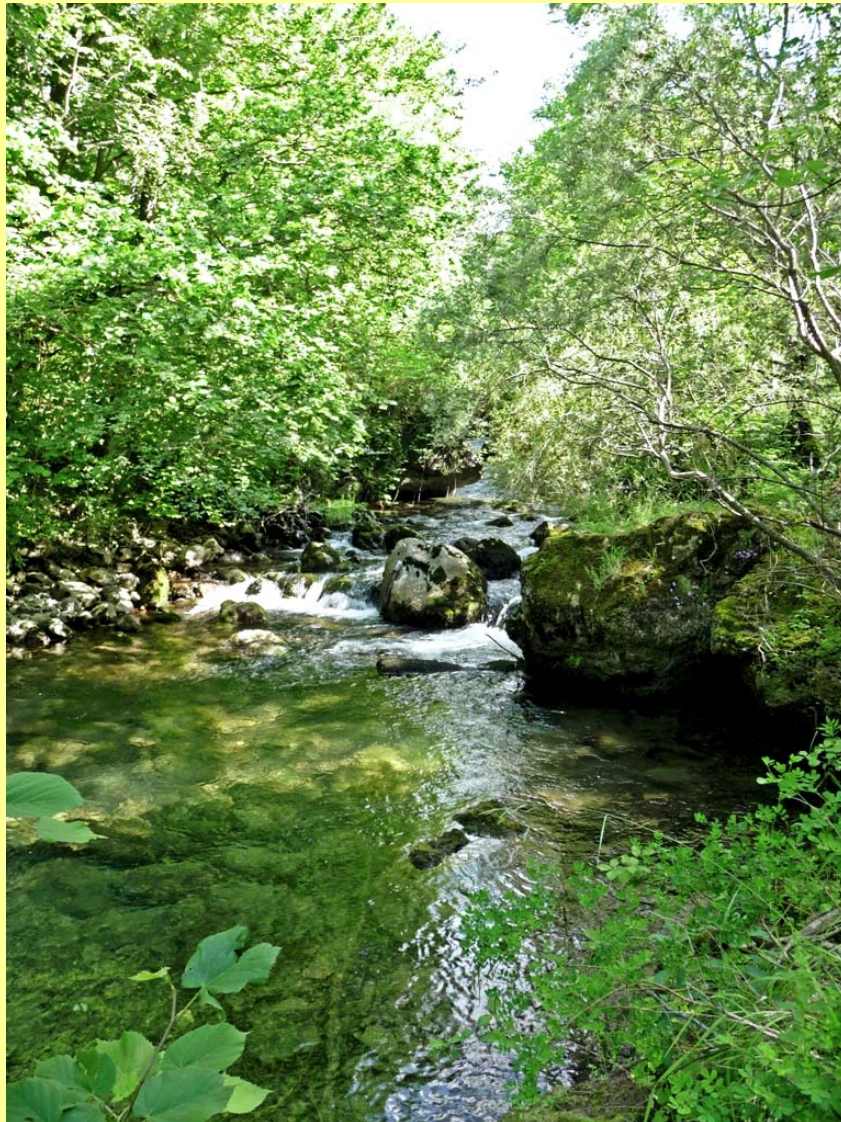


# Composition génétique des truites des Alpes Maritimes (Siagne, Cagne, Estéron, Gordolasque et Bévéra)

Mars 2011



Source de la Siagne © *Fédération de Pêche 06*

Analyses statistiques, interprétation, rédaction: **Patrick Berrebi** \*

Analyses moléculaires: **Corinne Cherbonnel** \*\*

information historiques et écologiques: **Christophe Barla** \*\*\*

\* Institut des Sciences de l'Evolution, UMR5554 UM2/CNRS/IRD, Université Montpellier 2, CC065, place E. Bataillon, 34095 Montpellier cedex, tel: 04 67 14 37 32, [patrick.berrebi@univ-montp2.fr](mailto:patrick.berrebi@univ-montp2.fr)

\*\* Genindexe, 6 rue des Sports, 17000 La Rochelle, tel: 05 46 30 69 66, [ccherbonnel@genindexe.com](mailto:ccherbonnel@genindexe.com)

\*\*\* FDAPPMA des Alpes Maritimes, 455, promenade des Anglais "Le Quadra" 06299 Nice cedex 3, tel: 04 93 72 55 77, [peche06.barla@gmail.com](mailto:peche06.barla@gmail.com)

## 1. Introduction

Ceci est la troisième campagne d'échantillonnage du peuplement de truites remarquable du département des Alpes Maritimes. La figure 12 montre la localisation des 18 localités traitées en trois années.

Afin de se servir des résultats antérieurs et de maintenir une continuité dans les méthodes statistiques, des échantillons d'anciennes campagnes de pêche ont été mêlées à celles de 2010 et réanalysés.

Ces études ont toujours deux objectifs:

- connaître l'impact des alevinages et repeuplements faits au moyen de la souche commerciale atlantique (maximum 78% en 2008 dans la Siagne amont et 80% en 2009 dans le Cians) et de la souche du Doubs produite à Roquebillière (maximum 24% en 2009 dans le parcours Interreg français, près de la frontière, et 8% en 2009 au Vallon d'Enaux dans le Haut Var);
- une fois l'influence anthropique déduite, connaître la structuration naturelle des truites méditerranéennes, structuration très contrastée compte tenu du nombre élevé de fleuves dans un seul département.

