



Patrick BERREBI  
UMR 5554 - "Institut des Sciences de l'Evolution"  
Université Montpellier II, case 065,  
Place E. Bataillon  
34095 MONTPELLIER CEDEX 05  
France



tel: ++ 33 (0)4 67 14 37 32  
fax: ++ 33 (0)4 67 14 36 22  
E-mail: berrebi@univ-montp2.fr



## LIFE NATURE "MACROSTIGMA" RAPPORT N°8 octobre 2006 Synthèse de la seconde année d'analyses



*truite de type corse-ouest de la Calderamolla (haut Prunelli) © Jean-Marc Lascaux*

Analyses statistiques et interprétation: Patrick Berrebi  
Analyses moléculaires : Sophie Dubois



Ministère de l'Écologie  
et du Développement Durable  
Direction Régionale de l'Environnement  
CORSE



## **1. Introduction**

Durant les deux années de fonctionnement du projet LIFE macrostigma, 47 stations ont été analysées au moyen de 4 ou 6 locus microsatellites, aboutissant à 830 truites. Les méthodes moléculaires et statistiques employées n'ont pas varié et un résumé rapide en est donné ci-dessous :

Le présent rapport reprend les résultats antérieurs (lots 1 à 32) auxquels se rajoutent les nouveaux résultats de 2006 (lots 33 à 48) et donne une estimation du taux de mélange génétique des échantillons pris en compte (tableau 2). Ces taux de mélange (ou d'introgression génétique) sont issus du classement des allèles par les AFC en tant que marqueurs des diverses formes de truites en présence (truites corses autochtones, truites naturelles méditerranéennes, truites atlantiques domestiques de pisciculture). Le décompte des allèles marqueurs des diverses formes aboutit au pourcentage attribué à chaque forme dans chaque échantillon. Ces échantillons sont considérés comme représentatifs des habitants de la rivière prise en compte. Le nombre d'information élémentaire obtenues pour décrire une population, pour un échantillon type de 20 truites est égal à 20 truites x 4 ou 6 marqueurs x 2 allèles par génotype, soit 160 ou 240 points d'analyse par échantillon. Ceci permet une grande précision dans les analyses.

## **2. Méthodes et échantillonnage**

### **2.1. Méthodes moléculaires et statistiques**

Depuis le développement des analyses directes sur l'ADN, il n'est plus nécessaire de sacrifier les animaux analysés comme c'était le cas jusqu'en 2000 environ avec la méthode des allozymes. Cependant, ayant besoin de références purement corse, méditerranéennes ou atlantiques, pour calibrer les tests, des échantillons d'avant 2000, analysés avec des allozymes, sont utilisés.

Les marqueurs génétiques choisis sont les microsatellites, zones répétées et très polymorphes de l'ADN nucléaire (celui des chromosomes). Ces marqueur moléculaires peuvent être considérés comme des analogues chimiques de la couleur des cheveux ou des yeux chez les humains. Leurs diverses formes, appelées allèles, proviennent de l'addition, lors de la fécondation, d'un allèle du père et d'un allèle de la mère, donnant un génotype à deux allèles. Ce sont ces allèles, sur les locus microsatellites, qui sont analysés, comptés, comparés.

D'un point de vue statistique, la méthode principalement utilisée est l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC). Cette analyse multidimensionnelle est très pratique pour placer chaque truite (sous forme de point) dans un hyperspace en fonction de toutes ses caractéristiques génétiques (ses allèles) simultanément. Cet hyperspace est ramené à un plan à deux dimensions pour être utilisable dans un rapport, mais plusieurs plans peuvent être choisis.

