



L'Yse



Truite du Campbiel

**ETUDE DES POPULATIONS DE TRUITE COMMUNE DES
COURS D'EAU DE HAUTE MONTAGNE DU
DEPARTEMENT DES HAUTES-PYRENEES.
Analyse de leur variabilité morphologique.**



Jun 2002

Auteurs :
J. M. LASCAUX
T. LAGARRIGUE
M. DELACOSTE
N. ABAD
F. FIRMIGNAC

COMPTE RENDU D'ETUDE SOMMAIRE

Auteurs et Titre : (pour fin de citation)

Lascaux, J.M., Lagarrigue, T., Firmignac, F., Abad, N. et Delacoste, M. (2002). Etude des populations de truite commune des cours d'eau de haute montagne du département des Hautes-Pyrénées - Analyse de leur variabilité morphologique. Rapport E.CO.G.E.A., 43 pages.

Résumé :

Le présent rapport constitue une partie de l'« **étude des populations de truites des cours d'eau de haute montagne du département des Hautes-Pyrénées** ». Il s'agit plus particulièrement ici d'analyser la variabilité morphologique des truites dans ces cours d'eau.

Au terme de cette analyse de la variabilité de la ponctuation et des caractères ornementaux des truites peuplant les cours d'eau de montagne du département des Hautes-Pyrénées, nous avons pu identifier trois morphotypes de truites qui correspondent à de vastes ensembles géographiques : les morphotypes « Adour », « Neste » et « Gave moyen ».

Trois autres types de truites ont pu être identifiés et décrits, mais à l'échelle géographique du cours d'eau cette fois. Il s'agit des morphotypes « Gaube », « la Glère » (ceci en parfait accord avec les premières analyses génétiques effectuées sur ces truites) et « Lutour ».

L'importance de l'impact des déversements de truites domestiques sur les populations de truites sauvages a également pu être qualifié.

Mots clés : Morphologie, Truite, Génétique, Repeuplement, Cours d'eau de haute montagne.

Version : Définitive

Date : Juin 2002

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION.....	1
A. PROBLEMATIQUE.....	1
B. OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	3
C. PARTENAIRES FINANCIERS.....	3
D. PARTENAIRES TECHNIQUES	3
II. MATERIELS ET METHODES.....	4
A. SITES ECHANTILLONNES	4
B. OBTENTION DES DONNEES	6
C. DESCRIPTION DES JEUX DE VARIABLES MORPHOLOGIQUES UTILISES	7
1. <i>Ponctuation</i>	7
2. <i>Variables d'ornementation qualitatives</i>	8
3. <i>Taille des points rouges et des points noirs</i>	8
D. TRAITEMENTS STATISTIQUES.....	8
1. <i>Analyses globales</i>	9
2. <i>Mise en relief d'un effet</i>	11
III. RESULTATS	12
A. PONCTUATION	12
1. <i>Echelle des bassins versants</i>	12
2. <i>Echelle des sous-bassins versants</i>	13
3. <i>Echelle des rivières</i>	14
4. <i>Echelle des stations</i>	15
5. <i>Truites de repeuplement et truites « sauvages »</i>	18
B. CARACTERES ORNEMENTAUX QUALITATIFS	19
1. <i>Echelle des bassins versants</i>	19
2. <i>Echelle des sous-bassins versants</i>	20
3. <i>Echelle des rivières</i>	21
4. <i>Echelle des stations</i>	21
5. <i>Truites de repeuplement et truites « sauvages »</i>	22

C.	TAILLE DES POINTS.....	23
1.	<i>Echelle des bassins versants</i>	23
2.	<i>Echelle des sous-bassins versants</i>	23
3.	<i>Echelle des rivières</i>	24
4.	<i>Echelle des stations</i>	25
5.	<i>Truites de repeuplement et truites « sauvages »</i>	26
IV.	SYNTHESE-DISCUSSION.....	27
A.	LOGIQUE NATURELLE.....	27
1.	<i>Morphotype « Adour »</i>	28
2.	<i>Morphotype « Neste »</i>	28
3.	<i>Morphotype « Gave moyen »</i>	29
4.	<i>Morphotype « La Glère »</i>	29
5.	<i>Morphotype « Lutour »</i>	29
6.	<i>Morphotype « Gaube »</i>	29
7.	<i>Un ancêtre ponctué en altitude ?</i>	30
B.	LOGIQUE « INTERVENTION HUMAINE »	32
1.	<i>Morphologie des poissons domestiques</i>	32
2.	<i>Variabilité morphologique : la différence truite sauvage – truite domestique</i>	32
3.	<i>Diagnostic station par station de l'influence des truites d'alevinage</i>	35
V.	CONCLUSIONS.....	40
VI.	BIBLIOGRAPHIE.....	42

I. INTRODUCTION

Ce rapport constitue une partie de l' « étude des populations de truites communes des cours d'eau de haute montagne du département des Hautes-Pyrénées » (Delacoste *et al.*, 2002), qui avait pour but de dresser un état des lieux des principales variables biologiques permettant de caractériser ces populations de truites, d'essayer de définir les limites altitudinales de fonctionnement de ces populations et de tenter, par une analyse statistique de la morphologie des poissons (Lascaux, 1996), de mettre en évidence les différentes formes de truites vivant dans ces cours d'eau. C'est ce dernier point qui fait l'objet du présent rapport.

A. Problématique

Les premières analyses génétiques des truites du bassin-versant Gave-Adour (Berrebi, 1997 ; Aurelle, 1999) ont montré que les Pyrénées étaient une zone de contact naturelle entre plusieurs entités génétiques de truites. D'une part, nous avons des truites ancestrales dont la présence dans ces cours d'eau remonte à avant les dernières glaciations, avec deux sous groupes à l'intérieur de cette entité, le groupe méditerranéen et le groupe atlantique. D'autre part, nous avons des truites modernes, qui se sont différenciées au cours de la dernière glaciation et qui ont profité de la fonte des glaces (il y a tout de même 10 000 ans !) pour coloniser les cours d'eau de la face atlantique de la France.

La truite commune est par ailleurs l'objet d'une pêche de loisir socialement très importante dans notre Pays et particulièrement dans les Pyrénées réputées pour la qualité de l'environnement, des cours d'eau et de leurs populations de truites. La pression de pêche est donc importante sur ces cours d'eau et pour compenser l'éventuel impact de cette activité sur les populations de truites, les associations agréées de pêche et de protection du milieu aquatique (AAPPMA) effectuent régulièrement des repeuplements. Ces repeuplements sont principalement réalisés avec des truites appartenant d'un point de vue génétique au groupe moderne, que l'on arrive désormais avec de nouvelles techniques d'analyses génétiques basées sur l'ADN à distinguer des truites modernes naturellement présentes dans les cours d'eau (Aurelle, 1999).

Nous sommes donc en présence, dans les cours d'eau du département des Hautes-Pyrénées faisant l'objet de cette étude, **de plusieurs entités de truites en contact naturel ou artificiel : des poissons ancestraux méditerranéens (sauvages), des poissons ancestraux atlantiques (sauvages), des poissons modernes sauvages et des poissons modernes domestiques.**

Les premières analyses morphologiques menées sur les populations de truites pyrénéennes ont permis de mettre en évidence **une remarquable adéquation avec les descriptions génétiques** de ces mêmes populations (Lascaux, 1996 ; Berrebi, 1997).

En effet notre 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 par leur « profil à l'électrophorèse » mais aussi de décrire d'autres entités morphologiques dans des régions où jusqu'à aujourd'hui les analyses génétiques étaient aveugles (Lascaux *et al.* 2000, 2002).

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 truites identifiées et donc de cerner un certain nombre de questions concernant les relations entre les différentes entités comme nous le verrons dans la suite de ce rapport. Elles ne prétendent pas remplacer les analyses génétiques qui ont d'autres intérêts notamment phylogénétique et biogéographique

mais au contraire servir de trame à ces analyses en déterminant les zones géographiques clés sur lesquelles il faudra porter l'effort de recherche. C'est d'ailleurs dans le but de pratiquer ultérieurement des analyses génétiques sur des sites choisis que nous avons procédé, en concertation avec P. Berrebi (Université de Montpellier II), à des prélèvements de morceaux de nageoires sur trente poissons par cours d'eau étudiés.

B. Objectifs de l'étude

Les objectifs de cette étude sont d'identifier et de décrire le plus finement possible les différentes formes de truites naturellement présentes dans les cours d'eau de montagne du département des Hautes-Pyrénées, ainsi que de tenter de qualifier l'influence éventuelle des déversements de poissons domestiques sur ces populations de truites « sauvages ».

C. Partenaires financiers

Cette étude a été réalisée avec le concours financier des partenaires suivants :

- la Communauté Européenne,
- l'Agence de l'Eau Adour-Garonne,
- le Conseil Général des Hautes-Pyrénées,
- le Conseil Régional de Midi-Pyrénées,
- le Parc National des Pyrénées
- la Fédération de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique des Hautes-Pyrénées

D. Partenaires techniques

Le bureau d'étude E.CO.G.E.A. a réalisé la partie technique de cette étude en collaboration avec :

- les chargés d'études et les techniciens de la Fédération de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique des Hautes-Pyrénées,
- les agents de la brigade 65 du Conseil Supérieur de la Pêche,
- les agents du Parc National des Pyrénées,
- les bénévoles des Associations Agréées de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique.

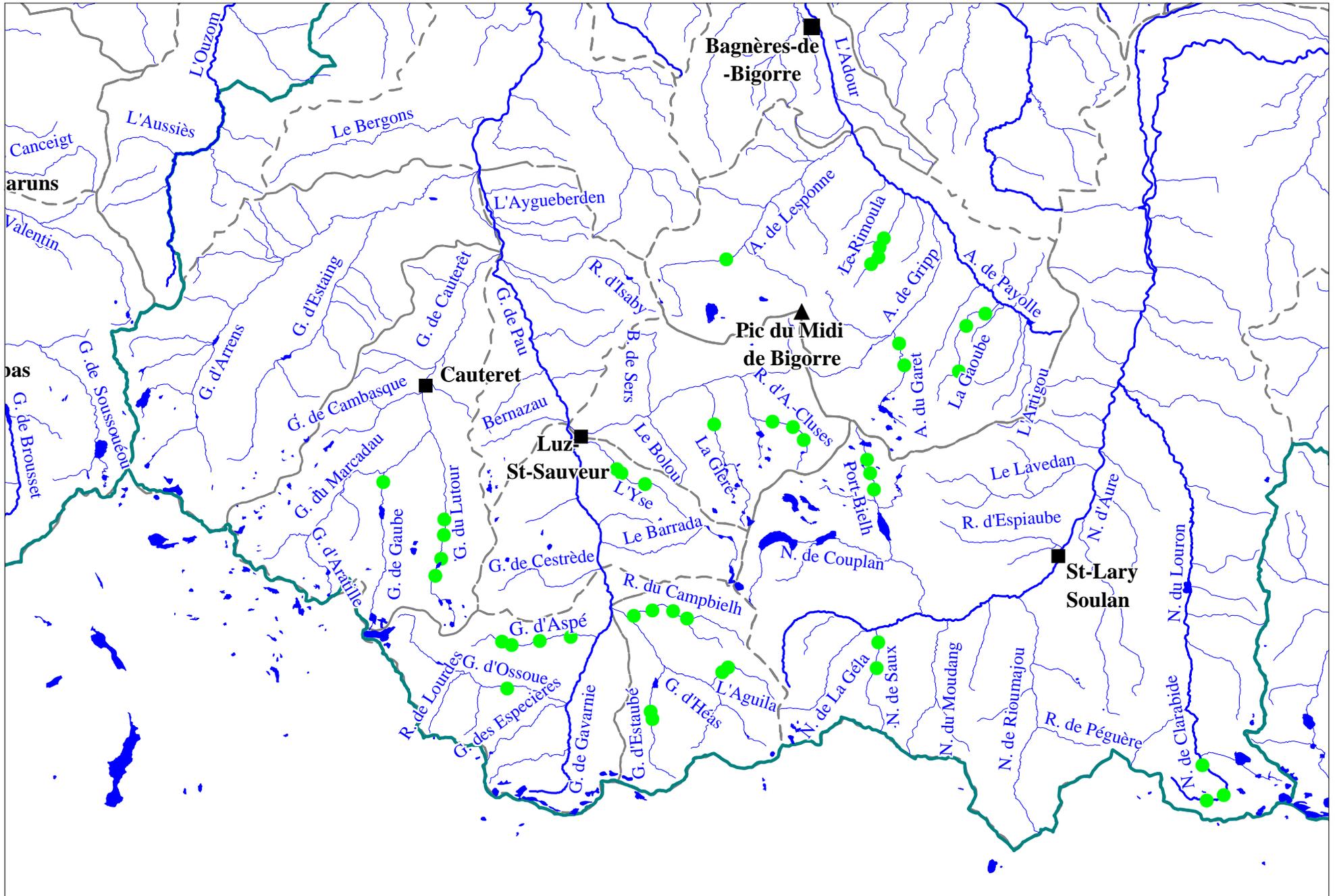


Fig 1 : Représentation géographique des stations étudiées

Ce rapport, qui constitue un volet à part entière de l' « étude des populations de truites communes des cours d'eau de haute montagne du département des Hautes-Pyrénées », est aussi une première partie d'une étude plus large de « la variabilité morphologique de la truite commune sur le territoire du Parc National des Pyrénées ».

II. MATERIELS ET METHODES

A. Sites échantillonnés

Le présent rapport détaille l'analyse morphologique des truites échantillonnées sur 44 stations du département des Hautes-Pyrénées. La figure 1 illustre la répartition géographique des stations étudiées.

Le tableau 1 détaille le plan d'échantillonnage.

Les stations Marcadau, Gaube, La Glère, Ossoue et Lesponne n'ont pas été échantillonnées dans le strict cadre de ce programme d'étude mais le protocole de prise de données étant le même, nous les avons ajouté à notre analyse de la morphologie des truites.

La structure de ce plan d'échantillonnage est de la forme Bassin versant (BV) X Sous-bassin (sBV) X Cours d'eau (Riv.) X Station (St). Il faut toutefois noter que parmi les 44 stations étudiées, certaines n'abritaient que des poissons de pisciculture, ce qui nous a permis de constituer un échantillon « pisciculture » de 56 poissons.

Bassin versant	Sous Bassin	Cours d'eau	Station	Altitude (m)	Identifiant étude morphologique	Nombre d'individus	Prélèvement génétique
Neste	Neste	Clarabide	Clara 1 (100 m am. Prise d'eau)	2145	HP00 82 à 87	6	non
Neste	Neste	Clarabide	Clara 3 (Cabane berger)	2050	HP00 88 à 120	33	non
Neste	Neste	Clarabide	Clara 4 (Plateau am. Soula)	1800	HP00 121 à 150	30	oui
Neste	Neste	Saux	Saux 2 (dernier pare-avalanche)	1715	HP99 91 à 120	30	oui
Neste	Neste	Saux	Saux 3	1555	HP99 301 à 330	30	non
Neste	Neste	Port-Bielh	P-bielh 1(amont lac des joncs)	2150	HP99 31 à 60	30	oui
Neste	Neste	Port-Bielh	P-bielh 2 (aval lac des joncs)	2000	HP99 61 à 87	27	non
Neste	Neste	Port-Bielh	P-bielh (Coste oueillère)	1945	HP99 1 à 30	30	non
1	1	3	8	Total Neste		216	3
Adour	Adour	Lesponne	Lesp (Chiroulet)	1062	Z 166 à Z195	30	oui
Adour	Adour	Gaube	Gao 2 (G. av. plat Dets Gats)	1500	HP99 211 à 224	14	non
Adour	Adour	Gaube	Gao 4 (pont des Esclozes)	1285	HP99 241 à 270	30	oui
Adour	Adour	Gaube	Gao 5 (G. av. Artigussy)	1185	HP99 271 à 295	25	non
Adour	Adour	Garet	Gar 5	1530	HP00 571 à 585	15	non
Adour	Adour	Garet	Gar 6 (am. Cascade du Garet)	1320	HP00 586 à 613	30	oui
Adour	Adour	Rimoula	Rim 1 (plateau cabane)	1460	HP00 249 à 260	12	non
Adour	Adour	Rimoula	Rim 2 (G. et petit plateau av. cabane)	1335	HP00 214 à 248	35	non
Adour	Adour	Rimoula	Rim 3 (300 m am. Confl. Aygue rouille)	1160	HP00 261, HP00 262 HP00 281 à 284	6	non
Adour	Adour	Rimoula	Rim 4 (av. Confl. Aygue rouille)	1050	HP00 286 à 314	30	oui
1	1	4	10	Total Adour		227	4
Gave Pau	Bastan	La Glère	Glère (am. Refuge Lienz)	1600	Z106 à Z135	30	oui
Gave Pau	Bastan	Aygues-Cluses	Ay-C 2 (plateau cabane br. Madamette)	2120	HP00 481 à 510	30	non
Gave Pau	Bastan	Aygues-Cluses	Ay-C 4 (av. prise d'eau EDF)	2030	HP00 511 à 540	30	non
Gave Pau	Bastan	Aygues-Cluses	Ay-C 6 (deuxième plateau)	1940	HP00 541 à 570	30	oui
1	1	2	4	Total Gave Bastan		120	2
Gave Pau	Cauterets	Lutour	Lut 1 (amont lac)	1840	HP00 315 à 347	33	non
Gave Pau	Cauterets	Lutour	Lut 2 (300 m av. lac)	1785	HP00 348 à 377	30	non
Gave Pau	Cauterets	Lutour	Lut 3 (gorges)	1560	HP00 378 à 407	30	non
Gave Pau	Cauterets	Lutour	Lut 4 (plateau aval)	1520	HP00 408 à 437	30	oui
Gave Pau	Cauterets	Marcadau	Marca (Puntas)	1410	Z1 à Z30	30	oui
Gave Pau	Cauterets	Gaube	Gaube (Huas)	1620	Z31 à Z60	30	oui
1	1	3	6	Total Gave Cauterets		183	3

Tableau 1 : détails du plan d'échantillonnage

Bassin versant	Sous Bassin	Cours d'eau	Station	Altitude (m)	Identifiant étude morphologique	Nombre d'individus	Prélèvement génétique
Gave Pau	Gavarnie	Aspé	Asp 1 (am. Prise EDF)	1875	HP00 1 à 3	3	non
Gave Pau	Gavarnie	Aspé	Asp 2 (200 m av. Prise EDF)	1860	HP00 4 à 12	9	non
Gave Pau	Gavarnie	Aspé	Asp 5	1690	HP00 13 à 42	30	oui
Gave Pau	Gavarnie	Aspé	Asp 6 (amont Pont de Saugué)	1540	HP00 43 à 79	37	non
Gave Pau	Gavarnie	Ossoue	Ossoue (av. barrage Ossoue)	1630	Z136 à Z165	30	oui
Gave Pau	Gavarnie	Yse	Yse 7 (Pont de Buderaous)	1570	HP00 80 à 81	2	non
Gave Pau	Gavarnie	Yse	Yse 8 (Amont prise d'eau)	1380	HP00 194 à 197	4	non
Gave Pau	Gavarnie	Yse	Yse 9 (Aval prise d'eau)	1370	HP00 198 à 201	4	non
1	1	3	8	Total Gave Gavarnie		119	2
Gave Pau	Héas	Aguila	Agui 2 (plateau aval cascade)	1900	HP00 202 à 204	3	non
Gave Pau	Héas	Aguila	Agui 3 (plateau passerelle)	1885	HP00 205 à 213	9	oui
Gave Pau	Héas	Campbiel	Camp 6 (Pont de Lamasou)	1680	HP00 151 à 155	5	non
Gave Pau	Héas	Campbiel	Camp 7 (Pont de Grabasset)	1640	HP00 156 à 185	30	non
Gave Pau	Héas	Campbiel	Camp 8 (Gorges de Campbiel)	1580	HP00 186 à 193	8	non
Gave Pau	Héas	Campbiel	Camp 9 (Pont de Cupouzade)	1130	HP99 181 à 210	30	oui
Gave Pau	Héas	Estaubé	Estau 4	1720	HP99 121 à 150	30	non
Gave Pau	Héas	Estaubé	Estau 5	1700	HP99 151 à 180	30	oui
1	1	3	8	Total Gave Héas		145	3
1	4	11	26	Total Gave		567	10
3	6	18	44	TOTAL GENERAL		1010	17

