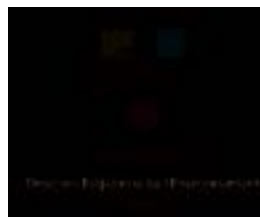


## ANALYSE DE LA VARIABILITÉ DE LA PONCTUATION ET DES CARACTÈRES ORNEMENTAUX DES TRUITES DE DIX COURS D'EAU CORSES



Une truite du Carnevale (en haut) et de Puzzatelli (en bas)

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

Et le soutien de :



# SOMMAIRE

<b>I. INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
A. OBJECTIF DE L'ETUDE .....	1
B. PARTENAIRES FINANCIERS .....	1
C. PARTENAIRES TECHNIQUES.....	1
<b>II. MATERIELS ET METHODES.....</b>	<b>2</b>
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.....	5
1. <i>Analyses globales</i> .....	6
a) Données de ponctuation .....	6
b) Données ornementales qualitatives .....	6
c) Tailles des plus gros points rouges et des plus gros points noirs .....	7
2. <i>Mise en relief d'un effet</i> .....	7
<b>III. RESULTATS.....</b>	<b>8</b>
A. PONCTUATION .....	8
B. CARACTERES ORNEMENTAUX QUALITATIFS .....	9
C. TAILLE DES POINTS .....	10
1. <i>Taille des points rouges</i> .....	10
2. <i>Taille des points noirs</i> .....	11
<b>IV. DISCUSSION - CONCLUSIONS .....</b>	<b>13</b>
<b>V. BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>23</b>

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

## 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.

### 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 de la variabilité de l'ornementation des robes entre populations de truite ont permis de mettre en évidence de remarquables recoupements avec les descriptions génétiques de ces mêmes populations. Ceci est particulièrement vrai pour ce qui concerne la distinction des 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 des robes des truites se base sur des variables concernant la ponctuation ou des caractères ornementaux qualitatifs des poissons. Ces paramètres, externes, sont pratiques à obtenir, ils ne nécessitent pas le sacrifice des poissons et possèdent, pour nombre d'entre eux, 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 (un liseré) 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 montre bien la base génétique de la ponctuation.

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

Ces analyses ne prétendent bien évidemment pas remplacer les analyses génétiques, qui ont d'autres intérêts particulièrement forts, notamment phylogénétiques, biogéographiques et en gestion-conservation de la biodiversité. Mais elles peuvent les compléter utilement en permettant une « identification » des formes, pratique pour mieux cerner une distribution géographique d'un groupe génétique connu ou inversement pour attirer l'attention sur une forme singulière. Ces analyses des robes des truites autorisent également une appropriation par le public et favorisent les actions de communication.

### **A. Sites échantillonnés**

Le présent rapport détaille l'analyse des truites échantillonnées en 2010 et 2011 sur 10 stations, 10 cours d'eau, abritant des truites ancestrales corses et méditerranéennes identifiées génétiquement lors du programme LIFE « conservation de la truite macrostigma en Corse » (exception faite de la station Gravona à 90% de type atlantique).

La figure 1 illustre la répartition géographique des stations étudiées.

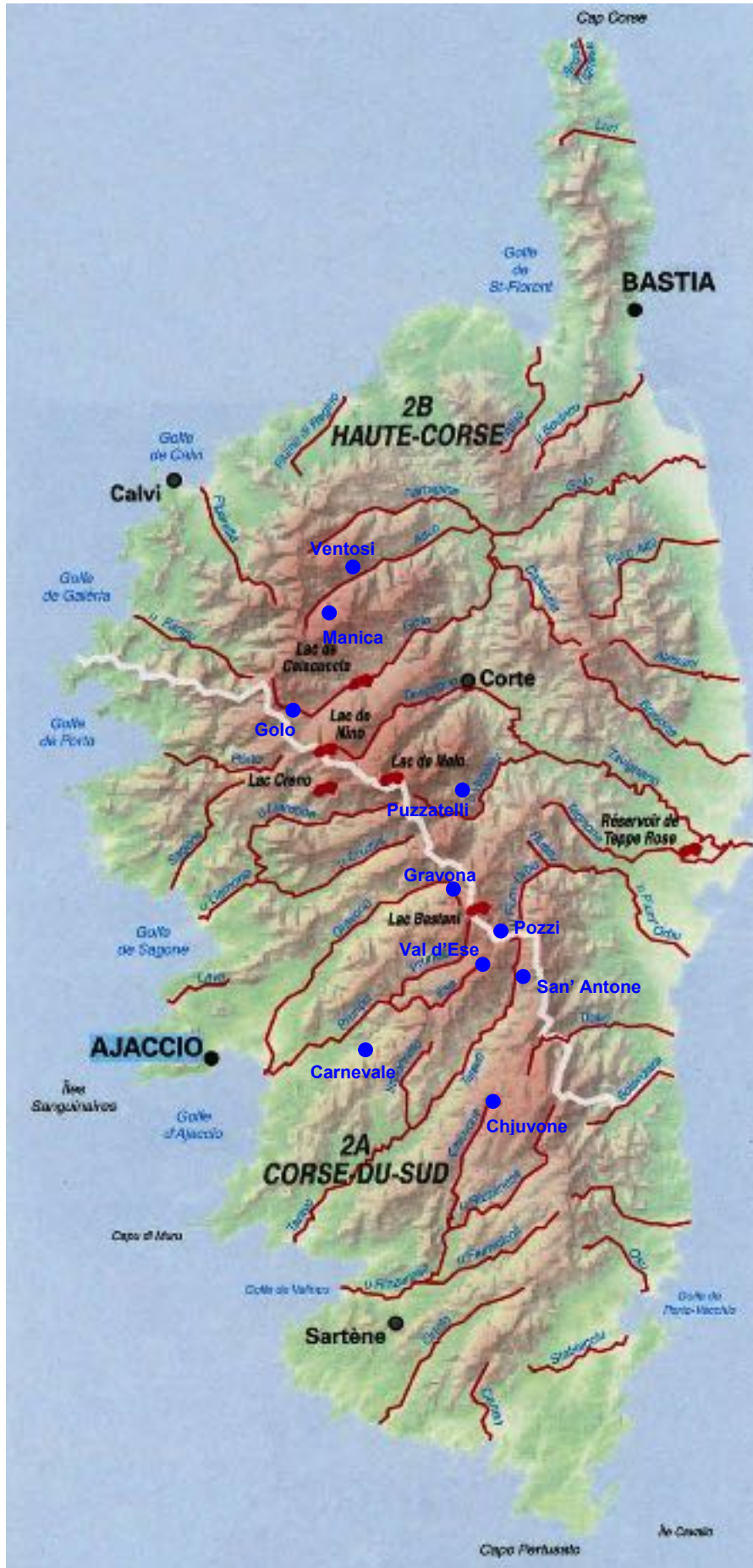


Fig. 1 : Répartition géographique des stations étudiées.

Le tableau 1 détaille le plan d'échantillonnage.

Cours d'eau	Station	Bassin-versant	Altitude (m)	Nb. d'individus
Val d'Ese	Plateau d'Ese	Prunelli	1700 m	33
Carnevale	Amont cascade	Prunelli	650 m	31
Puzzatelli	Aval bergeries	Vecchiu/Tavignano	1350 m	31
Gravona	Pont de Sellola	Gravona	900 m	33
Chjuvone	Cuscione aval bergeries Frauletu	Rizzanese	1500 m	30
Sant'Antone	Chapelle	Taravo	1000 m	26
Golu	Bergerie d'E Radule	Golo	1350 m	20
Pozzi di Marmanu	Pozzi di Marmanu	Fium'orbo	1780 m	23
Ventosi	Mutola	Asco/Golo mais transfert depuis BV Prunelli	900 m	31
Manica	Bergerie	Asco/Golo mais transfert depuis BV Prunelli	1300 m	29
<b>Total</b>				<b>287</b>

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, de la variable « Zébrures sur les flancs », avec une présence très rares sur les truites analysées ou de la variable « Flancs argentés », négative pour toutes les poissons traités.

### **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 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.

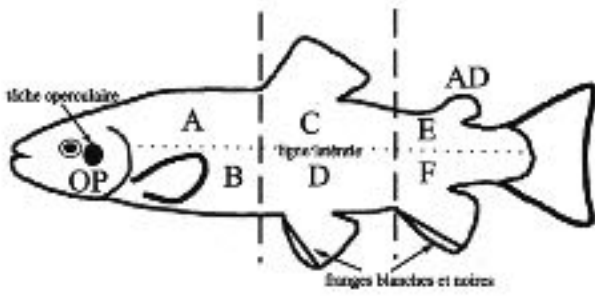
## **D. Traitements statistiques**

Au total, ce sont donc **28 variables** concernant la ponctuation et les caractères ornementaux des truites qui ont été relevées sur **287 poissons**, soit une matrice de **8 036 données**.

