

# Nature génétique des truites du bas Verdon à l'aval du seuil de Gréoux les Bains

## Projet VERD



© FD04

Analyses statistiques et rédaction: **Patrick BERREBI**  
ISEM, Université Montpellier 2, cc065, place Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 05  
Tél: 04 67 14 37 32, Mél: [patrick.berrebi@umontpellier.fr](mailto:patrick.berrebi@umontpellier.fr)

Analyses moléculaires: **David SCHIKORSKI**  
Laboratoire Genindexe, 4 Rue Théodore Botrel, 22603 Loudéac Cedex  
Tél: 02 96 28 63 43, Mél: [d.schikorski@genindexe.com](mailto:d.schikorski@genindexe.com)

## 1. Introduction

La gestion de la truite des rivières françaises est une activité complexe du fait de la multitude des pratiques de gestion passées et de la diversité naturelle de l'espèce. La gestion actuelle nécessite l'établissement d'un plan d'action justifié et la satisfaction des pêcheurs qui ont des points de vue parfois opposés. Les gestions halieutique ou patrimoniale s'appliquent en France en fonction de chaque situation.

Les analyses génétiques peuvent aider à faire un choix. Elles procurent aux gestionnaires deux types d'information: la distribution géographique des lignées naturelles différenciées et le niveau d'hybridation entre lignées sauvages et domestiques. La première information permet de prévenir des mélanges inappropriés et la seconde permet d'adapter la gestion à l'état du cheptel.

## 2. Les échantillons analysés

L'échantillon de 30 fragments de nageoires de truites du Verdon dans l'alcool est parvenu à l'Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier (ISEM) de l'Université de Montpellier (UM) le 13 novembre 2015 préparé par la Fédération des Associations Agréées de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique (AAPPMA) des Alpes de Haute Provence (FD04). Monsieur Vincent Duru est le correspondant de la FD04 auprès de l'ISEM.