Tableau 1(suite) : détails du plan d'échantillonnage

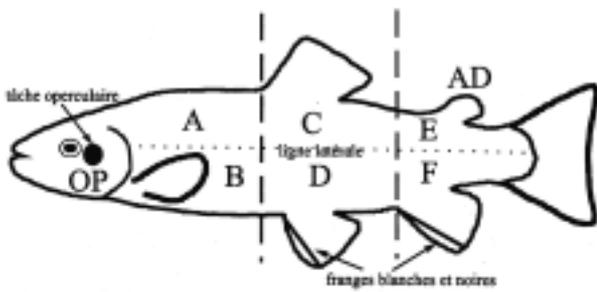
B. Obtention des données

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

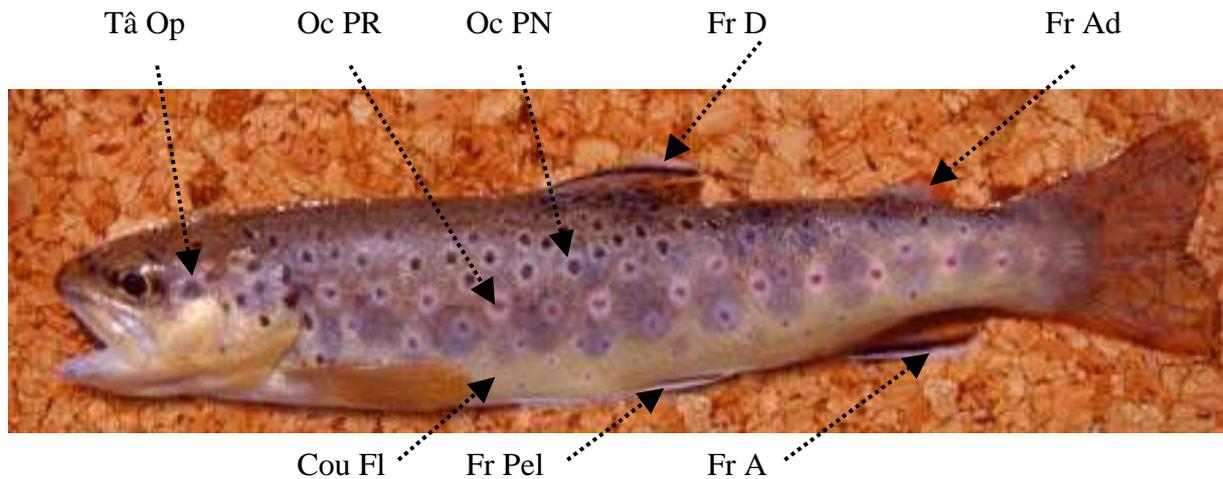
Les poissons sont capturés dans le cours d'eau à l'aide d'un appareil de pêche électrique. Les truites à analyser sont stockées dans des récipients de couleur neutre (pas de seaux ou de bacs blancs ou noirs) pour éviter les phénomènes de mimétisme trop marqués (contraction ou dilatation des mélanophores).

Elles sont ensuite anesthésiées, mesurées, identifiées par un code et un numéro et photographiées.

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
pn-op	Nombre de points noirs dans la zone operculaire
pr-fl	Nombre de points rouges total sur le flanc
pn-fl	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 : pas d'ocelle ou très peu marquées 1b : marquées 1c : très marquées
Oc PN	Ocelles autour des points noirs	2a : pas d'ocelle ou très peu marquées 2b : marquées 2c : très marquées
Fr D	Frange de la dorsale	3a : pas de frange ou frange blanche 3b : 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 5b : frange blanche 5c : frange blanche et noire
Fr Ad	Frange de l'adipeuse	6a : pas de frange 6b : frange rouge 6c : frange très rouge
Fr Caud	Frange de la caudale	7a : pas de frange 7b : frange rouge
Pts-ad	Points sur l'adipeuse	8a : absence 8b : présence
Couflan	Couleur des flancs	9a : brun jaune 9b : gris ou blanc argenté
TâOp	Tâche operculaire	10a : absence 10b : présence
TâCaud	Tâches sur la caudale	11a : absence 11b : présence
Con pts	Contour des points	12a : net 12b : mal défini
OrnDos	Points ou vermiculations sur le dos du poisson (à l'avant de la dorsale)	13a : absence 13b : présence

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 (voir photographies dans ce rapport). Deux clichés sont pris pour chaque poisson, un dans l'aquarium et un sur une plaque de bois (de couleur neutre également).

L'appareil utilisé est un Canon EOS 100 muni d'un objectif Canon EF de 80 mm. Les pellicules diapositives doivent être assez sensibles pour éviter l'emploi du flash qui est difficile à maîtriser avec les miroirs de l'aquarium. Le gain de luminosité qu'apportent les miroirs est suffisant pour pouvoir travailler, même dans de mauvaises conditions de luminosité.

Toutes ces précautions étant prises, l'utilisation des diapositives 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 !).

En prévision de l'étude génétique possible ultérieurement, sur une station par cours d'eau (30 truites), nous avons prélevé un morceau de nageoire caudale par poisson. Ce morceau de nageoire est conservé dans un tube rempli d'alcool à 90°, identifié avec le même code que les diapositives du poisson.

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 diapositives de chaque individu sont projetées sur un écran de 20×20 cm. Pour chaque poisson, on utilise une feuille transparente sur laquelle on trace les différents zones 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 diapositives. Leur description est précisée dans le deuxième tableau de la figure 2.

Nous n'avons retenu que des critères d'ornementation qui ne sont pas labiles, c'est à dire que l'on peut changer la truite de milieu sans que ces ornements ne disparaissent. Ceci explique que nous n'ayons pas considéré par exemple la variable « présence de zébrures ».

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 la projection des diapositives 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 1010 poissons soit une matrice de **28280 données**.

Dans cette masse de données, nous avons cherché à identifier les distinctions morphologiques qui pouvaient exister entre truites de différents bassins versant, de différents sous-bassins, de différents cours d'eau et de différentes stations. A ces quatre échelles géographiques de variation de la morphologie des truites, nous avons rajouté la recherche de variation pouvant exister entre truites d'origines différentes, à savoir les truites de repeuplement et les truites « sauvages ».

Cette masse de données et ces objectifs 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 truites.

1. Analyses globales

a) Données de ponctuation

Les données concernant la ponctuation sont d'abord transformées par la fonction $y = \log(x+1)$ afin de se rapprocher des conditions de normalité. Elles sont ensuite traitées par une analyse en composante principale (ACP) normée (Hotteling, 1933)¹ en raison des gammes de variation différentes des variables utilisées. Il faut voir chaque axe résultant de l'analyse comme un résumé de l'information contenue dans toutes les variables de ponctuation que l'on a relevées, information relative à la situation des individus les uns par rapport aux autres. Le premier axe de l'analyse est par définition celui qui synthétise la plus grande quantité d'information, le deuxième axe étant construit de façon à apporter à son tour le maximum d'information sur la position des individus mais de manière non redondante avec le premier (le troisième ne devant pas être redondant avec le premier ni le deuxième etc....).

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

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 (dans notre cas par exemple, les poissons de la Gaube station 4 ont une taille moyenne de 146 mm contre 218 mm pour les truites de l'Aguila). 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 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)². Cette analyse est l'équivalent de l'ACP normée pour des variables qualitatives. Le principe de résumer et de structurer l'information reste le même.

La taille des poissons peut également avoir un effet sur l'apparition de caractères ornementaux par l'intermédiaire de la maturité sexuelle (Alm, 1948). 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.

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

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

Ces deux variables sont tout d'abord transformées par la fonction $y = \text{Log } x$, afin de se rapprocher des conditions de normalité. La taille des points est fortement 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 définies par l'appartenance de la truite à une station, un cours d'eau, un bassin versant ou ... à une pisciculture), cette **variabilité totale** peut se décomposer en une **variabilité des données à l'intérieur des classes d'individus** (à l'intérieur d'un groupe) et **une variabilité des données entre les classes d'individus** (entre les groupes).

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 truites 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).

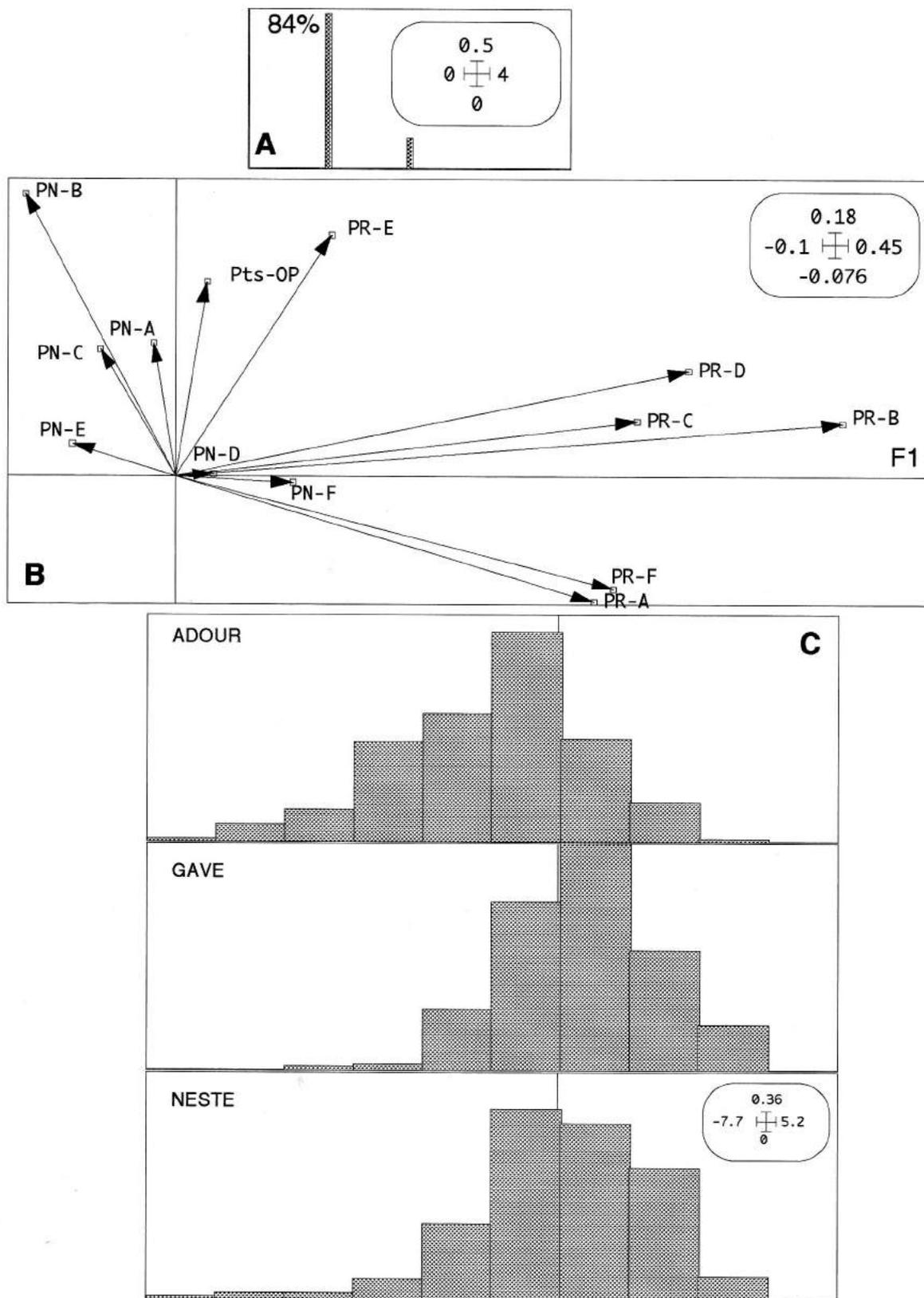


Fig. 3 : Analyse en composante principale inter-bassin versant

A : graphe des valeurs propres

B : représentation des variables dans le plan F1F2

C : distribution, en fonction de leur bassin versant d'origine, des coordonnées des individus sur l'axe F1 de l'analyse

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). Ce logiciel est disponible sur le réseau Internet (<http://biomserv.univ-lyon1.fr/ADE-4.html>).

III. RESULTATS

Nous nous intéressons essentiellement aux variations morphologiques entre groupes de truites, groupes définis par l'appartenance des poissons à un bassin versant, un sous-bassin, une rivière, une station ou par le fait que les truites proviennent de pisciculture. Nous présenterons donc directement, pour alléger le rapport, les résultats des analyses inter-classes qui répondent à cet objectif, sans détailler donc les résultats des analyses globales. Ces résultats sont cependant disponibles auprès des auteurs.

A. Ponctuation

1. Echelle des bassins versants

L'inertie de l'analyse inter bassin versant du jeu de données ponctuation représente 4.6 % de l'inertie globale du jeu de données. Ceci est hautement significatif (test par permutations $p < 0.001$).

L'essentiel de l'information contenue dans cette analyse (84 %) est résumé sur un seul axe (F1). Cet axe est formé par cinq des six variables concernant la ponctuation rouge (fig. 3B), la variable principale étant la ponctuation rouge dans la partie antérieure et sous la ligne latérale du poissons (PR-B).

Les truites du bassin versant Adour sont globalement moins ponctuées de rouge que les truites du bassin versant Gave ou Neste (fig. 3C) et principalement de points rouges dans la partie antéro-inférieure du flanc (PR-B).

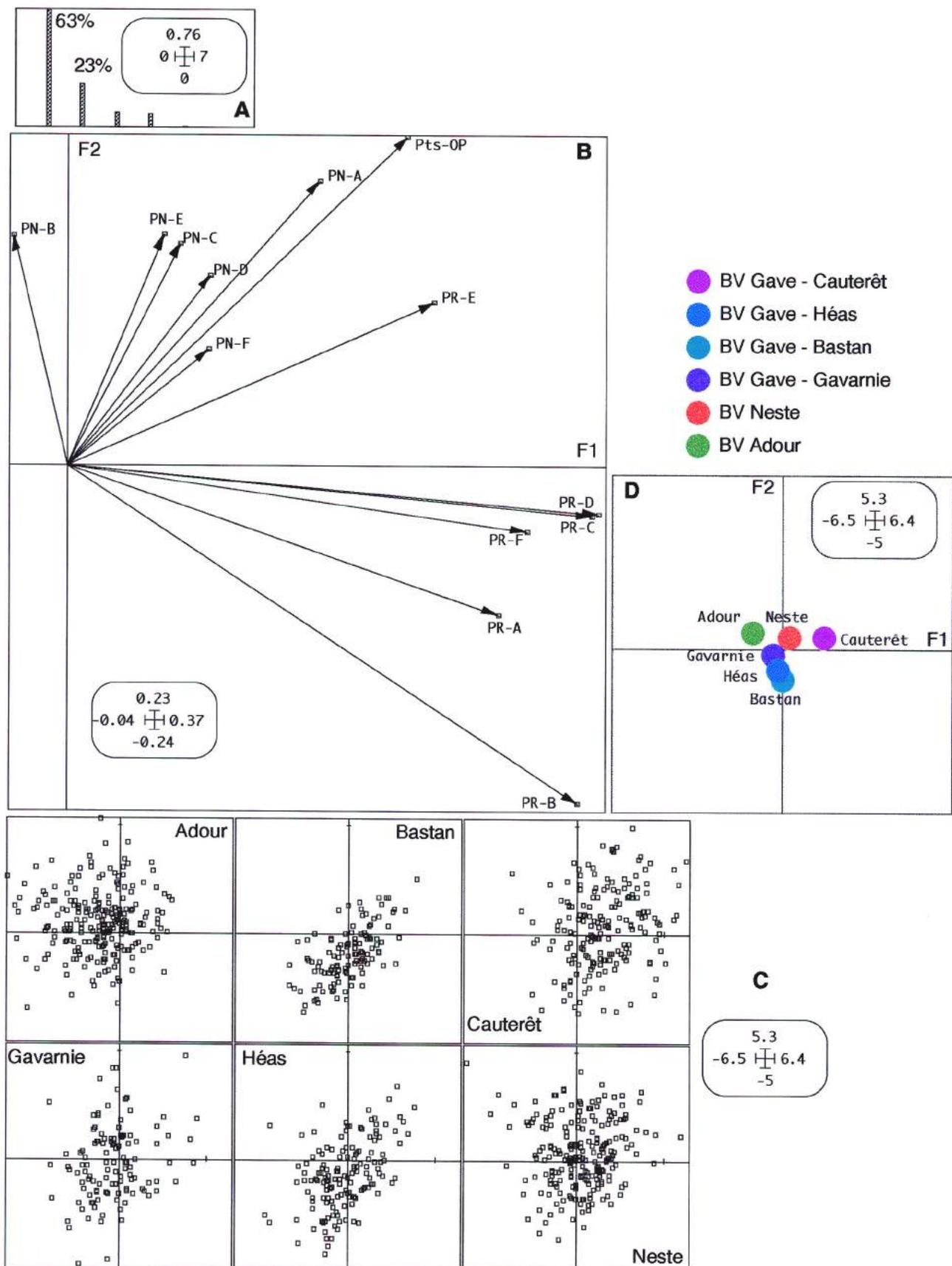


Fig. 4 : Analyse en composante principale inter-sous bassin versant

A : graphe des valeurs propres

B : représentation des variables dans le plan F1F2

C : représentation, en fonction de leur sous bassin versant d'origine, des individus dans le plan F1F2 de l'analyse

D : représentation des individus dans le plan F1F2 de l'analyse, moyenne des coordonnées des truites de chaque sous-bassin sur les axes F1 et F2

2. Echelle des sous-bassins versants

L'inertie de l'analyse inter sous-bassin versant du jeu de données ponctuation représente 9.5 % de l'inertie globale du jeu de données. Ceci est hautement significatif (test par permutations $p < 0.001$).

L'essentiel de l'information contenu dans cette analyse est résumé par les deux premiers axes de l'analyse (F1 : 63 % ; F2 : 23 %). Le premier axe (F1) est formé ici encore principalement par les variables de ponctuation rouge auxquelles il faut ajouter le nombre de points sur l'opercule. Le deuxième axe (F2) est formé essentiellement par les variables « nombre de points sur l'opercule » et « nombre de points rouges dans la partie antéro-inférieure » du poisson (Pts-OP et PR-B) (voir fig. 4B).

Par rapport à l'analyse précédente, l'axe F1 permet de séparer dans le bassin versant Gave, les truites du sous-bassin Cauterets des truites des autres sous-bassins du Gave (Gavarnie, Héas, Bastan) (voir fig. 4C et 4D). Les truites du sous-bassin Cauterets sont plus ponctuées de rouge et plus ponctuées sur l'opercule que les truites des autres sous-bassins.