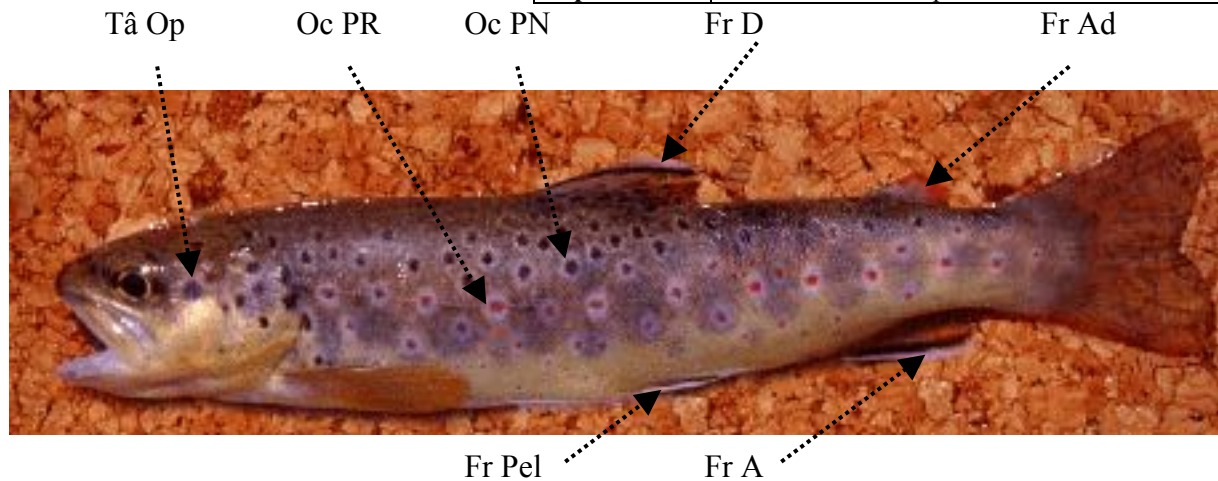
Dans cette somme de données, nous avons cherché à identifier les distinctions significatives d'ornementation des robes qui pouvaient exister entre les truites des différents cours d'eau.

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

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 peu marquées 2c : ocelles 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 4b : frange blanche et noire
Fr Pel	Frange des pelviennes	5a : pas de frange ou frange blanche 5b : frange simplement 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
Marq Juv	Persistance des marques de juvéniles (zones bleutées ovales régulièrement réparties sur le flanc du poisson)	9a : absence 9b : présence
Tâ Op	Macro-tâche sur l'opercule	10a : absence ou peu marquée 10b : présence
Tâ An	Tâches/points sur l'anale	11a : absence 11b : présence
Tâ Caud	Tâches/points sur la caudale	12a : absence 12b : présence
Form Ad	Forme de l'adipeuse	13a : classique (arrondie) 13b : petite et lancéolée



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 par zones 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 qui existent entre groupes de truites. Nous utiliserons donc dans un deuxième temps une technique statistique qui met en relief ces divergences 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)<sup>1</sup> 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)<sup>2</sup>. 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.

---

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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 répondre que partiellement 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 plus particulièrement. Pour mettre en relief les variations ornementales 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 ont été réalisés à l'aide du logiciel A.D.E. version 4 (Thioulouse *et al.*, 1994).

### III. RESULTATS

#### A. Ponctuation

Sur les 13 variables de ponctuation utilisées, 1 seule est significativement corrélée à la taille des poissons. Il s'agit de la variable « nombre de points sur l'opercule » ( $R=0.166$ ,  $p<0.01$ ).

Une fois l'ACP réalisée, les axes F1 et F2 qui synthétisent 69% (fig. 3A) de l'information du jeu de données, ne présentent aucune corrélation avec la taille des poissons. On peut donc interpréter directement les résultats sans craindre un artéfact de la différence de taille des poissons dans les différentes stations.

L'axe F1 (horizontal) est un gradient de ponctuation noire alors que l'axe F2 (vertical) est un gradient de points rouges (fig. 3B).

L'axe F1 oppose toujours 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).

Les données des 4 stations supplémentaires échantillonnées cette année n'ont pas bouleversé l'organisation de ce jeu de données.

Les truites du Val d'Ese et du Carnevale sont peu ponctuées de noir et moyennement de rouge. Elles se projettent dans le plan F1F2 dans la même surface que les truites du Chjuvone et une partie des truites de la Manica.

Les truites du Puzzatelli et de la Gravone sont peu ponctuées de rouge et arborent une ponctuation noire variable. Elles se projettent dans le plan F1F2 entre les truites du Golo et celles du Pozzi di Marmanu.

Sur la figure 3D (chaque fenêtre est une miniature du plan F1F2 de l'ACP dans lequel on ne fait figurer que les truites d'une seule station ; l'ellipse contient 90% des individus de la station, sa surface est une expression de la plus ou moins grande homogénéité des truites de la station pour les critères de ponctuation), on constate la remarquable homogénéité des truites du Val d'Ese, du Carnevale, du Chjuvone, du Sant'Antone, du Pozzi di Marmanu et du Ventosi. Les truites du Golo et de la Gravone sont assez hétérogènes pour les deux axes de l'analyse (gradient de points noirs et gradient de points rouges) et leurs ellipses respectives tendent vers un grand cercle. Les truites du Puzzatelli et de la Manica sont assez hétérogènes plutôt sur les critères de ponctuation noire.

59% de la variabilité du jeu de données « ponctuation » est de type inter-classe (inter-cours d'eau), ce qui est hautement significatif (test par permutations,  $p<0.001$ ). **En clair, sur ces critères de ponctuation, les truites de Corse diffèrent plus entre cours d'eau qu'elles ne présentent de variabilité à l'intérieur des cours d'eau.** Dans le plan F1F2 de l'ACP sur le jeu de données « ponctuation », il n'y a, par exemple, pas d'intersection entre les surfaces occupées par les truites de Sant'Antone, du Ventosi ou du Chjuvone (fig. 3C ou 3D).

