



Fédération de la Corse pour la Pêche
et la Protection du Milieu Aquatique

ECOGEA

J.M. Lascaux, T. Lagarrigue, J.M. Mennessier, S. Muracciole (nov. 2010)

ANALYSE DE LA VARIABILITÉ DE LA PONCTUATION ET DES CARACTÈRES ORNEMENTAUX DES TRUITES DES COURS D'EAU CORSES



Le Golo

Etude réalisée dans le cadre du
programme de gestion de
la truite corse

Avec la participation financière de :



COLLECTIVITE
TERRITORIALE DE CORSE



OFFICE DE
L'ENVIRONNEMENT
DE LA CORSE



Une truite de Sant'Antone

Et le soutien de :



SOMMAIRE

I. INTRODUCTION.....	1
A. OBJECTIF DE L'ETUDE	1
B. PARTENAIRES FINANCIERS	1
C. PARTENAIRES TECHNIQUES	1
II. MATERIELS ET METHODES	2
A. SITES ECHANTILLONNES.....	2
B. OBTENTION DES DONNEES.....	4
C. DESCRIPTION DES JEUX DE VARIABLES MORPHOLOGIQUES UTILISES	5
1. <i>Ponctuation</i>	5
2. <i>Variables d'ornementation qualitatives</i>	5
3. <i>Taille des points rouges et des points noirs</i>	5
D. TRAITEMENTS STATISTIQUES	6
1. <i>Analyses globales</i>	6
a) Données de ponctuation.....	6
b) Données ornementales qualitatives.....	7
c) Tailles des plus gros points rouges et des plus gros points noirs.....	8
2. <i>Mise en relief d'un effet</i>	8
III. RESULTATS.....	9
A. PONCTUATION.....	9
B. CARACTERES ORNEMENTAUX QUALITATIFS	10
C. TAILLE DES POINTS	11
IV. FICHES MORPHOTYPES	13
V. POSTER DE SYNTHESE.....	14
VI. CONCLUSIONS	15
VII. BIBLIOGRAPHIE.....	18

I. INTRODUCTION

Le présent rapport rend compte d'une étude initiée par la **Fédération de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique de la Corse** portant sur la variabilité de la ponctuation et des caractères ornementaux des truites ancestrales de l'île.

A. Objectif de l'étude

L'objectif principal de cette étude est **de décrire** le plus finement possible les différentes formes ancestrales de truites corses identifiées par des marqueurs génétiques dans le cadre du programme LIFE « conservation de la truite macrostigma en Corse » (Berrebi *et al.*, 2007) afin de mettre en valeur **l'ensemble** de ce patrimoine biologique, sans forcément se focaliser uniquement sur une seule forme corse particulièrement « esthétique ».

B. Partenaires financiers

Cette étude, sous maîtrise d'ouvrage de la Fédération de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique de la Corse, a été financée par :

- la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) de Corse,
- l'Office de l'Environnement de la Corse (OEC).

C. Partenaires techniques

La maîtrise d'œuvre de cette étude a été assurée par des personnels de la Fédération de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique de Corse, de l'Office National des Forêts de la Corse et du bureau d'étude E.CO.G.E.A. pour ce qui est de la collecte des données sur le terrain, et par le bureau d'études E.CO.G.E.A. pour la partie traitement et interprétation des données.

II. MATERIELS ET METHODES

Les premières analyses morphologiques menées sur les populations de truite ont permis de mettre en évidence une remarquable adéquation avec les descriptions génétiques de ces mêmes populations. Ceci est particulièrement vrai pour ce qui concerne la distinction entre les lignées « atlantique » et « méditerranéenne » (Lascaux, 1996 ; Mezzera *et al.*, 1997 ; PNR du massif des Bauges, 2003 ; Aparicio *et al.*, 2005 ; Caudron *et al.*, 2006), mais reste également valable à l'intérieur de chaque lignée (Berrebi, 1997 ; Lascaux et Mennessier, 2009 ; Berrebi, 2009).

En effet, l'analyse de la morphologie des truites se base sur des variables concernant la ponctuation ou des caractères ornementaux qualitatifs de la robe des poissons. Ces paramètres sont pratiques à obtenir, ils ne nécessitent pas le sacrifice des poissons et ils possèdent un support génétique démontré (Alm, 1948 ; Blanc *et al.*, 1982, 1994). L'héritabilité des caractères utilisés est importante à souligner ici car elle permet de s'affranchir au moins en partie de l'influence du milieu, facteur également déterminant de la morphologie des poissons. Ainsi, une truite qui possède une frange blanche et noire à la nageoire anale ne va pas la perdre si on la change de cours d'eau ou si on la transporte vers un bassin de pisciculture. De même, on peut très facilement sélectionner en pisciculture une souche de truite « à gros points rouges » (voir l'ouvrage de A. Richard, collection Mise au point du C.S.P.) ou « à grand nombre de points noirs » (Skaala et Jorstad, 1987, 1988), ce qui démontre bien la base génétique de la ponctuation.

Ces analyses statistiques de la ponctuation et des caractères ornementaux des truites nous ont permis de mettre une « image » sur des poissons connus jusqu'à présent seulement par leur profil génétique.

Elles ne prétendent pas remplacer les analyses génétiques, qui ont d'autres intérêts, notamment phylogénétique et biogéographique.

A. Sites échantillonnés

Le présent rapport détaille l'analyse morphologique des truites échantillonnées en 2010 sur 6 stations, 6 cours d'eau, abritant des truites ancestrales corses et méditerranéennes identifiées génétiquement lors du programme LIFE « conservation de la truite macrostigma en Corse »

La figure 1 illustre la répartition géographique des stations étudiées.

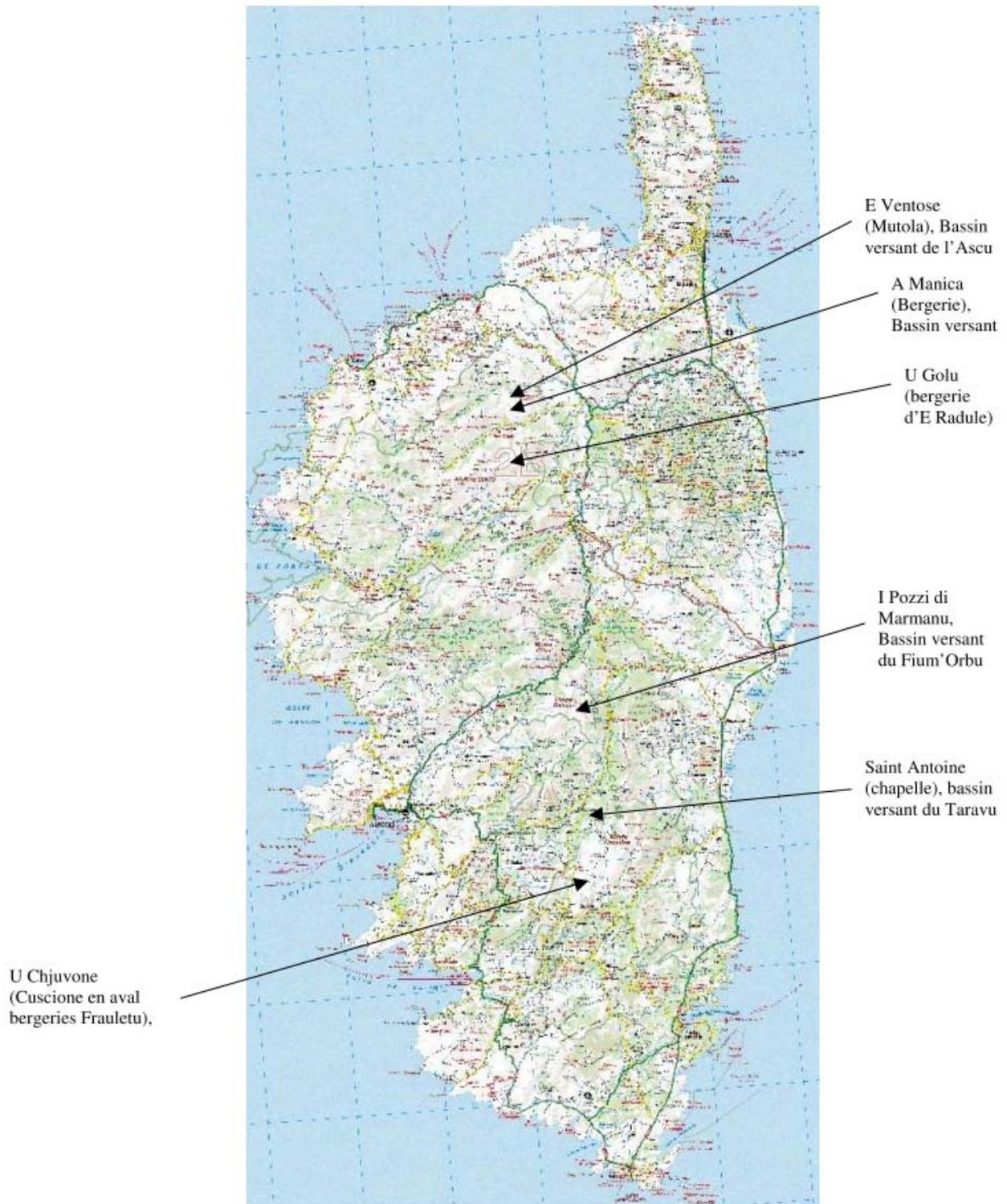


Fig. 1 : Répartition géographique des stations étudiées.

