

# Etude génétique des truites fario de la Sorgue Troisième étape: 2010

-rapport de septembre 2011-



Truite sauvage *Grande Sorgue Nord (Portalet) G20*

Analyses statistiques, interprétation, rédaction: **Patrick Berrebi** \*  
Analyses moléculaires: **Corinne Cherbonnel** \*\*

\* 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)



avec le concours de :



## 1. Introduction

Le suivi génétique des truites de Sorgues date de 1994 (soit plus de 15 années). La première étude (commandée par la Fédération de Pêche 84) était très préliminaire, basée sur les allozymes, et montrait que le peuplement de la source de la Sorgue (Fontaine de Vaucluse) était purement méditerranéen tandis que le reste du cours d'eau (au niveau d'Isle sur Sorgue) présentait des traces de repeuplements par la truite commerciale atlantique.

Les études de 2005 et de 2007 (commandées par le Syndicat Mixte du Bassin des Sorgues) utilisaient un nouveau marqueur moléculaire, les microsatellites, qui, outre ses grandes qualités de discrimination, permettait de ne plus sacrifier les truites.

La campagne de 2010 est en continuité avec celles de 2005 et 2007: mêmes marqueurs, mêmes méthodes, et dans certains cas mêmes stations. Ainsi, dans le développement du présent rapport, une comparaison dans le temps apporte d'intéressants résultats sur l'évolution des populations en terme d'impact de la forme domestique (voir chapitre "Interprétation").

En dehors de cette question de l'impact des repeuplements passés ou présents, les gestionnaires s'inquiètent sur l'évolution générale des populations piscicoles sur le réseau des Sorgues. Que ce soit par la pêche de loisir ou par les pêches électriques pour la gestion, il semble y avoir de moins en moins de salmonidés constatés et une évolution flagrante des zonations piscicoles malgré une qualité d'eau apparemment en constante amélioration. On se perd en conjectures sur la cause, probablement multi-factorielle, de cette baisse de densité (qualité d'eau, pression de pêche, disparition du couvert arboré avec la mort des platanes, urbanisation, aléas climatiques, récentes périodes de sécheresse, introduction de gènes allochtones...).

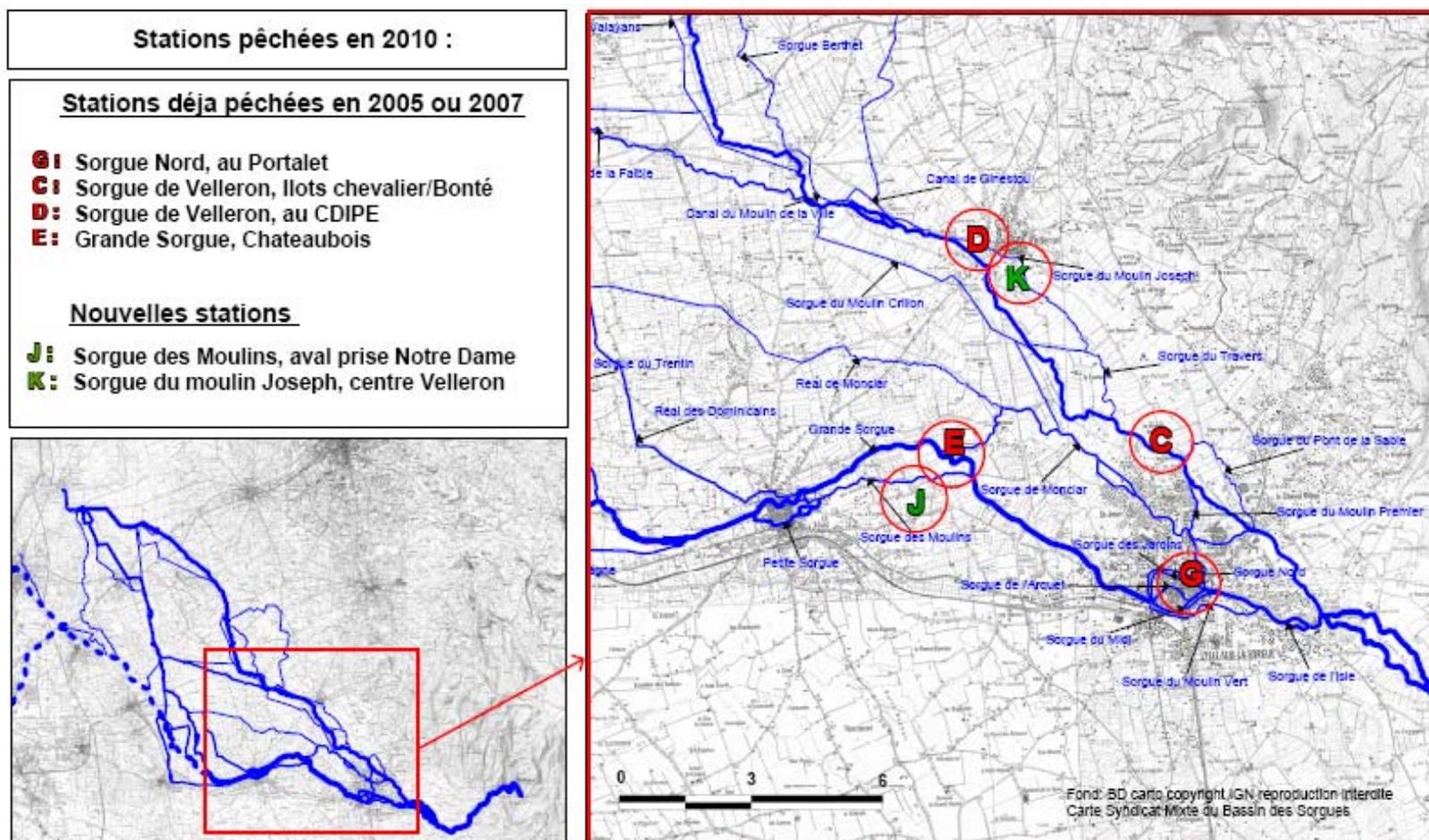
Deux paramètres populationnels nouveaux ont été ajoutés aux analyses pour essayer d'apporter des éléments nouveaux : la diversité génétique (ici on prendra le paramètre Hnb) est sensible aux variations de taille des populations, et l'indice Fis teste la panmixie, c'est à dire le fait que tous les poissons d'un échantillon ponctuel fréquentaient la même frayère.

