



MEP 19

ECOGEA

J.M. Lascaux, J.M. Mennessier, F. Firmignac, S. Versanne (juin 2010)

## ANALYSE DE LA VARIABILITÉ DE LA PONCTUATION ET DES CARACTÈRES ORNEMENTAUX DES TRUITES DES COURS D'EAU DU DÉPARTEMENT DE LA CORRÈZE



*Cours d'eau le Deiro et une truite de la Luzège*

Avec la participation financière de :



CORREZE



# 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.....	3
B. OBTENTION DES DONNEES.....	5
C. DESCRIPTION DES JEUX DE VARIABLES MORPHOLOGIQUES UTILISES .....	5
1. <i>Ponctuation</i> .....	5
2. <i>Variables d'ornementation qualitatives</i> .....	6
3. <i>Taille des points rouges et des points noirs</i> .....	6
D. TRAITEMENTS STATISTIQUES .....	6
1. <i>Analyses globales</i> .....	7
a) Données de ponctuation.....	7
b) Données ornementales qualitatives.....	8
c) Tailles des plus gros points rouges et des plus gros points noirs.....	8
2. <i>Mise en relief d'un effet</i> .....	8
<b>III. RESULTATS.....</b>	<b>10</b>
A. PONCTUATION.....	10
B. CARACTERES ORNEMENTAUX QUALITATIFS.....	11
C. TAILLE DES POINTS .....	12
<b>IV. DISCUSSION - CONCLUSION.....</b>	<b>13</b>
<b>V. BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>18</b>

## I. INTRODUCTION

Le présent rapport rend compte d'une étude initiée par la Fédération de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique de la Corrèze portant sur la variabilité de la ponctuation et des caractères ornementaux des truites des cours d'eau du département.

### A. Objectif de l'étude

L'objectif principal de cette étude est d'**identifier et de décrire** le plus finement possible les différentes formes de truite commune présentes dans les cours d'eau du département de la Corrèze afin de **mettre en valeur ce patrimoine biologique** et **pouvoir le préserver par des mesures adaptées de gestion du milieu aquatique**.

Les produits de cette étude sont ce rapport de synthèse ainsi que les fiches descriptives du morphotype par station fournies en annexe.

### B. Partenaires financiers

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

- la Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique la Corrèze,
- la Fédération Nationale de la Pêche en France,
- le Conseil Général de la Corrèze,
- le Conseil Régional du Limousin,
- l'Agence de l'Eau Adour-Garonne.

### C. Partenaires techniques

La maîtrise d'œuvre de cette étude a été assurée par la Fédération Départementale et les Associations Agréées de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique la Corrèze, la Maison de l'Eau et de la Pêche de la Corrèze et le bureau d'étude E.CO.G.E.A. pour ce qui est de la collecte des données sur le terrain, et par la Maison de l'Eau et de la Pêche de la Corrèze et 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.

Ces analyses morphologiques sont par ailleurs d'un coût modéré par rapport aux analyses génétiques. Elles permettent donc de multiplier fortement les points d'échantillonnage, d'affiner la structuration géographique des différentes formes de truite identifiées et donc de cerner un certain nombre de questions concernant les relations entre les différentes entités. Elles ne prétendent pas remplacer les analyses génétiques, qui ont d'autres intérêts, notamment phylogénétique et biogéographique, mais au contraire peuvent servir de trame à ces analyses en déterminant les zones géographiques clés sur lesquelles il faudra porter l'effort de recherche.

## A. Sites échantillonnés

Le présent rapport détaille l'analyse morphologique des truites échantillonnées en 2008 sur 33 stations réparties sur les cours d'eau corréziens.

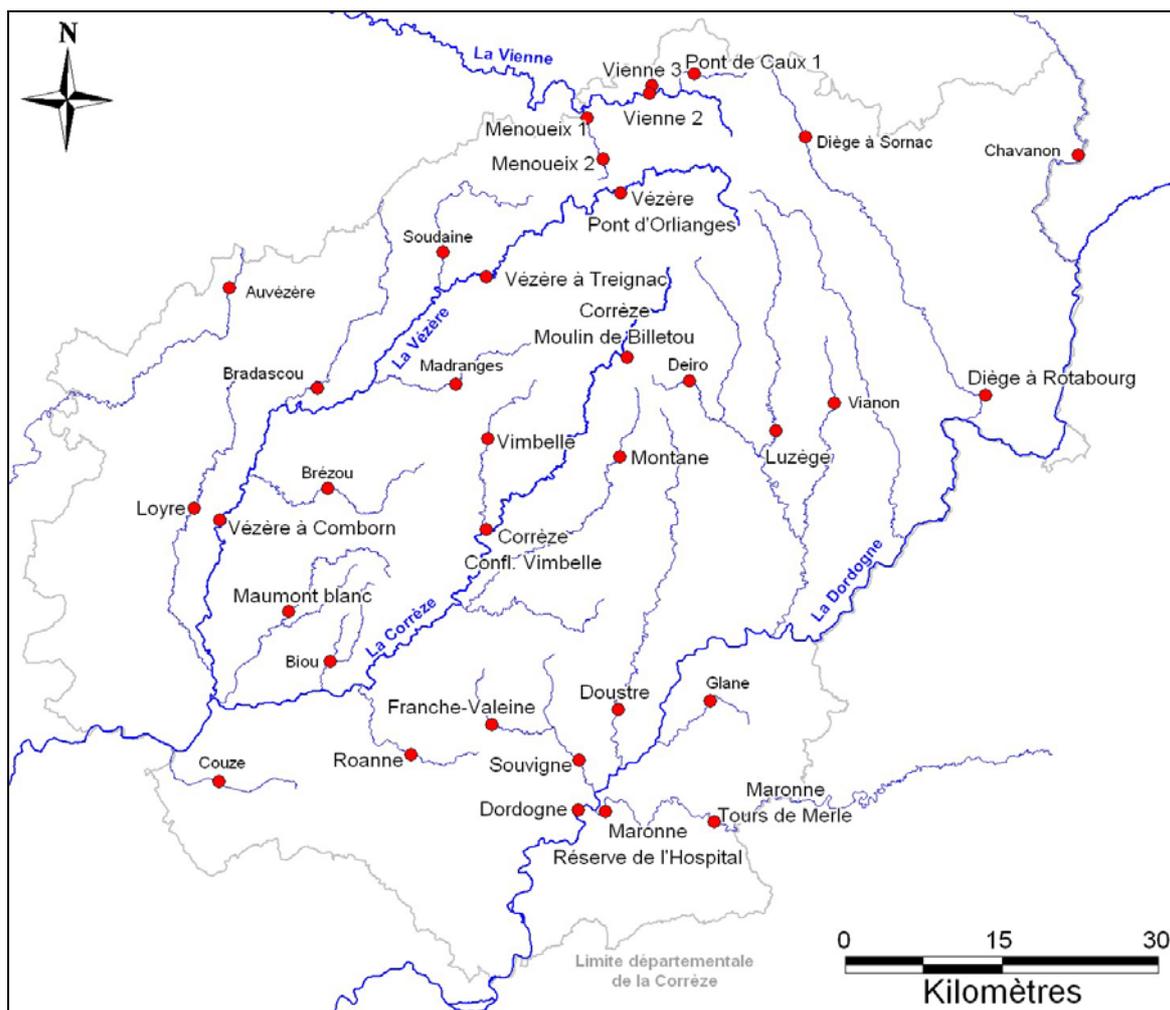
Le choix des stations d'étude a été fait en collaboration avec le service technique de la FDAAPPMA de la Corrèze. Les critères qui ont présidé au choix de ces stations sont les suivants :

i) un critère de répartition géographique sur les grands bassins versants (Dordogne, Vézère, Vienne, Auvézère) ; le nombre de stations par grand bassin est fonction de sa superficie.