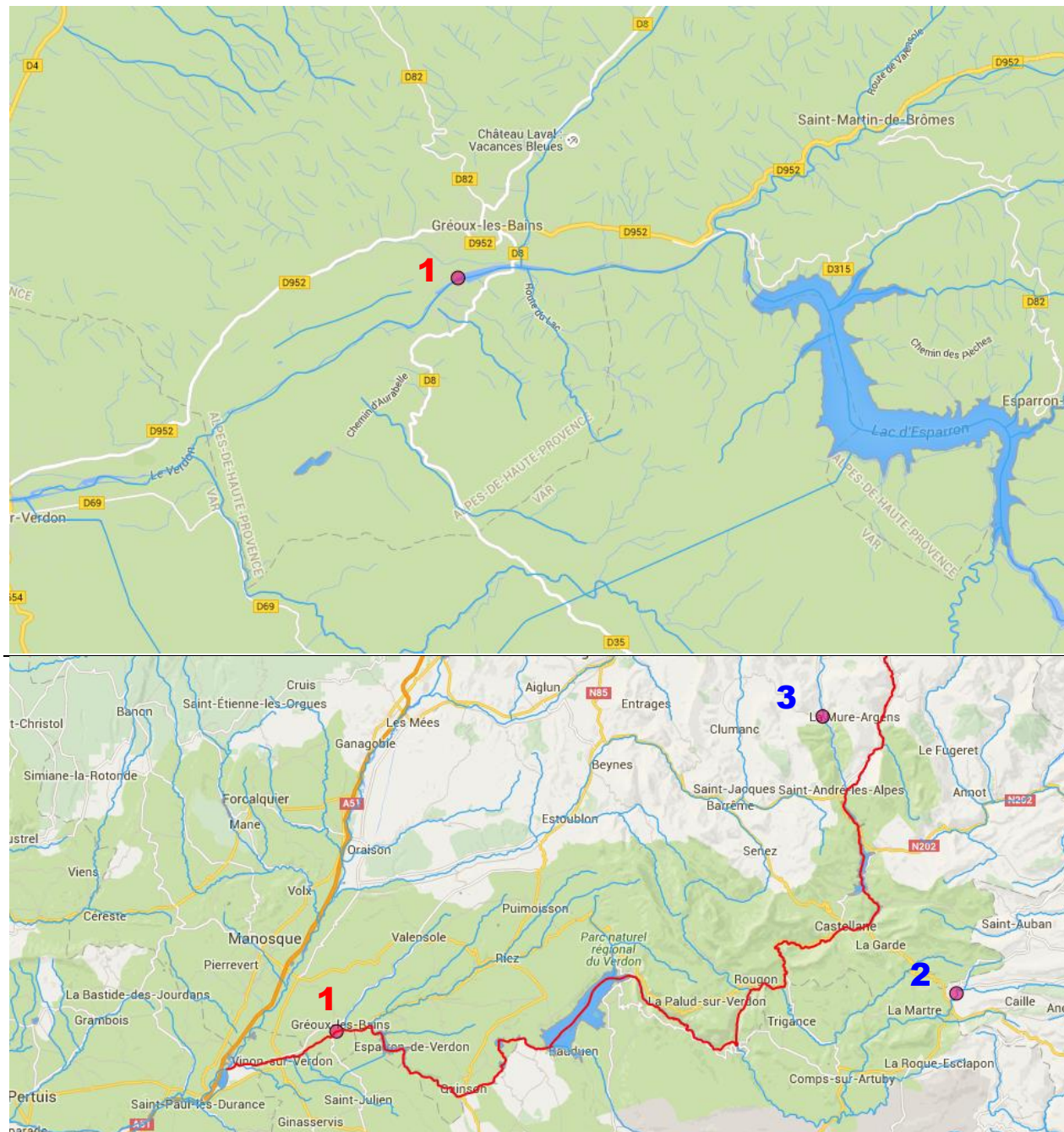
Les truites ont été capturées le mardi 20 octobre 2015 en aval du seuil de Gréoux mais en amont d'un petit seuil naturel sélectif. La distance entre les deux seuils est d'une cinquantaine de mètres. Capturées en aval du seuil artificiel, elles ont été relâchées en queue de retenue.

N°	Station	Nbre	Date	Dept	Rapport	N° ISEM échantillon	N° ISEM individus
1	Verdon (seuil de Gréoux)	30	20/10/2015	4	VERD	L689	T29093-T29122
2	Artuby (aval Malmaire)	13	20/10/2011	6	AM4	L448	T21041-T21060
3	Issole	20	20/09/2012	4	AHP3	L155	T24888-T24917
4	pisciculture Roquebillière	29	01/02/2008	6	GSALM2	L156	T13061-T13090
5	pisciculture nationale	30	2008	38	GSALM2	L266	T16926-T16955

*Tableau 1 : Détail des échantillons analysés. En jaune l'échantillons de 2015; en blanc les échantillons de référence servant aux comparaisons; en gris les références domestiques.*

Les analyses statistiques nécessitent de comparer les génotypes des truites du Verdon avec ceux de truites de type connu. Ainsi ont été rajoutés des échantillons déjà analysés par l'ISEM dans deux affluents du Verdon (Tableau 1). Cela permettra de décrire l'originalité éventuelle des

truites du Verdon aval. Enfin deux échantillons de truites domestiques, de lignées méditerranéenne et atlantique, permettront de détecter l'impact des repeuplements. Les caractéristiques des échantillons analysés sont détaillées au Tableau 1. Leurs localisations sont précisées à la Figure 1.



**Figure 1** : Positionnement géographique de la station échantillonnée en 2015 ainsi que des stations de référence proches. Les chiffres renvoient au Tableau 1. La ligne rouge représente le Verdon.



