

Origine génétique des truites des lacs et rivières du Massif du Carlit. Recherche de souches distinctes

Projet PO8



© FDAPMA66

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

Analyses moléculaires: **David SCHIKORSKI**

Laboratoire Genindexe, 4 Rue Théodore Botrel, 22603 Loudéac Cedex

Tél: 02 96 28 63 43, Mél: d.schikorski@genindexe.com



14A661034



1. Introduction

La gestion de la truite est une activité complexe du fait de la multitude des pratiques passées et de la diversité naturelle de l'espèce. La gestion actuelle nécessite l'établissement de plans d'action justifiés 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 structuration 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

Les 7 échantillons de 8 à 33 fragments de nageoires fixées dans l'alcool, pour un total de 109 truites, ont été livrés à l'Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier (ISEM) de l'Université de Montpellier (UM) le 7 décembre 2015 par la Fédération des Associations Agréées de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique (AAPPMA) des Pyrénées Orientales (FD66). Monsieur Olivier Baudier est le correspondant de la FD66 auprès de l'ISEM.

Les analyses statistiques nécessitent de comparer les génotypes des truites des 7 échantillons de 2014-2015 avec des truites de type connu. Ainsi, aux échantillons de 2016 ont été rajoutés les échantillons de lignées Têt et Tech déjà analysés par l'ISEM (Tableau 1). Cela permettra de décrire l'originalité éventuelle des nouvelles stations.

N° carte	Station	Date	Nbr e	Type génétique	Rapport de première publication	N° ISEM d'échantillon	N° ISEM d'individu
1	Tributaire du Dougues	10/07/2014	18	à établir	PO8	L705	T29473-T29490
2a	Lac Dougues 2014	08/10/2014	13	à établir	PO8	L706	T29491-T29503
2b	Lac Dougues 2015	07/10/2015	11	à établir	PO8	L707	T29504-T29514
3	Emissaire Dougues	10/07/2014	8	à établir	PO8	L708	T29515-T29522
4	Tributaire du Llat	10/07/2014	21	à établir	PO8	L709	T29523-T29543
5a	Lac Llat	30/05/2015	5	à établir	PO8	L710	T29544-T29548
5b	Lac Llat	08/10/2015	33	à établir	PO8	L711	T29549-T29581
6	Eyne (amont Orri de Baix)	25/08/2010	30	domestique atlantique ancien	EYN1	L294	T17784-T17814
7	Eyne (aval Orri de Baix)	25/08/2010	30	proche du Tech?	EYN1	L295	T17815-T17843
8	Err (village)	08/07/2013	15	Eyne	EYN2	L207	T25116-T25130
9	Têt amont	19/08/2010	15	Têt	PO5	L321	T18288-T18302
10	Coumélade (La Llau)	09/08/2011	15	Tech	PO6	L399	T19992-T20006
11	pisciculture Sahorre	2010	30	domestique méditerranéen	PO5	L273+L274	T17192-T17221
12	pisciculture Roquebillière	2008	30	domestique méditerranéen	GSALM2	L156	T13061-T13090
13	pisciculture Cauterets (Puntas 2008)	2008	30	domestique indéfini	GSALM2	L157	T13091-T13120
14	pisc. Babeau (souche Cauterets 2013)	2014	32	domestique atlantique	MAE1	L640	T28080-T28111
15	pisciculture Soueich	2011	30	domestique atlantique	ENSAT3	L495	T22251-T22280
16	pisciculture commerciale Isère	2008	30	domestique atlantique	GSALM2	L266	T16926-T16955

Tableau 1 : Détail des échantillons analysés. En jaune les échantillons du Carlit; en blanc les références naturelles locales, en gris les références domestiques.

Enfin des échantillons de truites domestiques ont été rajoutés en fonction de ce qui est connu des repeuplements anciens et récents des lacs du Carlit. Ainsi 5 souches de truites ont été employées dans ce massif ces 20 dernières années. De la plus récente à la plus ancienne : Souche Carança, Roquebillière, Cauterets et Soueich. Ont été rajoutées la souche domestiques

commerciale nationale (ici provenant d'une grande pisciculture de l'Isère), et une souche locale, dite Puntas, produite à la pisciculture de Cauterets issue du Gave du Marcadau, et parfois distribuée. Nous savons aussi qu'une souche en provenance d'une pisciculture de Savoie ou de Haute Savoie, probablement du type national, a également été utilisée.

Les caractéristiques des échantillons analysés sont détaillées au Tableau 1. Leurs localisations sont précisées à la Figure 1.