En effet, des perturbations populationnelles de type démographique devraient provoquer une baisse de la diversité génétique d'année en année et un abus d'introduction de truites "exotiques" quelles qu'elles soient devrait être visible en AFC ou en assignation, et plus encore avec le paramètre de panmixie Fis.

### Liste des rapports 1995-2008 cités

- Berrebi P. 1995. Etude génétique des truites fario de la Sorgue. Rapport final février 1995. *Rapport de contrat Fédération des AAPPMA du Vaucluse*, 8p + annexes.
- Berrebi P., Lasserre B. 2006. Evaluation de la dynamique des peuplements de truite fario de la Sorgue - Suivi génétique des truites fario des Sorgues - Reconquête de la souche méditerranéenne de la truite fario sur le réseau des Sorgues - Rapport final avril 2006. Université Montpellier 2. 11p.
- Berrebi P., Dubois S. 2008. Evaluation de la dynamique des peuplements de truites fario de la Sorgue - Etude génétique - Rapport final mars 2008, p. 10. Université Montpellier 2.

## Stations pour les prélèvements du suivi génétique de la Truite fario de la Sorgue Phase 3 - Etude 2010



*Figure 1 : Campagne de pêche de septembre 2010*

## 2. Echantillonnage de 2010

N° terrain	N° labo.	Station	Date	Nombre
-	T02765-T02794	Fontaine de Vaucluse	juillet 1994	30
-	T02795-T02826	Isle sur Sorgue	juillet 1994	32
-	T02827-T02856	Pisciculture de Fontanelle	juillet 1994	30
A01 à A30	T07423-T07452	Sorgue amont - Fontaine de Vaucluse	septembre 2005	30
B01 à B30	T07453-T07482	Sorgue aval - SPA	octobre 2005	30
C01 à C30	T07483-T07512	Sorgue Velleron - Grand Palud	octobre 2005	30
D01 à D30	T07513-T07542	Sorgue Velleron - CDPIE	octobre 2005	30
E01 à E30	T07543-T07572	Grande Sorgue - Châteaubois	octobre 2005	30
F01 à F30	T07573-T07602	Sorgue Velleron - Foulquettes	octobre 2005	30
R01 à R30	T07603-T07632	Pisciculture de Camaret (2 souches)	juillet 2005	30
C01 à C30	T12001-T12030	Sorgue Velleron - Grand Palud	septembre 2007	30
D01 à D21	T12031-T12051	Sorgue Velleron - CDPIE	septembre 2007	21
F01 à F30	T12053-T12081	Sorgue Velleron - Foulquettes	septembre 2007	30
G01 à G30	T12082-T12111	Sorgue Nord	septembre 2007	30
C01 à C30	T18098-T18127	Sorgue de Velleron - <b>Bonté</b>	septembre 2010	30
D01 à D30	T18128-T18157	Sorgue de Velleron - <b>CDPIE</b>	septembre 2010	30
E01 à E09	T18158-T18166	Grande Sorgue - <b>Chateaubois</b>	septembre 2010	9
G01 à G30	T18167-T18196	Grande Sorgue - <b>Nord Portalet</b>	septembre 2010	30
J01 à J02	T18197-T18198	Sorgue des Moulins à <b>Notre-Dame au Thor</b>	septembre 2010	2
K01 à K30	T18199-T18228	Sorgue du Moulin Joseph - <b>centre-ville Velleron</b>	septembre 2010	30
O1 à 30	T18229-T18258	<b>Pisciculture Meyer</b>	juin 2010	30

**Tableau 1** : liste des échantillons analysés pour l'ensemble du projet pluriannuel. Les échantillons de 1994 ne peuvent plus être analysés par des microsattellites. Les échantillons de 2010 (en bleu), arrivés à Montpellier le 20 octobre 2010, font l'objet de ce rapport.

### 3. La méthode moléculaire

Afin de déterminer la nature génétique sauvage, domestique ou hybride des 161 truites, 5 marqueurs microsattellites (Ssa197, Omm1105, Oneμ9, Sfo1, SsoSL-311) ont été employés. Le laboratoire d'analyse (ici Genindexe, La Rochelle) détermine, pour chaque truite, l'allèle (ou variant du gène) hérité par chacun de ses parents, c'est le génotype. Les génotypes sont établis pour chacun des marqueurs pour constituer une matrice de données, base de tous les calculs ultérieurs.