## 2. Echantillonnage

Les analyses ont porté sur les 6 échantillons de 20 truites de la campagne 2010 (Tableau 1 et Figure 1). Des échantillons de référence ont été utilisés ayant pour but de relativiser et donc de comprendre la diversité décrite dans les nouveaux échantillons:

- 4 échantillons de 20 truites chacun issus des principales piscicultures commerciales française et élevant en 2008 la souche atlantique dite INRA SEMII largement employée en alevinage dans tout le pays;
- 2 échantillons de 2001 (20) et de 2008 (20) de la pisciculture de Roquebillière élevant une souche méditerranéenne du Doubs, souvent employée pour les alevinages;
- 3 échantillons naturels locaux composés de truites presque purement méditerranéennes : la Roya à Breil en 2007 (96% méditerranéen), le Loup (95%) et la Tinée (97%) en 2009;

N°	Dénomination	année	N	N° labo	N° terrain
1	Siagne (source aval EDF = les Figueirets)	2010	20	T17998 à 18017	Fédé06-171 à 190
2	Siagne (pont de Mons)	2010	20	T18018 à 18037	Fédé06-191 à 210
3	Cagne (Campiou)	2010	20	T17978 à 17997	Fédé06-151 à 170
4	Estéron (aval clue d'Aiglun)	2010	20	T18078 à 18097	Fédé06-251 à 270
5	Gordolasque (Vallon de la Valette)	2010	20	T18058 à 18077	Fédé06-231 à 250
6	Bévéra (Stade amont Sospel)	2010	20	T18038 à 18057	Fédé06-211 à 230
7	Loup (pont de Cipièrè)	2009	20	T16126 à 16145	Fédé06-001 à 020
8	Tinée (amont St Sauveur)	2009	20	T16206 à 16225	Fédé06-110 à 129
9	Roya (Breil)	2007	20	T11703 à 11728	A87 à 112
10	Pisciculture Roquebillière	2001	20	T05147 à 05166	-
11	Pisciculture Roquebillière	2008	20	T13061 à 13080	G0108-0341 à 360
12	4 piscicultures continentales françaises	2008	80	T16926 ... 17035	108-101 ... 420

Tableau 1 : Liste des échantillons pris en compte dans le présent rapport.

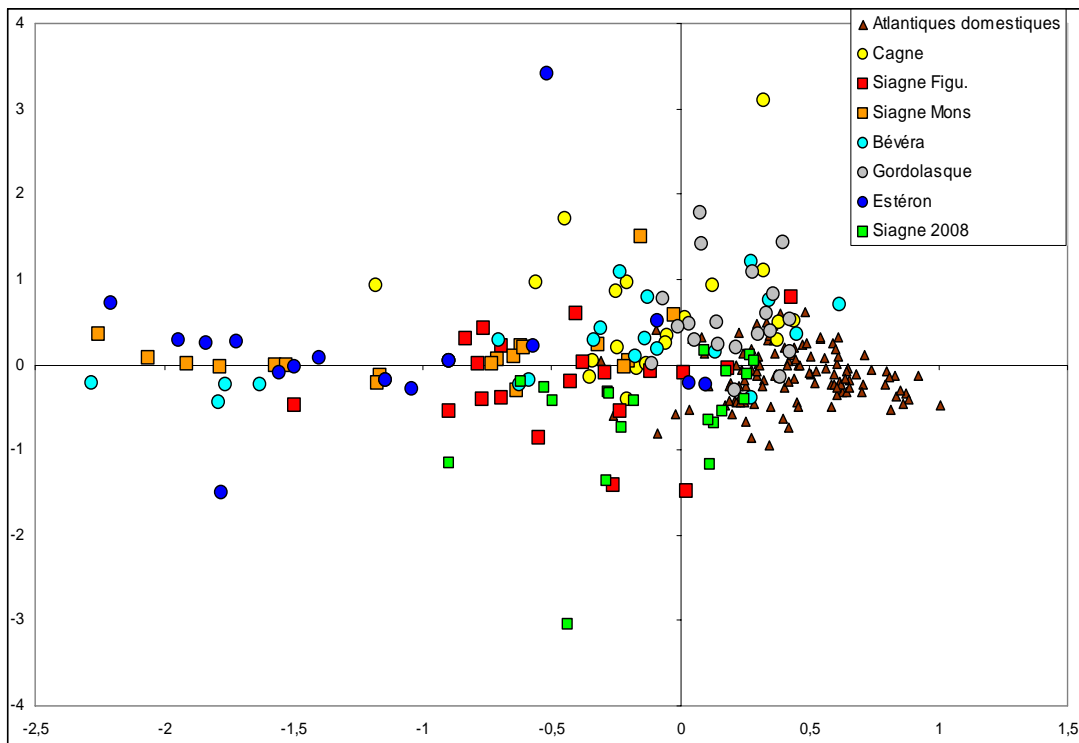


Figure 1 : Répartition des 6 échantillons des Alpes Maritimes constitués en 2010.

### 3. Analyses multidimensionnelles

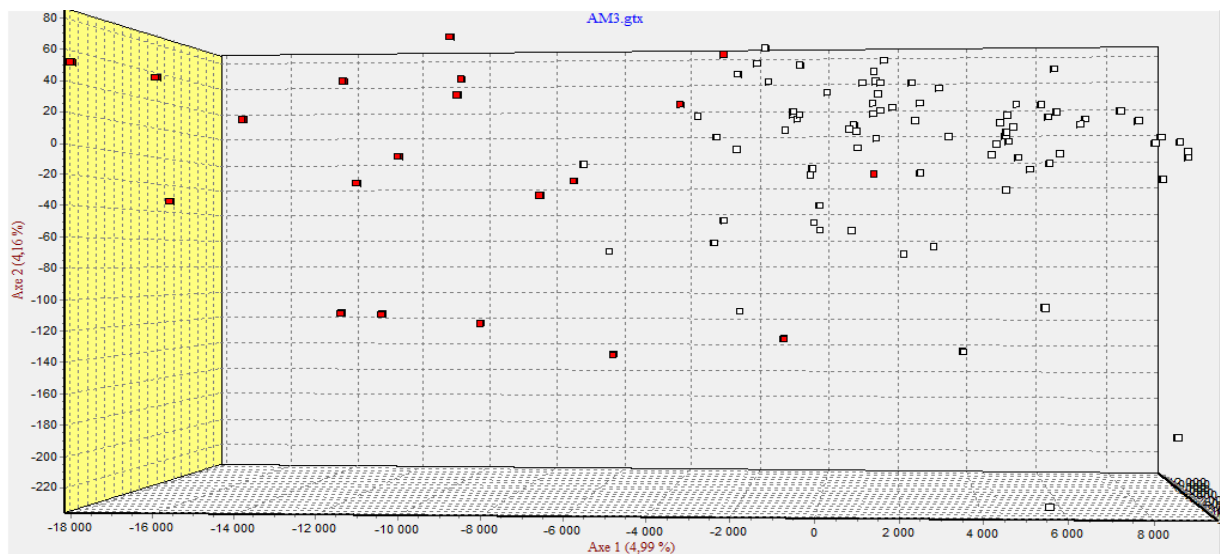
Elles permettent une vue globale des relations entre lignées génétiques . L'ensemble de l'échantillonnage a été analysé (première figure). Puis les stations ont été opposées une à une aux truites atlantiques domestiques.