Le tableau 1 détaille le plan d'échantillonnage.

Cours d'eau	Station	Bassin-versant	Nb. Ind
Chjuvone	Cuscione aval bergeries Frauletu	Rizzanese	30
Sant'Antone	Chapelle	Taravo	26
Pozzi di Marmanu	Pozzi di Marmanu	Fium'orbo	23
Golu	Bergerie d'E Radule	Golo	20
Ventosi	Mutola	Golo/Asco	31
Manica	Bergerie	Golo/Asco	29
		Total	159

Tableau 1 : détails du plan d'échantillonnage

B. Obtention des données

Les poissons sont capturés dans les cours d'eau retenus à l'aide d'un appareil de pêche électrique.

Dans chaque station, les truites à étudier sont prélevées, de préférence au hasard, dans la population, afin d'obtenir une bonne représentativité de celle-ci.

Les truites à analyser sont stockées dans des récipients de couleur neutre (pas de seaux ou de bacs blancs ou noirs) pour éviter les phénomènes de mimétisme trop marqués (contraction ou dilatation des mélanophores).

Elles sont ensuite anesthésiées, mesurées, identifiées par un code et un numéro puis photographiées. Pour cela, nous utilisons un aquarium muni de deux miroirs formant entre eux un angle de 90° permettant sur un même cliché de distinguer les deux flancs et le dos du poisson. Deux clichés sont pris pour chaque poisson, un dans l'aquarium et un sur une plaque de liège (de couleur neutre également).

L'appareil utilisé est un boîtier réflex numérique muni d'un objectif de focale 80 mm. Le gain de luminosité qu'apportent les miroirs est suffisant pour pouvoir travailler sans flash (difficile à maîtriser avec les miroirs de l'aquarium), même dans de mauvaises conditions de luminosité.

Toutes ces précautions étant prises, l'utilisation des images numériques pour relever les variables de ponctuation et d'ornementation que l'on définira plus loin, s'est avérée à chaque fois possible.

Après les photographies, des écailles sont prélevées sur un flanc de la truite afin d'étudier la croissance aux différentes stations par scalimétrie (l'étude scalimétrique de ces mêmes truites corses fait l'objet d'un second rapport, Lagarrigue *et al.*, 2011).

C. Description des jeux de variables morphologiques utilisés

Nous allons distinguer 3 jeux de variables dans nos données, qui de par leur nature différente, vont imposer des traitements statistiques différents. Ce sont les variables de ponctuation, les traits ornementaux qualitatifs de la robe des poissons et la dimension des points rouges et noirs.

1. Ponctuation

La définition des variables mesurées et la localisation des zones de comptage sont présentées sur la figure 2.

Les images numériques de chaque individu sont ouvertes sur un écran plat de 17 pouces. Pour chaque poisson, on matérialise d'abord la trame de comptage. Chaque point est ensuite compté et marqué. Les points situés sur les limites de zone ne sont comptés qu'une seule fois, dans la zone qui comprend la plus grande partie de la superficie du point. Les points rouges et les points noirs sont comptés séparément. On ne considère que deux couleurs de points pour le comptage (rouge ou noir) sans tenir compte des nuances. Seuls les points nettement différenciés sont considérés. Ceux qui fusionnent sont comptés pour une unité. Les points qui sont à la fois rouge et noir sont comptés pour rouge et pour noir.

2. Variables d'ornementation qualitatives

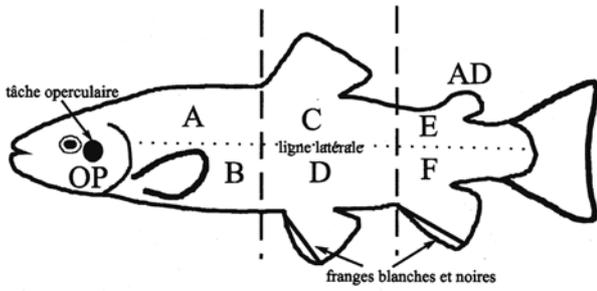
Ces variables sont de type présence/absence et concernent différents traits ornementaux de la robe des poissons. Ces paramètres sont relevés directement par observation des images numériques. Leur description est précisée dans le deuxième tableau de la figure 2 (tableau présenté en tenant compte des regroupements de modalités opérés avant analyses factorielles afin de ne pas donner artificiellement trop de poids à des modalités rares).

Un certain nombre de critères relevés ne présentaient pas ou très peu de variation sur l'ensemble des truites étudiées, nous les avons donc otés des analyses (et du tableau de la figure 2). C'est par exemple le cas, dans ce jeu de données, des variables « présence/absence de marques bleutées en doigt de gant (marques juvéniles) » ou « présence/absence de la tâche operculaire » quasiment toujours présentes sur les truites analysées.

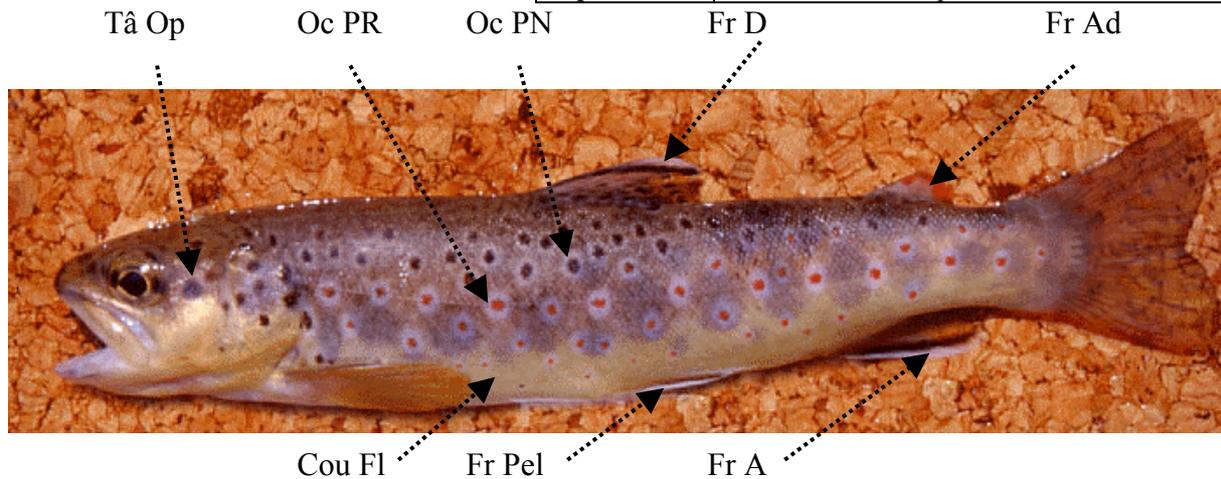
3. Taille des points rouges et des points noirs

Ce jeu de données est en fait réduit à deux variables. Il s'agit de la plus grande dimension des plus gros points noirs et des plus gros points rouges des flancs de chaque poisson. Ces deux critères sont

Fig. 2 : Définition des paramètres morphologiques relevés et localisation des zones de comptage.



Code	Description
pr-a	Nombre de points rouges dans la zone A
pn-a	Nombre de points noirs dans la zone A
pr-b	Nombre de points rouges dans la zone B
pn-b	Nombre de points noirs dans la zone B
pr-c	Nombre de points rouges dans la zone C
pn-c	Nombre de points noirs dans la zone C
pr-d	Nombre de points rouges dans la zone D
pn-d	Nombre de points noirs dans la zone D
pr-e	Nombre de points rouges dans la zone E
pn-e	Nombre de points noirs dans la zone E
pr-f	Nombre de points rouges dans la zone F
pn-f	Nombre de points noirs dans la zone F
pts-op	Nombre de points dans la zone operculaire
pr-flanc	Nombre de points rouges total sur le flanc
pn-flanc	Nombre de points noirs total sur le flanc



Code	Description	Modalités
Oc PR	Ocelles autour des points rouges (C'est une zone plus claire qui entoure parfois les points)	1a : ocelles non marquées 1b : ocelles peu marquées 1c : ocelles marquées
Oc PN	Ocelles autour des points noirs	2a : ocelles non marquées 2b : ocelles assez marquées
Fr D	Frange de la dorsale	3a : pas de frange 3b : frange simplement blanche 3c : frange blanche et noire
Fr A	Frange de l'anale	4a : pas de frange ou frange blanche 4c : frange blanche et noire
Fr Pel	Frange des pelviennes	5a : pas de frange ou frange blanche 5c : frange blanche et noire
Fr Ad	Frange de l'adipeuse	6a : pas de frange 6b : frange rouge 6c : frange très rouge
Fr Caud	Frange de la caudale	7a : pas de frange 7b : frange rouge 7c : frange très rouge
Pts Ad	Points (rouges et noirs) sur l'adipeuse	8a : absence 8b : présence
Cou Flanc	Couleur des flancs de la truite	9a : brun/jaune classique 9b : gris/bleu
Tâ Caud	Tâches/points sur la caudale	10a : absence 10b : présence
Form Ad	Forme de l'adipeuse	11a : classique (arrondie) 11b : petite et lancéolée
Orn Dos	Ornementation sur l'épaisseur du dos	12a : absence 12b : points noirs

mesurés sur écran, sur l'image numérique de chaque truite. La dimension du point est ensuite corrigée par le rapport entre la taille réelle du poisson et sa taille sur la projection.