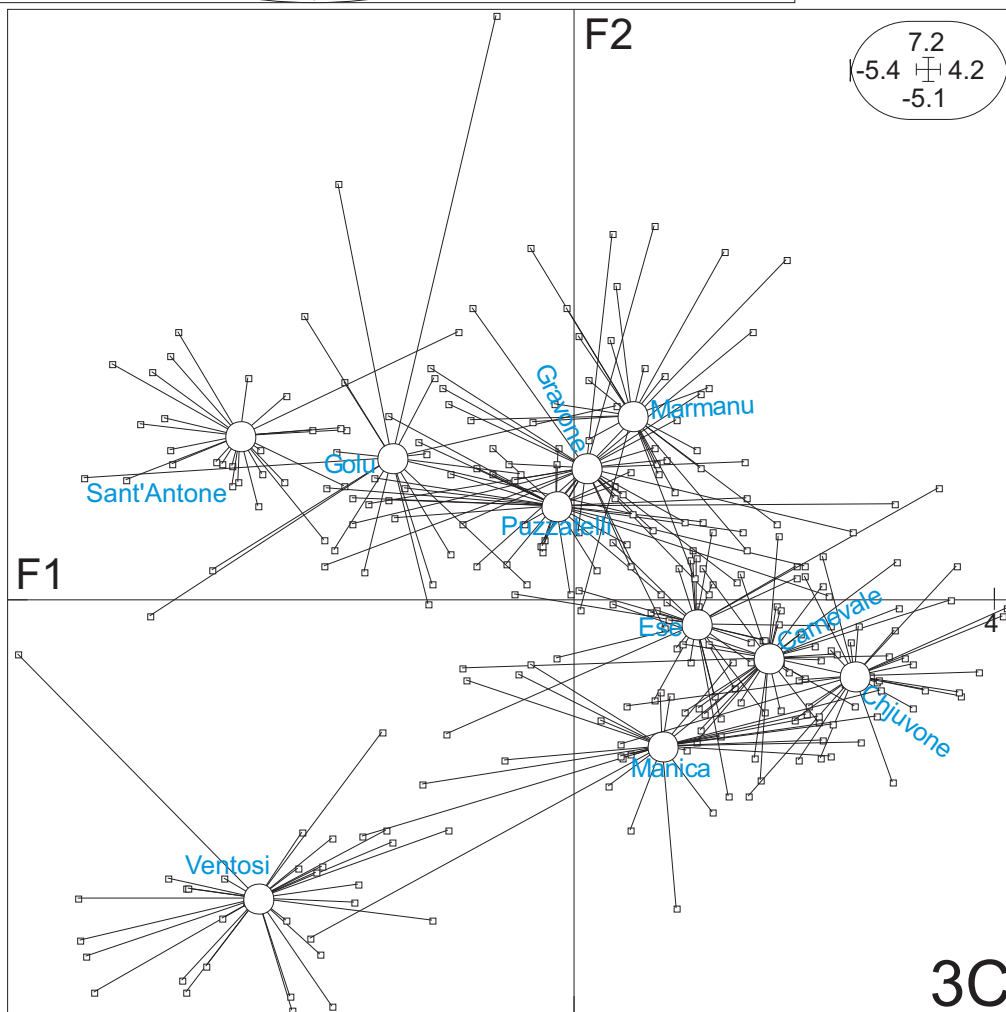
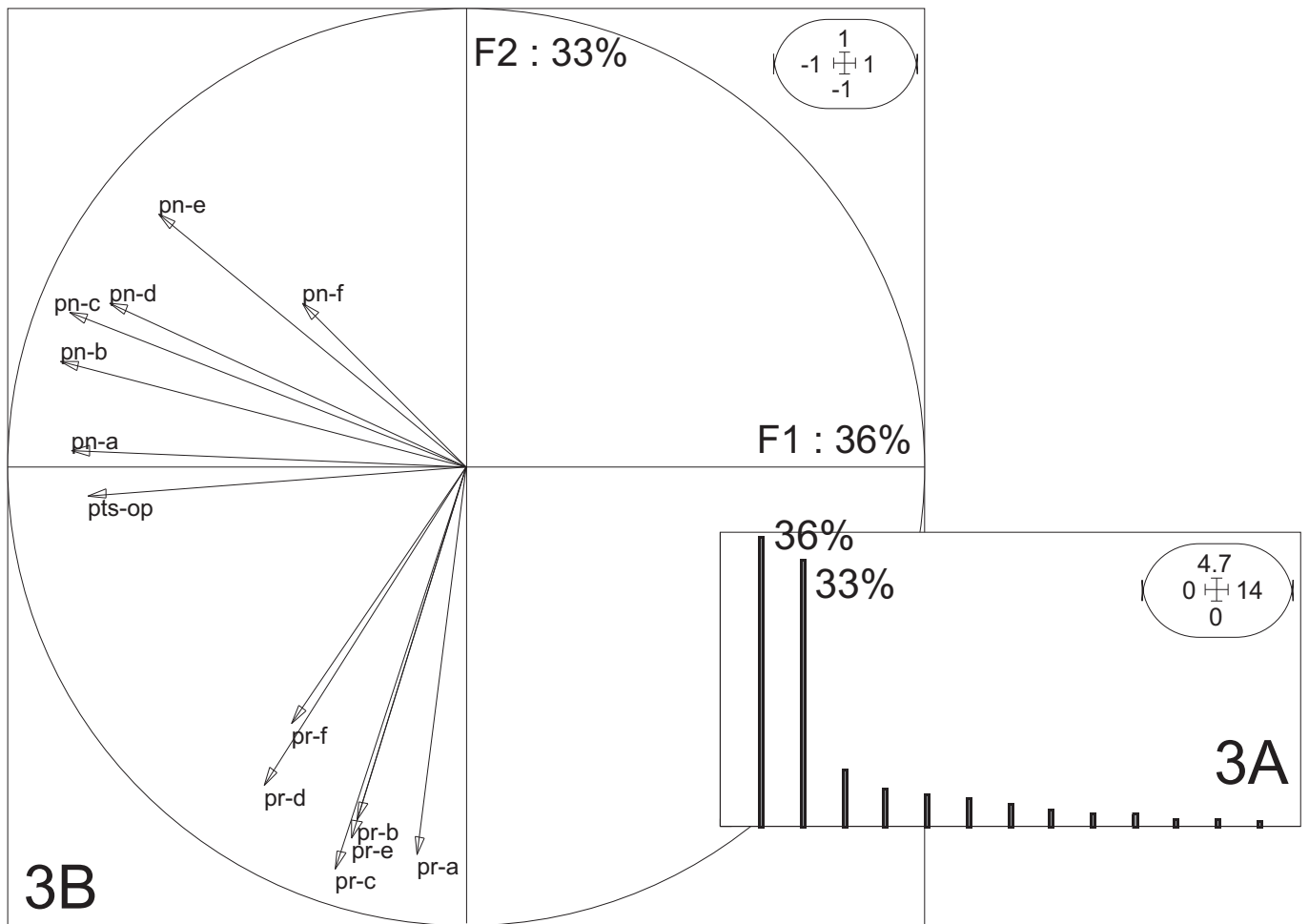


Fig. 3 : Analyse en composante principale sur les critères de ponctuation  
 A : graphe des valeurs propres, B : représentation des variables dans le plan F1F2,  
 C : représentation des individus dans le plan F1F2,  
 Les 10 stations sont représentées sur une même figure par la moyenne des coordonnées  
 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.

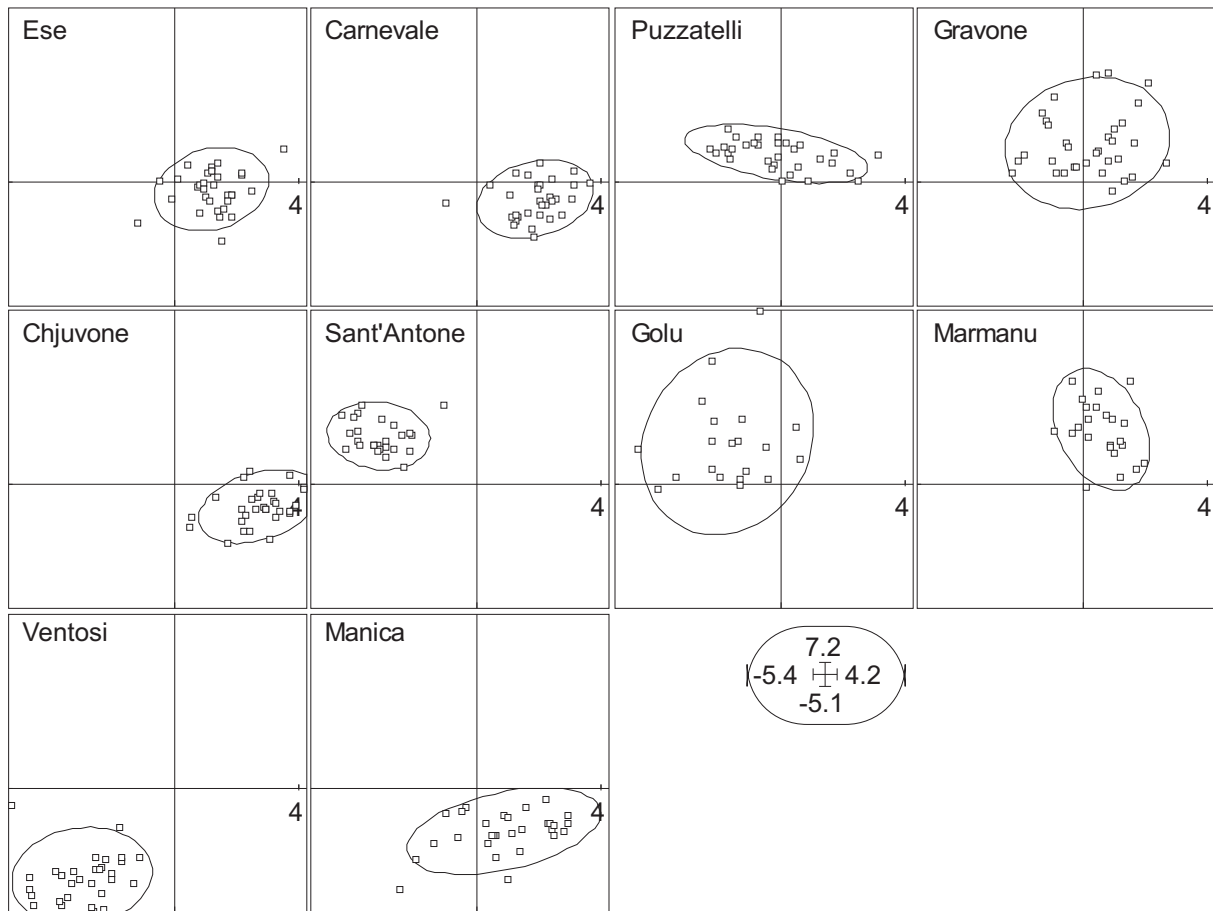


Fig. 3D : Analyse en composante principale sur les critères de ponctuation.  
 Chaque fenêtre est une miniature du plan F1F2 de l'ACP dans lequel on ne fait figurer que les truites d'une seule station ; l'ellipse contient 90% des individus de la station, sa surface est une expression de la plus ou moins grande homogénéité des truites de la station pour les critères de ponctuation. Chaque carré représentant une truite de la station.

## **B. Caractères ornementaux qualitatifs**

Sur les 13 variables de critères ornementaux de la robe des truites retenus, 5 sont significativement liés à la taille des poissons dans ce jeu de données. Il s'agit des variables « ocelles autour des points rouges », « ocelles autour des points noirs », « absence/ présence de points sur l'adipeuse », « absence/ présence de marques de parr sur le flanc », « absence/ présence de la macrotâche operculaire » (ANOVA,  $p < 0.01$ ).

Une fois l'ACM réalisée, l'axe F1 qui **synthétise toute de l'information interprétable** du jeu de données (21% - fig. 4A) ne montre aucune corrélation avec la taille des poissons. On peut donc interpréter directement les résultats de cette analyse sans craindre d'être « parasité » par la différence de taille des poissons dans les différentes stations.

L'axe F1 de cette analyse oppose (fig. 4B – ne pas tenir compte du deuxième axe de cette figure, l'axe vertical, qui n'est pas significatif compte tenu du graphe des valeurs propres) les truites qui n'ont pas de frange (liseré) ou seulement un liseré blanc aux nageoires dorsale, anale et pelviennes, qui n'ont pas de point sur l'adipeuse et qui n'ont pas de point ou tâche sur la caudale (truites du Pozzi di Marmanu et l'essentiel des truites de Sant'Antone, Golo et Val d'Ese), 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, Manica et Puzzatelli).

