

# ETUDE GENETIQUE DES TRUITES DE CORSE

RAPPORT FINAL 1994

*commande 1993 du Parc Naturel Régional de Corse*



JUILLET 1994

Patrick BERREBI  
Laboratoire GENOME ET POPULATIONS  
Université Montpellier 2  
CC063  
place E. Bataillon  
34095 MONTPELLIER CEDEX 05

TIRÉS-A-PART 6889	P. BERREBI		
	RAPP		

# **ETUDE GENETIQUE DES TRUITES DE CORSE**

RAPPORT FINAL 1994

*commande 1993 du Parc Naturel Régional de Corse*

**JUILLET 1994**

**Patrick BERREBI  
Laboratoire GENOME ET POPULATIONS  
Université Montpellier 2  
CC063  
place E. Bataillon  
34095 MONTPELLIER CEDEX 05**

# ETUDE GENETIQUE DES TRUITES DE CORSE

RAPPORT FINAL 1994

## *Introduction*

L'année 1993 a fait l'objet de deux campagnes de pêches en Corse permettant l'échantillonnage de 6 stations en mars et de 11 stations en juin. La liste de ces stations ainsi que le nombre de truites capturées sont indiqués dans le [tableau I](#), ci-dessous; leur localisation est donnée à la [figure 3](#).

Les analyses (électrophorèses des protéines enzymatiques sur gel d'amidon horizontal) ont été effectuées par Ghislaine Cattaneo-Berrebi, les analyses statistiques et l'interprétation par Patrick Berrebi.

Ces campagnes de pêches ainsi que celle effectuée en mai 1994 (non encore analysées) sont la base de la connaissance précise des phénomènes de mélanges entre souches autochtones et truites de pisciculture. Par "truites de pisciculture", nous entendons cette souche courante, polymorphe du fait des multiples apports locaux, et constituée à l'origine de truites scandinaves et/ou allemandes. Quelque soit la pisciculture continentale d'origine des oeufs importés en Corse, ils ont sensiblement la même composition génétique, caractérisée surtout par le marqueur enzymatique *LDH-5\*100* d'origine atlantique.

Le cas de la Corse est particulièrement intéressant car cette île comprend de nombreux cours d'eau indépendants susceptibles de renfermer des situations de mélanges ("introgressions") variés très utiles comme "modèles" en recherche fondamentale.

D'autre part, la souche naturelle de la Corse est logiquement de type **méditerranéen**, caractérisé par le marqueur *LDH-5\*105*, alors que les souches importées du continent sont de type **atlantique**. Dans ce cas de figure précis (c'était aussi le cas traité lors de sa thèse par D. BEAUDOU, Montpellier 1993), la puissance et la précision de l'analyse sont maximales.

numéros d'électrophorèse	numéros de terrain	effectif total	dates de pêche	stations
<b>T686 à T712</b>	S1 à S27	27	Mar-93	<b>Tavignano</b>
<b>T713 à T730</b>	S28 à S45	18		<b>Verghello</b>
<b>T731 à T760</b>	S46 à S75	30		<b>Golo Castirla</b>
<b>T761 à T787</b>	S76 à S102	27		<b>Ht Golo</b>
<b>T788 à T822</b>	S103 à S137	35		<b>Tavulella</b>
<b>T823 à T853</b>	S138 à S168	31		<b>Fium'Alto</b>
<b>T1024 à T1054</b>	1 à 31	31	Jun-93	<b>Gravone</b>
<b>T1055 à T1085</b>	32 à 62	31		<b>Cruzzini</b>
<b>T1086 à T1115</b>	63 à 92	30		<b>Liamone</b>
<b>T1116 à T1146</b>	93 à 123	31		<b>Prunelli</b>
<b>T1147 à T1180</b>	124 à 161	38		<b>Calderamolla</b>
<b>T1181 à T1206</b>	162 à 187	26		<b>Monticchi</b>
<b>T1207 à T1236</b>	188 à 217	30		<b>Taravo</b>
<b>T1237 à T1264</b>	218 à 245	28		<b>Veraculungu</b>
<b>T1265 à T1293</b>	246 à 274	29		<b>Marmano</b>
<b>T1294 à T1325</b>	275 à 306	32		<b>Abatesco</b>
<b>T1326 à T1353</b>	307 à 334	28		<b>Travo</b>