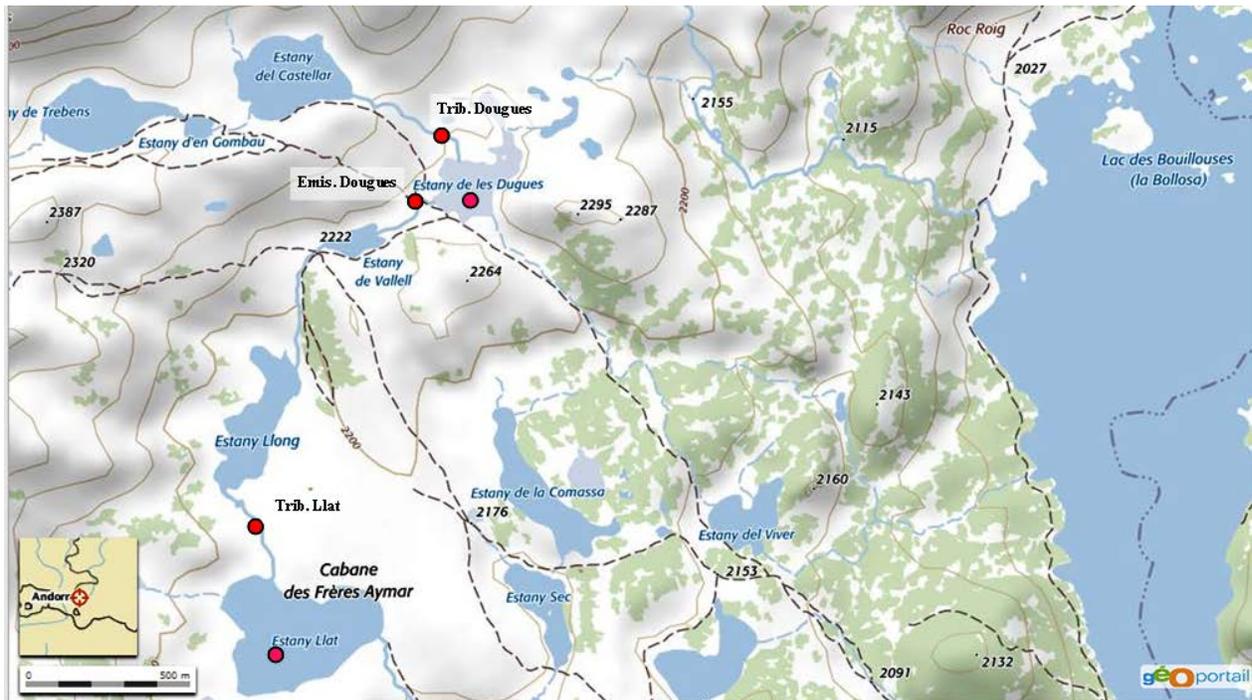


Figure 1 : Positionnement géographique des stations échantillonnées en 2014 et 2015. La rivière principale relie les stations et coule nord-sud, c'est le Rec d'Estany (ou Llat) se jetant dans le Rec del Mesclant d'Aigües... se jetant dans le Riu Rahur affluent du Sègre qui appartient au bassin de l'Ebre (fleuve méditerranéen coulant essentiellement en Espagne)

3. Les méthodes moléculaires

Les techniques bio-moléculaires 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). Ils sont de deux types:

- Pour être très précis, des locus hypervariables sont choisis, les microsatellites. Ici, nous avons choisi 6 locus microsatellites nommés Oneμ9, 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.

- Pour déterminer avec sûreté la lignée à laquelle appartient ces truites (il existe 5 lignées: atlantique-AT, méditerranéenne-ME, adriatique-AD, marbrée-MA et danubienne-DA), le locus

D-loop de l'ADN mitochondrial est séquencé sur environ 1000 nucléotides (séquençage aussi assuré par Genindexe, alignement des séquences assuré par Juliette Pouzadoux, technicienne à l'ISEM).

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 Correspondance (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.

- 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.

- concernant les séquences mitochondriales, l'alignement et la construction de l'arbre sont assurés par le logiciel MEGA6, l'arbre choisi est dit de "maximum de vraisemblance", les références des 5 lignées de truites connues sont rajoutées à partir de la littérature (Genebank).

