données sur ces différentes espèces, entre autre dans la partie médio-orientale (Turquie, Syrie,...) (Almaça, 1984b).

3.3 Espèces menacées

Une série d'espèces européennes de *Barbus* s.s. sont considérées comme vulnérables ou en danger (Phillippart, 1993), entre autre les espèces suivantes:

- * *B. Barbus*: considéré comme vulnérable en Europe: disparu du bassin de l'Escaut, en forte régression dans le bassin de la Meuse belge et hollandaise, dans le Rhin et ses affluents allemands et hollandais ainsi que dans l'Elbe, la

Weser en Allemagne et dans d'autres bassins également, comme ceux de la Vistule en Pologne et du Danube en Autriche, Tchéquie et Slovaquie.

- * *B. meridionalis* (Risso, 1826): considéré comme vulnérable en Europe, notamment en Espagne, et fortement menacé en Suisse.
- * *B. peloponnesius* (Valenciennes, 1852): (ex. *B. meridionalis petenyi* (Heckel, 1847)): considéré comme vulnérable en Europe en danger dans le haut Danube en Allemagne et en Pologne.
- * *B. plebejus*: considéré comme vulnérable en Europe; en danger dans les rivières de la haute-adriatique en Slovénie.
- * *B. comiza* (Steindachner, 1865): vulnérable dans la péninsule ibérique où il a fortement régressé dans les bassins du Guadalquivir et du Guadania.
- * *B. guiraonis* (Steindachner, 1866), *B. plebejus haasi* (Mertens, 1924) et *B. microcephalus* (Almaça, 1967): considérés comme rare en Espagne dont ces espèces sont endémiques.

3.3.1 Facteurs de risques.

Selon Philippart (1993) Les facteurs de risques dus à l'homme peuvent être rangés en quatre catégories:

3.3.1.1 Altérations de la qualité des eaux:

- ◆ Baisse de la teneur en oxygène dissous due à l'eutrophisation, à la pollution organique et au réchauffement artificiel des eaux.
- ◆ Effets des toxiques chimiques et des micropolluants organiques bioaccumulés ainsi que des métaux lourds

- ◆ Effets des agents mutagènes induisant une série de tumeurs.
- ◆ Epizooties graves (p.ex. due à la myxosporidie *Myxobolus pfeifferi*).

3.3.1.2 Perte ou dégradation de l'habitat physique:

- ◆ Transformation des milieux lotiques en milieux lentiques dû à des barrages ou à la canalisation des cours d'eaux navigables.
- ◆ Blocages ou freinage de la migration de reproduction par des barrages de tous types.
- ◆ Modification ou disparition de la disponibilité des sites de résidence et de reproduction par des travaux d'aménagement des rivières (canalisation, dragages des graviers (frayères)).
- ◆ Réduction du débit des cours d'eaux, voire assèchement de ceux-ci par des ponctions excessives pour des besoins alimentaires, d'irrigations voire de production d'électricité, hydroélectrique ou nucléaire.

3.3.1.3 Exploitation halieutique:

- ◆ Surexploitation des stocks, surtout quand ils sont déjà en diminution pour les raisons citées ci-dessus.
- ◆ Manque de réglementation de la pêche commerciale et récréative.

3.3.1.4 Introduction espèces allochtones et repeuplement par des sujets d'élevage

- ◆ Introduction d'espèces allochtones prédatrices ou compétitrices.
- ◆ Mise en contact artificiel d'espèces différentes de *Barbus* normalement allopatriques avec le danger d'hybridation ou de compétition.

◆ Perturbations génétiques des espèces en place par l'apport de sujets d'élevage.

4. ESPECE *BARBUS PLEBEJUS*.

4.1 Description

C'est un poisson de taille moyenne à grande. Il peut atteindre une longueur totale de plus de 60 cm pour un poids dépassant les 4 kg (Tortonese, 1970) (Figure 3).

Le corps est fusiforme, avec un profil ventral moins arqué que le profil dorsal; les sections transversales du poisson sont ovales et tendent à être presque circulaires; la bouche est nettement infère. Il possède deux paires de barbillons, la première étant plus courte que la seconde. (Tortonese, 1970)

Les caractères méristiques relevés dans la littérature sont les suivants: 49-82 écailles le long de la ligne latérale, avec 12-18 files d'écailles au-dessus et 8-12 en dessous. Nombre de rayons des diverses nageoires: nageoire dorsale 9-10 (avec la première sans divisions et plutôt rigide chez les jeunes sujets); nageoire anale 6 avec la première sans divisions; nageoire caudale 19. 42-45 vertèbres; 6-13 branchiospines; dents pharyngiennes assemblées selon le schéma 5+3+2, chacune d'entre elles terminée par un crochet. (Pizzul *et al*, 1994)

La coloration de la peau est brune ou brun-verdâtre sur le dos, plus claire sur les flancs, avec des reflets jaunâtres, et blanche sur le ventre. A part la région ventrale, le corps est totalement recouvert de fins petits points gris, présents jusque sur les nageoires, surtout la dorsale et la caudale. Cette ponctuation est généralement plus prononcée chez les jeunes.

Les nageoires sont rougeâtres, la dorsale et la caudale peuvent devenir grises du fait de la superposition des pigments sombres. Il n'y a pas de dimorphisme sexuel (Tortonese, 1970).

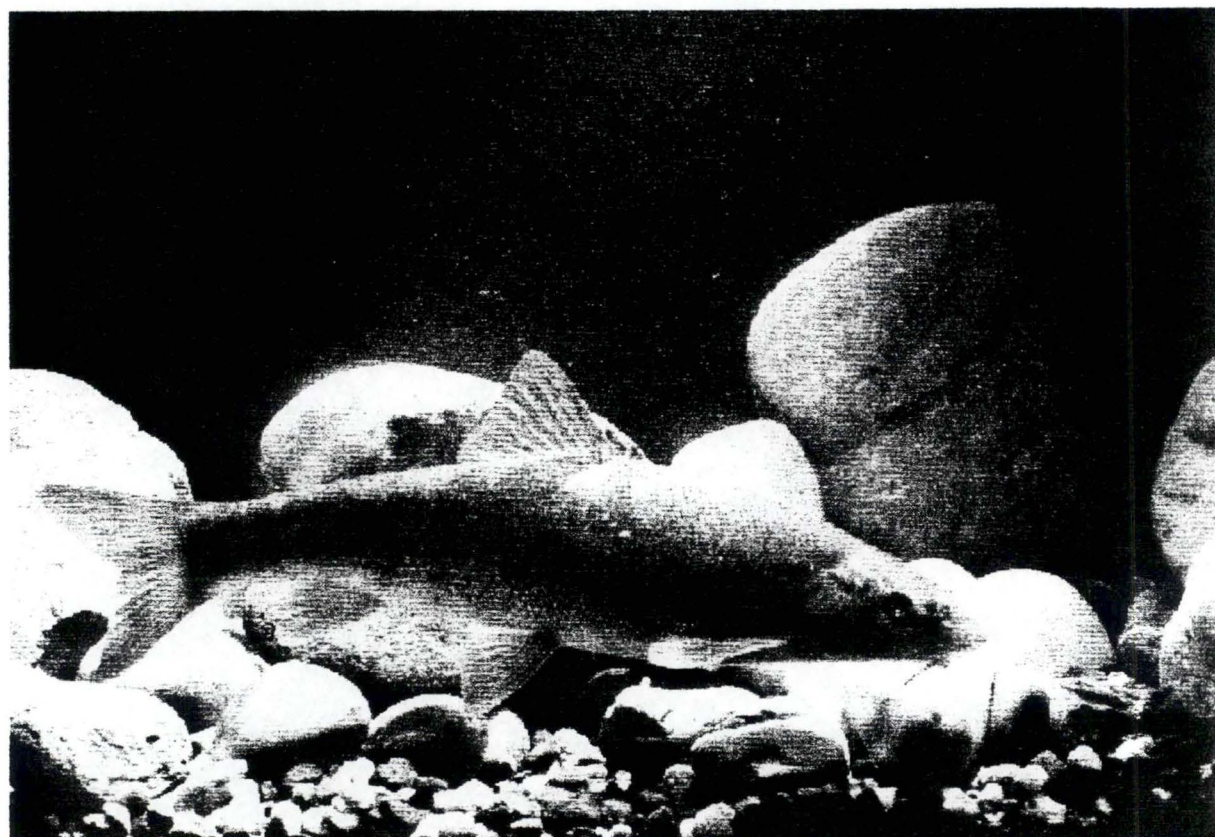


Figure 3 *Barbus plebejus* (Valenciennes, 1829), d'après Forneris *et al*, 1990.

4.2 Evolution de la position systématique.

La systématique de *Barbus plebejus* est encore matière à discussion et il n'y a pas de contribution récente qui ne pense à proposer un changement plus ou moins consistant. (Pizzul *et al.*, 1994)

B. plebejus, a été clairement classifié comme une espèce à part entière jusqu'en 1926, date à laquelle a été avancée l'hypothèse de sa possible identité avec le barbeau commun (Almaça, 1984a). Pour Koller (1926), il devrait être identifié comme une sous-espèce (*Barbus Barbus plebejus*) de *Barbus Barbus*, sous-espèce qui remplace en Italie et en Dalmatie la forme nominale.

Barbus Barbus est en effet une espèce polytypique dont il est possible de relever des différences selon un axe nord-sud dans quelques-unes des caractéristiques de grande importance dans la systématique du genre. (Pizzul *et al.*, 1994). D'autres sous-espèces présumées de *Barbus Barbus* découvertes en Italie, comme *B. eques* valenciennes, 1829, *B. canali* Valenciennes, 1832, et *B. fucini* Costa furent alors considérées comme synonyme de *B. Barbus plebejus*.

D'un autre côté, *B. cyclolepis* (Heckel, 1840), qui a été primitivement décrit à partir de poissons de la rivière Maritzka (Bulgarie), a été classé comme une espèce distincte et polytypique par Banarescu en 1964. Ses sous-espèces posséderaient une aire de distribution allant des Balkans à l'Anatolie en passant par la Crimée, la Transcaucasie, les systèmes fluviaux du sud de la mer Caspienne, la Syrie, et le système Tigre-Euphrate. Karaman, en 1971, assemble en une seule espèce, *B. plebejus*, toutes les formes incluses ou relatives aux deux groupes *B. plebejus* et *B. cyclolepis*. Dans celle-ci, Karaman considère 14 sous-espèces, dont trois nouvelles basées sur des exemplaires récoltés en Turquie (Almaça, 1984a).

L'espèce *Barbus plebejus*, qui possède une aire de distribution extrêmement éclatée, serait composée, selon Almaça (1984a), de 4 sous-espèces, ayant chacune sa propre aire de distribution: *Barbus plebejus haasi* (Mertens, 1924); *Barbus plebejus plebejus* (Valenciennes, 1829); *Barbus plebejus sperchiensis* (stephanidis, 1950) et *Barbus plebejus scincus* (Heckel, 1843).

Selon Almaça (1984b), il serait intéressant de poursuivre des recherches afin de vérifier s'il ne faudrait pas considérer *B. plebejus* comme une super espèce.

Dans ce cas, la question serait de savoir quelles espèces pourraient y être incluses ainsi que les critères de différenciation.

4.3 Répartition de l'espèce.

Le *Barbus plebejus* est considéré comme une espèce euro-méditerranéenne de *Barbus* (Almaça 94), dont l'aire de dispersion est divisée en quatre régions non adjacentes l'une à l'autre (Figure 5).

4.3.1 En Italie

Barbus plebejus est présent dans les bassins les plus importants d'Italie (Dancevich et al, 1982), où on le rencontre surtout dans la partie Nord. Sa présence est incertaine dans les eaux des îles, (Sicile et Sardaigne). (Figure 4).

4.3.2 En Grèce

Almaça, 1984a, considère l'espèce *B. sperchiensis* comme une sous-espèce de *B. plebejus* (*B. plebejus sperchiensis*). Cette espèce est endémique de la rivière Sperkhios en Grèce

4.3.3 En Turquie

On peut rencontrer la sous-espèce *B. plebejus scincus* dans le sud de la Turquie, la Syrie et le Tigre.



Figure 4 : Distribution du *Barbus plebejus* en Italie (en grisé) (d'après Forneris *et al.*, 1990)

4.3.4 En Espagne

La sous-espèce *Barbus plebejus haasi* (Mertens, 1924) se trouve dans le nord-est de la péninsule Ibérique.

4.4 Ecologie

L'écologie du *Barbus plebejus* est assez peu connue (Pizzul *et al.*, 1993). Le *Barbus plebejus* est un rhéophile privilégiant les eaux courantes de bonne portance,

pas trop rapides mais bien oxygénées et pas trop chaudes, à fond rocailleux ou de gravier. Ce qui correspond à la classique zone à barbeau du cours moyen-supérieur des bassins hydrographiques.(Forneris et al., 1990)

Le barbeau italien est un poisson grégaire, surtout dans les stades juvéniles, restant en petits groupes à proximité des trous d'eaux, ou dans la partie la plus profonde du lit de la rivière. Il est présent surtout dans les cours d'eau de grande importance.(Gandolfi et al., 1991).

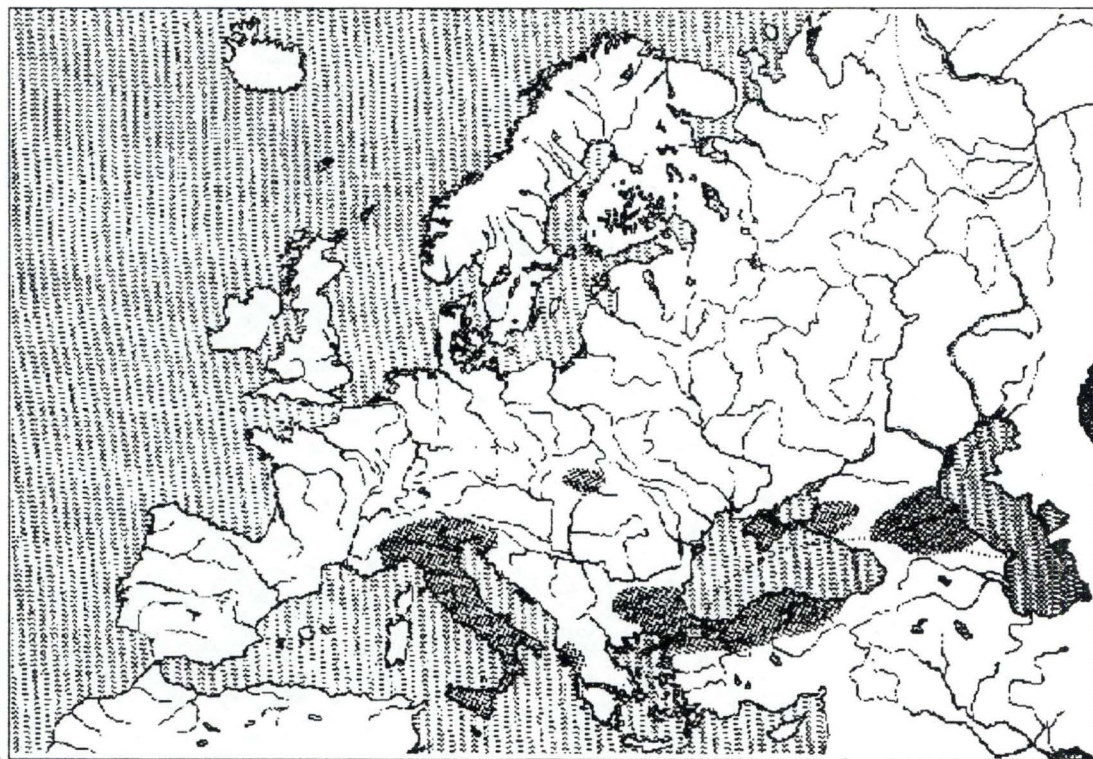


Figure 5 : Distribution de l'espèce *Barbus plebejus* en Italie et en Turquie, en grisé (d'après Lelek, 1987)

Le barbeau est un poisson lié au fond, l'explorant et le fouillant, à la recherche de débris organiques et de petits invertébrés benthiques (vers, larves d'insectes...). On peut donc le considérer comme omnivore, même si la composante carnivore de son alimentation est sans conteste prépondérante.

4.5 Dynamique

Les seuls travaux effectués à ce jour sur la dynamique du *Barbus plebejus* italien sont, respectivement, ceux de Vitali *et alii* (1984) dans le cours moyen du Pô et celui de Pizzul *et al.* (1994), dans le bassin du fleuve Isonzo. Dans le Pô (Vitali *et al.*, 1984), les barbeaux ont une longueur totale de 4,5 à 7 cm à un an (1-3 g.), 25-27 cm à 3 ans (200 g.) et 36-38 cm à 5 ans (700-800 g.).

D'autre part, selon Pizzul (1994), dans le bassin de l'Isonzo, on peut trouver 7 classes d'âge (0+ - 6+), dans lesquelles on remarque une majorité d'individus mâles dans les premières classes (0+ - 3+) tandis que les femelles prédominent les classes d'âges plus avancés, jusqu'à constituer l'entièreté de la classe 6+.

4.6 Reproduction

La maturité sexuelle est atteinte vers 2-3 ans chez les mâles et vers 3-4 ans chez les femelles (Balci *et al.*, 1990).

La saison de reproduction s'étend de la mi-mai jusqu'à la mi-juillet. Durant cette période, les barbeaux effectuent une migration vers l'amont de manière à se réunir dans les parties du cours d'eau possédant une profondeur moyenne et constitué d'un fond de galets ou de gravier, qui favorisent le dépôt des oeufs. Les femelles, suivies de petits groupes de mâles, déposent les oeufs sur le fond du lit de rivières à courant rapide. Les oeufs mesurent de 2 à 2,5 mm de diamètre et chaque femelle en dépose quelques milliers (de 5 000 à 10 000). A la température de 16 °C, l'éclosion

a lieu après 8 jours. Environ dix à vingt jours après la naissance, les jeunes larves commencent leur vie libre, se mouvant dans la colonne d'eau et formant des groupes avec les alevins d'autres espèces de cyprinidae (Gandolfi et *al.*, 1991).

5. MATERIEL ET METHODES

Pour l'étude des différences potentielles entre populations de *B. plebejus*, nous avons choisi de prendre en considération deux méthodes principales: l'analyse morphométrique et méristique et l'analyse des protéines totales du sang sur gel de polyacrylamide.

En complément, nous avons effectué une analyse de l'estérase sanguine afin de confirmer ou d'infirmer les résultats obtenus lors de l'analyse des protéines totales du sang.

5.1 Présentation des stations d'échantillonnages

5.1.1 Le bassin de l'Isonzo

5.1.1.1 L'Isonzo

Il naît et son cours se situe pour la plus grande partie en Slovénie, à partir de quelques riches sources qui se trouvent à environ 940 mètres d'altitude. Le trait le plus notoire de l'Isonzo est le fait que l'on peut souvent le voir pratiquement à sec aux environs de Cassegliano, même après l'apport de l'eau du Torre. Ce fait est explicable par la géologie du terrain. A cet endroit en effet, le cours d'eau s'écoule sur du calcaire karstique très poreux, et souvent toute l'eau du fleuve se trouve absorbée dans le sol. On ne retrouve un cours à ciel ouvert que quelques kilomètres plus en aval, où le cours d'eau resurgit en récupérant une grande partie de son eau (figure 6).



Figure 6: Localisation des cours d'eaux utilisés dans la région Friuli Venezia-Giulia. (d'après Pizzul et al, 1994)



Figure 7 : Carte géographique de la province de Vicenza avec le fleuve Bacchiglione (mis en évidence).

Du fait que son cours se situe dans la région notoirement la plus pluvieuse d'Italie, ce Fleuve est le plus riche en eau de toute la région Friuli Venezia-Giulia. (Stoch et al, 1992)

5.1.1.2 Le Torre.

Il naît à 529 mètres au pied de la « Piana dei Musi », une zone caractérisée par les plus grandes valeurs de pluviosité en Italie. Il cours ensuite vers le sud dans une gorge tout d'abord en terrain calcaire, puis en terrain calcaro-dolomitiques. Lorsqu'il arrive à sa confluence avec l'Isonzo, il se retrouve pour la plupart du temps à sec, du au terrain calcaireux très poreux sur lequel de trouve son lit. (Figure 6) (Stoch et al, 1992)

5.1.1.3 Le Natisone.

Il naît à proximité de la frontière Italo-slovène, à la confluence du Rio Bianco et du Rio Nero. Après un petit parcours en territoire italien, il passe en Slovénie pendant une petite quinzaine de kilomètres, jusqu'à la « Sella di Caporetto », où il plie brusquement vers le sud pour revenir en territoire italien. (Figure 6). A son arrivée dans la plaine du Frioul, les eaux s'enfoncent jusqu'à une profondeur de 150 mètre de la surface de la plaine, et il conflue donc virtuellement, sauf dans les cas de fortes crues, dans le Torre au niveau de Trivignano. (Stoch et al, 1992)

5.1.2 Le Bacchiglione

Le Bacchiglione est un fleuve qui coule vers le sud dans la plaine de Vicenza. C'est un des fleuves les plus importants de la province de Vicenza. Il nait de la confluence de plusieurs petites rivières au nord de la ville de Vicenza et conflue avec la mer au sud de Chioggia (Figure 7).

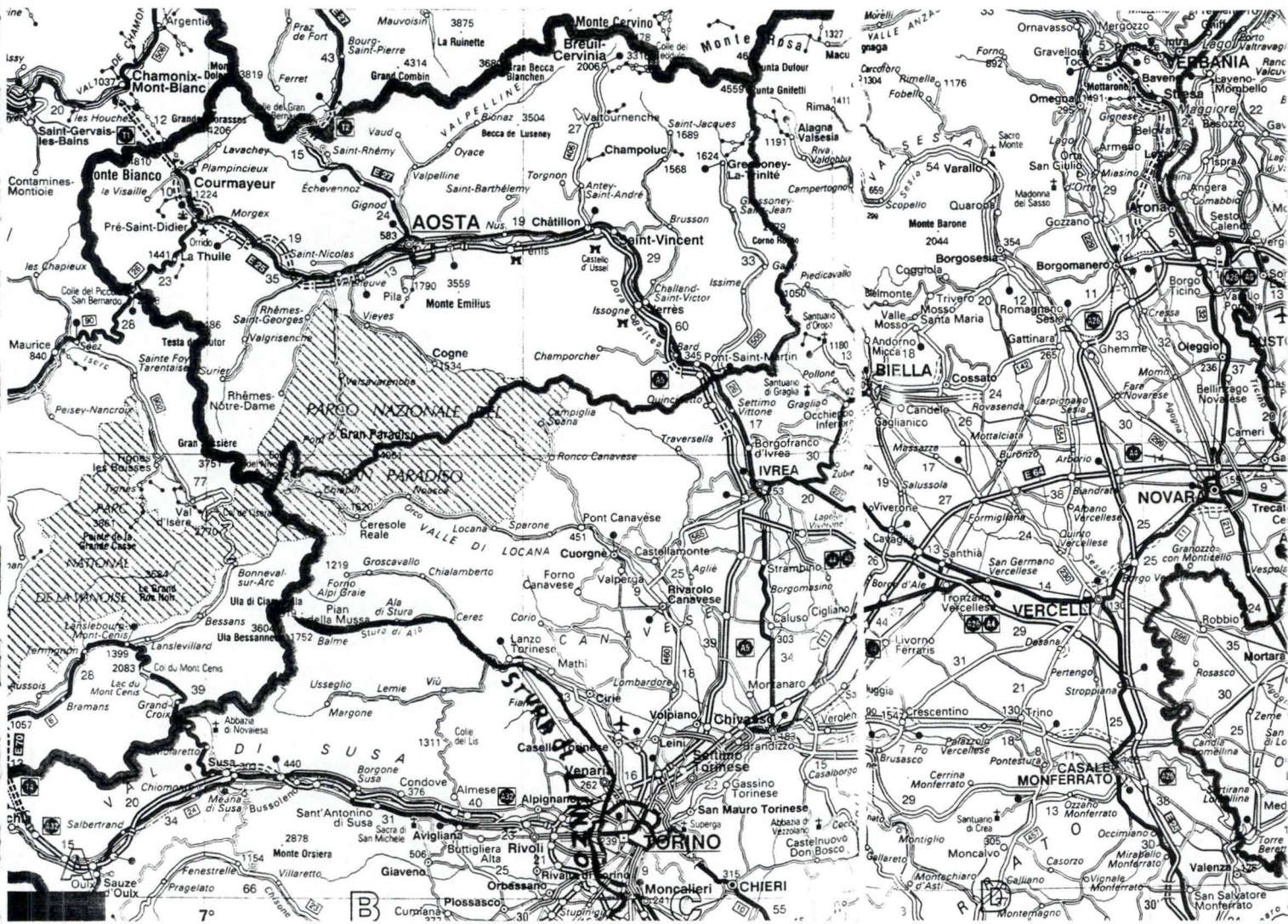


Figure 8 : Carte géographique de la province de Turin avec la rivière Stura di Lanzo (mis en évidence).