ii) un critère de potentialités piscicoles des cours d'eau échantillonnés ; dans les différents sous-bassins géographiques, les cours d'eau choisis étaient réputés pouvoir abriter 30 truites adultes sur un linéaire relativement court afin de faciliter les échantillonnages.

iii) la possibilité de disposer, sur certains sous-bassins, de données intra-bassin permettant de mettre en évidence une éventuelle modification morphologique des poissons sous l'effet de l'isolement (cours principal de la Vézère, de la Diège, de la Maronne).

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.

<b>Cours d'eau</b>	<b>Station</b>	<b>Bassin-versant</b>	<b>Nb. Ind</b>
Corrèze	Moulin de Billetou	Corrèze	30
Corrèze	Confl Vimbelle	Corrèze	11
Maumont blanc	Moulin du Theil	Corrèze	17
Montane	Amont Vitrac	Corrèze	22
Roanne	Moulin à papier	Corrèze	30
Vimbelle et Douyges	Chapelle de Bort	Corrèze	30
Chavanon	Parcours graciation	Dordogne	30
Deiro	Amont cascade	Dordogne	27
Diège	Sornac (Les Entours)	Dordogne	30
Diège	Rotabourg	Dordogne	31
Dordogne	Argentat à Beaulieu	Dordogne	33
Doustre	No-Kill St Bazile	Dordogne	29
Franche-Valeine	Pont-Neuf	Dordogne	24
Glane	Amont Feyt	Dordogne	4
Luzège	Pont de la Violette	Dordogne	23
Maronne	Tours de Merle	Dordogne	30
Maronne	Réserve de l'Hospital	Dordogne	30
Souvine	Château de Soulage	Dordogne	29
Vianon	Champier	Dordogne	26
Auvézère	Amont Benayes	Isle	9
Bradascou	Amont la Peytourie	Vézère	18
Brézou	Forêt de Blanchefort	Vézère	16
Couze	Amont lac du Causse	Vézère	8
Loyre et Noux	Pont de la Peyrade	Vézère	23
Madranges	Moulin du Suc	Vézère	30
Vézère	Pont d'Orlianges	Vézère	30
Vézère	No-Kill Treignac	Vézère	30
Soudaine	La Vinadière	Vézère	30
Le Menoueix	Menoueix 1 (aval)	Vienne	5
Le Menoueix	Menoueix 2 (amont)	Vienne	5
Ru du Pont de Caux	Pont de Caux 1 (aval)	Vienne	27
Rigole du Diable	Vienne 3	Vienne	4
Vienne	Vienne 2	Vienne	3
		<b>Total</b>	<b>724</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 quel que soit le temps et quelle que soit l'attitude adoptée par les poissons anesthésiés (un peu de patience est cependant quelquefois nécessaire !).

On notera également que chaque truite analysée a fait l'objet du prélèvement d'un petit morceau de nageoire caudale, conservé pour les 30 poissons d'une station, dans un tube rempli d'alcool à 90°. Ces prélèvements pourront être fournis gracieusement aux généticiens si l'intérêt s'en fait sentir.

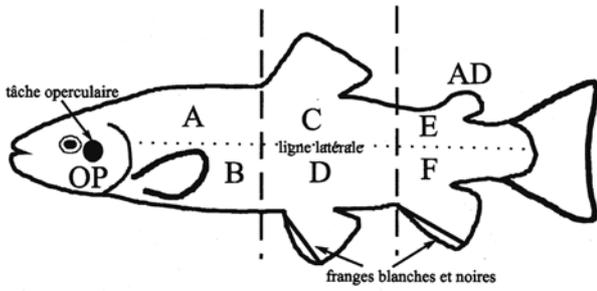
## **C. Description des jeux de variables morphologiques utilisés**

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.

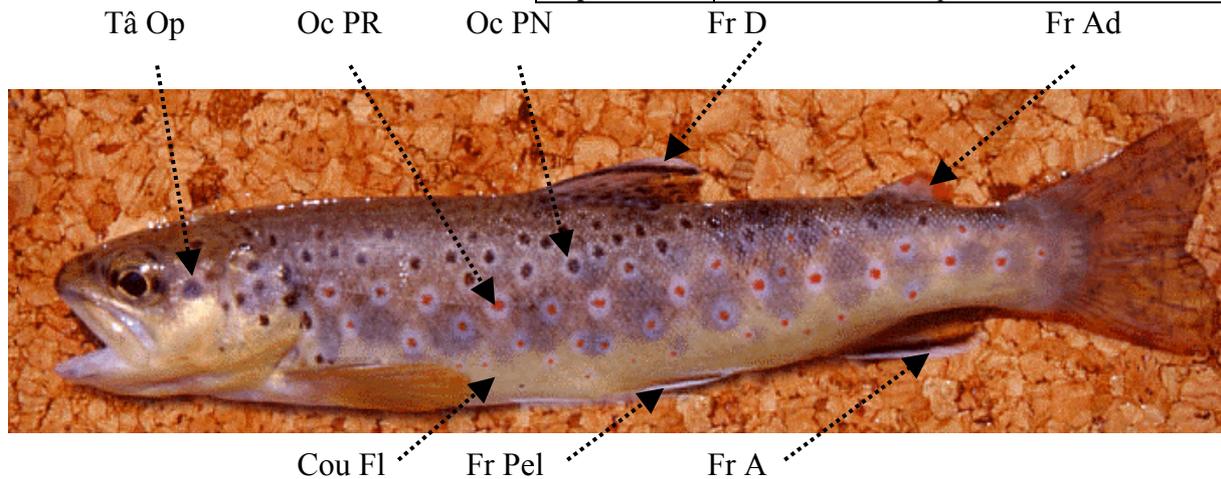
### **1. Ponctuation**

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

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 ou frange 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
PR Ad	Points Rouges sur l'adipeuse	7a : absence 7b : présence
PN Ad	Points Noirs sur l'adipeuse	8a : absence 8b : présence
MaJu	Marques Juvéniles	9a : absence 9b : présence
TâOp	Tâche operculaire	10a : absence 10b : présence
Zéb	Zébrures foncées sur les flancs	11a : absence 11b : présence

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.

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. C'est par exemple le cas, dans ce jeu de données, des variables « présence/absence de tâches sur la caudale » ou « forme de l'adipeuse ».

## **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 l'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 **724 poissons**, soit une matrice de **21 720 données**.

Dans cette masse de données, nous avons cherché à identifier les distinctions morphologiques qui pouvaient exister entre les truites des différentes stations.