5. Résultats

5.1. Débroussaillage par AFC

Dans la Figure 2, les truites du Carlit sont rassemblées au bas-gauche du graphique (ellipse rouge) indiquant une certaine homogénéité. Elles ne semblent pratiquement pas influencées par les truites domestiques quelles qu'elles soient (chiffres noirs) ni par les types locaux Têt et Tech (chiffres bleus) et la relation éventuelle avec les truites de l'Eyne, à l'aval, reste à démontrer. D'après ce premier test, les truites du Carlit semblent former une lignée naturelle quasiment pure. Au-delà de cette analyse par échantillon, le chiffrage des lignées dans chaque échantillon est assuré par la méthode d'assignation qui suit.

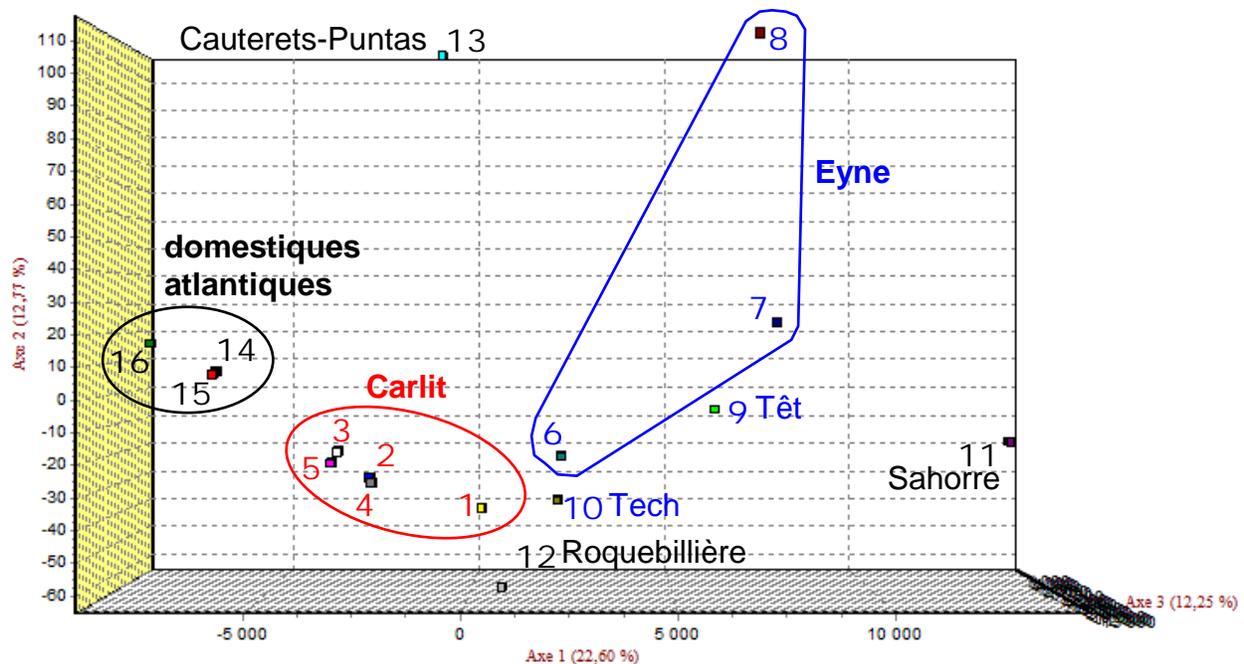


Figure 2 : Analyse multidimensionnelle (AFC) disposant les centres de gravité des 16 échantillons analysés d'après la moyenne des caractéristiques génétiques des truites qui les composent.

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 4 et Tableau 2). Ainsi l'essentiel des 5 échantillons des lacs du Carlit sont constitués d'une lignée représentée en vert et en rose, trouvée nulle part ailleurs parmi les échantillons de référence naturels et domestiques (mais voir les résultats mitochondriaux et les détails dans la discussion finale). Les truites domestiques méditerranéennes de la pisciculture de Roquebillière (en fait essentiellement issues de géniteurs du Doubs) forment le principal apport exogène. Les autres apports sont faibles ou négligeables.