## 2.2. Les stations échantillonnées

LOT	N° LIFE	N° labo	rivière	bassin	N action
Lot 1	L01-L19	T8014-8032	Uccialinu	Taravo	20 A3
Lot 2	L21-L40	T8034-8053	St Antone	Taravo	19 A3
Lot 3	L41-L60	T8054-8073	Ese	Prunelli	20 A3
Lot 4	L61-L80	T8074-8093	Ariola	Fiumorbo	20 A2
Lot 5	L81-L100	T8094-8113	Rina	Fiumorbo	20 A2
Lot 6	L101-L120	T8114-8133	Veraculongu	Taravo	20 A3
Lot 7	L121-L140	T8134-8153	Manica	Asco/Golo	20 A2
Lot 9	L161-L180	T8174-8193	Manganellu-Teghie Nere	Vecchio/Tavignanu	20 A2
Lot 10	L181-L200	T8194-8213	Paratella	Prunelli	20 A2
Lot 11	L201-L220	T8214-8233	Marmano, aval cascade	Fiumorbo	19 A3
Lot 12	L221-L240	T8234-8253	Bravone	Bravone	20 A2
Lot 13	L241-L260	T8254-8273	Frasseto	Taravo	15 A2
Lot 14	L261-L280	T8274-8293	Pozzi di Marmanu	Fiumorbo	20 A3
Lot 15	L281-L300	T8294-8313	Fango amont	Fango	20 A2
Lot 16	L301-L320	T8314-8333	Rocce	Fango	20 A2
Lot 17	L321-L340	T8334-8353	Bocca Bianca	Fango	16 A2
Lot 18	L341-L360	T7995-8013	Luana	Travo	19 A3
Lot 19	L361-L380	T8355-8367	Carnevalle	Prunelli	13 A2
Lot 20	L381-L400	T8368-8379	Puzzatelli	Vecchio/Tavignanu	12 A2
Lot 21	L401-L420	T8380-8398	Lagnato	Liamone	19 A2
Lot 22	L421-L440	T8399-8417	Ht Botaro	Liamone	19 A2
Lot 23	L441-L460	T8418-8429	Scileccia	Prunelli	12 A2
Lot 24	L461-L480	T8430-8449	Casaluna	Golo	20 A2
Lot 25	L481-L500	T8450-8469	Haut Marmanu	Fiumorbo	20 A2
Lot 26	L501-L520	T8470-8489	Latinetta (plateau Fium)	Fiumorbo	19 A2
Lot 27	L521-L540	T8490-8509	Piscia in Alba	Taravo	20 A2
Lot 28	L161B-L163B	T8559-8563	Teghie Nere	Vecchio/Tavignanu	6 A2 bis
Lot 29	L541-L560	T8510-8519	Guadu Alla Machia 1	Fiumorbo	10 A2
Lot 30	L561-L580	T8520-8529	Guadu Alla Machia 2	Fiumorbo	10 A2
Lot 31	L581-L600	T8530-8545	E Ventose	Asco/Golo	16 A2
Lot 32	L601-L620	T8546-8557	I Fossi Palneca	Taravo	12 A2
Lot 33	L621-L640	T7642-7661	Asinao	Rizzanese	19 D4
Lot 34	L641-L660	T7423-7461	Veraculongu aval	Taravo	20 A3
Lot 35	L661-L680	T7703-7721	Chiuvone	Rizzanese	19 A2
Lot 36	L681-L700	T7722-7740	Ciuttare	Liamone	19 A2
Lot 37	L701-L720	T7741-7758	Haut Lonca	Porto	18 A2
Lot 38	-	T5921-5928	Coreccia/Haut Cruzzini	Liamone	8 A2
Lot 39	L721-L740	T9172-9191	Ese aval buses	Prunelli	20 A3
Lot 40	L741-L760	T9192-9211	Ese Zipitoli	Prunelli	20 A3
Lot 41	L761-L780	T9212-9231	Marmano amont pont	Fiumorbo	20 A3
Lot 42	L781-L800	T9232-9248	Susinelle-Ruello	Fiumorbo	16 A2
Lot 43	L801-L820	T9249-9270	Carabona	Taravo	22 A2
Lot 44	L821-L840	T9271-9290	Aff. RG St Antone	Taravo	20 A2
Lot 45	L841-L860	T9291-9310	Aff.RD StAntone	Taravo	20 A2
Lot 46	L861-L880	T9311-9330	Bassetta	Taravo	20 A2
Lot 47	L881-L900	T9331-9342	St Antoine aval cascade	Taravo	12 A3
Lot 48	L901-L920	T9343-9361	Zoïcu	Liamone	19 A2

Tableau 1: Liste des stations analysées entre 2004 et 2006. A2=4 locus; A3 & D4=6 locus

### 3. Les résultats

Les résultats exposés ici ne concernent pas seulement les analyses de l'année 2006 mais la totalité des résultats génétiques obtenus dans le projet LIFE, soit 47 stations et 830 truites.

Il n'existe aucune référence disant que tel ou tel allèle microsatellitaire est corse, atlantique, méditerranéen ou de pisciculture. Il s'agit là de recherche proprement dite, dépendant entièrement des échantillons de référence employés.

La méthode d'estimation passe par trois étapes:

- par AFC, on définit les grandes entités jouant un rôle dans la structure génétique des échantillons analysés et on les définit en fonction de références que possède le laboratoire. Ce travail d'expertise est le plus délicat et le plus risqué, dépendant de l'expérience et des capacités d'un laboratoire ou d'un chercheur.
- une fois les AFC caractérisées et polarisées, une étape non détaillée ici consiste à attribuer à chaque allèle (= unité d'information) un statut. Ainsi certains allèles ont été considérés comme marqueurs des truites de pisciculture, d'autres des truites corses, d'autres des truites méditerranéennes.... et d'autres, partagés entre plusieurs formes, ont été considérés comme mauvais marqueurs et non utilisés
- suit un simple décompte des allèles de chaque type dans chaque échantillon, ramené à des pourcentages.