47% de la variabilité du jeu de données « caractères ornementaux qualitatifs » est une variabilité de type inter-classes (inter-cours d'eau), ce qui est, là aussi, hautement significatif (test par permutations  $p < 0.001$ ). **Sur ces caractères ornementaux qualitatifs, les truites de Corse diffèrent pratiquement autant entre cours d'eau qu'elles ne présentent de variabilité à l'intérieur des cours d'eau.** Sur l'axe F1 de l'ACM, la distribution des coordonnées des truites du Pozzi di Marmanu est, par exemple, complètement disjointe de la distribution des coordonnées des truites de la Manica (fig. 4C).

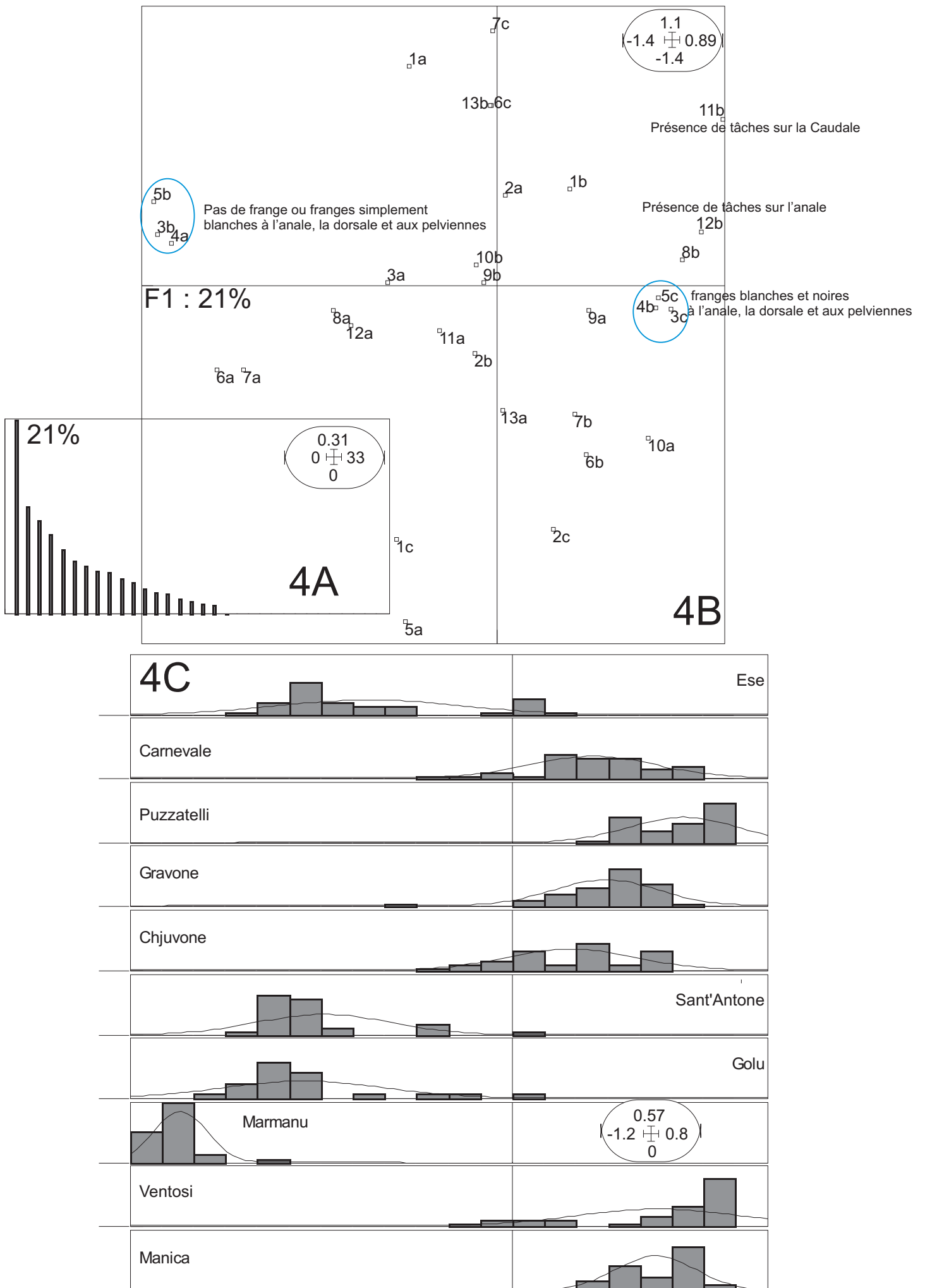


Fig. 4 : Analyse des correspondances multiples sur les critères ornementaux qualitatifs. A : graphe des valeurs propres, B : représentation des variables dans le plan F1F2, C : histogrammes de la distribution des coordonnées des individus sur l'axe F1 pour chaque station.

## C. Taille des points

### 1. Taille des points rouges

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 restent celles qui arborent les plus grandes tâches rouges (relativement à leur taille). Mais par rapport à la dernière analyse, les truites du Carnevale, du Puzzatelli et du Val d'Ese montrent également des points rouges de grandes dimensions et établissent une sorte de continuité de gradient pour ce paramètre avec les autres truites étudiées.

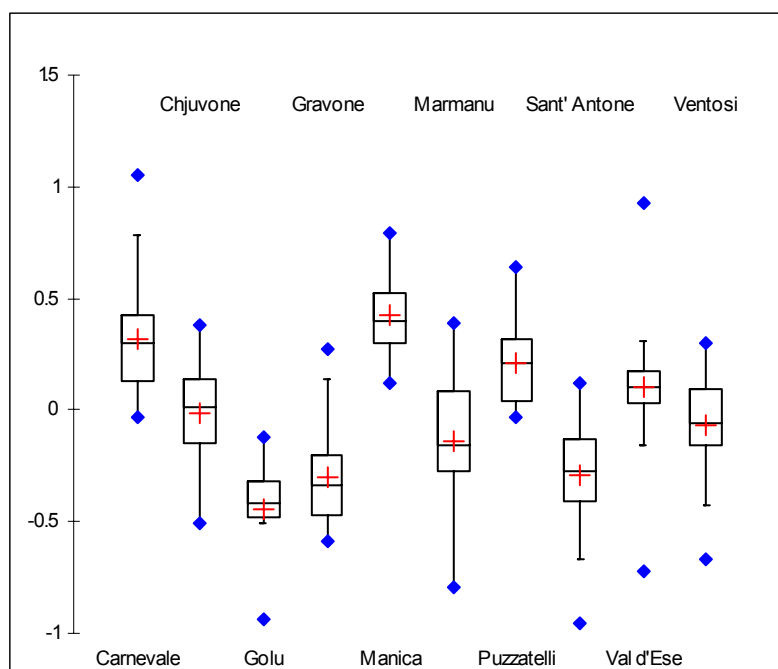


Fig. 5 : Box plots<sup>3</sup> par station des résidus de la régression taille des points rouges – taille de la truite.

Si, à la suite de l'ANOVA, l'on teste deux à deux les échantillons de truite de chaque cours d'eau, sur le critère « taille des points rouges », et que l'on fasse la synthèse des différences statistiquement significatives et non significatives trouvées (test de Tukey<sup>4</sup> - tableau ci-dessous), on identifie 7 groupes de cours d'eau (de A à G).

<sup>3</sup> 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 de la distribution, les extrémités de la boîte le 1<sup>er</sup> et le 3<sup>ème</sup> quartile, la croix rouge représente la moyenne de la distribution. Les « moustaches » figurent l'intervalle de données considérées comme « normales » (comprises entre 1<sup>er</sup> quartile - 1.5X l'inter-quartile 1&3 et 3<sup>ème</sup> quartile + 1.5X l'inter-quartile 1&3). Les points bleus constituent les extremums de la série de données.

<sup>4</sup> Test HSD (honestly significant difference) de Tukey (ou test des différences franchement significatives) : La technique du HSD de Tukey permet de comparer toutes les paires de moyennes et d'y montrer des différences avec un risque alpha. La technique du HSD est conservatrice. Il est plus difficile qu'avec d'autres tests de déclarer qu'une paire de moyennes diffère significativement.



Cours d'eau	Moyenne	Groupes						
Manica	0.426	A						
Carnevale	0.317	A	B					
Puzzatelli	0.213		B	C				
Val d'Ese	0.101			C	D			
Chjuvone	-0.013				D	E		
Ventosi	-0.064				D	E		
Marmanu	-0.139					E	F	
Sant' Antone	-0.293						F	G
Gravone	-0.303						F	G
Golu	-0.443							G

Tableau 2 : Synthèse du test de Tukey sur le critère « taille des points rouges »

A partir de ces tests conservatifs et afin de simplifier les interprétations à venir, on peut retenir un classement en 4 groupes, correspondant aux 4 couleurs du tableau :

- Truites à grandes tâches rouges (gros points rouges) – Manica, Carnevale,
- Truites à assez gros points rouges – Puzzatelli, Val d'Ese,
- Truites à points rouges de moyenne taille – Chjuvone, Ventosi, Pozzi di Marmanu,
- Truites à petits points rouges – Sant'Antone, Gravone, Golo.