### 3.1 Analyse globale

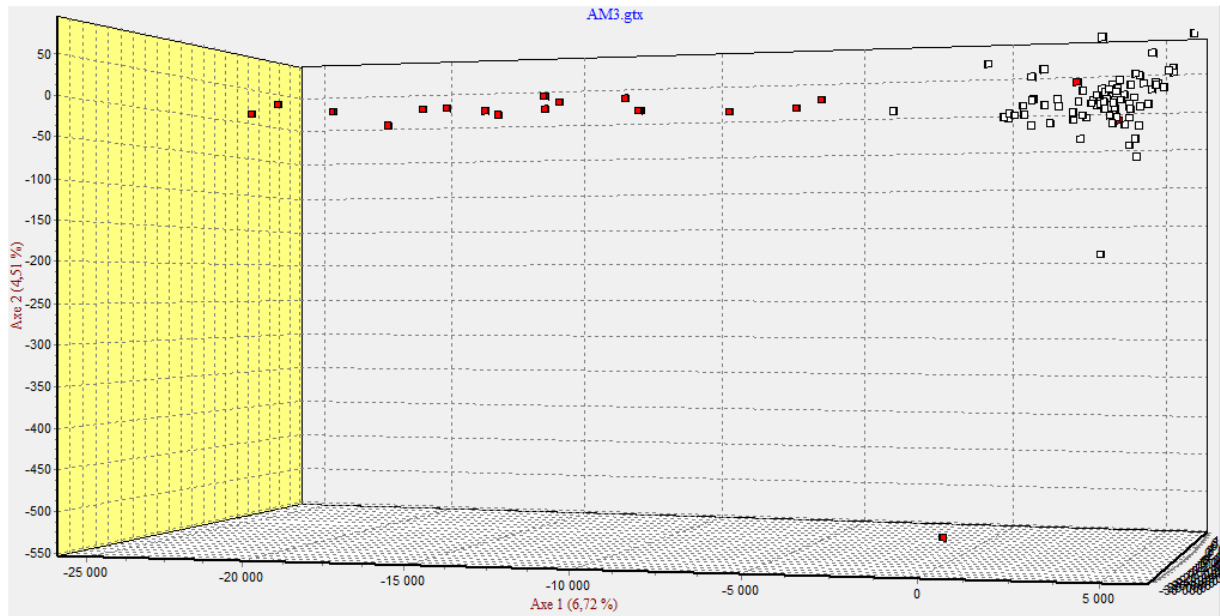


*Figure 2 : Analyse globale: dans ce graphique, plus un point est à droite, plus il représente une truite impactée par l'introgression atlantique. Aucun échantillon n'est indemne d'introgression atlantique. Des truites sauvages sont cependant perceptibles à gauche, dans les stations Siagne pont de Mons, Bévéra et Estéron.*

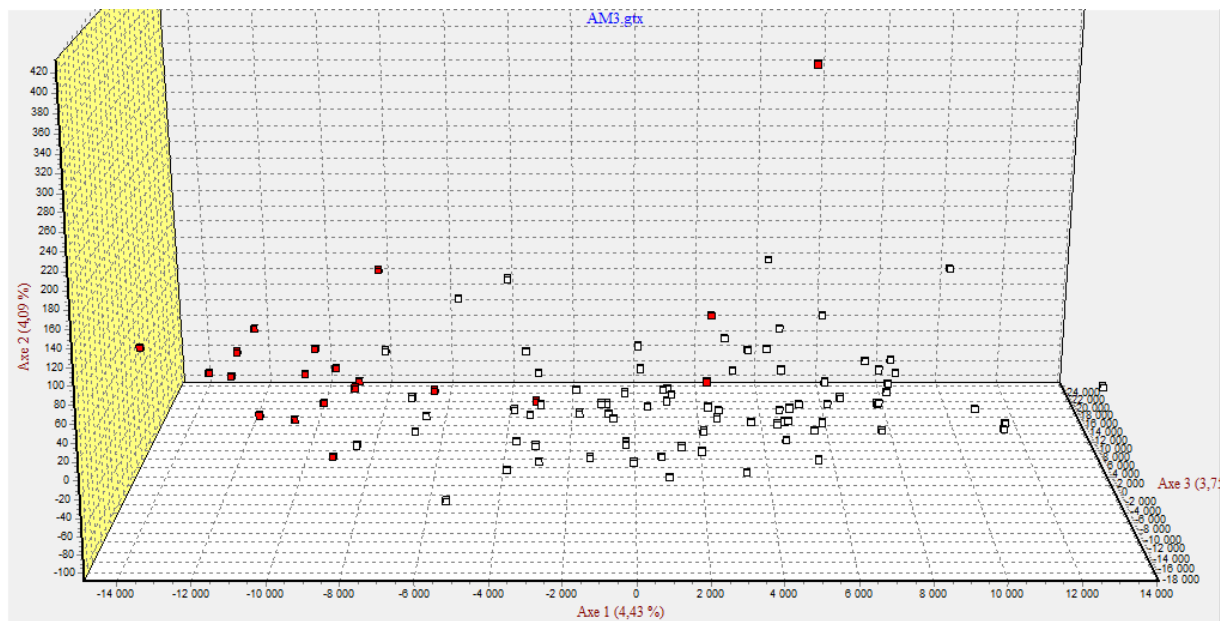
### 3.2. Analyse des 6 stations de 2010 prises une par une.