5.1.3 Le Stura di Lanzo

Le Stura di Lanzo est une rivière qui se trouve dans un secteur dont les précipitations annuelles sont assez uniformes et comprises entre 1200 et 1500 mm par an.

Au Nord de Chialamberto, affleurent des gneiss du massif du Gran Paradiso.; plus en bas, il traverse du schiste pour terminer par les lherzolites mésozoïques.

La végétation est en grande partie composée de bois mixtes latifolié et de châtaigniers. En aval des bois se retrouvent souvent des prairies abandonnées.(Figure 8)

5.2 L'analyse morphométrique et méristique.

5.2.1 Présentation des mesures

Il s'agit de l'approche la plus souvent utilisée jusqu'à présent en systématique. Elle fait plutôt appel à des calculs statistiques et permet une assez bonne discrimination, quoique soumise par nature aux aléas de l'analyse statistique (représentativité de la population, échantillonnage correct, problèmes d'interprétation,...) (Treer, 1993).

Nous avons décidé de prendre en compte les 6 paramètres méristiques qui suivent:

- Nombre de dents pharyngiennes (DF)
- Nombre de rayons de la nageoire dorsale (D)
- Nombre de rayons des nageoires pectorales (P)

- Nombre de rayons des nageoires ventrales (V)
- Nombre de rayons de la nageoire anale (A)
- Nombre d'écailles sur la ligne latérales (l.l.)

Les nageoires pectorales et ventrales ont été étudiées en comptant séparément les rayons de chaque nageoire droite et gauche, au cas où une dissymétrie latérale se serait révélée. Dans le comptage des rayons, la distinction n'a pas été faite entre rayons épineux et rayons bifides (nageoire dorsale principalement).

De même, pour ce qui regarde les dents pharyngiennes, le nombre total des dents a été reporté sans la distinctions entre les différentes files de dents

8 paramètres morphologiques ont été également mesurés:

- Longueur totale du poisson (LT)
- Longueur standard (LS)
- Longueur de la tête (LC)
- Hauteur (H)
- Longueur tête-aplomb de la nageoire dorsale (LD)
- Longueur tête-nageoire anale (LA)
- Longueur de la nageoire pectorale (LP) et
- Poids (W) (Figure).

5.2.2 Récolte des échantillons

Les poissons sont prélevés par pêche électrique. Cette méthode est basée sur l'observation selon laquelle les poissons, dans certaines conditions, réagissent à un courant électrique, et migrent vers le pôle positif (l'anode). En pratique, la pêche électrique se passe de la manière suivante : la cathode, constituée d'un fil conducteur, d'un générateur électrique, le plus souvent mobile, est plongée dans le

courant de la rivière. L'électrode positive est utilisée pour la récolte du poisson. Dans la plupart des cas, il s'agit d'un anneau métallique monté sur un manche en matière isolante. Elle est alors immergée dans le courant. Durant la pêche en eau peu profonde, le pêcheur marche lentement, en remontant le courant et en fouillant le cours d'eau de son anode. Dans un rayon variant selon la puissance du courant électrique utilisé, les poissons sont d'abord attirés vers l'anode, puis s'immobilisent. Il est alors facile de les recueillir avec une épuisette.

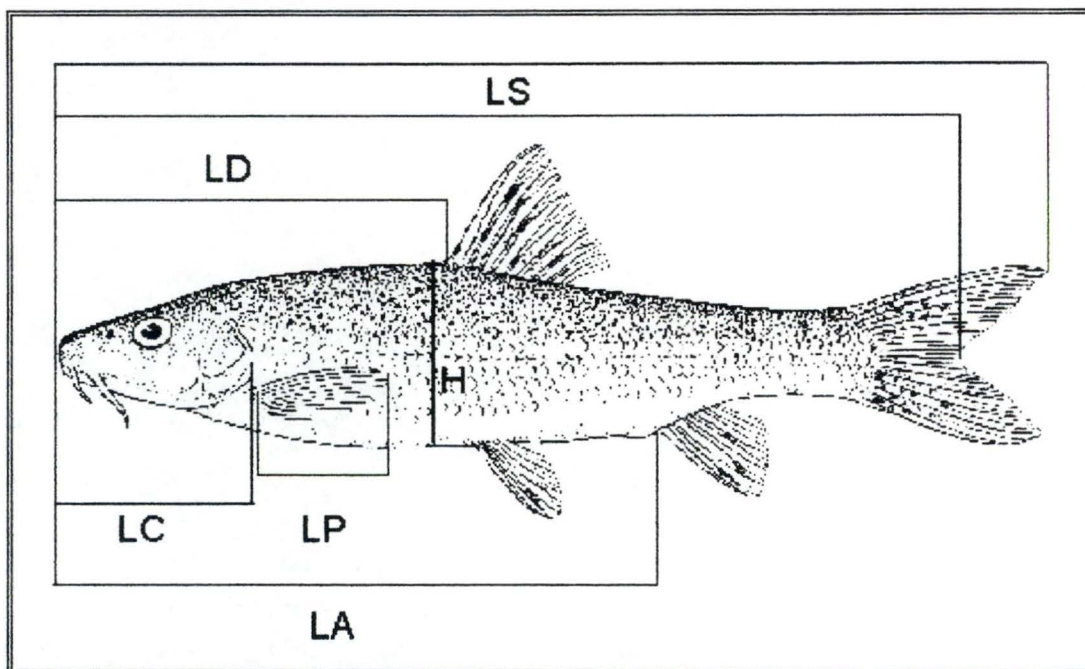


Figure 9 : Mesures méristiques de *Barbus plebejus* (modifié selon Tortonese, 1990)
 LT= longueur totale; LS= longueur standard; LD= longueur dorsale; LC= longueur de la tête; LA= longueur jusqu'à l'anus; LP= longueur de la pectorale; H= hauteur.

Un courant continu d'une puissance variant de 0,5 à 1,5 kilowatt pour un voltage de 220 à 700 volts est généralement utilisé. Le poisson réagit à la différence de potentiel entre la tête et la queue, c'est le « potentiel corporel », ce qui permet de distinguer cinq réactions:

- a) au bord du champ électrique, le poisson est effrayé et s'écarte;
- b) quand le potentiel corporel augmente, le corps du poisson est secoué;
- c) avec un potentiel corporel encore plus élevé, le poisson nage vers l'anode, c'est le phénomène d'électrotactisme;
- d) si le potentiel croît encore, le poisson est paralysé, on parle alors d'électronarcose;
- e) si l'action du potentiel est continue, ou si le potentiel corporel croit encore, le poisson est tué par électrocution;

Jusqu'à la réaction (d), le poisson ne souffre pas et survit sans difficultés. Pour beaucoup de poissons, la différence de potentiel entre la tête et la queue (potentiel corporel) doit être comprise entre 1 et 4 volts; 1,2 à 4 volts pour une truite.

Près de l'anode, il y a une forte baisse de potentiel. Cela se voit sur la Figure où une différence de potentiel de 1 volt correspond à l'intervalle entre chaque ligne concentrique. On remarque qu'une grande truite (A) a un potentiel corporel de 1,2 volt quand elle se trouve à 2 mètres de l'anode. C'est la valeur limite qui provoque l'approche vers le pêcheur. Cependant, les lignes d'égal potentiel sont de plus en plus serrées, et à 1 mètre de l'électrode positive, le poisson couvre deux lignes de potentiel, soit 2 volts, ce qui est nécessaire pour le paralyser. Une truite plus petite (B) ne sera paralysés qu'à environ 60 cm de l'anode tandis que la toute jeune truite (C) devra s'approcher à 40 cm. Cela a pour conséquence que les grands poissons seront plus faciles à attraper et que le potentiel doit être ajusté à la taille des poissons désirés.

La conductivité joue également un rôle considérable. Quand elle est élevée, en eau salée ou en eau polluée, la pêche électrique devient plus difficile et nécessite des appareillages spécialement adaptés (B. J. Muus *et al*, 1990).

Pour la région Friuli Venezia-Giulia (les fleuves Natisone, Torre et Isonzo), la récolte des *Barbus* a été effectuée par l'Ente Tutela della Pesca. Pour les autres

populations étudiées, la coopérative Aquaprogram a récolté les exemplaires du Bacchiglione et l'Université de Turin ceux de la Stura di Lanzo à Turin.

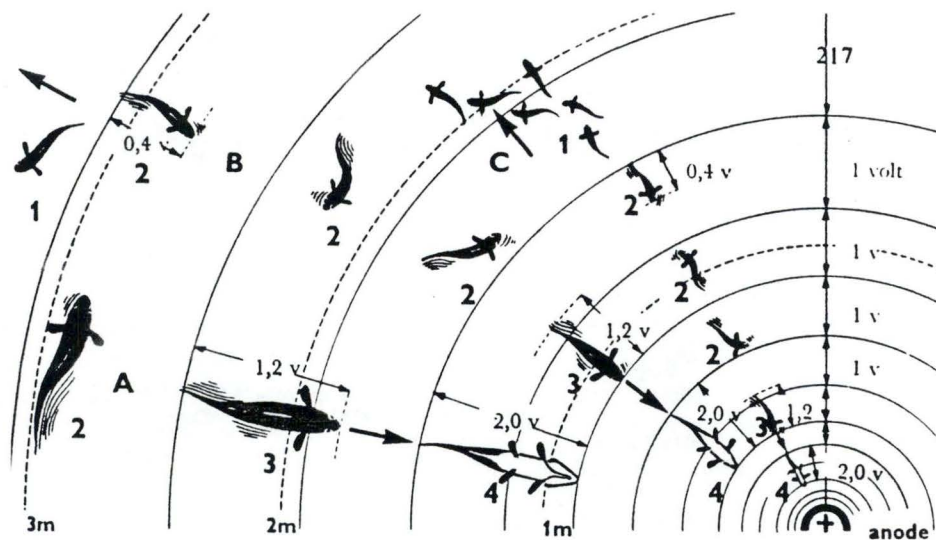


Figure 10 : Effets d'une anode traversée d'un courant électrique placée dans une rivière sur le comportement natatoire des poissons soumis au champ électrique généré (d'après Muus, 1991)

5.2.3 Traitement des poissons récoltés

Les poissons sont immergés dans de l'eau à laquelle à été ajoutée une solution soporifique (glycol éthylnique monophényl'éther, 15-20 g pour 100 l d'eau) afin d'endormir les poissons avant la prise de sang.

Un échantillon de sang (± 1 ml) est alors prélevé dans l'artère de la seconde branchie, ceci pour 15 poissons de chaque population. Ils sont ensuite tués et transportés au laboratoire où ils sont congelés en attendant les analyses morphométriques et méristiques. Tous les poissons de chaque population ont été alors analysés d'un point de vue morphologique et méristique. Les mesures ont été effectuées avec une latte graduée au millimètre. Le poids a été déterminé à l'aide

d'une balance digitale avec une précision du dixième de gramme. La détermination du sexe s'est effectuée par dissection à frais des poissons et détermination visuelle.

5.2.4 La détermination de l'âge des Barbus pêchés.

L'âge des exemplaires récoltés a été déterminé au moyen de deux méthodes différentes: la lecture des écailles et la lecture des otolithes.

Pour la lecture des écailles, 5 écailles ont été prélevées dans la zone du tronc entre la nageoire dorsale et la ligne latérale sur chaque exemplaire étudié. Après un bain dans l'alcool à 90°, elles ont été lavées à l'eau et ensuite montées entre deux lames porte-objet pour l'examen au microscope oculaire comme le suggère Pizzul *et al*, 1994. L'âge est déterminé par le comptage des cercles plus sombres (annuli) concentrique autour du centre d'ossification des écailles ou focus. Ceux-ci sont dus au ralentissement de la croissance du poisson pendant les mois hivernaux. La moyenne des 5 mesures a été retenue comme valeur la plus probable.

Pour la lecture des otolithes, le crâne des 218 exemplaires recueillis a été sectionné dans le sens longitudinal pour l'extraction du lapillus. Nous avons choisi de prendre en considération le lapillus au lieu de la sagittale, plus souvent utilisée, car il est possible, pour l'espèce *B. plebejus*, de lire par transparence à l'aide d'un simple binoculaire. Pour la sagittale, il est impératif de faire une section longitudinale pour avoir la possibilité de lire l'otolithe.

5.3 L'analyse des protéines totales du sang sur gel de polyacrylamide

5.3.1 Présentation.

L'analyse sur gel de polyacrylamide est une technique biochimique permettant de séparer différentes protéines sous l'action d'un champ électrique induisant une

différence de potentiel stable. Le mélange de protéines est déposé à une extrémité d'un gel coulé entre deux plaques de verre, puis un champ électrique est appliqué au gel. Les protéines migrent à l'intérieur du gel à des vitesses différentes en fonction de leur masse et de leur charge électrique superficielle. Nous avons dans notre cas utilisé un gel SDS-PAGE, qui sépare les protéines selon leur masse sans tenir compte de leur charge de surface. Ainsi, les plus légères migrent le plus rapidement, formant une séparation en bandes qui sont révélées ensuite grâce à une coloration, dans notre cas, par du bleu de Coomassie. Le nombre et l'épaisseur relative des différentes bandes reflètent la composition protéique de la solution étudiée. (Rawn, 1989)

5.3.2 Solutions utilisées pour l'analyse des protéines totales:

5.3.2.1 "Running" gel:

préparation du gel selon les normes officielles italiennes. Dose pour un gel
5,7 ml d'acrylamide 30% bisacrylamide 0,8% (10%)
pour 100 ml de solution, 30 g d'acrylamide et 0.8 g de bisacrylamide dissous
dans 80 ml d'eau bidistillée, puis mise à 100 ml avec de l'eau bidistillée.
2,4 ml de 1 M tris pH 8.8
170 µl SDS 10%
8,9 ml d'eau bidistillée
8,5 µl temed
95 µl d'ammonium persulfate (APS) (préparé sur le moment en diluant 0,05 g
d'ammonium persulfate en poudre dans 0,5 ml d'eau bidistillée.)

5.3.2.2 "Staking" gel

1,25 ml d'acrylamide 30% bisacrylamide 0,8%
0,5 ml de 1 M tris pH 8.8
75 µl de SDS 10%
3,75 ml d'eau bidistillée
1,85 ml de saccharose 60% (60g de saccharose dissous dans 30 ml d'eau
bidistillée, puis porté à 100 ml avec de l'eau bidistillée)
3,75 µl de temed
47,5 µl d'ammonium persulfate

5.3.2.3 électrode buffer pH 8.8 (dose pour 1 l de solution)

3 g de tris

14.4 g de glycine
1 g de SDS

Porter la solution à \pm 800 ml avec de l'eau bidistillée, puis ajustement du pH avec HCl 40% ou NaOH 37%, ensuite porter à un litre avec de l'eau bidistillée.

5.3.2.4 Sample Buffer (non dénaturant)

400 μ l de Tris 1 M pH 6,8
2 ml de bleu de bromophénol 0,1%
4 ml de SDS 10%
9,5 ml d'eau bidistillée
½ cuillère à café de saccharose

5.3.2.5 Solution de coloration au bleu de Coomassie

2,5 g Brilliant Coomassie Blue (g 250)
100 ml d'acide acétique glacial
450 ml d'alcool méthylique pur
450 ml d'eau distillée

5.3.2.6 Solution décolorante

100 ml d'acide acétique glacial
450 ml d'alcool méthylique pur
450 ml d'eau distillée

5.3.3 Mode opératoire

Les catalyseurs, c'est-à-dire le Temed et l'ammonium persulfate, sont ajoutés au dernier moment.

Durant la polymérisation du running gel, on ajoute au-dessus de ce dernier un film d'alcool isobutylique afin d'empêcher son contact avec l'oxygène de l'air.

Après la polymérisation du running gel, le staking gel est culé au moment de l'insertion du peigne qui moulera les dix ou vingt puits de l'électrophorèse.

5.3.3.1 Préparation des échantillons

Les échantillons de sang sont centrifugés à 12000 T/m pendant 5 minutes, puis le sérum surnageant est recueilli. Après homogénéisation du caillot, une seconde centrifugation de 5 minutes est effectuée et le surnageant est de nouveau prélevé. Des aliquots sont alors préparés et stockés à -25 °C. Un aliquot de 10 µl du sérum résultant est alors mélangé à 10 µl de sample buffer. 10 µl de cette dernière solution est alors insérée dans chacun des puits. Cette opération est répétée pour tous les échantillons.

5.3.3.2 Migration

La cuve à électrophorèse est remplie de tampon. On y applique ensuite un courant constant de 6 mA (14 V, 1W) durant une période variant de 15 à 17 heures selon la population étudiée et la vitesse relative de la migration. La révélation des gels s'effectue par coloration, puis décoloration.

5.3.3.3 Révélation

Coloration au bleu de Coomassie

Décoller lentement le gel de la plaque de verre et couper le bord supérieur droit de ce dernier pour le repère du dernier puits. L'opération suivante consiste à le plonger dans la solution colorante. Laissez agir le colorant durant une demi-heure dans une étuve à 37°.

5.3.3.4 Décoloration

Plonger le gel dans la solution de décoloration et agiter lentement. Changer plusieurs fois la solution afin d'obtenir la coloration voulue pour le gel.

5.3.3.5 Stockage du gel

Déposer le gel dans un sachet plastique avec un fin film d'eau afin d'éviter la dessiccation et les déformations qui peuvent en résulter, puis le sceller hermétiquement.

5.4 Analyse de l'estérase du sérum sanguin

5.4.1 Présentation

L'analyse de l'estérase est une technique fort similaire à celle présentée ci-dessus. un échantillon de sérum est déposé sur un gel monostratique vertical LBK. Cet échantillon migre et la présence de l'enzyme est révélée par une coloration adéquate. La migration terminée, la position des isoenzymes est déterminée en traitant le gel avec une solution contenant un sel et un substrat spécifique pour l'enzyme considéré. L'enzyme catalyse la transformation du substrat en un produit coloré qui se lie au sel, l'identifiant par la formation de bandes de couleurs. Le principe général de l'électrophorèse reste inchangé.

5.4.2 Solutions utilisées

5.4.2.1 "Running" gel

solution pour 1 gel (Harris and Hopkinson, 1976)
13,5 ml d'acrylamide (50 ml H₂O; 11,1 g d'acrylamide; 0,3 g de bisacrylamide)
26,5 ml de Buffer TB (v. plus loin pour la composition)
22,5 µl de Temed
22,5 mg d'ammonium persulfate (ajouté directement en forme de poudre dans la solution)

5.4.2.2 Electrode Buffer Tris Borate (TB) pH 8,9 (dose pour 1 litre)

9,08 g de TRIS (0,075 M)
0,74 g d'acide borique (0,012 M)
Porter la solution à 1 litre avec de l'eau bidistillée. Il n'y a pas de correction de pH à effectuer (pH=8,9) (selon Studier, 1973).

5.4.2.3 Solution de coloration (Stain)

pour un gel (Harris et Hopkinson, 1976)

1 ml de 1% α -Naphthyl acétate (25 ml d'H₂O; 25 ml acétate; 500 mg α -Naphthyl)

2 ml phosphate monobasique 0,2 M (3,3 g monophosphate dans 500 ml d'eau bidistillée)

2 ml phosphate bibasique 0,2 M (3,5 g biphosphate dans 500 ml d'eau bidistillée)

25 mg Fast Blue BB

45 ml d'eau

5.4.2.4 Solution de décoloration (destaining)

dose pour 1 litre

100 ml d'acide acétique glacial

300 ml d'éthanol pur

600 ml d'eau bidistillée

5.4.3 Mode opératoire.

Le gel est coulé en une seule fois, le peigne déjà en place. La polymérisation est complète après une demi-heure. Les échantillons de 5 μ l de sérum sanguin sont ajoutés sur le gel sans autre préparation.

5.4.3.1 Migration

La cuve est remplie de buffer TB. Un courant de 10 mA par gel est appliqué pendant 10 minutes. Ensuite il est augmenté jusqu'à 20 mA par gel pendant environ 2 heures. Il est impératif de rester attentif car le voltage ne doit pas dépasser les 350 V. Dès que les 300 V sont rejoints, il est préconisé de passer à un voltage constant et de le maintenir jusqu'à la fin de la migration.

5.4.3.2 Révélation - décoloration.

Plongez le gel dans la solution colorante et laissez agir quelques minutes dans un endroit à l'abri de la lumière. Lorsque la coloration a atteint l'intensité voulue, ajouter du décolorant afin de stopper la réaction.

Pour le stockage la même méthode que celle décrite plus haut a été utilisée.

5.5 Méthodes statistiques utilisées dans l'analyse des données.

5.5.1 L'analyse par "cluster analysis"

L'objectif de la méthode "cluster analysis" est de séparer un set d'objets en groupes plus petit afin que les membres d'un même groupe diffèrent le moins possible l'un de l'autre, selon le critère choisi. Le but est de connaître et d'interpréter de façon plausible une structure existante et de réduire le nombre de variables afin d'en extraire une hypothèse ou les bases d'une future prédiction. (Spath, 1980)

Dans notre cas, nous avons utilisé l'indice de Jaccard. Celui-ci est un indice de simultanéité qui utilise des variables dichotomiques, c'est-à-dire la possession ou non d'une certaine caractéristique(Bijnen, 1973). L'algorithme de classification hiérarchique du lien moyen a ensuite été utilisé.

5.5.2 L'analyse en composantes principales

Le modèle de l'analyse en composantes principales a comme but de trouver les combinaisons linéaires variables corrélées maximisant la variance.

Les vecteurs de données utilisées pour des populations multivariées prennent en compte des observations répétées sur p variables possédant une corrélation possible. Dans certains cas p peut être égal à 50, 100 voire 1000. Pour cette raison, il est intéressant de chercher les manières de réarranger ou de résumer les données de façon à pouvoir réduire le problème avec un minimum de pertes d'information.(Press, 1972)

La méthode utilisée est celle des produits scalaires de corrélation. Les vecteurs d'eigenvaleur sont normalisés en utilisant la racine carrée des eigenvaleur comme longueur.

5.5.3 L'analyse discriminante multivariée pas à pas (stepwise).

L'idée de base de l'analyse discriminante est de ranger un individu ou un groupe d'individus dans une ou plusieurs populations connues ou non, sur base des observations de plusieurs caractères de l'individu ou du groupe (Narayan C. Giri, 1977). La méthode utilisée se nomme « pas à pas » ou stepwise. Elle consiste à introduire successivement dans la fonction discriminante les variables les unes après les autres suivant l'importance de leur apport conditionnel aux variables déjà introduites.

La démarche utilisée est de type décisionnel: soit un individu a , pour lequel on possède des valeurs observées de p variables et soit \mathbf{x} , le vecteur correspondant; on cherche à définir les règles de décisions permettant d'affecter \mathbf{x} à l'un des groupes (A, B, C...) en connaissant seulement \mathbf{x} (Berthier, 1975).

5.5.4 L'analyse de parallélisme des coefficients de régression

Cette analyse se base sur le fait que si les pentes de deux droites de régressions sont différentes, les deux échantillons analysés diffèrent de la même manière pour la variable étudiée. On a donc dans ce cas utilisé un test de t afin de vérifier la différence entre les pentes de droites de régression précédemment calculées (Dagnelies, 1975).