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 relativement 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 (Hotelling, 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 posent un autre problème lorsque l'on veut comparer différents groupes de poissons. Elles sont corrélées positivement à la taille des individus : les truites les plus grandes sont les plus ponctuées (Blanc *et al.*, 1982, Lascaux, 1996). Or la taille moyenne des individus pour les différents groupes à comparer est rarement la même. Il faut donc éliminer cet effet de la taille des poissons si l'on ne veut pas biaiser la comparaison de la ponctuation entre différents groupes de

---

<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.

poissons. Pour cela, on introduira une contrainte supplémentaire dans l'analyse statistique, celle de la non corrélation des axes de l'ACP avec la longueur totale des poissons (ACPVI orthogonale, Yoccoz et Chessel, 1988).

### *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). Pour éviter ce biais, on introduit comme pour la ponctuation une contrainte supplémentaire de non corrélation des axes de l'ACM avec la longueur totale des individus étudiés.

### *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 corrélée à la taille des poissons, nous devons donc comme pour les autres jeux de données, éliminer son influence pour pouvoir comparer des poissons de taille différente. Nous effectuons les régressions taille des points – taille des poissons. C'est 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

---

<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.

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

L'essentiel de l'information contenue dans cette analyse (61 %) est résumé par les axe 1 (F1) et 2 (F2) (fig. 3A).

L'axe F1 est formé par les variables de ponctuation rouge (fig. 3B) qui s'opposent aux variables de ponctuation noire sous la ligne latérale des truites (PN-D, PN-F et PN-B).

Cet axe oppose les truites plus fortement ponctuées de rouge, à gauche sur la figure (dont, par exemple, des truites de la Franche-Valeine ou du ruisseau du Pont de Caux), aux truites plus fortement ponctuées de noir sous la ligne latérale (dont un nombre important de truites de la Vézère).

L'axe F2 est essentiellement un gradient de nombre de points et notamment de points rouges et de points noirs au dessus de la ligne latérale (fig. 3B).

Il oppose les truites faiblement ponctuées de noir comme de rouge vers le haut de la figure (truites de la Soudaine ou de l'Auvézère), aux truites plus fortement ponctuées vers le bas de la figure (truites des cours d'eau du bassin-versant de la Vienne) (fig. 3C et 3D).

L'effet bassins-versants et l'effet stations sont très significatifs dans ce jeu de données (test par permutations  $p < 0.001$ ).

Concernant les bassins-versants, on a un gradient de ponctuation général mais avec cependant une forte composante « points rouges » qui va des truites de l'Isle<sup>3</sup>, les moins ponctuées (notamment de rouge) aux truites du bassin Vienne, les plus ponctuées de rouge, en passant par le bassin de la Vézère, puis de la Dordogne, puis de la Corrèze (ponctuation rouge croissante) (fig. 3C).

A l'échelle des stations, on retrouve bien sur cette « grande logique », suivant que le cours d'eau (ou la station) appartienne à tel ou tel bassin-versant (distribution globale des couleurs des stations, avec les stations Vézère en jaune plutôt en haut et à droite de la figure, les stations Vienne en vert plutôt vers le bas et la gauche de la figure, les stations Dordogne en bleu et Corrèze en rose en positions intermédiaires), mais en visualisant également la complexité de l'analyse, les ressemblances entre toutes ces truites et le passage très progressif d'une morphologie à l'autre (fig. 3D).

A cette échelle stationnelle, on notera les truites très typées de la Soudaine, les moins ponctuées de rouge et les plus homogènes en robe entre elles, et à l'autre extrémité du gradient, celles du ruisseau

---

<sup>3</sup> Attention : 1 seule station pour ce bassin (Auvézère) et seulement quelques poissons !

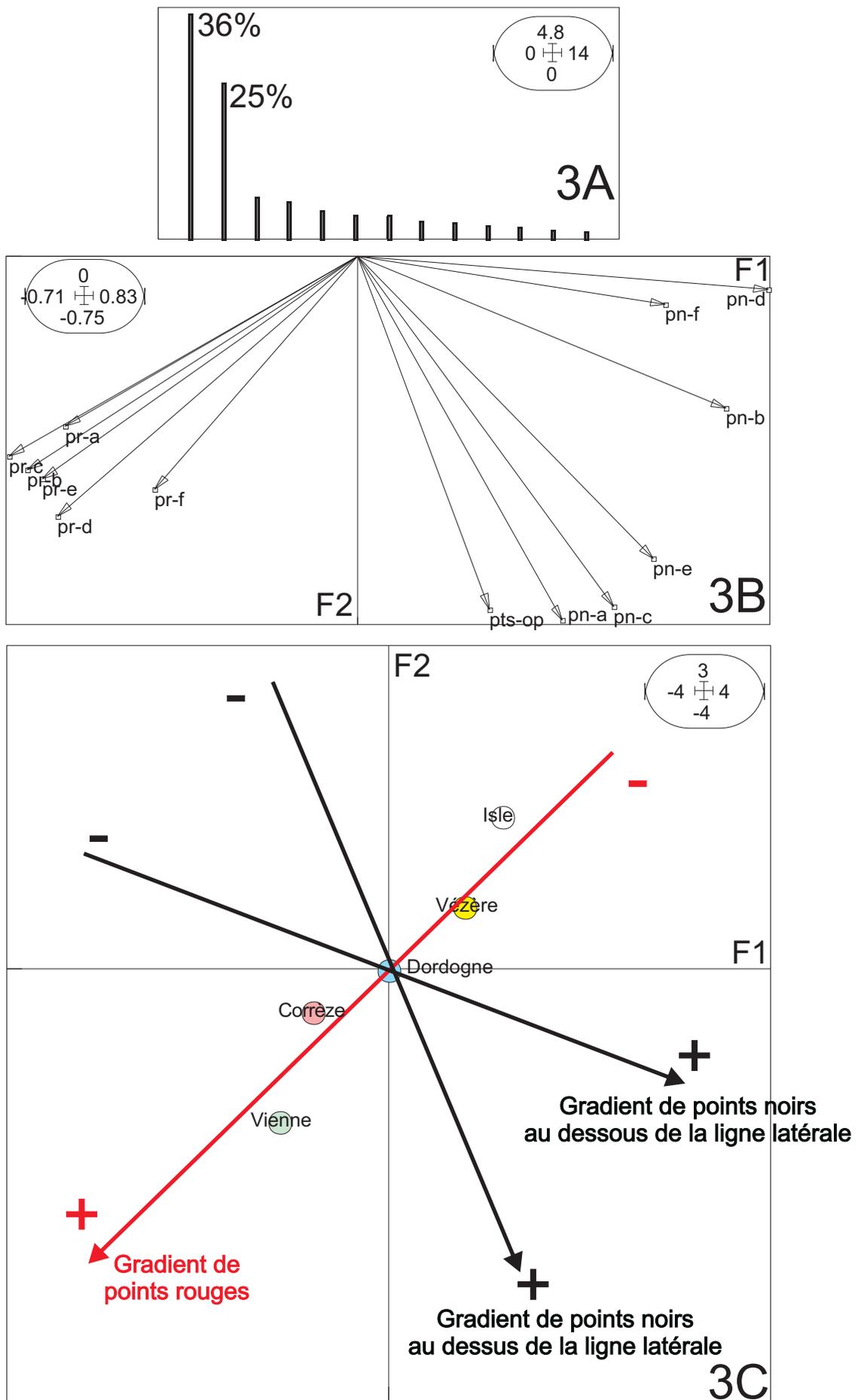


Fig. 3 : Analyse en composantes principales sur les critères de ponctuation (effet taille éliminé)

A : graphe des valeurs propres,

B : représentation des variables dans le plan F1F2,

C : représentation des individus dans le plan F1F2,

Les 5 bassins-versants sont représentés sur une même figure par la moyenne des coordonnées des truites appartenant au bassin-versant sur les axes F1F2 de cette analyse.