D. Traitements statistiques

Au total, ce sont donc **30 variables** concernant la ponctuation et les caractères ornementaux des truites qui ont été relevées sur **159 poissons**, soit une matrice de **4 770 données**.

Dans cette somme de données, nous avons cherché à identifier les distinctions morphologiques qui pouvaient exister entre les truites des différents cours d'eau.

Cela suppose un traitement statistique assez complexe que nous allons maintenant détailler.

Les analyses statistiques multivariées permettent de synthétiser, de résumer et de structurer l'information contenue dans des données obtenues sur un grand nombre de variables. Dans notre étude, leur emploi nous permettra d'obtenir quelques graphiques simples positionnant les individus des différents groupes de poissons les uns par rapport aux autres et donnant les principales caractéristiques les rapprochant ou les distinguant.

Compte tenu de la nature différente des jeux de variables utilisés (la taille des points rouges et noirs est un paramètre quantitatif continu, les nombres de points sont des paramètres quantitatifs ne prenant que des valeurs entières, les critères d'ornementation sont de type présence/absence) les traitements statistiques seront différents. Mais la démarche adoptée pour chaque jeu de variables restera la même. Nous commencerons par une analyse globale du jeu de données, réalisée par une technique statistique adaptée à la nature des variables. Notre but principal est ensuite de mettre l'accent sur les différences phénotypiques qui existent entre groupes de truites. Nous utiliserons donc dans un deuxième temps une technique statistique qui met en relief ces divergences phénotypiques afin de bien identifier les diverses formes de truite.

1. Analyses globales

a) Données de ponctuation

Les données concernant la ponctuation sont d'abord transformées par la fonction $y = \log(x+1)$ afin de se rapprocher des conditions de normalité. Elles sont ensuite traitées par une analyse en

composante principale (ACP) normée (Hotteling, 1933)¹ en raison des gammes de variation différentes des variables utilisées. Il faut voir chaque axe résultant de l'analyse comme un résumé de l'information contenue dans toutes les variables de ponctuation que l'on a relevées, information relative à la situation des individus les uns par rapport aux autres. Le premier axe de l'analyse est par définition celui qui synthétise la plus grande quantité d'information, le deuxième axe étant construit de façon à apporter à son tour le maximum d'information sur la position des individus mais de manière non redondante avec le premier (le troisième ne devant pas être redondant avec le premier ni le deuxième etc...).

Les données de ponctuation peuvent poser un autre problème lorsque l'on veut comparer différents groupes de poissons. Elles peuvent être corrélées positivement à la taille des individus : les truites les plus grandes sont les plus ponctuées (voir par exemple Blanc *et al.*, 1982, Lascaux, 1996) et la taille moyenne des individus pour les différents groupes à comparer est rarement la même, ce qui peut biaiser la comparaison. Dans le jeu de données étudié ici, nous avons vérifié la non-corrélation des axes principaux de l'ACP avec la longueur totale des truites.

b) Données ornementales qualitatives

Les données ornementales qualitatives ont été traitées par analyse des correspondances multiples (ACM). Les aspects théoriques de cette méthode sont présentés par Tenenhaus et Young (1985)². Cette analyse est l'équivalent de l'ACP normée pour des variables qualitatives. Le principe de résumer et de structurer l'information reste le même.

La taille des poissons peut également avoir un effet sur l'apparition de caractères ornementaux par l'intermédiaire de la maturité sexuelle (Alm, 1948). Dans le jeu de données étudié ici, nous avons vérifié la non-corrélation des axes principaux de l'ACM avec la longueur totale des truites.

¹ L'ACP génère des combinaisons linéaires des variables initiales (les facteurs, les composantes principales ou encore simplement les axes de l'analyse), de variance maximale et non corrélées entre elles deux à deux.

² L'analyse génère des scores quantitatifs qui maximisent la moyenne des rapports de corrélation entre variables qualitatives. Pour chaque modalité d'une variable, on calcule la moyenne et la variance des coordonnées factorielles des individus porteurs de cette modalité. Le rapport de corrélation entre le code quantitatif obtenu par le calcul (le facteur, l'axe) et une variable qualitative est le rapport de la variance de la moyenne inter modalité et de la variance totale pour cette variable.

c) Tailles des plus gros points rouges et des plus gros points noirs

Ces deux variables sont tout d'abord transformées par la fonction $y = \text{Log } x$, afin de se rapprocher des conditions de normalité. La taille des points est fortement et significativement corrélée à la taille des poissons, nous devons donc éliminer son influence pour pouvoir comparer des poissons de taille différente. Nous effectuons les régressions taille des points – taille des poissons. C'est ensuite sur les tableaux de résidus de ces régressions que nous étudierons la variation de la taille des points entre groupes de poissons. Nous avons ainsi supprimé la part prise par la taille du poisson dans la dimension de ses points.

2. Mise en relief d'un effet

Les analyses multivariées globales peuvent ne pas répondre à notre objectif principal qui est de mettre l'accent sur les différences phénotypiques qui existent entre les différentes formes de truites que l'on analyse. En effet, ces analyses structurent et résument la **variabilité totale** des jeux de données. Or, lorsqu'on dispose de classes d'individus, comme c'est notre cas (les classes sont définies par l'appartenance de la truite à une station, cette **variabilité totale** peut se décomposer en une **variabilité des données à l'intérieur des classes d'individus** (à l'intérieur d'un groupe, donc d'une station dans notre cas) et **une variabilité des données entre les classes d'individus** (entre les groupes, donc entre les stations dans notre cas).

C'est cette dernière partie de la variabilité des données qui nous intéresse. Pour mettre en relief les variations morphologiques entre les différentes formes de truite nous procédons à des analyses inter-classes.

Les analyses inter-classes peuvent s'employer après tous les types d'analyses (ACP, AFC, ACM) pour mettre l'accent sur les différences entre les classes d'individus d'un tableau de données. Les variables les mieux représentées par les axes des analyses inter-classes sont les variables qui diffèrent le plus entre les classes d'individus étudiés. Ce type d'analyse est décrit par Dolédec et Chessel (1987 ; 1989). L'ensemble des analyses multivariées et des tests de signification associés de cette étude a été réalisé à l'aide du logiciel A.D.E. version 4 (Thioulouse *et al.*, 1994).

III. RESULTATS

A. Ponctuation

65% de la variabilité du jeu de données « ponctuation » est une variabilité de type inter-classes (inter-cours d'eau), ce qui est hautement significatif (test par permutations $p < 0.001$). Le plan F1F2 contient 95% de l'information apportée par cette analyse (49% sur l'axe F1 et 46% sur l'axe F2 - fig. 3A).

L'axe F1 est un gradient de ponctuation noire, notamment en zone B et C des poissons (tiers antérieur inférieur, tiers médian supérieur) alors que l'axe F2 est un gradient de points rouges (fig. 3B).

L'axe F1 oppose les truites de Sant'Antone, bien ponctuées de noir, notamment en tiers antérieur inférieur et tiers médian supérieur, aux truites de Chjuvone nettement moins ponctuées de noir.

L'axe F2 oppose les truites de Ventosi, bien ponctuées de rouge, à celles de Pozzi di Marmanu, relativement moins ponctuées de rouge (fig. 3C).

On remarquera encore sur cette figure 3C la remarquable homogénéité de la ponctuation des truites de Sant'Antone, Pozzi, Ventosi et Chjuvone.