Les tests de t effectués répondent à la formule suivante:

$$t_{obs} = \frac{|b_1 - b_2|}{\sqrt{\sigma_{yx}^2 * \left[\frac{1}{SCE_{x_1}} + \frac{1}{SCE_{x_2}} \right]}}$$

où σ_{yx}^2 correspond à la formule suivante:

$$\sigma_{yx}^2 = \frac{(SCE_{yx})_1 + (SCE_{yx})_2}{n_1 + n_2 - 4}$$

$$= \frac{(SCE_y)_1 - \frac{SFE_1^2}{(SCE_x)_1} + (SCE_y)_2 - \frac{SFE_2^2}{(SCE_x)_2}}{n_1 + n_2 - 4}$$

5.5.5 L'analyse du χ^2

La loi d'Hardy-Weinberg, qui forme un des fondements de la génétique des populations, représente une situation sans évolution. En fait elle montre dans quelles circonstances deux allèles différents pourraient se retrouver indéfiniment dans la population, et dans les mêmes proportions. Selon cette loi, les fréquences des différents allèles d'un gène restent constantes si les conditions suivantes sont remplies:

1. la population est suffisamment grande
2. l'accouplement est soumis aux lois du hasard
3. il n'y a pas de mutations
4. il n'y a pas de flux génétiques
5. la sélection naturelle est inexistante

La structure génotypique d'une telle population à l'équilibre selon ces conditions peut être exprimée mathématiquement en fonction des fréquences relatives des différents allèles. Dans le cas le plus simple, où il n'y a que deux allèles pour le même gène, cette relation s'exprime selon la formule $p^2 + 2pq + q^2$ où p est la fréquence de l'allèle sauvage et q la fréquence de l'allèle muté.

Le principe d'Hardy-Weinberg est utilisé pour estimer la stabilité génotypique des populations étudiées. Celle-ci est fonction des paramètres cités auparavant. En pratique, afin de vérifier si une ou plusieurs populations sont à l'équilibre, on utilise un test de χ^2 calculé comme suit:

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{fréquence observée}(Ho) - \text{fréquence attendue}(He))^2}{\text{fréquence attendue}(He)}$$

dont le degré de liberté est égal au nombre de classes de données moins le nombre de paramètres calculés, moins un. (Hartl *et al*, 1993)

TAB 1 Statistiques des mesures méristiques effectuées sur les exemplaires de B. plebejus récoltés avec les mesures relevées dans la littérature.

(DF: Nombre de dents pharyngiennes D: Nombre de rayons de la nageoire dorsale P: Nombre de rayons des nageoires pectorales
V: Nombre de rayons des nageoires ventrale; A: nombre de rayons de la nageoire anale; l.l.: nombre d'écaillés sur la ligne latérale)

	Stura			Bacchiglione			Isonzo			Torre			Natisone			Gandolfi	Bianco *
	MIN	MAX	MOY.	MIN	MAX	MOY.	MIN	MAX	MOY.	MIN	MAX	MOY.	MIN	MAX	MOY.	MIN-MAX	MIN-MAX
DF	10,0	10,0	10,0	8,0	10,0	9,4	10,0	10,0	10,0	8,0	10,0	9,7	7,0	10,0	8,9	10,0	9-10
D	10,0	10,0	10,0	9,0	11,0	10,0	10,0	11,0	10,4	9,0	11,0	9,9	8,0	11,0	9,7	9-10	8,0
P	15,0	18,0	16,0	13,0	17,0	15,6	16,0	18,0	16,8	14,0	17,0	15,9	13,0	18,0	15,8		
V	9,0	9,0	9,0	8,0	10,0	8,8	9,0	10,0	9,1	8,0	10,0	9,1	8,0	11,0	9,1		7-8
A	7,0	8,0	7,2	5,0	8,0	6,5	7,0	8,0	7,1	6,0	8,0	7,1	7,0	8,0	7,0	6,0	5,0
l.l.	54,0	70,0	61,0	58,0	71,0	64,6	56,0	70,0	62,8	54,0	71,0	62,6	55,0	72,0	63,5	49-82	62-78

6. RESULTATS

6.1 résultats des mesures morphométriques et méristiques (Annexe 1)

6.1.1 les mesures méristiques

6.1.1.1 Présentation des résultats

Les statistiques générales ont été étudiées dans le cas des variables méristiques. Dans le tableau 1 ont été reportées les valeurs minimales, maximales et moyennes pour les différentes variables ainsi que les valeurs indiquées par Gandolfi *et al.* (1991) et par Bianco (1995) pour ces mêmes variables. Il n'a pas été possible d'effectuer un rapport sur base statistique, car les auteurs n'ont pas fournis les données nécessaires. Toutefois, une concordance assez bonne entre les résultats obtenus et les données de la littérature a été constatée de façon empirique: nombres de dents pharyngiennes 9-10 disposées en trois files 5+3+2 ou 5+3+1 (Forneris *et al.*, 1990; Gandolfi *et al.*, 1991; Tortonese, 1970); nombre d'écaillés sur la ligne latérale 54-72 pour notre échantillon, alors que la littérature en donne 62-78 (Bianco, 1995); 58-77 (Forneris *et al.*, 1990; Tortonese, 1970) ou 49-82 (Gandolfi *et al.*, 1991).

Les autres mesures effectuées se rapprochent également des données relevées dans la littérature sans permettre de distinguer une différence. Pour exemple, Nombre de rayons de la nageoire dorsale entre 9 et 11 (Pizzul *et al.*, 1994).

Tableau 2 Statistiques générales des mesures morphométriques des exemplaires de B. plebejus pêchés .

(LT: longueur Totale ; LS: longueur standard en cm; LC: longueur de la tête ; LPA: longueur tête-pore anal;

H: hauteur maximum du poisson; LD: longueur tête-aplomb de la nageoire dorsale;

P: longueur de la nageoire pectorale; W: poids du poisson)

Torre	<i>LTA (cm)</i>	<i>LS (cm)</i>	<i>LC (cm)</i>	<i>LPA (cm)</i>	<i>H (cm)</i>	<i>LPD (cm)</i>	<i>P (cm)</i>	<i>W (g)</i>
Moyenne	21,40	19,45	4,50	13,22	4,48	9,11	3,17	132,68
Variance de l'échantillon	32,46	27,30	1,50	12,96	0,87	5,83	0,67	11202,07
Minimum	10,50	9,40	2,20	6,50	2,40	4,30	1,40	12,70
Maximum	37,60	34,40	8,00	24,00	6,80	15,10	5,40	508,30

Natisone	<i>LTA (cm)</i>	<i>LS (cm)</i>	<i>LC (cm)</i>	<i>LPA (cm)</i>	<i>H (cm)</i>	<i>LPD (cm)</i>	<i>P (cm)</i>	<i>W (g)</i>
Moyenne	21,56	19,52	4,40	13,48	4,24	9,16	3,10	125,27
Variance de l'échantillon	31,78	25,93	1,57	13,91	0,81	6,75	0,74	10301,55
Minimum	12,00	10,90	2,30	7,40	2,50	4,60	1,60	20,50
Maximum	35,70	31,60	7,70	23,00	6,50	16,30	5,30	510,30

Bacchiglione	<i>LTA (cm)</i>	<i>LS (cm)</i>	<i>LC (cm)</i>	<i>LPA (cm)</i>	<i>H (cm)</i>	<i>LPD (cm)</i>	<i>P (cm)</i>	<i>W (g)</i>
Moyenne	26,80	23,92	5,41	16,58	4,89	11,06	3,98	217,95
Variance de l'échantillon	24,08	19,71	1,37	15,26	0,96	5,86	0,66	24651,36
Minimum	20,70	18,00	3,90	12,60	3,70	8,00	2,80	78,90
Maximum	40,00	35,50	8,80	30,30	7,90	18,70	6,20	838,40

Isonzo	<i>LTA (cm)</i>	<i>LS (cm)</i>	<i>LC (cm)</i>	<i>LPA (cm)</i>	<i>H (cm)</i>	<i>LPD (cm)</i>	<i>P (cm)</i>	<i>W (g)</i>
Moyenne	23,61	21,62	4,52	14,25	4,23	10,11	3,38	185,34
Variance de l'échantillon	63,71	59,04	2,31	22,61	1,52	12,23	1,59	23859,30
Minimum	12,30	11,20	2,40	7,30	2,20	4,90	1,50	19,70
Maximum	39,00	37,10	7,50	22,00	6,50	15,70	5,40	489,20

Stura di Lanzo	<i>LTA (cm)</i>	<i>LS (cm)</i>	<i>LC (cm)</i>	<i>LPA (cm)</i>	<i>H (cm)</i>	<i>LPD (cm)</i>	<i>P (cm)</i>	<i>W (g)</i>
Moyenne	24,71	22,39	4,98	15,25	4,41	10,53	3,56	154,78
Variance de l'échantillon	35,59	30,15	1,54	14,93	0,93	6,94	0,62	15170,20
Minimum	16,40	14,70	3,20	10,20	3,10	6,20	2,30	38,90
Maximum	38,00	34,20	7,50	24,50	7,20	16,90	5,40	564,00

6.1.2 Les mesures morphométriques

6.1.2.1 présentation des résultats

Les statistiques, moyenne, variance, minimum et maximum, ont été calculée pour toutes les variables biométriques mesurées dans les 5 échantillons représentant les 5 populations étudiées (Tableau 2)

Ces variables ont été étudiées séparément pour les mâles et les femelles de chaque groupe. Les moyennes des différentes variables ont été confrontées par l'intermédiaire de l'analyse des médianes, ou test de Kruskal-Wallis (Annexe 2). La mise en évidence d'une différence significative entre sexes pour les variables biométriques n'a pas été possible, sauf dans la rivière Stura di Lanzo à Turin pour ce qui concerne le poids. Cette différence peut être due au fait que la pêche de cet échantillon a eu lieu au plein milieu de la période de reproduction, les autres prélèvements ayant été effectués soit au début de la période de reproduction (cas du Natisone et du Bacchiglione) ou en fin pour les autres populations.

Ceci nous permet de dire qu'il n'a pas été possible, avec les variables qui ont été étudiées, de mettre en évidence un quelconque dimorphisme sexuel, en accord avec la littérature sur ce sujet (Gandolfi *et al*, 1991).

Les longueurs totales moyennes varient selon les populations entre 21,4 cm pour le Torre et 26,8 cm pour le Bacchiglione. Le poids moyen allant quant à lui de 125,2 g. à 217,9 g. du Natisone au Bacchiglione. Il est difficile de donner une signification à ces différences entre populations car elles changent selon la méthode de capture et le moment auquel a été effectué la pêche. Les pêches ont été effectuées entre la fin mai 1995 et la fin juillet 1995, vers la fin de la période de reproduction. Les données de poids peuvent certainement être faussées par le poids des oeufs portés par les femelles.

6.1.2 Les mesures morphométriques

6.1.2.1 présentation des résultats

Les statistiques, moyenne, variance, minimum et maximum, ont été calculées pour toutes les variables biométriques mesurées dans les 5 échantillons représentant les 5 populations étudiées (Tableau 2)

Ces variables ont été étudiées séparément pour les mâles et les femelles de chaque groupe. Les moyennes des différentes variables ont été confrontées par l'intermédiaire de l'analyse des médianes, ou test de Kruskal-Wallis (Annexe 2). La mise en évidence d'une différence significative entre sexes pour les variables biométriques n'a pas été possible, sauf dans la rivière Stura di Lanzo à Turin pour ce qui concerne le poids. Cette différence peut être due au fait que la pêche de cet échantillon a eu lieu au plein milieu de la période de reproduction, les autres prélèvements ayant été effectués soit au début de la période de reproduction (cas du Natisone et du Bacchiglione) ou en fin pour les autres populations.

Ceci nous permet de dire qu'il n'a pas été possible, avec les variables qui ont été étudiées, de mettre en évidence un quelconque dimorphisme sexuel, en accord avec la littérature sur ce sujet (Gandolfi *et al*, 1991).

Les longueurs totales moyennes varient selon les populations entre 21,4 cm pour le Torre et 26,8 cm pour le Bacchiglione. Le poids moyen allant quant à lui de 125,2 g. à 217,9 g. du Natisone au Bacchiglione. Il est difficile de donner une signification à ces différences entre populations car elles changent selon la méthode de capture et le moment auquel a été effectuée la pêche. Les pêches ont été effectuées entre la fin mai 1995 et la fin juillet 1995, vers la fin de la période de reproduction. Les données de poids peuvent certainement être faussées par le poids des oeufs portés par les femelles.

Les mesures maximales, moyenne et minimales de la longueur totale et du poids pour chaque classe d'âge ont été calculé pour le total des exemplaires (Tableau 3). Les mêmes statistiques se retrouvent pour les mâles et les femelles dans le tableau 4. Dans ce dernier tableau, les statistiques n'ont pas été calculées pour les classes d'âge 0+ et 1+ car le nombre d'exemplaires où il a été possible de déterminer le sexe était trop faible pour ces classes d'âges.

Dans les deux figures suivantes (Figure 11 et 12), on reporte la régression du poids sur la longueur totale des *B. plebejus*, représenté par une fonction exponentielle avec un coefficient de détermination très élevé. Sur les deux graphes sont également reportées les classes d'âge déterminées par la lecture des écailles (Figure 11) et par la lecture des otolithes (Figure 12). Il est a remarquer que la coïncidence des différentes classes d'âges déterminées par chacune des deux méthodes est presque parfaite. Pour cette raison, les graphiques et les tableaux successifs traitant de la différenciation en classes d'âge font tous références à la lecture effectuée par l'observation des écailles.

Le tableau 5 est constitué par les valeurs minimales, maximales et moyennes de la longueur totale et du poids pour chaque classe d'âge et pour tous les individus de chaque population. Nous constatons que les classes d'âges relevées au total sont au nombre de 7 (de la classe 0+ à la classe 6+). La classe la plus jeune à été pêchée dans la rivière Torre, dont les caractéristiques semblent les mieux adaptées à abriter les exemplaires juvéniles de cette espèce comme décrit dans Pizzul et *al.*, 1994. De même les exemplaires les plus âgés (6+) ont été pêchés dans le Torre et dans le Bacchiglione.

Dans les figures 13 et 14 sont représentées les fréquences relatives des classes d'âge pour le total des individus étudiés séparés selon le sexe. Nous observons pour les deux sexes que la classe d'âge comportant le plus d'individus est la classe 3+. Les classes d'âges 0+ et 1+ sont absentes des graphiques, cela étant du d'une part au petit nombre d'individus jeunes capturés, et d'autre part aux

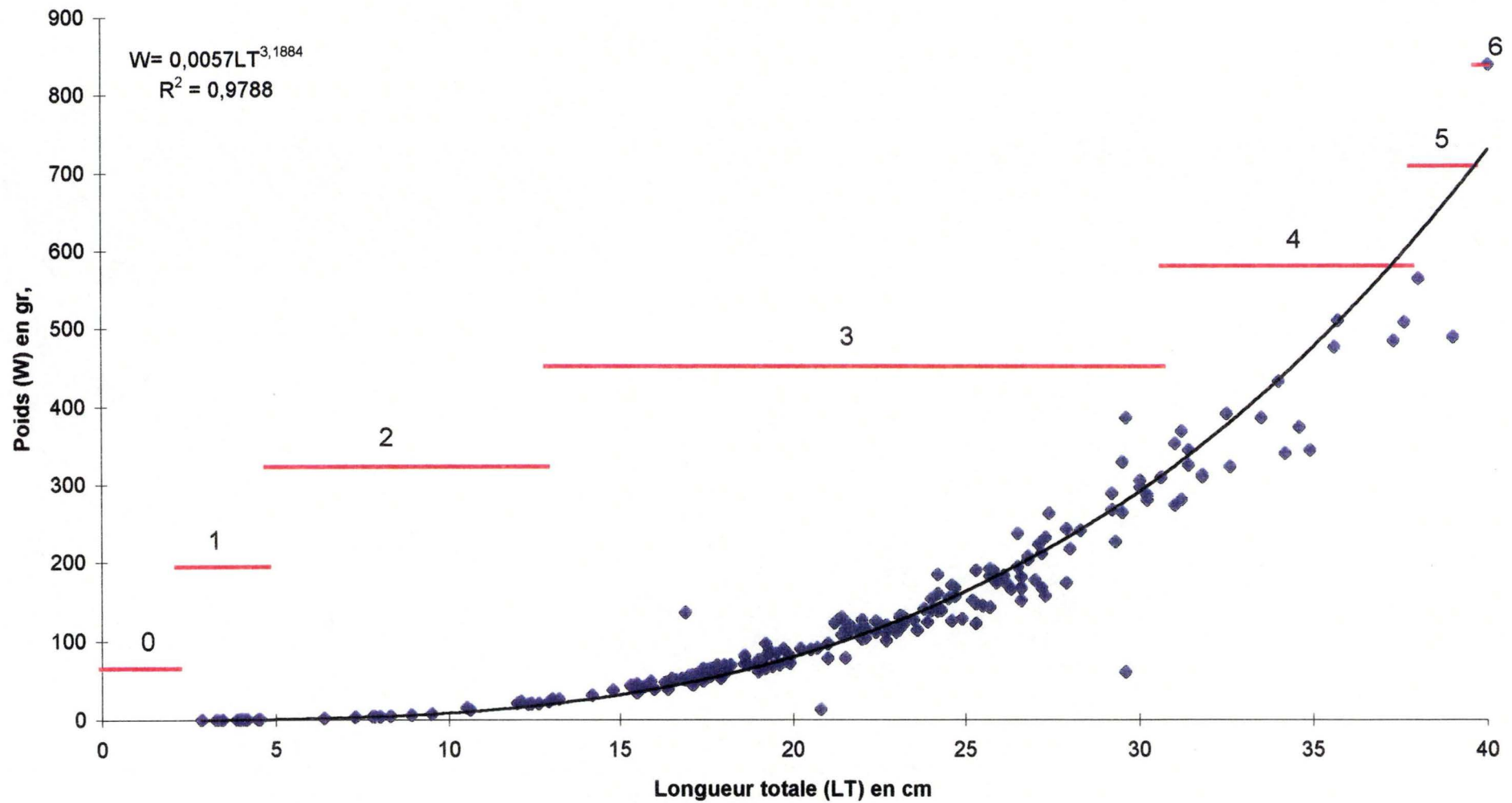


Figure 11: Régression du poids (W) sur la Longueur totale(LT), avec superposition des classes d'âges obtenues par lecture des écailles

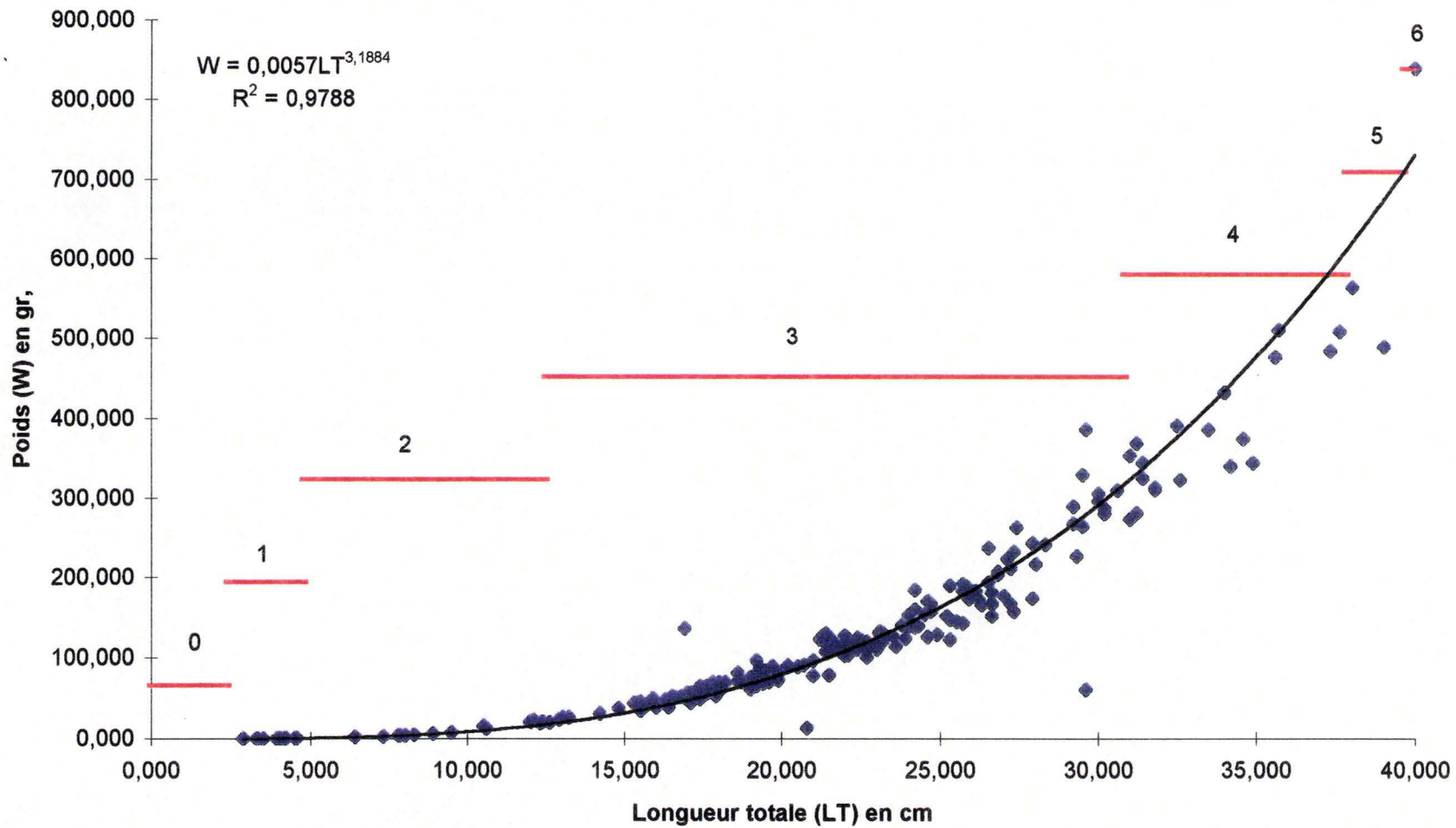


Figure 12: Régression du poids (W) sur la Longueur totale(LT), avec superposition des classes d'âges obtenues par l'étude des otolithes

TAB 5 Statistiques calculées selon les classes d'âges pour les exemplaires de *B. plebejus* récoltés,
 (LT: longueur totale en cm, W: poids en grammes)

age	TORRE						NATISONE						ISONZO					
	LT (cm)			W (g)			LT (cm)			W (g)			LT (cm)			W (g)		
	MIN	MAX	MOY.	MIN	MAX	MOY.	MIN	MAX	MOY.	MIN	MAX	MOY.	MIN	MAX	MOY.	MIN	MAX	MOY.
0	2,9	4,6	3,8	0,1	0,7	0,4												
1	6,4	10,6	8,4	12,7	110,0	63,4	12,0	12,1	12,1	21,1	22,8	22,0	12,3	12,3	12,3	19,7	19,7	19,7
2	13,0	21,9	17,0	26,3	113,8	59,2	12,4	20,2	16,9	20,5	90,6	54,0	19,8	39,0	16,8	26,4	489,2	157,4
3	15,7	27,1	20,7	42,0	223,3	104,1	16,5	34,0	22,1	52,2	432,5	121,2	25,3	30,0	22,7	71,4	325,0	233,8
4	21,0	33,5	27,8	77,7	386,2	239,8	23,2	31,8	28,4	130,2	310,1	236,3	13,2	19,0	30,1	74,4	386,2	229,5
5	27,4	35,6	31,2	262,7	476,4	348,0	35,7	35,7	35,7	510,3	510,3	510,3	29,6	29,6	39,0	140,8	140,8	140,8
6	37,6	37,6	37,6	508,3	508,3	508,3												

age	BACCHIGLIONE						STURA DI LANZO					
	LT (cm)			W (g)			LT (cm)			W (g)		
	MIN	MAX	MOY.	MIN	MAX	MOY.	MIN	MAX	MOY.	MIN	MAX	MOY.
0												
1												
2	25,7	40,0	32,9	191,7	838,4	443,2	23,5	38,0	28,2	125,7	564,0	246,1
3	21,5	32,6	30,6	78,9	322,8	188,1	19,0	34,9	27,2	60,7	344,4	182,9
4	20,7	26,8	23,3	90,9	207,5	129,8	16,4	27,3	21,2	38,9	165,6	93,8
5	23,0	23,0	23,0	115,8	115,8	115,8	16,9	17,1	17,0	44,2	51,0	47,6
6	37,3	37,3	37,3	484,1	484,1	484,1						