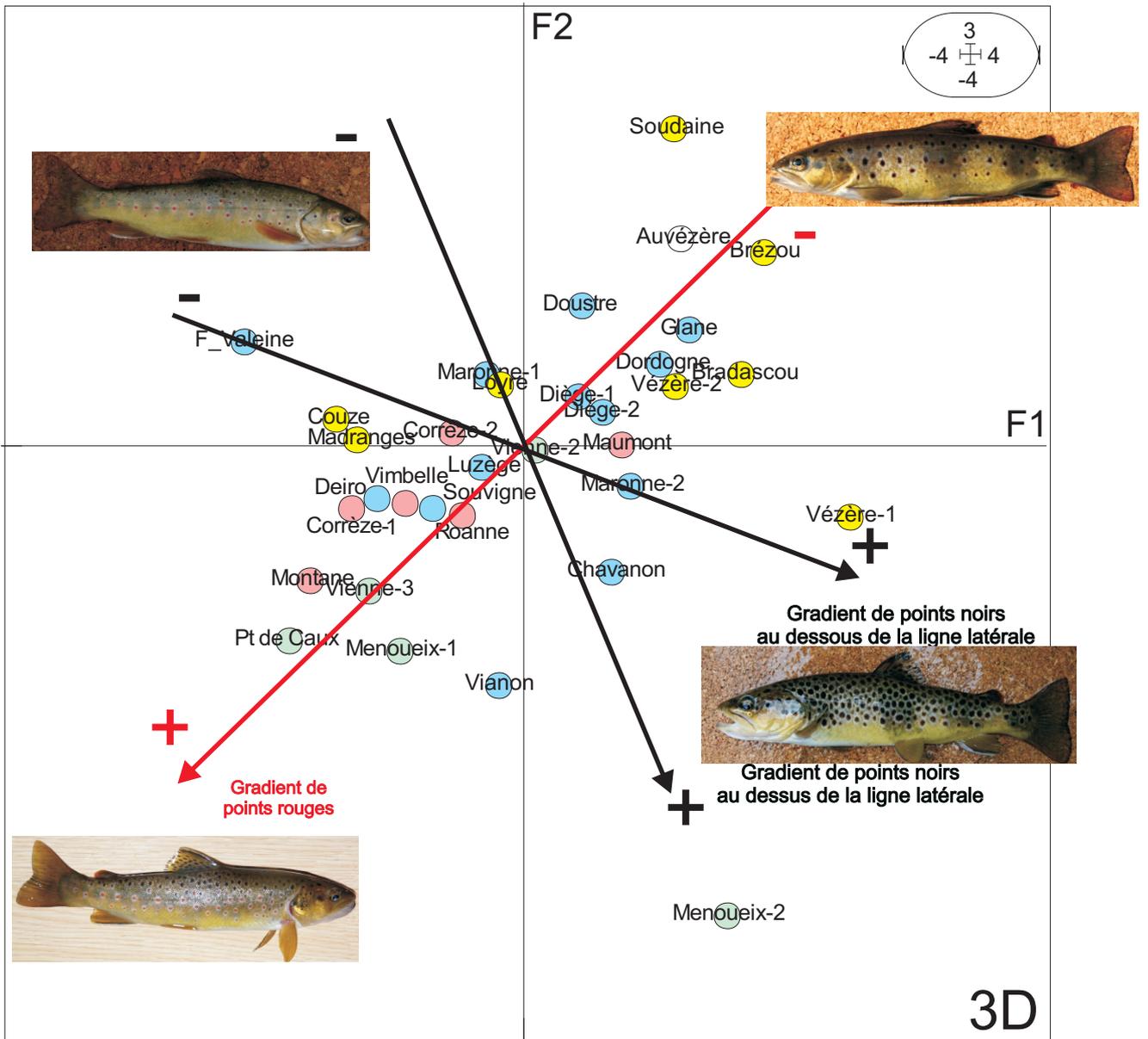


Fig. 3 : Analyse en composantes principales sur les critères de ponctuation (effet taille éliminé)

D : représentation des individus dans le plan F1F2,

Les 33 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  
 Les couleurs correspondent aux différents bassins-versants (blanc : Isle, jaune : Vézère, bleu : Dordogne, rose : Corrèze et vert : Vienne).