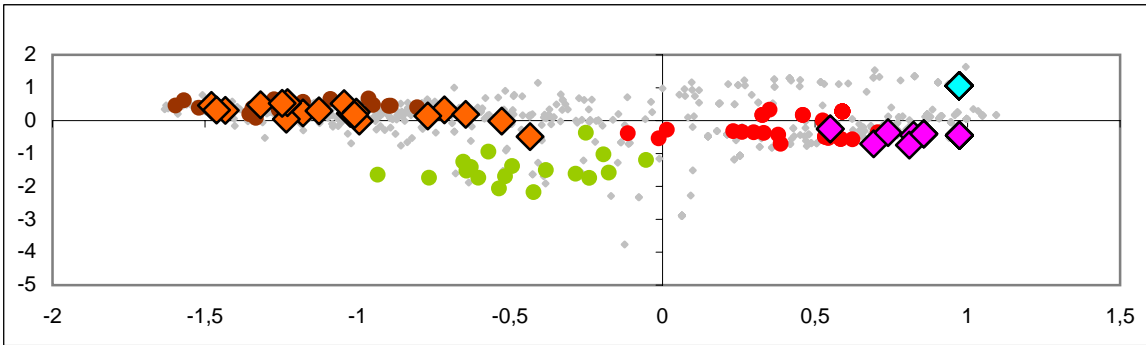
Une autre difficulté a été la prise en compte des génotypes à 4 locus et des génotypes à 6 locus. Les estimations faites sur ces deux bases peuvent varier de quelque pourcents. L'estimation à 6 locus a été systématiquement préférée. Il s'agit des analyses faites pour les actions A3 et D4.

Tous ces éléments expliquent qu'à chaque rapport, les pourcentages fournis varient, tournant autour d'une valeur qui doit être la vérité mais qu'il est difficile d'atteindre. Les gestionnaires demandant des études génétiques aimeraient avoir un résultat chiffré définitif correspondant à la réalité. Mais l'ajout continu de nouveaux échantillons se répercutera sur les estimations des premiers échantillons.

Le tableau 2 récapitule ces résultats. Sauf exception, l'ordre de grandeur des estimations ne change pas. Plus intéressant: les échantillons qui ont été estimés comme de type purement corse (= macrostigma) le sont restés tout au long des ré-analyses successives, montrant la sécurité de cette estimation, qui reste l'information "utile" essentielle de cette étude.

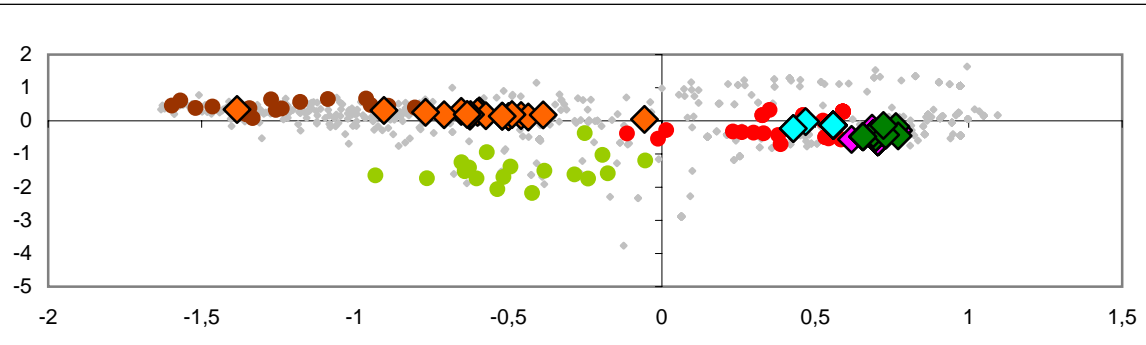
Les deux pages qui suivent présentent les analyses multidimensionnelles des 47 lots analysés. Ces AFC sont la base de l'estimation ultérieure des taux de mélange. Graphiquement, ces analyses sont présentées de manière à favoriser l'information principale, l'opposition entre truites corses (points rouges à droite) et truites domestiques atlantiques (points bruns à gauche): pour cela, l'axe 1 est allongé. La forme méditerranéenne, rarement observée dans nos échantillons, se place le long de l'axe 2 vertical, vers le bas (points verts). Les 47 échantillons sont successivement placés, 5 par 5 pour des raisons de lisibilité, sur un "fond de carte" en forme de triangle aplati avec des échantillons de référence corse, atlantique et méditerranéen aux trois angles.

Une information importante qu'apportent les deux pages suivantes (figure 1) concerne les lots 13 (90% de formes corses), 17 (89%) et 47 (93%). On voit clairement que les truites