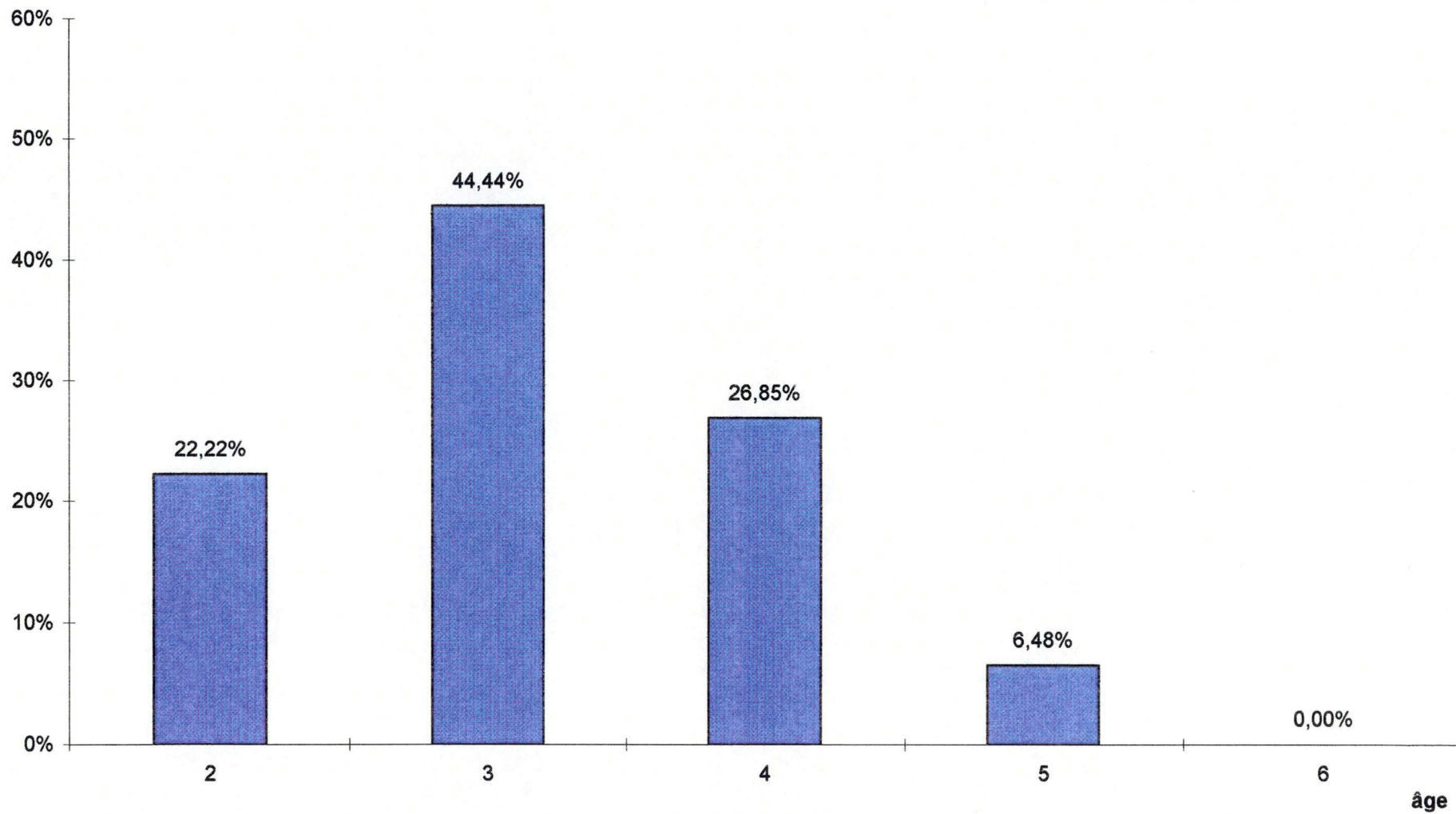


Figure 13: Fréquences relative des classes d'âges du total des exemplaires mâles de *B. plebejus* capturés dans les 5 stations d'échantillonnage

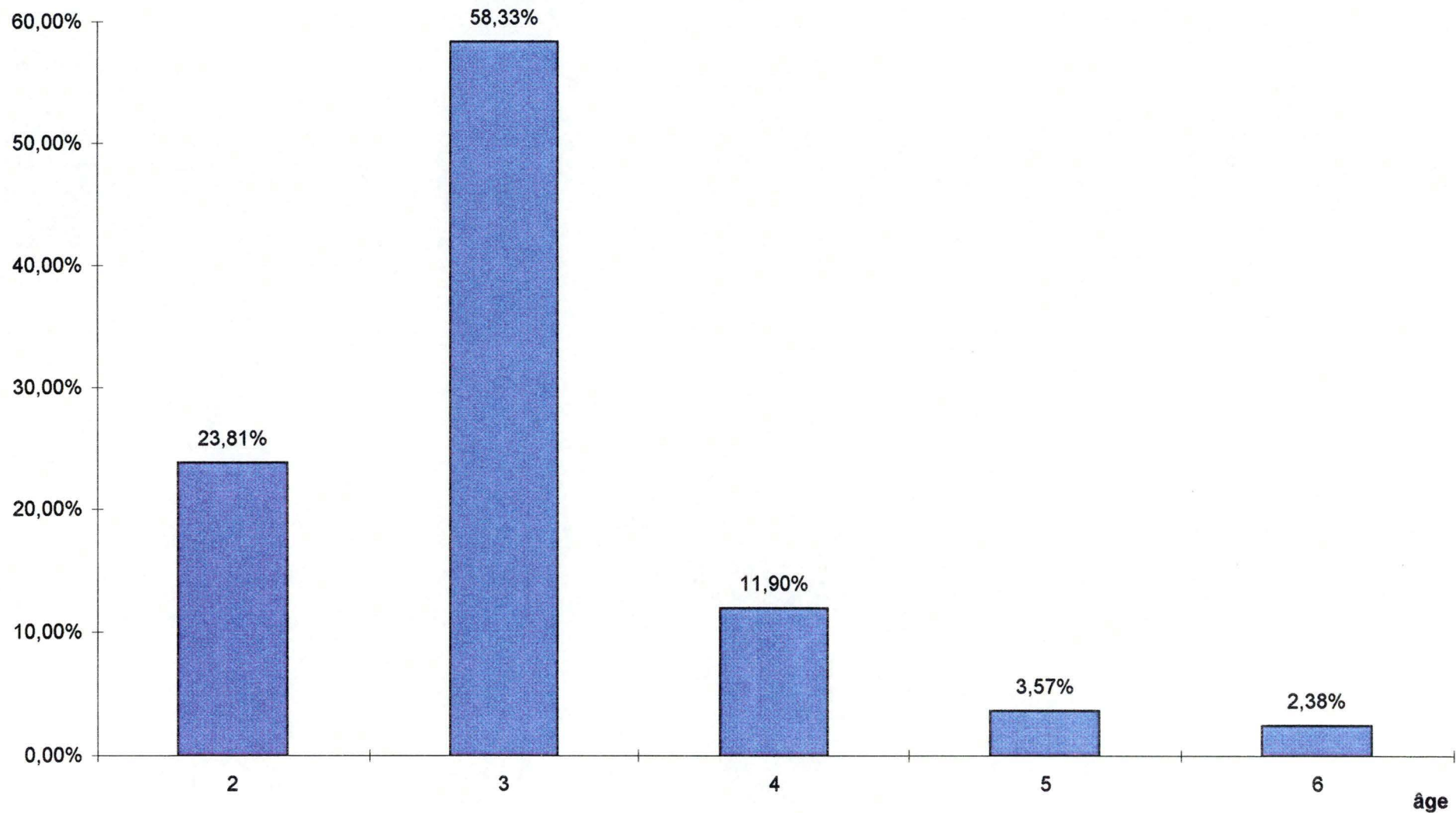
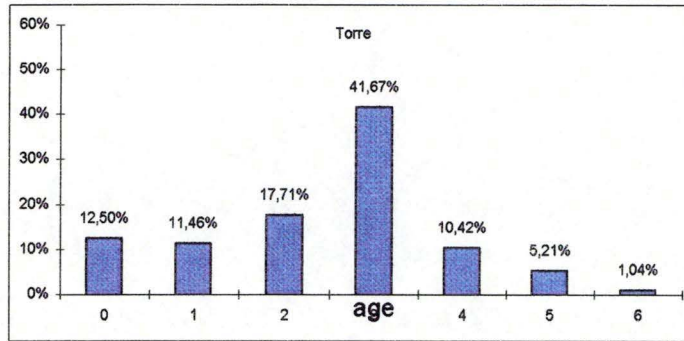


Figure 14 : Fréquences relative des classes d'âges du total des exemplaires femelles de *B. plebejus* capturés dans les 5 stations d'échantillonnage

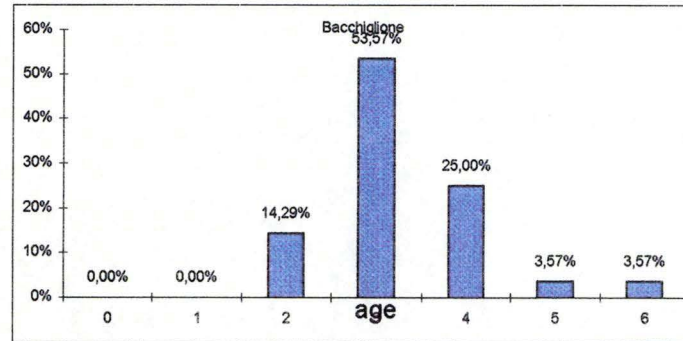
difficultés de détermination du sexe à frais chez les individus capturés . La classe 2+ est en nombre moins important, ce qui est dû à un biais de la méthode de capture des poissons, car ceux de plus grandes tailles sont plus facilement attirés et capturés (cfr. Chap. 5.1.2.). Une diminution de la fréquence relative du nombre d'individus, due à l'augmentation de la mortalité, est observée à partir de la classe d'âge 3+. Pour ce qui concerne la répartition selon les différentes classes d'âges, elle reflète celle rencontrée pour cette espèce par Pizzul *et al.* (1994) dans le bassin de l'Isonzo.

La figure 15 présente les histogrammes de la fréquence relative des classes d'âges des exemplaires de *B. plebejus* capturés dans chaque station d'échantillonnage. Nous remarquons que la répartition des fréquences relatives des classes d'âge reflète dans chaque population les observations effectuées pour le total des individus. L'exception étant fournie par le fleuve Isonzo (figure 15 B) où le nombre d'individus des classes 2+ et 4+ est supérieur aux individus de la classe 3+. Résultats qu'il faut mettre en rapport avec le nombres d'individus étudiés (13).

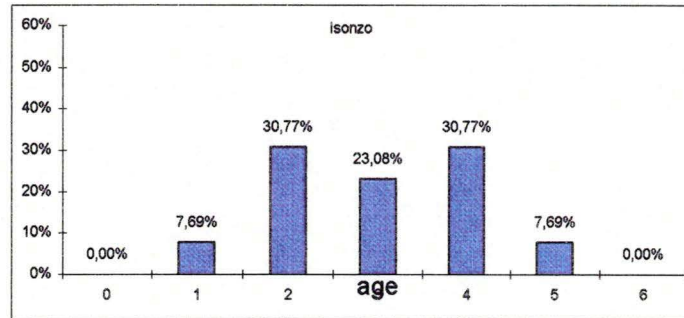
En figure 16 est représenté l'histogramme des fréquences relatives des deux sexes pour le total des individus analysés. Nous constatons un plus grand pourcentage de mâles que de femelles, bien que ces deux pourcentages soient assez proches l'un de l'autre. La même tendance est visible en analysant le même histogramme pour chacune des populations étudiées (figure 17), excepté dans le cas de l'Isonzo (figure 17 B), où le nombre de poissons capturés nous empêche encore une fois de trancher. En fait, dans la littérature, Pizzul *et al.*, 1994, reporte pour l'Isonzo un pourcentage de mâles de 55%, ce qui se rapproche des pourcentages obtenus dans les autres stations d'échantillonnages.



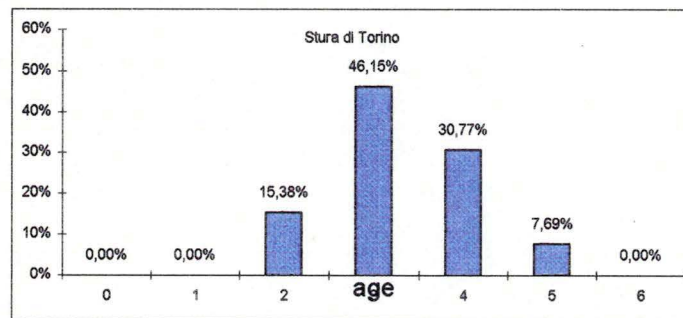
A



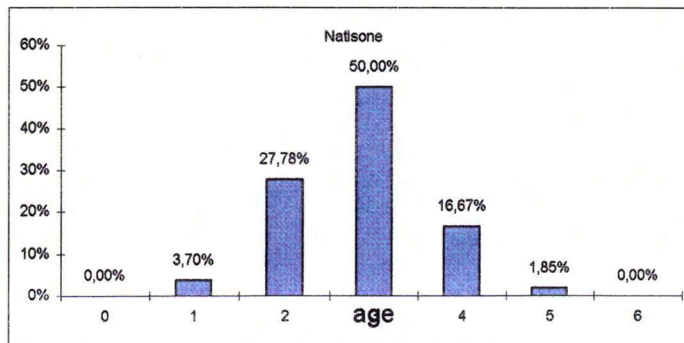
D



B



E



C

Figure 15: Fréquence relative des classes d'âges de *B. plebejus* dans chaque station d'échantillonnage. A) Torre; B) Isonzo; C) Natisone; D) Bacchiglione; E) Stura di Lanzo

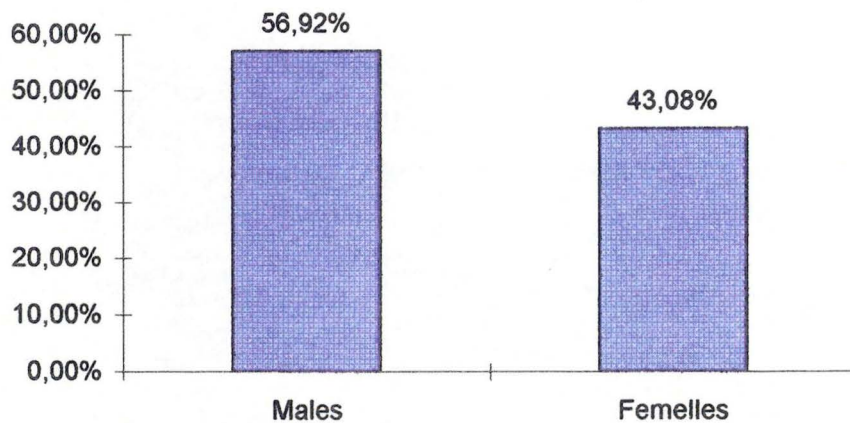
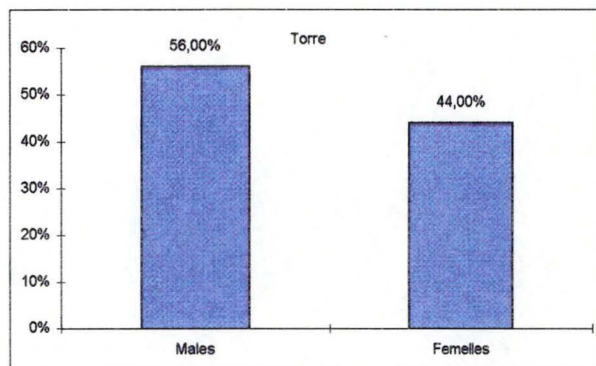


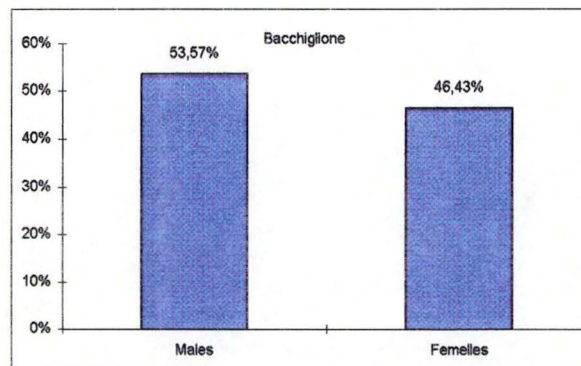
Figure 16: fréquence relative des deux sexes pour le total des exemplaires de *B. plebejus* examinés.

6.1.2.2 Comparaison des mesures 2 par 2 dans les diverses populations

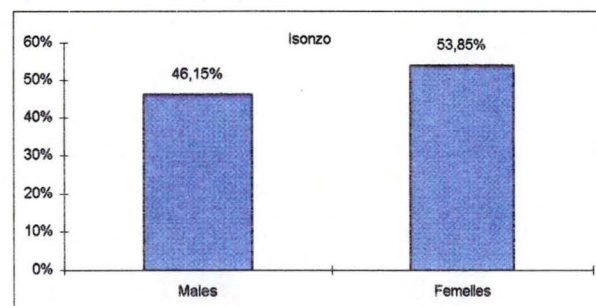
Afin de vérifier si une différence pouvait se marquer entre les populations d'un point de vue biométrique, Nous avons décidé de recourir à l'analyse des coefficients de régression. Dans ce but les graphes représentant toutes les variables biométriques prises deux à deux ont été tracés(annexe 3), ainsi que les droites de régression pour chaque population. Les résultats des tests effectués sur les pentes des droites de régressions (Tableau 6) se sont révélés non concluants pour déterminer une éventuelle différence d'une population à l'autre. En effet, tous les tests de t calculés sur les populations prises deux à deux pour chaque paire de variables ont révélé une valeur toujours inférieure à l'unité, qui se trouve donc en-dessous d'un quelconque seuil de significativité (pour un rejet de l'hypothèse nulle avec une probabilité de 90%, la valeur minimale de t est de 1,282 pour un degré de liberté infini).



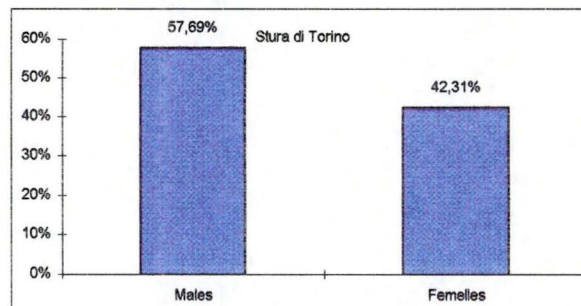
A



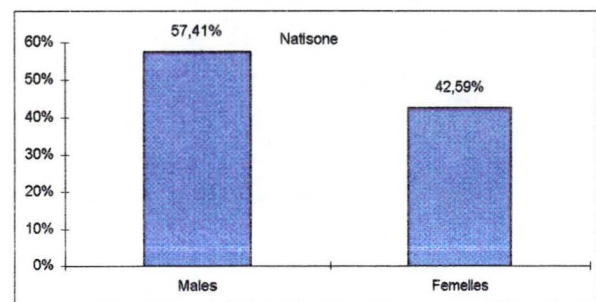
D



B



E



C

Figure 17: fréquences relative de chaque sexe dans les différentes populations de *Barbus plebejus* étudiées. A) Torre; B) Isonzo; C) Natisone; D) Bacchiglione; E) Stura di Lanzo

Tableau 6: Résultats des tests de parallélisme des pentes de droites de régression obtenus pour tous les paramètres biométriques pris deux à deux et pour les diverses populations de *B. plebejus* prises deux à deux. (LT: longueur totale; LS: longueur standard; LC: longueur de la tête; H: hauteur maximum du poisson; LD: longueur tête-aplomb de la dorsale; W: poids du poisson)

	LT/LS	LT/LC	LT/H	LS/LC	LS/H
Isonzo - Stura di Lanzo	0,245	0,280	0,011	0,505	0,080
Isonzo - Bacchiglione	0,585	0,448	0,200	0,497	0,190
Isonzo - Torre	0,137	0,251	0,143	0,470	0,215
Isonzo - Natisone	0,266	0,390	0,036	0,641	0,069
Stura di Lanzo - Bacchiglione	0,138	0,261	0,199	0,224	0,133
Stura di Lanzo - Torre	0,320	0,060	0,147	0,092	0,170
Stura di Lanzo - Natisone	0,155	0,177	0,046	0,247	0,011
Bacchiglione - Torre	0,525	0,245	0,018	0,190	0,085
Bacchiglione - Natisone	0,071	0,121	0,266	0,058	0,157
Torre - Natisone	0,509	0,154	0,413	0,212	0,405
	LC/H	LT/W			
Isonzo - Stura di Lanzo	0,172	0,025			
Isonzo - Bacchiglione	0,095	0,019			
Isonzo - Torre	0,047	0,060			
Isonzo - Natisone	0,240	0,014			
Stura di Lanzo - Bacchiglione	0,043	0,024			
Stura di Lanzo - Torre	0,150	0,029			
Stura di Lanzo - Natisone	0,123	0,006			
Bacchiglione - Torre	0,234	0,006			
Bacchiglione - Natisone	0,191	0,020			
Torre - Natisone	0,513	0,090			

6.1.3 Analyse de toutes les mesures par le biais de l'analyse multivariée pas à pas (stepwise)

Nous avons enfin effectué une analyse multivariée « stepwise » de l'ensemble des variables utilisées dans l'espoir que la combinaison entre diverses variables puisse jeter un éclairage nouveau sur la différenciation entre populations.

Nous remarquons que là encore, la différenciation entre populations n'est pas possible. En effet, la discrimination n'a été concluante que pour 67% des individus, ce qui ne permet pas d'affirmer l'existence d'une différence entre populations.

6.1.4 conclusion des mesures

Suivant les résultats discutés ci-dessus, nous devons conclure que si jamais il existe une différence entre populations dans les 5 rivières étudiées, il n'est pas possible de la mettre en évidence par une simple étude des caractères biométriques ou méristiques. Des différents résultats obtenus, nous ne pouvons discerner, ni dans un cas ni dans l'autre, une possibilité de déterminer la provenance d'un quelconque exemplaire de *B. plebejus* par l'étude, aussi complète soit-elle, de ses diverses caractéristiques morphologiques ou biométriques.

La seule différence constatée se situe au niveau de celle entre mâles et femelles de la population de Turin, et uniquement par rapport au poids, différence facilement explicable par le moment où s'est effectué la pêche, c'est-à-dire durant la première semaine de Juillet, pendant la période de reproduction.

En conclusion, il ne nous a pas été possible de différencier les diverses populations étudiées de *Barbus plebejus* sur foi de leur étude selon des moyens classiques.

En ce qui concerne la structure des populations, les 5 échantillons étudiés présentaient des structures similaires. Ils présentaient en effet un numéro de classes d'âges variables entre 6 (0-5) et 7 (0-6). Les valeurs minimales, moyennes et maximales de chacune des classes d'âges dans les différentes stations étaient très voisine l'une de l'autre. Sur la base des paramètres étudiés pour les deux sexes, il n'a pas été possible de mettre en évidence un dimorphisme sexuel dans aucune des populations étudiées. Comme il a été déjà signalé, le pourcentage de mâles était toujours, quoique de peu, supérieur à celui des femelles, sauf dans le fleuve Isonzo où le nombre d'exemplaires capturés était plutôt bas. Dans toutes les stations en outre, la classe d'âge présente avec la plus grande fréquence relative était la classe d'âge 3+, et ce pour toutes les stations sauf l'Isonzo.

Nous avons enfin enregistré, sur le total des exemplaires, une plus grande longévité pour les femelles, fait commun pour les espèces de poissons dulcicoles.