Les truites de Pozzi sont les plus hétérogènes sur ce critère (revoir Box plots – figure 5).

## 2. Taille des points noirs

Concernant la dimension des points noirs, ici encore la variation observée entre les truites des stations étudiées est très significative (ANOVA,  $p < 0.001$ ). Cependant, les différences inter-stations sont moins marquées que pour le critère « taille des points rouges ». Les truites de Puzzatelli montrent les plus gros points noirs du jeu de données, celles du Ventosi les plus petits.

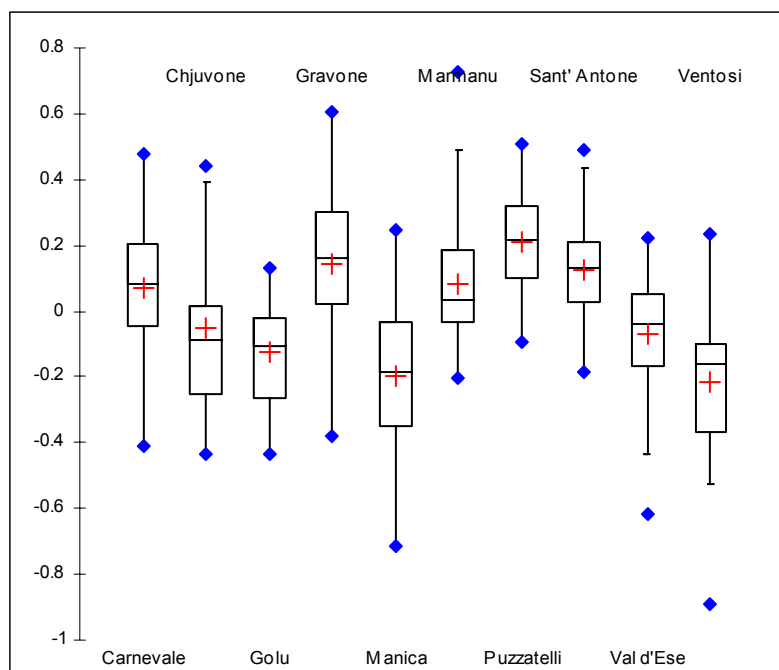


Fig. 6 : Box plots par station de la régression taille des points noirs – taille de la truite.

Si l'on teste deux à deux les échantillons de truite de chaque cours d'eau, sur le critère « taille des points noirs », et que l'on fasse la synthèse des différences statistiquement significatives trouvées (test de Tukey - tableau ci-dessous), on identifie 4 groupes de cours d'eau (de A à D).

Cours d'eau	Moyenne	Groupes			
Puzzatelli	0.212	A			
Gravone	0.145	A			
Sant' Antone	0.122	A	B		
Marmanu	0.085	A	B	C	
Carnevale	0.069	A	B	C	
Chjuvone	-0.052		B	C	D
Val d'Ese	-0.067			C	D
Golu	-0.127				D
Manica	-0.199				D
Ventosi	-0.213				D

Tableau 3 : Synthèse du test de Tukey sur le critère « taille des points noirs »

Afin de simplifier les interprétations à venir, on peut retenir un classement en 2 groupes seulement, correspondant aux 2 couleurs du tableau :

- Truites aux points noirs assez gros – Puzzatelli, Gravone, Sant'Antone, Pozzi di Marmanu Carnevale,
- Truites aux points noirs de taille assez moyenne – Chjuvone, Val d'Ese, Golo, Manica, Ventosi.

Les truites de Manica sont les plus hétérogènes sur ce critère (revoir Box plots – figure 6).

## IV. DISCUSSION - CONCLUSIONS

Pour les deux paramètres de taille des points (rouge et noir) sur le flanc des truites, nous avons cherché à savoir comment s'organisaient les différences significatives entre les cours d'eau étudiés, en testant toutes les combinaisons deux à deux et en les groupant donc en fonction des résultats de ces tests (s'il n'y a pas de différence significative entre deux stations, elles appartiennent au même groupe pour le paramètre considéré – revoir les tableaux 2 et 3).

Nous reprenons ici cette même démarche (ANOVA suivi du test HSD de Tukey) pour les coordonnées des truites sur les axes F1 (axe de ponctuation noire), F2 (axe de ponctuation rouge) de l'ACP et F1 de l'ACM (présence ou non de liseré blanc ou blanc et noir aux nageoires dorsale, anale et pelviennes, présence ou non de points sur l'adipeuse, de points ou de tâches sur l'anale et la caudale).

### Axe F1 de l'ACP (ponctuation noire)

Cours d'eau	Moyenne	Groupes				
Chjuvone	2.675	A				
Carnevale	1.844	A	B			
Val d'Ese	1.166		B	C		
Manica	0.840			C	D	
Marmanu	0.559			C	D	E
Gravone	0.123				D	E
Puzzatelli	-0.172					E
Golu	-1.740					F
Ventosi	-3.007					G
Sant' Antone	-3.178					G

*Tableau 4 : Synthèse du test de Tukey sur les coordonnées des truites sur l'axe F1 de l'ACP (nombre de points noirs)*

La synthèse des comparaisons par paires fait apparaître 7 groupes (A à G). A partir de ce test conservatif et afin de simplifier les interprétations à venir, on retiendra un classement en 4 groupes, correspondant aux 4 couleurs du tableau (2 césures sans équivoque, la troisième plus sujette à discussion) :

- Truites aux très nombreux points noirs sur le flanc (en négatif sur l'axe F1 de l'ACP) – Sant'Antone, Ventosi,
- Truites aux nombreux points noirs sur le flanc – Golo,
- Truites aux points noirs sur le flanc moyennement nombreux – Puzzatelli, Gravone, Pozzi di Marmanu, Manica,
- Truites aux points noirs sur le flanc peu nombreux – Val d'Ese, Carnevale, Chjuvone.

**Axe F2 de l'ACP (ponctuation rouge)**

Cours d'eau	Moyenne	Groupes	
Marmanu	2.232	A	
Sant' Antone	1.981	A	B
Golu	1.730	A	B
Gravone	1.589	A	B
Puzzatelli	1.141		B
Val d'Ese	-0.311		C
Carnevale	-0.721		C
Chjuvone	-0.933		C
Manica	-1.789		D
Ventosi	-3.648		E

Tableau 5 : Synthèse du test de Tukey sur les coordonnées des truites sur l'axe F2 de l'ACP (nombre de points rouges)

La synthèse des comparaisons par paires fait apparaître 5 groupes (A à E). A partir de ce test conservatif et afin de simplifier les interprétations à venir, on retiendra un classement en 4 groupes, correspondant aux 4 couleurs du tableau (les 3 césures sont sans équivoque, le classement est particulièrement net et ne nécessite aucune interprétation-simplification) :

- Truites aux très nombreux points rouge sur le flanc (en négatif sur l'axe F2 de l'ACP) – Ventosi,
- Truites aux nombreux points rouges sur le flanc – Manica,
- Truites aux points rouges sur le flanc moyennement nombreux – Chjuvone, Carnevale, Val d'Ese,
- Truites aux points rouges sur le flanc peu nombreux – Puzzatelli, Gravone, Golo, Sant'Antone, Pozzi di Marmanu.

**Axe F1 de l'ACM**

Cours d'eau	Moyenne	Groupes	
Puzzatelli	0.536	A	
Ventosi	0.458	A	B
Manica	0.450	A	B
Gravone	0.293		B C
Carnevale	0.252		C
Chjuvone	0.184		C
Val d'Ese	-0.451		D
Sant' Antone	-0.592		D E
Golu	-0.656		E
Marmanu	-1.042		F

Tableau 6 : Synthèse du test de Tukey sur les coordonnées des truites sur l'axe F1 de l'ACM (présence ou non de liseré aux nageoires, points sur l'adipeuse, points ou tâches sur l'anale et la caudale)

La synthèse des comparaisons par paires fait apparaître 6 groupes (A à F). On retiendra un classement en 4 groupes, correspondant aux 4 couleurs du tableau (les 3 césures sont pratiquement sans équivoque), le classement en 4 groupes est ici aussi très net :

- Truites aux liserés **absents ou simplement blancs** aux nageoires dorsale, anale et pelviennes, **pas de points, ni tâches** sur l'anale et la caudale (en négatif sur l'axe F1 de l'ACM) – Pozzi di Marmanu,

- Truites aux liserés blancs et noirs aux nageoires dorsale, anale et pelviennes **rares, pas de points, ni tâches** sur l'anale et la caudale – Golo, Sant’Antone, Val d’Ese,
- Truites aux liserés blancs et noirs aux nageoires dorsale, anale et pelviennes **fréquents, points ou tâches présents** sur l'anale et la caudale – Chjuvone, Carnevale, Gravone,
- Truites aux liserés blancs et noirs aux nageoires dorsale, anale et pelviennes **quasi-constants, points ou tâches** sur l'anale et la caudale **quasi-constants** – Manica, Ventosi, Puzzatelli.

Le tableau ci-dessous synthétise l'ensemble des résultats obtenus et caractérise les truites de chaque station étudiée.