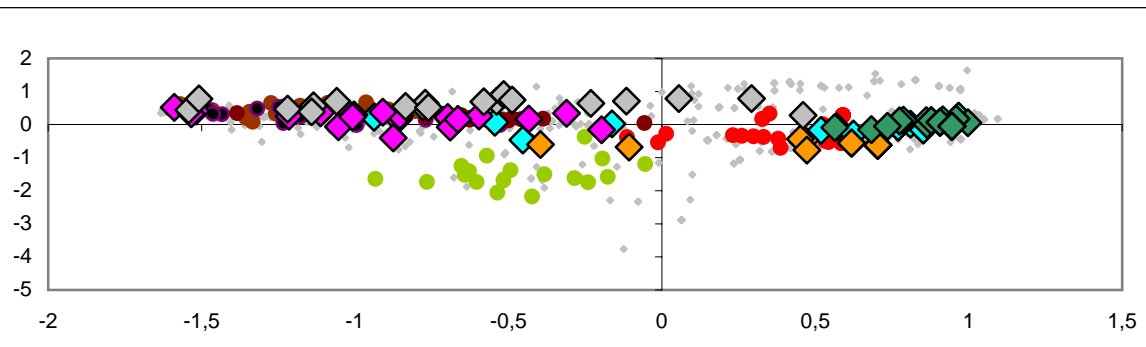
corse  
pisciculture  
méditerranéen

lots 1 et 2  
lot 3  
lot 4



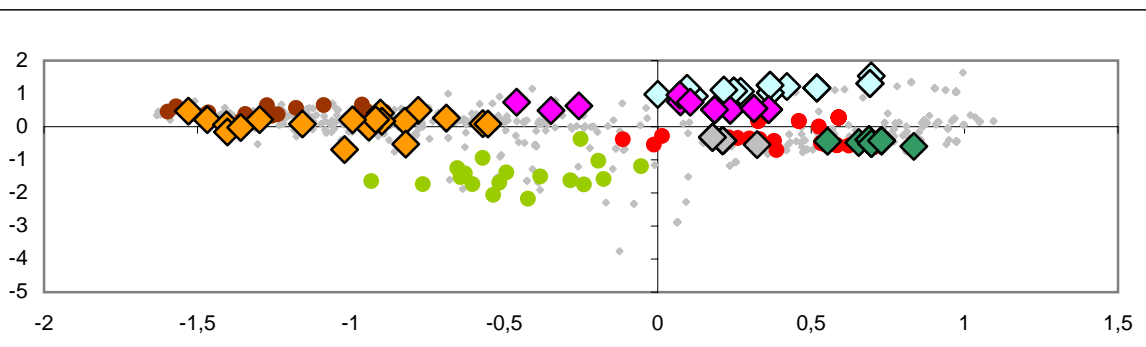
corse  
pisciculture  
méditerranéen

lot 6  
lot 7  
lot 9  
lot 10



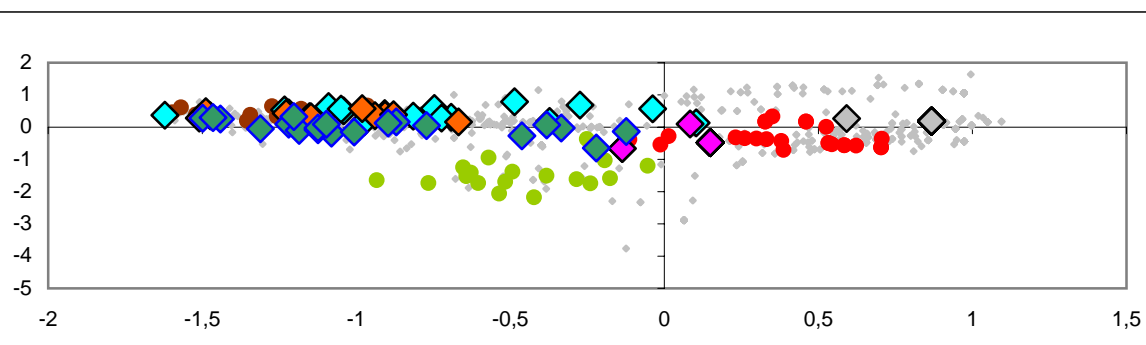
corse  
pisciculture  
méditerranéen

lot 11  
lot 12  
lot 13  
lot 14  
lot 15



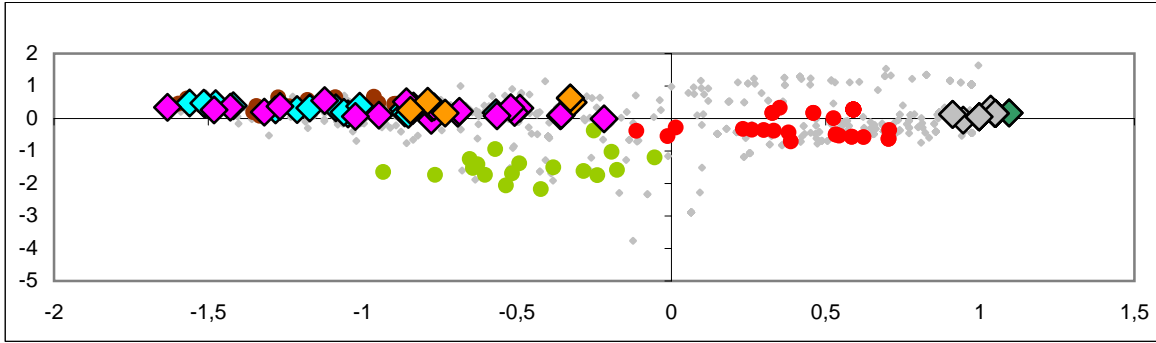
corse  
pisciculture  