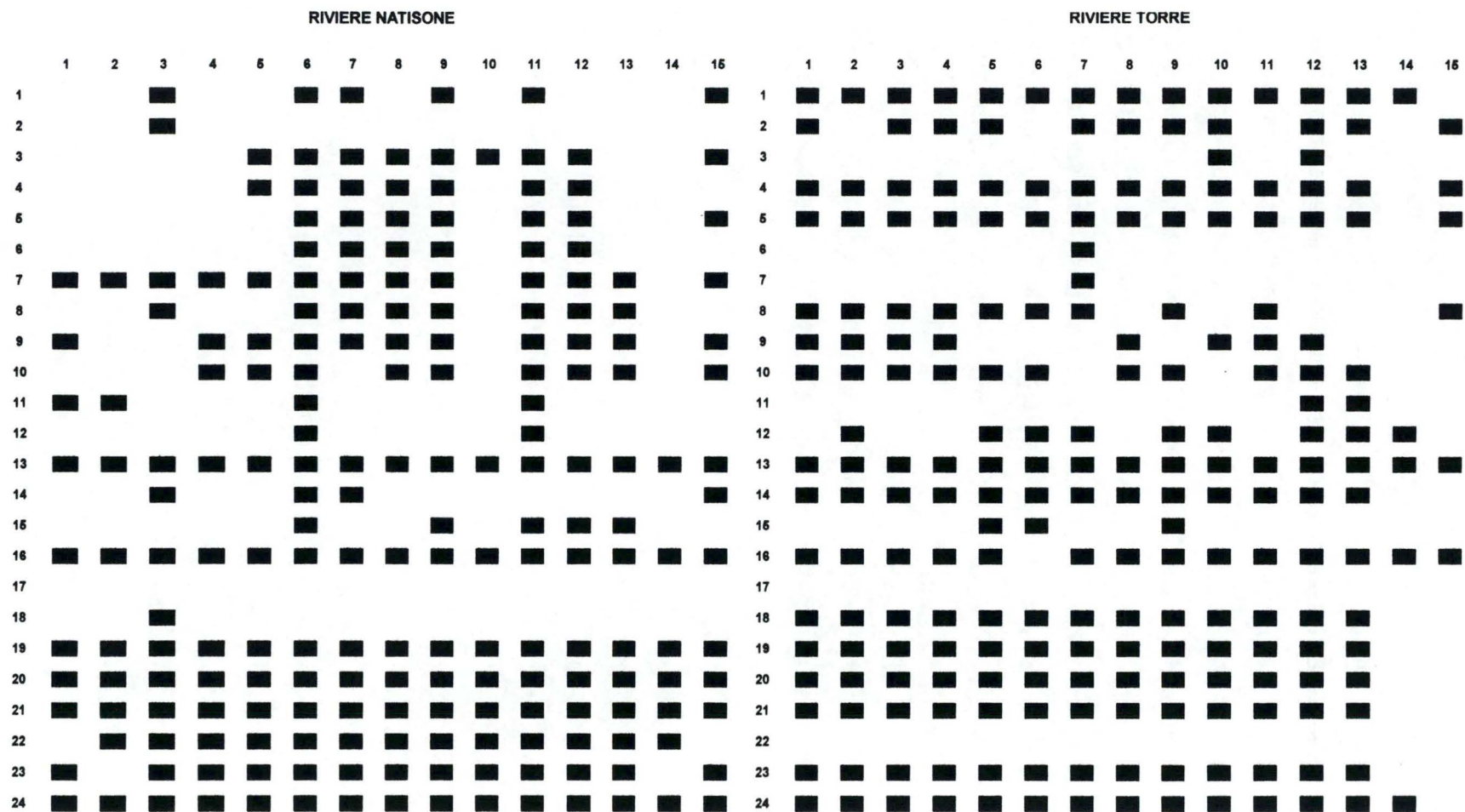


fig 18a Résultats de la migration électrophorétique du sang total de *B. plebejus*.

En ligne (N° 1-15) numéro d'identification de l'échantillon
 En colonne (N° 1-24) numéro d'identification de la bande

6.2 Résultats des mesures biochimiques

6.2.1 Analyse des protéines hydrosolubles

6.2.1.1 présentation des gels

Un total de 70 échantillons de sang de *B. plebejus* a été analysé. Les résultats ont ensuite été présentés sur les figures 18 et 19 sous formes de graphes où la présence/absence de bandes est notée.

Les résultats des gels de polyacrylamide, comme on peut le voir en Figure 18 et 16, sont assez hétérogènes. Malheureusement certains échantillons se sont révélés dénaturés lors des expériences. (les échantillons n°4,7, 9 et 10 des exemplaires du fleuve Isonzo). Nous avons dénombré 24 bandes protéiques dans les gels. Les bandes n°13 et 24 sont présentes dans tous les exemplaires pratiquement sans exceptions. Certaines bandes protéiques sont complètement absentes d'une ou plusieurs populations. Ainsi la bande numéro 17 est totalement absente des populations du bassin de l'Isonzo (Torre, Natisone Isonzo) alors qu'on la retrouve dans quelques exemplaires du fleuve Bacchiglione et dans tous ceux du Stura de Turin sans exception. De même la bande protéique n°22 est absente des exemplaires pêchés dans le Torre et la bande n°23 dans l'Isonzo.

Il est toutefois difficile de donner une signification sûre à ces absences ou présence de bandes, vu le petit nombre d'exemplaires étudiés pour chaque station.

6.2.1.2 Analyse des résultats

Les résultats des électrophorèses de protéines totales du sang ont été analysés en construisant une matrice binaire. Celle-ci représente la présence/absence des bandes sur les différents gels . Elle a ensuite été utilisée

FLEUVE ISONZO

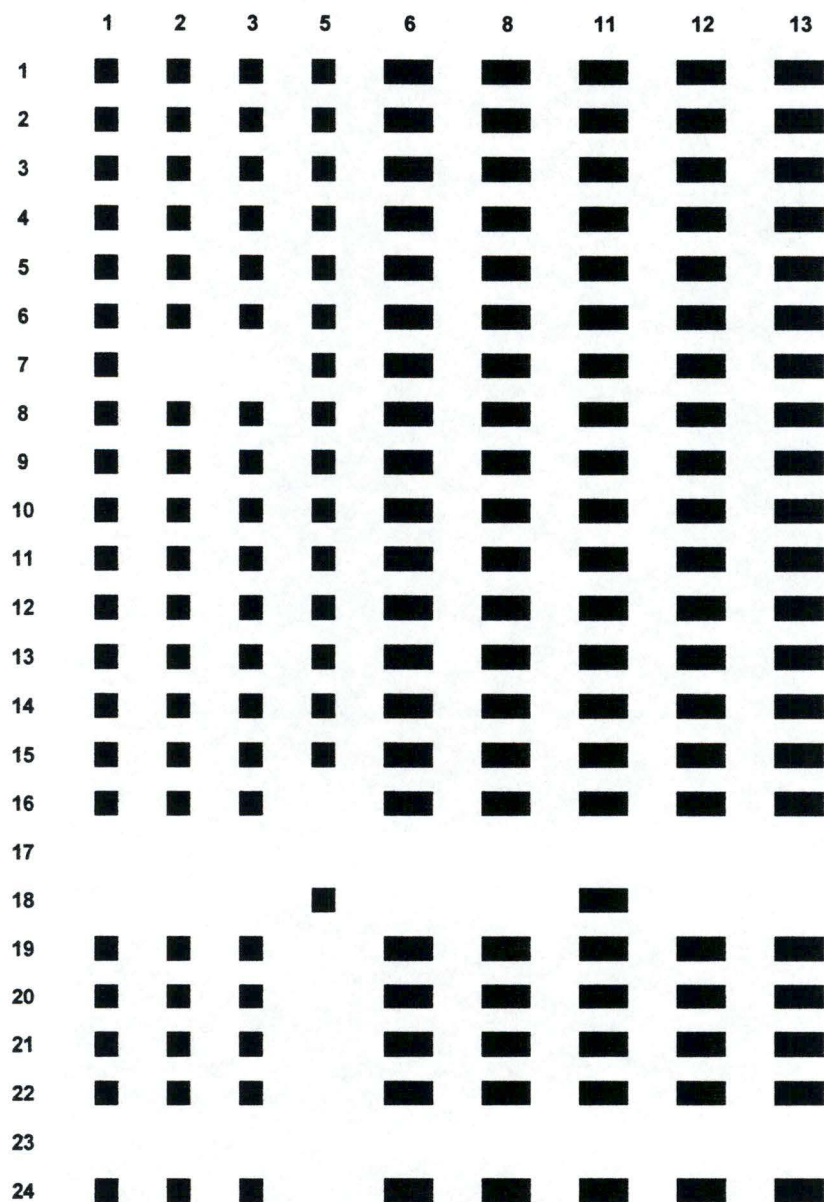


fig 18b Résultats de la migration électrophorétique du sang total de *B. plebejus*.
 En ligne (N° 1-15) numéro d'identification de l'échantillon
 En colonne (N° 1-24) numéro d'identification de la bande

FLEUVE BACCHIGLIONE

RIVIERE STURA DI LANZO

Barbus meridionalis

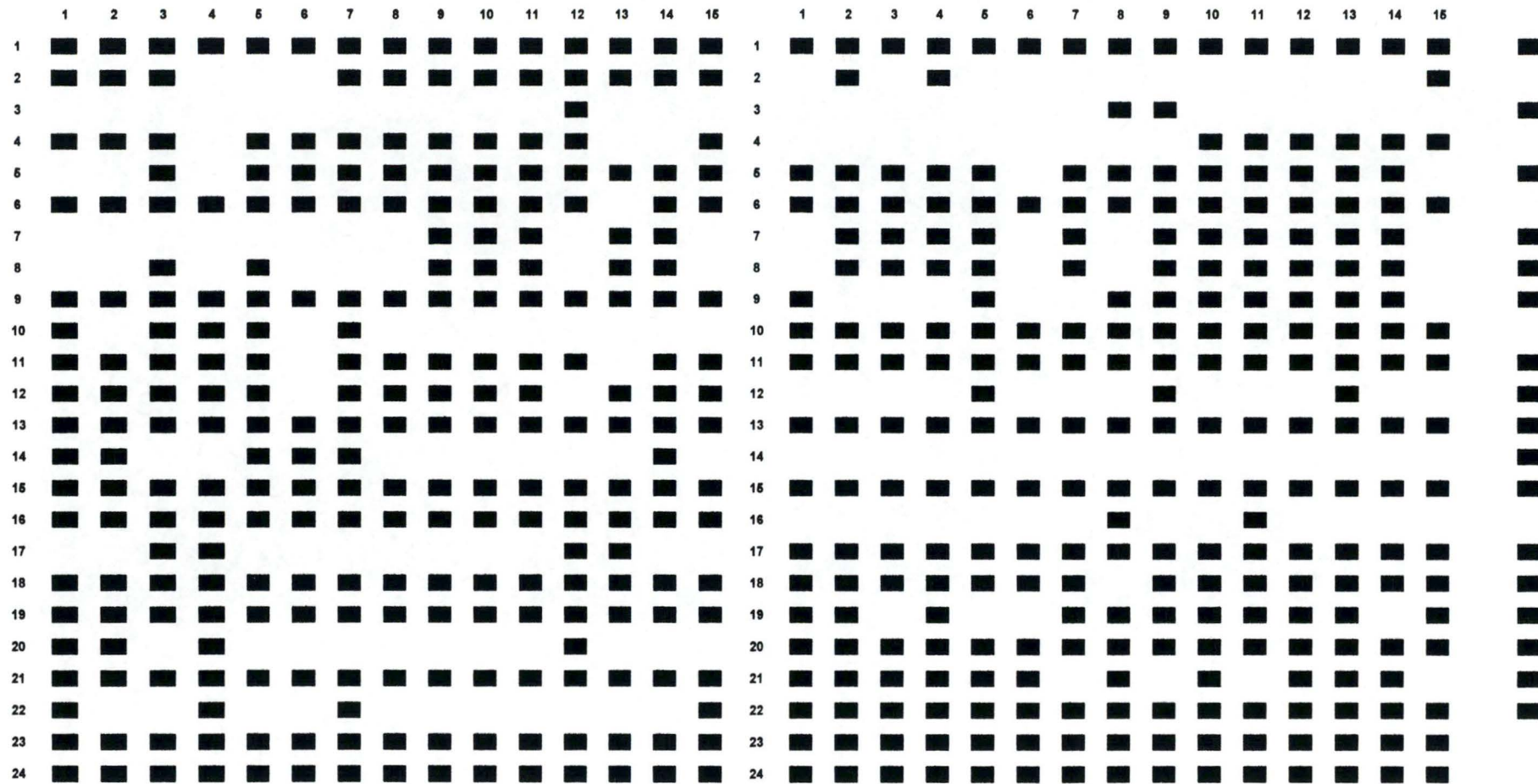


fig 19 Résultats de la migration électrophorétique du sang total de *B. plebejus*.

En ligne (N° 1-15) numéro d'identification de l'échantillon
 En colonne (N° 1-24) numéro d'identification de la bande

pour les analyses, qui ont été essentiellement de deux types: une analyse par Cluster analysis (Figure 20) et une analyse en composantes principales, dont à été tiré un graphe selon le plan des deux premières composantes principales (Figure 21).

Le dendrogramme de la figure 20 a mis en évidence des groupes dans lesquels les individus de la même population tendent à se concentrer dans le même cluster. Toutefois une certaine variabilité est observée à l'intérieur de chacun de ceux-ci. C'est évident pour les exemplaires du Stura di Lanzo, du Bacchiglione et du Torre, et tout particulièrement pour ceux du Natisone qui se montrent encore plus dispersés. A la différence des autres, les *Barbus plebejus* de l'Isonzo se montrent très similaires entre eux.

Dans la Figure 21 résultant de l'analyse en composantes principales, les deux ensembles qui sont individualisable sans craintes sont le groupe de l'Isonzo et celui de Turin (Stura). Les trois autres populations montrent une superposition plus ou moins grande entre elles, celle du Natisone semble être la population présentant la plus grande dispersion en absolu. Toutefois, il ne faut pas perdre de vue que la variance expliquée par les deux premiers facteurs est très faible, respectivement de 17,6995% et 16,9060%. Cela nous laisse encore près de 70% de la variance non expliquée, ce qui pourrait nous donner à penser que la variance se trouve distribuée dans un grand nombre de variables et que la position géographique de la population ne représenterait alors qu'une variable ne possédant pas un poids très conséquent sur l'expression du phénotype sérologique.

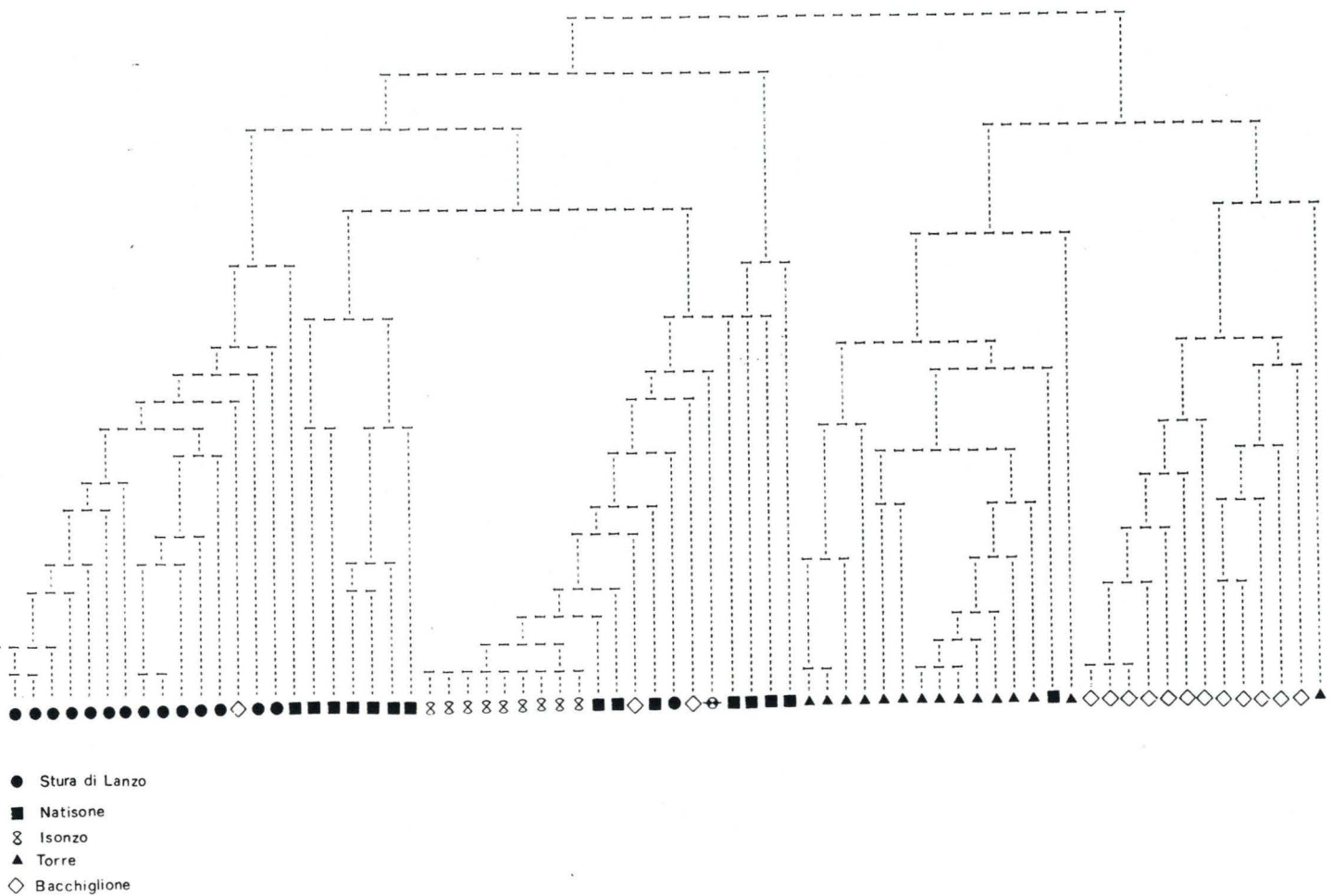


Figure 20 arborescence résultant de l'analyse par Cluster Analysis des résultats de l'électrophorèse du sang de *B. plebejus* sur gel de polyacrylamide.

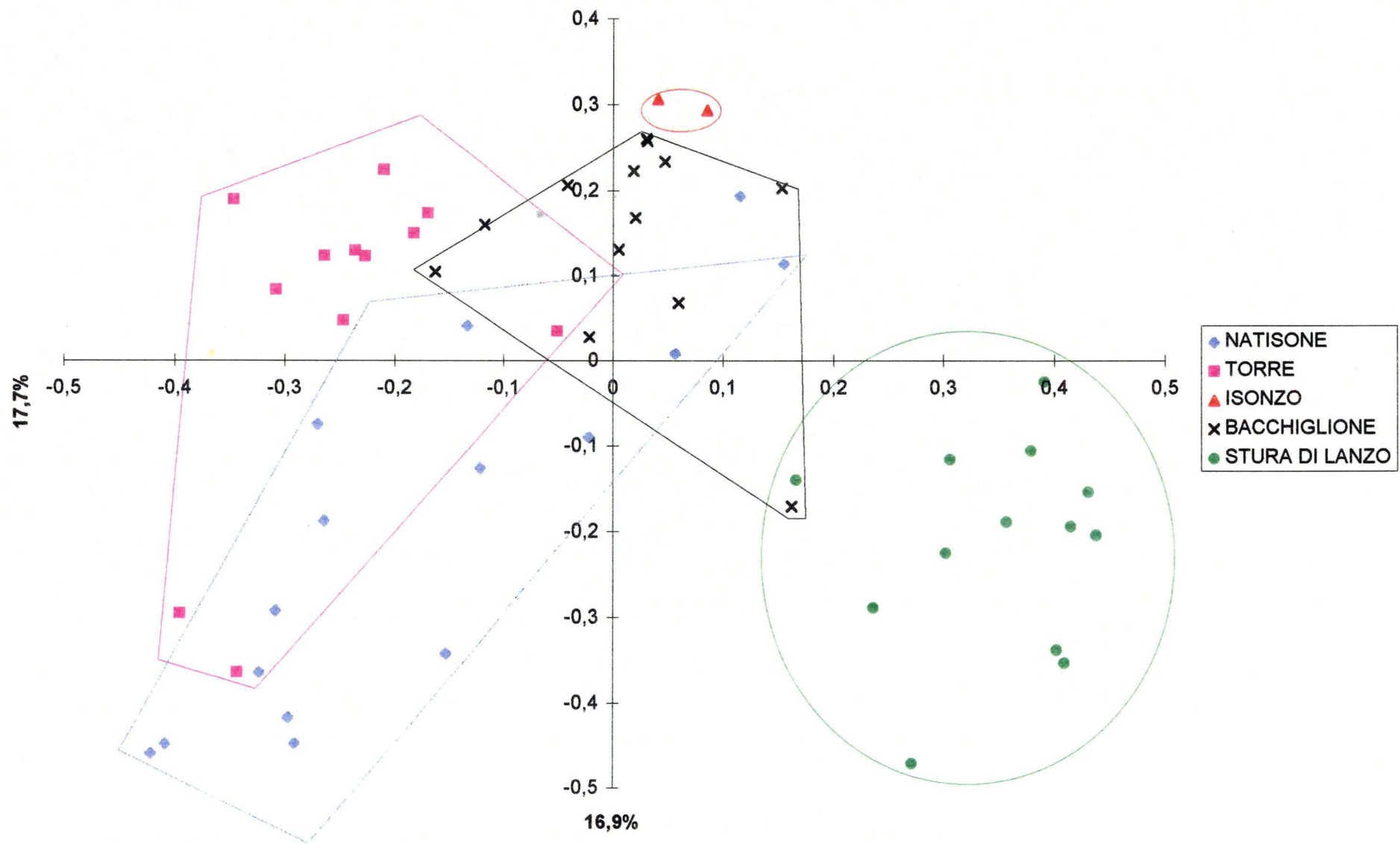


FIG. 21 REPRESENTATION DANS LE PLAN DES DEUX PREMIERES COMPOSANTES PRINCIPALES DES RESULTATS DES ELECTOPHORESSES DU SANG TOTAL DE *B. PLEBEJUS*

Néanmoins, en confrontant les résultats obtenus par le biais de l'analyse par cluster analysis (figure 20) au graphe de la figure 21, nous découvrons des similitudes certaines.

La population de Turin est bien individualisée sur les deux graphes, tandis que celle du Torre semble plus individualisée dans l'arbre obtenu par le cluster analysis, alors que dans le plan des composantes principales, elle est intriquées avec les individus provenant de Vicenza. La population du Natisone dans le cluster analysis comme dans le plan des composantes principales se révèle être la population possédant la plus grande variabilité. Il est à remarquer également que les exemplaires capturés dans l'Isonzo se retrouvent dans les deux cas très compacts et plutôt isolés des autres populations

6.2.2 Conclusions

Les résultats obtenus tendent à montrer une certaine différence entre populations, ce qui permet d'individualiser plus ou moins une population de l'autre. Mais en tenant compte que, d'une part, l'analyse des composantes principales n'explique qu'une faible fraction de la variance totale, et d'autre part, que ces résultats ne s'harmonisent qu'imparfaitement avec l'analyse par cluster analysis, il ne me semble pas possible de déterminer une différence réelle entre les diverses populations. L'origine de ces résultats peut être due simplement à la relative petitesse des populations étudiées. Celle-ci peut provoquer simplement certaines différences mineures de variabilité entre une population et sa voisine, sans réellement arriver à une diversification effective.

6.2.3 L'analyse de l'estérase sanguine dans les diverses populations.

Les échantillons utilisés pour l'expérience sur l'estérase sanguine ont été au nombre de 71 (13 pour l'Isonzo et le Torre, 15 pour le Natisone, le Bacchiglione et le Stura di Lanzo).

Les résultats observés sur la figure 22 ont montré deux systèmes enzymatiques. Sur la base d'études reportées en bibliographie sur l'étude enzymatiques de populations de *B. brevipinnis* (Jubb, 1966) au Transvaal (Mulder *et al.*, 1990; Engelbrecht et Van Der Bank, 1993), ces systèmes enzymatiques ont été identifiés comme correspondant selon toute probabilité aux enzymes Estérase 2 (EST-2) et Estérase 4 (EST-4). L'EST-4 s'est révélée monomorphique pour tous les exemplaires étudiés, tandis que l'EST-2 était polymorphique. En théorie, un gène est dit polymorphique lorsque la fréquence de l'allèle le plus commun dans la population ne dépasse pas 0,99, ce qui implique que la proportion d'hétérozygotes doit être de 2% ou plus.