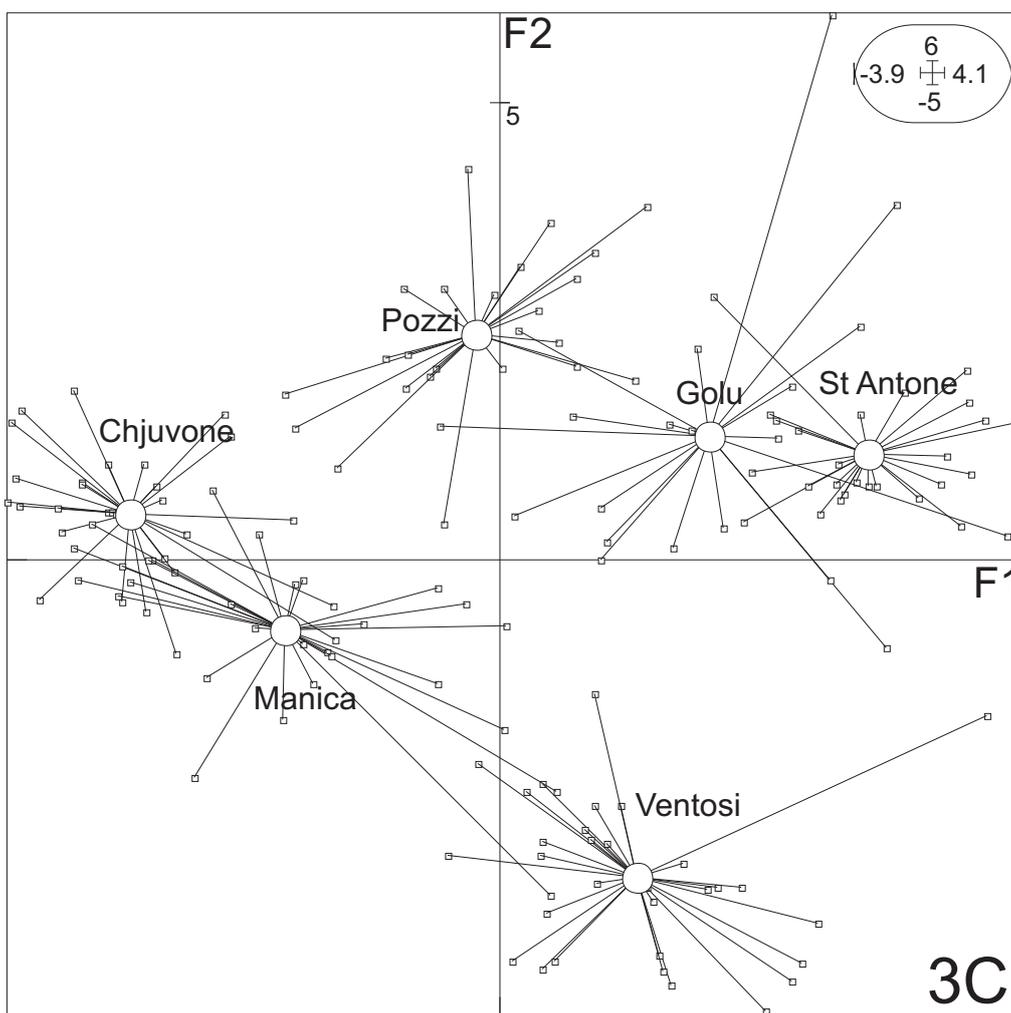
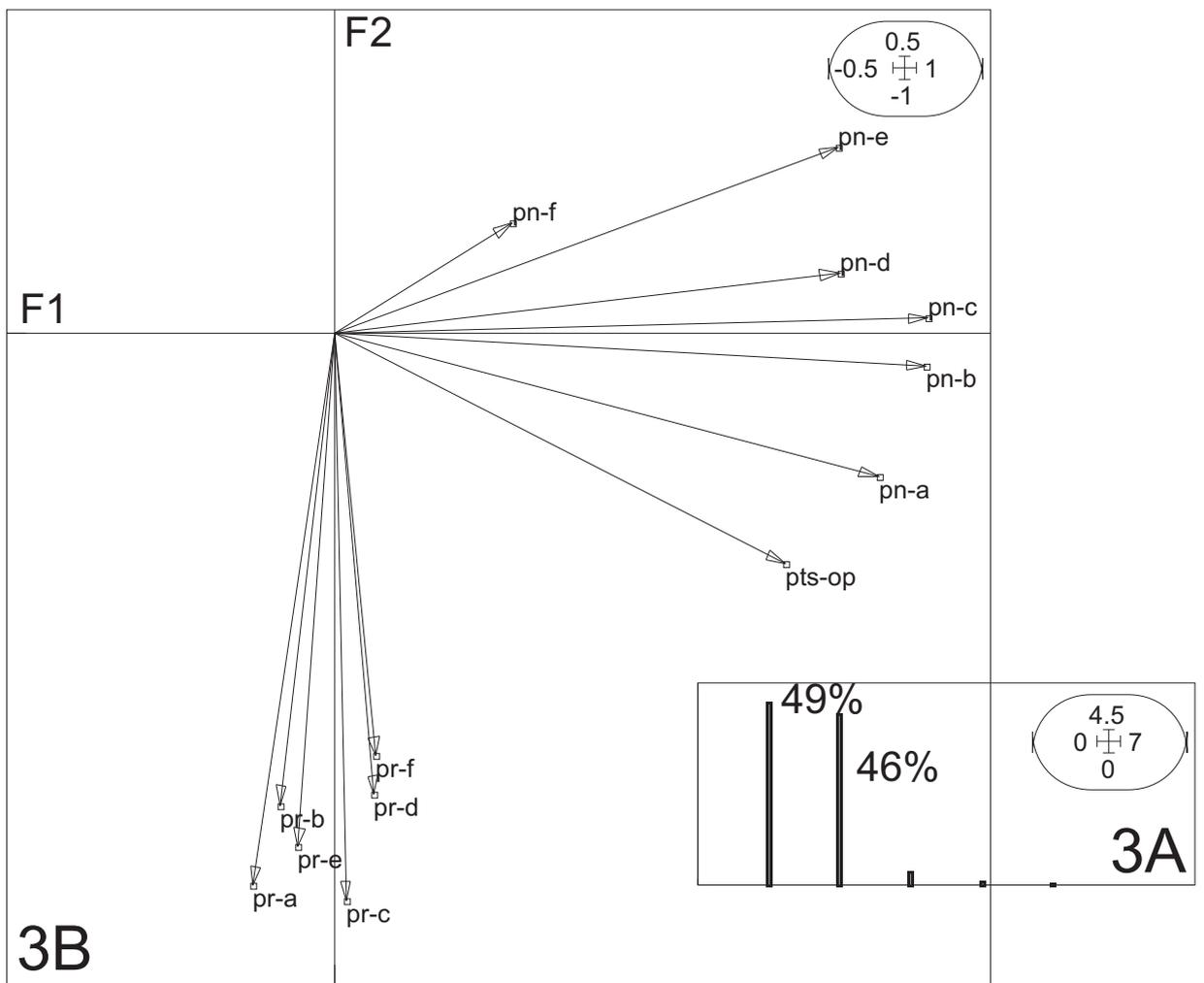


Fig. 3 : Analyse en composante principale inter-stations sur les critères de ponctuation
 A : graphe des valeurs propres, B : représentation des variables dans le plan F1F2,
 C : représentation des individus dans le plan F1F2,
 Les 6 stations sont représentées sur une même figure par la moyenne des coordonnées
 des truites appartenant à la station sur les axes F1F2 de cette analyse (centre de gravité
 des "étoiles"), chaque carré représentant une truite de la station.

B. Caractères ornementaux qualitatifs

53% de la variabilité du jeu de données « caractères ornementaux qualitatifs » est une variabilité de type inter-classes (inter-cours d'eau), ce qui est hautement significatif (test par permutations $p < 0.001$). Le plan F1F2 contient 79% de l'information apportée par cette analyse (51% sur l'axe F1 et 28% sur l'axe F2 - fig. 4A).

L'axe F1 de cette analyse oppose les truites qui n'ont pas de frange (liseré) ou seulement un liseré blanc aux nageoires dorsale, anale, pelviennes, qui n'ont pas de point, ni de tâche sur l'anale et la caudale, qui n'ont pas de point sur l'adipeuse (essentiellement des truites de Sant'Antone, Golo et Pozzi) aux truites qui ont une frange blanche et noire nette aux nageoires dorsale, anale et pelviennes, et qui présentent des points sur la caudale, l'anale et l'adipeuse (essentiellement des truites de Ventosi et Manica).

L'axe F2 oppose essentiellement les truites aux ocelles très marquées autour des points rouge de Chjuvone à celles aux flancs bleutés de Sant'Antone (fig. 4B et 4C).