Il ne faut pas perdre de vue que, **pour chaque jeu de données considéré** (ponctuation, caractères ornementaux qualitatifs, taille des points), **les expressions utilisées** (très nombreux points, points peu nombreux ...gros points, petits points, ...liserés rares, fréquents, quasi-constants...) **recouvrent une réalité statistique.**

Cours d'eau	F1 ACP - Points noirs flanc	F2 ACP- Points rouges flanc	Taille Pts Noirs	Taille Pts Rouges	F1 ACM -Autres principaux caractères ornementaux
<b>Sant' Antone</b>	Très nombreux	Peu nombreux	Assez gros	Petits	Liserés blancs et noirs aux nageoires dorsale, anale et pelviennes <b>rares</b> , pas de points ni tâches sur l'anale et la caudale
<b>Golu</b>	Nombreux	Peu nombreux	Moyens	Petits	Liserés blancs et noirs aux nageoires dorsale, anale et pelviennes <b>rares</b> , pas de points ni tâches sur l'anale et la caudale
<b>Ventosi</b>	Très nombreux	Très nombreux	Moyens	Moyens	Liserés blancs et noirs aux nageoires dorsale, anale et pelviennes <b>quasi-constants</b> , points ou tâches sur l'anale et la caudale <b>quasi-constants</b>
<b>Puzzatelli</b>	Moyennement nombreux	Peu nombreux	Assez gros	Assez gros	Liserés blancs et noirs aux nageoires dorsale, anale et pelviennes <b>quasi-constants</b> , points ou tâches sur l'anale et la caudale <b>quasi-constants</b>
<b>Manica</b>	Moyennement nombreux	Nombreux	Moyens	Très gros	Liserés blancs et noirs aux nageoires dorsale, anale et pelviennes <b>quasi-constants</b> , points ou tâches sur l'anale et la caudale <b>quasi-constants</b>
<b>Carnevale</b>	Peu nombreux	Moyennement nombreux	Assez gros	Très gros	Liserés blancs et noirs aux nageoires dorsale, anale et pelviennes <b>fréquents</b> , points ou tâches <b>présents</b> sur l'anale et la caudale

Cours d'eau	F1 ACP - Points noirs flanc	F2 ACP- Points rouges flanc	Taille Pts Noirs	Taille Pts Rouges	F1 ACM -Autres principaux caractères ornementaux
<b>Pozzi di Marmanu</b>	Moyennement nombreux	Peu nombreux	Assez gros	Moyens	Liserés <b>absents ou simplement blancs</b> aux nageoires dorsale, anale et pelviennes, pas de points ni tâches sur l'anale et la caudale
<b>Val d'Ese</b>	Peu nombreux	Moyennement nombreux	Moyens	Assez gros	Liserés blancs et noirs aux nageoires dorsale, anale et pelviennes <b>rare</b> , pas de points ni tâches sur l'anale et la caudale
<b>Chjuvone</b>	Peu nombreux	Moyennement nombreux	Moyens	Moyens	Liserés blancs et noirs aux nageoires dorsale, anale et pelviennes <b>fréquents</b> , points ou tâches <b>présents</b> sur l'anale et la caudale
<b>Gravone</b>	Moyennement nombreux	Peu nombreux	Assez gros	Petits	Liserés blancs et noirs aux nageoires dorsale, anale et pelviennes <b>fréquents</b> , points ou tâches <b>présents</b> sur l'anale et la caudale

*Tableau 7 : Profils synthétiques de la description des robes des truites de chaque station étudiée (chaque colonne résume l'information contenue dans les jeux de données considérés - ponctuation, caractères ornementaux qualitatifs, taille des points - les expressions utilisées - très nombreux points, points peu nombreux ...gros points, petits points, ...liserés rares, fréquents, quasi-constants ... - recouvrent une réalité statistique).*

Ainsi, si pour les 5 variables synthétiques du tableau (Axe F1 de l'ACP = Points noirs flanc, Axe F2 de l'ACP = Points rouges flanc, Taille points noirs, Taille points rouges, Axe F1 de l'ACM = autres principaux caractères ornementaux), **l'expression de la modalité n'est pas exactement la même pour les truites de deux cours d'eau**, alors ces poissons diffèrent en moyenne significativement en terme de ponctuation et/ou de caractères ornementaux qualitatifs.

**De fait, toutes les stations étudiées montrent des truites aux profils moyens différents du point de vue ornementation de la robe. Donc, à chaque cours d'eau corse étudié sa truite.**

Les différentes formes génétiques de truites corses sont distinctes, voire radicalement distinctes, du point de vue de leur robe. Elles sont également distinctes des truites méditerranéennes du Golo et de celles atlantiques d'origine domestique de la Gravone.

On peut cependant évoquer des phénotypes plus ou moins proches ou plus ou moins distants.

Ainsi les truites du Sant'Antone (génétiquement 100% corses) ressemblent plus aux truites 100% méditerranéennes du Golo, qu'aux truites de n'importe quel autre cours d'eau étudié (tableau 7 et photos ci-dessous)



*Truite du Sant'Antone en haut et du Golo en bas*

Les truites du Ventosi, génétiquement 100% corses et transplantées dans cet affluent de l'Asco en provenance du bassin du Prunelli (comme les truites de la Manica), ... ne ressemblent aux truites d'aucune autre station et notamment pas du tout aux truites de la Manica, ni à celles du Carnevale ou de Val d'Ese également du bassin du Prunelli ! (tableau 7 et photo ci-dessous).



*Truite du Ventosi*

C'est également le cas des truites du Puzzatelli, génétiquement 100% corses et originales dans le paysage des truites corses étudiées, avec notamment cette caudale fortement tâchetée chez tous les individus (tableau 7 et photo ci-dessous).



*Truite du Puzzatelli*

Les truites de la Manica et celles du Carnevale ont en commun leurs nombreuses et grandes tâches (rosettes) rouges (tableau 7 et photos ci-dessous).



*Truite de la Manica en haut et du Carnevale en bas*



Les truites de Pozzi di Marmanu, Val d'Ese et Chjuvone, toutes 100% corses, mais n'appartenant pas aux mêmes bassins versants (dans l'ordre Fium Orbo, Prunelli et Rizzanese) ont des profils assez semblables et classiques, proches des truites atlantiques du « continent », et des truites de la Gravone (tableau 7 et photos ci-dessous - on notera toutefois que les truites de ce dernier cours d'eau, la Gravone, génétiquement à 90% atlantiques, montrent une forte variabilité de robe, ce qui n'est pas le cas des 3 stations de truites corses citées ci-dessus aux robes nettement plus homogènes).



*Truite du Chjuvone en haut, du Val d'Ese au milieu et du Pozzi di Marmanu en bas*



*Truite de la Gravone*

Les truites, dont on a analysé ici les caractéristiques de robe et leurs variations, sont, d'un point de vue génétique toutes « corses », à l'exception de celles du Golo (méditerranéennes) et de celles de la Gravone (atlantiques d'origine domestiques) (Berrebi et Dubois, 2007 ; Berrebi et Cherbonnel, 2011).

Mises à part les truites de la Gravone (action anthropique), ces poissons sont le fruit d'une évolution naturelle depuis de nombreux millénaires dans les cours d'eau de l'île accompagnant l'histoire géologique, complexe, de la Corse (donc ce sont des poissons « sauvages »). Cette longue histoire évolutive, en contexte montagnard, avec des cours d'eau pentus n'autorisant guère les échanges entre populations piscicoles, se traduit aujourd'hui par des populations de truites sauvages de l'île très fortement structurées génétiquement (plusieurs types corses génétiquement distincts, un type méditerranéen et même différents types de mélanges naturels corse-méditerranéen non étudiés ici - Berrebi et Dubois, 2007 ; Berrebi et Cherbonnel, 2011 ; Reynaud *et al.*, 2011).

Comme il existe une grande diversité génétique entre les types de truite étudiées, on trouve également une grande variété de robes entre ces « formes » de truite.

Si les truites de Val d'Ese (BV Prunelli), Chjuvone (BV Rizzanese) et Pozzi (BV Fium Orbo) montrent des phénotypes<sup>5</sup> que l'on pourrait facilement confondre avec ceux de truites de cours d'eau du bassin atlantique du continent, les autres populations corses étudiées présentent des robes originales, très distinctes d'une population à l'autre et à l'heure actuelle jamais décrites dans d'autres régions géographiques : phénotype San'Antone fortement ponctué de noir, avec des points noirs qui se touchent parfois allant jusqu'à former des lignes continues ; phénotype Ventosi également fortement ponctué mais surtout de rouge, ce qui est rare ; phénotype Manica avec ses très médiatiques grandes rosettes rouges que l'on retrouve aussi sur les truites du Carnevale ; phénotype Puzzatelli à la caudale systématiquement fortement tâchetée, un peu à la manière des truites arc-en-ciel.

Comme l'avait déjà mis en évidence le programme LIFE, il y a bien, non pas **UNE truite corse** mais **DES truites corses**, nettement différentes de part leur **patrimoine génétique**, mais aussi, et c'est particulièrement limpide ici, **dans leurs apparences externes**<sup>6</sup>.