### 3. Les méthodes moléculaires

Les techniques biomoléculaires permettent d'extraire l'ADN contenu dans les nageoires. Par amplification et migration, sont révélés les variants héréditaires (allèles) portés par chaque truite au niveau d'endroits bien particuliers des chromosomes (les locus). Pour être informatifs, des locus hypervariables sont choisis, les microsatellites. Ici, nous avons choisi 6 locus microsatellites nommés One $\mu$ 9, Mst85, Ss0SL-311, Omy21DIAS, Mst543 et SSoSI-438. Leurs allèles constituent les génotypes des truites.

Les génotypages sont assurés par Genindexe, laboratoire privé. Les résultats sont donnés sous la forme d'une matrice croisant locus et truites et indiquant un génotype à deux allèles à chaque intersection (un allèle du père et un allèle de la mère du poisson). Cette matrice de génotypes est le point de départ de toutes les analyses statistiques détaillées aux chapitres suivants.

### 4. Les méthodes statistiques

Il existe une multitude de méthodes statistiques permettant de faire parler la matrice de génotypes. Les méthodes choisies ici sont d'une part efficaces et très utilisées en génétique des populations, et d'autre part visuelle pour que le lecteur non spécialiste puisse suivre les résultats et le raisonnement.

- *L'analyse multidimensionnelle* permet de positionner sur un graphique chaque truite en fonction de l'ensemble de ses caractéristiques génétiques (génotypes). La méthode choisie est l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) traitée avec le logiciel GENETIX. Les regroupements de points (= truites) sur le graphique, appelés "nuages", décrivent les différentes lignées présentes dans l'échantillonnage global. Cette méthode est considérée comme un débroussaillage des données moléculaires permettant de comprendre rapidement quelles sont les lignées en présence et leur éventuelle hybridation.

- *L'analyse d'assignation* permet de découper l'échantillonnage global en sous-groupes qui sont les lignées présentes. Cette méthode plus délicate d'emploi a l'avantage de chiffrer (%) la composition de chaque échantillon en différentes lignées. Elle permet aussi de décrire la composition en lignées de chaque truite (= taux d'hybridation). L'analyse d'assignation est faite avec le logiciel STRUCTURE. Le nombre objectif de sous-unités est déterminé par le logiciel STRUCTURE HARVESTER;

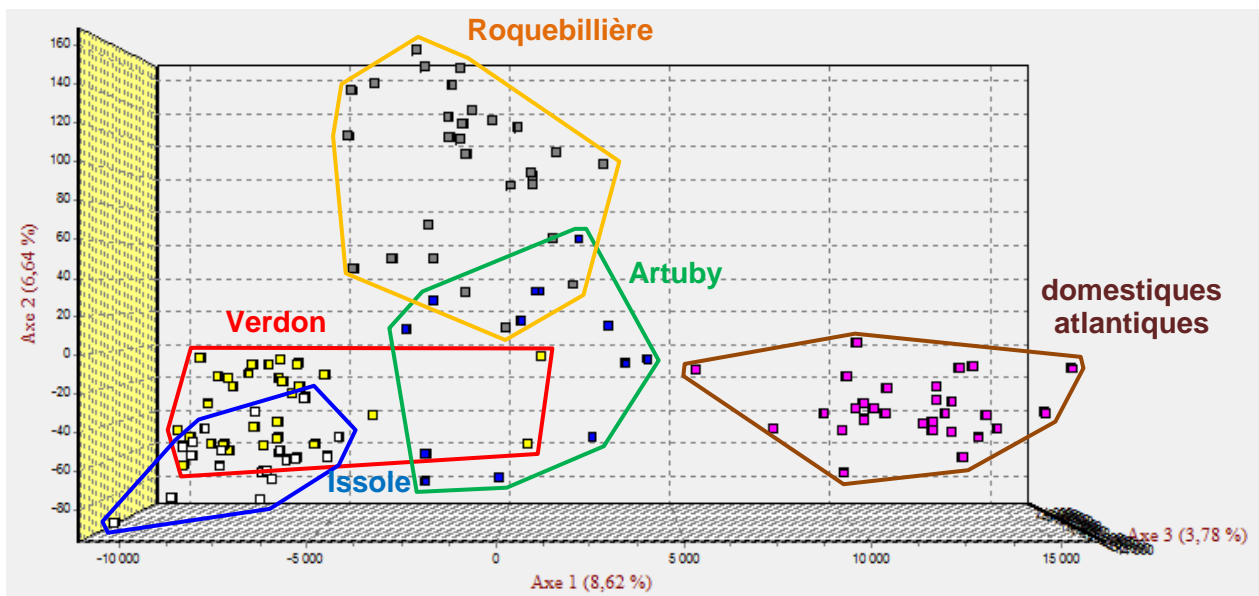
- les paramètres populationnels (ici la diversité génétique  $H_o$  et  $H_{nb}$ , la panmixie  $F_{is}$  et le niveau de différenciation  $F_{st}$ ) sont calculés avec le logiciel GENETIX et permettent d'interpréter les résultats en termes biologiques.