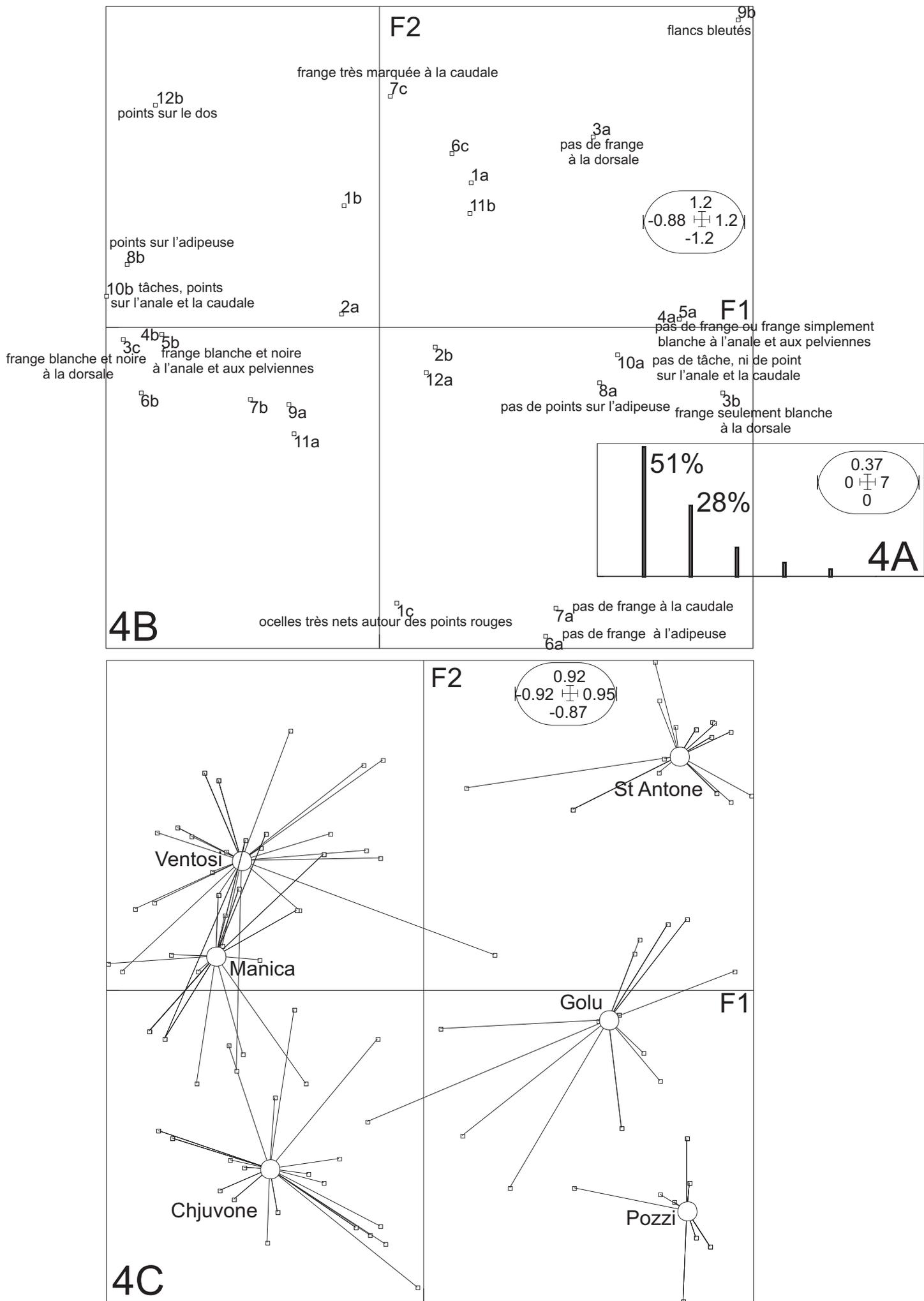


Fig. 4 : Analyse des correspondances multiples inter-stations sur les critères ornementaux
 A : graphe des valeurs propres, B : représentation des variables dans le plan F1F2,
 C : représentation des individus dans le plan F1F2,
 Les 6 stations sont représentées sur une même figure par la moyenne des coordonnées
 des truites appartenant à la station sur les axes F1F2 de cette analyse (centre de gravité
 des "étoiles"), chaque carré représentant une truite de la station.

C. Taille des points

Concernant la dimension des points rouges, la variation observée entre les truites des stations étudiées est très significative (ANOVA, $p < 0.001$). Les truites de la Manica ressortent très nettement du lot, avec leurs grandes tâches rouges de diamètre très significativement supérieur à celui des points rouges des truites de toutes les autres stations étudiées (test de Tuckey, $p < 0.001$).

On distingue ensuite des truites à points rouges assez gros (Chjuvone, Pozzi et Ventosi) et enfin des truites aux points rouges plus petits (Golo, Sant'Antone).

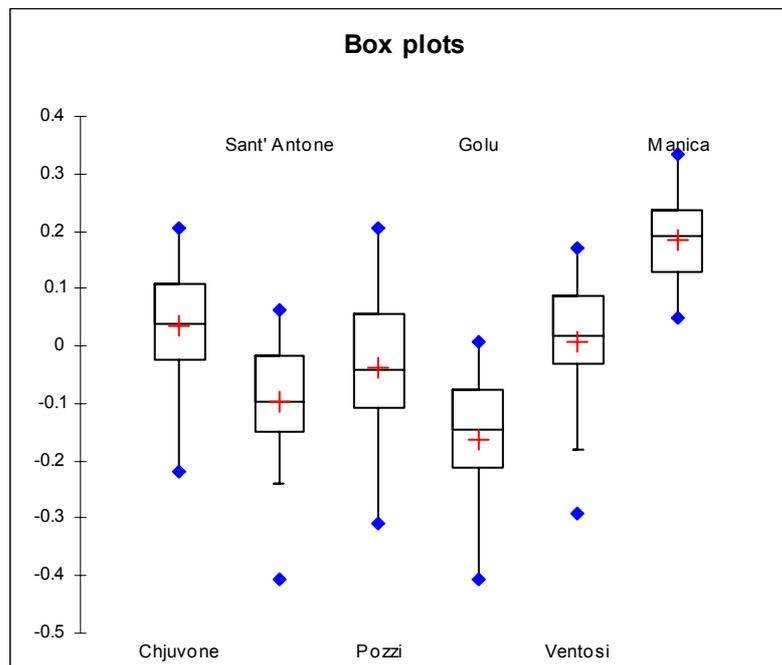


Fig. 5 : Box plots³ par station des résidus de la régression taille des points rouges – taille de la truite.

Pour la dimension des points noirs, ici encore la variation observée entre les truites des stations étudiées est très significative (ANOVA, $p < 0.001$). On distingue cependant que deux groupes de poissons, ceux de Sant'Antone et Pozzi di Marmanu aux points noirs assez gros et ceux des autres stations (Chjuvone, Golo, Ventosi et Manica) aux points noirs de taille assez moyenne.

³ Le box plot représente la distribution statistique d'une série de données, ici, en simplifiant, la taille des points. Le trait au milieu de la boîte correspond à la médiane, les extrémités de la boîte le 1^{er} et le 3^{ème} quartile, les « moustaches », l'intervalle contenant 99% des données. La croix rouge représente la moyenne et les points bleus constituent les extrêmes de la série de données.

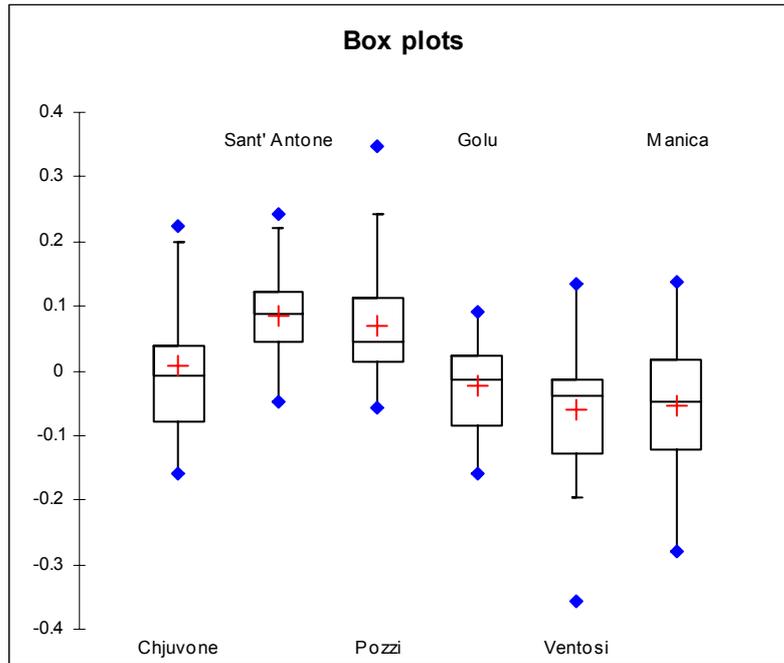


Fig. 6 : Box plots par station de la régression taille des points noirs – taille de la truite.

IV. FICHES MORPHOTYPES

Informations sur la station d'étude

Département	Corse
Bassin Versant	Rizzanese
Cours d'eau	Chjuvone
Nom de la station	Cuscione aval bergeries Frauletu
Localité proche	Zicavo
Coordonnées GPS	41°50'43''N 09°07'25''E
Altitude	1500m
Date d'échantillonnage	06/07/10
Nb. truites capturées	30 individus



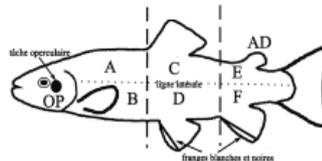
Principales statistiques descriptives de la robe des poissons

Variables quantitatives

	Moyenne	Minimum	Maximum
Longueur totale (mm)	142.9	120	190
diam. pts rouges (mm)	2.14	1.36	3.36
diam. pts noirs (mm)	2.05	1.21	4.29
pr-a	5.6	3	8
pn-a	6.6	2	15
pr-b	7.8	4	12
pn-b	1.1	0	6
pr-c	11.6	6	16
pn-c	2.5	0	6
pr-d	7.5	4	15
pn-d	0.1	0	2
pr-e	8.8	5	12
pn-e	0.3	0	3
pr-f	2.2	0	5
pn-f	0	0	1
pr-fl	43.5	28	62
pn-fl	10.6	3	26
pts-op	6.4	2	15

Variables qualitatives - Fréquence (%)

	pas d'ocelle	ocelles peu marquées	ocelles marquées
Oc PR	0	6.7	93.3
Oc PN	56.7	36.7	6.7
	pas de frange	frange blanche	frange blanche et noire
Fr D	3.3	0	96.7
Fr A	0	0	100
Fr Pel	0	0	100
	pas de frange	frange rouge	frange très rouge
Fr Ad	30	66.7	3.3
	absence	présence	
TâOp	0	100	
	absence	présence	
Tâ caud /an	37	63	
	classique	lancéolée	
Forme Ad	93.3	6.7	



pr-a : nb. de points rouges sur la zone A
pn-a : nb. de points noirs sur la zone A