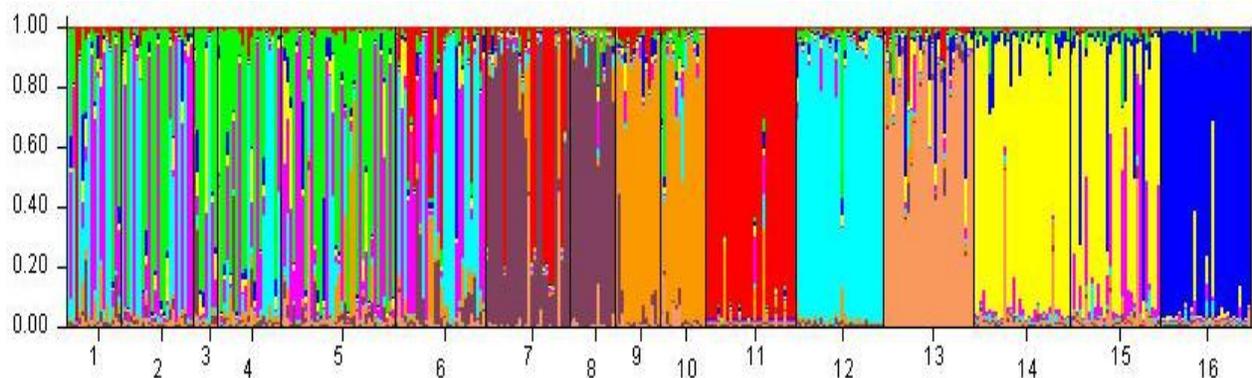


Figure 3 : Histogramme de la composition génétique de chaque truite (fines barres verticales) et de chaque échantillon quand on subdivise l'échantillonnage total en 9 lignées. Ce même résultat est présenté sous forme de pourcentages (Tableau 2) et d'arbre (Figure 4).

N° carte	Station	Carlit	Eyne	Têt/Tech	Sahorre	Roquebillière	Puntas	domestiques locales	domestiques nationales
1	Tributaire du Dougues	43	3	3	8	36	1	3	3
2	Lac Dougues 2014+2015	62	2	1	2	26	1	3	3
3	Emissaire Dougues	57	12	1	1	13	2	11	3
4	Tributaire du Llat	60	4	3	2	22	4	4	3
5	Lac Llat	71	2	6	1	7	3	6	4
6	Eyne (amont Orri de Baix)	32	7	6	15	33	2	3	4
7	Eyne (aval Orri de Baix)	2	57	5	28	2	4	1	1
8	Err (village)	4	87	2	1	2	2	1	1
9	Têt amont	3	6	79	5	1	2	2	3
10	Coumélade (La Llau)	11	2	75	1	5	3	2	1
11	pisciculture Sahorre	2	1	3	91	1	1	1	1
12	pisciculture Roquebillière	5	1	2	1	87	1	2	2
13	pisciculture Cauterets (Puntas 2008)	4	2	3	3	1	76	5	8
14	pisc. Babeau (souche Cauterets 2013)	5	1	1	1	1	4	84	4
15	pisciculture Soueich	18	1	1	1	2	4	61	12
16	pisciculture commerciale Isère	2	1	1	0	1	1	4	90

Tableau 2: Pourcentages d'assignation des 16 échantillons aux 9 lignées détectées. L'intensité des couleurs des cellules souligne les hauts pourcentages. Les pourcentages égaux ou inférieurs à 5 peuvent être dus aux incertitudes de la méthode (bruit de fond) et ont été mis en gris.

k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10	
								3-5	3-5	Carlit
			1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	2	2	Carlit
	1-5+13-16	1-5+13-16							14	Cauterets
			13-16	14-16	14-16	14+15	14+15	14+15	15	Soueich
						16	16	16	16	domestique
				7-8+13	7-8+13	7-8	7-8	7-8	7-8	Eyne-Err
		7-9+11	7-9+11							
				9+11	9+11	9+11	9+11	9+10	9+10	Têt-Tech
	6-12							11	11	Sahorre
		6+10+12	6+10+12	6+10+12	6+12	6+12	6+12	1+6+12	1+6+12	Roquebillière
							13	13	13	Puntas
				10	10+13					
						10				Tech

Figure 4: Découpages successifs de l'échantillon total en augmentant la valeur de K (= nombre de sous-unités recherchées).

5.2. Paramètres populationnels

Les analyses de composition ou de structure (multidimensionnelle et d'assignation) ne sont pas les seules à apporter des informations. Les paramètres populationnels sont particulièrement importants pour obtenir des informations biologiques sur les populations analysées. Ainsi les

paramètres H et A renseignent sur le polymorphisme de chaque population. Ho est la diversité génétique observée et Hnb est cette même diversité telle qu'elle serait si la population était panmictique (reproduction au hasard entre tous ses membres, donc présence d'une seule lignée). L'écart entre Ho et Hnb permet de calculer le Fis qui renseigne sur cette panmixie. Le Tableau 3 donne les résultats obtenus ainsi que leur niveau de significativité.