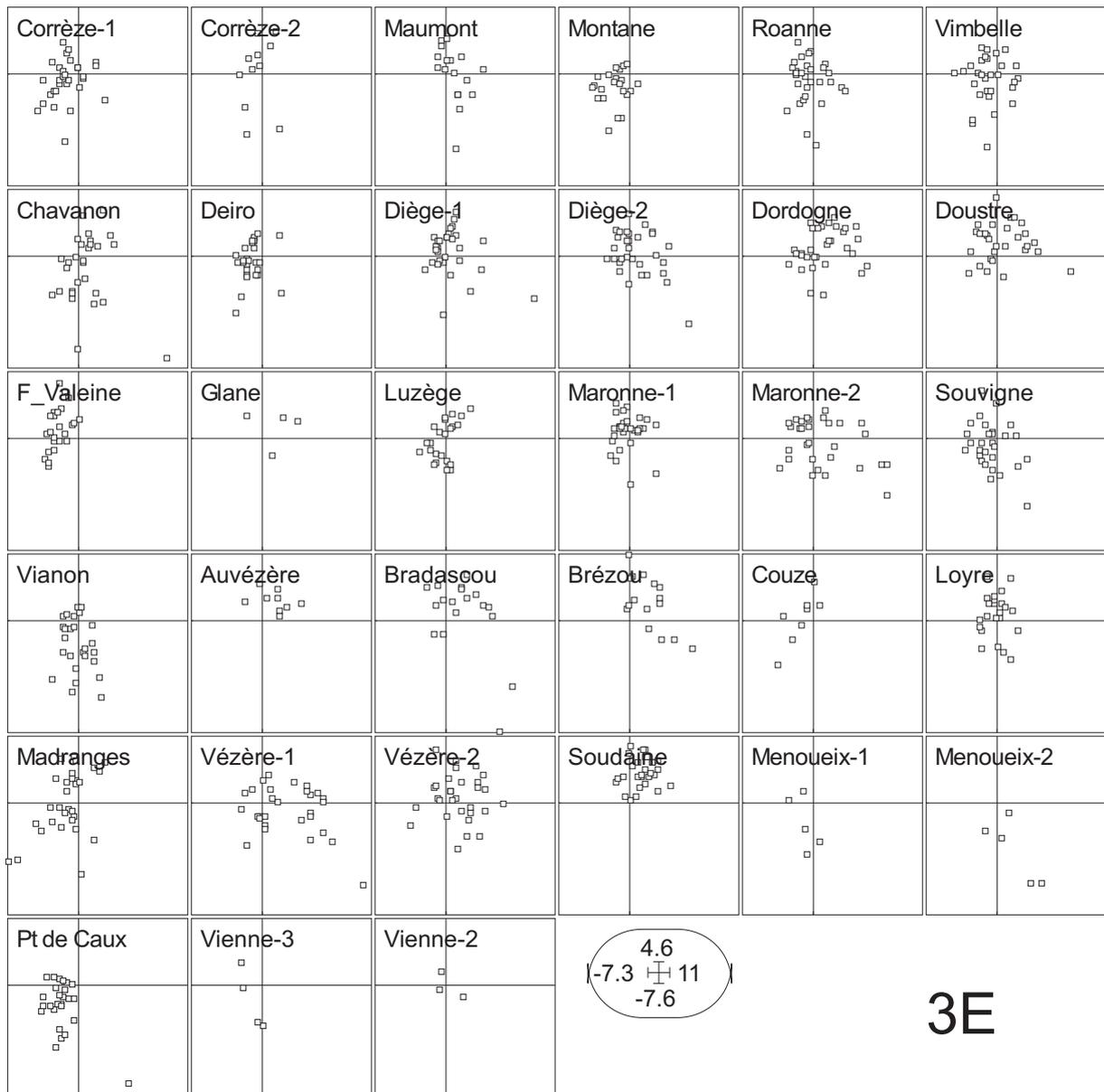


Fig. 3 : Analyse en composantes principales sur les critères de ponctuation (effet taille éliminé)

E : représentation des individus dans le plan F1F2,

Les 33 stations sont représentées à tour de rôle dans le plan F1F2 de l'analyse, chaque carré représente une truite de la station.

du Pont de Caux, également très homogènes entre elles (à une exception près) et bien ponctuées, notamment de points rouges.

Les autres stations assez remarquablement homogènes du point de vue de la robe des truites sont : Montane, Deiro, Franche-Valeine, Luzège et Maronne 1 (fig. 3E).

## **B. Caractères ornementaux qualitatifs**

D'un point de vue caractères ornementaux qualitatifs, un seul axe de l'analyse est important (F1) et résume l'essentiel de l'information contenu dans le jeu de données (fig. 4A). Cet axe est formé par les variables présence/absence d'un beau liseré (frange) blanc et noir bordant les nageoires dorsale, anale et pelviennes (fig. 4B). Cet axe oppose, sur la gauche de la figure, les truites qui ne possèdent pas cette frange ou chez qui ce liseré est simplement blanc, et sur la droite de la figure les truites qui montrent nettement cette frange blanche et noire.

L'effet bassins-versants et l'effet stations sont à nouveau très significatifs sur ce jeu de données (test par permutations  $p < 0.001$ ).

L'effet bassins-versants est lié aux truites de l'Isle, qui pour les quelques individus analysés ne présentent jamais de liseré blanc et noir bien marqué aux nageoires, mais aussi aux truites du bassin versant Corrèze, qui pour un certain nombre d'entre-elles, ne possèdent pas non plus cette frange (ou alors une simple frange blanche) aux nageoires. Sur les autres bassins, les truites montrent à une écrasante majorité ce caractère ornemental qui souligne leurs nageoires (fig. 4C).

A l'échelle des stations, on notera que mis à part les truites de l'Auvézère, les truites du Maumont analysées sont également toutes dépourvues de ces franges blanches et noires aux nageoires, ainsi que quelques poissons de la Roanne, de la Montane et de la Corrèze (fig. 4D).

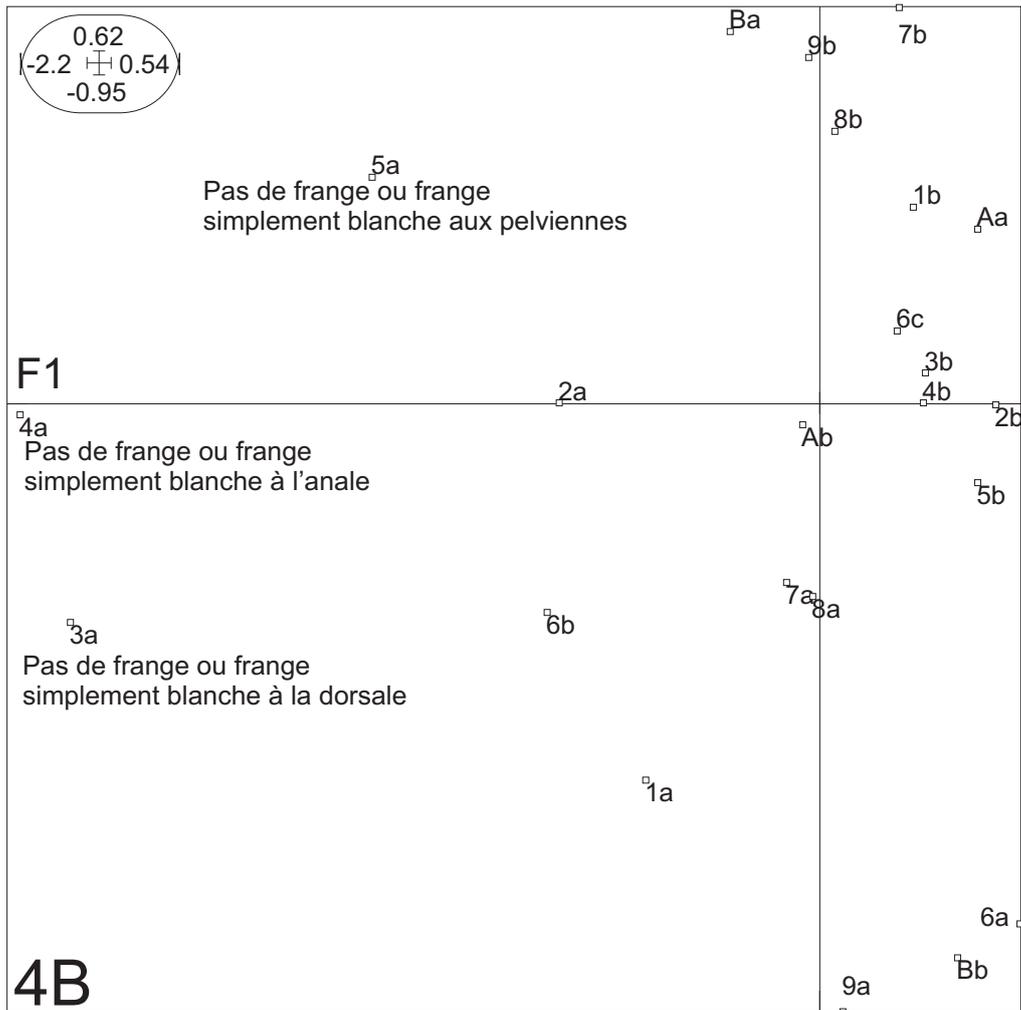
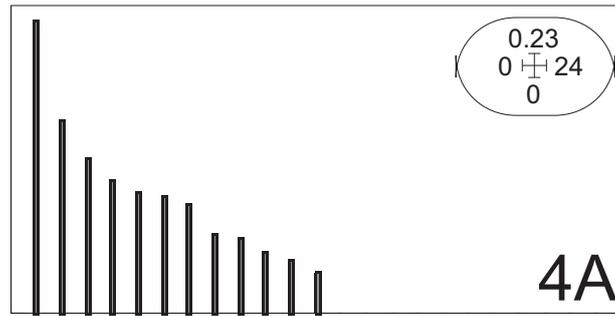


Fig. 4 : Analyse des correspondances multiples sur les critères ornementaux qualitatifs (effet taille éliminé)

A : graphe des valeurs propres,

B : représentation des variables dans le plan F1F2.