### 4. Les méthodes statistiques

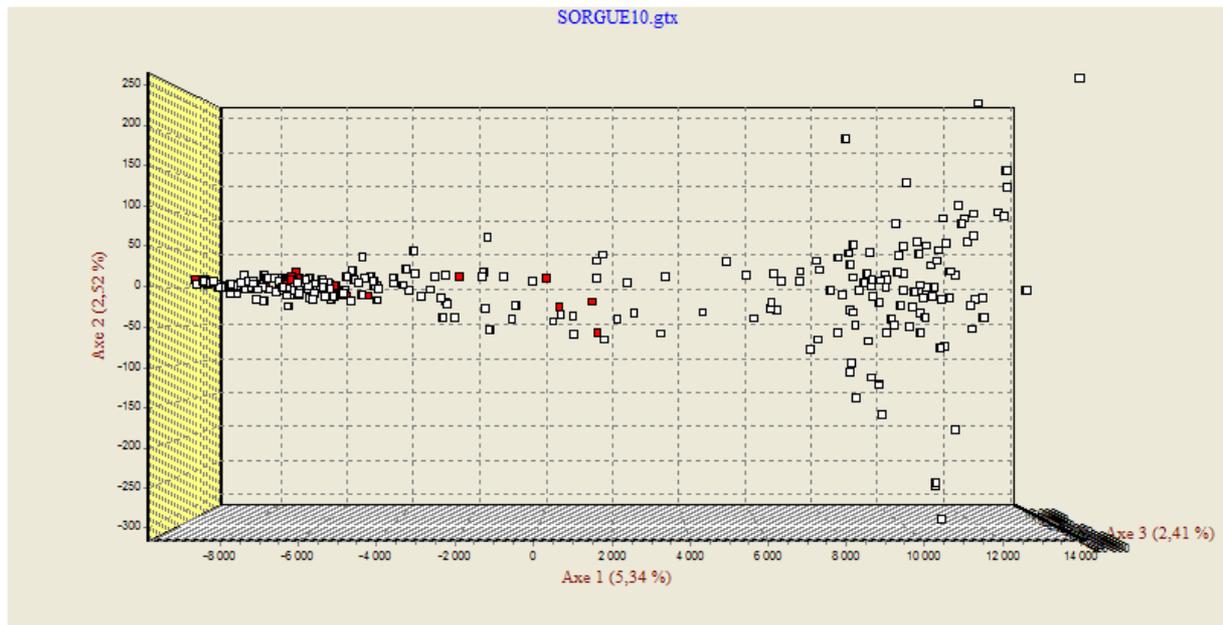
Deux méthodes sont exploitées successivement.

- Une méthode de débroussaillage donne une première idée de l'état des truites : c'est l'analyse multidimensionnelle AFC (logiciel GENETIX). Elle positionne chaque truite (point) en fonction de l'ensemble de ses caractéristiques génétiques. Plus deux points sont proches, plus les truites qu'ils représentent se ressemblent génétiquement.

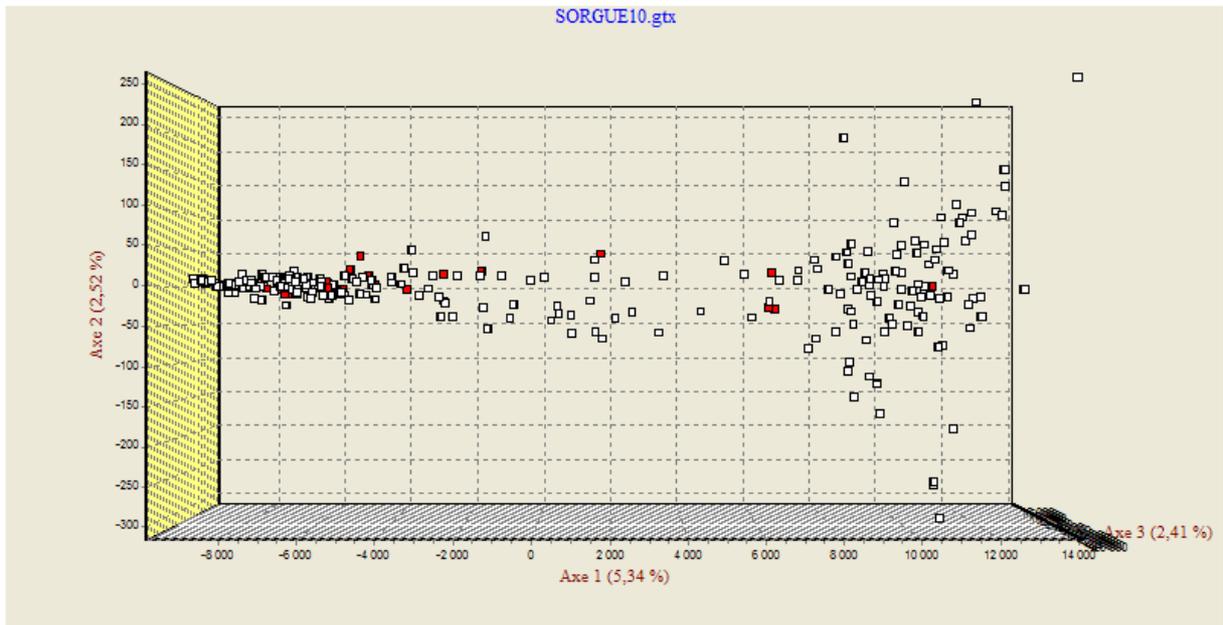
- Une méthode d'assignation permet d'estimer, de façon probabiliste, la composition sauvage/domestique de chaque truite analysée (logiciel STRUCTURE). Le logiciel découpe l'ensemble des truites analysées en k sous-groupes ayant les caractéristiques les plus proches d'une population en équilibre génétique.