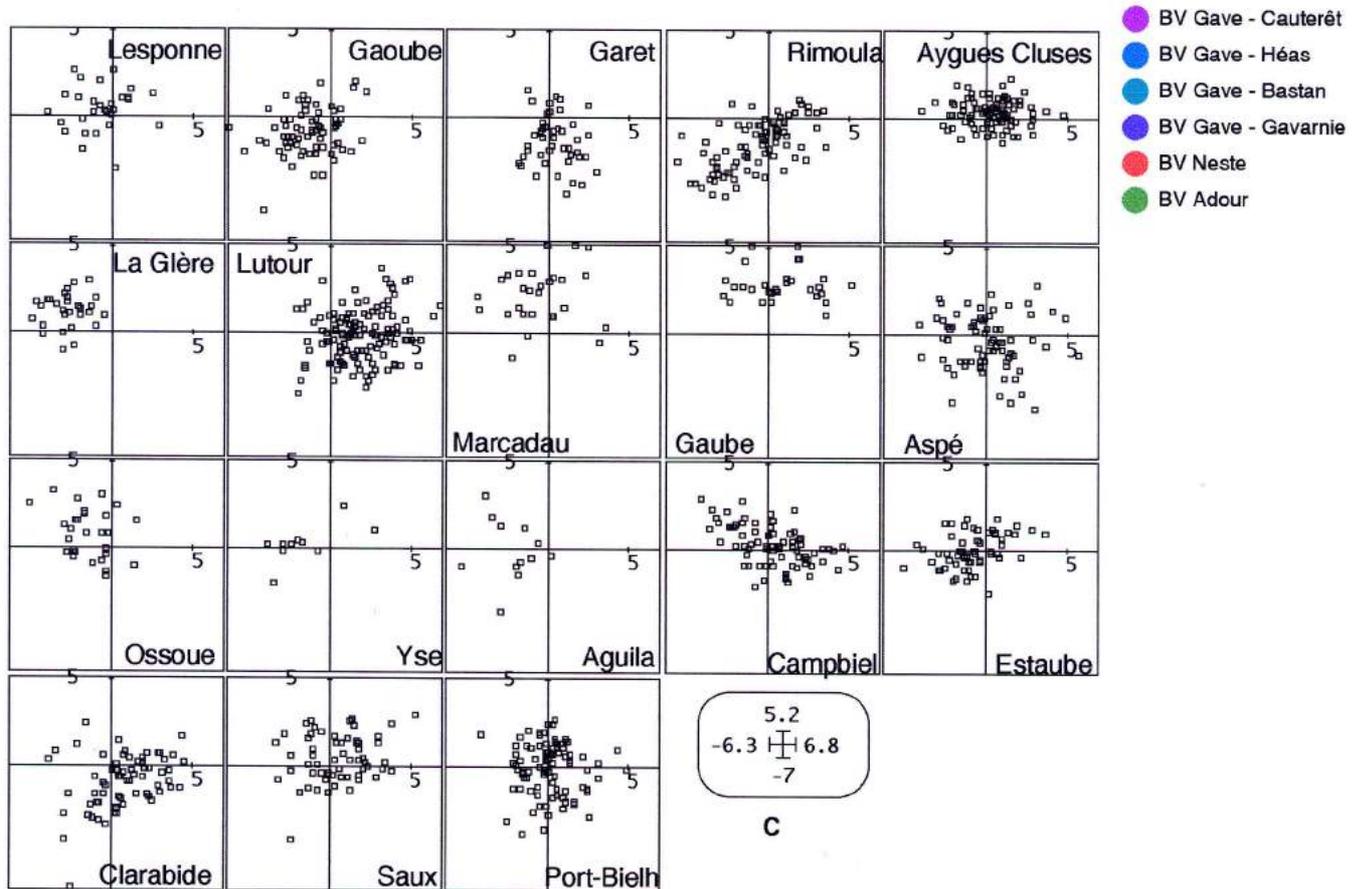
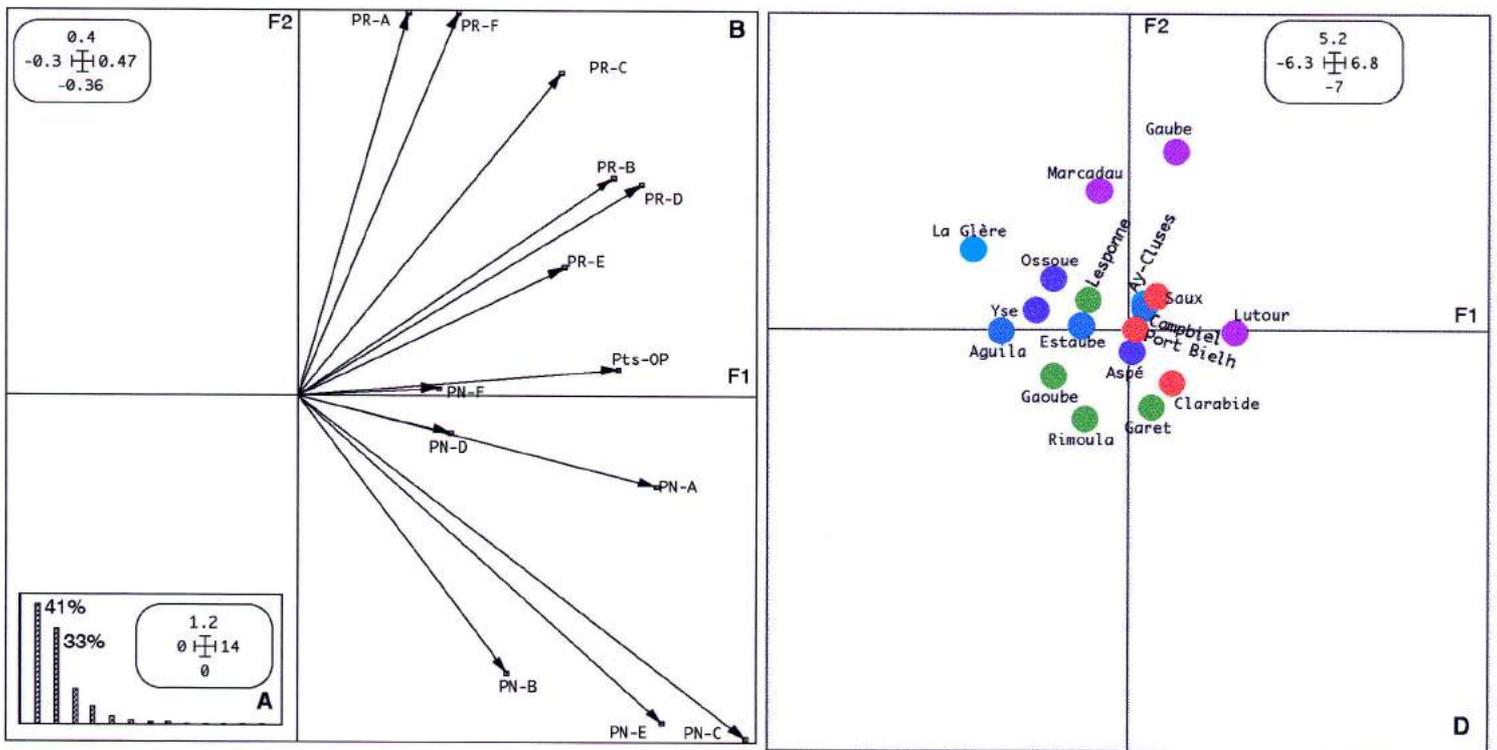


Fig. 5 : Analyse en composante principale inter-rivière

A : graphe des valeurs propres

B : représentation des variables dans le plan F1F2

C : représentation, en fonction de leur rivière d'origine, des individus dans le plan F1F2 de l'analyse

D : représentation des individus dans le plan F1F2 de l'analyse, moyenne des coordonnées des truites de chaque rivière sur les axes F1 et F2

3. Echelle des rivières

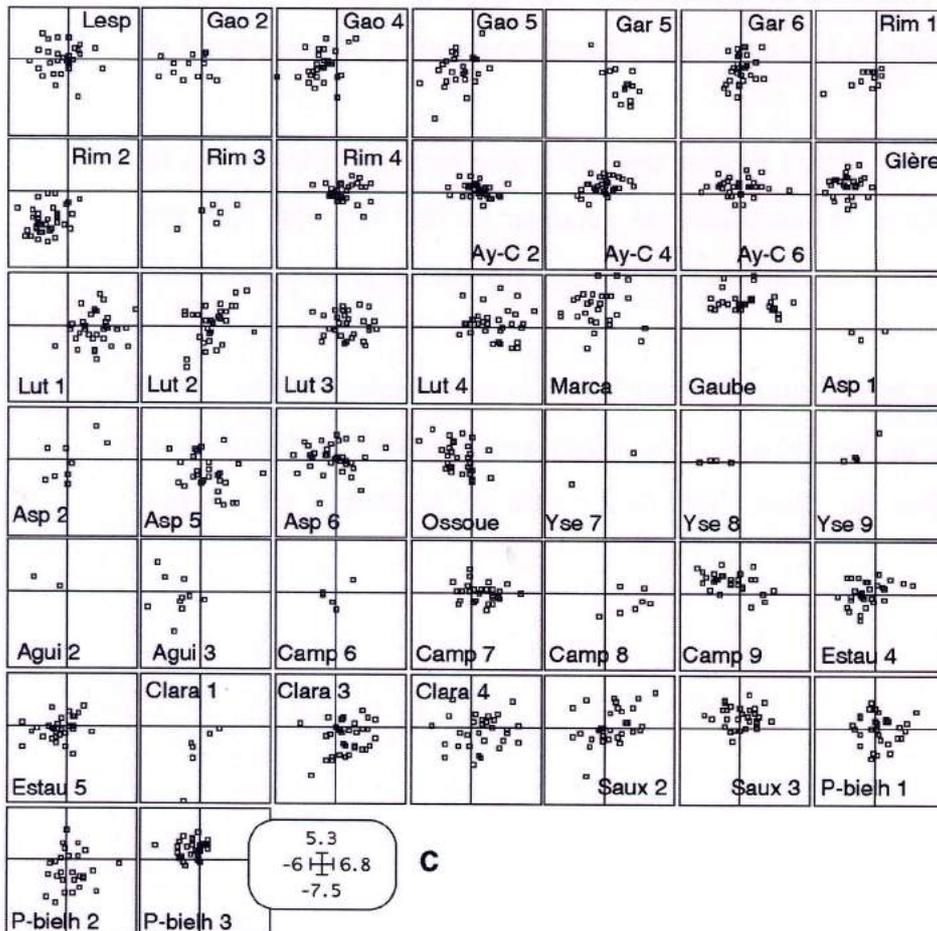
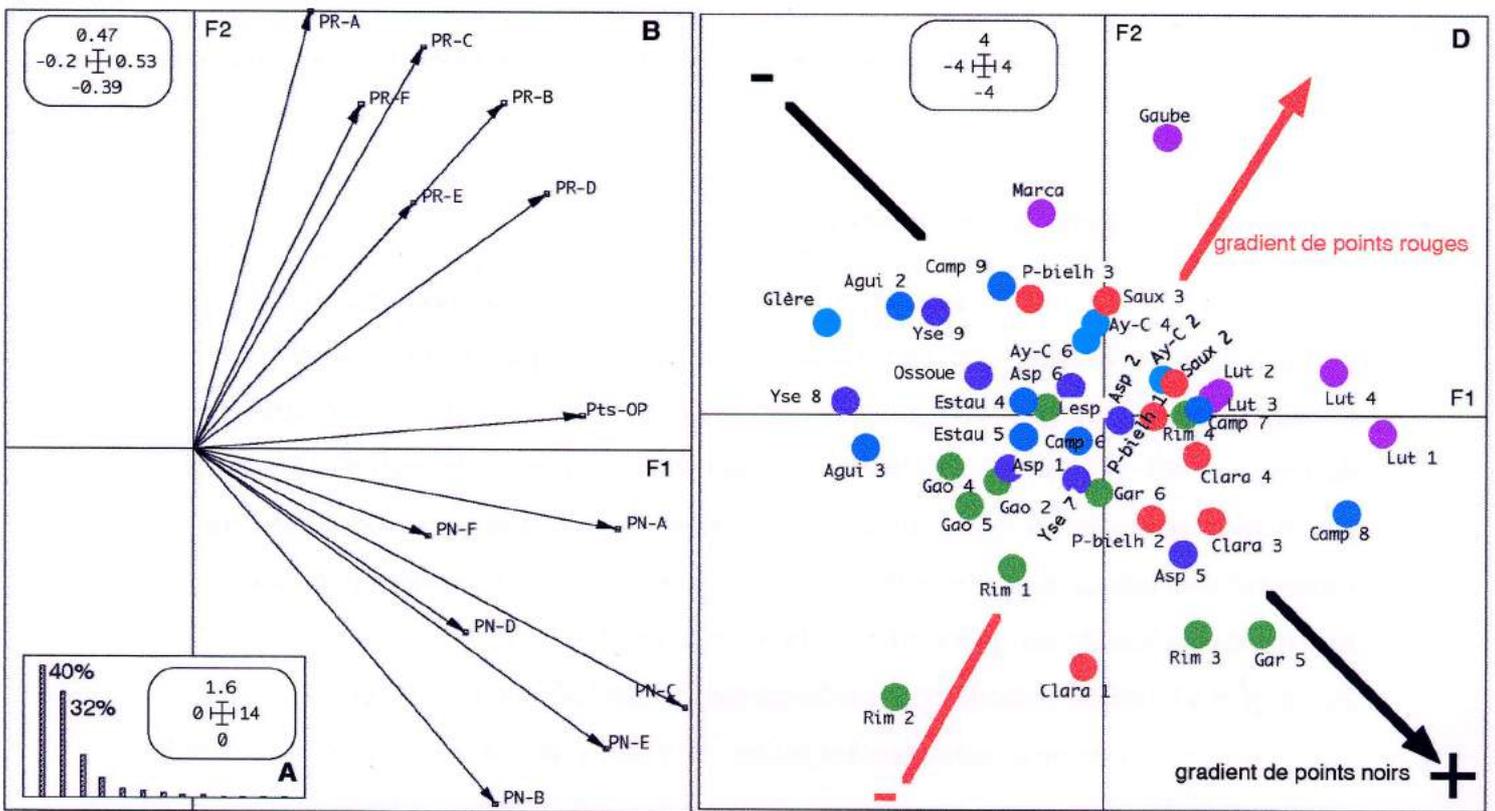
L'inertie de l'analyse inter rivière du jeu de données ponctuation représente 21 % de l'inertie globale du jeu de données. Ceci est hautement significatif (test par permutations $p < 0.001$).

L'essentiel de l'information contenu dans cette analyse est résumé par les deux premiers axes de l'analyse (F1 : 41 % ; F2 : 33 %). Le premier axe (F1) est ici clairement un gradient de ponctuation générale. Le deuxième axe (F2) oppose les poissons proportionnellement plus fortement ponctués de rouge (vers le haut de la figure) aux poissons proportionnellement plus fortement ponctués de noir (vers le bas de la figure) (voir fig. 5B).

Par rapport à l'analyse précédente, les informations nouvelles sont (fig. 5C et 5D) :

- une divergence nette chez les truites du sous-bassin Cauterets avec d'un côté les truites du Lutour très ponctuées de noir comme de rouge et de l'autre les truites du Marcadau et du ruisseau du Lac de Gaube proportionnellement très ponctuées de rouge ;
- pour les poissons du sous-bassin Bastan, une différence nette entre les truites du ruisseau d'Aygues-Cluses et les truites du ruisseau de la Glère qui sont très particulières dans l'échantillon analysé car très peu ponctuées, principalement de noir.

Sinon, les résultats des analyses précédentes sont confirmés avec des truites du bassin de l'Adour plutôt moins ponctuées, et principalement de rouge, que les truites du bassin de la Neste, et des poissons du bassin du Gave, hors sous-bassin de Cauterets, en position intermédiaire.



- BV Gave - Cauterèt
- BV Gave - Héas
- BV Gave - Bastan
- BV Gave - Gavarnie
- BV Neste
- BV Adour

Fig. 6 : Analyse en composante principale inter-station

A : graphe des valeurs propres

B : représentation des variables dans le plan F1F2

C : représentation, en fonction de leur station d'origine, des individus dans le plan F1F2 de l'analyse

D : représentation des individus dans le plan F1F2 de l'analyse, moyenne des coordonnées des truites de chaque station sur les axes F1 et F2

4. Echelle des stations

L'inertie de l'analyse inter station du jeu de données ponctuation représente 30 % de l'inertie globale du jeu de données. Ceci est hautement significatif (test par permutations $p < 0.001$).

L'essentiel de l'information contenu dans cette analyse est résumé par les deux premiers axes de l'analyse (F1 : 40 % ; F2 : 32 %). Les deux axes ont quasiment la même signification que dans l'analyse précédente à savoir que le premier axe (F1) est un gradient de ponctuation générale et que le deuxième axe (F2) oppose les poissons proportionnellement plus fortement ponctués de rouge (vers le haut de la figure) aux poissons proportionnellement plus fortement ponctués de noir (vers le bas de la figure) (voir fig. 6B).

En ce qui concerne la répartition des individus dans le plan F1F2 (fig. 6C et 6D), par rapport à l'analyse précédente, nous avons plusieurs cas de figure.

1/ dans le plan d'échantillonnage, nous n'avons qu'une station par cours d'eau.

C'est le cas pour le ruisseau du Lac de Gaube, le Marcadau, le ruisseau de la Glère, le Gave d'Ossoue et l'Adour de Lesponne.

Les axes ayant la même signification que dans l'analyse précédente, la représentation du cours d'eau dans l'analyse précédente ou de la station dans cette analyse est quasiment la même. L'interprétation de la morphologie des truites ne change pas.

2/ dans le plan d'échantillonnage, nous avons plusieurs stations sur le même cours d'eau.

Les positions moyennes des truites de ces stations sont proches les unes des autres dans le plan F1F2 (fig. 6 C et 6 D). La morphologie des truites de ces différentes stations est homogène. On a donc un seul type de truite pour l'ensemble du linéaire du dit cours d'eau. C'est le cas pour le Lutour (4 stations), la Neste de Saux (2 stations), le ruisseau d'Aygues-Cluses (3 stations), le Gave d'Estaubé (2 stations), la Gaoube (3 stations).

Les axes de l'analyse inter station sont construits à partir des mêmes variables que les axes de l'analyse inter-rivières. Cela n'amènera pas de commentaires supplémentaires par rapport à l'analyse précédente, la morphologie des truites décrite à l'échelle du cours d'eau reste la même à l'échelle de chaque station étudiée du dit cours d'eau (exemple : les truites du Lutour sont fortement ponctuées de noir comme de rouge, cela reste valable quelque soit la station du Lutour considérée, même si les truites de Lut 1 et Lut 4 sont encore plus ponctuées que celles de Lut 2 et Lut 3 – fig. 6D)

3/ dans le plan d'échantillonnage, nous avons plusieurs stations sur le même cours d'eau. Les positions moyennes des truites de ces stations sont éloignées les unes des autres dans le plan

F1F2 (fig. 6 C et 6 D). La morphologie des truites de ces différentes stations est hétérogène. Il y a plus d'un type morphologique de truite dans les cours d'eau concernés par ce cas de figure (Yse, Aguila, Garet, Rimoula, Aspé, Campbiel, Clarabide, Port-bielh).

Quelles sont les informations supplémentaires obtenues par rapport à l'analyse à l'échelle des cours d'eau ? Chaque rivière présente une situation particulière que nous allons examiner au cas par cas.

- L'Yse.

Sur ce cours d'eau, nous avons 3 stations d'échantillonnage, chacune avec très peu de poissons (2, 4 et 4 individus), très vraisemblablement déversés³ pour la plupart (voir aussi Delacoste *et al.*, 2002). Ceci explique la dispersion de la représentation des stations dans le plan F1F2 de l'analyse (fig. 6D).