**TABLEAU I: liste des échantillons constitués en mars et juin 1993.**

### *Technique*

Les poissons ont été capturés en Corse avec le concours de la Fédération Corse des AAPP (garde-chef : Joseph Mattei) et de la DIREN de Corse (correspondant : Bernard Roché). La dissection a lieu sur place sur le poisson anesthésié. Un gramme environ de muscle, de foie, ainsi que du sang et les yeux sont prélevés et immédiatement congelés à -180°C dans de l'azote liquide. Le sang est destiné à l'analyse des transferrines, en cours de mise au point.

Au laboratoire de Montpellier, les organes sont broyés et centrifugés en présence de tampon adéquat. Ces "extraits enzymatiques" sont ensuite insérés dans le gel d'amidon. La mise sous tension permet la migration des molécules en fonction de leur charge. Les variations de charge, dues à des mutations de l'ADN codant, sont détectées et constituent les allèles. Des révélations spécifiques des fonctions enzymatiques permettent la détermination, poisson par poisson, de la composition allélique aux 29 locus analysés.

La principale technique statistique utilisée ici est l'Analyse Factorielle des Correspondances (Benzécri, 1973).

## *Résultats*

### **1) La campagne de mars 1993**

Nous présentons ici la totalité des résultats de cette campagne. Les résultats élémentaires des analyses sont donnés en annexe 1 en fin de texte. Le **tableau II** donne le détail des fréquences alléliques au niveau des 29 locus analysés. Les analyses ont confirmé ce que nous attendions:

- \* la *LDH-5\** est une enzyme diagnostique entre les formes sauvages et la forme atlantique; elle présente toujours l'allèle 100 dans les souches de pisciculture, et l'allèle 105 dans les populations corses naturelles;

- \* la forte proportion de l'allèle *LDH-3\*40*, pour l'instant jamais trouvé hors de Corse, dans la station Fium'Alto sera discutée dans le paragraphe 2;

- \* outre ces marqueurs diagnostiques, d'autres marqueurs particuliers peuvent être signalés:

  - FBP-1\** est un marqueur qui s'est déjà montré utile lors de l'étude des truites des Pyrénées parce qu'il est étroitement corrélé à la *LDH-5\** sans qu'une explication correcte n'ait été proposée (études en cours). Qu'en est-il ici? l'analyse factorielle des correspondances en donne une interprétation (voir plus bas);

  - SOD-1\*(50)* est fréquent en Corse, alors qu'il est présent sur le continent mais à des fréquences faibles;

  - forte proportion de *MDH-3\*75*, surtout dans la Tavulella, et à une moindre mesure dans le Fium'Alto. Cet allèle a déjà été trouvé dans les Pyrénées Orientales;

  - absence totale de l'allèle *CK-3\*125* qu'on rencontre assez fréquemment dans les populations sauvages méditerranéennes.

Ces quelques marqueurs, *LDH-5\**, *FBP-1\**, *LDH-3\**, *SOD-1\**, *MDH-3\** et *CK-3\**, nous montrent que les peuplements corses sont restés, du moins dans les six premières rivières analysées, fortement sauvages, voire totalement (Golo), tandis qu'un cas (Tavulella), est moitié sauvage, moitié domestique.

D'autre part, il semble bien qu'une différenciation génétique, indépendante de l'action humaine, sépare certains cours d'eau.

Il est donc nécessaire d'utiliser une analyse globale capable d'estimer la structure génétique des échantillons analysés en prenant en compte la totalité des données: une analyse multidimensionnelle. La plus adaptée aux données génétiques (variables discrètes) est l'Analyse Factorielle des Correspondances.