## 5. Premiers résultats

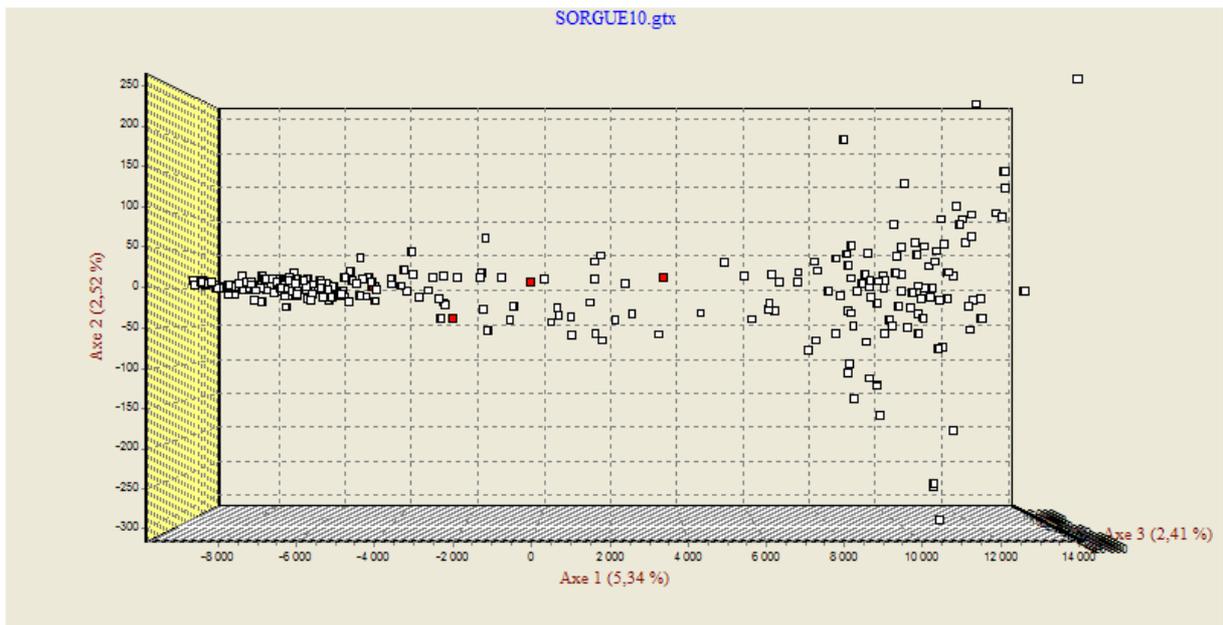
### 5.1. Estimations qualitatives



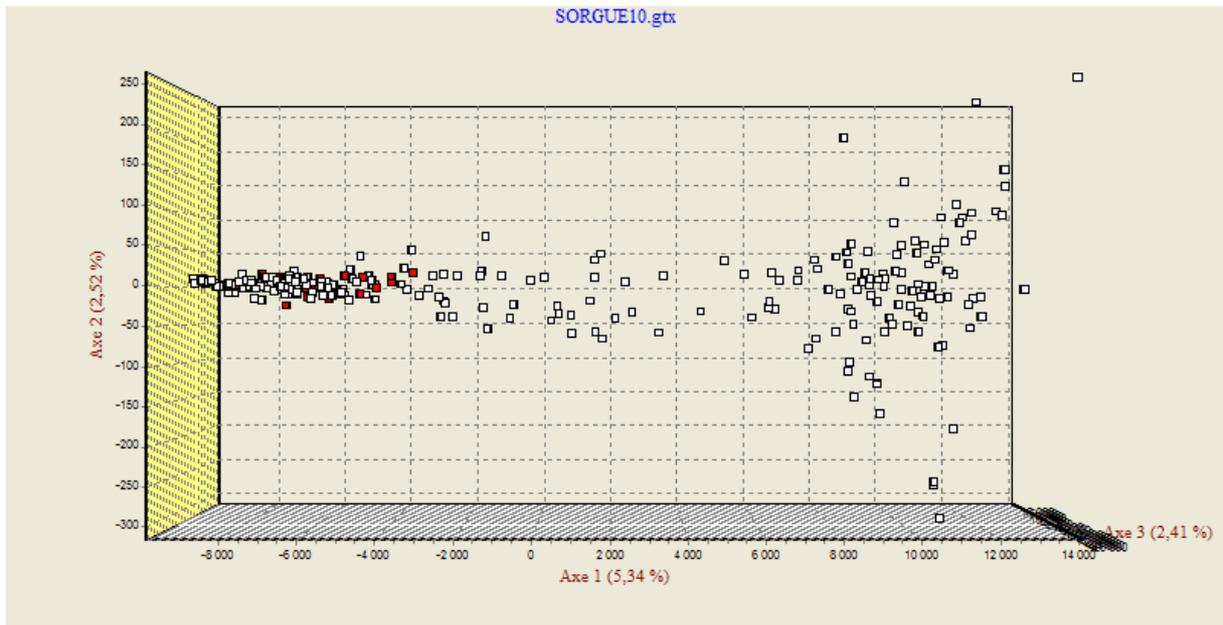
**Figure 2 :** *Sorgue de Velleron - Bonté 2010 (C) : les truites sauvages méditerranéennes (à gauche) sont environ deux fois moins polymorphes que les truites atlantiques de pisciculture (à droite), ce qui explique cette structure en entonnoir. Le centre du graphique correspond aux hybrides. Cette station comporte donc des truites purement ou presque purement méditerranéennes (points rouges à gauche) mais aussi plusieurs hybrides (points rouges du centre). Elle a subi une **introgression modérée et ancienne** par les gènes domestiques atlantiques.*



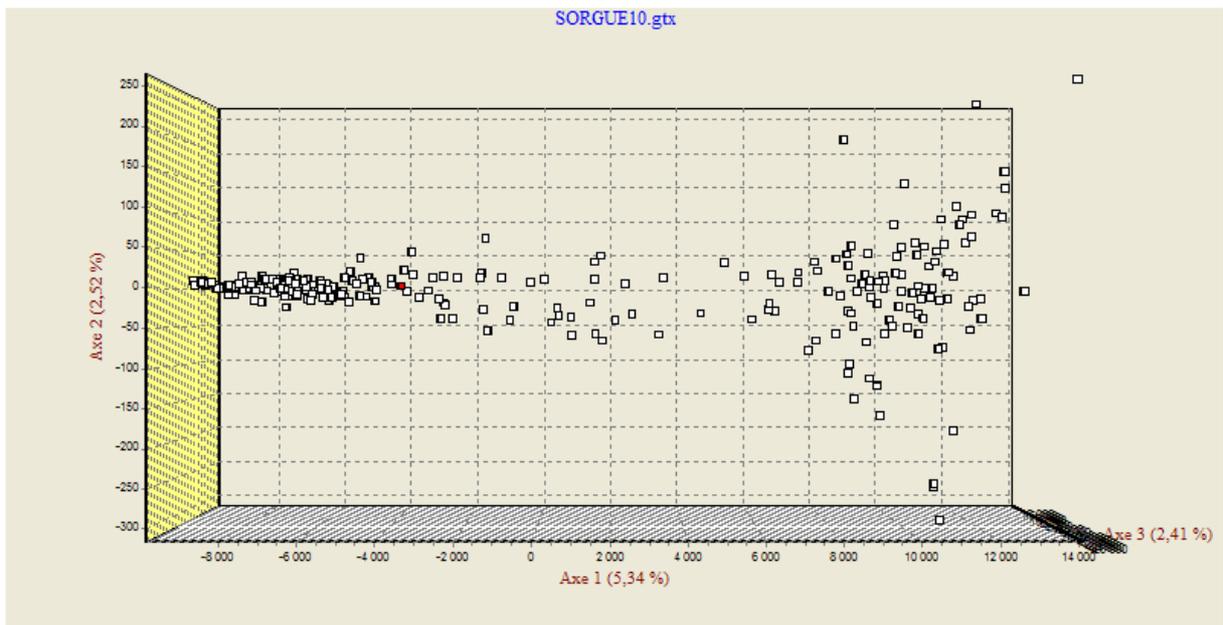
**Figure 3 :** *Sorgue de Velleron - CDIPE (D) : ici tous les types sont représentés, incluant des truites probablement nées en pisciculture et donc issues de repeuplement récent (moins de 3 ans). L'introgression modérée est ancienne et récente.*