- L'Aguila.

Le cas de l'Aguila ressemble beaucoup à celui de l'Yse (2 stations échantillonnées avec respectivement 2 et 10 poissons issus de déversements).

- L'Adour du Garet.

Deux stations ont été échantillonnées sur ce cours d'eau. Les truites de ces deux points sont morphologiquement assez dissemblables. Les truites de la station Gar 6 correspondent assez bien à la morphologie des autres points du bassin Adour (moyennement à peu ponctuées principalement de rouge - fig. 6C et 6D), celles de la station Gar 5 (station la plus haute en altitude) sont assez singulières pour le bassin de l'Adour et plutôt fortement ponctuées de noir.

- Le Rimoula.

³ Nous considérons que nous avons affaire à des truites issues de repeuplement lorsqu'un ensemble de critères se recoupe. A l'échelle de l'individu, ces truites montrent très souvent des particularités morphologiques, même après une ou deux années dans le milieu naturel (flanc argenté, écaillage fragile, rayons de nageoire montrant des cassures par transparence, écailles montrant une croissance beaucoup plus importante que chez les individus sauvages, ...). A l'échelle de la population maintenant, dans certaines stations, nous n'avons inventorié, en collaboration avec la Fédération de Pêche des Hautes-Pyrénées, que des truites appartenant à une seule classe d'âge (ou deux classes d'âge non consécutives). Sur ces mêmes stations, l'absence de truitelles de l'année pouvait être constatée. Les truites présentes ne pouvaient donc venir que d'alevinages (voir aussi Delacoste *et al.*, 2002).

Sur ce cours d'eau nous avons échantillonné quatre stations. La station du plateau amont (Rim 1) est peuplée par des individus déversés (12 truites de la même classe de taille, pas d'alevins de l'année). La station Rim 3 ne compte que 6 truites (perte d'un rouleau de diapositives) et n'est donc pas significative. Il reste néanmoins une opposition morphologique nette sur ce cours d'eau entre les truites de la station Rim 2 et celles de la station Rim 4. Les truites de Rim 2 sont nettement moins ponctuées et notamment de rouge que les truites de Rim 4 et les truites du bassin versant Adour en général.

- Le Gave d'Aspé.

Quatre stations ont été échantillonnées sur ce cours d'eau. Les stations Asp 1 et Asp 2 ne sont pas significatives car peu de truites y ont été capturées. Les truites de Asp 1 sont de plus des poissons déversés. Par contre les truites des stations Asp 5 et Asp 6 sont morphologiquement distinctes. Les truites de Asp 5 (station d'altitude plus élevée) étant plus ponctuées notamment de noir que les truites de Asp 6. Ces dernières se rapprochent morphologiquement des truites d'Ossoue dans le même sous-bassin Gave de Gavarnie (voir fig. 6C et 6D). On retrouve un peu la même évolution de la morphologie des truites que pour l'Adour du Garet.

- Le Campbiel.

Quatre stations ont également été échantillonnées sur ce cours d'eau. Les stations Camp 6 (plateau) et Camp 8 (début des gorges) sont peu significatives car peu de truites ont pu y être étudiées. Par contre les truites de la station Camp 7 (plateau) sont morphologiquement distinctes des truites de la station Camp 9 (fin des gorges Pont de Gèdre dessus). Une fois encore ce sont les truites de la station à plus haute altitude qui sont le plus fortement ponctuées (voir fig. 6C et 6D). Par contre ni les truites de Camp 7, ni les truites de Camp 9 ne ressemblent morphologiquement vraiment aux truites d'Estaube appartenant pourtant au même sous-bassin Gave d'Héas (voir fig. 6C et 6D).

- La Neste de Clarabide.

Trois stations ont été échantillonnées sur ce cours d'eau. Les stations Clara 3 et Clara 4 abritent des truites de morphologie proche, seules les truites de la station Clara 1 se distinguent. Ces truites sont peu nombreuses et issues de déversements (aucun alevin péché). Les truites « sauvages » Neste de Clarabide sont donc de ponctuation relativement homogène et leurs positions sur la figure 6 est cohérente avec les

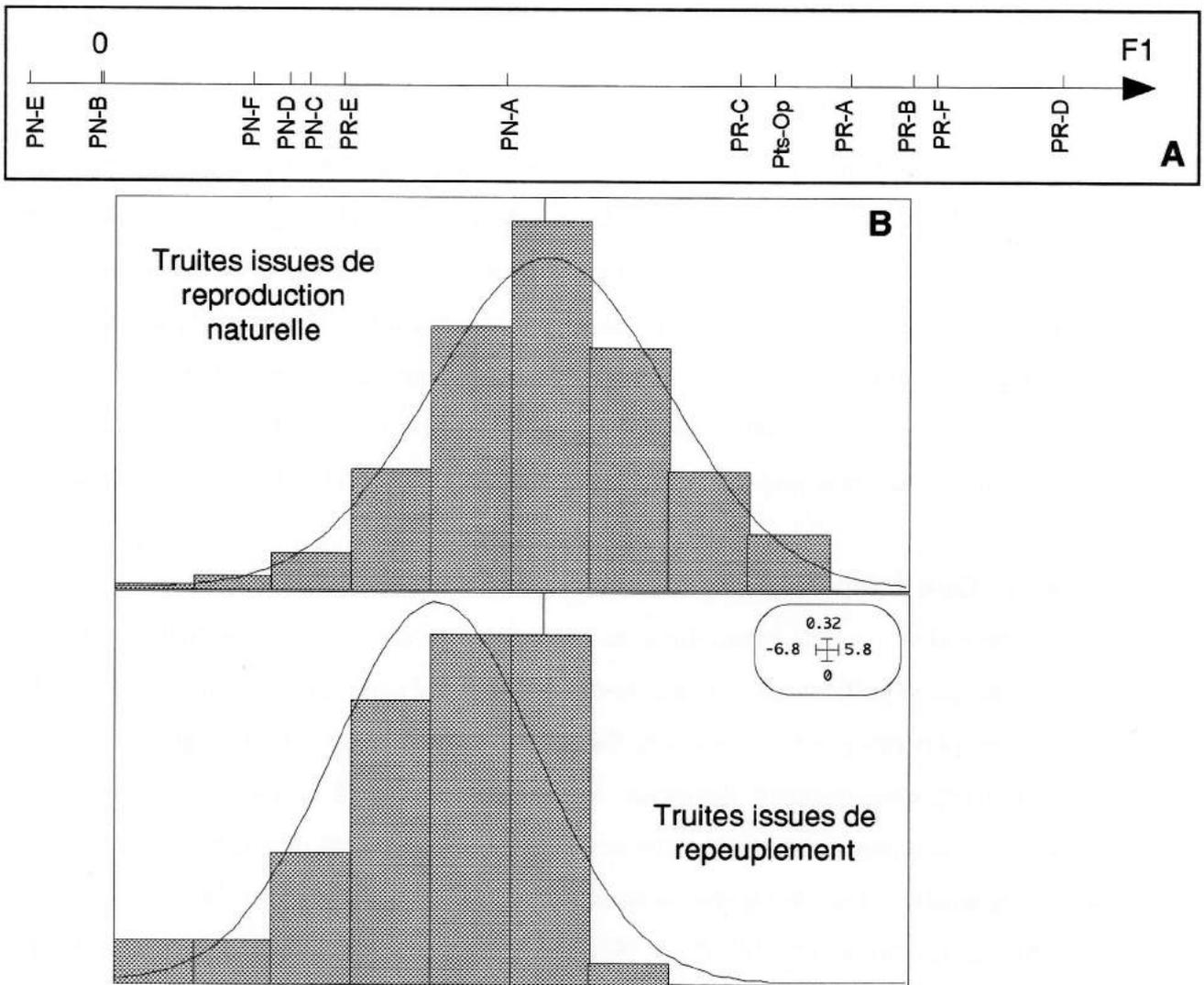


Fig. 7 : Analyse en composante principale inter-provenance des truites

A : coordonnées des variables sur l'axe F1

B : distribution, en fonction de leur provenance, des coordonnées des individus sur l'axe F1 de l'analyse

résultats trouvés jusqu'à présent (truites du bassin Neste bien ponctuées et notamment de rouge).

- Le ruisseau de Port-Bielh.

Trois stations ont été échantillonnées sur ce ruisseau. La morphologie des truites sur ces 3 stations n'est pas très homogène mais reste globalement cohérente avec le type Neste. La station Port-Bielh 3 se distingue nettement des deux autres. Les truites de cette station sont assez peu ponctuées de noir et proportionnellement bien ponctuées de rouge, elles sont de plus très homogènes entre elles. Les truites des stations Port-Bielh 1 et 2 sont proportionnellement plus ponctuées de noir et moins homogènes entre elles (influence des lacs repeuplés – influence de l'altitude plus élevée comme pour le Garet, l'Aspé ou le Campbiel ? nous y reviendrons dans la discussion).

5. Truites de repeuplement et truites « sauvages »

L'inertie de l'analyse inter « provenance » du jeu de données ponctuation représente 1.3 % de l'inertie globale du jeu de données. Ceci est hautement significatif (test par permutations $p < 0.001$).

Toute l'information de cette analyse est résumée par un seul axe (F1). Cet axe est formé par les variables de ponctuation rouge et par la variable « ponctuation sur l'opercule » (fig. 7A).

Les truites déversées sont significativement moins ponctuées de rouge et possèdent moins de points sur l'opercule que les truites « sauvages » (fig. 7B).

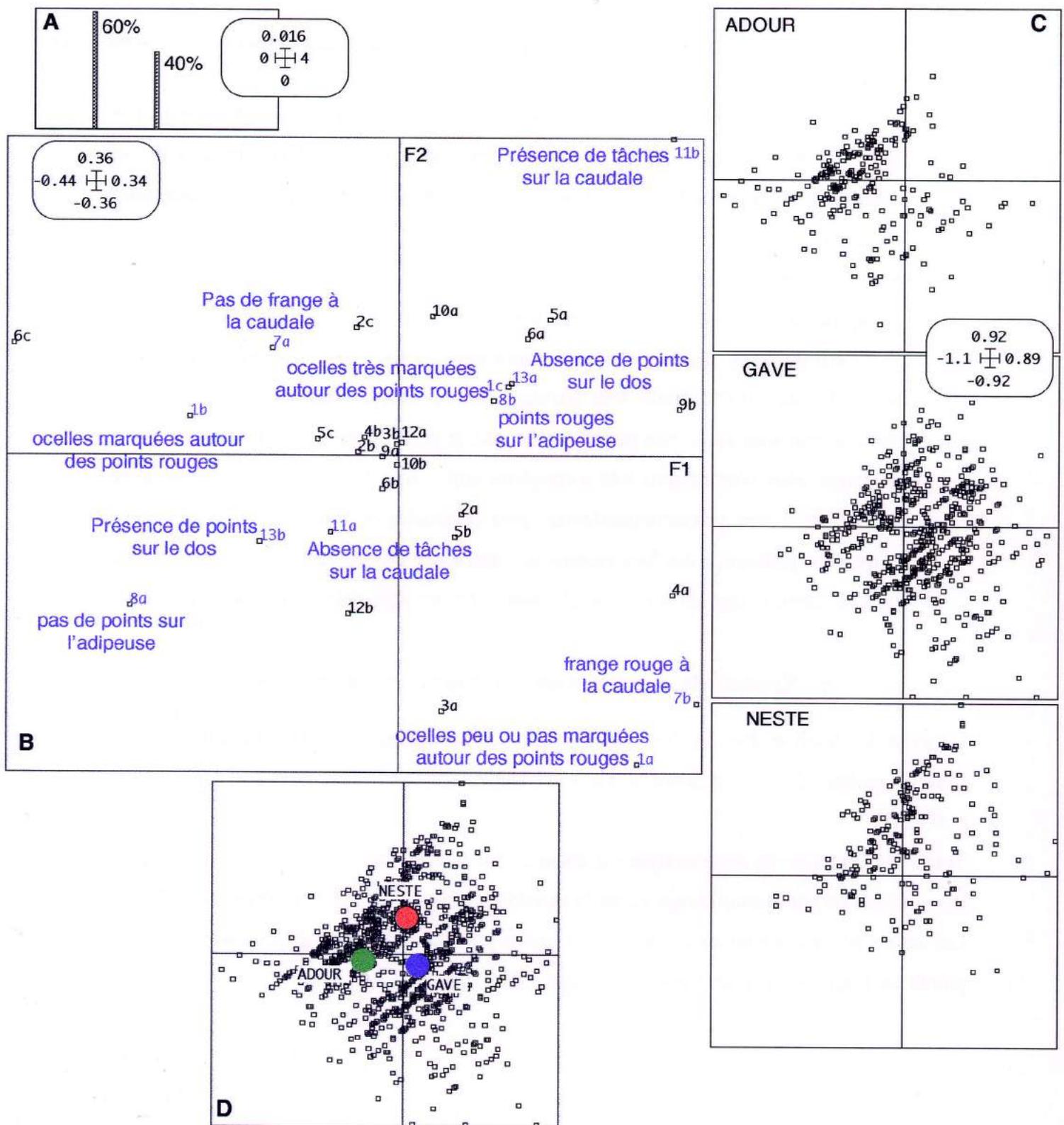


Fig. 8 : Analyse des correspondances multiples inter-bassins versant

A : graphe des valeurs propres

B : représentation des variables dans le plan F1F2

C : représentation, en fonction de leur bassin versant d'origine, des individus dans le plan F1F2 de l'analyse

D : représentation des individus dans le plan F1F2 de l'analyse, moyenne des coordonnées des truites de bassin versant sur les axes F1 et F2

B. Caractères ornementaux qualitatifs

1. Echelle des bassins versants

L'inertie de l'analyse inter bassin versant du jeu de données caractères ornementaux qualitatifs représente 2 % de l'inertie globale du jeu de données. Ceci est hautement significatif (test par permutations $p < 0.001$).

Toute l'information de cette analyse est synthétisée sur les deux axes (F1 : 60 % ; F2 : 40 %). Ces deux axes sont formés principalement par les variables 1, 7, 8, 11 et 13. C'est à dire par la présence d'ocelles plus ou moins marquées autour des points rouges, la présence ou non d'une frange rouge à la caudale, de points sur l'adipeuse, de tâche sur la caudale et de points sur le dos (fig. 8B).

Les truites du bassin versant de l'Adour ont tendance à avoir fréquemment des ocelles marquées autour des points rouges, ainsi que des points noirs sur le dos. Par contre, elles ont moins fréquemment une frange rouge à la caudale et des points sur l'adipeuse. Les truites du Gave ont fréquemment une frange caudale rouge et des ocelles peu marquées autour des points rouges. Les truites de la Neste se caractérisent fréquemment par une absence de points sur le dos et par contre une présence fréquente de tâche sur la caudale (fig. 8C et 8D).

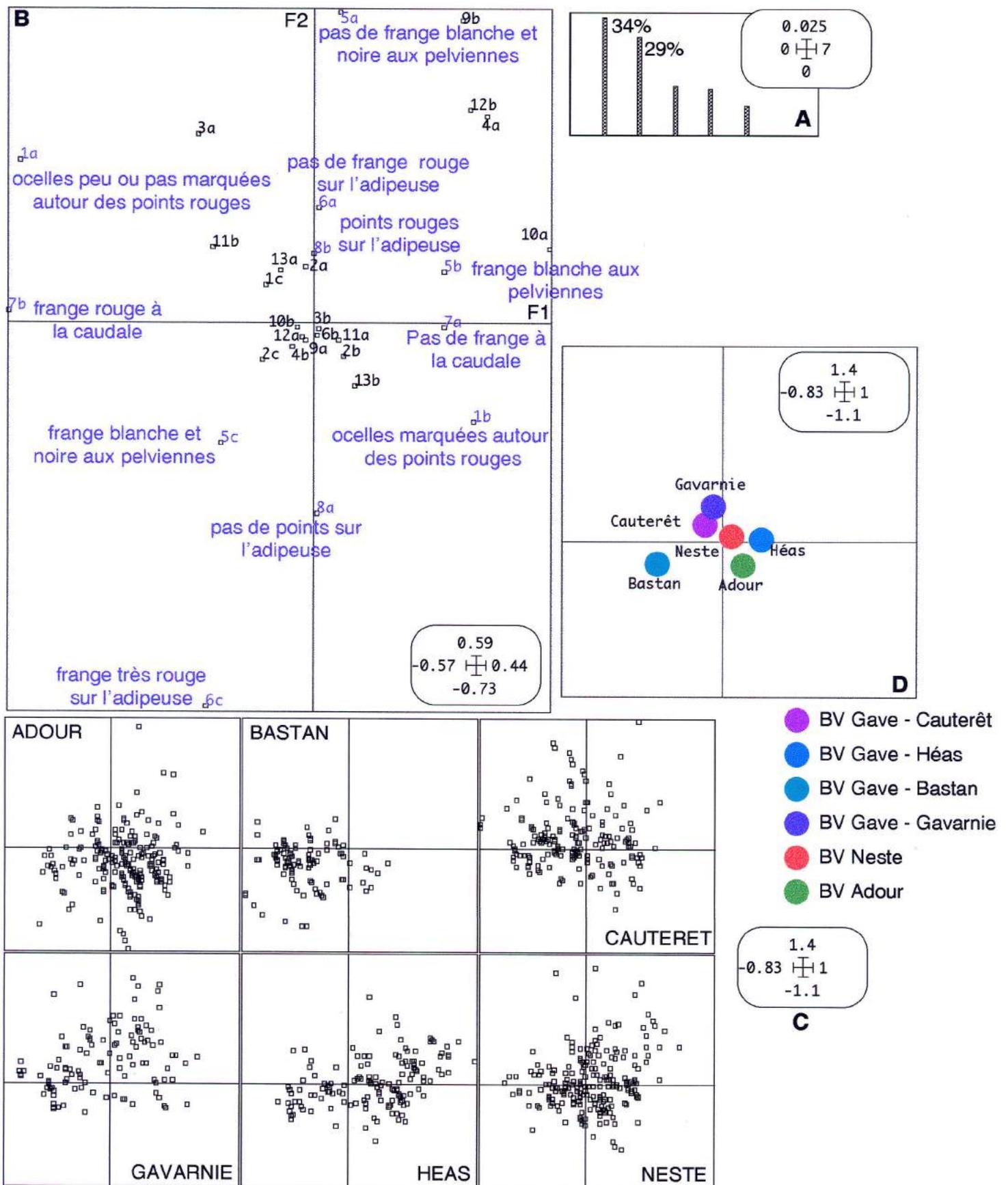


Fig. 9 : Analyse des correspondances multiples inter sous bassins versant

A : graphe des valeurs propres

B : représentation des variables dans le plan F1F2

C : représentation, en fonction de leur sousbassin versant d'origine, des individus dans le plan F1F2 de l'analyse

D : représentation des individus dans le plan F1F2 de l'analyse, moyenne des coordonnées des truites de chaque sous bassin bassin versant sur les axes F1 et F2 de l'analyse

2. Echelle des sous-bassins versants

L'inertie de l'analyse inter sous-bassin versant du jeu de données caractères ornementaux qualitatifs représente 5,4 % de l'inertie globale du jeu de données. Ceci est hautement significatif (test par permutations $p < 0.001$).

L'essentiel de l'information contenue dans cette analyse est synthétisée par les deux premiers axes (F1 : 34 % ; F2 : 29 %).