LOCUS	Tavignano	Verghello	Golo Castirla	Haut Golo	Tavulella	Fium Alto
<b>AAT1</b>						
(N)	27	18	30	27	35	31
100	1.000	1.000	1.000	1.000	.957	1.000
130	.000	.000	.000	.000	.043	.000
<b>AAT2</b>						
(N)	27	18	30	27	35	31
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>AAT4</b>						
(N)	26	18	30	27	32	29
65	.019	.056	.000	.000	.000	.000
100	.981	.944	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>ADH</b>						
(N)	27	18	30	27	32	30
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>CK1</b>						
(N)	27	18	30	24	27	21
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>CK2</b>						
(N)	27	18	30	24	27	21
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>CK3</b>						
(N)	27	18	29	27	34	25
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>FBP1</b>						
(N)	23	15	28	10	21	17
100	.000	.133	.000	.000	.143	.794
150	1.000	.867	1.000	1.000	.857	.206
<b>FH1</b>						
(N)	27	18	30	27	30	31
100	1.000	.944	.983	1.000	.850	.935
110	.000	.000	.017	.000	.000	.065
135	.000	.056	.000	.000	.150	.000

Tableau de fréquences alléliques (première partie)

<b>GDA</b>						
(N)	27	16	29	24	31	28
45	.000	.000	.000	.000	.081	.000
100	1.000	1.000	1.000	1.000	.919	1.000
<b>IDH1</b>						
(N)	27	18	30	27	35	31
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>IDH2</b>						
(N)	27	18	30	27	35	31
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>IDH3</b>						
(N)	27	18	30	27	33	31
100	1.000	1.000	.950	1.000	1.000	1.000
200	.000	.000	.050	.000	.000	.000
<b>IDH4</b>						
(N)	27	18	30	27	33	31
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>LDH1</b>						
(N)	27	18	29	27	34	26
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>LDH3</b>						
(N)	27	18	29	27	34	26
40	.185	.250	.121	.056	.000	.654
100	.815	.750	.879	.944	1.000	.346
<b>LDH4</b>						
(N)	27	18	29	27	34	26
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>LDH5</b>						
(N)	27	18	29	27	34	26
100	.037	.083	.034	.000	.412	.173
105	.963	.917	.966	1.000	.588	.827
<b>MDH1</b>						
(N)	27	18	30	27	33	29
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tableau de fréquences alléliques (seconde partie)

MDH2						
(N)	27	18	30	27	33	29
NUL	.000	.000	.000	.000	.000	.379
100	1.000	1.000	1.000	1.000	.970	.500
200	.000	.000	.000	.000	.030	.121
MDH3						
(N)	27	18	30	27	35	31
75	.000	.000	.000	.000	.329	.048
100	1.000	1.000	1.000	1.000	.671	.952
MDH4						
(N)	27	18	30	27	35	31
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
G3PD						
(N)	27	18	30	27	35	31
75	.000	.000	.000	.000	.029	.016
100	1.000	1.000	1.000	1.000	.971	.984
6PGD						
(N)	27	18	30	27	35	31
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
PGI1						
(N)	25	12	27	27	35	31
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
PGI2						
(N)	25	12	27	27	35	31
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
PGI3						
(N)	25	12	27	27	35	27
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
PGM						
(N)	27	18	30	26	23	24
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
SOD1						
(N)	27	18	30	27	32	31
50	.148	.111	.000	.000	.000	.000
100	.852	.889	1.000	1.000	1.000	1.000