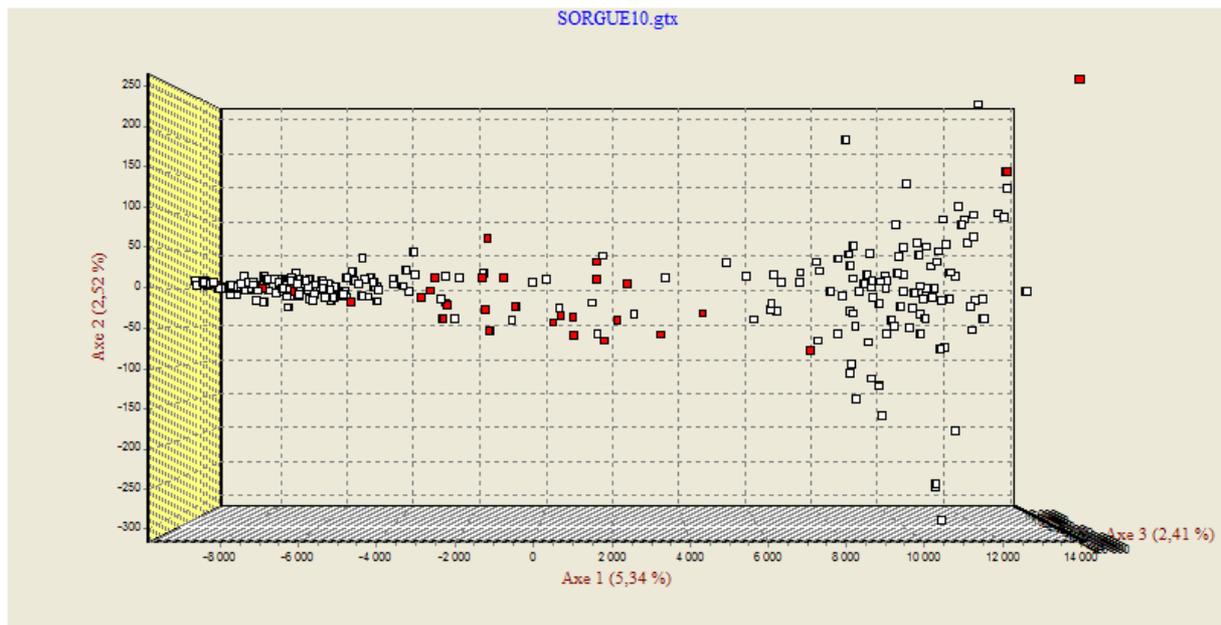
**Figure 4 :** *Grande Sorgue - Chateaubois (E) : cette station n'a fourni que 9 truites, apparemment des hybrides. Sous toutes réserves, il y a eu introgression ancienne modérée.*



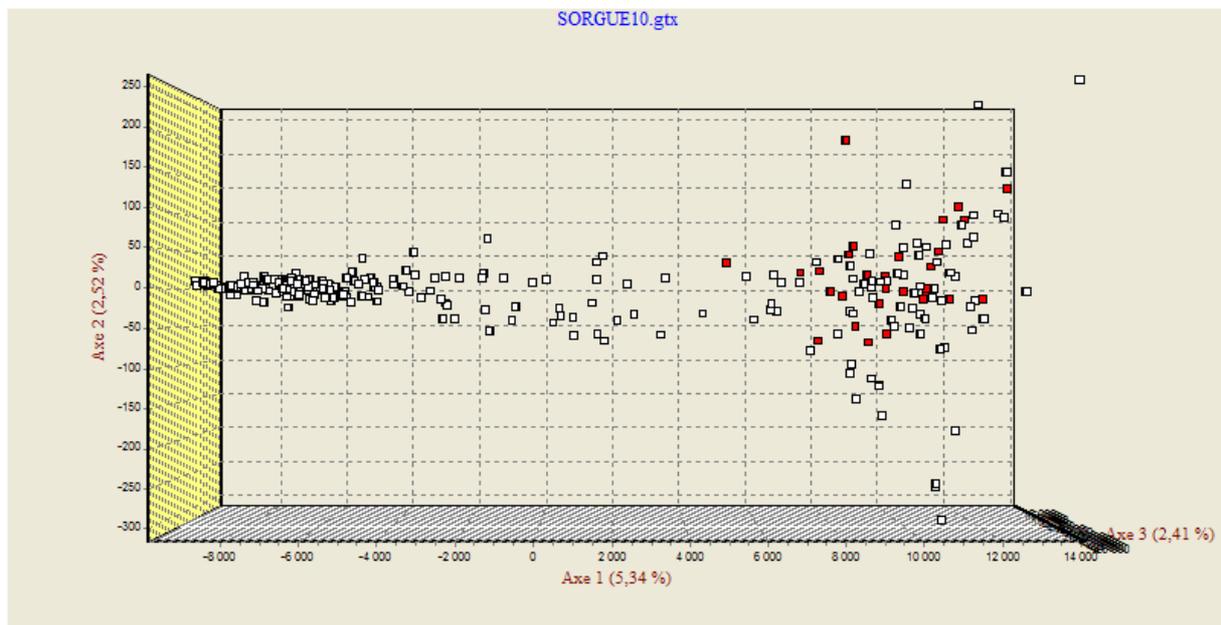
**Figure 5 :** Grande Sorgue Nord - Portalet (G) : truites *entièrement méditerranéennes*.