Il s'agit, bien sur, d'une **grande richesse supplémentaire**, mais le corollaire en est qu'il n'est pas possible d'avoir **une description simple et unique de la robe de la truite corse**. La truite à grandes rosettes rouges de la Manica est UNE truite corse, mais ce n'est pas LA truite corse. La truite à caudale tâchetée du Puzzatelli est UNE AUTRE truite corse, tout comme la truite d'apparence plus « classique » de Val d'Ese.

---

<sup>5</sup> La définition de phénotype est « expression visible des gènes ». Un phénotype est l'expression d'un patrimoine génétique dans un type de milieu, le fruit d'une interaction entre gènes et environnement. Nous utilisons ce terme dans ce rapport de manière abusive, il faut le comprendre plus restrictivement comme un synonyme de robe, ceci afin d'enrichir le vocabulaire du texte et d'éviter trop de répétitions.

<sup>6</sup> Ceci sans forcément qu'il y ait toujours recoupement exact entre types génétiques et types de robe.

On remarquera aussi qu'aucune des descriptions des caractéristiques des robes des truites corses réalisées dans cette étude ne permet réellement de se raccrocher 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* »), puis complétée par C J Spillmann en 1961. Ces deux descriptions sont d'ailleurs assez peu précises sur la robe de « macrostigma ». Chez Spillmann : « *...et surtout par la présence d'un large point noir en arrière de l'œil et d'une série de 9 à 12 tâches ovalaires noires disposées le long des flancs ... très nettes chez les jeunes individus, marquent une tendance à s'effacer avec l'âge* ». Le large point noir en arrière de l'œil, la macrotâche operculaire, se retrouve sur la majorité des truites en Corse mais aussi sur le continent, aussi bien en bassin atlantique que méditerranéen. Les 9 à 12 tâches ovalaires noires qui s'estompent avec l'âge peuvent aussi correspondre aux marques juvéniles, aux marques de parr, que l'on retrouve aussi chez les jeunes stades de la plupart des truites en France et qui persistent chez de nombreux adultes, particulièrement en zone de faible croissance (montagne).

Très fortement structurées génétiquement, localisées géographiquement, nettement distinctes de par leurs robes, il y a également fort à parier que **ces truites aient développé**, au fil de leur longue évolution dans les cours d'eau de l'île, **des particularités biologiques adaptées à ces milieux très contraignants**. La Corse est une haute montagne en mer méditerranée. Ses cours d'eau, très pentus, subissent à la fois et en fonction de l'altitude, les rigueurs du climat montagnard et les excès du climat méditerranéen (violence des crues, sévérité des étiages ...). Les truites « natives » de l'île vivent depuis des générations dans ces milieux très structurants pour leurs traits biologiques (croissance, fécondité, âge de première reproduction, période de reproduction, longévité, sédentarité ...) qui doivent donc être, eux aussi, nettement différents de ceux des truites des cours d'eau côtiers normands par exemple. Il conviendrait **d'étudier les particularités biologiques des truites corses**, afin de les replacer dans le paysage connu de la truite en France et en Europe bien sur, mais surtout afin d'en tenir compte dans les mesures de conservation et gestion en cours et à venir.

L'étude de la croissance, menée également pour la FDAAPPMA de Corse sur les mêmes populations de truite que cette étude, apporte déjà des éléments sur ce trait biologique (Lagarrigue *et al.*, 2011). Les truites corses (et méditerranéennes du Golo) étudiées montrent, à altitude (température) égale, une croissance nettement plus faible que dans les Pyrénées. Les paramètres du milieu (eaux très peu minéralisées, couverture végétale de pins Laricio, faibles débits estivaux ne favorisant pas la disponibilité en invertébrés – donc milieux très peu productifs) sont clairement en cause dans cette faible croissance, plus probablement en tous cas, pour les auteurs, que le patrimoine génétique des truites. **Mais il n'est pas à exclure que de tels milieux favorisent les truites « natives » adaptées<sup>7</sup>** par rapport à des truites « allochtones » qui ont pu être déversées par le passé et **ainsi participent à leur préservation**. En matière de gestion, cette faible croissance des truites corses étudiées a déjà une première conséquence, plutôt positive. En effet, même si, en raison de leurs faibles croissances, ces truites mûrent plus tard que ce qui est couramment admis (2 ans pour les mâles et 3 ans pour les femelles), elles se reproduisent de toute façon avant la taille de 18 cm (jusque là considérée comme taille de première reproduction),

---

<sup>7</sup> Ainsi Olivari et Brun (1988) avaient montré que les truites corses possédaient moins de caeca pyloriques (moyenne autour de 30 pour les truites du Prunelli, du Fium Orbo et du Tavignano, autour de 33 pour le Golo) que les truites du continent (moyenne voisine de 41 et 43 pour les poissons de la Clarée et de la Vésubie). Nous avons (à ECOGEA) dans nos données anciennes des nombres moyens de caeca de 24 pour Pozzi, 23 pour Calderamolla, 28 pour Chiova (3 stations de truites génétiquement corses) contre une moyenne de 39-40 pour des truites génétiquement méditerranéennes des Pyrénées Orientales et une moyenne de 52-53 pour des truites domestiques vivant dans les cours d'eau des Pyrénées Orientales (Lascaux 1996). Les caeca pyloriques jouent un rôle dans l'absorption des lipides et des glucides (Bergot, 1981), il n'est donc pas interdit de penser que leur faible nombre chez les truites corses puisse être une adaptation à une nourriture relativement pauvre et qu'inversement des truites domestiques sélectionnées pour leur croissance et armées pour digérer une nourriture enrichie soient en difficulté transplantées dans ce type de milieu.

ce qui conduit à des effectifs efficaces plus importants que prévus pour ces stocks de poissons précieux (Lagarrigue *et al.*, 2011).

Patrimoines génétiques ancestraux distincts, variabilité de l'apparence externe avec notamment des robes originales dans le paysage de la truite en France, vraisemblablement des traits biologiques différents, **les truites corses sont des trésors biologiques.**

Il est de notre devoir de toujours mieux les **connaître** (affiner la distribution géographique des différentes formes et interactions-interférences entre formes, connaître les limites de distribution des différents stocks, estimer les effectifs efficaces, préciser les originalités des cycles biologiques, ...), **les faire connaître et reconnaître (quel statut en France et en Europe ?)**, pour les préserver, les protéger et bien les gérer (loisir pêche mais aussi objectifs de reconquête de linéaire cédés à la truite domestique). C'est précisément le but du plan de gestion des truites endémiques corses (Muracciole, 2010).

## V. 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.
- Bergot, P.** (1981). Structure de l'appareil digestif. II. Structure et fonctions des caeca pyloriques. In Colloque C.N.E.R.N.A., (Fontaine, M., ed.), pp 45-53. C.N.R.S., Paris.
- Berrebi P. et Cherbonnel C.** (2009). Cartographie génétique des populations sauvages de truites françaises. Programme GENESALM. Tome 1.
- Berrebi P. et Cherbonnel C.** (2011). Etude génétique de 18 échantillons de truites de Corse sur 4 marqueurs microsatellites. Rapport final pour l'Office de l'Environnement de la Corse et la Fédération de la Corse pour la Pêche et la protection du Milieu Aquatique.
- 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 Environment : 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 et 2011). Etude scalimétrique de la croissance des truites de 9 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.
- Merchermek, 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*.
- Mezzera, 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.
- Muracciole, S.** (2010). Programme « conservation de la truite corse » - année 2010 – rapport d'activités
- Olivari, G. et Brun, G.** (1988). Le nombre de caeca pyloriques dans les populations naturelles de truites communes, *Salmo trutta*, L. en Corse. *Bull. Ecol.*, **19** (2-3) : 197-200.
- PNR du massif des Bauges** (2003). Etude piscicole du Chéran. Analyse du phénotype des truites *fario*. Vallet GEN, Téléos, 18 p.
- Reynaud, N., Tougard, C., et Berrebi, P.** (2011). Structuration géographique de la truite commune (*Salmo trutta* L.) en France basée sur le séquençage de la région de contrôle mitochondriale. Rapport de l'Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier UMR CNRS/UM2/IRD 5554.
- 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.
- Spillmann, C. J.** (1961). Faune de France – 65 – Poissons d'eau douce. Lechevallier (ed.), Paris, 303 p.
- 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.