## 5. Résultats

### 5.1. Débroussaillage par AFC

Cette analyse présentée en Figure 2 nous indique que les truites du Verdon sont très proches de celles de l'Issole. Le prolongement vers la droite du polygone rouge (dû à seulement deux truites) indique probablement des hybrides sauvages/domestiques. La souche Roquebillière serait la seule à influencer la région, surtout dans l'échantillon de l'Artuby.

L'analyse d'assignation va chiffrer la participation de chaque lignée dans chaque échantillon.

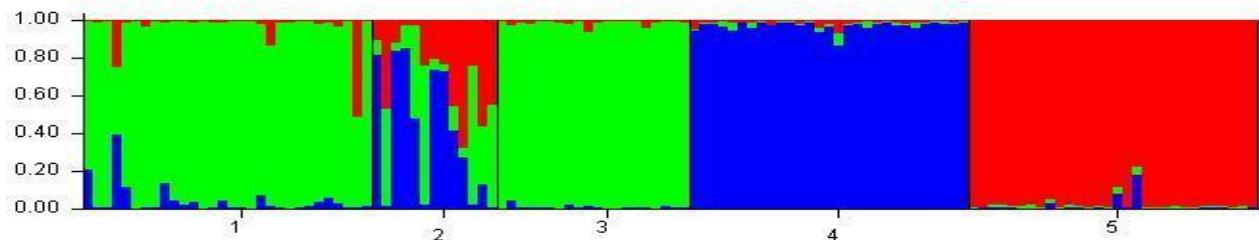


**Figure 2 :** Analyse multidimensionnelle (AFC) disposant toutes les truites considérées d'après leurs caractéristiques génétiques.

### 5.2. Chiffrage par assignation

L'analyse d'assignation permet de classer et de chiffrer la composition génétique de chaque échantillon. La meilleure représentation est l'histogramme de la Figure 3.

Les observations faites sur la Figure 2 sont confirmées par cette analyse.



**Figure 3 :** Histogramme de la composition génétique de chaque truite (fines barres verticales) et de chaque échantillon quand on subdivise l'échantillonnage total en 3 lignes: vert = Verdon, bleu = Roquebillière, rouge = domestique atlantique.

N°	Station	Verdon	Roquebillière	domestique atlantique
1	Verdon (seuil de Gréoux)	91	5	4
2	Artuby (aval Malmaire)	30	41	29
3	Isssole	97	1	1
4	pisciculture Roquebillière	1	97	1
5	pisciculture nationale	1	2	97

**Tableau 2:** Transformation de la Figure 3 en pourcentages. La station du Verdon peut être considéré comme purement sauvage, la détection d'apports domestiques est en dessous de la limite de sécurité de la méthode (cela peut être de l'hybridation ou simplement du bruit de fond).

## 5.2. Calcul des paramètres populationnels.

Ces paramètres apportent des renseignements populationnels qui seront interprétés dans le chapitre 6.3.