**Tableau II: fréquences alléliques (fin).**

*italiques* : nombre de truites analysées par station et par marqueur



## Analyse Factorielle des Correspondances :

L'analyse a été effectuée sur la totalité des 168 truites de la campagne de mars 1993, et sur la totalité des locus polymorphes (les locus monomorphes ne donnent pas d'information) correspondant à 16 allèles. L'intégralité de l'analyse est reproduite en annexe 2 à la fin du texte. La [figure 1](#) représente la projection du premier plan factoriel. Chaque truite est figurée par un chiffre (numéro d'électrophorèse) précédé par une lettre désignant son origine (voir légende figure). Les enveloppes de couleur entourent les individus de chaque station. Trois regroupements apparaissent : le "bleu/vert", le "rouge" et le "brun/noir". Les résultats obtenus dans l'analyse de la campagne de juin 1993 (voir ci-dessous) nous autorisent à proposer l'interprétation suivante:

les enveloppes vertes et bleue (haut Golo, Golo Castirla et Tavignano) sont quasiment identiques aux truites "méditerranéennes" sauvages du continent proche; il s'agit très probablement de la souche méditerranéenne naturelle classique;

les enveloppes brune et noire relient la zone "bleu/verte" du plan à l'angle supérieur droit, caractérisé par des marqueurs de pisciculture (voir [figure 2](#)). Leur extension à droite correspond donc à un apport de pisciculture. Les stations Verghello et Tavulella sont donc nettement introgressées par des truites de pisciculture, ce qui n'est pas le cas des stations "bleue" et "vertes".

l'enveloppe rouge était inattendue : elle correspond à une autre entité naturelle corse, que l'analyse de la campagne de juin 1993 (voir ci-dessous) nous autorise à caractériser de "corse ancestrale", c'est à dire endémique de l'île.

La figure 2 nous donne les variables responsables de la structuration, indiquées sous un nom codé. Ainsi, les variables (= allèles) sont:

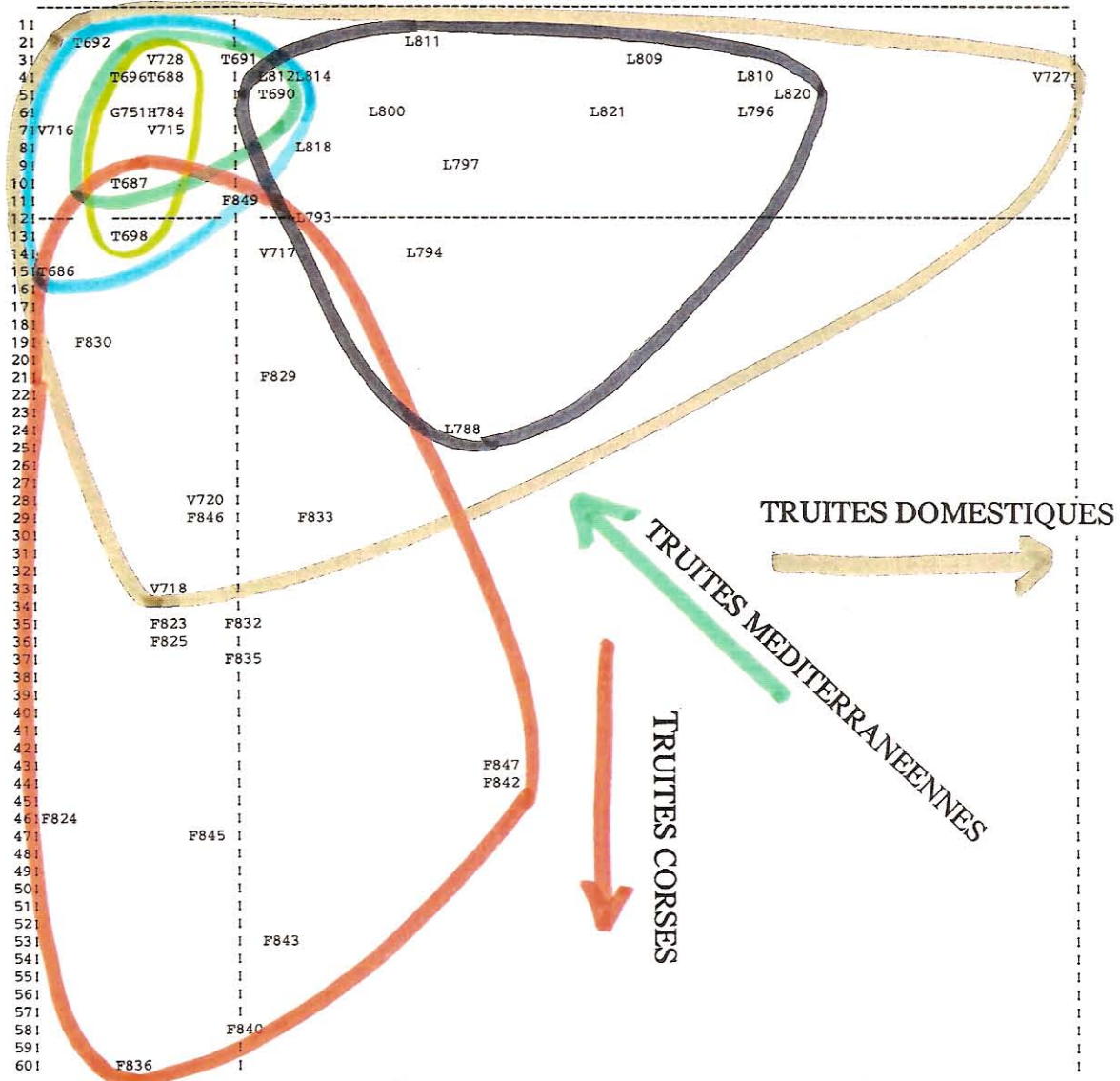
pour la forme méditerranéenne : *SOD-1\*100*, *FBP-2\*150*, *MDH-2\*200* et surtout *LDH-3\*100* et *LDH-5\*105*;