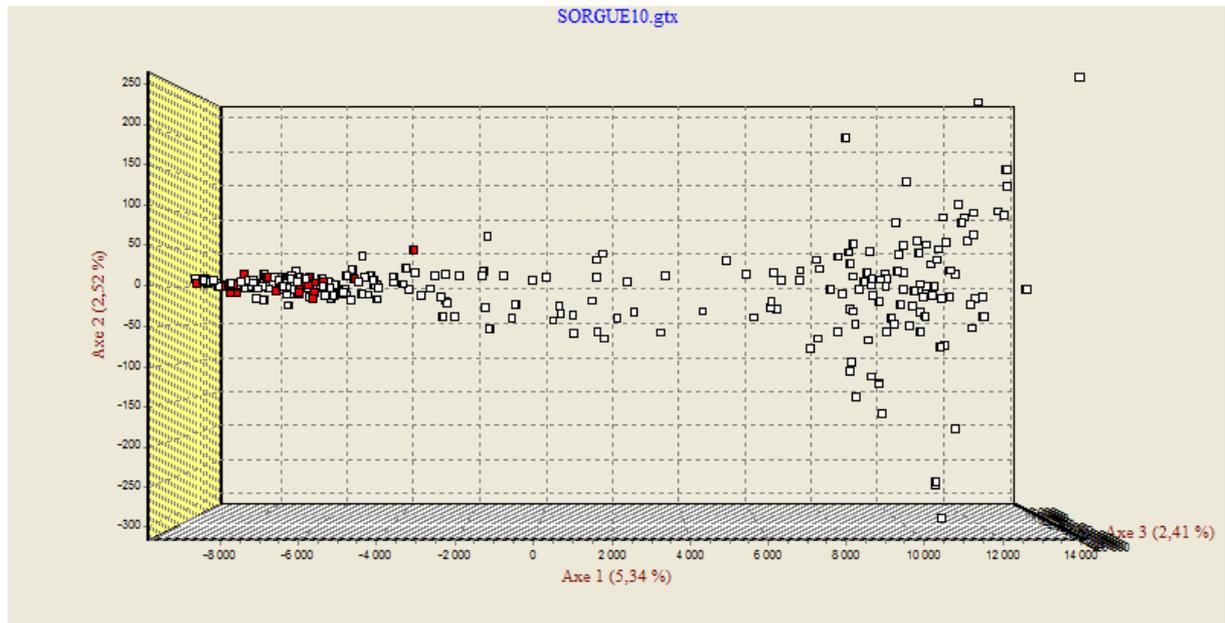
**Figure 6 :** Sorgue des Moulins à Notre-Dame au Thor (J): les deux truites capturées dans cette station semblent *méditerranéennes*.



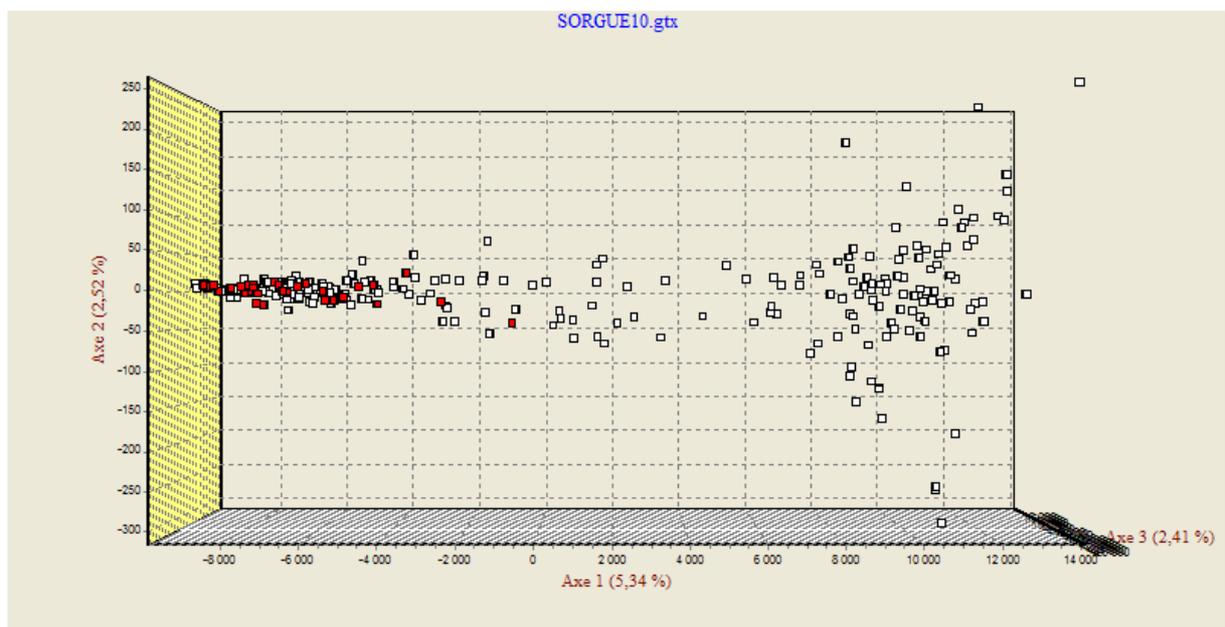
**Figure 7 :** *Sorgue du Moulin Joseph - centre-ville Velleron (K) : forte présence atlantique: on trouve ici beaucoup de truites hybrides (introductions anciennes), avec cependant quelques formes méditerranéennes et quelques truites nées en pisciculture (introduction récente).*



**Figure 8 :** *Pisciculture Meyer : comme attendu, cette pisciculture qui fournit la fédération possède une souche entièrement atlantique.*



**Figure 9 :** *Fontaine de Vaucluse 2005* : à titre de contrôle, cette station déjà analysée dans le passé confirme sa composition **purement méditerranéenne**.