Nous avons mis en évidence deux allèles pour l'EST-2. Le plus fréquent étant indiqué avec la lettre a et le second avec la lettre b. Nous avons ensuite calculé la fréquence allélique de l'un et de l'autre allèle. L'hétérozygotie observée (H_o) a été déterminée par comptage direct et L'hétérozygotie attendue (H_e), basée sur l'équilibre d'Hardy-Weinberg. Le χ^2 a également été calculé afin de vérifier la probabilité des populations de se trouver à l'équilibre selon la loi précitée.

Nous avons calculé le χ^2 pour toutes les populations, car comme on peut le remarquer dans le tableau 7 les fréquences alléliques obtenues pour chaque population sont très similaires. Le résultat obtenu ($\chi^2 = 1,05046$) pour le total des différentes populations nous donne une probabilité de 90,2% que la population soit à l'équilibre selon la loi d'Hardy-Weinberg. Nous pouvons donc supposer que les

Tableau 7: fréquences alléliques obtenues dans chaque population de *B. plebejus* ainsi que l'hétérozygotie obtenue (Ho) et l'hétérozygotie attendue (He)

	ISONZO	TORRE	NATISONE	BACCHIGLIONE	STURA DI LANZO
nombre d'échantillons	13	13	15	15	15
nombre de génotypes aa	4	5	4	0	3
nombre de génotypes ab	9	8	11	15	12
fréquence relative de a	0,65	0,69	0,63	0,50	0,60
fréquence relative de b	0,35	0,31	0,37	0,50	0,40
Ho	0,69	0,62	0,70	1,00	0,80
He	0,45	0,42	0,46	0,50	0,48

Tableau 7: fréquences alléliques obtenues dans chaque population de *B. plebejus* ainsi que l'hétérozygotie obtenue (Ho) et l'hétérozygotie attendue (He)

	ISONZO	TORRE	NATISONE	BACCHIGLIONE	STURA DI LANZO
nombre d'échantillons	13	13	15	15	15
nombre de génotypes aa	4	5	4	0	3
nombre de génotypes ab	9	8	11	15	12
fréquence relative de a	0,65	0,69	0,63	0,50	0,60
fréquence relative de b	0,35	0,31	0,37	0,50	0,40
Ho	0,69	0,62	0,70	1,00	0,80
He	0,45	0,42	0,46	0,50	0,48

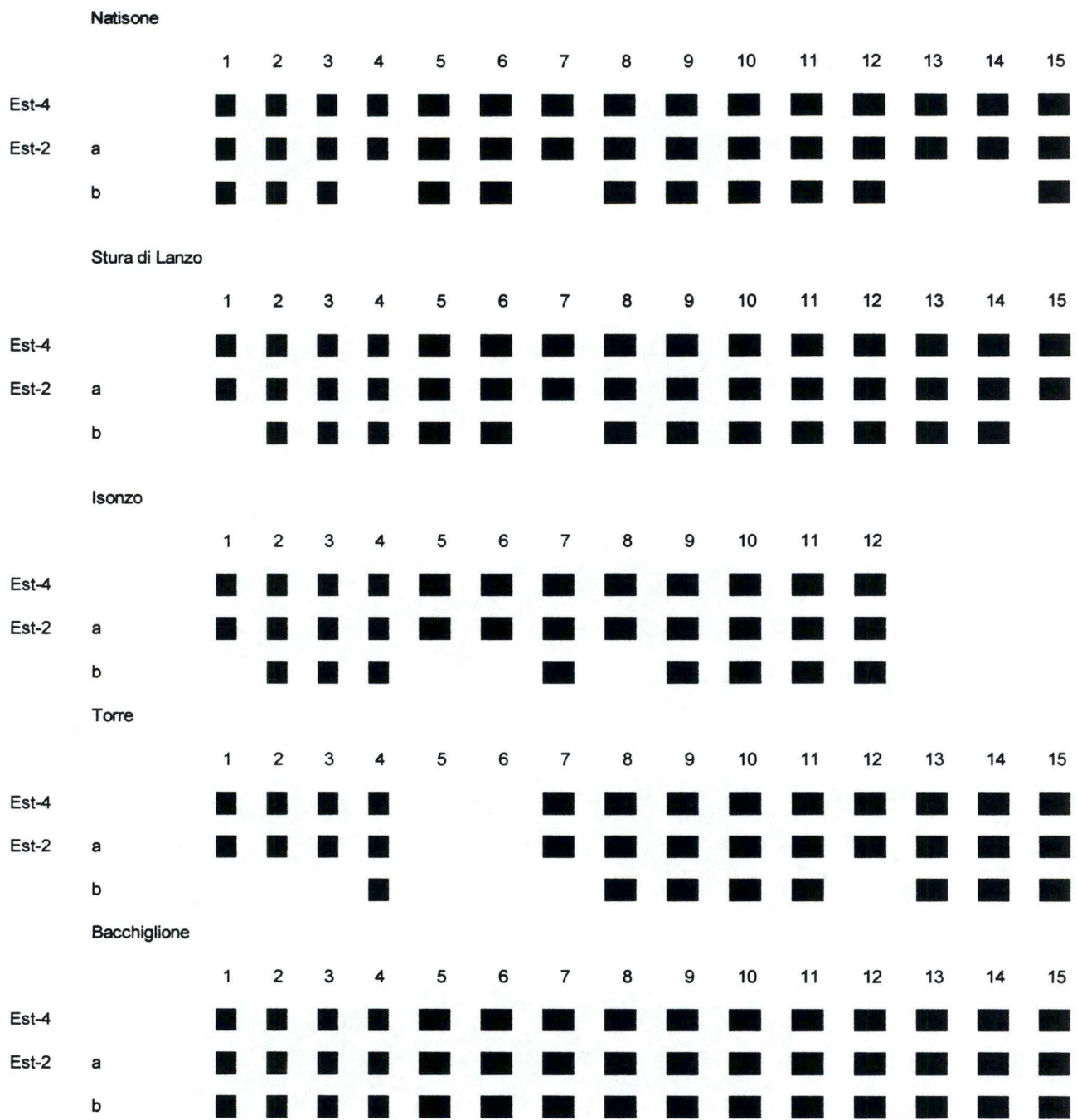


Fig. 22: Résultats de l'étude de l'estérase sanguine des exemplaires de barbus recueillis.

(chiffres en ligne (1-15): numéros d'identification des échantillons;
 Est-4: estérase 4; Est-2 a: estérase 2, allèle a; Est-2 b: estérase 2, allèle b)

populations sont très similaires entre elles et peuvent donc être considérées à l'équilibre selon Hardy-Weinberg.

Il serait toutefois indispensable pour une compréhension plus globale, de prendre en compte d'autres systèmes enzymatiques qui sont réputés polymorphiques (du moins dans la bibliographie).

7. CONCLUSIONS GENERALES.

Du point de vue de l'analyse classique, morphométrique et méristique, nous pouvons dire qu'il n'a pas été possible de déterminer une variation détectable entre les populations étudiées. En général, celles du N-E de l'Italie (Torre - Natisone - Isonzo) présentent une structure de population en 7 classes d'âges. Les individus ayant l'âge le plus élevé sont tous des femelles. Cet état de fait peut dépendre d'une plus grande mortalité des mâles. Toutefois, il n'a pas été possible d'observer un dimorphisme sexuel en confrontant les moyennes des deux sexes dans les différentes classes d'âges.

Pour la détermination de l'âge, nous avons remarqué que pour cette espèce les résultats obtenus par la lecture des écailles et celle par l'observation des otolithes (et plus précisément du lapillus) donnent des résultats très similaires. Pour cette espèce, il semble donc que l'on puisse utiliser tranquillement la détermination de l'âge à l'aide des écailles, méthode qui ne requiert pas le sacrifice des individus.

Lorsque nous regardons les résultats de l'analyse de l'estérase sanguine, il n'est pas possible de discriminer les populations entre elles. Toutefois, il serait utile de vérifier ultérieurement d'autres systèmes enzymatiques afin de déterminer le degré de polymorphisme et la distance génétique entre les différentes populations.

Mais, lorsque nous voyons les résultats de l'analyse des protéines hydrosolubles, nous remarquons que le groupe de Turin (Stura di Lanzo) semble être celui dont l'individualisation est la plus facile. Nous pouvons mettre en rapport ce fait avec la position plus éloignée entre cette population et les autres, qui toutes se retrouvent dans une zone proche l'une de l'autre, l'Italie du nord-est.

Cette étude nous a permis de voir que les populations de *Barbus plebejus* de l'Italie septentrionale semblent très semblables l'une par rapport à l'autre.

Pour ces populations, on a noté la grande homogénéité de la population de l'Isonzo et sa séparation relative par rapport aux autres . Ce résultat est difficile à interpréter, car les populations de l'Isonzo et celle de ses affluents (Torre et Natisone), pourraient entrer en contacts l'une avec l'autre. C'est en tout cas l'hypothèse défendue par Pizzul et al (1994). Nous n'avons pu pour notre part ni confirmer ni infirmer cette hypothèse, vu le nombre réduit d'exemplaires de *B. plebejus* capturés dans le fleuve en question. Vu le caractère de seuil biogéographique de l'Isonzo, il serait opportun de continuer les recherches sur un plus grand nombre de stations et d'exemplaires afin de vérifier l'existence réelle d'une population « isontine » de *B. plebejus*

Cette étude nous a permis de voir que les populations de *B. plebejus* de l'Italie septentrionales sont très similaires l'une l'autre. Ceci pourrait être un avantage si, dans le futur, cette espèce venait à se raréfier dans certains endroits. Bien que cette espèce endémique ne se retrouve pas dans un péril immédiat, la politique de rempoissonnement des dernières années en Italie, comme le fait remarquer Bianco (1995), a été relativement laxiste. D'où il devient difficile de savoir exactement la distribution des espèces et sous-espèces de *Barbus* en Italie.

Pour terminer, si une étude devait se poursuivre sur le thème de la diversification des populations de ce poisson, il serait alors tout-à-fait conseillé de recourir à des méthodes assez fines pour la détection de différences entre individus, telle que des méthodes génétiques sur l'ADN.

8. ANNEXES

8.1 Annexe 1: Tableaux de données

Tableau A: Mesures morphométriques et méristiques recueillies sur les *B. plebejus* de la rivière Natisono

N°	LT (cm)	LS (cm)	LC (cm)	LA (cm)	H (cm)	LD (cm)	LP (cm)	W (g)	DF	RD	RPg	RPd	RVg	RVd	RA	IL	SEX	AGE	OTO
1	23,2	20,8	4,7	15,0	4,4	9,5	3,2	121,3	7	10	16	17	11	11	7	63	1	3	3
2	26,6	23,7	5,5	16,8	4,3	11,4	4,0	166,5	9	9	17	16	9	9	7	66	1	3	3
3	22,4	20,6	4,6	14,3	4,3	9,5	3,3	110,9	8	11	15	16	10	10	7	67	1	3	3
4	15,5	14,1	3,0	9,1	3,0	7,0	2,5	34,5	8	9	17	16	9	9	7	64	1	2	2
5	24,7	22,2	5,0	15,5	5,4	11,0	3,7	167,1	9	11	16	15	9	9	7	61	1	3	3
6	24,5	22,8	5,2	15,2	4,5	10,0	3,5	153,7	9	10	16	15	9	9	7	68	1	3	3
7	23,2	20,7	5,1	14,5	4,4	9,8	3,4	130,2	9	10	15	16	9	9	7	65	1	4	3
8	19,9	18,0	3,9	12,0	3,9	8,3	2,7	80,4	9	8	17	18	9	9	7	69	1	2	2
9	20,2	18,3	4,2	12,5	3,5	9,2	3,0	90,6	9	10	14	15	9	9	7	61	1	2	2
10	30,6	28,3	6,5	20,8	5,8	14,0	4,8	309,2	10	9	16	17	9	9	7	65	1	4	4
11	18,1	16,4	3,4	11,4	3,4	7,9	2,5	62,1	10	11	16	15	10	9	7	59	1	2	2
12	17,4	15,5	3,5	10,9	3,2	7,4	2,5	49,5	9	9	15	13	9	9	7	65	1	2	2
13	27,0	24,7	5,5	16,4	4,7	11,3	4,0	177,0	9	9	17	16	9	9	7	63	1	4	4
14	23,1	21,1	4,9	14,8	4,7	9,1	3,1	129,9	9	10	15	16	9	9	7	67	1	3	3
15	22,7	21,8	4,7	15,4	4,4	9,4	3,1	119,3	9	10	15	16	9	9	7	65	1	3	3
16	12,9	11,7	2,6	7,8	2,8	5,5	1,6	23,4	8	10	16	16	10	10	7	63	2	2	2
17	19,0	17,0	3,9	11,8	4,0	7,7	2,7	75,9	10	10	15	16	10	9	7	65	1	3	3
18	17,9	16,2	3,4	10,6	3,5	6,8	2,5	52,7	8	11	16	15	9	9	7	63	1	2	2
19	16,5	15,1	3,3	10,8	3,8	7,5	2,5	52,2	8	11	15	15	9	9	7	55	1	3	3
20	12,6	11,2	2,3	7,5	2,6	4,8	1,8	20,5	9	9	16	16	9	9	7	63	1	2	2
21	12,4	11,0	2,5	7,7	2,5	5,4	1,6	20,7	8	9	16	16	9	9	7	56	2	2	2
22	12,0	10,9	2,6	7,6	2,5	4,6	1,6	21,1	9	9	16	15	9	9	7	59	2	1	1
23	12,1	10,9	2,4	7,4	2,7	4,7	1,7	22,8	8	9	16	15	9	9	7	64	2	1	1
24	17,6	15,9	3,6	10,5	3,7	8,4	2,5	64,9	8	9	16	16	9	9	7	61	2	3	3
25	18,0	16,3	3,4	11,2	3,6	7,3	2,8	61,4	8	9	16	16	9	9	7	62	2	3	3
26	18,6	16,7	3,2	11,2	4,0	8,2	2,9	81,1	9	9	16	18	9	9	7	56	2	2	2
27	17,7	16,0	3,7	10,7	3,4	7,5	2,8	62,3	8	9	16	16	9	9	7	60	2	3	3
28	17,6	15,9	3,7	10,8	3,8	7,2	2,5	55,8	9	9	17	16	9	9	7	66	1	2	2
29	17,4	15,6	3,8	10,5	4,0	7,1	2,6	63,5	9	9	15	16	9	9	7	61	2	2	2
30	17,4	15,5	3,4	10,2	4,0	7,4	2,5	61,5	7	10	16	16	9	9	7	69	2	3	3
31	22,0	20,1	4,5	13,4	4,7	8,8	3,2	112,8	8	9	18	16	9	9	7	63	1	3	3
32	20,5	18,5	4,1	12,7	4,5	8,5	2,5	88,9	9	10	17	15	9	9	7	63	2	3	3
33	16,8	15,2	3,4	10,5	3,8	7,3	2,3	52,2	8	9	16	16	9	9	7	63	2	2	2
34	17,0	15,5	3,3	10,5	4,8	7,2	2,3	55,9	9	11	17	17	9	9	7	71	2	3	3
35	19,8	17,8	4,0	12,2	4,0	8,5	3,0	85,0	9	10	16	16	9	10	7	59	2	3	3
36	21,6	19,3	4,0	13,2	4,5	9,2	3,5	110,5	9	9	15	15	9	9	7	65	1	3	3
37	18,7	16,8	3,8	12,0	3,8	7,8	2,9	70,0	10	9	16	16	9	9	7	57	1	2	2
38	17,3	15,6	3,3	10,6	3,9	7,4	2,4	60,6	9	9	16	16	9	9	7	62	2	3	3
39	21,9	20,0	4,3	13,6	4,6	9,2	3,0	111,9	9	10	16	16	9	9	7	70	2	3	3
40	17,2	16,8	4,3	11,1	3,8	7,9	2,5	52,7	10	10	16	16	9	9	7	66	2	2	2
41	22,1	19,9	4,6	13,6	4,2	8,2	3,1	103,7	10	10	15	15	9	9	8	64	1	3	3
42	31,8	28,0	6,3	18,1	5,9	13,5	4,4	310,1	10	10	16	16	9	9	7	62	1	4	4
43	25,7	23,5	5,0	16,5	4,9	10,1	3,5	142,9	10	10	16	16	9	9	7	68	1	4	4
44	25,3	22,3	5,0	15,5	4,7	10,7	3,4	122,3	9	10	15	15	9	9	7	65	1	3	3
45	24,2	21,6	4,7	15,0	4,4	9,8	3,7	137,9	10	9	17	17	9	9	7	62	2	3	3
46	34,0	30,6	7,5	22,0	5,8	16,3	5,3	432,5	10	10	16	16	9	9	7	64	2	3	3
47	35,7	31,6	7,7	23,0	6,5	16,1	5,0	510,3	9	10	17	16	9	9	7	65	1	5	5
48	29,2	27,7	6,7	19,3	6,0	13,3	4,0	289,0	9	9	16	16	10	9	7	72	1	4	4
49	30,2	27,2	6,4	18,7	5,2	12,3	4,6	286,8	9	10	15	15	8	9	7	60	1	4	4
50	28,0	24,9	5,6	17,9	5,4	11,9	4,4	217,3	10	10	14	15	9	9	7	67	2	4	4
51	25,7	23,0	5,6	17,2	4,8	11,5	3,4	182,7	9	10	15	15	9	9	7	63	2	3	3
52	29,5	26,7	5,3	18,4	5,1	12,1	4,3	264,6	10	10	17	17	9	9	7	58	1	4	4
53	24,6	22,4	5,3	15,7	4,4	10,6	3,5	170,4	9	10	15	16	9	9	7	66	2	3	3
54	26,6	24,2	5,5	16,5	4,4	11,4	3,3	151,4	9	9	15	15	9	9	7	65	2	3	3

Légende: LT= longueur totale; LS= longueur standard; LD= longueur dorsale; LC= longueur de la tête; LA= longueur jusqu'à l'anus; LP= longueur de la pectorale; H= hauteur; W=poids du poisson; DF= nombre de dents pharyngiennes; RD= nombre de rayons de la nageoire dorsale; RPg= nombre de la nageoire pectorale gauche; RPd= nombre de la nageoire pectorale droite; RVg= Nombre de rayons de la nageoire ventrale gauche; RVd= Nombre de rayons de la nageoire ventrale droite; RA= nombre de rayons de la nageoire anale; SEX= sexe du poisson (1= mâle; 2= femelle); AGE= âge selon la méthode des écailles; OTO= âge calculés par lecture des otolithes

Tableau C: Mesures morphométriques et méristiques recueillies sur les *B. plebejus* du Fleuve Isonzo

N°	LT (cm)	LS (cm)	LC (cm)	LA (cm)	H (cm)	LD (cm)	LP (cm)	W (g)	DF	RD	RPg	RPd	RVg	RVd	RA	II	SEX	AGE	OTO
1	12,3	11,2	2,4	7,3	2,2	4,9	1,5	19,7	10	11	17	17	9	9	7	59	2	1	1
2	23,8	21,5	4,4	15,2	4,0	10,5	3,0	305,1	10	11	17	17	9	9	7	56	2	3	3
3	39,0	37,1	7,5	22,0	6,5	15,7	5,4	140,8	10	10	16	16	9	9	7	60	1	5	5
4	19,8	18,0	3,8	12,0	3,7	8,3	2,9	489,2	10	10	16	16	9	9	7	60	2	2	2
5	31,4	27,7	6,3	18,6	5,5	13,9	4,9	74,4	10	10	17	18	9	10	8	62	1	4	4
6	25,3	23,8	3,7	15,3	4,0	10,3	4,1	325,0	10	10	17	17	9	9	7	60	1	3	3
7	30,0	28,3	5,8	19,3	5,4	12,9	4,4	189,8	10	11	16	16	9	9	7	66	1	4	4
8	29,2	27,3	5,4	17,3	5,2	11,8	4,0	267,5	10	10	17	17	9	9	7	60	2	4	4
9	13,2	12,1	2,7	7,9	2,6	5,6	1,7	26,4	10	11	17	17	9	9	7	69	1	2	2
10	16,6	14,9	3,6	9,7	3,4	7,0	2,4	50,7	10	11	17	17	9	9	7	70	1	2	2
11	19,0	17,3	3,6	11,3	3,7	7,5	2,5	71,4	10	10	17	17	9	9	7	69	2	3	3
12	17,7	14,9	3,7	10,7	3,7	8,4	2,5	63,2	10	10	17	17	9	9	7	69	2	2	2
13	29,6	27,0	5,9	18,7	5,1	14,6	4,6	366,2	10	10	16	16	9	9	7	56	2	4	4

Tableau D: Mesures morphométriques et méristiques recueillies sur les *B. plebejus* du fleuve Bacchiglione

N°	LT (cm)	LS (cm)	LC (cm)	LA (cm)	H (cm)	LD (cm)	LP (cm)	W (g)	DF	RD	RPg	RPd	RVg	RVd	RA	II	SEX	AGE	OTO
1	40,0	35,5	8,8	30,3	7,9	18,7	6,2	838,4	10	10	13	13	8	8	7	61	2	5	5
2	31,2	27,8	6,2	19,3	6,4	13,4	4,4	368,6	10	10	16	16	9	10	6	68	1	3	3
3	34,6	31,8	6,6	22,3	5,7	14,3	4,7	374,2	9	10	16	16	8	8	7	71	1	4	4
4	25,7	23,6	5,4	16,2	5,3	10,0	3,2	191,7	8	9	16	16	9	9	6	61	2	3	3
5	31,0	27,8	6,4	19,4	5,2	13,0	5,4	273,3	10	10	17	17	9	9	6	63	2	4	4
6	30,0	27,1	6,3	19,2	4,9	12,5	3,8	296,4	10	10	15	15	9	9	7	69	1	3	3
7	29,3	26,5	6,3	16,5	4,7	12,3	4,3	226,6	9	10	16	16	8	8	6	63	1	4	4
8	27,9	25,4	5,5	17,2	4,6	11,0	4,5	174,1	10	11	16	15	9	9	6	67	2	3	3
9	32,6	29,5	6,3	19,8	5,7	12,7	4,4	322,8	10	10	15	15	8	8	6	60	1	4	4
10	26,6	24,4	5,4	16,0	4,1	11,3	4,3	180,9	9	10	16	14	8	8	7	65	1	4	4
11	27,2	24,7	5,4	17,1	4,7	12,2	4,0	211,5	10	11	16	15	9	8	6	64	2	3	3
12	26,5	24,5	6,6	16,7	5,4	12,0	4,4	237,2	9	9	16	15	9	9	7	61	2	4	4
13	25,2	22,4	5,4	14,5	4,2	10,2	4,3	151,6	9	10	14	15	9	9	7	62	1	3	3
14	24,2	22,2	4,7	15,2	4,0	10,6	3,4	184,3	10	10	16	15	9	9	5	71	2	3	3
15	23,1	20,9	4,8	14,3	4,1	9,2	4,3	116,4	10	10	17	16	8	8	7	60	2	3	3
16	24,7	23,4	4,9	14,4	5,0	10,2	3,8	156,9	9	11	17	16	9	9	7	63	1	3	3
17	22,7	20,1	4,4	13,2	3,9	9,5	3,2	100,7	10	11	16	16	8	8	6	65	2	2	2
18	21,5	19,3	3,9	13,2	3,7	10,0	2,8	78,9	9	10	16	15	9	9	6	58	1	3	3
19	22,7	20,4	4,2	13,6	4,0	8,9	3,5	109,4	9	10	15	16	9	9	6	64	2	3	3
20	26,8	24,4	5,1	15,7	4,9	10,6	4,0	207,5	9	10	16	16	9	9	7	64	2	4	4
21	20,7	19,3	4,2	12,6	4,2	8,0	3,2	90,9	10	10	16	16	8	8	6	63	1	2	2
22	21,6	19,6	4,4	12,6	4,5	8,8	3,2	111,5	9	10	15	16	9	9	7	66	1	2	2
23	23,0	20,6	4,2	13,8	4,3	8,1	3,2	110,9	9	10	17	16	9	9	6	65	2	2	2
24	23,9	19,9	4,8	14,6	4,4	9,0	3,3	124,1	9	10	16	14	9	9	7	67	1	3	3
25	25,3	20,2	4,9	15,5	4,7	10,0	3,5	147,5	9	10	14	13	10	8	7	64	1	3	3
26	22,1	18,0	4,2	13,5	4,5	8,7	3,2	116,4	8	10	15	15	10	9	7	70	1	3	3
27	23,0	19,2	4,5	14,0	4,6	9,1	3,4	115,8	10	9	15	15	9	9	7	67	1	3	3
28	37,3	31,2	7,8	23,5	7,2	15,4	5,5	484,1	10	10	15	15	9	9	8	66	1	6	6