N° carte	Station	Hnb	Ho	A	Fis	Signif.
1	Tributaire du Dougues	0,82	0,72	8,8	0,13	**
2	Lac Dougues 2014+2015	0,81	0,72	10,5	0,12	**
3	Emissaire Dougues	0,84	0,77	7,3	0,09	ns
4	Tributaire du Llat	0,82	0,71	10,2	0,13	***
5	Lac Llat	0,82	0,73	11,2	0,11	***
6	Eyne (amont Orri de Baix)	0,79	0,64	9,3	0,20	***
7	Eyne (aval Orri de Baix)	0,62	0,60	6,8	0,02	ns
8	Err (village)	0,68	0,56	5,5	0,19	**
9	Têt amont	0,53	0,51	5,3	0,04	ns
10	Coumélade (La Llau)	0,65	0,62	6,7	0,04	ns
11	pisciculture Sahorre	0,16	0,15	3,2	0,07	ns
12	pisciculture Roquebillière	0,67	0,63	6,0	0,07	ns
13	pisciculture Cauterets (Puntas 2008)	0,79	0,68	10,0	0,13	***
14	pisc. Babeau (souche Cauterets 2013)	0,76	0,76	8,0	0,00	ns
15	pisciculture Soueich	0,80	0,78	9,2	0,03	ns
16	pisciculture commerciale Isère	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 vertes). Les couleurs des cellules indiquent les plus hautes valeurs. ns = non significatif (=population en panmixie), *, ** et *** = niveau de significativité ou de sûreté de l'écart à la panmixie

Les Fst mesurent la différenciation génétique entre populations prises deux par deux (Tableau 4).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 Tributaire du Dougues	0	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,14	0,13	0,19	0,12	0,42	0,06	0,09	0,08	0,07	0,13
2 Lac Dougues 2014+2015		0	-0,01	0,01	0,02	0,03	0,17	0,15	0,21	0,17	0,46	0,11	0,10	0,08	0,05	0,11
3 Emissaire Dougues			0	-0,01	0,01	0,02	0,16	0,14	0,23	0,18	0,57	0,10	0,08	0,05	0,06	0,11
4 Tributaire du Llat				0	0,00	0,03	0,17	0,14	0,22	0,14	0,49	0,08	0,10	0,08	0,07	0,13
5 Lac Llat					0	0,05	0,18	0,14	0,21	0,12	0,44	0,11	0,10	0,09	0,06	0,13
6 Eyne (amont Orri de Baix)						0	0,11	0,12	0,14	0,14	0,34	0,09	0,08	0,10	0,09	0,15
7 Eyne (aval Orri de Baix)							0	0,11	0,22	0,25	0,31	0,24	0,13	0,23	0,24	0,32
8 Err (village)								0	0,25	0,22	0,49	0,22	0,12	0,22	0,21	0,29
9 Têt amont									0	0,28	0,43	0,29	0,18	0,24	0,23	0,32
10 Coumélade (La Llau)										0	0,53	0,20	0,18	0,23	0,21	0,30
11 pisciculture Sahorre											0	0,49	0,38	0,48	0,48	0,57
12 pisciculture Roquebillière												0	0,18	0,17	0,16	0,23
13 pisciculture Cauterets (Puntas 2008)													0	0,11	0,10	0,18
14 pisc. Babeau (souche Cauterets 2013)														0	0,06	0,12
15 pisciculture Soueich															0	0,10
16 pisciculture commerciale Isère																0

Tableau 4 : Comparaisons deux à deux de chaque échantillon par le paramètre Fst. Toutes les comparaisons en blanc sont significatives (échantillons génétiquement différents). Les

comparaisons en jaune sont significatives mais plus faiblement. Seules les cases en vert présentent des paires d'échantillons génétiquement identiques.

L'ensemble des résultats sur les paramètres populationnels sont expliqués et discutés dans le chapitre 6.3.