Illustration du morphotype moyen de la population



Informations sur la station d'étude

Département	Corse
Bassin Versant	Golo
Cours d'eau	Golo
Nom de la station	Bergerie E Radule
Localité proche	Albertacco
Coordonnées GPS	42°18'23''N 08°52'38''E
Altitude	1350m
Date d'échantillonnage	05/07/10
Nb. truites capturées	20 individus



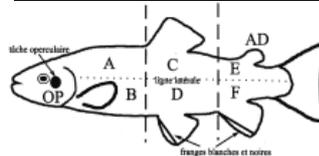
Principales statistiques descriptives de la robe des poissons

Variables quantitatives

	Moyenne	Minimum	Maximum
Longueur totale (mm)	158.05	108	213
diam. pts rouges (mm)	1.55	1.05	2.37
diam. pts noirs (mm)	2.04	1.32	3.31
pr-a	2.3	0	6
pn-a	35.3	14	64
pr-b	4.9	0	12
pn-b	25.9	7	54
pr-c	9.8	2	22
pn-c	45.6	20	86
pr-d	8.5	0	16
pn-d	11.1	0	32
pr-e	7.7	3	13
pn-e	9.6	0	25
pr-f	2.3	0	5
pn-f	0.1	0	2
pr-fl	35.5	6	61
pn-fl	127.5	45	243
pts-op	17.9	9	40

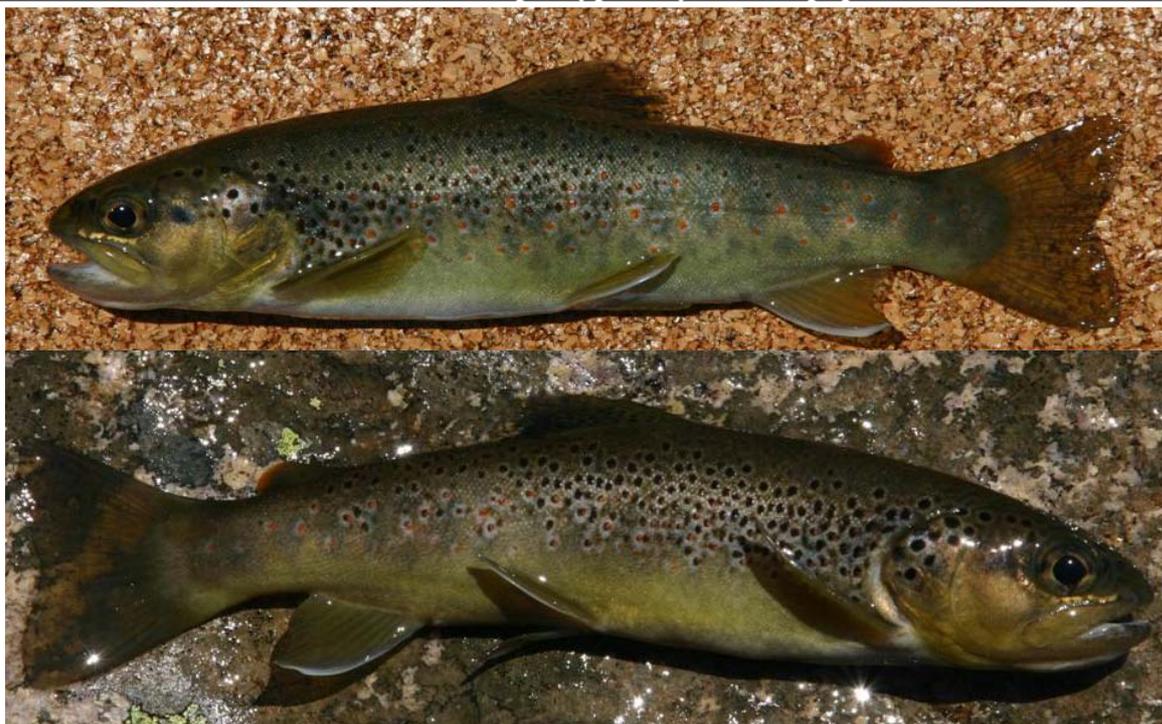
Variables qualitatives - Fréquence (%)

	pas d'ocelle	ocelles peu marquées	ocelles marquées
Oc PR	40	35	25
Oc PN	65	25	10
	pas de frange	frange blanche	frange blanche et noire
Fr D	0	95	5
Fr A	0	80	20
Fr Pel	0	80	20
	pas de frange	frange rouge	frange très rouge
Fr Ad	0	5	95
	absence	présence	
TâOp	0	100	
	absence	présence	
Tâ caud /an	100	0	
	classique	lancéolée	
Forme Ad	100	0	



pr-a : nb. de points rouges sur la zone A
pn-a : nb. de points noirs sur la zone A

Illustration du morphotype moyen de la population



Informations sur la station d'étude

Département	Corse
Bassin Versant	Asco/Golo
Cours d'eau	Manica
Nom de la station	Bergerie de la Manica
Localité proche	Asco
Coordonnées GPS	42°24'19''N 08°57'36''E
Altitude	1300 m
Date d'échantillonnage	08/07/10
Nb. truites capturées	29 individus



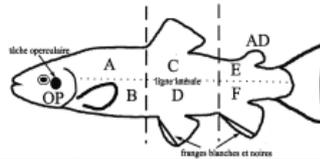
Principales statistiques descriptives de la robe des poissons

Variables quantitatives

	Moyenne	Minimum	Maximum
Longueur totale (mm)	194.28	127	275
diam. pts rouges (mm)	4.9	2.5	8.9
diam. pts noirs (mm)	2.5	1.2	5.1
pr-a	7.2	3	12
pn-a	8.1	2	21
pr-b	12	7	20
pn-b	3.2	0	24
pr-c	15.5	10	38
pn-c	5.7	0	14
pr-d	12.5	4	49
pn-d	1.5	0	9
pr-e	9.9	4	16
pn-e	1.7	0	4
pr-f	4.3	2	7
pn-f	0.2	0	3
pr-fl	61.4	41	139
pn-fl	20.4	4	61
pts-op	12.9	6	30

Variables qualitatives - Fréquence (%)

	pas d'ocelle	ocelles peu marquées	ocelles marquées
Oc PR	17.2	82.8	0
Oc PN	86.2	13.8	0
	pas de frange	frange blanche	frange blanche et noire
Fr D	0	0	100
Fr A	0	0	100
Fr Pel	0	0	100
	pas de frange	frange rouge	frange très rouge
Fr Ad	6.9	44.8	48.3
	absence	présence	
TâOp	10.3	89.7	
	absence	présence	
Tâ caud /an	27	83	
	classique	lancéolée	
Forme Ad	69	31	



pr-a : nb. de points rouges sur la zone A
pn-a : nb. de points noirs sur la zone A

Illustration du morphotype moyen de la population



Informations sur la station d'étude

Département	Corse
Bassin Versant	Fium Orbu
Cours d'eau	Pozzi di Marmano
Nom de la station	Pozzi
Localité proche	Bastelica
Coordonnées GPS	42°00'54''N 09°08'58''E
Altitude	1800m
Date d'échantillonnage	17/05/1993
Nb. truites capturées	23 individus



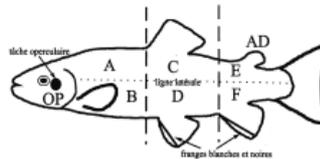
Principales statistiques descriptives de la robe des poissons

Variables quantitatives

	Moyenne	Minimum	Maximum
Longueur totale (mm)	165.7	112	229
diam. pts rouges (mm)	2.3	1	3.6
diam. pts noirs (mm)	2.7	1.7	4.8
pr-a	1.8	0	6
pn-a	14.6	7	21
pr-b	3.4	0	9
pn-b	8.3	3	16
pr-c	6.2	2	14
pn-c	17.2	8	33
pr-d	6	2	9
pn-d	2.7	0	10
pr-e	5.6	2	9
pn-e	5.6	0	11
pr-f	2	1	4
pn-f	0.4	0	3
pr-fl	25	14	44
pn-fl	48.7	26	75
pts-op	8.5	3	16

Variables qualitatives - Fréquence (%)

	pas d'ocelle	ocelles peu marquées	ocelles marquées
Oc PR	0	30.4	69.6
Oc PN	39.1	56.5	4.3
	pas de frange	frange blanche	frange blanche et noire
Fr D	17.4	82.6	0
Fr A	0	100	0
Fr Pel	0	100	0
	pas de frange	frange rouge	frange très rouge
Fr Ad	95.7	4.3	0
	absence	présence	
TâOp	0	100	
	absence	présence	
Tâ caud /an	100	0	
	classique	lancéolée	
Forme Ad	26.1	73.9	



pr-a : nb. de points rouges sur la zone A
pn-a : nb. de points noirs sur la zone A