méditerranéen

lot 16  
lot 17  
lot 18  
lot 19  
lot 20



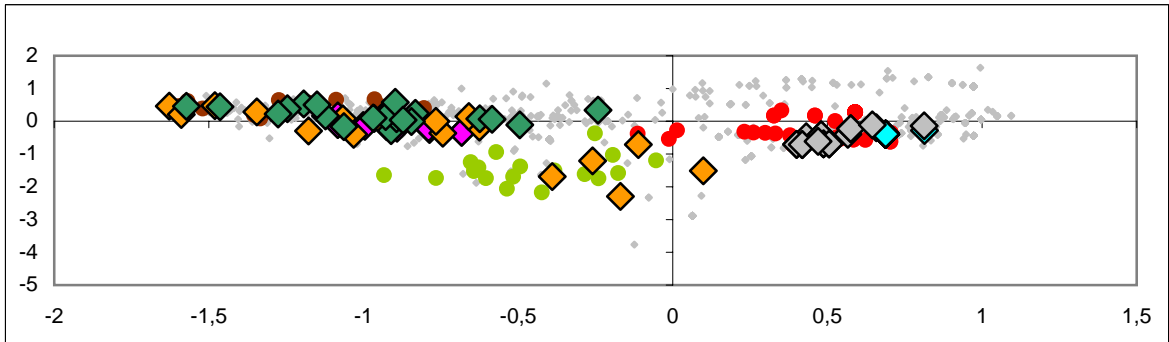
corse  
pisciculture  
méditerranéen

lot 21  
lot 22  
lot 23  
lot 24  
lot 25



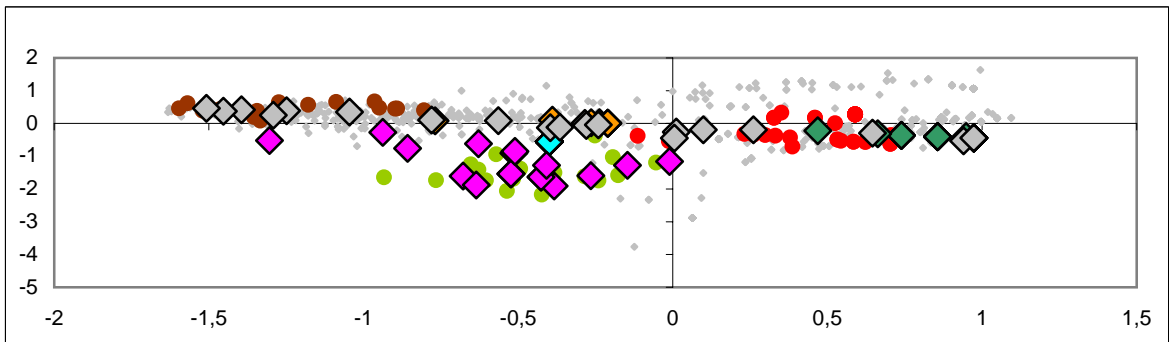
**corse**  
**pisciculture**  
 méditerranéen

lot 26  
 lot 27  
 lot 28  
 lot 29  
 lot 30



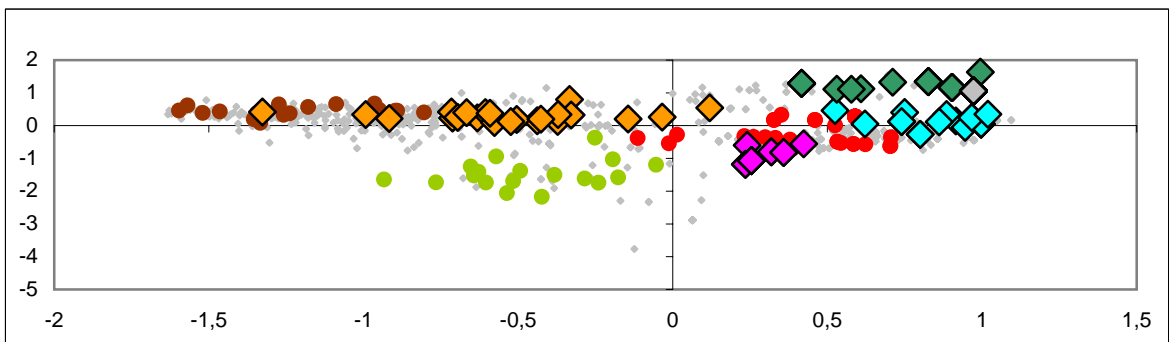
**corse**  
**pisciculture**  
 méditerranéen