L'axe F1 est formé principalement par les variables 1 et 7, c'est à dire par la présence ou non d'ocelles plus ou moins marquées autour des points rouges et par la présence ou non de frange à la caudale. L'axe F2 est formé principalement par les variables 5, 6 et 8, c'est à dire par la présence ou non de frange blanche et noire aux pelviennes, de frange rouge à l'adipeuse et par la présence ou non de points sur l'adipeuse (fig. 9B).

Par rapport à l'analyse inter bassin versant, cette analyse apporte des précisions quant aux caractères ornementaux qualitatifs des truites du Gave. Nous avons vu précédemment que ces dernières possédaient plus fréquemment une frange caudale rouge et des ocelles peu marquées autour des points rouges que les truites de l'Adour et de la Neste. A l'échelle des sous-bassins, la distinction est nette, chez les truites du Gave, le long de l'axe F1, entre celles du Bastan (fréquente frange rouge à la caudale, ocelles autour des points rouges peu marquées) et celles d'Héas (frange rouge à la caudale moins fréquente et ocelles marquées autour des points rouges). Le long de l'axe 2, ce sont les truites de Gavarnie et du Bastan qui se distinguent. Celles du Bastan présentent souvent une frange blanche et noire aux nageoires pelviennes et peu fréquemment des points sur l'adipeuse. Celles de Gavarnie, au contraire, montrent peu fréquemment une frange blanche et noire aux nageoires pelviennes (liseré plus souvent simplement blanc) et fréquemment des points sur l'adipeuse (fig. 9C et 9D).

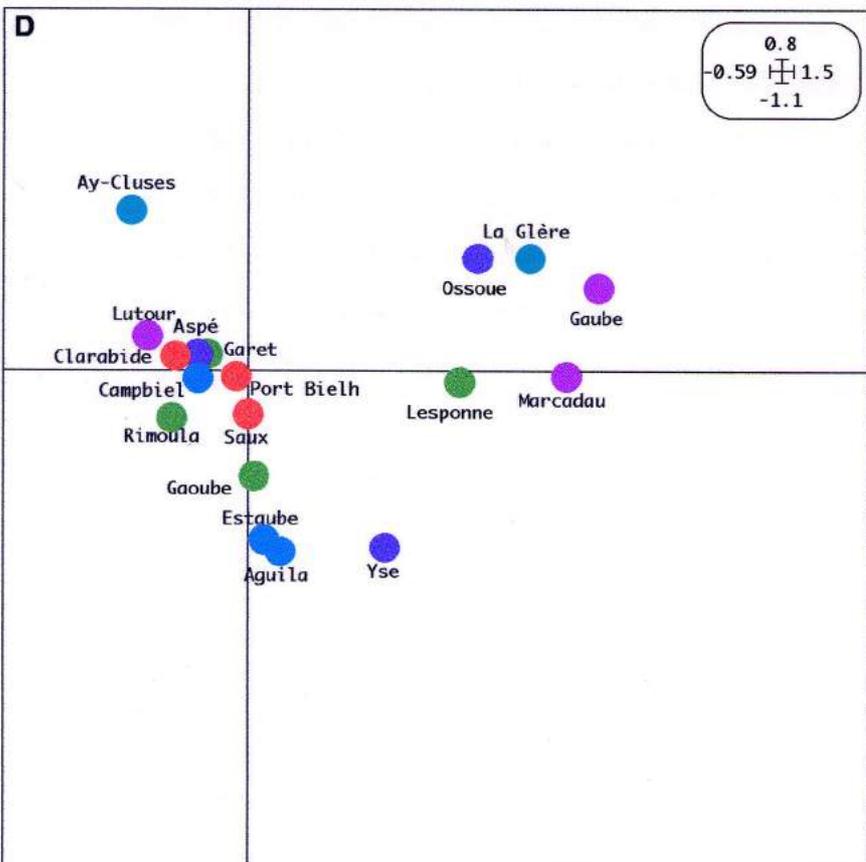
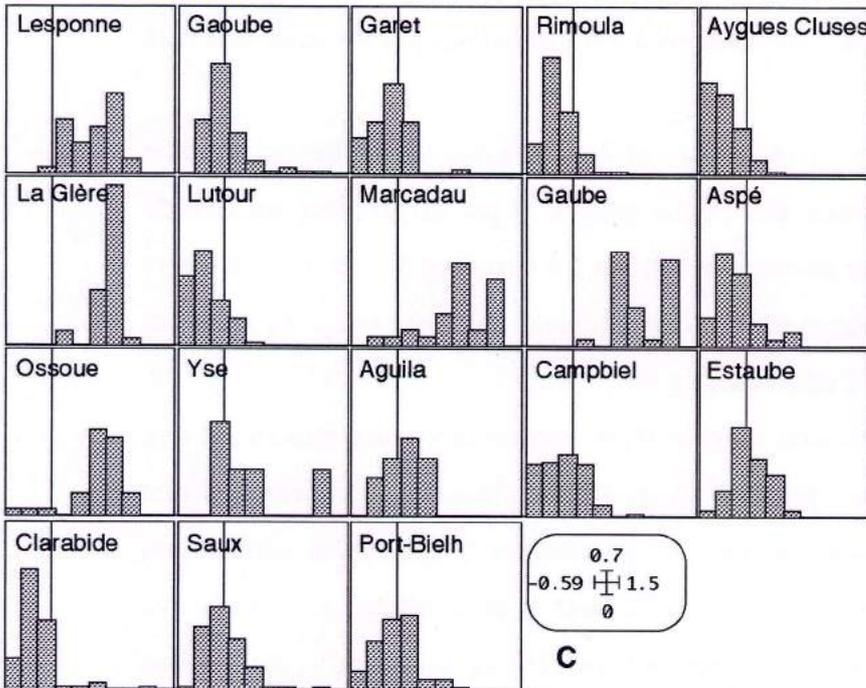
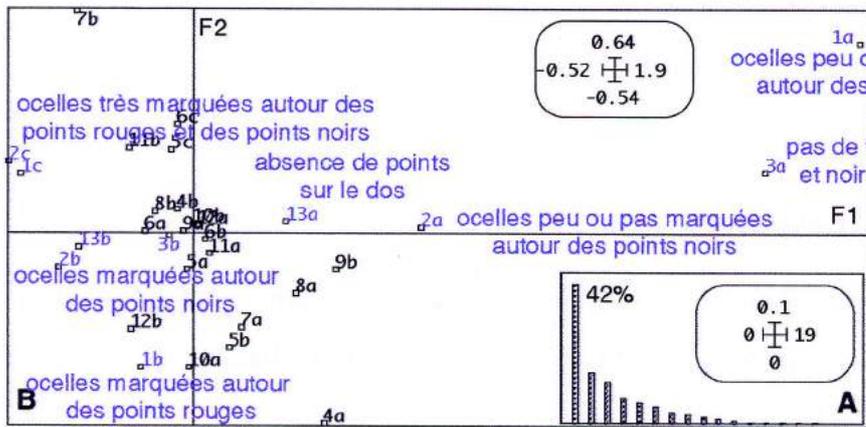


Fig. 10 : Analyse des correspondances multiples inter rivière

A : graphe des valeurs propres

B : représentation des variables dans le plan F1F2

C : distribution des coordonnées des individus sur l'axe 1 de l'analyse, en fonction de leur rivière d'origine

D : représentation des individus dans le plan F1F2 de l'analyse, moyenne des coordonnées des truites de chaque rivière sur les axes F1 et F2 de l'analyse

- BV Gave - Cauterét
- BV Gave - Héas
- BV Gave - Bastan
- BV Gave - Gavarnie
- BV Neste
- BV Adour

3. Echelle des rivières

L'inertie de l'analyse inter rivière du jeu de données caractères ornementaux qualitatifs représente 17 % de l'inertie globale du jeu de données. Ceci est hautement significatif (test par permutations $p < 0.001$).

L'essentiel de l'information contenue dans cette analyse est synthétisée par le premier axe (F1 : 42 %).

L'axe F1 est formé principalement par les variables 1, 2, 3 et 13, c'est à dire par la présence ou non d'ocelles plus ou moins marquées autour des points rouges, autour des points noirs, par la présence ou non d'une frange blanche et noire à la dorsale et par la présence ou non de points sur le dos (fig. 10B).

Du côté négatif de l'axe 1 se trouvent des poissons possédant des ocelles marquées, une frange blanche et noire marquée à la dorsale et pas de points sur le dos, les poissons d'Aygues-cluses présentent en moyenne le plus fréquemment ces caractères. Du côté positif de l'axe 1 se situent les truites n'ayant pas d'ocelles ou des ocelles peu marquées autour des points noirs et rouges, une frange dorsale blanche ou carrément pas de frange dorsale et des points sur le dos. Les truites du ruisseau du lac de Gaube, du Marcadau présentent en moyenne le plus fréquemment ces caractères, suivies de celles de la Glère, d'Ossoue et de Lesponne (fig. 10C et 10D).

4. Echelle des stations

L'inertie de l'analyse inter station du jeu de données caractères ornementaux qualitatifs représente 26 % de l'inertie globale du jeu de données. Ceci est hautement significatif (test par permutations $p < 0.001$)⁴.

L'essentiel de l'information contenue dans cette analyse est synthétisée par le premier axe (F1 : 31 %).

Cet axe est formé par les mêmes variables que précédemment et l'interprétation des résultats est exactement la même que pour l'analyse à l'échelle des cours d'eau, à savoir une distinction le long de cet axe F1 des truites du ruisseau du lac de Gaube, du Marcadau, de la

⁴ Nous avons choisi de ne pas présenter la figure illustrant cette analyse car elle est quasiment identique à la figure 10, avec simplement une multiplication des points représentant les stations.

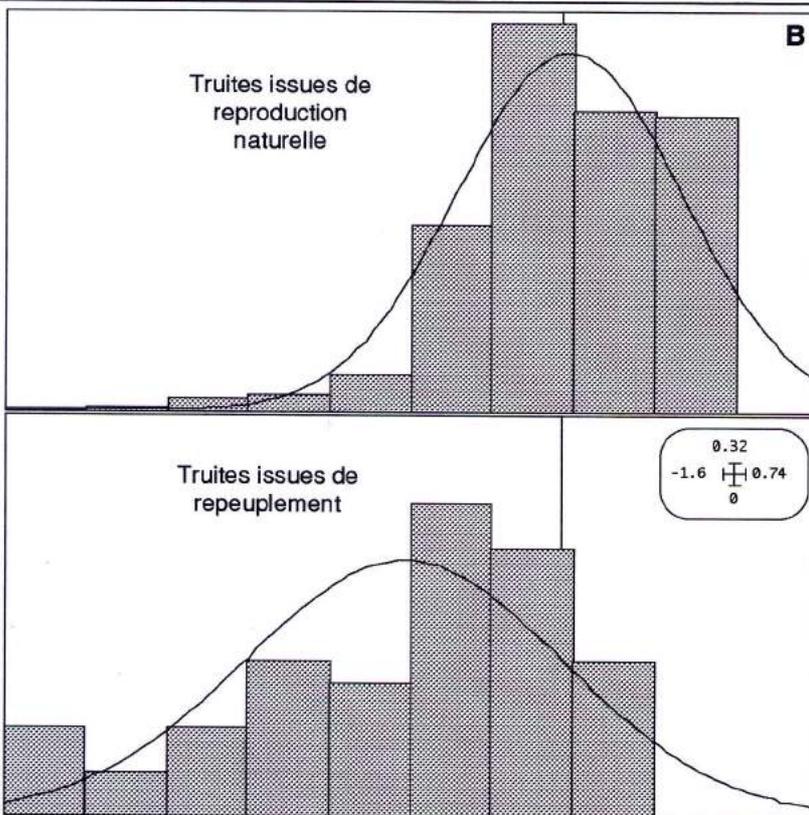
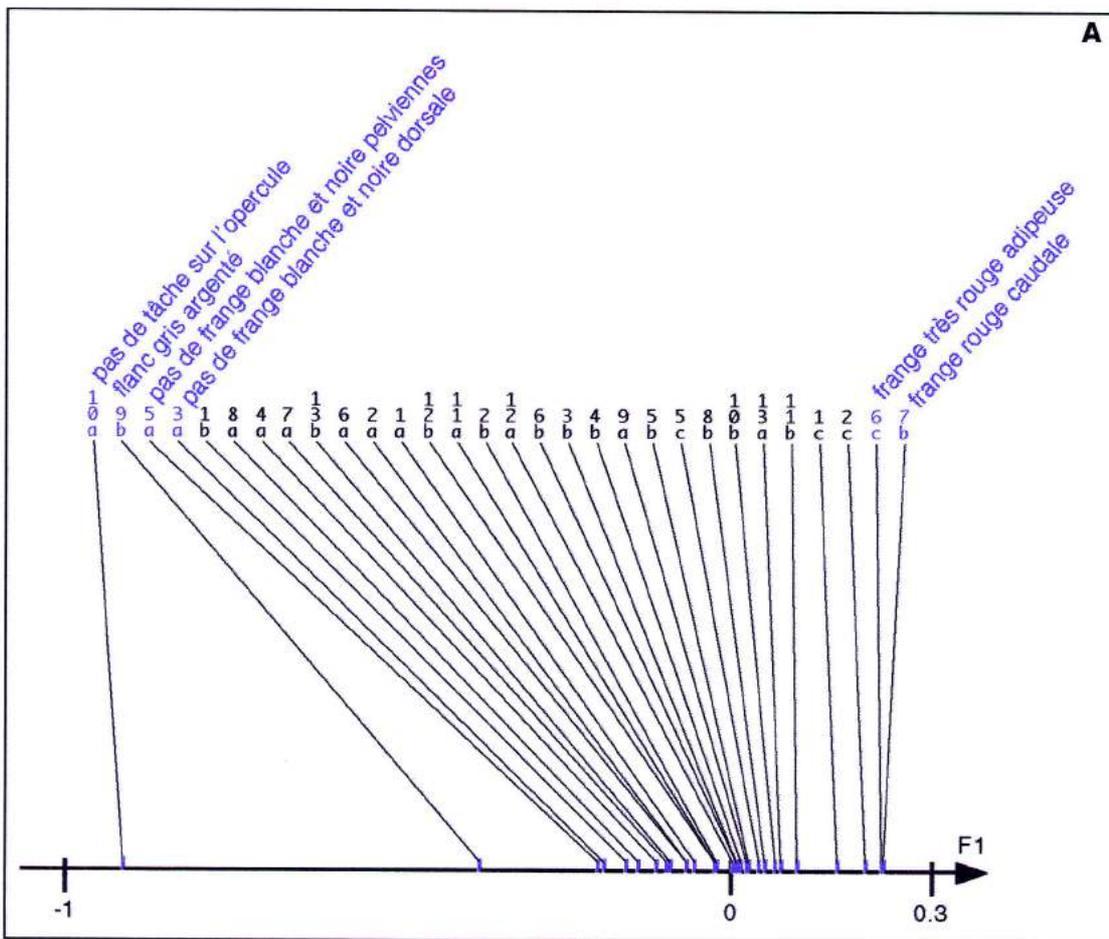


Fig. 11 : Analyse des correspondances multiples inter-provenance des truites
 A : coordonnées des modalités des variables sur l'axe F1
 B : distribution, en fonction de leur provenance, des coordonnées des individus sur l'axe F1 de l'analyse

Glère, du Gave d'Ossoue et de l'Adour de Lesponne, pour lesquelles nous ne disposons dans l'échantillonnage que d'une station par cours d'eau. En ce qui concerne les autres stations analysées, on notera simplement leur homogénéité entre elles pour un même cours d'eau au niveau de ces caractères ornementaux qualitatifs.

5. Truites de repeuplement et truites « sauvages »

L'inertie de l'analyse inter « provenance » du jeu de données caractères ornementaux qualitatifs représente 0.9 % de l'inertie globale du jeu de données. Ceci est hautement significatif (test par permutations $p < 0.001$).

Toute l'information de cette analyse est résumée par un seul axe (F1). Cet axe est formé par les variables 3, 5, 6, 7, 9 et 10, c'est à dire par la présence ou non de frange blanche et noire aux nageoires pelviennes et dorsale, de frange rouge marquée à l'adipeuse et à la caudale, par la présence ou non de la tâche sur l'opercule et enfin par la couleur des flancs du poisson (présence de dépôts gris argentés ou non) (fig. 11A).

Les truites d'alevinage présentent plus fréquemment une couleur de flanc argentée que les truites sauvages. Elles ont par contre plus rarement que les truites sauvages des liserés blanc et noir nets aux nageoires pelviennes et dorsale, une frange rouge marquée à l'adipeuse et à la caudale et présentent plus fréquemment un opercule sans tâche operculaire (fig. 11B).

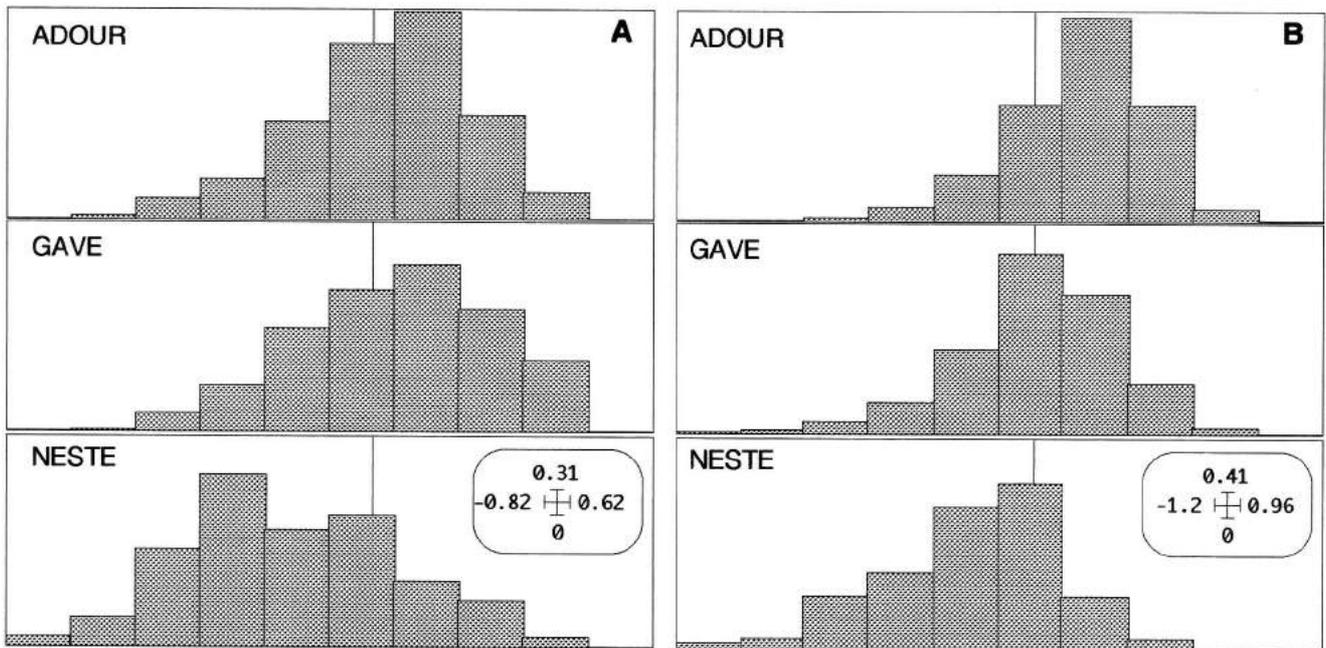


Fig. 12 : distribution des résidus de la relation longueur totale des poissons - taille des plus gros points en fonction des bassins versant d'origine des truites
A : points rouges B : points noirs