N°	Station	Hnb	Ho	A	Fis	signif.
1	Verdon (seuil de Gréoux)	0,65	0,69	7,3	-0,05	ns
2	Artuby (aval Malmaire)	0,79	0,81	7,0	-0,03	ns
3	Issole	0,61	0,62	5,2	-0,03	ns
4	pisciculture Roquebillière	0,67	0,63	6,0	0,07	ns
5	pisciculture nationale	0,66	0,64	6,0	0,04	ns

**Tableau 3:** Paramètres populationnels donnant des informations sur le polymorphisme (entêtes bleues), et la panmixie (entêtes orange). ns = non significatif (=population en panmixie).

## 6. Interprétation et Discussion

### 6.1. Impact des repeuplements

Les analyses génétiques ne sont compréhensibles que par comparaison des truites de rivière, de nature inconnue (celles qui font l'objet de cette étude), avec les truites de référence connue. La présence de truites domestiques est détectée par ressemblance avec les truites de référence de pisciculture. Toutefois, si une autre souche inconnue (ou non signalée au laboratoire) a été utilisée dans la zone étudiée, les estimations peuvent être faussées sans que nous le sachions.

L'analyse d'assignation (Figure 3 et Tableau 2), confirmant l'analyse multidimensionnelle (Figure 2) nous indique que la population analysées dans le Verdon juste en dessous du seuil de Gréoux les Bains ne présente pas de présence domestique certaine (les 5% de lignée Roquebillière et 4% de lignée atlantique peuvent n'être que du bruit de fond de la méthode statistique). Cependant, l'analyse multidimensionnelle permet de soupçonner la présence de deux truites hybridées avec la souche atlantique. C'est aussi le cas de la station de référence de l'Issole, affluent du Verdon dans les Alpes de Haute Provence. Ce n'est par contre pas le cas de la station Artuby (dans les Alpes Maritimes) dont les truites apparaissent comme fortement hybridées, avec presque autant d'allèles de type Verdon que de lignée Roquebillière et que de lignée domestique atlantique.

Concernant la station du seuil de Gréoux, on peut se demander comment cet échantillon quasiment purement sauvage a pu se constituer alors que deux AAPPMA du Bas Verdon alevinent à hauteur de près de 50 000 truitelles 0+ de 4 mois entre le seuil de Gréoux et le seuil amont de Vinon. L'absence d'obstacle entre les deux seuils et le débit réservé faible et peu sélectif ne donnent pas d'explication valable.

Deux explications peuvent être avancées (et testées par des analyses ultérieures):

- soit les truites domestiques ont une faible capacité d'adaptation au milieu et une infériorité compétitive vis-à-vis des sauvages (tous les deux ans en moyenne, de gros lâchers d'eau du barrage d'Esparron doivent mettre à l'épreuve différentielle les deux types de truites);
- soit le seuil naturel, juste à l'aval du seuil en béton de Gréoux est assez sélectif et ne laisse passer que les poissons de taille de l'ordre de 30 cm et plus.

Ce dilemme pourra être résolu par des analyses sur l'ensemble du sous bassin. Si la première hypothèse est la bonne, l'aval de Gréoux les Bains héberge des populations de truites

essentiellement sauvages; si la seconde hypothèse est la bonne, nous trouverons (beaucoup) plus de formes domestiques à l'aval, notamment chez les 1+ et les 2+.

### **6.2. Structure génétique naturelle des truites du Verdon aval.**

La station du Verdon qui fait l'objet de la présente étude est peuplée de truites purement sauvages et leur type génétique a été baptisé "Verdon". La présence d'environ 5% des lignées méditerranéenne de Roquebillière et atlantique commerciale ne peut pas être affirmée car chacune est en dessous du seuil de sûreté de 5%.

Cette lignée naturelle dite Verdon se retrouve à l'état pur également dans l'autre station des Alpes de Haute Provence sur l'Issole. Cette station a été analysée dans le rapport AHP3 dans lequel on y avait trouvé 18% de la lignée Verdon 1 et 76% de la lignée Verdon 2 et pas d'introgression domestique. La présente analyse ne distingue pas ces deux sous catégories Verdon, sans doute à cause du petit nombre de stations analysées.