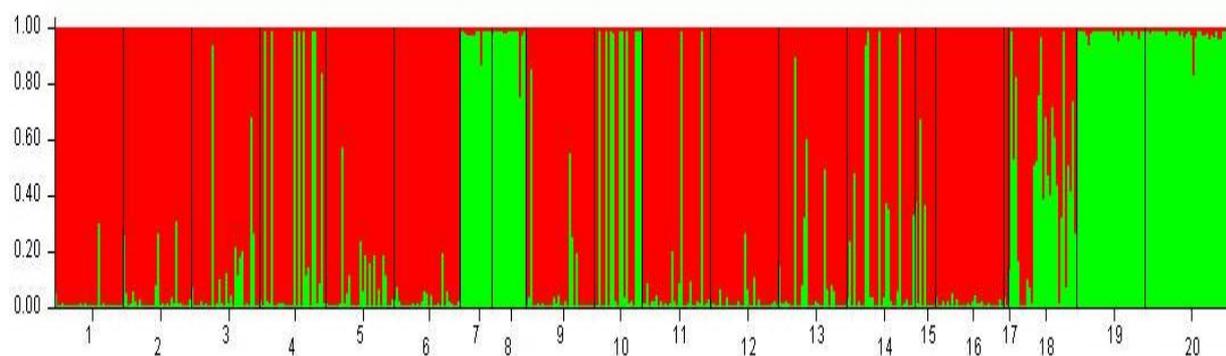


**Figure 10 :** *Sorgue Nord 2007* : là encore, cette station analysée lors de la dernière campagne de pêche scientifique confirme sa composition **uniquement méditerranéenne**.

## 5.2. Estimations quantitatives

L'analyse d'assignation (logiciel Structure) a été appliquée avec un *burn-in* de 100 000 et 200 000 itérations MCMC. Les tests ont été faits 3 fois et une moyenne calculée. Plusieurs stations ont été suivies sur plusieurs années (voir couleurs des premières colonnes des tableaux 1 et 2). Aussi, dans la mesure où cette méthode d'assignation est appliquée pour la

première fois sur les truites de la Sorgue, tous les échantillons du tableau 1 (à l'exception des échantillons en gris pour lesquels les tissus n'ont pas été conservés) ont été traités.



**Figure 11** : sortie graphique de l'analyse d'assignation. Chaque fine barre verticale représente une truite. Le **vert** correspond aux truites atlantiques, le **rouge** aux truites méditerranéennes. Les 20 échantillons analysés sont expliqués dans le tableau 2 ci-dessous.

N° Fig. 11	N° terrain	Station	Date	N	Résultats antérieurs	% atlantique
1	A01 à A30	Sorgue amont - Fontaine de Vaucluse	sept-05	30	1	2
2	B01 à B30	Sorgue aval - SPA	oct-05	30	2	5
3	C01 à C30	Sorgue Velleron - Grand Palud	oct-05	30	6	11
4	D01 à D30	Sorgue Velleron - CDPIE	oct-05	29	23	29
5	E01 à E30	Grande Sorgue - Châteaubois	oct-05	30	2	7
6	F01 à F30	Sorgue Velleron - Foulquettes	oct-05	29	2	3
7	R01 à R30	Pisciculture de Camaret (souche atlantique)	juil-05	14	95	98
8	R01 à R30	Pisciculture de Camaret (souche méditerranéenne)	juil-05	15	95	97
9	C01 à C30	Sorgue Velleron - Grand Palud	sept-07	30	7	8
10	D01 à D21	Sorgue Velleron - CDPIE	sept-07	21	48	48
11	F01 à F30	Sorgue Velleron - Foulquettes	sept-07	30	7	10
12	G01 à G30	Sorgue Nord	sept-07	30	0	3
13	C01 à C30	Sorgue de Velleron - Bonté	sept-10	30	faible	10
14	D01 à D30	Sorgue de Velleron - CDIPE	sept-10	30	moyen	20
15	E01 à E09	Grande Sorgue - Chateaubois	sept-10	9	moyen	17
16	G01 à G30	Grande Sorgue - Nord Portalet	sept-10	30	médit.	2
17	J01 à J02	Sorgue des Moulins Notre Dame Thor	sept-10	2	-	2
18	K01 à K30	Sorgue du Moulin Joseph - Velleron	sept-10	30	fort	42
19	01 à 30	Pisciculture Meyer	juin-10	30	atlant.	98
20	-	4 piscicultures commerciales (souches atlantiques)	2008	40	-	98

**Tableau 2** : estimations du pourcentage de présence atlantique dans chacun des échantillons constitués entre 2005 et 2010. Les couleurs servent à repérer les échantillons annuels de la même station. En gris les échantillons de pisciculture. Voir le texte d'interprétation. Les résultats antérieurs proviennent d'estimations uniquement basées sur des analyses multidimensionnelles.