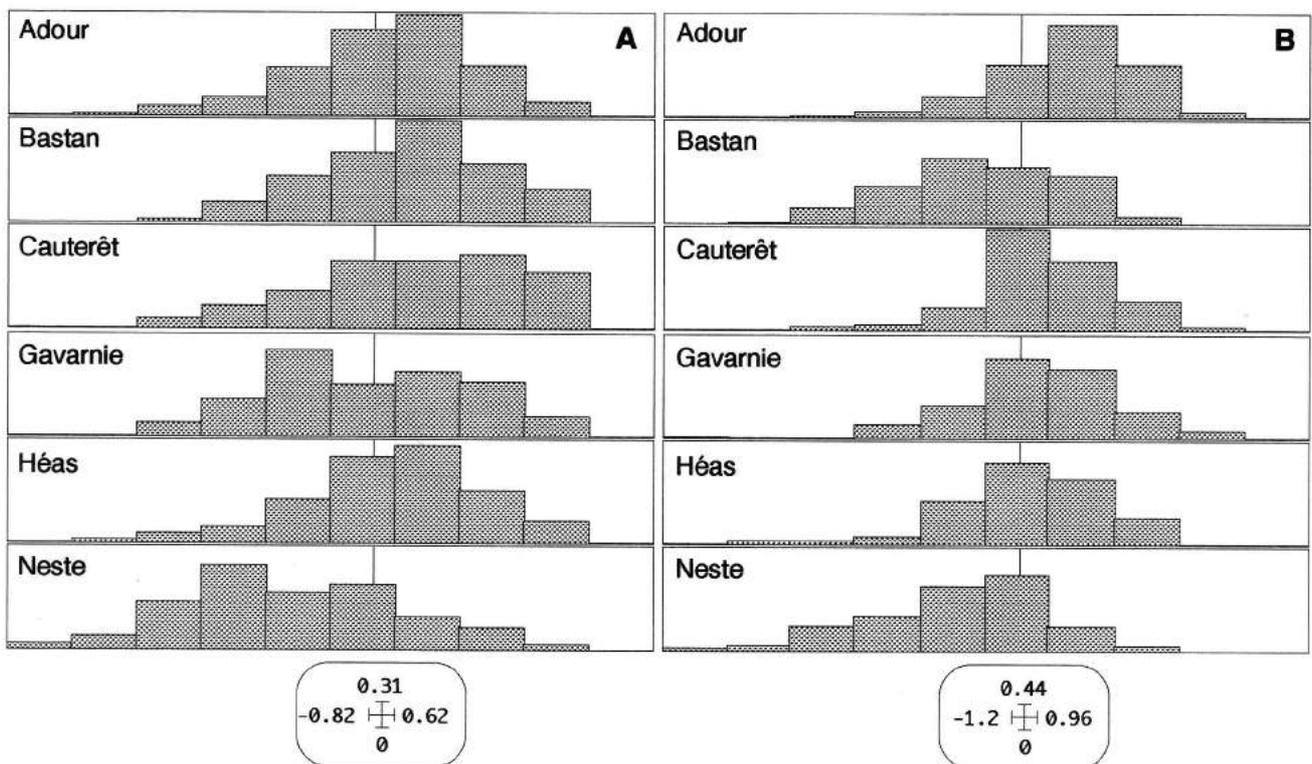


Fig. 13 : distribution des résidus de la relation longueur totale des poissons - taille des plus gros points en fonction des sous bassins versant d'origine des truites
A : points rouges B : points noirs

C. Taille des points

1. Echelle des bassins versants

La variation de la taille des points est très significative à l'échelle des bassins versants (ANOVA1, $p < 0.001$).

Les truites du bassin Neste possèdent de petits points rouges par rapport aux truites du Gave et de l'Adour (fig. 12A).

Il existe un gradient de taille de points noirs entre les 3 bassins allant des truites aux plus gros points noirs de l'Adour aux truites aux plus petits points noirs de la Neste (fig. 12B).

2. Echelle des sous-bassins versants

La variation de la taille des points est très significative à l'échelle des sous-bassins versants (ANOVA1, $p < 0.001$).

En ce qui concerne la ponctuation rouge, on pourra noter, par rapport à l'analyse précédente, l'originalité, à l'intérieur du bassin Gave, des truites du sous-bassin Gavarnie à petits points rouges se rapprochant des truites de la Neste (fig. 13A).

Pour le diamètre des points noirs, ce sont cette fois les truites du Bastan qui constituent une originalité à l'intérieur du bassin Gave avec des points noirs de petit diamètre (fig. 13B).

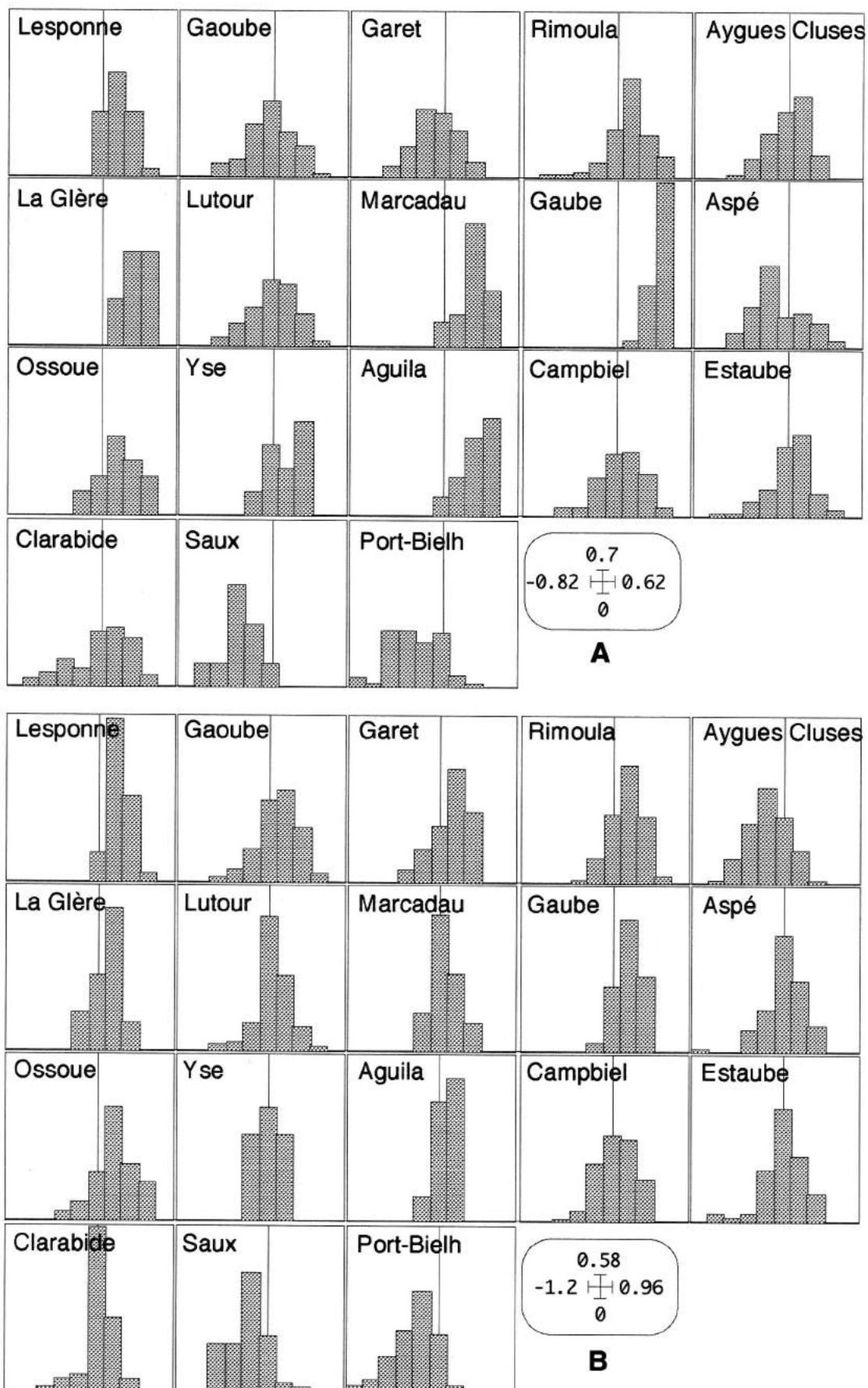


Fig. 14 : distribution des résidus de la relation longueur totale des poissons - taille des plus gros points en fonction des cours d'eau d'origine des truites

A : points rouges B : points noirs

3. Echelle des rivières

La variation de la taille des points est très significative à l'échelle des rivières (ANOVA1, $p < 0.001$).

- Taille des points rouges (fig. 14A)

On n'observe pas, en ce qui concerne la taille des points rouges, de distinction nette entre les truites des rivières du bassin de l'Adour.

Pour le sous-bassin Bastan, les truites d'Aygues-cluses possèdent des points rouges de taille moyenne alors que les truites de la Glère possèdent de gros points rouges.

Pour le sous-bassin Cauterets, les truites du Lutour possèdent des points rouges de taille moyenne alors que les truites du Marcadau et du ruisseau du Lac de Gaube présentent de gros points rouges.

Pour le sous-bassin Gavarnie, les truites du Gave d'Aspé ont de petits points rouges, alors que les truites du Gave d'Ossoue ou de l'Yse (pisciculture) présentent de plus gros points rouges.

Pour le sous-bassin Héas, les truites de l'Aguila (pisciculture) présentent de gros points rouges alors que les truites du Campbiel et du Gave d'Estaube ont des points rouges de taille moyenne.

Sur le bassin Neste, on peut constater une variation entre les truites de la Neste de Clarabide aux points rouges moyens (sous-bassin Louron) et les truites de la Neste de Saux et du ruisseau du Port-Bielh aux petits points rouges.

- Taille des points noirs (fig. 14B)

On n'observe pas, en ce qui concerne la taille des points noirs, de distinction nette entre les truites des rivières du bassin de l'Adour, de la Neste et des sous-bassins Cauterets, Gavarnie et Héas. Pour le sous-bassin Bastan, en revanche, les truites d'Aygues-cluses présentent des points noirs de petite taille alors que les truites de la Glère possèdent de plus gros points noirs.

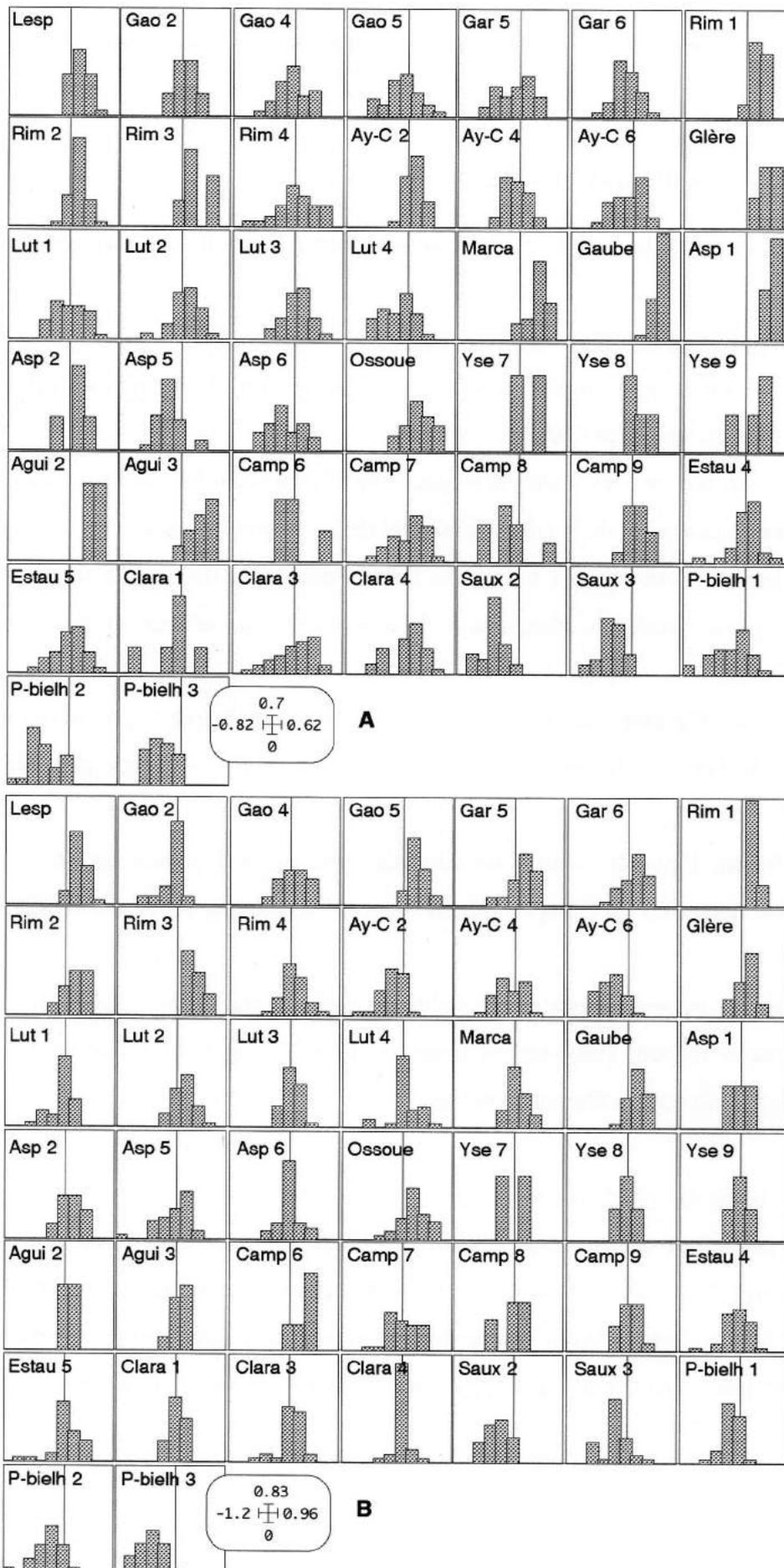


Fig. 15 : distribution des résidus de la relation longueur totale des poissons - taille des plus gros points en fonction des stations d'origine des truites
 A : points rouges B : points noirs

4. Echelle des stations

La variation de la taille des points est très significative à l'échelle des stations (ANOVA1, $p < 0.001$).

Par rapport à l'analyse précédente à l'échelle des rivières, on pourra noter ici, essentiellement en ce qui concerne la taille des points rouges, que sur la Gaoube, le Rimoula et le Gave d'Aspé, certaines stations sont originales. Ainsi les truites des stations Gao 2 (par rapport à Gao 4 et Gao 5), Rim 1 voir Rim 2 (par rapport à Rim 4) et Asp 1 voir Asp 2 (par rapport à Asp 5 et Asp 6) présentent de plus gros points rouges (fig. 15 A). Ces mêmes stations ont des populations de truites en partie ou totalement issues d'alevinages.

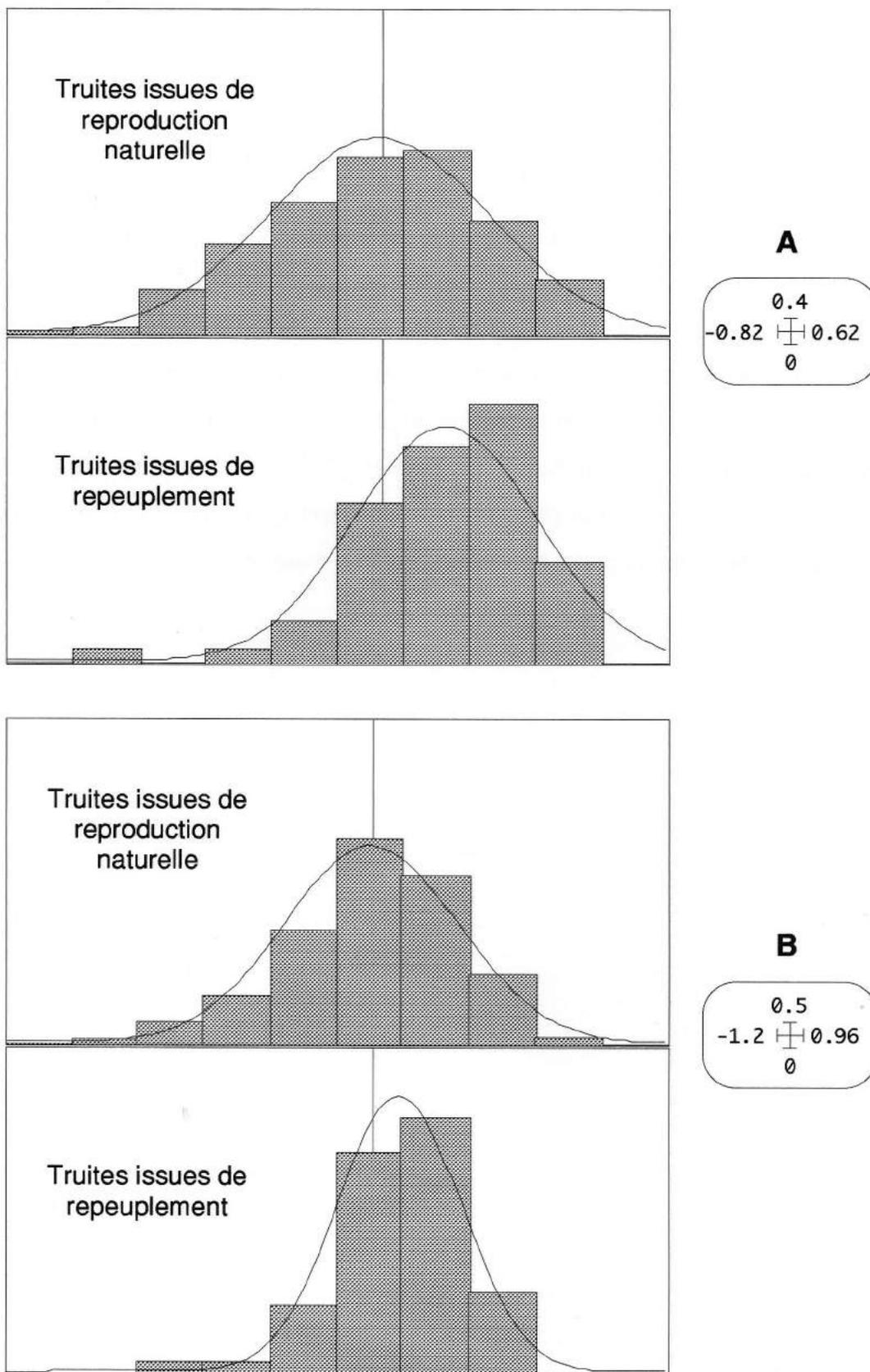


Fig. 16 : distribution des résidus de la relation longueur totale des poissons - taille des plus gros points en fonction de l'origine des truites (reproduction naturelle ou pisciculture)
 A : points rouges B : points noirs

5. Truites de repeuplement et truites « sauvages »

La variation de la taille des points rouges entre truites issues de la reproduction naturelle et truites issues de repeuplement est très significative (ANOVA1, $p < 0.001$). La variation de la taille des points noirs est quant à elle significative (ANOVA1, $p < 0.05$).

Les truites d'alevinage possèdent en moyenne des points rouges et des points noirs plus gros que les truites sauvages (fig. 16A, 16B).

IV. SYNTHÈSE-DISCUSSION

La variabilité de la morphologie des truites des cours d'eau de montagne du département des Hautes-Pyrénées que nous avons pu analyser jusqu'à présent s'organise suivant deux logiques : une logique « naturelle » biogéographique et une logique « intervention humaine ».

A. Logique naturelle

La morphologie des truites varie de manière très significative en fonction des quatre échelles d'espace géographique que nous avons testé (bassin versant, sous-bassin, rivière et station), avec deux niveaux clés : le bassin-versant et la rivière (fig. 17).