Illustration du morphotype moyen de la population



Informations sur la station d'étude

Département	Corse
Bassin Versant	Taravo
Cours d'eau	Sant'Antone
Nom de la station	Chapelle
Localité proche	Palneca/Zicavo
Coordonnées GPS	41°57'51''N 09°12'13''E
Altitude	1000 m
Date d'échantillonnage	06/07/10
Nb. truites capturées	27 individus



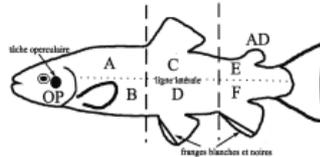
Principales statistiques descriptives de la robe des poissons

Variables quantitatives

	Moyenne	Minimum	Maximum
Longueur totale (mm)	153.8	122	198
diam. pts rouges (mm)	1.8	1	3.2
diam. pts noirs (mm)	2.6	1.6	4.5
pr-a	3.6	1	6
pn-a	34.6	19	52
pr-b	7.4	4	15
pn-b	49.9	25	81
pr-c	9	5	14
pn-c	64.6	40	99
pr-d	7.6	1	14
pn-d	25.3	3	57
pr-e	5.9	1	12
pn-e	18.8	9	29
pr-f	2.5	0	6
pn-f	1	0	5
pr-fl	36	23	47
pn-fl	194.3	114	281
pts-op	22.8	17	30

Variables qualitatives - Fréquence (%)

	pas d'ocelle	ocelles peu marquées	ocelles marquées
Oc PR	26.9	73.1	0
Oc PN	53.8	46.2	0
	pas de frange	frange blanche	frange blanche et noire
Fr D	50	46.2	3.8
Fr A	0	84.6	15.4
Fr Pel	0	84.6	15.4
	pas de frange	frange rouge	frange très rouge
Fr Ad	0	0	100
	absence	présence	
TâOp	0	100	
	absence	présence	
Tâ caud /an	100	0	
	classique	lancéolée	
Forme Ad	0	100	



pr-a : nb. de points rouges sur la zone A
pn-a : nb. de points noirs sur la zone A

Illustration du morphotype moyen de la population



Informations sur la station d'étude

Département	Corse
Bassin Versant	Golo
Cours d'eau	Ventosi
Nom de la station	Mutola - Confluence Asco
Localité proche	Asco
Coordonnées GPS	42°26'09''N 08°59'27''E
Altitude	900m
Date d'échantillonnage	08/07/10
Nb. truites capturées	31 individus



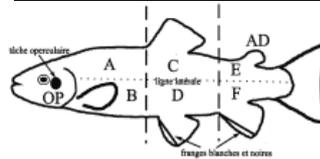
Principales statistiques descriptives de la robe des poissons

Variables quantitatives

	Moyenne	Minimum	Maximum
Longueur totale (mm)	147.1	113	191
diam. pts rouges (mm)	2.1	1.4	2.9
diam. pts noirs (mm)	1.8	0.8	2.6
pr-a	16.5	8	26
pn-a	40.6	22	68
pr-b	16.3	8	33
pn-b	23.6	8	54
pr-c	40.1	16	58
pn-c	30.5	8	71
pr-d	19.8	11	38
pn-d	5.9	0	26
pr-e	21.5	8	34
pn-e	3.6	0	18
pr-f	7.1	2	15
pn-f	0.1	0	2
pr-fl	121.3	72	158
pn-fl	104.3	54	229
pts-op	23.9	6	46

Variables qualitatives - Fréquence (%)

	pas d'ocelle	ocelles peu marquées	ocelles marquées
Oc PR	12.9	80.6	6.5
Oc PN	51.6	48.4	0
	pas de frange	frange blanche	frange blanche et noire
Fr D	16.1	0	83.9
Fr A	3.2	16.1	80.6
Fr Pel	3.2	16.1	80.6
	pas de frange	frange rouge	frange très rouge
Fr Ad	3.2	38.7	58.1
	absence	présence	
TâOp	3.2	96.8	
	absence	présence	
Tâ caud /an	0	100	
	classique	lancéolée	
Forme Ad	25.8	74.2	



pr-a : nb. de points rouges sur la zone A
pn-a : nb. de points noirs sur la zone A

Illustration du morphotype moyen de la population



V. POSTER DE SYNTHÈSE

**Truite du Haut-Golo** (Bassin-versant du Golo)

Analyses génétiques : 100% type méditerranéen

Caractéristiques morphologiques de ces truites :

- fortement ponctuées de noir et assez peu de rouge (petits points rouges),
- pas de frange ou simple liseré blanc aux nageoires dorsale, anale et pelviennes,
- pas de ponctuation sur l'anale et/ou la caudale,
- adipeuse de forme classique.

**Truite du Ventosi** (Bassin-versant du Golo)

Analyses génétiques : 100% type corse

Caractéristiques morphologiques de ces truites :

- assez bien ponctuées de noir mais surtout fortement ponctuées de rouge,
- généralement frange blanche et noire bordant les nageoires dorsale, anale et pelviennes,
- **points rouges sur les nageoires caudale (97%) et anale (90%)**

**Truite de la Manica** (Bassin-versant du Golo)

Analyses génétiques : 100% type corse

Caractéristiques morphologiques de ces truites :

- peu ponctuées de noir,
- bien ponctuées de rouge, avec de **grosses tâches rouges en rosette**,
- frange blanche et noire bordant les nageoires dorsale, anale et pelviennes,
- ponctuation rouge sur la caudale,
- adipeuse plutôt de forme classique (1 tiers de forme lancéolée).

**Truite du Sant'Antone** (Bassin-versant du Taravo)

Analyses génétiques : 100% type corse

Caractéristiques morphologiques de ces truites :

- fortement ponctuées de noir et notamment en tiers antérieur inférieur et tiers médian supérieur, assez peu ponctuées de rouge (petits points rouges),
- pas de frange ou simple liseré blanc aux nageoires dorsale, anale et pelviennes,
- pas de ponctuation sur l'anale et/ou la caudale,
- adipeuse lancéolée,
- présence de 4 tâches oculaires en croix,
- fond de robe gris bleuté.

**Truite des Pozzi di Marmanu** (Bassin-versant du Fium'orbo)

Analyses génétiques : 100% type corse

Caractéristiques morphologiques de ces truites :

- moyennement ponctuées de noir et peu ponctuées de rouge,
- ocelles marquées autour de ces points rouges,
- pas de frange ou simple liseré blanc aux nageoires dorsale, anale et pelviennes,
- pas de ponctuation sur les nageoires caudale et anale,
- nageoire adipeuse de forme lancéolée.

**Truite du Chjuvone** (Bassin-versant du Rizzanese)

Analyses génétiques : 100% type corse

Caractéristiques morphologiques de ces truites :

- très peu ponctuées de noir et assez peu de rouge, de points rouges plutôt gros,
- **ocelles très marquées** autour de ces points rouges,
- frange blanche et noire bordant les nageoires dorsale, anale et pelviennes,
- ponctuation rouge sur la nageoire caudale (63%),
- adipeuse de forme classique.

VI. CONCLUSIONS

Les truites analysées dans cette étude, toutes ancestrales, sont nettement différenciées de par leur patrimoine génétique (programme LIFE « conservation de la truite macrostigma en Corse » - Berrebi *et al.*, 2007).

Il ressort de ce travail qu'elles le sont aussi de par les caractères morphologiques externes de leur robe. Les analyses statistiques multivariées sur ces critères donnent des résultats particulièrement **limpides**.

Le programme LIFE avait déjà mis en évidence qu'il n'y avait pas, génétiquement, **UNE truite corse mais bien DES truites corses**.

Il s'avère ici que ces différents types de truites corses **sont également morphologiquement très distincts entre eux**.

Il s'agit, bien sur, d'une **richesse supplémentaire**, mais le corollaire en est qu'il n'est pas possible d'avoir une description simple de la morphologie externe des poissons qui permette de reconnaître les truites corses. La truite à grandes rosettes rouges de la Manica est une truite corse, mais la truite « bleue » du Sant'Antone est aussi une truite corse, ainsi que la truite d'apparence plus « classique » de Chjuvone (figure 7).

On remarquera qu'aucune des descriptions des caractéristiques des robes des truites corses réalisées dans cette étude ne correspond réellement à la description de la « macrostigma » faite par A. Duméril en 1858 (cette truite « montre de volumineuses maculatures noires et arrondies, régulièrement disposées sur les flancs » ... « il est convenable de la nommer truite à grandes tâches »).



Fig. 7 : Trois types de truite ancestrale corse, génétiquement et morphologiquement différenciés (Manica en haut, Sant'Antone au milieu et Chjuvone en bas).

Il n'en demeure pas moins que ces poissons, différents génétiquement, localisés géographiquement, dont on cherche toujours à mieux connaître la distribution géographique (programme LIFE, puis programme de gestion des truites corses en cours), et dont on confirme aujourd'hui qu'ils sont très distincts morphologiquement, sont **tous des trésors biologiques**. Ils sont le fruit d'une évolution naturelle depuis de nombreux millénaires dans les cours d'eau de l'île (et peut-être la mer), accompagnant l'histoire géologique de la Corse. Ils ont échappé jusqu'à aujourd'hui à l'influence de l'homme. Ces différentes formes de truite, macrostigma ou non, **constituent un patrimoine biologique original et unique**, aujourd'hui clairement identifié.