pour la forme corse : *MDH-2\*100*, *FBP-1\*100*, *MDH\*3-100* et surtout *LDH-3\*40*;

pour la souche de pisciculture : *FH-1\*135*, *MDH-3\*75* et surtout *LDH-5\*100*.

## 2) La campagne de juin 1993.

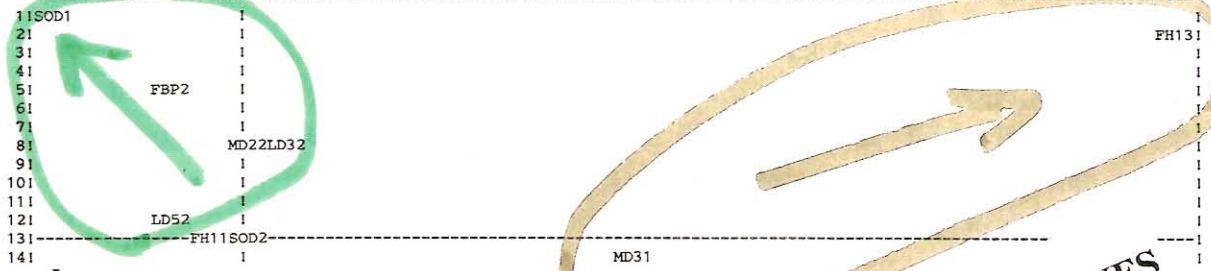
Sa composition est donnée dans le tableau I. Les analyses de ces échantillons se sont limitées aux enzymes de l'oeil (*LDH-1\**, *LDH-3\**, *LDH-4\**, *LDH-5\** et *CK-3\**) qui donnent une image caricaturale mais très informative de la structuration génétique. L'analyse des 24 autres locus est prévue pour la prochaine année d'étude et permettra de donner une image plus élaborée de la structure génétique de ces peuplement, avec, entre autres, l'analyse par AFC. Pour l'instant, les résultats aux locus *LDH-3\** et *LDH-5\** permettent de distinguer entre :