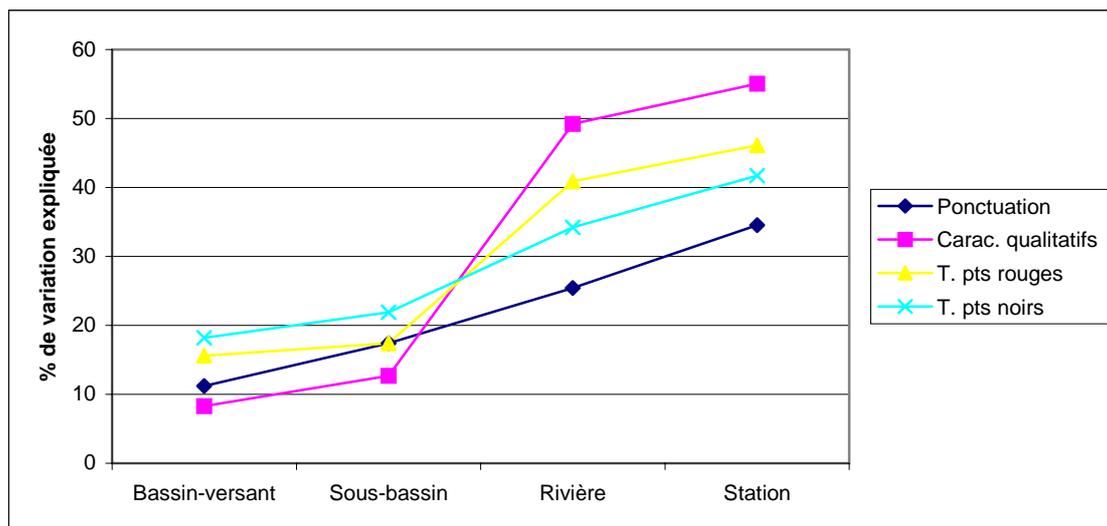


Fig. 17 : Pourcentage de la variabilité morphologique totale des truites analysées expliquée par les différentes échelles géographiques.

A la suite de cette première analyse, nous pouvons ainsi reconnaître six morphotypes de truites « sauvages » dans les cours d'eau de montagne des Hautes-Pyrénées : les morphotypes « Adour », « Neste », « Gave moyen », « la Glère », « Gaube » et « Lutour » (voir fig.18⁵).

⁵ Avertissement : les morphotypes que l'on décrit sont le fruit de moyennes statistiques d'un grand nombre de données. Nous essayons de les illustrer au mieux par des poissons qui représentent dans l'ensemble assez fidèlement ces valeurs moyennes mais il est très rare de retrouver toutes les caractéristiques décrites sur un seul poisson...

Fig 18 : Localisation géographique des principaux morphotypes identifiés



Morphotype moyen Gave



Morphotype Adour



Morphotype Gaube



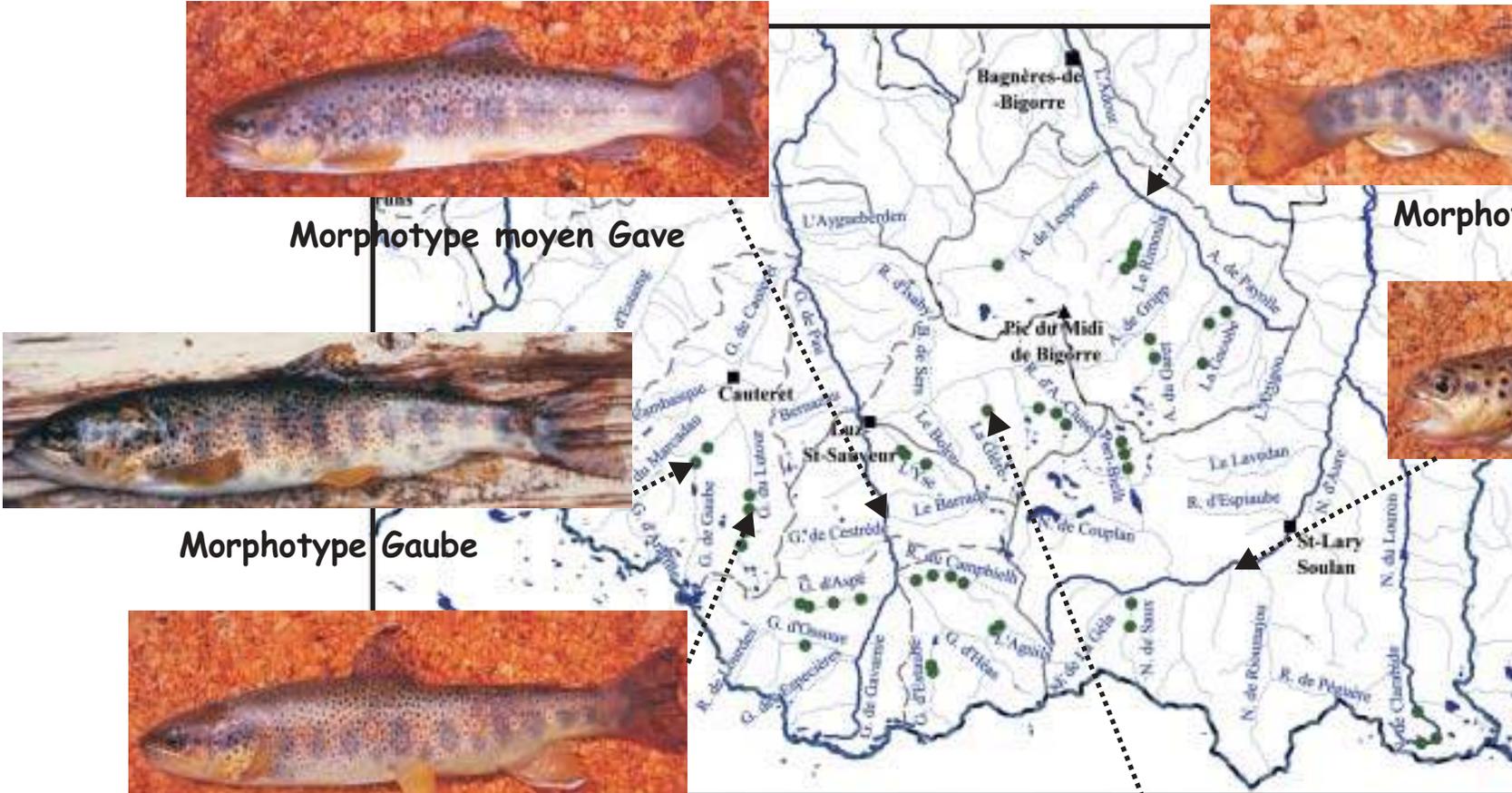
Morphotype Neste



Morphotype Lutour



Morphotype La Glère



1. Morphotype « Adour »

Les truites du bassin-versant Adour sont **moyennement ponctuées de gros points noirs et peu ponctuées de rouge, notamment dans la partie antéro inférieure du flanc**. Elles présentent pratiquement toujours un liseré blanc et noir aux nageoires dorsale et anale. Cette frange blanche et noire est également fréquente aux pelviennes. L'adipeuse est très fréquemment (8 fois sur 10) bordée de rouge et une fois sur deux, ces truites de l'Adour présentent des points sur cette adipeuse. La tâche operculaire est quasiment toujours présente. Berrebi (1997) puis Aurelle (1999) avaient identifié les truites de l'Adour de Lesponne comme étant des poissons « sauvages atlantiques modernes ». Le morphotype « Adour » comprenant ces truites de Lesponne correspond très probablement à ce groupe génétique de poissons.

2. Morphotype « Neste »

Les truites du bassin-versant Neste sont **moyennement ponctuées de petits points noirs et bien ponctuées de points rouges**⁶. Elles présentent pratiquement toujours un liseré blanc et noir aux nageoires dorsale et anale. Cette frange blanche et noire est également fréquente aux pelviennes. L'adipeuse est très fréquemment bordée de rouge et **ponctuée** (8 fois sur 10). La tâche operculaire est quasiment toujours présente. Ces truites de la Neste présentent aussi **assez souvent (1 fois sur 3) des tâches sur la caudale**.

Le cas du bassin du Gave

Sur le bassin du Gave, on rencontre quatre morphotypes de truites. Trois sont très particuliers et très localisés (morphotype « La Glère », « Lutour » et « Gaube »). Le quatrième (« Gave moyen ») est intermédiaire entre le morphotype « Adour » et le morphotype « Neste » et se rencontre sur l'ensemble des cours d'eau du Gave échantillonnés jusqu'à présent, en dehors donc du haut bassin de Cauterets et du ruisseau de la Glère.

⁶ En ce qui concerne la taille des points, nous pouvons garder en mémoire sur ce bassin une différence entre les truites du sous-bassin Louron (points rouges de taille moyenne) et celles du sous-bassin Aure (points rouges plus petits).

3. Morphotype « Gave moyen »

Ce morphotype est intermédiaire entre « Adour » et « Neste ». Ces truites **sont moyennement ponctuées de noir (points noirs de taille moyenne), comme de rouge**. Les critères qualitatifs qu'elles présentent sont classiques, frange blanche et noire très fréquente à l'anale et à la dorsale, assez fréquente aux pelviennes, mais elles présentent aussi **une frange rouge à la caudale** (1 fois sur 3), **des points sur l'adipeuse** (4 fois sur 5) et des tâches sur la caudale (1 fois sur 5).

4. Morphotype « La Glère ».

Les truites du ruisseau de la Glère sont originales car elles **possèdent très peu de points noirs (en moyenne moins de 10 sur tout le flanc)**. Les points rouges en nombre moyen sont de grande taille. Les critères ornementaux qualitatifs sont très classiques (franges blanches et noires aux nageoires dorsale, anale et pelviennes, frange rouge à l'adipeuse, tâche operculaire constante). Un poisson sur trois montre également une frange rouge à la caudale.

L'originalité morphologique de ces poissons recoupe pleinement leur originalité génétique (poissons sauvages intermédiaires entre la forme atlantique moderne et la forme atlantique ancestrale) mise en évidence par Berrebi en 1997.

5. Morphotype « Lutour »

Les truites du Lutour sont **très ponctuées de noirs comme de rouge**. Les points rouges sont de petite taille. Les critères ornementaux classiques se retrouvent chez ces truites (frange blanche et noire fréquente à l'anale et à la dorsale, assez fréquente aux pelviennes) avec toutefois des particularités à noter comme **une frange rouge à la caudale très souvent présente** (1 fois sur 2), **des points sur l'adipeuse quasiment toujours présents** et des tâches sur la caudale (1 fois sur 5).

6. Morphotype « Gaube »

Ces truites du ruisseau du Lac de Gaube **sont très ponctuées de points rouges plus gros (à taille de poisson égale) que chez les truites du Lutour**. Les critères ornementaux de ces truites sont également particuliers car **fréquemment ces poissons n'ont pas de frange**

blanche et noire à la dorsale, à l'anale ou aux pelviennes. Ils ont par contre une frange rouge et des points sur l'adipeuse. Un poisson sur cinq montre une frange rouge à la caudale et un sur trois possède des tâches sur cette caudale.

Ici encore, originalité morphologique et génétique (poissons porteurs de gènes ancestraux méditerranéens) se recoupe pleinement (voir Berrebi,1997).

7. Un ancêtre ponctué en altitude ?

En plus de ces six morphotypes correspondant à des bassins versants, des sous-bassins ou des rivières, nous avons pu remarquer au cours de nos analyses que pratiquement à chaque fois que nous disposions d'un transect altitudinal sur un cours d'eau, avec plusieurs stations d'étude morphologique de l'amont vers l'aval, les poissons des stations altitudinalement les plus hautes étaient en moyenne plus ponctués que les poissons des stations les plus basses (ceci à condition que dans les différentes stations, les truites puissent boucler leur cycle biologique). Cette différence moyenne de ponctuation tient au fait qu'un certain nombre d'individus très ponctués (de deux types différents ; voir photographies ci-dessous) vivent dans les stations amont et **ce quel que soit le bassin versant du cours d'eau (Adour, Gave ou Neste).**



Ces individus se retrouvent également dans les stations aval mais en nombre moindre d'où la différence de ponctuation moyenne. (fig. 19).

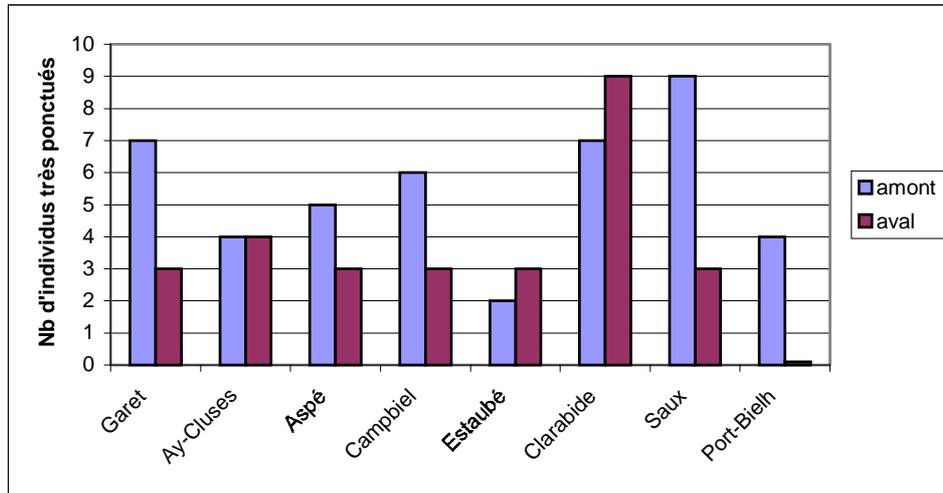


Fig. 19 : Nombre d'individus fortement ponctués (plus de 100 points sur le flanc) dans les parties amont et aval des cours d'eau étudiés

Ainsi, par exemple, sur l'Adour du Garet, 7 truites sur les 15 échantillonnées à la station Gar 5 (1530 m d'altitude, limite de fonctionnement de la population de truites sur ce cours d'eau, voir Delacoste *et al.* 2002) sont de type « très ponctuées », alors qu'à la station Gar 6, à 1320 m d'altitude, dans une population qui fonctionne normalement, ces truites « très ponctuées » ne sont plus que 3 (sur 30 poissons échantillonnés), les autres poissons ayant une morphologie moyenne de type « Adour ».

Ce schéma se retrouve clairement sur le Campbiel ou sur la Neste de Saux (revoir fig.19), donc sur les trois grands bassins versants du département (Neste, Adour et Gave).

Il semble donc qu'un morphotype (au moins et vraisemblablement deux) de truites très ponctuées existe en altitude, et quel que soit le bassin versant, dans les cours d'eau des Hautes-Pyrénées.

Peut-il s'agir de poissons ancestraux repoussés plus haut par de nouveaux arrivants, à la manière des scénarios de colonisation évoqués pour les truites de Corse par Berrebi (1995) ?

B. Logique « intervention humaine »

Dans ce premier échantillon de 1010 truites, dont nous avons analysé les variations de ponctuation et de caractères ornementaux, figuraient 56 poissons dont l'origine domestique ne faisait aucun doute.

1. Morphologie des poissons domestiques

Ces poissons domestiques ont pour caractéristiques morphologiques, des points rouges et des points sur l'opercule en nombre inférieur aux poissons « sauvages » des cours d'eau des Hautes-Pyrénées, des points, notamment des points rouges, plus gros (à taille de truites égale) que les poissons « sauvages », une tâche operculaire et des lisérés blancs et noirs aux nageoires anale, dorsale et pelviennes plus fréquemment absents et enfin des flancs assez souvent argentés (voir photographie ci-dessous)



2. Variabilité morphologique : la différence truite sauvage - truite domestique

Dans des ruisseaux de montagne, en tête de bassin versant, la circulation des poissons n'est pas aisée, les affluents sont peu nombreux, les contraintes du milieu sont fortes et identiques pour tout le stock de reproducteur de la population de truite par ailleurs de taille relativement réduite. On imagine assez bien que ces conditions puissent conduire à une certaine homogénéité de la population de truites, homogénéité qui s'exprimera également sur la morphologie des poissons et dans le cas qui nous intéresse notamment sur la ponctuation. Au fur et à mesure que l'on va descendre dans la vallée et que le cours d'eau, va s'élargir, devenir moins pentu, recevoir des affluents, il est raisonnable de penser que la diversité de la

population de truite va grandir (augmentation de la taille du milieu, déplacements plus faciles).

En pisciculture, la situation est très différente. Au moment de la reproduction, **artificielle**, le mélange entre poissons d'origines diverses est intense et en tout état de cause, beaucoup plus important que celui qui pourrait avoir lieu dans un petit cours d'eau du haut bassin du Gave ou de l'Adour. En conséquence de quoi, on a des poissons domestiques très hétérogènes entre eux mais très homogènes d'une pisciculture à l'autre puisque les pratiques sont à peu près les mêmes et les échanges de poissons fréquents. Par contre dans le milieu naturel, on aura plutôt tendance à avoir des poissons qui se ressemblent au sein d'une même population et qui par contre diffèrent assez nettement des poissons de la rivière voisine.

Au cours des repeuplements, on va mettre nos poissons domestiques très différents de l'un à l'autre dans le milieu naturel, dans des ruisseaux de montagne où les truites sauvages se ressemblent beaucoup entre elles pour un même cours d'eau. On va ainsi augmenter artificiellement la diversité de la population de truite. Appliqué à la morphologie des poissons, et plus particulièrement à l'analyse de la ponctuation, ce raisonnement peut nous fournir des outils qui, croisés avec d'autres informations (génétique, dynamique des populations) nous permettront, station par station, d'établir un diagnostic de l'influence des alevinages, dans les cours d'eau étudiés.

Ces outils sont d'une part une mesure quantitative de la variabilité de la ponctuation des truites analysées et d'autre part une image de cette variabilité à comparer à celle des truites de pisciculture.