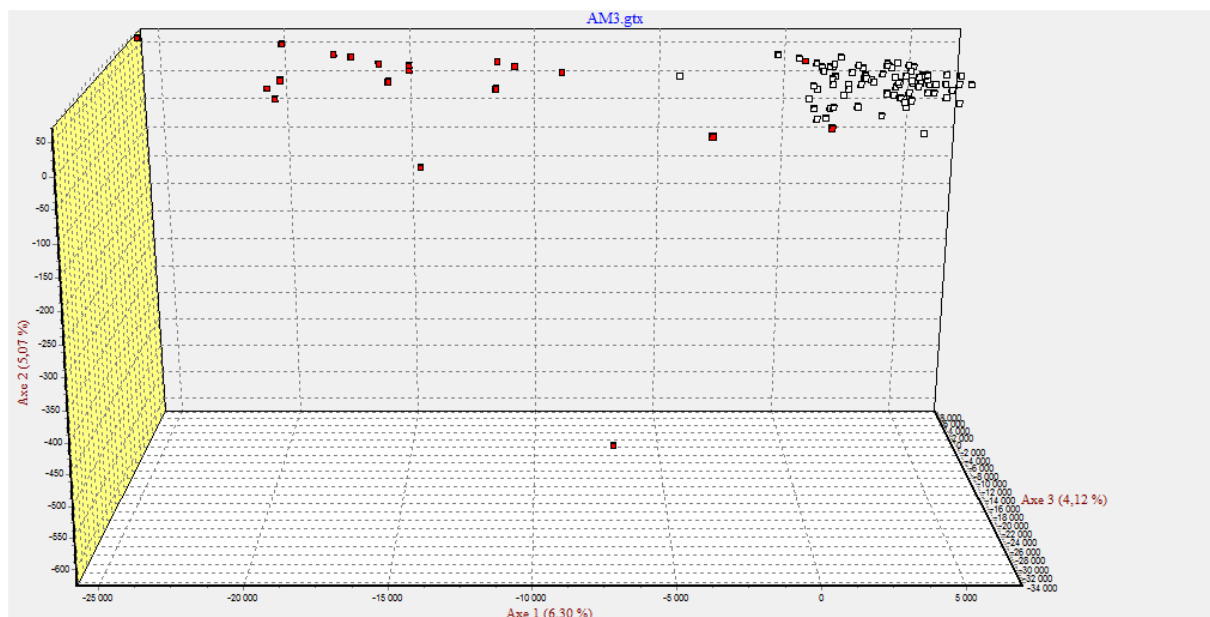
**Figure 3 : Siagne Figueirets:** Les points rouges sont les truites échantillonnées dans la rivière. Nette introgression, quelques truites de déversement et quelques truites purement méditerranéennes semblent présentes.



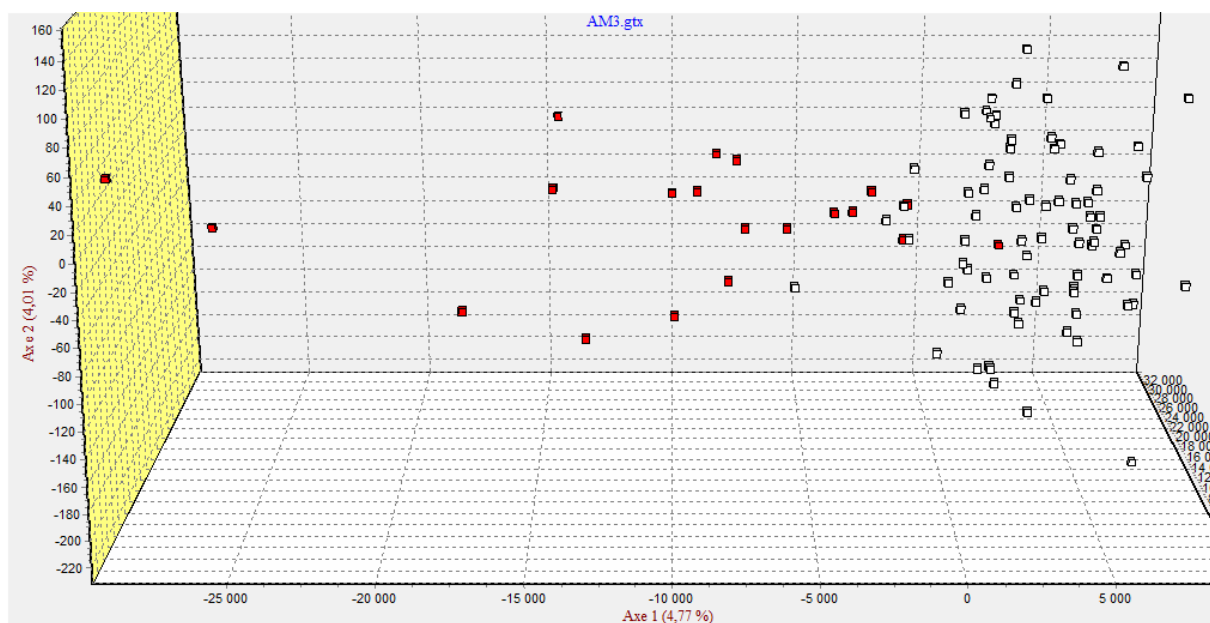
**Figure 4 : Siagne Mons:** majorité de truites sauvages, mais quelques hybrides et quelques truites domestiques.