lot 31  
 lot 32  
 lot 33  
 lot 34  
 lot 35



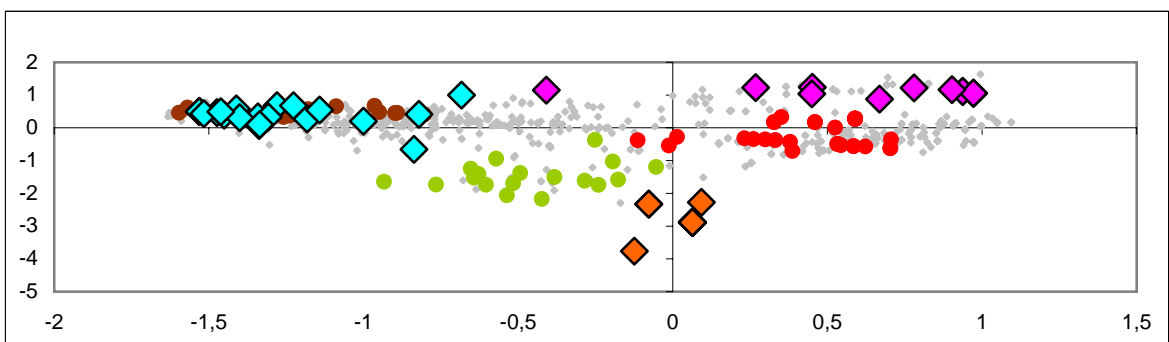
**corse**  
**pisciculture**  
 méditerranéen

lot 36  
 lot 37  
 lot 38  
 lot 39  
 lot 40



**corse**  
**pisciculture**  
 méditerranéen

lot 41  
 lot 42  
 lot 43  
 lot 44  
 lot 45



**corse**  
**pisciculture**  
 méditerranéen

lot 46  
 lot 47  
 lot 48

lot	N	Station	Bassin	%C	%M	%P
1	19	Uccialinu	Taravo	100	0	0
2	20	St Antone	Taravo	100	0	0
3	20	Ese	Prunelli	100	0	0
4	20	Ariola	Fiumorbo	7	2	91
5	20	Rina	Fiumorbo	100	0	0
6	20	Veraculongu	Taravo	100	0	0
7	20	Manica	Asco/Golo	100	0	0
9	20	Manganellu-Teghie Nere	Vecchio/Tavignanu	15	0	85
10	20	Paratella	Prunelli	100	0	0
11	19	Marmano, aval cascade	Fiumorbo	80	1	19
12	20	Bravone	Bravone	16	3	81
13	15	Frasseto	Taravo	90	5	5
14	20	Pozzi di Marmanu	Fiumorbo	100	0	0
15	20	Fango amont	Fango	25	0	75
16	20	Rocce	Fango	90	0	10
17	16	Bocca Bianca	Fango	89	0	11
18	19	Luana	Travo	18	0	82
19	13	Carnevalle	Prunelli	100	0	0
20	12	Puzzatelli	Vecchio/Tavignanu	100	0	0
21	19	Lagnato	Liamone	26	0	74
22	19	Ht Botaro	Liamone	81	17	2
23	12	Scileccia	Prunelli	5	0	95
24	20	Casaluna	Golo	13	11	76
25	20	Haut Marmanu	Fiumorbo	100	0	0
26	19	Latinetta (plateau Fium)	Fiumorbo	8	0	92
27	20	Piscia in Alba	Taravo	17	7	76
28	6	Teghie Nere	Vecchio/Tavignanu	26	0	74
29	10	Guadu Alla Machia 1	Fiumorbo	100	0	0
30	10	Guadu Alla Machia 2	Fiumorbo	100	0	0
31	16	E Ventose	Asco/Golo	100	0	0
32	12	I Fossi Palneca	Taravo	15	11	74
33	19	Asinao	Rizzanese	15	0	85
34	20	Veraculongu aval	Taravo	22	0	77
35	19	Chiuvone	Rizzanese	100	0	0
36	19	Ciuttare	Liamone	33	33	34
37	18	Haut Lonca	Porto	13	70	17
38	8	Coreccia/Haut Cruzzini	Liamone	82	0	18
39	20	Ese aval buses	Prunelli	100	0	0
40	20	Ese Zipitoli	Prunelli	39	0	61
41	20	Marmano amont pont	Fiumorbo	100	0	0
42	16	Susinelle-Ruello	Fiumorbo	89	11	0
43	22	Carabona	Taravo	15	0	85
44	20	Aff. RG St Antone	Taravo	100	0	0
45	20	Aff.RD StAntone	Taravo	100	0	0
46	20	Bassetta	Taravo	4	2	94
47	12	St Antoine aval cascade	Taravo	93	0	7
48	19	Zoïcu	Liamone	12	88	0