A l'échelle de l'aire originelle de distribution de la truite (celle-ci s'étend, du nord au sud, de l'Océan Arctique au nord de la Norvège et de la Mer Blanche jusqu'aux montagnes de l'Atlas en Afrique du nord et, d'ouest en est, de l'Islande jusqu'au bassin de la mer d'Aral en Afghanistan et au Pakistan - Behnke, 1986), les agressions de l'aire moderne sur les milieux aquatiques nous ont

probablement déjà fait perdre des formes originales de truite sans même que nous en ayons eu connaissance (Laikre, 1999).

En Corse, nous avons la chance d'avoir pu identifier et localiser plusieurs formes originales de truite. Nous avons donc **une grande responsabilité et le devoir de toujours mieux les connaître, pour les préserver et les protéger des agressions** qui ne manqueront pas, dans l'avenir, de les menacer dans leurs habitats (aménagement, travaux hydrauliques, hydroélectricité, modifications de l'occupation du bassin-versant, braconnage, maladies ...).

VII. BIBLIOGRAPHIE

- Alm, G.** (1948). Influence of heredity and environment on various forms of Trout. *Inst. Freshwater Res. Drottningholm*, **29**, 29-34.
- Aparicio, E., Garcia-Berthou, E., Araguas, R.M., Martinez, P. et Garcia-Marin, J.L.** (2005). Body pigmentation pattern to assess introgression by hatchery stocks in native *Salmo trutta* Mediterranean streams. *Journal of Fish Biology*, **67**, 1-19.
- Behnke, R. J.** (1986). Brown trout. *Trout*, **27**, 42-47.
- Berrebi P. et Cherbonnel C.** (2009). Cartographie génétique des populations sauvages de truites françaises. Programme GENESALM. Tome 1.
- Berrebi P. et Dubois S.** (2007). Life Nature « Macrostigma » - rapport final, synthèse de trois années d'analyses. Juillet 2007.
- Berrebi, P.** (1997). Biodiversité génétique des truites fario des bassins de l'Adour, la Nivelle et l'Untxin ; marqueurs allozymiques. Rapport de janvier 1997, Université Montpellier II, Montpellier, 27 p.
- Berrebi, P.** (2009). Etude génétique des truites du Garbet (Ariège). Rapport pour la Fédération de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique de l'Ariège, 13 p.
- Berrebi, P.** (2009). Etude génétique des truites du Garbet (Ariège). Rapport Université Montpellier II, Montpellier, 13 p.
- Blanc, J. M, Chevassus, B. et Krieg, F.** (1994). Inheritance of the number of red spots on the skin of the brown trout. *Aquat. Living Resour.*, **7**, 133-136.
- Blanc, J. M., Poisson, H. et Vibert, R.** (1982). Variabilité génétique de la ponctuation noire sur la truitelle fario (*Salmo trutta* L.). *Ann. Génét. Sél. Anim.*, **14**, (2), 225-236.
- Caudron, A., Champigneulle, A. et Large, A.** (2006). Etats et caractéristiques des populations autochtones de truite commune identifiées en Haute-Savoie et qualité globale des milieux. In *Identification, sauvegarde et réhabilitation des populations de truite autochtones en val d'Aoste et Haute Savoie*. PP 56-117. Programme INTERREG IIIA. Rapport final. Milan.
- Cowx, I.G.** (1994). Stocking strategies. *Fisheries Management and Ecology*, **1** : 15-30.
- Dolédec, S. et Chessel, D.** (1987). Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique. I. Description d'un plan d'observation complet par projection de variables. *Acta Oecologica, Oecol. Gener.*, **8**, 3, 403-426.
- Dolédec, S. et Chessel, D.** (1989). Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique. II. Prise en compte et élimination d'effets dans un tableau faunistique. *Acta Oecologica, Oecol. Gener.*, **10**, 3, 207-232.
- Duméril, A.** (1858). Note sur la truite d'Algérie (*Salar macrostigma*). *Rev. Mag. Zool.*, **2**.
- Ferguson, A.** (2004). The importance of identifying conservation units : brown trout and pollan biodiversity in Ireland. *Biology and Environnement : Proceedings of the Royal Irish Academy*, **104B**, (3), 33-41.
- Ferguson, A. et Taggart, J.B.** (1991). Genetic differentiation among the sympatric brown trout (*Salmo trutta*) populations of Lough Melvin, Ireland. *Biological Journal of the Linnean Society*, **43**, 221-237.
- Hotelling, H.** (1933). Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *Journal of Educational Psychology*, **24**, 417-441, 498-520.

- Lagarrigue, T., Lascaux, J.M., Mennessier, J.M., et Muracciole, S.** (2010). Etude scalimétrique de la croissance des truites de 6 rivières de Corse. Rapport E.CO.G.E.A. pour la Fédération de Corse de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique
- Laikre, L.** (editeur) (1999). Conservation genetic management of brown trout (*Salmo trutta*) in Europe. Rapport de Concerted Action on Identification, Management and Exploitation of Genetic Resources in the Brown trout (*Salmo trutta*) (TroutConcert).
- Lascaux, J.M.** (1996). Analyse de la variabilité morphologique de la truite commune (*Salmo trutta* L.) dans les cours d'eau du bassin pyrénéen méditerranéen. Thèse de doctorat de l'INP/ENSA Toulouse.
- Lascaux, J.M. et Mennessier J.M.** (2009). Analyse de la variabilité morphologique des truites des cours d'eau du bassin-versant du Garbet. Rapport E.CO.G.E.A. pour la FDAAPPMA de l'Ariège.
- Lascaux, J.M., Lagarrigue, T. et Firmignac, F.** (2000 et 2002). Analyse de la variabilité morphologique de la truite commune dans les cours d'eau du Cantal. Rapport E.CO.G.E.A. pour la FDAAPPMA du Cantal.
- Lascaux, J.M., Lagarrigue, T. et Firmignac, F.** (2002a). Analyse de la variabilité morphologique de la truite commune de quatre cours d'eau du département de la Dordogne. Rapport E.CO.G.E.A. pour la FDAAPPMA de la Dordogne.
- Lascaux, J.M., Lagarrigue, T. et Firmignac, F.** (2005). Analyse de la variabilité morphologique de la truite commune de 14 cours d'eau de la Principauté d'Andorre. Rapports E.CO.G.E.A. pour le Gouvernement d'Andorre.
- Lascaux, J.M., Lagarrigue, T., Delacoste, M., Abad, N. et Firmignac, F.** (2002b). Etude des populations de truite communes des cours d'eau de haute montagne du département des Hautes-Pyrénées. Analyse de leur variabilité morphologique. Rapport E.CO.G.E.A., pour la FDAAPPMA des Hautes-Pyrénées et le Parc National des Pyrénées.
- Lascaux, J.M., Lagarrigue, T., Firmignac, F. et Beaumont, P.** (2001). Analyse de la variabilité morphologique des truites de la Cure et de cinq de ses affluents. Rapport E.CO.G.E.A. pour l'ONF et le Parc Naturel Régional du Morvan.
- Merchernek, N. et Manicki, A.** (2008). Analyse de la variabilité génétique intra et inter populations et mesure du mélange des pools de gènes sauvages et domestiques de la truite commune (*Salmo trutta fario*) des cours d'eau situés dans la zone du Parc National des Pyrénées. *Rapport de synthèse INRA pour le Parc National des Pyrénées.*
- Mezzerà, M., Largiadèr, C. R. et Scholl, A.** (1997). Discrimination of native and introduced brown trout in the River Doubs (Rhône drainage) by number and shape of parr marks. *Journal of Fish Biology*, **50**, 672-677.
- PNR du massif des Bauges** (2003). Etude piscicole du Chéran. Analyse du phénotype des truites fario. Vallet GEN, Téléos, 18 p.
- Richard, A.** (1998). Gestion piscicole, interventions sur les populations de poissons, repeuplement des cours d'eau salmonicoles. Collection Mise au point, Conseil Supérieur de la Pêche.
- Skaala, Ø.** (1992). Genetic population structure of Norwegian brown trout. *Journal of Fish Biology*, **41**, 631-646.
- Skaala, Ø. et Jorstad, K. E.** (1987). Fine-spotted brown trout (*Salmo trutta*): its phenotypic description and biochemical genetic variation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **44**, 1775-1779.
- Skaala, Ø. et Jorstad, K. E.** (1988). Inheritance of the fine-spotted pigmentation pattern of brown trout. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, **35**, 295-304.
- Tenenhaus, M. et Young, F. W.** (1985). An analysis and synthesis of multiple correspondence analysis, optimal scaling, dual scaling, homogeneity analysis and other methods for quantifying categorical multivariate data. *Psychometrika*, **50** (1), 91-119.

- Thioulouse, J., Dolédec, S., Chessel, D. et Olivier, J.M.** (1994). ADE Software : multivariate analysis and graphical display of environmental data. In : *Software per l'ambiente*. (Guariso, G. et Rizzoli, A., Eds).pp. 57-62, Patron Editore, Bologna.
- Yoccoz, N. G. et Chessel, D.** (1988). Ordination sous contraintes de relevés d'avifaune : éliminations d'effets dans un plan d'observations à deux facteurs. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t **307**, série **III**, 189-194.