NOMBRE DE POINTS REPRESENTES 58  
 NOMBRE DE POINTS NON REPRESENTES: 110

- HAUT GOLO (H)
- GOLO CASTIRLA (G)
- TAVIGNANO (T)
- FIUM ALTO (F)
- VERGHELLO (V)
- TAVULELLA (L)

**Figure 1:** Analyse factorielle des correspondances: projection des 168 individus sur le premier plan (axes 1 et 2) montrant nettement les trois tendances génétiques des truites : domestiques, méditerranéennes et corses. Le listing complet de l'AFC avec inertie des axes et coordonnées des points est donné en annexe à la fin du rapport.



marqueurs des  
**TRUITES MEDITERRANEENNES**

marqueurs des  
**TRUITES DOMESTIQUES**



marqueurs des  
**TRUITES CORSES**

NOMBRE DE POINTS REPRESENTES 14  
 NOMBRE DE POINTS NON REPRESENTES: 2  
 LISTE DES POINTS SUPERPOSES

FH11 & GDA2 EN 13 !  
 FH11 & MD32 EN 13 !

**Figure 2: Analyse factorielle des correspondances:** projection des variables génétiques (allèles) sur le même plan que la figure précédente. Cela permet de mettre en évidence les allèles corrélés (dans les enveloppes) et, par analogie, de les qualifier en tant que marqueurs d'une des trois entités présentes : les truites domestiques, méditerranéennes et corses.

\* (1) truites de pisciculture (*LDH-5\*100*) et (2) truites méditerranéennes sauvages (*LDH-5\*105*)

\* parmi les truites méditerranéenne, caractérisées par l'allèle *LDH-5\*105*, (2a) les truites homologues de celles du continent (cours d'eau méditerranéens d'Espagne, de France, d'Italie de l'Ouest (à l'exclusion de l'Adriatique) et de Grèce) porteuses de l'allèle *LDH-3\*100* que nous nommerons "méditerranéennes" et (2b) les truites ancestrales corses (endémiques) caractérisées par le marqueur *LDH-3\*40*.

Ce qui nous permet de proposer l'hypothèse d'une forme ancestrale corse est d'une part la corrélation entre variable dans la figure 2 (*MDH-2\*100*, *FBP-1\*100*, *MDH\*3-100* et *LDH-3\*40*) montrant une cohérence structurelle, et d'autre part la découverte de deux stations (Calderamolla et Veraculungo) ne comportant que des allèles *LDH-3\*40* (100%), suggérant des populations ancestrales pures, préservées par la topographie des cours d'eau.

Le tableau III donne la fréquence de chacun des marqueurs diagnostiques de l'oeil, en récapitulant les résultats de la campagne de mars 1993. Le tableau IV donne une estimation globale de la participation, à chacune des 17 stations échantillonnées en 1993, des trois entités présentes en Corse : les truites domestiques, méditerranéennes et corses.

STATION	Bassin	altitude (m)	nombre de truites	fréquences locus LDH-3		fréquences locus LDH-5	
				LDH-3*40i	LDH-3*100	LDH-5*100	LDH-5*105
Tavignano	Tavignano	400	0	0.185	0.815	0.037	0.963
Verghello	"	800	0	0.25	0.75	0.083	0.917
Golo Castiira	Golo	450	0	0.121	0.879	0.034	0.966
Haut Golo	"	1000	0	0.056	0.944	0	1
Tavulella	Porto	770	0	0	1	0.412	0.588
Fium'Alto	Fium'Alto	200	0	0.654	0.346	0.173	0.827
Gravone	Gravone	330	0	0.717	0.283	0.1	0.9
Cruzzini	Liamone	220	0	0.85	0.15	0	1
Liamone	"	350	0	0.433	0.567	0.017	0.983
Prunelli	Prunelli	620	0	0.31	0.69	0.259	0.741
Calderamolla	"	1200	0	1	0	0	1
Montichi	"	350	0.289	0.194	0.517	0.375	0.625
Taravo	Taravo	370	0	0.304	0.696	0.183	0.817
Veraculungo	"	1100	0	1	0	0	1
Marmano	Fium'Orbo	900	0	0.963	0.037	0	1
Abatesco	Abatesco	180	0	0.726	0.274	0.05	0.95
Travo	Travo	100	0	0.64	0.36	0.018	0.982