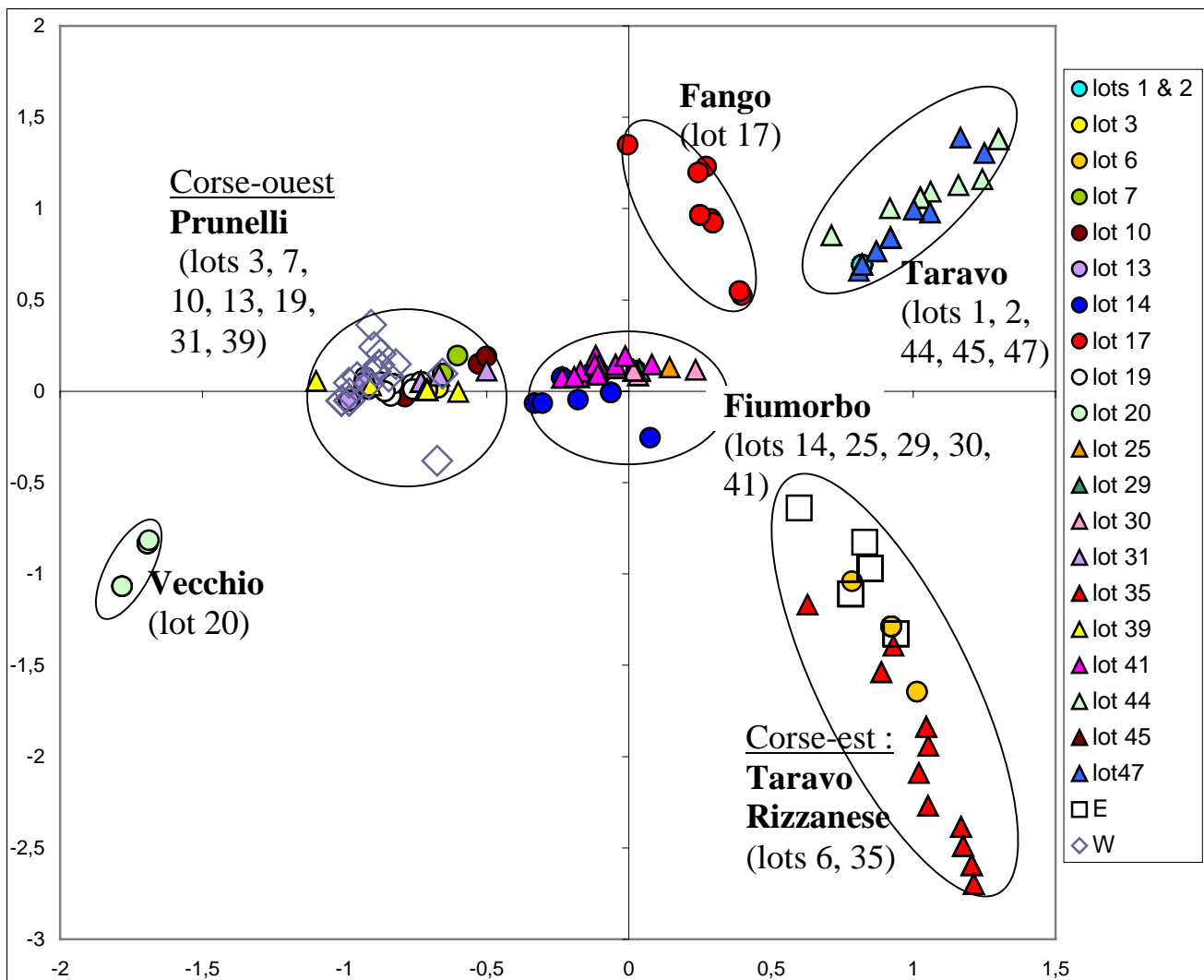
Tableau 2: Estimation finale de la composition génétique des 47 échantillons analysés.



composant ces échantillons sont majoritairement placées parmi les références corses (points rouges), mais que quelques individus (respectivement 2, 3 et 1) qui se placent nettement du coté atlantique, sont des truites nées en pisciculture et déversées dans ces rivières il y a moins de 2 ans.

Le tableau 2 récapitule les estimations de composition génétique des 47 stations analysées. Un résultat important de cette fin d'année 2006 est que nous disposons de 19 localités peuplées uniquement par la truite corse et de 3 autres localités qui ne présentent que quelques individus de pisciculture mais sans hybridation, c'est à dire que ces populations sont probablement capables de revenir à un état naturel. Ce capital de 22 localités est la base de la protection de la forme corse.

Mais la protection de la biodiversité est exigeante. Il faut non seulement protéger ces 22 stations, mais aussi prendre garde à ne pas perdre les différences qui les séparent, dues à l'isolement probablement très long qui a provoqué des variations neutres (dérive) et permis



**Figure 3:** Les stations peuplées de truites purement corses (les "intrus" atlantiques des stations 13, 17 et 47 ont été préalablement retirés) se subdivisent en 6 sous-unités décrites dans le schéma ci dessus. Leur composition est donnée dans le tableau 3.



des adaptations locales. C'est pour cela qu'il est important de classer ces stations remarquables en quelques types génétiques à l'intérieur duquel on pourra faire des translocations ou des repeuplements inoffensifs pour la biodiversité.

Pour cela, une analyse ne comprenant que ces stations purement corses a été effectuée (Figure 3, sur 4 locus). Cette analyse a permis de dresser le tableau 3, ci dessous, déterminant les 6 types observés.