Légende: LT= longueur totale; LS= longueur standard; LD= longueur dorsale; LC= longueur de la tête; LA= longueur jusqu'à l'anus;
 LP= longueur de la pectorale; H= hauteur; W= poids du poisson; DF= nombre de dents pharyngiennes; RD= nombre de rayons de la nageoire dorsale;
 RPg= nombre de la nageoire pectorale gauche; RPd= nombre de la nageoire pectorale droite; RVg= Nombre de rayons de la nageoire ventrale gauche;
 RVd= Nombre de rayons de la nageoire ventrale droite; RA= nombre de rayons de la nageoire anale; SEX= sexe du poisson (1= mâle; 2= femelle);
 AGE= âge selon la méthode des écailles; OTO= âge calculés par lecture des otolithes

Tableau F: Mesures morphométriques et méristiques recueillies sur les *B. plebejus* de la rivière Stura di Lanzo

N°	LT (cm)	LS (cm)	LC (cm)	LA (cm)	H (cm)	LD (cm)	LP (cm)	W (g)	DF	RD	RPg	RPd	RVg	RVd	RA	II	SEX	AGE	OTO
1	26.6	24.0	5.2	16.7	5.0	12.0	3.5	167.9	10	10	16	16	9	9	8	70	2	3	3
2	23.5	21.5	4.9	14.8	4.0	10.3	3.5	126.9	10	10	17	17	9	9	7	67	2	3	3
3	38.0	34.2	7.5	24.5	7.2	16.9	5.4	564.0	10	10	16	16	9	9	8	62	1	5	5
4	24.6	22.8	5.2	15.6	4.5	11.2	3.3	125.7	10	10	16	16	9	9	7	66	2	3	3
5	34.2	31.6	7.4	21.5	5.3	13.3	4.5	340.1	10	10	16	16	9	9	7	63	1	4	4
6	24.9	22.3	5.0	15.5	4.2	10.5	3.6	128.5	10	10	16	16	9	9	7	65	1	3	3
7	31.8	29.0	6.6	19.9	5.7	13.1	4.2	312.8	10	10	16	16	9	9	7	65	1	4	4
8	27.2	24.6	5.9	16.5	4.8	11.2	4.1	167.0	10	10	15	15	9	9	7	64	1	4	4
9	26.2	23.6	5.3	16.2	5.2	11.5	3.9	172.0	10	10	16	16	9	9	7	60	2	4	4
10	25.5	23.4	5.0	15.6	4.4	12.3	3.6	145.0	10	10	16	16	9	9	8	62	1	4	4
11	19.4	17.6	4.0	10.7	3.7	8.7	3.2	68.0	10	10	16	16	9	9	8	55	1	2	2
12	23.6	21.5	4.6	14.5	4.0	11.3	3.7	113.9	10	10	16	16	9	9	7	61	2	3	3
13	19.0	17.2	4.3	12.0	3.5	9.1	3.0	61.6	10	10	16	16	9	9	7	59	1	2	2
14	30.2	27.1	5.8	18.5	5.0	13.0	4.1	280.3	10	10	15	15	9	9	7	63	1	5	5
15	34.9	31.9	7.2	21.7	5.9	14.5	4.5	344.4	10	10	16	16	9	9	7	54	1	4	4
16	29.6	27.2	5.8	18.2	5.0	7.2	4.5	60.7	10	10	16	16	9	9	7	62	2	4	4
17	24.0	22.0	4.9	14.6	4.7	10.2	3.5	138.5	10	10	18	18	9	9	7	70	1	3	3
18	27.3	24.3	4.9	15.9	4.5	12.2	3.9	157.2	10	10	16	16	9	9	7	55	2	4	4
19	26.3	23.5	5.1	16.4	3.9	12.4	4.4	165.6	10	10	16	16	9	9	7	59	1	3	3
20	17.5	16.0	3.2	11.0	3.2	7.6	2.3	53.4	10	10	16	16	9	9	7	61	2	2	2
21	19.2	17.3	4.1	11.7	3.8	8.0	3.0	65.5	10	10	15	15	9	9	7	59	2	3	3
22	19.0	17.1	4.1	11.4	3.6	8.3	2.6	61.3	10	10	16	16	9	9	7	55	2	3	3
23	16.4	14.7	3.3	10.2	3.1	7.3	2.4	38.9	10	10	16	16	9	9	7	56	1	3	3
24	19.6	17.3	3.6	12.1	3.6	8.4	3.0	69.9	10	10	16	16	9	9	7	66	1	3	3
25	17.1	15.4	3.5	10.4	3.2	7.0	2.4	44.2	10	10	16	16	9	9	7	60	2	3	3
26	16.9	15.0	3.2	10.5	3.6	6.2	2.5	51.0	10	10	16	16	9	9	7	57	1	2	3

Légende: LT= longueur totale; LS= longueur standard; LD= longueur dorsale; LC= longueur de la tête; LA= longueur jusqu'à l'anus; LP= longueur de la pectorale; H= hauteur; W= poids du poisson; DF= nombre de dents pharyngiennes; RD= nombre de rayons de la nageoire dorsale; RPg= nombre de la nageoire pectorale gauche; RPd= nombre de la nageoire pectorale droite; RVg= Nombre de rayons de la nageoire ventrale gauche; RVd= Nombre de rayons de la nageoire ventrale droite; RA= nombre de rayons de la nageoire anale; SEX= sexe du poisson (1= mâle; 2= femelle); AGE= âge selon la méthode des écailles; OTO= âge calculés par lecture des otolithes

8.2 Annexe 2 : Statistiques générales des variables biométriques

Tableau I: Statistiques générales des variables biométriques pour les mâles et les femelles de *Barbus plebejus* capturés dans le fleuve Isonzo.

	sexe	N	moy.	min.	max.	dev.std.	err.st.
LT	F	7	21.63 /	12.30	29.60	6.302	2.382
	M	6	25.92	13.20	39.00	9.662	3.944
LS	F	7	19.60 /	11.20	27.30	6.029	2.279
	M	6	23.98	12.10	37.10	9.255	3.778
LC	F	7	4.17 /	2.40	5.90	1.181	0.446
	M	6	4.93	2.70	7.50	1.870	0.764
LA	F	7	13.21 /	7.30	18.70	4.024	1.521
	M	6	15.47	7.90	22.00	5.616	2.293
H	F	7	3.94 /	2.20	5.20	1.011	0.382
	M	6	4.57	2.60	6.50	1.473	0.601
LD	F	7	9.42 /	4.90	14.60	3.164	1.196
	M	6	10.90	5.60	15.70	3.992	1.629
LP	F	7	3.00 /	1.50	4.60	1.026	0.388
	M	6	3.82	1.70	5.40	1.455	0.594
W	F	7	228.90 /	19.70	489.20	180.657	68.282
	M	6	134.51	26.40	325.00	111.093	45.353

/ non significatif

* significatif au niveau des 5%

** significatif au niveau de 1%

Tableau II: Statistiques générales des variables biométriques pour les mâles et les femelles de *Barbus plebejus* capturés dans la rivière Natisone.

	sexe	N	moy.	min.	max.	dev.std.	asim.	curt.	err.st.
LT	F	23	19.55*	12.00	34.00	5.533	0.834	0.675/	1.153/
	M	31	23.05	12.60	35.70	5.320	0.349	-0.172/	0.955/
LS	F	23	17.68*	10.90	30.60	4.953	0.794	0.670/	1.033/
	M	31	20.89	11.20	31.60	4.825	0.256	-0.394/	0.866/
LC	F	23	4.00/	2.40	7.50	1.238	1.094	1.409**	0.258/
	M	31	4.69	2.30	7.70	1.202	0.429	0.176/	0.216/
LA	F	23	12.19*	7.40	22.00	3.703	0.968	0.780/	0.772/
	M	31	14.44	7.50	23.00	3.503	0.369	0.044/	0.629/
H	F	23	3.99/	2.50	5.80	0.850	-0.036	0.046/	0.177/
	M	31	4.42	2.60	6.50	0.908	0.299	-0.017/	0.163/
LD	F	23	8.42/	4.60	16.30	2.653	1.151	2.295**	0.553/
	M	31	9.71	4.80	16.10	2.455	0.615	0.407/	0.440/
LP	F	23	2.79*	1.60	5.30	0.889	1.037	1.804**	0.185/
	M	31	3.33	1.80	5.00	0.774	0.412	-0.312/	0.139/
W	F	23	99.22/	20.70	432.50	90.538	2.507	7.907**	18.879**
	M	31	144.59	20.50	510.30	106.217	1.703	3.467**	19.077**

/ non significatif

* significatif au niveau des 5%

** significatif au niveau de 1%

Tableau III: Statistiques générales des variables biométriques pour les mâles et les femelles de *Barbus plebejus* capturés dans la rivière Torre.

	sexe	N	moy.	min.	max.	dev.std.	asim.	curt.	err.st.
LT	F	33	20.60	10.60	35.60	5.366	1.151**	1.610*	0.934
	M	43	22.02 /	10.50	37.60	5.926	0.289/	0.054/	0.903
LS	F	33	18.38	9.50	32.60	5.114	1.012*	1.473/	0.890
	M	43	20.26 /	9.40	34.40	5.219	0.455/	0.254/	0.796
LC	F	33	4.36	2.20	8.00	1.258	1.169**	1.362/	0.219
	M	43	4.60 /	2.30	7.60	1.200	0.648/	0.215/	0.183
LA	F	33	12.62	6.50	22.30	3.427	1.283**	1.896*	0.597
	M	43	13.67 /	6.60	24.00	3.701	0.583/	0.447/	0.564
H	F	33	4.27	2.40	6.70	0.806	0.544/	1.675*	0.140
	M	43	4.65 /	2.40	6.80	0.996	0.151/	0.145/	0.152
LD	F	33	8.64	4.70	14.60	2.218	1.015*	1.071/	0.386
	M	43	9.47 /	4.30	15.10	2.519	0.244/	-0.345/	0.384
LP	F	33	2.98	1.70	4.90	0.747	0.850*	0.642/	0.130
	M	43	3.31 /	1.40	5.40	0.848	0.227/	0.139/	0.129
W	F	33	115.76	12.70	476.40	99.334	2.322**	5.798**	17.292
	M	43	145.67 /	15.30	508.30	109.945	1.422**	1.911**	16.766

/ non significatif

* significatif au niveau des 5%

** significatif au niveau de 1%

Tableau IV: Statistiques générales des variables biométriques pour les mâles et les femelles de *Barbus plebejus* capturés dans le fleuve Bacchiglione à Vicenza.

	sexe	N	moy.	min.	max.	dev.std.	asim.	curt.	err.st.
LT	F	12	26.73	22.70	40.00	4.889	2.021**	4.856**	1.411
	M	16	26.85	20.70	37.30	5.079	0.689/	-0.572/	1.269
LS	F	12	24.17	20.10	35.50	4.284	1.792**	4.102**	1.237
	M	16	23.72	18.00	31.80	4.682	0.474/	-1.249/	1.170
LC	F	12	5.46	4.20	8.80	1.307	1.647**	3.203**	0.377
	M	16	5.38	3.90	7.80	1.097	0.590/	-0.309/	0.274
LA	F	12	16.89	13.20	30.30	4.590	2.579**	7.615**	1.325
	M	16	16.34	12.60	23.50	3.446	0.888/	-0.324/	0.861
H	F	12	4.86	3.90	7.90	1.097	2.121**	5.564**	0.316
	M	16	4.90	3.70	7.20	0.917	1.293*	1.438/	0.229
LD	F	12	11.15	8.10	18.70	2.781	1.952**	4.917**	0.803
	M	16	10.99	8.00	15.40	2.205	0.562/	-0.722/	0.551
LP	F	12	4.11	3.20	6.20	0.938	1.130/	0.919/	0.271
	M	16	3.88	2.80	5.50	0.714	0.568/	0.033/	0.178
W	F	12	229.62	100.70	838.40	199.535	2.998**	9.707**	57.601
	M	16	209.20	78.90	484.10	122.412	0.989/	-0.099/	30.603

/ non significatif

* significatif au niveau des 5%

** significatif au niveau de 1%

Tableau V: Statistiques générales des variables biométriques pour les mâles et les femelles de *Barbus plebejus* capturés dans la rivière Stura à Turin.

	sexe	N	moy.	min.	max.	dev.std.	asim.	curt.	err.st.
LT	F	10	22.76	17.10	29.60	4.351	0.061/	.1.344/	1.376
	M	15	25.87	16.40	38.00	6.850	0.240/	-1.040/	1.769
LS	F	10	20.67	15.40	27.20	4.000	0.066/	-1.248/	1.265
	M	15	23.43	14.70	34.20	6.332	0.225/	-1.093/	1.635
LC	F	10	4.56	3.20	5.80	0.825	-0.309/	-0.742/	0.261
	M	15	5.25	3.20	7.50	1.451	0.214/	-1.102/	0.375
LA	F	10	13.97	10.40	18.20	2.657	-0.010/	-1.376/	0.840
	M	15	16.01	10.20	24.50	4.491	0.357/	-0.862/	1.159
H	F	10	4.10	3.20	5.20	0.693	0.240/	-0.972/	0.219
	M	15	4.57	3.10	7.20	1.112	0.902/	0.635/	0.287
LD	F	10	9.46	7.00	12.20	2.024	0.060/	-2.054/	0.640
	M	15	11.14	6.20	16.90	2.896	0.118/	-0.327/	0.748
LP	F	10	3.31	2.30	4.50	0.726	-0.003/	-0.998/	0.229
	M	15	3.73	2.40	5.40	0.829	0.119/	-0.328/	0.214
W	F	10	98.08	44.20	172.00	46.564	0.381/	-1.519/	14.725
	M	15	191.71	38.90	564.00	148.075	1.221*	1.311/	38.233

/ non significatif

* significatif au niveau des 5%

** significatif au niveau de 1%

8.3 Annexe 3: Graphiques de comparaison des mesures biométriques
deux à deux pour les 5 populations étudiées

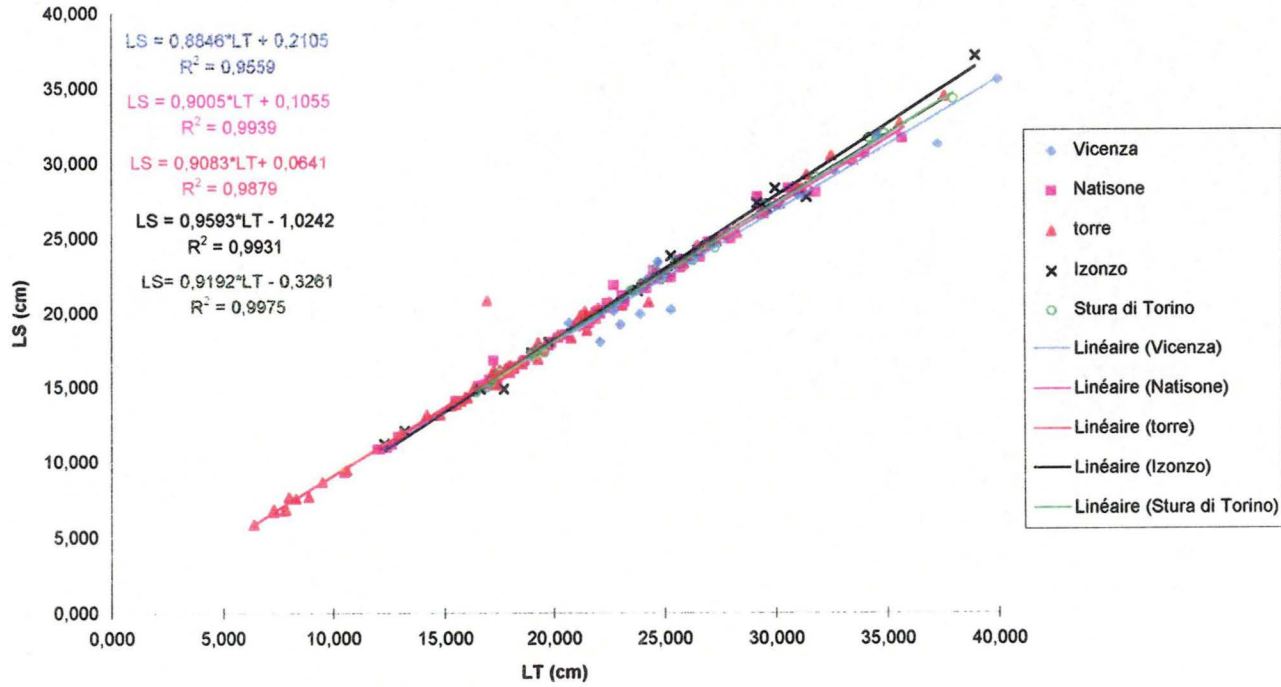


Figure A: Comparaison du rapport de la longueur totale (LT) sur la longueur standard (LS) de *B. plebejus* dans les 5 populations étudiées

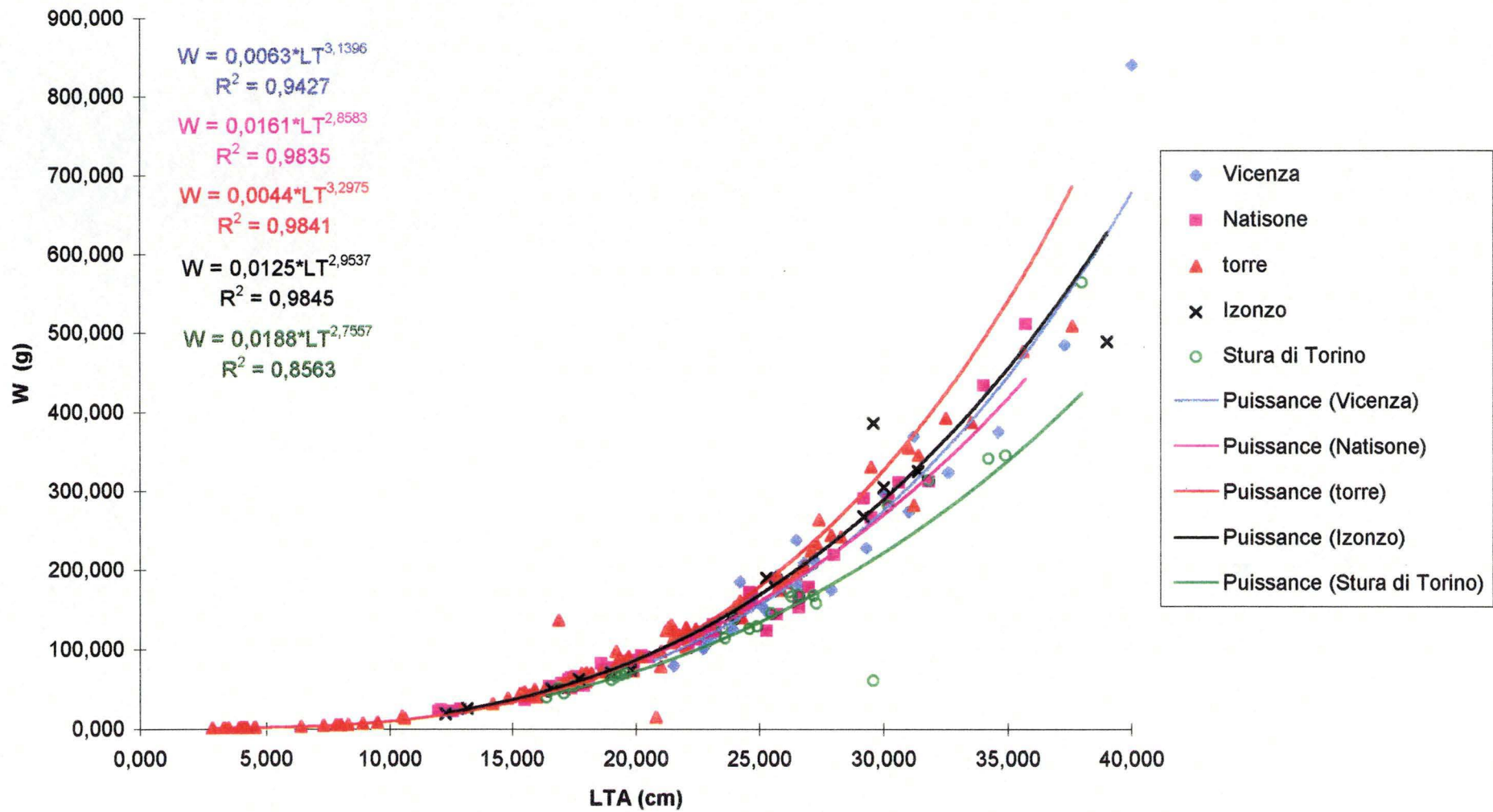


Figure B: Comparaison du rapport de la longueur totale (LTA) sur le poids (W) de *plebejus* dans les 5 populations étudiées

B,

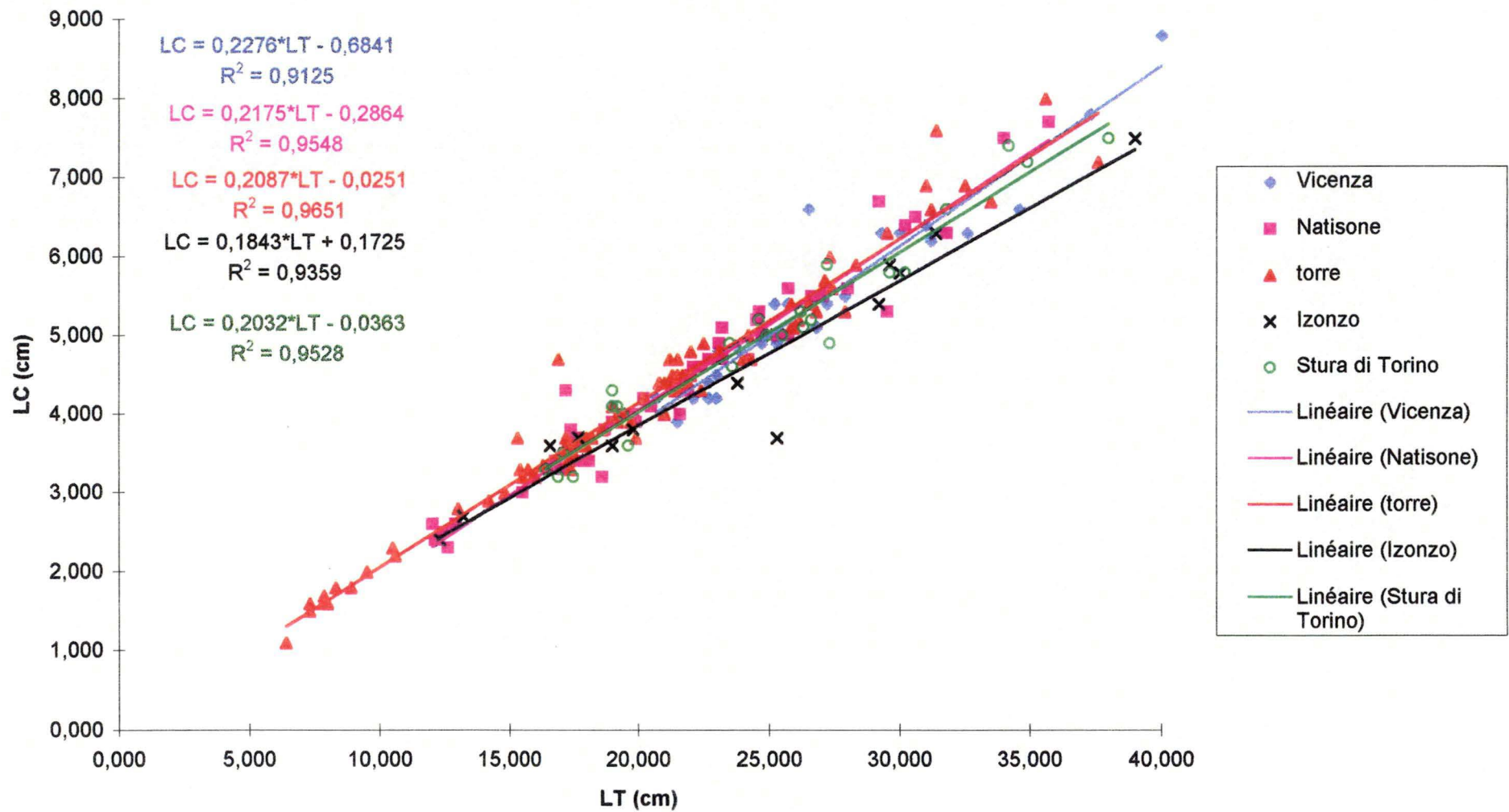


Figure C: Comparaison du rapport de la longueur totale (LT) sur la longueur de la tête (LC) de *B. plebejus* dans les 5 populations étudiées