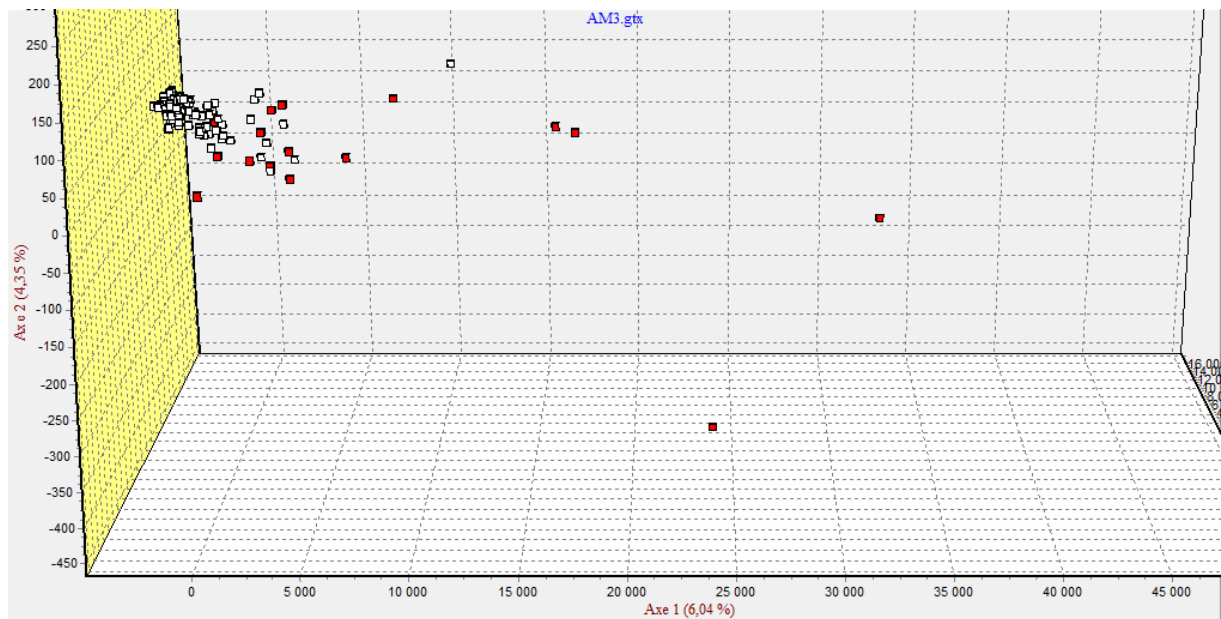
**Figure 5 : Cagne** (en rouge), très nette présence atlantique (en blanc).