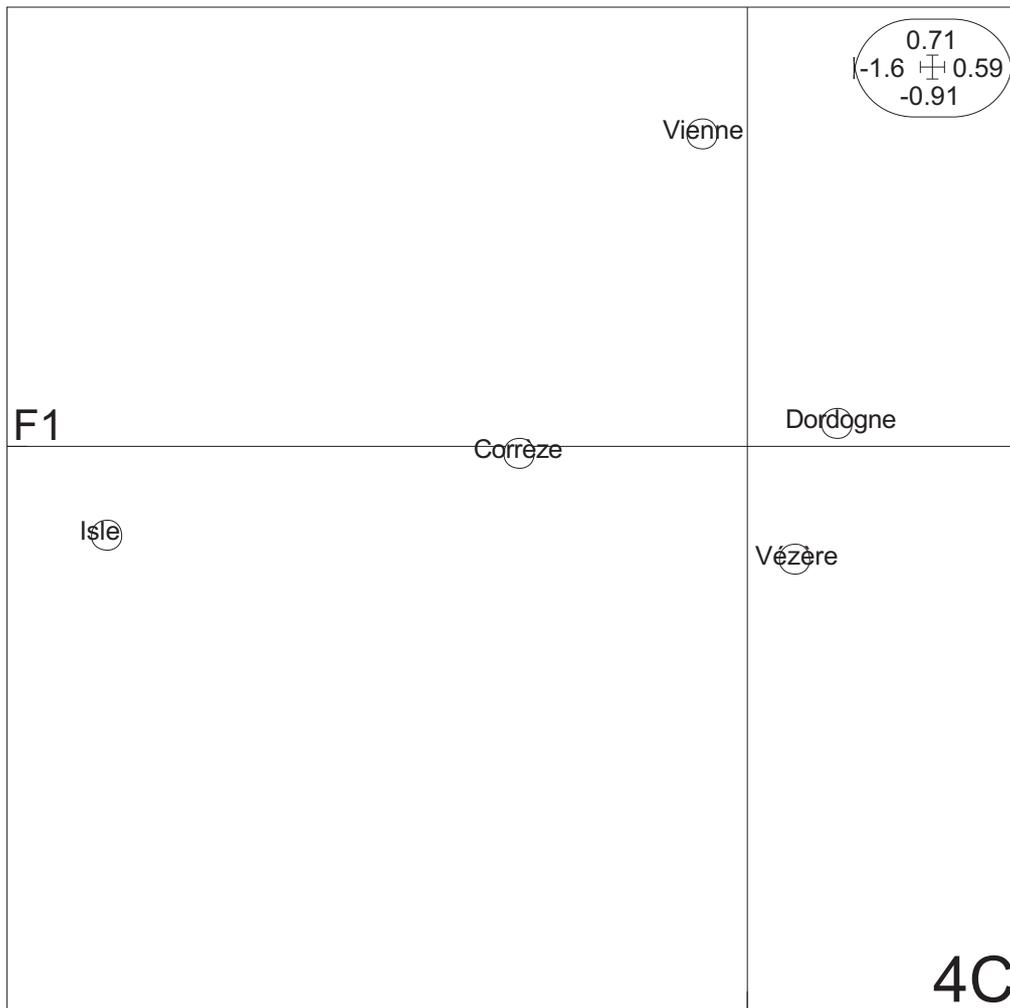


Fig. 4 : Analyse des correspondances multiples sur les critères  
 ornementaux qualitatifs (effet taille éliminé)  
 C : représentation des individus dans le plan F1F2,  
 Les 5 bassins-versants sont représentés sur une même figure par la moyenne des coordonnées  
 des truites appartenant au bassin-versant sur les axes F1F2 de cette analyse.