5.3. Séquences mitochondriales

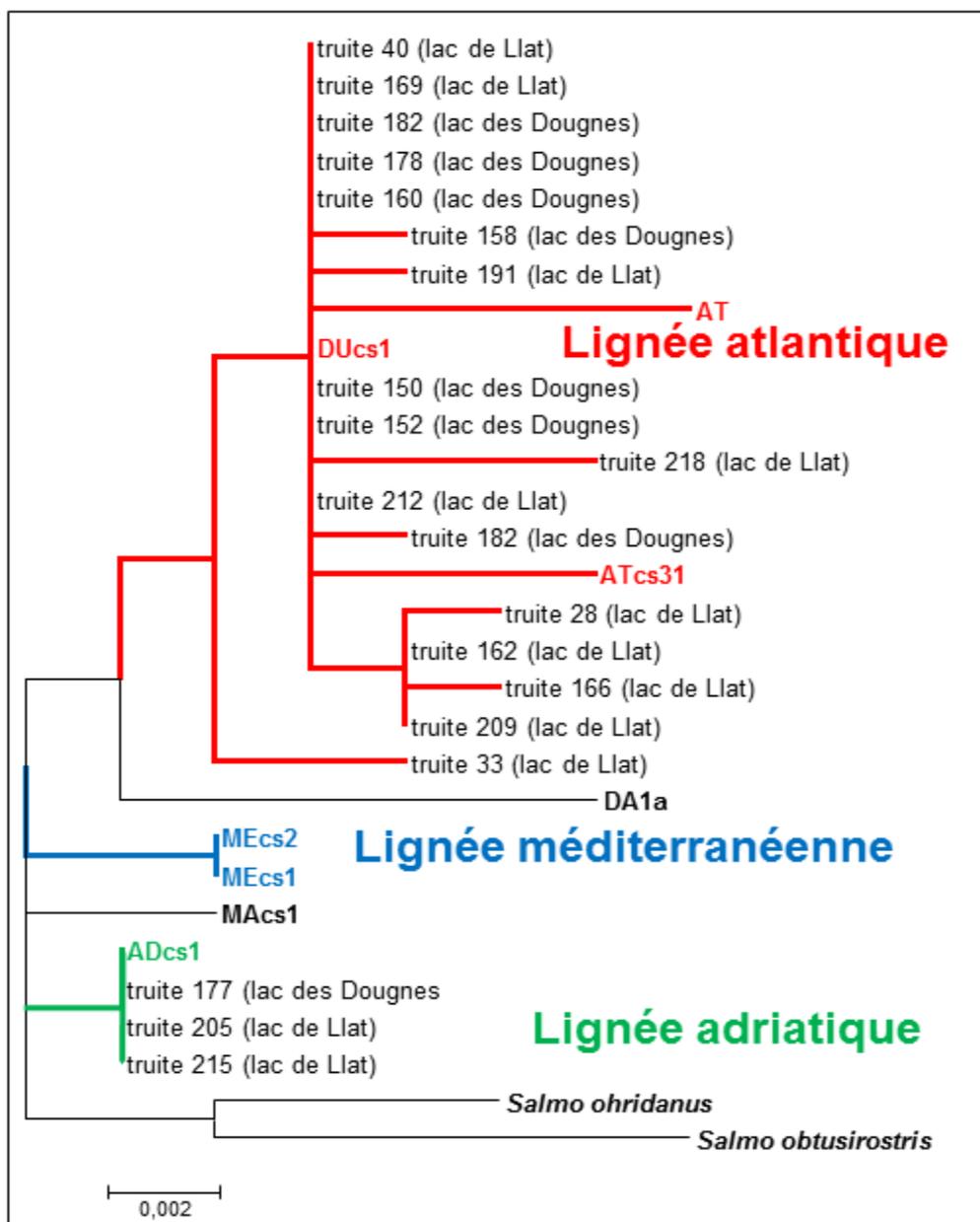


Figure 5: Arbre de maximum de vraisemblance positionnant les 230 séquences du Carlit parmi les 5 lignées connues de truites. Les séquences du Carlit sont notées en noir, les séquences de référence en couleur (ou en noir gras). Deux autres espèces de truites des Balkans sont rajoutées pour raciner l'arbre.

Les résultats obtenus des microsatellites mettent en évidence une lignée dite "Carlit" pouvant même se subdiviser en deux formes très proches (Tableau 2). S'il n'y a aucun doute sur l'existence d'une telle lignée parmi les truites des lacs, son origine est par contre inconnue car différente de toutes les souches sauvages et domestiques révélées dans la région. Afin de distinguer lignée naturelle (présente avant la gestion anthropique) et lignée introduite, des analyses supplémentaires ont été effectuées. Cette nouvelle analyse est capable de distinguer truites méditerranéennes (sauvages) et atlantiques (domestiques). Il s'agit de séquencer la D-loop de l'ADN mitochondrial. Pour cela, 20 truites présentant le taux de lignée "Carlit" le plus élevé ont été choisies. Le classement des séquences obtenues sur les 20 truites (12 du lac de Llat et 8 du lac des Dougues) est très clair: toutes les truites (sauf 3) sont de lignée atlantique (donc domestiques). Les trois restantes sont de lignée adriatique (un autre type de méditerranéennes), rare en France, mais déjà observée en amont de la Têt et en amont de la Durance.