**Figure 6 : Estéron, présence faible mais certaine de truites atlantiques**

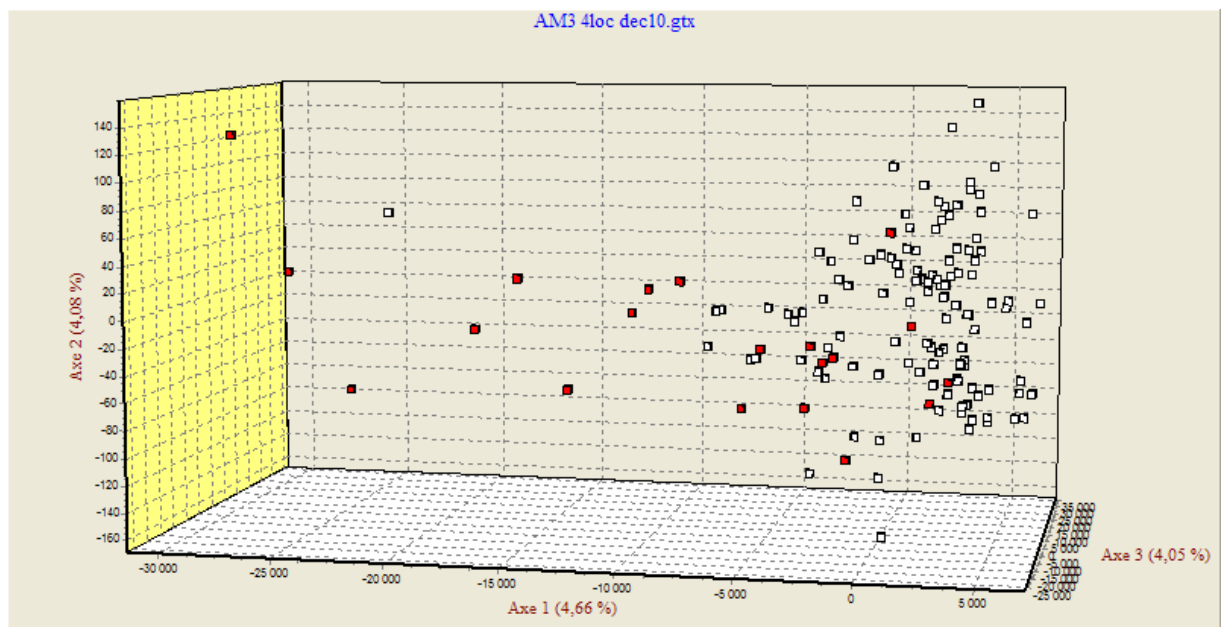


**Figure 7 : Gordolasque, très nette présence atlantique.**

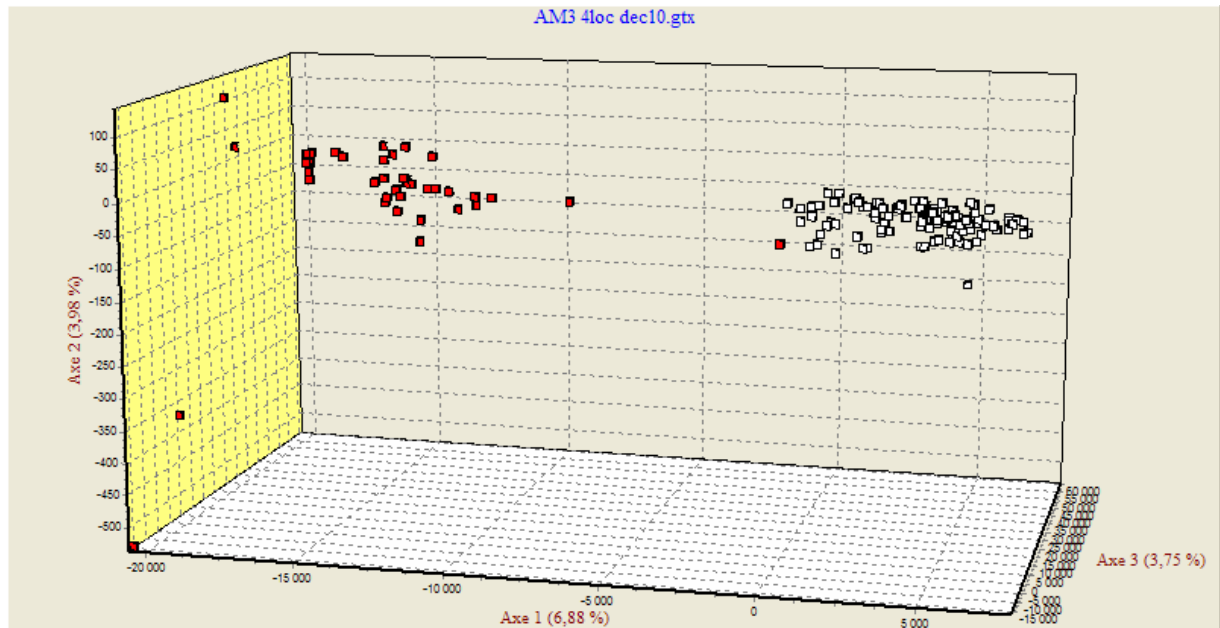


**Figure 8 : Bévéra, très nette présence atlantique.**

### 3.3. Analyse de stations de 2009 (à titre de comparaison)



**Figure 9 : Siagne 2009, cette station estimée à 78% atlantique dans le rapport Berrebi & Shao (2009), montre ici une très nette présence atlantique.**



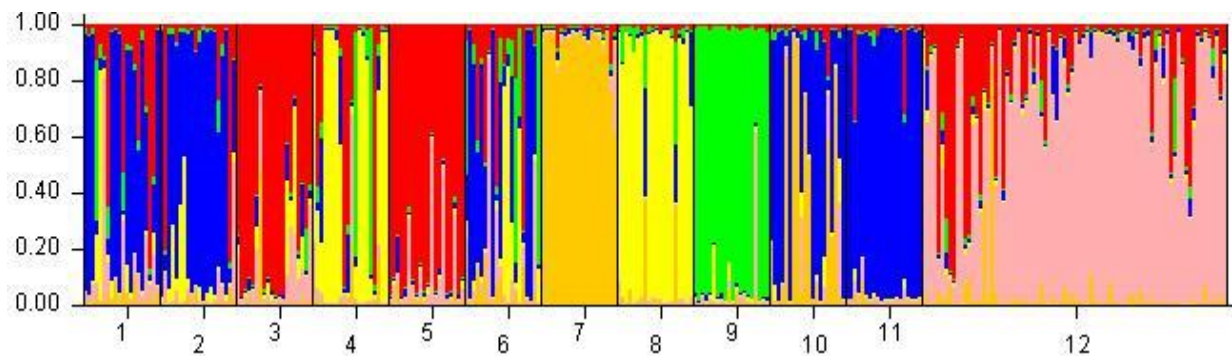
**Figure 10 : Haute Tinée 2009:** cet échantillon confirme sa très faible introgression (estimée à 3% dans le rapport Berrebi & Shao 2009)

#### 4. Analyses d'assignation (logiciel STRUCTURE)

L'analyse d'assignation consiste à demander au logiciel de subdiviser l'ensemble des 12 échantillons pris en compte en K sous-groupes ayant chacun des caractéristiques les plus proches d'une population en équilibre (équilibre = panmixie\* + pas de déséquilibre de liaison\*).

\* une population panmictique a tous ses membres qui se reproduisent au hasard avec n'importe quel autre de ses membres

\* dans une population en équilibre de liaison, il n'y a aucune association statistique entre deux allèles (variants) d'un même marqueur (microsatellite) ni entre allèles de deux marqueurs différents.



**Figure 11 :** Diagramme de l'analyse d'assignation effectuée par le logiciel STRUCTURE (ici le test n° k6c). Chaque trait vertical représente une truite et sa couleur son type génétique. En commençant par la droite, on y voit les truites de pisciculture atlantiques en rose (type A) et en rouge (type B), les truites de Roquebillière en bleu, puis les types génétiques sauvages: Roya en vert, Tinée en jaune et Loup en ocre. Les numéros d'échantillons de 2010 (de 1 à 6, en bas) sont expliqués au tableau 2.



L'analyse la plus efficace, présentée en figure 2, correspond à K=6 (= 6 couleurs = 6 sous-groupes). Elle permet de proposer des pourcentage d'appartenance de chaque individu et de chaque échantillon aux 6 entités génétique détectées.