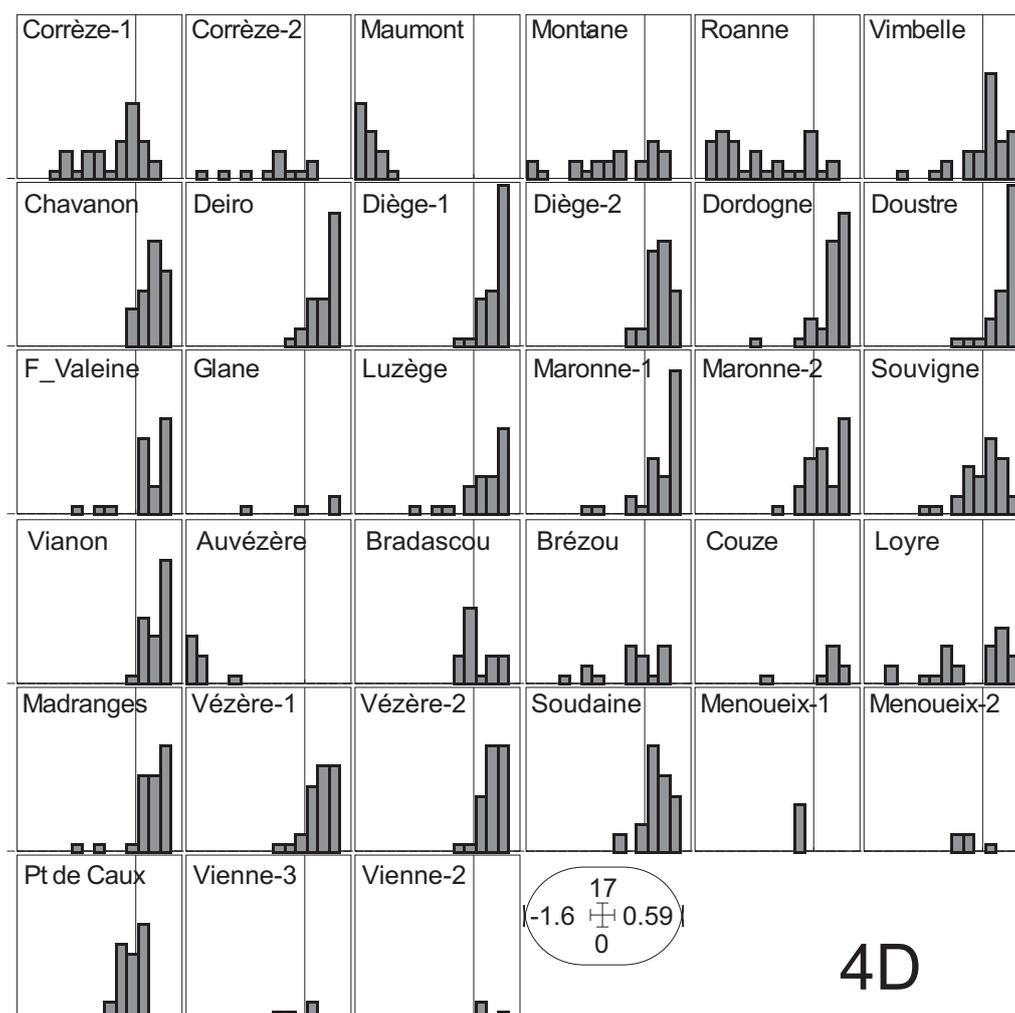
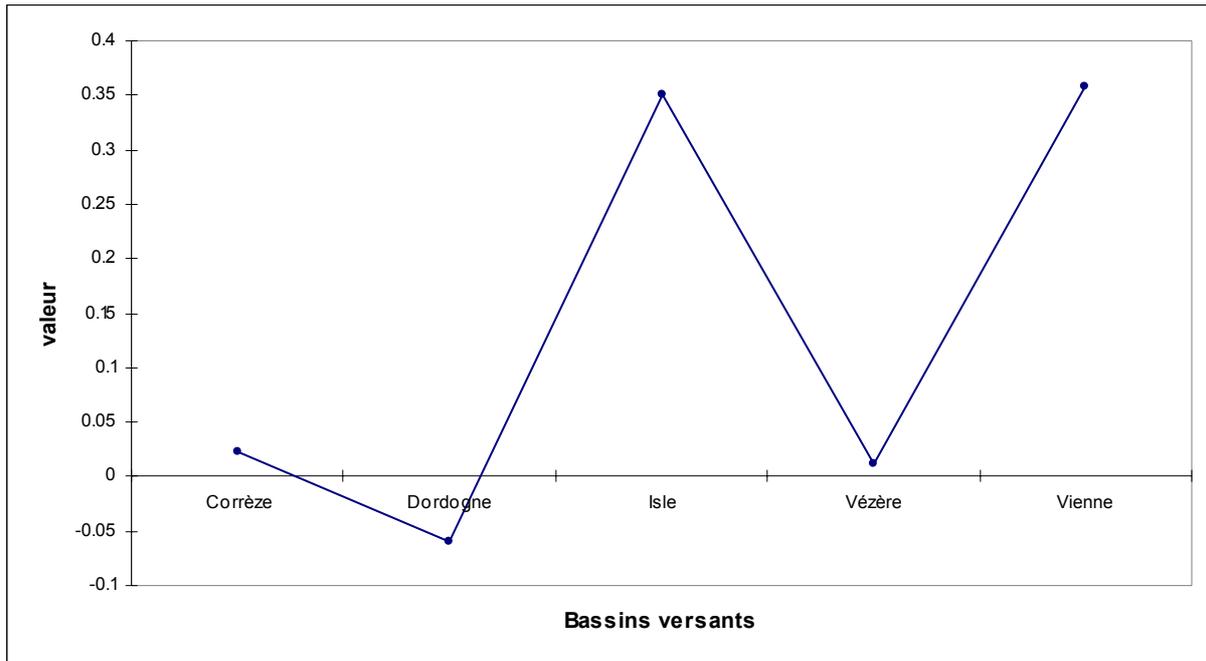


Fig. 4 : Analyse des correspondances multiples sur les critères ornementaux qualitatifs (effet taille éliminé)  
 D : représentation en histogrammes des coordonnées des individus sur l'axe F1,  
 Les histogrammes sont établis en nombre brut de truites.

### C. Taille des points

Concernant la dimension des points rouges, l'effet « bassins-versants » est une nouvelle fois très significatif (ANOVA,  $p < 0.001$ ). Les truites du bassin de la Vienne et de l'Isle ont les plus gros points rouges relativement à leur taille et diffèrent significativement d'un deuxième groupe formé des truites des bassins Vézère, Corrèze et Dordogne.



*Fig. 5 : Moyennes des résidus de la régression taille des points rouges – taille de la truite, classées par bassin-versant.*

Concernant la dimension des points noirs, l'effet « bassins-versants » est toujours très significatif (ANOVA,  $p < 0.001$ ). Les truites du bassin de l'Isle ont les plus gros points noirs relativement à leur taille, devant celles des bassins Vienne et Vézère qui diffèrent encore significativement des truites des bassins Corrèze et Dordogne, qui au final montrent les moins gros points noirs du jeu de données, relativement à la taille des poissons.

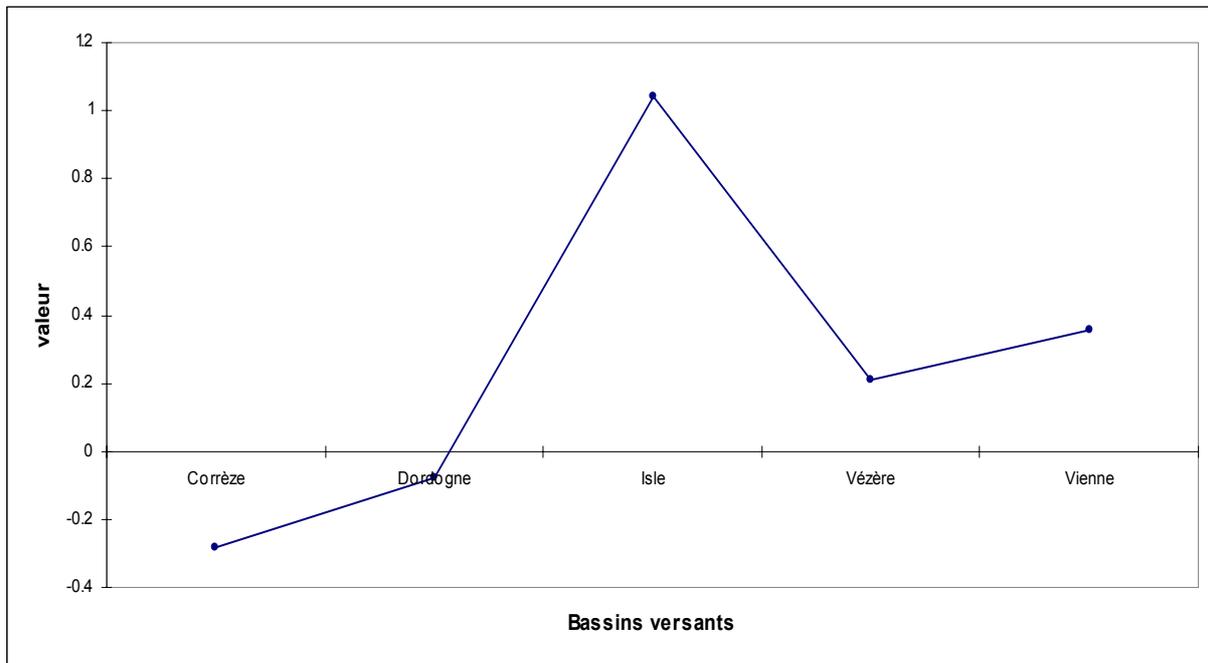


Fig. 6 : Moyennes des résidus de la régression taille des points noirs – taille de la truite, classées par bassin-versant.

#### IV. DISCUSSION - CONCLUSION

L'organisation de la variabilité de la morphologie des truites des cours d'eau du département de la Corrèze permet de distinguer très nettement deux types de truites : un que l'on baptisera « Vézère » et l'autre que l'on baptisera « Vienne ».