**Tableau III:** fréquences des différents marqueurs (voir texte). Les zones grisées représentent des fréquences supérieures à 90%. Ainsi, les stations peuplées à plus de 90% par la truite "sauvage méditerranéenne" sont celles qui sont grisées aux colonnes 3 et 5; les stations peuplées à plus de 90% de truites "sauvages corses" sont celles qui sont grisées aux colonnes 2 et 5. Ces quelques stations aux truites spécialement pures sont les plus hautes (900 à 1200m).

STATION	% DOMESTIQUES	% MEDITERRANEENNES	% CORSES ANCESTRALES
Tavignano	4	77	20
Verghello	8	67	25
Golo Castirla	3	85	12
Haut Golo	0	94	6
Tavulella	41	59	0
Fium'Alto	17	18	65
Gravone	10	18	72
Cruzzini	0	15	85
Liamone	2	55	43
Prunelli	26	43	31
Calderamolla	0	0	100
Montichi	37	15	48
Taravo	18	52	30
Veraculungo	0	0	100
Marmano	0	4	96
Abatesco	5	22	73
Travo	18	18	64

**Tableau IV:** estimation à partir des seuls marqueurs *LDH-3\** et *LDH-5\** du pourcentage de "mélange" des trois entités à chaque station. En gris, les stations dont le peuplement naturel ("méditerranéen" ou "corse") dépasse les 90%.

## *Conclusion*

La figure 3 est une extrapolation des interprétations et servira de conclusion sur ces résultats.

Une discussion plus pratique sur la manière d'utiliser, sur le terrain, les résultats génétiques est prématurée. Elle sera proposée lors du rapport final de fin de seconde année.