N°	Dénomination	P	R	Lp	Roy	Ti
1	Siagne (source aval EDF = les Figueirets)	31	54	3	6	7
2	Siagne (pont de Mons)	17	72	1	2	8
3	Cagne (Campiou)	85	3	4	2	7
4	Estéron (aval clue d'Aiglun)	25	6	3	11	55
5	Gordolasque (Vallon de la Valette)	95	2	2	1	1
6	Bévéra (Stade amont Sospel)	26	40	5	14	14
	<small>gth</small>					
7	Loup (pont de Cipièrè)	5	1	92	1	1
8	Tinée (amont St Sauveur)	3	5	5	5	83
9	Roya (Breil)	5	1	1	91	2
10 & 11	Pisciculture Roquebillière	7	74	16	1	2
12	4 piscicultures continentales françaises	91	3	4	2	2

**Tableau 2 :** Pourcentage de chaque type génétique (P = atlantique de pisciculture, R = domestique de Roquebillière (Doubs), Lp = Loup, Roy = Roya et Ti = Tinée) dans chacun des 6 échantillons de l'année 2010 ainsi que dans les échantillons de référence (encadré rouge). Les pourcentages en orange indiquent quel est le principal type génétique rencontré dans la station correspondante. Rares sont les stations parfaitement homogènes (comme Gordolasque), les types génétiques minoritaires mais mesurables sont indiqués en jaune. Les pourcentages assimilables au bruit de fond sont en gris.

## 5. Interprétation

La campagne de 2010 a ajouté 6 stations de plus à celles de 2008 et 2009 portant la totalité à 18. La plupart des fleuves du département sont à présent échantillonnés (Figure 12).

L'information première que permet ces analyses est l'estimation des pourcentages de truites domestiques atlantiques (facile) et méditerranéennes (difficile) contenus dans chaque échantillon capturé.

La seconde information est la structure naturelle des truites, présente avant que l'homme ne perturbe le système. Evidemment, quand un peuplement naturel est presque entièrement remplacé par des truites domestiques, ce but est difficile à atteindre.

Les résultats montrent qu'aucune station de 2010 est indemne d'introggression domestique, atlantique ou méditerranéenne. Ils confirment que les rivières Loup, Tinée et Roya présentent bien un type génétique propre chacune, mais que ce type peut se rencontrer ailleurs (jamais à l'identique) comme le type Roya dans l'Estéron et la Bévéra, ou le type Tinée dans l'Estéron. Il s'agit plus probablement de ressemblance (dues à un passé commun) qu'à des migration récentes d'une rivière à l'autre.



Figure 12 : Position géographique des 18 stations analysées.

	2	3	4	5	6	Loup	Var	Roya
1	0,05	0,08	0,10	0,08	0,01	0,18	0,15	0,20
2		0,15	0,11	0,15	0,08	0,27	0,20	0,22
3			0,14	0,05	0,05	0,20	0,15	0,24
4				0,12	0,07	0,27	0,09	0,16
5					0,06	0,19	0,14	0,25
6						0,16	0,11	0,15
Loup							0,30	0,37
Tinée								0,22

	2	3	4	5	6	Loup	Tinée	Roya
1	0,02	0,00	0,00	0,00	5,20	0,00	0,00	0,00
2		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5					0,00	0,00	0,00	0,00
6						0,00	0,02	0,00
Loup							0,00	0,00
Tinée								0,00

Tableau 3 : Calcul 2 à 2 des valeurs de Fst (synonyme de niveau de différenciation). Dans le triangle du haut sont données les valeurs: en jaune, la différence est faible, plus la case est en orange et plus la différence génétique est élevée. Le triangle du bas donne le niveau de significativité (significatif si  $<5$ , très significatif si  $<1$ ). Seule la case bleue indique une différence non significative.

## ***Combien de types génétiques dans le département?***

Le rapport Berrebi & Shao (2009), basé sur 4 marqueurs, mettait en évidence le type **Roya**, pur à 91% dans la station Arbouset; le rapport Berrebi, Shao, Reynaud et Barla (2010) montrait l'existence des types génétiques **Loup** pur à 92% dans la seule station analysée dans ce fleuve et Var pur à 84% dans la **Tinée** St Sauveur. Le présent rapport confirme ces trois types comme étant prédominants.

Mais la biologie et l'histoire locale de la truite va au delà des grands types génétiques. La différenciation génétique entre localités dépend à la fois du temps d'isolement (dérive génétique) et de l'adaptation aux conditions écologiques locales (sélection). On s'attend donc à un patchwork ou un puzzle génétique plutôt qu'à une organisation bien hiérarchique et facile à décrire suivant la hiérarchie du réseau des cours d'eau.

Les différences génétiques entre échantillons (stations) peuvent être mesurées et statistiquement considérées comme significatives grâce au paramètre  $F_{st}$  et à son analyse de permutation (ici 5000 permutations).

Le tableau 3 donne les valeurs des  $F_{st}$  et leur significativité\*.

\*une différence significative signifie que le hasard ne peut pas expliquer cette différence... il y a donc une raison biologique à cette observation (ou parfois un artéfact ou erreur de manipulation).

Il nous montre que nous n'avons pas de groupes de stations identiques entre elles mais que tout est différent de tout, sauf de façon surprenante les stations 1 (Siagne-Figueirets) et 6 (Bévera). Nous décrivons donc là des ressemblances et non des identités... d'autant plus que les repeuplements à partir des types atlantique et du Doubs rajoute une couche de flou.

Enfin, le nombre limité de marqueurs (5) induit un intervalle de confiance non négligeable aux estimations chiffrées.

Nous voyons qu'en moyenne les types génétiques déjà définis surtout à partir des échantillons de 2008 et 2009 (Loup, Tinée et Roya) sont fortement différents des stations de 2010. On peut l'expliquer par le niveau d'hybridation: plus une population est hybridée, plus elle va se différencier des localités purement sauvages, et d'autre part les localités fortement atlantiques se ressemblent entre elles. Enfin, les types purs sont aussi très différents entre eux (voir Loup / Tinée ou Loup/Roya).