ANNEXE 1 – Fiches descriptives de la robe des  
truites



## Informations sur la station d'étude

Département	Corse
Bassin Versant	Prunelli
Cours d'eau	Val d'Ese
Nom de la station	Plateau d'Ese
Localité proche	Bastelica
Coordonnées GPS	42°00'01.9" N 09°07'37.0" E
Altitude	1700 m
Date d'échantillonnage	20/07/11
Nb. truites capturées	33 individus



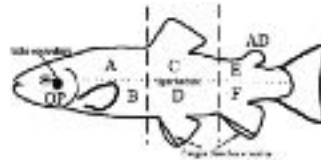
## Principales statistiques descriptives de la robe des poissons

## Variables quantitatives

	Moyenne	Minimum	Maximum
Longueur totale (mm)	167.47	129	235
diam. pts rouges (mm)	2.95	1.32	5.09
diam. pts noirs (mm)	2.30	1.42	3.21
pr-a	6.7	2	17
pn-a	14.5	3	31
pr-b	5.8	2	11
pn-b	3.6	0	16
pr-c	13.4	8	27
pn-c	10.8	2	34
pr-d	5.4	3	10
pn-d	0.7	0	8
pr-e	10.8	6	15
pn-e	3.2	0	9
pr-f	2.4	0	4
pn-f	0	0	1
<b>pr-fl</b>	<b>44.5</b>	<b>30</b>	<b>75</b>
<b>pn-fl</b>	<b>32.8</b>	<b>14</b>	<b>81</b>
pts-op	6.8	3	11

## Variables qualitatives - Fréquence (%)

	pas d'ocelle	ocelles peu marquées	ocelles marquées
Oc PR	0	24	76
Oc PN	27	48	24
	pas de frange	frange blanche	frange blanche et noire
Fr D	48	33	18
Fr A	3	76	21
Fr Pel	27	52	21
	pas de frange	frange rouge	frange très rouge
Fr Ad	0	88	12
	absence	peu marquée	marquée
Tâ Op	0	0	100
	absence	présence	
Tâ Caud	100	0	
	absence	présence	
Tâ An	100	0	



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

## Photographies truite « moyenne » de la population



## Informations sur la station d'étude

Département	Corse
Bassin Versant	Prunelli
Cours d'eau	Carnevale
Nom de la station	Amont cascade
Localité proche	Cauro
Coordonnées GPS	N 41°56'04.3'' E 008°59'22.7''
Altitude	750 m
Date d'échantillonnage	20/07/11
Nb. truites capturées	31 individus



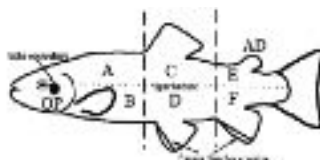
## Principales statistiques descriptives de la robe des poissons

## Variables quantitatives

	Moyenne	Minimum	Maximum
Longueur totale (mm)	141.65	106	202
diam. pts rouges (mm)	3.02	1.77	6.48
diam. pts noirs (mm)	2.20	1.44	3.05
pr-a	6.5	3	11
pn-a	7.3	2	19
pr-b	7.9	4	14
pn-b	2.2	0	8
pr-c	11.5	6	18
pn-c	5.5	1	14
pr-d	6.9	5	12
pn-d	0.3	0	3
pr-e	8	4	13
pn-e	1.3	0	5
pr-f	2.7	1	6
pn-f	0	0	1
<b>pr-fl</b>	<b>43.6</b>	<b>29</b>	<b>60</b>
<b>pn-fl</b>	<b>16.7</b>	<b>5</b>	<b>47</b>
pts-op	8.3	4	20

## Variables qualitatives - Fréquence (%)

	pas d'ocelle	ocelles peu marquées	ocelles marquées
Oc PR	3	97	0
Oc PN	94	6	0
	pas de frange	frange blanche	frange blanche et noire
Fr D	66	3	31
Fr A	0	0	100
Fr Pel	0	0	100
	pas de frange	frange rouge	frange très rouge
Fr Ad	3	48	48
	absence	peu marquée	marquée
Tâ Op	3	6	90
	absence	présence	
Tâ Caud	61	39	
	absence	présence	
Tâ An	52	48	



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

## Photographies truite « moyenne » de la population



## Informations sur la station d'étude

Département	Corse
Bassin Versant	Prunelli
Cours d'eau	Gravona
Nom de la station	Pont de Sellola
Localité proche	Bocognano
Coordonnées GPS	N 42°05'32.1'' E 009°06'12.4''
Altitude	900 m
Date d'échantillonnage	20/07/11
Nb. truites capturées	33 individus



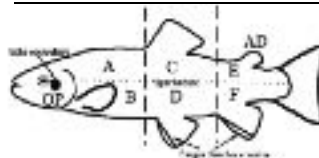
## Principales statistiques descriptives de la robe des poissons

## Variables quantitatives

	Moyenne	Minimum	Maximum
Longueur totale (mm)	170.12	114	240
diam. pts rouges (mm)	2.98	1.32	4.69
diam. pts noirs (mm)	2.01	1.08	4.71
pr-a	2.6	0	5
pn-a	19	5	42
pr-b	6.8	2	15
pn-b	7.5	0	20
pr-c	6	2	11
pn-c	22.7	5	57
pr-d	6.9	3	11
pn-d	1.8	0	8
pr-e	5.4	1	10
pn-e	9.2	0	24
pr-f	2.8	0	5
pn-f	0.5	0	4
<b>pr-fl</b>	<b>30.6</b>	<b>11</b>	<b>51</b>
<b>pn-fl</b>	<b>60.6</b>	<b>19</b>	<b>138</b>
pts-op	9.5	3	17

## Variables qualitatives - Fréquence (%)

	pas d'ocelle	ocelles peu marquées	ocelles marquées
Oc PR	15	39	45
Oc PN	42	45	12
	pas de frange	frange blanche	frange blanche et noire
Fr D	6	0	94
Fr A	3	0	97
Fr Pel	18	0	82
	pas de frange	frange rouge	frange très rouge
Fr Ad	0	39	61
	absence	peu marquée	marquée
Tâ Op	6	76	18
	absence	présence	
Tâ Caud	91	9	
	absence	présence	
Tâ An	100	0	



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

## Photographies truite « moyenne » de la population



## Informations sur la station d'étude

Département	Corse
Bassin Versant	Vecchio/Tavignano
Cours d'eau	Puzzatelli
Nom de la station	Bergeries de Puzzatelli
Localité proche	Vizzavona
Coordonnées GPS	N 42°08'25.5'' E 009°07'16.6''
Altitude	1350 m
Date d'échantillonnage	21/07/11
Nb. truites capturées	31 individus



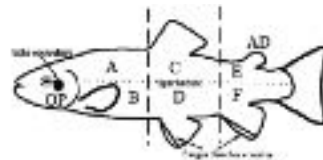
## Principales statistiques descriptives de la robe des poissons

## Variables quantitatives

	Moyenne	Minimum	Maximum
Longueur totale (mm)	163	112	237
diam. pts rouges (mm)	3.16	2.11	6.04
diam. pts noirs (mm)	2.98	1.85	5.28
pr-a	3.4	1	6
pn-a	7.9	3	14
pr-b	6.4	4	11
pn-b	7.5	0	18
pr-c	7.7	4	11
pn-c	14.9	4	30
pr-d	7.3	5	11
pn-d	7.2	0	19
pr-e	6.5	5	9
pn-e	5.6	0	14
pr-f	2.5	1	6
pn-f	1.3	0	4
<b>pr-fl</b>	<b>33.8</b>	<b>25</b>	<b>43</b>
<b>pn-fl</b>	<b>44.3</b>	<b>12</b>	<b>86</b>
pts-op	15.6	1	24

## Variables qualitatives - Fréquence (%)

	pas d'ocelle	ocelles peu marquées	ocelles marquées
Oc PR	0	97	3
Oc PN	13	55	32
	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	0	61	39
	absence	peu marquée	marquée
TâOp	0	3	97
	absence	présence	
Tâ Caud	0	100	
	absence	présence	
Tâ An	55	45	



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

## Photographies truite « moyenne » de la population



ANNEXE 2 – Poster

## ANALYSE DE LA VARIABILITE DE LA PONCTUATION ET DES CARACTERES ORNEMENTAUX DES TRUITES CORSES



**Truite du Carnevale** (Bassin versant du Prunelli)

Analyses génétiques : 100% type corse

Caractéristiques de la robe de ces truites :

- peu ponctuées de noir et bien ponctuées de **gros points rouges**,
- pas de frange ou simple liseré blanc à la dorsale,
- mais lisérés blanc et noir à l'anale et aux pelviennes,
- tâches/points sur l'anale et/ou la caudale assez fréquents.



**Truite du Puzatelli** (Bassin versant du Vecchiu/Tavignano)

Analyses génétiques : 100% type corse

Caractéristiques de la robe de ces truites :

- assez bien ponctuées de noir et assez peu ponctuées rouge,
- points noirs comme rouges assez gros,
- lisérés blanc et noir à la dorsale, l'anale et aux pelviennes **quasi constants**,
- tâches/points sur la caudale **constants**,
- tâches/points sur l'anale fréquents.



**Truite de Val d'Ese** (Bassin versant du Prunelli)

Analyses génétiques : 100% type corse

Caractéristiques de la robe de ces truites :

- assez peu ponctuées de noir et assez bien ponctuées de rouge (points rouges assez gros),
- lisérés blanc et noir à la dorsale, l'anale et aux pelviennes rares,
- pas de points ni tâches sur l'anale et la caudale.



**Truite de la Gravona** (Bassin versant de la Gravona)

Analyses génétiques : à 90% type atlantique

Caractéristiques de la robe de ces truites :

- assez bien ponctuées de noir et assez peu ponctuées de rouge en moyenne,
- lisérés blanc et noir à la dorsale, l'anale et aux pelviennes fréquents,
- tâches/points sur l'anale et/ou la caudale rares mais pouvant être présents,
- **forte variabilité de robe pour les truites de cette station.**