On remarquera que les sources de ces deux grands cours d'eau sont géographiquement très proches sur le plateau de Millevaches, mais que l'un coule vers la Dordogne et l'autre vers la Loire, ce qui a son importance en terme de biogéographie.

Ainsi Berrebi et Cherbonnel (2009), dans le tome 1 des résultats du programme GENESALM, montrent clairement, sur la base d'analyses de marqueurs microsatellites, que la lignée des truites atlantiques, comme la lignée des truites méditerranéennes, est fortement structurée génétiquement et qu'elle présente plusieurs « groupes » de poissons autochtones. Ces auteurs distinguent notamment<sup>4</sup> une entité génétique « Loire » (Vienne), une entité « Garonne/Dordogne » (Vézère) et même un isolat « Dronne » (truites sauvages de la Dronne, géniteurs captifs et individus de première génération nés en captivité conservés par la Fédération Départementale de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique de la Dordogne, dont nous avons pu faire dans un autre cadre la description

<sup>4</sup> pour l'instant et dans l'attente de résultats complémentaires.

morphologique [Lascaux *et al.*, 2002a] et auquel pourrait se rattacher les truites « Auvézère » de cette étude).

Il semble bien, cette fois encore, que la structuration génétique des populations de truite se retrouve au travers de la variabilité morphologique.

Les truites « type Vézère » sont peu ponctuées dans l'ensemble et particulièrement peu ponctuées de rouge. Les points noirs sont gros relativement à la taille des poissons et les liserés aux nageoires ainsi que la tâche operculaire sont la plupart du temps présents.



*Fig. 7 : type Vézère*

Les truites « type Vienne » sont particulièrement bien ponctuées de rouge. Les points noirs comme les points rouges sont de grande taille relativement à la taille des poissons. Les liserés aux nageoires ainsi que la tâche operculaire sont la plupart du temps présents.





*Fig. 8 : type Vienne*

Les poissons « moyens » que l'on trouve dans les cours d'eau du bassin versant de la Dordogne ou de la Corrèze sont intermédiaires entre ces deux types. Ils présentent un nombre moyen de points rouges comme de points noirs et des points plus petits (relativement à la taille des poissons toujours) que chez les truites type « Vienne » (pour les points rouges) ou type « Vézère » (pour les points noirs). Les franges blanches et noires aux nageoires et la tâche operculaire sont la plupart du temps également présentes chez ces truites.



*Fig. 9 : poisson « moyen » de la Luzège (à proximité d'Egleton)*



*Fig. 10 : poisson « moyen » de la Corrèze (à proximité de Saint-Yrieix le Déjalat)*

Cependant, la variabilité morphologique est encore nette entre truites du bassin versant de la Corrèze, du bassin versant de la Dordogne et du bassin versant de la Vézère (notamment organisation des données le long d'un gradient de points rouges).

Berrebi et Cherbonnel (2009) ont montré que l'entité truite atlantique « Garonne/Dordogne » était elle-même génétiquement structurée en sous-ensembles « Lot », « Dordogne » (station analysée de la Maronne Cantalienne), « Tarn amont », « Tarn aval » ...

Comme à chaque fois que l'on effectue ce type d'analyse (description statistique de la morphologie des poissons ou analyses génétiques) sur des populations de truite d'une région donnée (voir par exemple Skaala, 1992 ; Berrebi, 1997 ; Lascaux *et al.*, 2002b ; Merchernek et Manicki, 2008), on s'aperçoit qu'il n'y a pas **UNE** truite « commune » mais bien **DES** populations de truite différenciées morphologiquement, génétiquement la plupart du temps, et probablement biologiquement (voir le cas du lac Melvin en Irlande, Fergusson et Taggart, 1991).

La truite commune ne figure pas, au niveau européen, sur la liste rouge des espèces menacées, ni même dans les annexes des différentes directives (convention de Berne, Directive habitat faune flore). Il est à déplorer qu'elle soit considérée comme une espèce « halieutique » dont on maîtrise artificiellement la reproduction et les techniques de repeuplement et donc une espèce « hors de dangers ». Il s'agit pourtant d'une des espèces de notre faune piscicole les plus sensibles à la dégradation de la qualité de l'eau et de la qualité de l'habitat physique des cours d'eau donc **un indicateur de premier ordre de la qualité et de la fonctionnalité des milieux**.

Les législations actuelles de la conservation basées généralement sur le niveau taxonomique de l'espèce ne conviennent pas pour assurer correctement la préservation **du « complexe truite »** (Laikre, 1999). En effet cette espèce est très fortement structurée **en populations locales originales**, y compris sur un même bassin versant ou dans un même lac. Il y a, par exemple, 5 fois plus de diversité génétique entre les populations de truites d'Irlande qu'entre les populations humaines à travers le monde (Ferguson 2004). Cette diversité génétique s'accompagne fréquemment de variabilité écologique et biologique. Or, à l'échelle des populations locales, les menaces et les atteintes sont très importantes sur la truite : destruction et réduction de l'habitat physique (travaux hydrauliques, effets toujours contemporains des extractions anciennes de granulats, barrages, débits réservés, éclusées, prélèvements d'eau, destruction des berges par le bétail, recalibrage, multiplication des étangs ...), pollutions organiques et chimiques, réchauffement des eaux, exploitation des stocks pas toujours maîtrisée (Laikre, 1999 ; Cowx, 1994). **Aujourd'hui, nous avons probablement déjà perdu des formes originales de truites sans même en avoir eu connaissance !**

La variabilité des robes de truites dans les cours d'eau du département de la Corrèze suit assez nettement une logique géographique et nous avons donc **très majoritairement** à faire à des poissons sauvages, c'est à dire **présents dans ces cours d'eau au moins depuis la dernière glaciation**, et ce malgré les vicissitudes imposées par les hommes aux cours d'eau et à leurs habitants ... ils méritent donc toute notre attention.

Sur les 724 truites analysées, fort peu montraient des signes trahissant une origine domestique récente (marques, écaillures, rayons des nageoires montrant une cassure ... pour quelques poissons du Maumont Blanc, du Bradascou, du Brézou, de la Loyre seulement). Au contraire, on retiendra plutôt que même dans **des milieux qui ont du mal à fonctionner correctement** (au vu de l'effort de pêche qu'il a fallu déployer pour capturer seulement quelques truites pour l'analyse phénotypique), **il existe probablement encore un patrimoine biologique précieux de truite sauvage** (par exemple sur l'Auvézère, la Glane, voire la Couze) **qu'il convient de préserver, voire mieux, de restaurer.**

Ce type d'étude est donc un bon moyen **de connaissance** de la structuration infra-spécifique de la truite. Cette structuration, cette diversité des populations de truite, clairement repérée et identifiée, constitue un **patrimoine biologique inestimable qu'il faut conserver et préserver, le meilleur moyen pour se faire étant de préserver la fonctionnalité des milieux encore en bon état et de reconquérir, de rétablir, la fonctionnalité des autres.**

## 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.
- Berrebi P. et Cherbonnel C.** (2009). Cartographie génétique des populations sauvages de truites françaises. Programme GENESALM. Tome 1.
- 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.
- 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.
- 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.

ANNEXE – Fiches descriptives « morphotype »