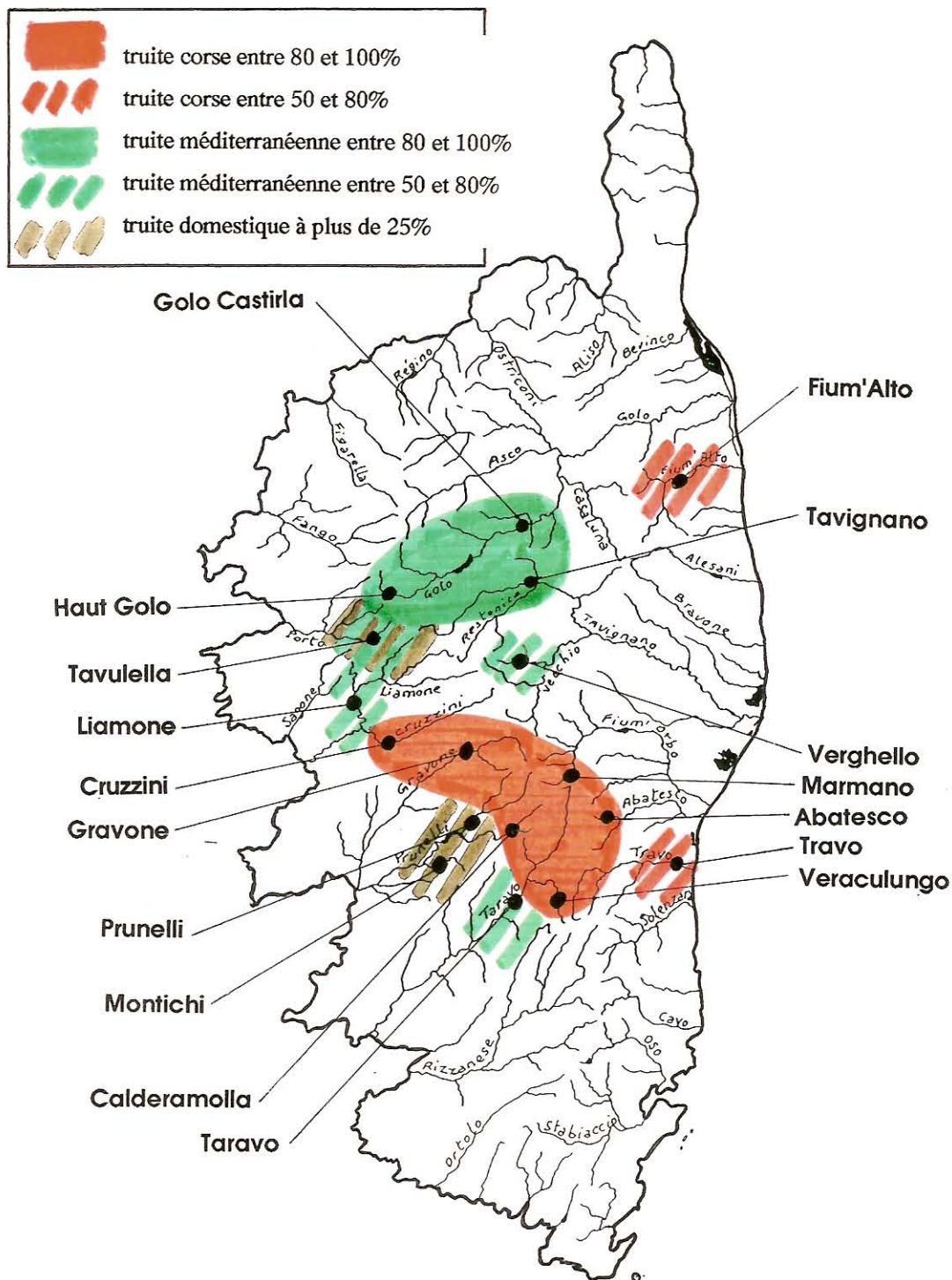
Sur cette figure, les stations présentant une majorité de marqueurs d'une des entités définies plus haut sont colorées. Il faut toutefois savoir que cette extrapolation est abusive en ce sens que toute la zone colorée en rouge, par exemple, n'est pas entièrement peuplée de truites "corses", des stations de type différents pouvant s'intercaler. Cette figure a l'avantage d'imager les résultats en montrant en particulier que:

les stations les plus hautes du massif du Renoso sont peuplées de truites "corses" dominantes et même pures (Calderamolla et Veraculungo);

les stations les plus hautes du Monte Cinto avec essentiellement le haut cours du Golo sont peuplées par des truites majoritairement "méditerranéennes";

les stations les plus introgressées par les truites domestiques se situent sur la côte occidentale de l'île (Tavulella et Montichi) mais atteignent au maximum 41%.

On peut donc conclure que les deux types de truites naturelles corses ("méditerranéennes" et "corses") existent encore avec un haut degré de pureté en plusieurs stations et qu'un programme de protection de cette biodiversité est justifié.



**Figure 3:** Récapitulation et extrapolation des résultats. En rouge, les zones de prépondérance de la truite "sauvage corse" (massif du Renoso avec surtout les stations de Calderamolla et de Veraculungo); en vert, les zones à prédominance de la truite "sauvage méditerranéenne" (Monte Cinto avec essentiellement le haut cours du Golo); en brun, les zones où l'implantation des souches de pisciculture est la plus avancée, sans toutefois dépasser 41%.



Rapport rédigé à Montpellier, le 8 juillet 1994 par  
Patrick BERREBI, responsable scientifique du projet,  
Chargé de Recherches au CNRS.

## **ANNEXE 1**

**Tableau des résultats génétiques élémentaires.**

## **ANNEXE 2**

### **Analyse multidimensionnelle.**