## ***Ecologie et anthropisation de ces stations***

### ***Bévera***

La Bévera présente une population fortement manipulée. Une étude génétique (allozymes) d'un échantillon de "Cabanes Vieilles" de 2000 a démontrée que cette population était fortement Atlantique (environ 75%, Berrebi, 2001) alors que la présente étude donne seulement 26% de formes atlantiques mais 40% d'introduction de Roquebillière.

La dévalaison des truites de ces têtes de bassins ont conduit à une population à 2 visages qui est en partie pure et « complétée » par une truite atlantique de dévalaison qui se reproduit maintenant naturellement en amont ou dans les tributaires et peuple la tête de bassin mais aussi pour les sujets les plus gros la partie intermédiaire et basse de ces mêmes cours d'eau.

### ***Estéron***

Pour l'Estéron supérieur, des truites atlantiques ont été introduites après guerre comme dans bon nombre de cours d'eau de la région. On observe cependant seulement 25% de truites atlantiques et le type dominant est celui de la Tinée.

### *Cagne*

La Cagne ne possédait de peuplement de truites fario avant la guerre. Des introductions de truites atlantiques ont conduit à une population pérenne qui n'est plus alevinée depuis plus de 10 ans. Il est donc logique d'y trouver une grande majorité de truites atlantiques (85%).

### *Le vallon de la valette*

Ce vallon, affluent de la Gordolasque, est sur la tête du bassin sans connexion possible avec les truites de souche Tinée/ Var présentes dans la Vésubie. Ce petit cours d'eau qui ne possédait pas de truites à l'après guerre et a été depuis peuplé par la souche domestique atlantique, ce qui se retrouve dans l'analyse qui estime la présence atlantique à 95%.

### *La Siagne*

Ce cours d'eau issu d'une résurgence est atypique dans le paysage des cours d'eau des Alpes Maritimes. On note des captages d'eau sur toute la longueur. Il est assez difficile de faire un historique précis de ce cours d'eau, mais de mémoire, l'eau de la Siagne était très prisée et les assècs très réguliers en période estivale. Nous n'avons pas de réelles données sur les populations ancestrales de truites et il est bien difficile de se faire une idée par rapport aux autres cours d'eau de notre département en se fiant sur les simples colorations et ponctuations des livrées.

En ce qui concerne les résultats des inventaires piscicoles 2010, il est clair que la très faible population salmonicole (entre 10 et 30 kg/ha) nous a obligé à prospecter de grandes longueurs de cours d'eau pour arriver à trouver 20 poissons de plus de 20 cm. Cette micro population, si elle est sauvage, témoigne de la difficulté qu'a cette espèce pour y vivre et surtout s'y reproduire, car le phénomène de concrétionnement, réduisant les frayères, est très présent sur ce cours d'eau et est un véritable facteur limitant. D'autre part, si cette population est majoritairement d'élevage (très faible population encore une fois), elle témoigne des résultats plus qu'aléatoire des 100 000 alevins (ce qui est énorme pour ce cours d'eau) de souche atlantique qui sont déversés ponctuellement sur 6 ou 7 km.

L'analyse de 2009 (Berrebi & Shao, 2009) portait sur une station très amont et montrait un peuplement entièrement artificiel: 78% atlantique et 12% Roquebillière. Dans les deux stations plus avalées analysées ici, le peuplement est tout aussi artificiel, mais c'est la souche de Roquebillière qui est prédominante (54 à 72%) et la truite atlantique moins présente (17 à 31%). Cette différence est techniquement difficile à expliquer (pas d'infranchissable, distance réduite entre les stations d'étude, contrôle des alevinages). Seule raison possible qui peut étayer ces données, c'est la très faible population de truites sur ce cours d'eau qui biaiserai les résultats.

### *Avenir des analyses*

Après avoir échantillonné depuis 2 ans les axes principaux du département, nous avons voulu aller un peu plus loin dans le détail cette année.

Si les truites des axes tels que Tinée, Var, Loup, Roya sont généralement purement sauvages et possèdent une structure de population qui est pérenne, en revanche dès que l'on étudie des rivières ayant un caractère d'infranchissabilité sur le tiers amont, on note une forte présence de truites domestiques notable dans les colorations des robes (voir annexe).

A présent, il nous semble intéressant d'en s'avoir plus sur les secteurs de "connexions" de ces souches, pour comprendre le fonctionnement des populations. C'était le but pour 2010, qui sera poursuivi en 2011.

## 6. Références citées

- Berrebi P. 2001.** Etude génétique de la truite commune (*Salmo trutta*) dans quelques sites du Parc national du Mercantour (marqueurs allozymiques). *Rapport de contrat*, Université Montpellier II, 19 p. + annexe.
- Berrebi P., Shao Z. 2009.** Etude génétique des truites de la Roya, 5p. *Université Montpellier 2*.
- Berrebi P., Shao Z. Reynaud N, Barla C. 2010.** Composition génétique des truites du Haut Var et du Loup (Alpes Maritimes) - microsattellites et ADNmt. *Rapport de décembre 2010*: 10p. *Université Montpellier 2*.

*Fait à Montpellier le 27 mars 2011*

*Annexe : présentation des robes des truites appartenant aux **trois types génétiques** sauvages (et purs : apport insignifiant des truites domestiques atlantiques et de Roquebillière) décrits dans le département des Alpes Maritimes.*

**Type Var**



*(truite de la Haute Tinée)*

**Type Loup**



**Type Roya**



*(truite de la Roya au niveau de Breil)*

*Les truites sauvages méditerranéennes des Alpes Maritimes sont installées et sédentaires depuis longtemps, probablement 10000 ans (différenciation génétique des types Loup, Var, Roya...) mais présentent des traits morphologiques qui les réunissent: leur robe comprend plus de 20 petits points noirs operculaires, leurs flancs sont couverts de points noirs sur le dos et de points rouges légèrement ocellés de blanc autour de la ligne latérale, leurs nageoires ne sont quasiment pas soulignées par des liserés.*