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. Ici, 6 souches domestiques ont été mises à l'épreuve. 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'interprétation selon laquelle les truites des lacs analysés dans le Carlit sont d'une lignée inconnue dite provisoirement "Carlit" (environ 63%) tient du fait que cette lignée distincte n'a pas été reconnue parmi les nombreuses références.

Pour résoudre cette question, 20 truites ont été séquencées au niveau de la D-loop de leur ADN mitochondrial. Tirées des échantillons des lacs de Llats et des Dougues, 17 sur 20 sont de type atlantique, donc domestiques. Cette souche atlantique inconnue provient probablement d'introductions anciennes qui n'ont pas laissé de traces administratives. Des introductions similaires (anciennes, inconnues, de type atlantique) ont déjà été observées dans le bassin de la Têt.

A l'évidence, la souche domestique connue qui a eu le plus de succès est celle de Roquebillière (21% en moyenne). C'est une souche méditerranéenne d'origine lointaine du Doubs. Sa présence est plus forte en amont (Dougues). Les souches domestiques atlantiques (Cauterets, Soueich et la souche nationale) et Sahorre y sont faiblement représentées. La présence de variants de type Têt ou Tech n'a pas d'explication.

6.2. Structure génétique naturelle des truites du Carlit.

Les séquences mitochondriales ont classé la lignée "Carlit" parmi les truites atlantiques donc domestiques. Seules 3 truites sur 20, trouvées dans les deux lacs (Llat et Dougues) ne sont pas atlantiques mais adriatiques soit de l'ordre de 15%.

Ce type adriatique a déjà été observé en amont de la Têt (rapport PO5), mais aussi dans un affluent de l'Orb (Rapport OSU1) et dans plusieurs affluents de la Durance (rapport OSU1). Les

truites domestiques de Roquebillière sont essentiellement de type ME et parfois de type AT (rapport OSU1): elles ne sont pas à l'origine de la lignée AD trouvée dans les deux lacs du Carlit.

Ces résultats sont très partiels, il manquerait de placer les truites du Carlit dans une comparaison génétique des truites de l'ensemble du département. Un tel projet est à l'étude.

Le fait que deux lignées aient été reconnues dans les lacs et rivière du Carlit est soit un artéfact, soit la marque de l'utilisation de plusieurs souches de repeuplement dans le passé.

6.3. Equilibres populationnels.

Les paramètres populationnels nous apportent des indications supplémentaires sur la biologie des truites de lac.

La diversité génétique est élevée, voire très élevée. Il est généralement observé que les truites domestiques sont plus polymorphes (diverses) que les truites de rivière (Bohling et al. 2016). Ici le Tableau 3 nous enseigne que ces lacs sont peuplés de truites aussi polymorphes que beaucoup de souches domestiques (Cauterets, Soueich) et plus que la souche nationale commerciale. ceci confirme donc l'origine domestique de l'essentiel de ces truites.

Les déséquilibres panmictiques sont fréquents (Fis significatifs, Tableau 3), ce qui n'est pas attendu dans des lacs où la facilité de déplacement devrait rendre les croisements liés au hasard (alors que dans les rivières, la sédentarité et l'étalement des frayères peut expliquer un certain déséquilibre). Ces déséquilibres panmictiques n'ont pas d'explication facile, l'existence de deux lignées Carlit, si elle existe bien, est une affaire ancienne qui ne devrait pas influencer.

La plupart des comparaisons entre échantillons du Carlit ne sont pas significatives (cases vertes dans le diagramme des Fst, Tableau 4). Seule exception: la comparaison des deux lacs, Estany Dougues et Estany Llat.

On constate que l'émissaire du Dougues est génétiquement plus proche du Llat, mais nous savons que la remontée des truites du Llat vers la station de prélèvement du tributaire est impossible. C'était donc un résultat attendu. Cette station est peut-être représentative de l'Estany Llong, juste à l'amont.

6.4. Reproduction et différenciation dans le Carlit.

Si le Llat n'est plus aleviné depuis 2011, le Dougues l'est toujours (7 et 31% de présence Roquebillière respectivement). Les tributaires et émissaires ne sont pas pêchés ni alevinés.

Ces truites se reproduisent dans les tributaires et émissaires accessibles à partir des lacs. Ces frayères sont peu abondantes par rapport à la taille des populations pouvant vivre dans le volume important des lacs. On observe un surcreusement des frayères qui en réduit la production totale. La reproduction sur les berges peu profondes des lacs n'a pas été observée (elle a été observée par intermittence dans d'autres lacs).