La mesure quantitative de la variabilité de la ponctuation nous est fournie, pour chaque station analysée, par la surface de l'ellipse contenant 90% des truites dans le plan F1F2 de l'analyse globale (ACP) du jeu de données ponctuation (effet taille éliminé). La figure 20 illustre les résultats obtenus

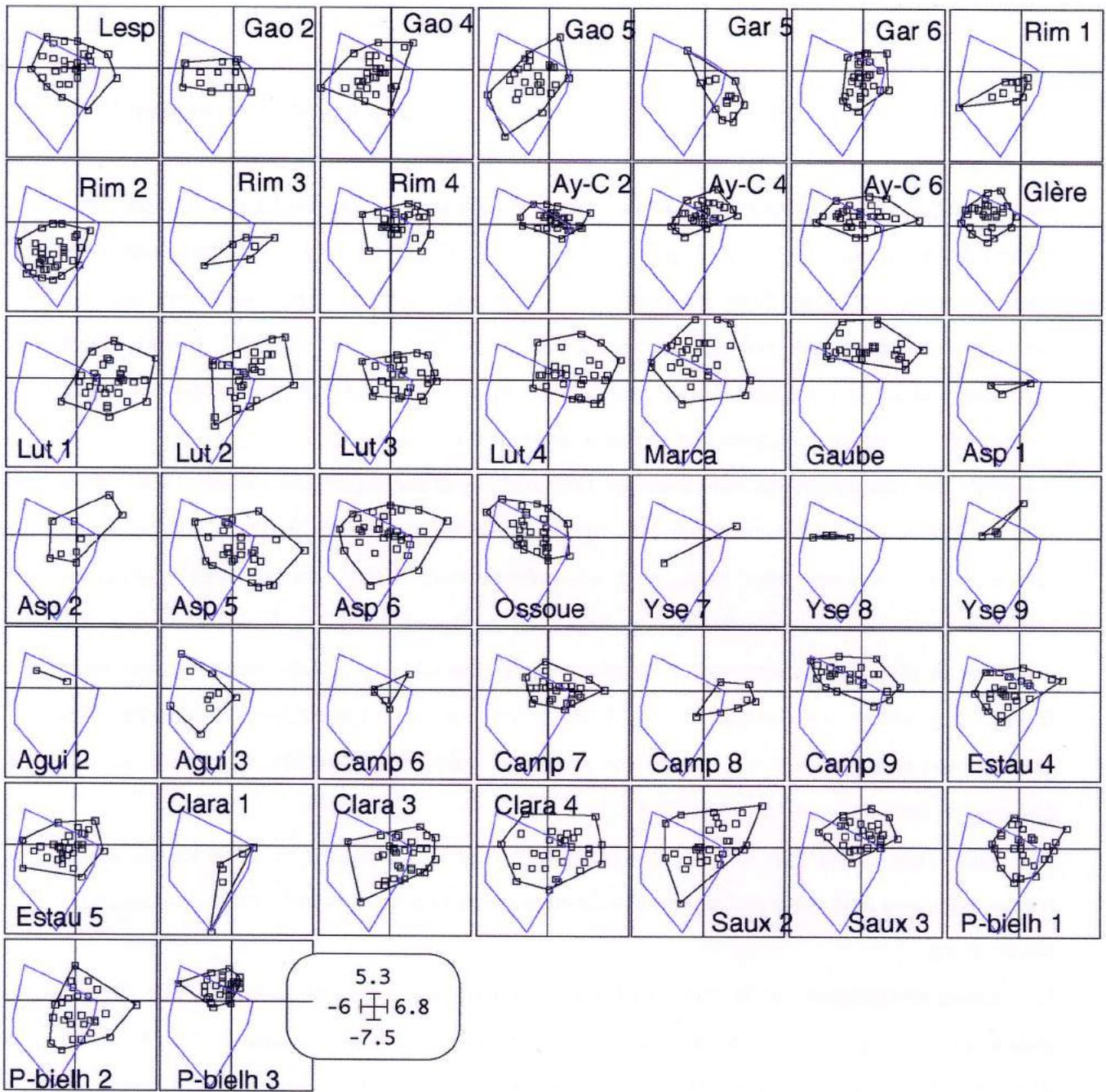


Fig. 21 : Comparaison de la dispersion morphologique des truites de chaque station étudiée (enveloppe noire) avec celles des truites de pisciculture (enveloppe bleue).
 (plan F1F2 de l'ACP inter-station de la ponctuation)

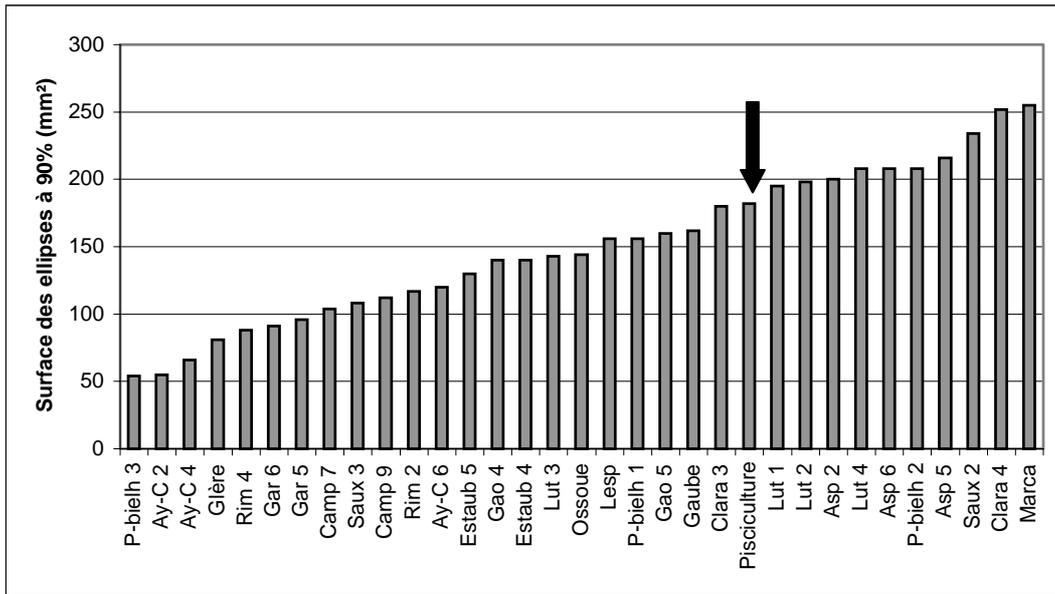


Fig. 20 : mesures classées de la variabilité de la ponctuation des truites par station.

Nous pouvons constater sur cette figure que 10 stations (de Lut 1 à Marca) abritent des truites dont la variabilité morphologique dépasse celle des truites de pisciculture.

Les images comparatives de la variabilité de la ponctuation des truites de pisciculture et des truites de chaque station étudiée sont présentées sur la figure 21. Il s'agit des résultats de l'analyse inter-station (ACP inter-station) du jeu de données ponctuation sur lesquels on a fait figurer les positions extrêmes des poissons de pisciculture (enveloppe bleue).

Une remarque peut d'ores et déjà être faite, la station Gaube est quasiment disjointe de l'enveloppe pisciculture. On peut donc dire dès maintenant que l'influence des individus déversés est quasiment nulle dans cette station sur laquelle nous avons du reste identifié un morphotype très particulier.

3. Diagnostic station par station de l'influence des truites d'alevinage

Pour établir ce diagnostic, nous disposons donc de plusieurs critères qui au final permettent d'avoir une idée précise de l'importance des poissons d'élevage dans la population de truites étudiée. Ces critères sont les suivants :

- La structure de la population : toutes les classes d'âge sont-elles représentées dans la population et avons nous capturé des alevins de l'année, nés dans la rivière ?
- Les premières analyses génétiques (Berrebi, 1997 ; Aurelle, 1999),
- La mesure et la comparaison de la variabilité de la ponctuation par rapport à celles que l'on connaît des individus de pisciculture,
- La présence sur certains poissons de critères morphologiques trahissant sans aucun doute leur origine d'élevage (flanc argenté, écaillure fragile, rayons de nageoires cassés, ...)

Dans le tableau 2 ci-dessous, nous établissons ce diagnostic pour chaque station étudiée.

Cours d'eau	Station	Population de truite équilibrée	Variabilité morphologique par rapport à celle des truites de pisciculture	Critères morphologiques trahissant l'origine récente de pisciculture	Variabilité morphologique incluse ou non dans celle des truites de pisciculture	Information génétique sur cette population	Diagnostic sur l'influence des alevins sur la population de truite
Lesponne	Lesp	oui	inférieure	non	en grande partie	« atlantique moderne » sauvage	très faible
Gaoube	Gao 2	non	inférieure	oui	en totalité	-	population domestique
Gaoube	Gao 4	oui	inférieure	non	en grande partie	-	faible
Gaoube	Gao 5	oui	inférieure	non	en grande partie	-	faible
Garet	Gar 5	non mais présence d'alevins	inférieure	non	à moitié	-	faible à moyenne, population en limite de fonctionnement
Garet	Gar 6	oui	inférieure	non	en grande partie	-	très faible
Rimoula	Rim 1	non	inférieure	oui	en totalité	-	population domestique
Rimoula	Rim 2	oui	inférieure	non	en totalité	-	forte, population vraisemblablement domestique naturalisée
Rimoula	Rim 3	trop peu de poissons					
Rimoula	Rim 4	oui	inférieure	non	à moitié	-	très faible
Aygues-Cluses	Ay-C 2	oui	inférieure	non	à moitié	-	très faible
Aygues-Cluses	Ay-C 4	oui	inférieure	non	à moitié	-	très faible
Aygues-Cluses	Ay-C 6	oui	inférieure	non	à moitié	-	très faible
La Glère	Glère	oui	inférieure	non	en totalité	« atlantique intermédiaire ancestrale moderne » sauvage	très faible
Lutour	Lut 1	oui	supérieure	oui	faiblement	-	faible (proximité lac d'Estom)
Lutour	Lut 2	oui	supérieure	oui	faiblement	-	faible
Lutour	Lut 3	oui	inférieure	non	à moitié	-	très faible (gorges)
Lutour	Lut 4	oui	supérieure	oui	faiblement	-	faible
Marcadau	Marca	oui	supérieure	oui	à moitié	« intermédiaire méditerranée-moderne » mélange sauvage domestique	moyenne
Gaube	Gaube	oui	inférieure	non	pas du tout	« intermédiaire ancestrale méditerranée-moderne »	faible
Aspé	Asp 1	non	trop peu de poissons, population ne fonctionnant pas, poissons domestiques				
Aspé	Asp 2	non	trop peu de poissons, population à la limite de fonctionner				
Aspé	Asp 5	oui	supérieure	oui	à moitié	-	faible à moyen
Aspé	Asp 6	oui	supérieure	oui	à moitié	-	faible à moyen

Tableau 2 : diagnostic station par station de l'importance des truites domestiques dans la population.

Cours d'eau	Station	Population de truite équilibrée	Variabilité morphologique par rapport à celle des truites de pisciculture	Critères morphologiques trahissant l'origine récente de pisciculture	Variabilité morphologique incluse ou non dans celle des truites de pisciculture	Information génétique sur cette population	Diagnostic sur l'influence des alevinages sur la population de truite
Ossoue	Ossoue	oui	inférieure	non	en grande partie	« atlantique intermédiaire ancestrale moderne » sauvage	très faible
Yse	Yse 7	non	population ne fonctionnant pas, poissons domestiques				
Yse	Yse 8	non	population ne fonctionnant pas, poissons domestiques				
Yse	Yse 9	non	population ne fonctionnant pas, poissons domestiques				
Aguila	Agui 2	non	population ne fonctionnant pas, poissons domestiques				
Aguila	Agui 3	non	population ne fonctionnant pas, poissons domestiques				
Campbiel	Camp 6	non	pas assez de poissons				
Campbiel	Camp 7	oui	inférieure	oui	à moitié	-	faible
Campbiel	Camp 8	?	pas assez de poissons				
Campbiel	Camp 9	oui	inférieure	non	à moitié	-	faible
Estaubé	Estau 4	oui	inférieure	non	en grande partie	-	faible
Estaubé	Estau 5	oui	inférieure	non	en grande partie	-	faible
Clarabide	Clara 1	non	pas assez de poissons				
Clarabide	Clara 3	oui	égale	non	à moitié	-	faible
Clarabide	Clara 4	oui	supérieure	oui	à moitié	-	faible à moyen
Saux	Saux 2	oui	supérieure	oui	à moitié	-	faible à moyen
Saux	Saux 3	oui	inférieure	non	à moitié	-	très faible
Port-Bielh	P-bielh 1	oui	inférieure	non	à moitié	-	faible (le lac de Port-Bielh est à proximité)
Port-Bielh	P-bielh 2	oui	supérieure	non	à moitié	-	faible (le lac des Joncs est à proximité)
Port-Bielh	P-bielh 3	oui	inférieure	non	à moitié	-	très faible

Tableau 2 (suite) : diagnostic station par station de l'importance des truites domestiques dans la population.

Pour onze des quarante quatre stations étudiées, nous étions au-dessus de la limite altitudinale supérieure de fonctionnement naturel des populations de truites. Les poissons étaient peu nombreux et très clairement d'alevinage. Dans ces parties de cours d'eau, le maintien d'une population de poissons et donc d'une activité halieutique, si tel est le choix de gestion, passe par des alevinages (pas forcément en truites communes du reste ; voir rapport Delacoste *et al.*, 2002).

Dans la majorité des stations (25 sur 44) que nous avons étudié, la population de truites fonctionne normalement et la variabilité morphologique présentée par les truites dans ces stations est inférieure à celles des truites de pisciculture. Il est donc très probable que les

truites de repeuplement ont eu peu d'impacts sur ces populations, ce qui est confirmé pour quelques points, par les premières analyses génétiques effectuées en 1997.

Pour un certain nombre d'autres stations, nous avons des populations de truites qui fonctionnent bien, mais avec une hétérogénéité morphologique plus importante que chez les truites de pisciculture et des diagrammes de dispersion (revoir fig.21) qui ne se recoupent que partiellement (2 stations à Clarabide, 3 stations au Lutour, 2 stations à Aspé, 1 à Saux , au Marcadau et au Port-Bielh). Il paraît assez clair que dans ces stations des apports de poissons domestiques assez différents morphologiquement des populations autochtones ont été effectués, et que ces poissons survivent. On pourra noter au passage que la présence de lac à proximité des stations semble renforcer cet effet (lac d'Estom pour les stations Lut 1 et Lut 2, lac des joncs pour Port-bielh 2) ainsi que l'accessibilité des stations (téléphérique de la Soula pour Clarabide 4, plateau aval pour Lutour 4, route jusqu'au Pont de Saugué pour le Gave d'Aspé, jusqu'à Puntas pour le Marcadau, la Neste de Saux étant facilement accessible depuis la route).

En ce qui concerne le Lutour, nous avons pu identifier lors des campagnes de terrain, des poissons qui manifestement venaient de pisciculture mais qui n'avaient rien à voir avec la ponctuation habituelle des truites d'alevinage (poissons très ponctués de rouges, voir photographie ci-dessous).



Renseignements pris, il s'agit de poissons descendants de géniteurs sauvages capturés sur le Marcadau à Puntas (Souche Puntas de la pisciculture de Cauterets). Ces poissons semblent encore peu répandus mais ils risquent de brouiller un peu plus les pistes à la fois pour les analyses morphologiques et pour le généticien. En effet, les truites du Marcadau à Puntas sont pour une partie d'entre elles domestiques, mais pour une autre partie porteuses de gènes

ancestraux méditerranéens (Berrebi, 1997). Il est fort probable que les géniteurs choisis pour constituer une nouvelle « souche » à la pisciculture de Cauterets appartiennent au groupe méditerranéen, si l'on en juge par la ressemblance de leur descendance avec les poissons du ruisseau de Gaube par exemple, eux aussi méditerranéens. Or pour l'instant la présence de ces poissons dans les cours d'eau du département des Hautes-Pyrénées n'a été prouvée que sur le bassin du Marcadau et le débat sur l'origine de ces poissons n'est pas tranché (processus naturel ou transport par l'homme de poissons depuis le bassin versant espagnol tout proche ?). L'utilisation de cette nouvelle souche pour le repeuplement risque pour le moins de ne pas éclaircir le débat !!!

Nous terminerons enfin sur le cas particulier du Rimoula, affluent rive gauche de l'Adour. Nous avons sur ce cours d'eau, deux stations (Rimoula 2 et 4) où les truites effectuent leur cycle biologique sans problème et pour lesquelles la variabilité morphologique est inférieure à celles des truites de pisciculture. Mais ces deux stations abritent des truites de ponctuation très différente (revoir fig. 6 et fig. 21). Il semble que les truites de la station Rimoula 2 soient les descendantes de truites domestiques (dispersion des individus entièrement à l'intérieur de l'enveloppe bleue des truites de pisciculture ; fig. 21) mais ces truites se reproduisent maintenant naturellement dans le ruisseau. Nous avons donc affaire à une population de truites domestiques « naturalisée ». Les truites de la station Rimoula 4 sont pour leur part assez typiques du bassin de l'Adour.

V. CONCLUSIONS

Au terme de cette analyse de la variabilité de la ponctuation et des caractères ornementaux des truites peuplant les cours d'eau de montagne du département des Hautes-Pyrénées, nous avons pu identifier trois morphotypes de truites qui correspondent à de vastes ensembles géographiques : les morphotypes « Adour », « Neste » et « Gave moyen ».

Pour chacun de ces grands bassins versants, nous avons aussi pu constater que plus on montait vers la limite altitudinale supérieure de fonctionnement des populations de truites, et plus on trouvait des poissons très ponctués dans les populations de truites. Peut-il s'agir de poissons ancestraux repoussés plus haut par de nouveaux arrivants à la manière des scénarios de colonisation évoqués pour les truites de Corse par Berrebi (1995) ?

Trois autres types de truites ont pu être identifiés et décrits, mais à l'échelle géographique du cours d'eau cette fois. Il s'agit des morphotypes « Gaube », « la Glère » (ce qui est en parfait accord avec les analyses génétiques de Berrebi, 1997) et « Lutour ».

En ce qui concerne l'impact des déversements de truites domestiques sur les populations de truites sauvages nous avons pu, grâce à cette étude, qualifier son importance. Dans les milieux où les truites peuvent boucler leur cycle biologique sans problèmes majeurs, l'implantation de poissons domestiques est faible et leur utilisation est donc discutable. Au mieux, ils sont inutiles, au pire ils font courir un risque d'introgression à des truites autochtones parfaitement adaptées à leur milieu. Par contre, au delà de la limite altitudinale supérieure de fonctionnement naturel des populations de truites, l'apport de poissons domestiques se justifie, en fonction des choix de gestion des cours d'eau retenus, dans la mesure où ces poissons survivent, comme nous avons pu le constater (voir le rapport Delacoste *et al.*, 2002, pour les développements concernant cet aspect de l'étude).

Cette étude de la variabilité de la ponctuation et des caractères ornementaux des truites va maintenant se poursuivre dans un autre cadre financier et s'étendre à l'ensemble des cours d'eau situés dans le territoire du Parc National des Pyrénées. Ainsi en 2001, 41 stations supplémentaires ont été échantillonnées sur d'autres cours d'eau du département des Hautes-Pyrénées (voir fig. 22). Les diapositives des 1230 truites photographiées à cette occasion ont été traitées. Les analyses statistiques (intégrant les données qui figurent dans ce rapport soit

au total des données sur plus de 2200 poissons) sont en cours et feront l'objet d'un autre rapport.

Au cours de l'été 2002, l'échantillonnage des cours d'eau de la partie Pyrénées-Atlantiques du territoire du Parc National est prévue, soit encore 42 stations (voir fig. 22) pour un panorama complet de la morphologie des truites dans les cours d'eau du Parc National des Pyrénées.

VI. BIBLIOGRAPHIE

- Alm, G.** (1948). Influence of heredity and environment on various forms of Trout. *Inst. Freshwater Res. Drottningholm*, **29**, 29-34.
- Aurelle, D.** (1999). Contacts secondaires naturels et artificiels chez la truite commune (*Salmo trutta*, L.) des Pyrénées occidentales françaises : utilisation de marqueurs microsatellites pour la distinction de taxons faiblement différenciés. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II.
- Berrebi, P.** (1995). Etude génétique des truites de Corse. Rapport final, Parc Naturel Régional de Corse, 36 p.
- 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.
- 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.
- Delacoste et al.** (2002). Etude des populations de truites communes des cours d'eau de haute montagne du département des Hautes-Pyrénées. Analyse de leur structure et de leur fonctionnement. Rapport Fédération de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique des Hautes-Pyrénées.
- 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.
- Hotelling, H.** (1933). Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *Journal of Educational Psychology*, **24**, 417-441, 498-520.
- 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., Lagarrigue, T. et Firmignac, F.** (2000). Analyse de la variabilité morphologique de la truite commune dans les cours d'eau du Cantal. Rapport E.CO.G.E.A., 25 p + fiches descriptives.
- Lascaux, J.M., Lagarrigue, T. et Firmignac, F.** (2002). Variabilité de la ponctuation et des caractères ornementaux de la truite commune dans les cours d'eau du Cantal. Rapport E.CO.G.E.A., 26 p + fiches descriptives.

- 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. 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.