## 6. Equilibres populationnels

	<b>Hexp.</b>	<b>H n.b.</b>	<b>Hobs.</b>	Moy. allèles/locus	<b>Fis</b>
A2005	0,4014	0,4083	0,4067	4,4	0,00402
écart-type	0,321	0,3265	0,3531		ns
B2005	0,5583	0,5678	0,5494	7,6	0,03296
écart-type	0,2209	0,2246	0,2222		ns
<b>C2005</b>	0,6179	0,6284	0,6156	8,8	0,02066
écart-type	0,1982	0,2015	0,1744		ns
<b>D2005</b>	0,6842	0,6963	0,5539	10,8	0,20736
écart-type	0,1369	0,1392	0,1947		***
E2005	0,6028	0,6131	0,6303	7,8	-0,02863
écart-type	0,2004	0,2037	0,2273		ns
F2005	0,5233	0,5326	0,5076	7,6	0,0476
écart-type	0,2423	0,2466	0,2184		ns
Pisc. Camaret	0,8166	0,8307	0,8674	10,4	-0,04497
écart-type	0,0791	0,0801	0,1189		ns
<b>C2007</b>	0,5852	0,5951	0,5733	7,8	0,03725
écart-type	0,2255	0,2293	0,2554		ns
<b>D2007</b>	0,7888	0,8082	0,6724	9,6	0,17155
écart-type	0,0776	0,0793	0,1062		***
F2007	0,6243	0,635	0,6159	9,6	0,03059
écart-type	0,1814	0,1844	0,2171		ns
<b>G2007</b>	0,5201	0,529	0,5306	6,2	-0,00296
écart-type	0,2575	0,2619	0,2475		ns
<b>C2010</b>	0,5952	0,6053	0,5933	8,8	0,02012
écart-type	0,1741	0,1771	0,2047		ns
<b>D2010</b>	0,6348	0,6455	0,6333	9,6	0,01922
écart-type	0,1871	0,1903	0,2261		ns
<b>G2010</b>	0,5313	0,5403	0,5533	5,4	-0,02447
écart-type	0,2163	0,2199	0,2545		ns
K2010	0,775	0,7881	0,7667	10,6	0,0277
écart-type	0,0936	0,0952	0,1394		ns
Pisc. Meyer	0,8286	0,8428	0,7998	13,8	0,05186
écart-type	0,098	0,0998	0,1266		ns

Tableau 3 : Les paramètres Hexp., Hnb, Hobs et la moyenne du nombre l'allèles par locus sont divers paramètres permettant de comparer la diversité génétique entre échantillons. Le paramètre Fis teste l'équilibre panmictique (homogénéité d'origine).

Afin d'apporter quelques éléments supplémentaires à l'enquête sur la perte de densité générale des peuplements salmonicoles des Sorgues, la diversité génétique (ici nous regardons **Hnb** et le **nombre d'allèles par locus**) est comparée entre échantillons. Nous observons que les truites de pisciculture sont les plus polymorphes (0,82-0,83/10,4-13,8) et que Fontaine de Vaucluse est la population la moins polymorphe (0,41/4,4). Les autres stations varient légèrement: 0,52-0,62 / 5,4-9,6. Deux exceptions bien plus polymorphes : les stations Sorgue de Velleron - CDPIE et Sorgue du Moulin Joseph - Velleron avec des valeurs 0,63-0,78 / 9,6-10,6. D'autre part, seule la station D (Sorgue de Velleron - CDPIE) présente, aussi bien en 2005 et 2007 un déséquilibre panmictique très significatif attribuable à une présence

domestique de 30 à 50 % (tableau 2) mais issue de déversements récents et destinée à disparaître. Il n'y a pas de perte de diversité générale avec le temps.

## 6. Interprétation

La nouvelle méthode d'estimation des pourcentages d'introgression du peuplement sauvage par les truites domestiques apporte une meilleure précision de calcul.

Cette précision a été encore augmentée par l'inclusion d'un échantillon de piscicultures (Camaret et Meyer) qui ont fourni alevins de repeuplement et surdensitaires.

La nouvelle méthode est très précise mais probabiliste : on reconstitue par assignation les deux populations les plus probables : une sauvage et une domestique ; alors que la méthode sur analyse multidimensionnelle est plus grossière mais basée sur le positionnement des points, donc sur l'observation.

Il convenait donc de comparer les résultats des deux méthodes (voir tableau 2, comparer les deux dernières colonnes). Ces résultats sont très proches, mais nous avertissent que ces estimations doivent être comprises à plus ou moins 2 ou 5%.

Un des éléments intéressants de cette étude répétée annuellement est le suivi de quelques stations sur plusieurs années :

- la station C (Sorgue Velleron - Grand Palud) passe successivement de 11% à 8 % puis à 10% de présence atlantique entre 2005 et 2010. C'est une stabilité.

- la station D (Sorgue Velleron - CDPIE) passe de 29% à 48% puis à 20% en 2005, 2007 et 2010 respectivement. Ces grandes fluctuations sont à mettre en rapport avec la présence de truites de pisciculture (figure 3) et donc d'une pratique de repeuplement qui semble se poursuivre.

- la station E (Grande Sorgue - Châteaubois) n'a pas permis d'analyser plus de 9 truites en 2010. La variations entre 7% (2005) et 17% (2010) n'est pas fiable.

- la station G (Sorgue Nord - Portalet) est remarquablement exempte de formes domestiques avec 3 et 2% calculés entre 2007 et 2010, mais il s'agit de bruit de fond de la méthode.

Du point de vue de la conservation de la truite méditerranéenne autochtone, de nombreuses stations semblent à peu près indemnes d'influence atlantique:

- la résurgence à Fontaine de Vaucluse (station A),
- la Sorgue aval, niveau SPA (B)
- la Sorgue Velleron, station Foulquette (F)
- la Sorgue Nord - Portalet (G)

De nombreuses stations sont modérément impactées (C, E)

Mais quelques stations semblent durablement montrer un peuplement fortement hybridé : la Sorgue Velleron niveau CDPIE (D) et la Sorgue du Moulin Joseph niveau centre-ville Valleron (K).

La gestion de ces dix dernières années paraît efficace pour bloquer l'augmentation de la présence domestique, cas fréquent ailleurs en France, mais ne semble pas pouvoir réduire cette présence.

Les analyses génétiques ne montrent pas de trace de dégradation du peuplement : pas de baisse de la diversité avec le temps, un paramètre Hnb autour de 0,6 et une bonne panmixie (tableau 3) excluent une cause due à la gestion (repeuplements). Le "paramètre limitant" serait donc écologique et à déterminer.

*Montpellier le 27 septembre 2011*