### **6.3. Diversité génétique et panmixie.**

Cette population du bas Verdon a une diversité génétique très convenable: le Tableau 3 nous donne une hétérozygotie non biaisée (Hnb) de 0,65, de même niveau que la souche nationale atlantique réputée très polymorphe, ou que la souche de Roquebillière ou encore que la population de l'Issole, mais inférieure à celle de l'Artuby, "boostée" il est vrai par un rajout important de deux souches domestiques.

### **6.4. Conclusion.**

Cette population de truites presque purement de lignée locale du Verdon, à une altitude de 300 mètres seulement est remarquable. Il est rare de trouver de telles populations à une altitude où souvent ces populations sont artificielles et uniquement maintenues par des repeuplements annuels.

Cette population qui s'est passée jusqu'à présent d'apport domestique mérite d'être maintenue en gestion patrimoniale.

*Fait à Montpellier le 8 février 2016*

## **7. Références bibliographiques**

- Berrebi P., Cherbonnel C. 2009.** Cartographie génétique des populations sauvages de truites françaises - Programme GENESALM - tome 1 - version du 15 décembre 2009. 22p. ([GSALM2](#))
- Berrebi P., Shao Z., Barla C. 2012.** Caractérisation génétique des truites des Alpes Maritimes (Molières, Gordolasque, Bouyon et Artuby) - Janvier 2012, p. 11. Rapport d'analyse pour la Fédération 06. Université Montpellier 2. ([AM4](#))
- Berrebi P., Genindex. 2013.** Etude génétique des truites du bassin du Verdon (campagne 2012) - Projet [AHP3](#) - Rapport de juillet 2013: Rapport d'étude pour la FD04. 17p.

## 8. Annexe: assignation poisson par poisson

N°	Station / Etiquette des tubes	Verdon	Roquebillière	domestique atlantique
1	Verdon (seuil de Gréoux)	0,91	0,05	0,04
2	Artuby (aval Malmaire)	0,30	0,41	0,29
3	Issole	0,97	0,01	0,01
4	pisciculture Roquebillière	0,01	0,97	0,01
5	pisciculture nationale	0,01	0,02	0,97
1	FEDE04-2015-01	0,78	0,21	0,00
1	FEDE04-2015-02	0,98	0,01	0,01
1	FEDE04-2015-03	0,99	0,01	0,01
1	FEDE04-2015-04	0,36	0,40	0,25
1	FEDE04-2015-05	0,88	0,12	0,01
1	FEDE04-2015-06	0,99	0,01	0,01
1	FEDE04-2015-07	0,96	0,01	0,03
1	FEDE04-2015-08	0,99	0,01	0,01
1	FEDE04-2015-09	0,85	0,14	0,01
1	FEDE04-2015-10	0,95	0,05	0,01
1	FEDE04-2015-11	0,97	0,02	0,01
1	FEDE04-2015-12	0,95	0,04	0,01
1	FEDE04-2015-13	0,99	0,01	0,01
1	FEDE04-2015-14	0,98	0,01	0,01
1	FEDE04-2015-15	0,94	0,05	0,01
1	FEDE04-2015-16	0,98	0,01	0,01
1	FEDE04-2015-17	0,99	0,01	0,01
1	FEDE04-2015-18	0,99	0,01	0,01
1	FEDE04-2015-19	0,91	0,08	0,02
1	FEDE04-2015-20	0,85	0,02	0,13
1	FEDE04-2015-21	0,98	0,01	0,01
1	FEDE04-2015-22	0,99	0,01	0,01
1	FEDE04-2015-23	0,98	0,01	0,01
1	FEDE04-2015-24	0,97	0,02	0,01
1	FEDE04-2015-25	0,95	0,04	0,02
1	FEDE04-2015-26	0,93	0,06	0,01
1	FEDE04-2015-27	0,94	0,03	0,04
1	FEDE04-2015-28	0,98	0,01	0,01
1	FEDE04-2015-29	0,48	0,01	0,51
1	FEDE04-2015-30	0,97	0,02	0,01