Les types "est" et "ouest" tels que définis lors des études allozymiques se retrouvent ici, mais la précision des données microsatellites montre qu'ils ne constituent qu'une partie de la biodiversité de la truite corse (respectivement types Taravo et Prunelli)

LOT	N° LIFE	rivière	bassin	N	action
<b>Type Prunelli (= type ouest)</b>					
Lot 3	L41-L60	Ese	Prunelli	20	A3
Lot 7	L121-L140	Manica	Asco/Golo	20	A2
Lot 10	L181-L200	Paratella	Prunelli	20	A2
Lot 13	L241-L260	Frasseto	Taravo	15	A2
Lot 19	L361-L380	Carnevalle	Prunelli	13	A2
Lot 31	L581-L600	E Ventose	Asco/Golo	16	A2
Lot 39	L721-L740	Ese aval buses	Prunelli	20	A3
<b>Type Fango</b>					
Lot 17	L321-L340	Bocca Bianca	Fango	16	A2
<b>Type Taravo (=type est)</b>					
Lot 1	L01-L19	Uccialinu	Taravo	20	A3
Lot 2	L21-L40	St Antone	Taravo	19	A3
Lot 44	L821-L840	Aff. RG St Antone	Taravo	20	A2
Lot 45	L841-L860	Aff.RD StAntone	Taravo	20	A2
Lot 47	L881-L900	St Antoine aval cascade	Taravo	12	A3
<b>Type Taravo-Rizzanese</b>					
Lot 6	L101-L120	Veraculongu	Taravo	20	A3
Lot 35	L661-L680	Chiuvene	Rizzanese	19	A2
<b>Type Fiumorbo</b>					
Lot 14	L261-L280	Pozzi di Marmanu	Fiumorbo	20	A3
Lot 25	L481-L500	Haut Marmanu	Fiumorbo	20	A2
Lot 29	L541-L560	Guadu Alla Machia 1	Fiumorbo	10	A2
Lot 30	L561-L580	Guadu Alla Machia 2	Fiumorbo	10	A2
Lot 41	L761-L780	Marmano amont pont	Fiumorbo	20	A3
<b>Type Vecchio</b>					
Lot 20	L381-L400	Puzzatelli	Vecchio/Tavignanu	12	A2

**Tableau 3:** Les 6 types génétiques structurant la truite corse correspondent généralement à des bassins hydrographiques. Les types corse-ouest et corse-est issus des analyses allozymiques des années 90 trouvent leur équivalent respectivement dans les types Prunelli et Taravo. Les stations colorées en gris ont été repeuplées à partir d'autres populations corses, ce qui explique l'incohérence géographique. Cependant le type "Taravo-Rizzanese" est difficile à expliquer (en bleu).

Le type Prunelli comprend des échantillons de l'Asco (Golo) et du Taravo. Ceci s'explique par des translocations plus ou moins connues.

Fango, Fiumorbo et Vecchio sont peuplés de truites corses d'un type différent.

Les type Taravo-Rizzanese est ambigu. Les analyses de 2007 vont certainement permettre de clarifier la situation. Notons cependant que les têtes de bassin des cours d'eau en question sont extrêmement proches (quelques dizaines de mètres dans certains cas) et ne sont pas encaissés dans des gorges profondes (zone assez plane), ce qui a permis soit des échanges naturels à l'occasion de capture d'affluents, soit facilité le transport par l'homme d'un bassin à l'autre.

### 3. Conclusion

Ce rapport, court mais dense, récapitule les résultats obtenus en près de deux années de collaboration.

Des éléments essentiels pour la gestion ont été précisés: près de 22 localités peuplées de truites corses (= macrostigma) pures ont été décrites, permettant une délimitation détaillée des zones à protéger. Parmi elles, 3 font doublon dans le même cours d'eau, permettant d'estimer l'étendue des zones purement corses.

Six types génétiques de truites corses ont été localisés. Ces types génétiques étaient attendus compte tenu de la formation de ces populations: vivant en amont de cascades infranchissables, ces populations sont protégées de l'invasion de l'aval et particulièrement des truites méditerranéennes naturelles et des truites atlantiques domestiques. Mais cet isolement a aussi empêché les truites de même origine, les truites corses, de s'échanger des gènes. Une divergence obligatoire a eu lieu aboutissant à ces six types (il y en a probablement quelques autres en Corse).

Ceci constitue le second élément guidant la gestion de conservation de la truite corse: pour maintenir la biodiversité, il faut éviter tout transfert (translocation, repeuplement) d'un type génétique à l'autre, ce qui équivaut quasiment à éviter tout transfert d'un bassin à l'autre. Si les truites corses isolées en amont des bassins du Prunelli, du Fango, du Taravo, du Fiumorbo, du Vecchio et probablement du Rizzanese présentent des caractéristiques différentes à protéger, il est fort à parier que le phénomène existe aussi dans les autres bassins non explorés.

*Fait à Montpellier le 25 octobre 2006*

*Analyses statistiques et rédaction : Patrick Berrebi*

*Analyses bio-moléculaires: Sophie Dubois*