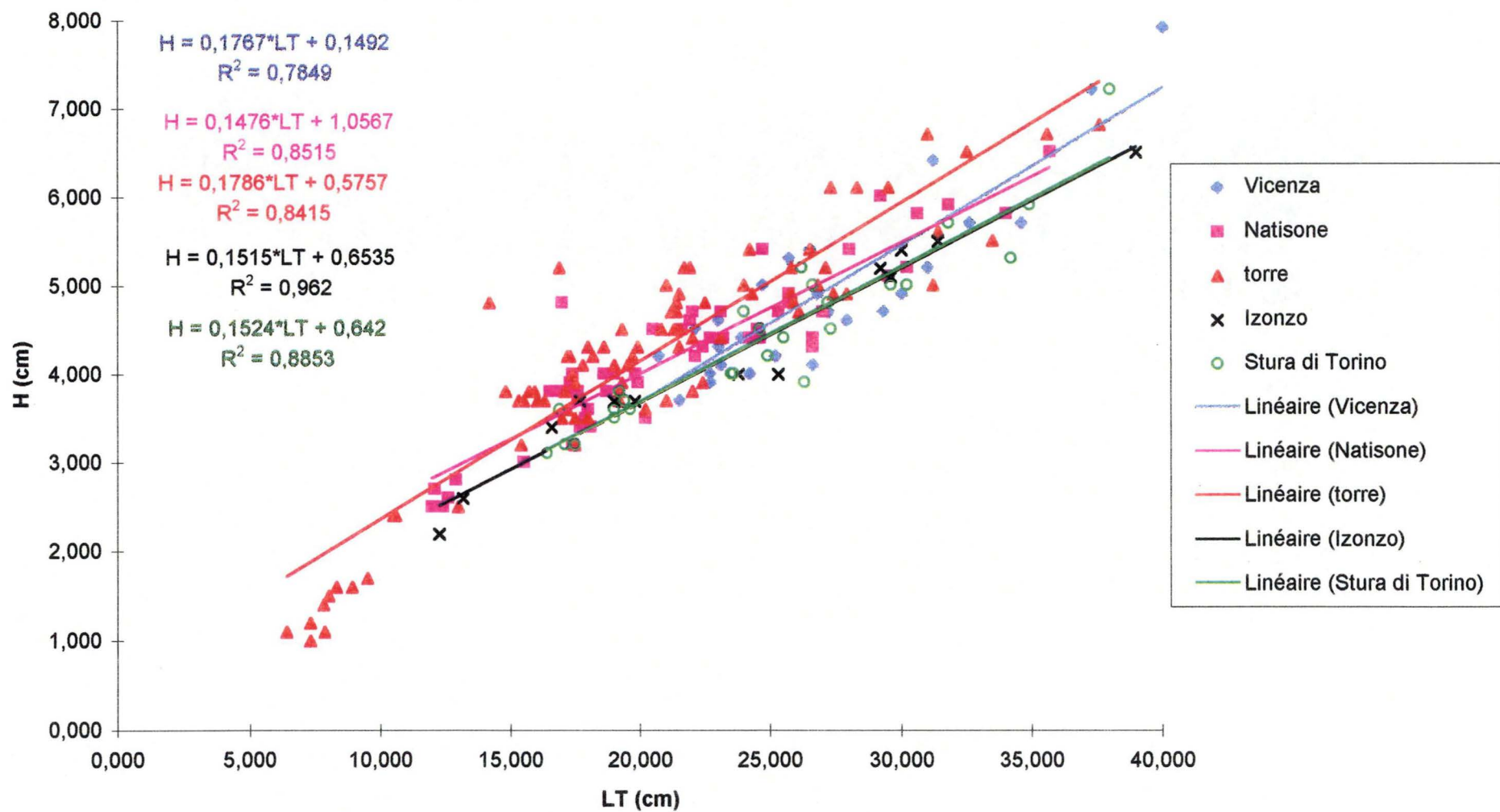


Figure D: Comparaison du rapport de la longueur totale (LT) sur la hauteur (H) de *B. plebejus* dans les 5 populations étudiées

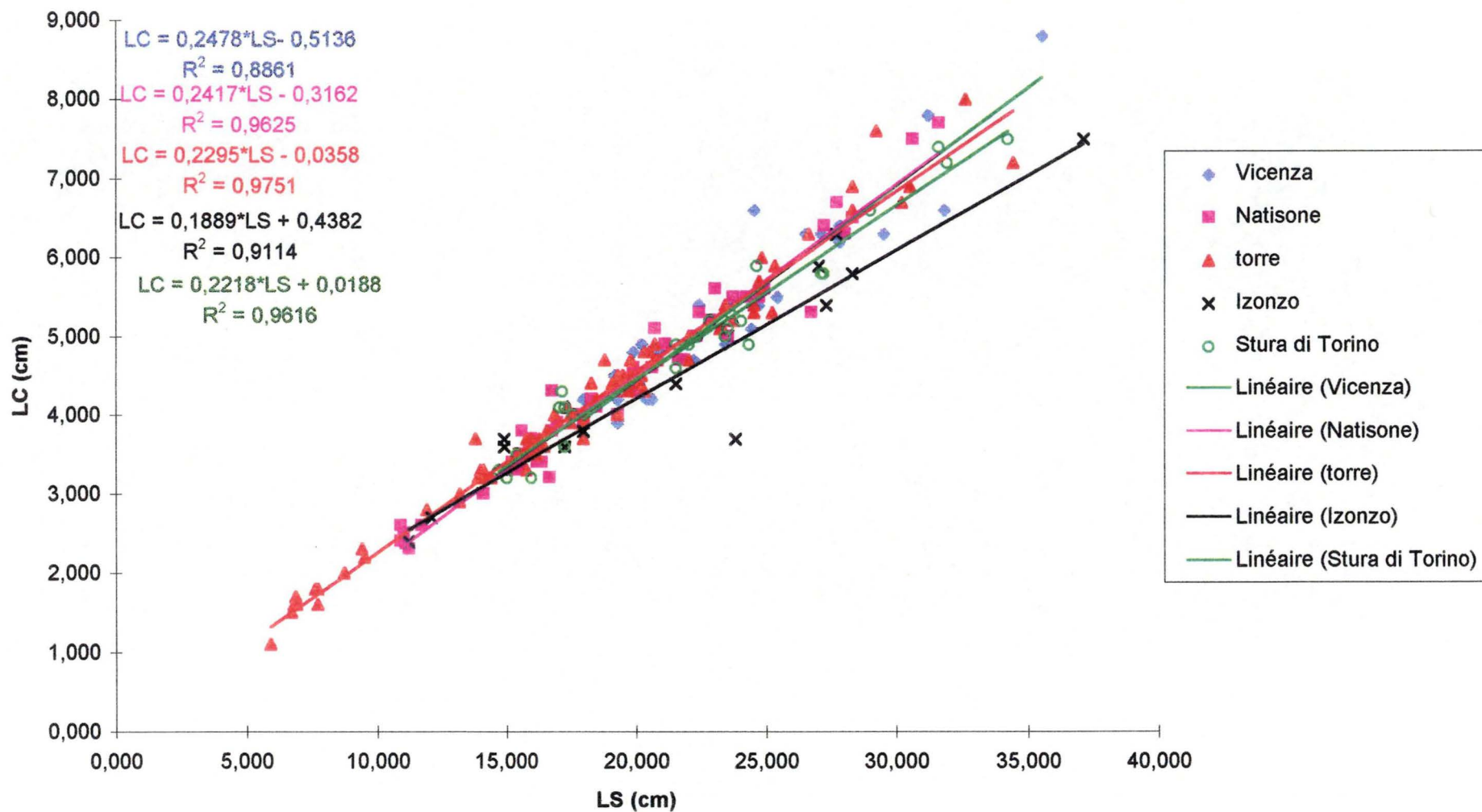


Figure F: Comparaison du rapport de la longueur standard (LS) sur la longueur de la tête (LC) de *B. plebejus* dans les 5 populations étudiées

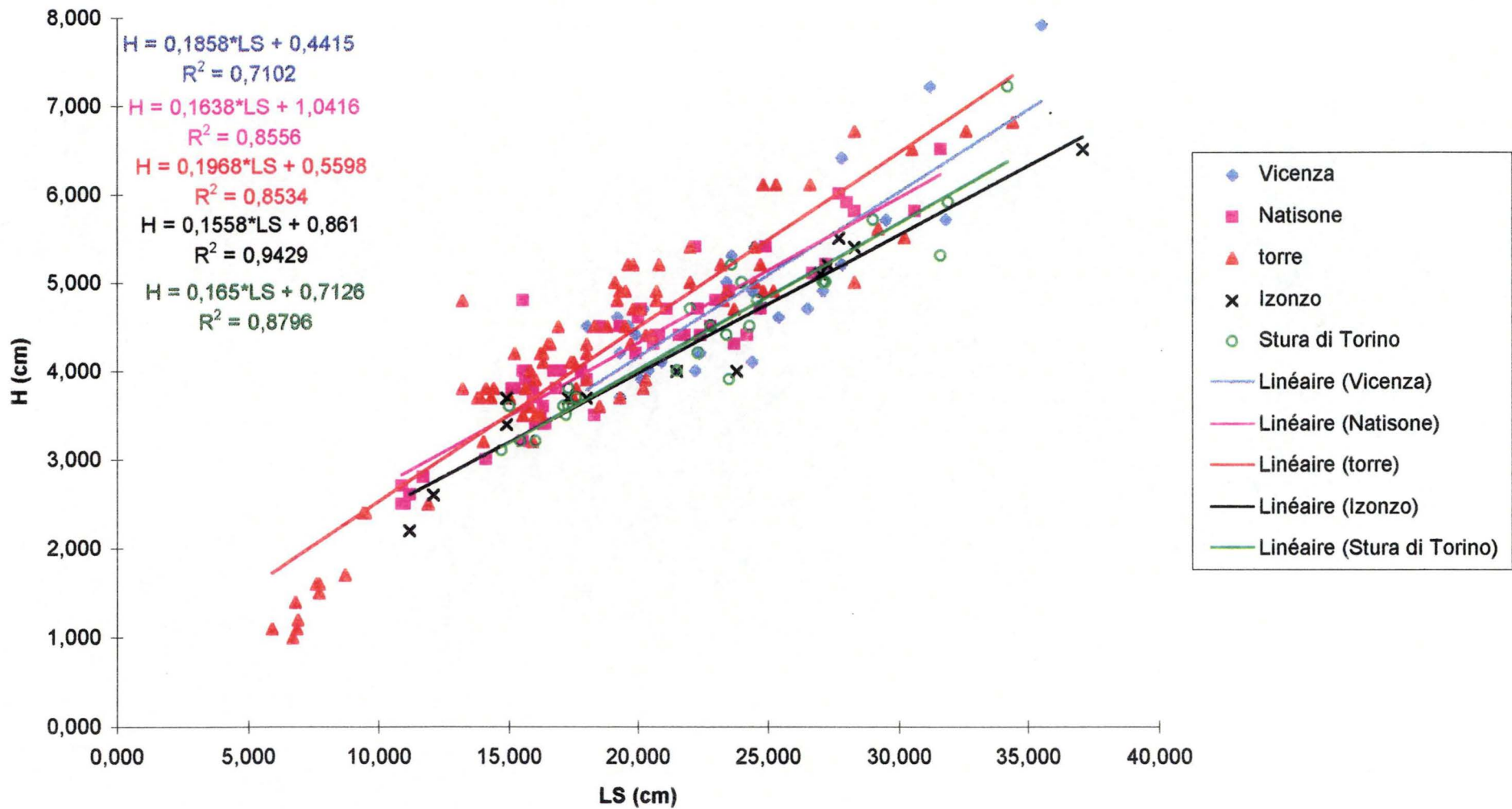


Figure G: Comparaison du rapport de la longueur standard (LS) sur la hauteur (H) de *plebejus* dans les 5 populations étudiées **B,**

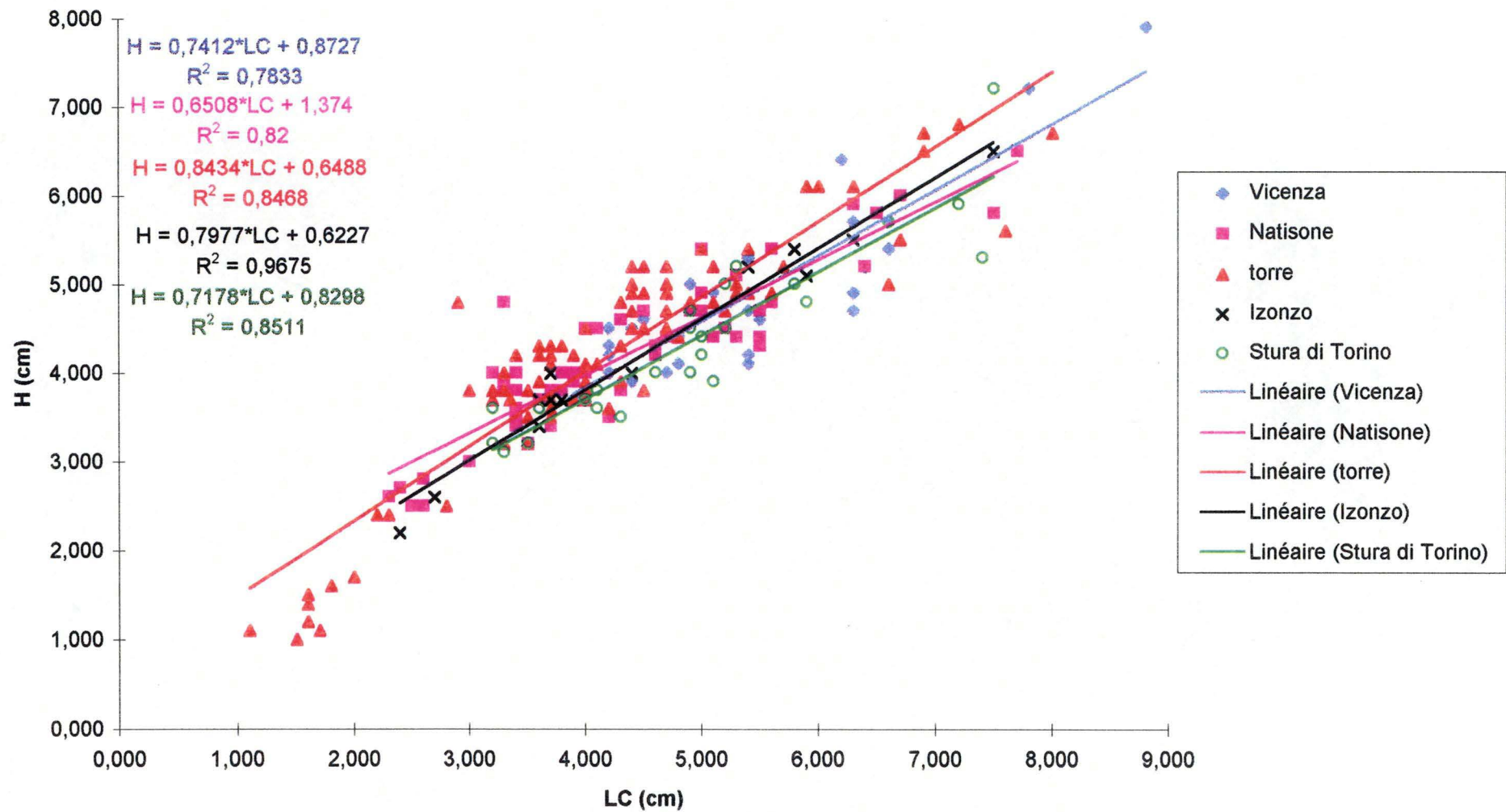


Figure H: Comparaison du rapport de la longueur de la tête (LC) sur la hauteur (H) de *B. plebejus* dans les 5 populations étudiées

9. BIBLIOGRAPHIE

1. Almaça C. -1984a- Notes on some species of western palearctic *Barbus* (Cyprinidae, Pisces). ARQ.-MUS.-BOCAGE-B. 1984. 2, 1, 76 p.
2. Almaça C. -1984b- From relationship among western palearctic species of *Barbus* (Cyprinidae, Pisces). ARQ.-MUS.-BOCAGE-B. 2, 12, 207-248.
3. Almaça C. -1994- Evolutionary, biogeographical, and taxonomic remarks on Mesopotamian species of *Barbus* s.s. ARQ.-MUS.-BOCAGE-NOVA-SER. 2, 4, 63-78
4. Balci K.; Unlu E.; Akbayin H.; Aguloglu B. -1990- A study on the reproductive characters of *Barbus plebejus* lacerta (Heckel, 1843) and *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) (Pisces: Cyprinidae) living in Savur Stream. SU-URUN.-DERG.-J.-AQUAT.-PROD. 4, 2, 49-58
5. Berrebi P.; Cattaneo-Berrebi G.; Le-Brun N. -1993- Natural hybridisation of two species of tetraploid barbels: *Barbus meridionalis* and *Barbus Barbus* (Osteichthyes, Cyprinidae) in southern France. BIOL.-J.-LINN.-SOC. 48, 4, 319-333.
6. Berthier P. et Bourache J. M. -1975- Analyse des données multidimensionnelles. Presses de France, Paris. 256 p.
7. Bianco P. G. -1995- A revision of the Italian *Barbus* species (Cypriniformes: Cyprinidae). Ichthyol. Explor. Freshwater., 6 (4): 305-324.
8. Bijnen E.J. -1973- Cluster analysis: survey and evaluation of techniques. Tilburg University Press, The Netherlands (XI), 111p.

9. Dagnelies P. -1975- Analyse statistiques à plusieurs variables. Presses agronomiques de Gembloux. Bruxelles. 335 p.
10. Dancevich M.B.; Paradisi S.; Sillani L.; Specchi, M. -1982- Preliminary observations about some freshwater fishes distribution in Friuli-Venezia Giulia region (northern Italy). QUAD.-ENTE-TUTELA-PESCA,-UDINE. UDINE-ITALY-ETP. 5, 23 p.
11. Engelbrecht J.S. ; Van der Bank F.H. -1994- Izozyme and allozyme differences in four shortfin barb (*Barbus brevipinnis* Jubb, 1966) populations with références to an undescribed species from the Transvaal, South Africa. Biochemical systematics and ecology, 22 (3) : 269-176.
12. Forneris G.; Paradisi S. e Specchi M.; 1990- Pesci d'acqua dolce, Carlo Lorenzini Editore, Udine, 214 p.
13. Gandolfi G.; Torricelli P.; Zerunian S.; Marconato A., 1991- I pesci delle acque interne Italiane; Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 617 p.
14. Guéguan J. F.; Paugy D.; Lévêque C. -1993- L'étude des *Barbus* dans le cadre d'un programme PICADOR: Programme International sur les Cyprinidae Africains, Distribution et Origine. Cahiers d'Ethologie, Actes de la Table Ronde Internationale *Barbus* II (Liège Belgique), XIII, 2: 183-184.
15. Harris H. and Hopkinson D.A. -1976- Handbook of enzyme electrophoresis in human genetics. North Holland Publ. Co., Amsterdam. 452 p.
16. Hartl D.L. ; Clark A.G. -1989 - Principles of population genetics. Second edition. Sinauer Associates Inc., Harvard. 682 p.
17. Howes G.J. -1991- Systematic and biogeography: an overview. Winfield -I.J. and Nelson J.S. (eds.), cyprinid Fishes, systematics, biology and exploitation, Chapman and Hall Ltd, London: 1-33.

18. Koller O. -1926- Eine Kritische Übersicht über die bisher beschriebene mittel- und südeuropäischen Arten der Cypriniden Gattung *Barbus* Cuv.. Sitzber. Akad. Wien, 135 p.
19. Lelek A. -1987- The freshwater fish of Europe (Vol. 9): Threatened fishes of Europe, the European committee for the Conservation of Nature and Natural Resource-Council of Europe, Aula-Verlag Wiesbaden, 343p.
20. Muus Bent J.; Dahlström P. -1991- Guide des poissons d'eau douce et pêche. Delachaut-Nestlé S.A., Neuchâtel, Suisse, 224 p.
21. Narayan C. Giri. -1977- Multivariate Statistical Inference. Academic Press, New-York. 203 p.
22. Persat H.; Berrebi P. -1990- Relative ages of present populations of *Barbus* *Barbus* and *B. meridionalis* (cyprinidae) in southern France: Preliminary considerations. Aquatic living resources 3: 325-332.
23. Philippart J. C. -1993- Quel avenir pour les *Barbus* ? Cahiers d'Ethologie, Actes de la Table Ronde Internationale *Barbus* II (Liège Belgique), XIII, 2: 163-166.
24. Philippart J. C.; Berrebi P. -1990- Experimental hybridisation of *Barbus* *Barbus* and *Barbus meridionalis* : Physiological, Morphological, and genetic aspects. AQUAT.-LIVING-RESOUR.-RESSOUR.-VIVANTES-AQUAT. 3, 4, 325-332.
25. Pizzul E., Salpietro L., Specchi M. e Valli G. (1994) - Osservazioni sulla biologia di *Barbus plebejus* Bonaparte (1839) (Osteichthyes, Cyprinidae) nel bacino dell'Isonzo (Friuli-Venezia Giulia). Quaderni E.T.P., Rivista di Limnologia, Ente Tutela Pesca del Friuli-Venezia Giulia 22: 1-35.

26. Pizzul E., Salpietro L., Specchi M. e Valli G. -1994 - *Barbus plebejus* (Bonaparte, 1839) dans le bassin du Fleuve Isonzo (Italie du Nord-est): notes préliminaires . Cahiers d'Ethologie, Actes de la Table Ronde Internationale *Barbus* II (Liège Belgique), XIII, 2: 177-178.
27. Poncin P.; Berrebi P; Philippart J.C. & Ruwet J.-Cl. -1993- Le modèle *Barbus* (poisson cyprinidae): Un maillon indispensable dans la recherche sur les poissons d'eau douce. Cahiers d'Ethologie, Actes de la Table Ronde Internationale *Barbus* II (Liège Belgique), XIII, 2: 129-130.
28. Press J. -1972- Applied Multivariate analysis, Holt, Rinehart and Winsten INC, New-York. 512 p
29. Rawn J. D. -1990- Traité de Biochimie. Eds. De Boek-Wesmael Tournai, 1146 p.
30. Späth H. -1980- Cluster analysis algorithms for data reduction and classification of objects. Harwood Publishers, Chichester. 226 p
31. Stoch F., Paradisi S. e Buda-Dancevich M. - 1992 - Carta Ittica del Friuli-Venezia Giulia. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia. Ente Tutela Pesca del Friuli-Venezia Giulia. E.T.P. 387 p
32. Studier F.W. -1973- Analysis of Bacteriophage T7 early RNA's and proteins on stab gels. J. Mol. Biol. 79: 273-275
33. Tortonese E. -1970- Fauna d'Italia (vol. 10): Osteichthyes, parte prima, Edizione Calderini Bologna, 565 p.
34. Treer T. -1993- The use of meristic and morphometric characteristics in differentiation of fish populations. RIBARSTVO vol. 48, no. 1, 13-26.