Cette reproduction est étalée dans le temps, ce qui en augmenterait l'efficacité. D'autre part des truites à chair rose et d'autre à chair blanche (respectivement s'alimentant ou pas de crustacés) ont été observées. Ces observations vont dans le sens de deux lignées dont le maintien est mystérieux.

6.5. Conclusion.

La présence d'une lignée propre aux lacs du Carlit est une surprise relative. L'analyse mitochondriale a caractérisé la plupart de ces truites comme domestiques de souche inconnue. L'activité d'introduction a été assez intense dans le passé, prenant la part principale de la population actuelle du Carlit. Le lien entre les truites du Carlit et celles de l'Eyne a été recherché

(même bassin). Il existe mais est très faible (5%) limité à l'aval de l'Estany Dougues. Il est plus probable que ce soit une trace de l'histoire du peuplement que la marque de migrations.

Fait à Montpellier le 17 mai 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., Cherbonnel C., Shao Z. 2011.** Analyse génétique des truites des Pyrénées Orientales - Etape 2 - Têt, Carança, Llech, Prat d'En Salze - Rapport de juin 2011: 14p. Université Montpellier 2, Rapport d'analyses pour la Fédération de Pêche 66 et l'ONF. ([PO5](#))
- Berrebi P., Genindexe. 2012.** Caractéristiques génétiques des truites de la pisciculture de Soueich et de Garonne amont croisées avec l'étude ENSAT sur la scalimétrie: Rapport d'étude pour l'ENSAT, Université Montpellier 2. 8p. ([ENSAT3](#))
- Berrebi P., Shao Z., Cambon D., Baudier O. 2012.** Analyse génétique des truites des Pyrénées Orientales - Etape 3 - Tech (Coumelade, Las Illas, Tassia) - Rapport de mars 2012. Rapport d'étude pour la FD66 et l'ONF. 14p. Université Montpellier 2. ([PO6](#))
- Berrebi P. 2015.** Structure génétique des truites naturelles et domestiques de l'Orb amont - marqueurs microsatellites- Rapport [MAE1](#) (juin 2015): Rapport d'étape pour la thèse de Maëva Leitwein. Université de Montpellier. 9p.

Annexe 1: Photographies de quelques robes représentatives du Carlit: seules les truites présentant 90% ou plus d'assignation à une lignée ont été retenues.

Carlit 1 >90%



Estany Dougues 2014: truite 158



Estany Dougues 2015: truite 177



Estany Dougues 2015: truite 178



Tributaire Llat: truite 33



Estany Llat: truite 169



Estany Llat: truite 205



Estany Llat: truite 212



Estany Llat: truite 215



Estany Llat: truite 218

Carlit 2 > 90%



Tributaire Dougues: truite 9



Estany Dougues 2014: truite 152



Estany Dougues 2014: truite 157



Estany Dougues 2014: truite 160



Estany Dougues 2015: truite 182



Estany Dougues 2015: truite 186



Estany Dougues 2015: truite 187



Estany Llat: truite 162



Estany Llat: truite 189



Estany Llat: truite 191



Estany Llat: truite 214

Roquebillière > 90%



Tributaire Dougues: truite 1



Tributaire Dougues: truite 8



Tributaire Dougues: truite 15



Estany Dougues 2015: truite 183



Emissaire Dougues: truite 24



Tributaire Llat: truite 45

Sahorre > 90%



Tributaire Dougues: truite 4

Annexe 2: fréquences d'assignation truite par truite

Echantillon	Etiquette	Carlit 1	Carlit 2	Carlit 1 + 2	Eyne	Têt / Tech	Sahorre	Roquebillière	Puntas	domestiques locales	domestiques nationales
Trib. Dougues	PO2014-001	1	1	2	1	1	1	94	1	1	1
Trib. Dougues	PO2014-002	36	42	78	1	1	0	7	1	2	10
Trib. Dougues	PO2014-003	18	27	45	1	1	0	51	1	1	1
Trib. Dougues	PO2014-004	0	0	1	1	1	97	0	0	0	0
Trib. Dougues	PO2014-005	1	1	2	2	2	8	84	1	1	1
Trib. Dougues	PO2014-006	29	9	37	1	10	1	18	4	7	22
Trib. Dougues	PO2014-007	24	5	29	21	4	4	29	2	9	2
Trib. Dougues	PO2014-008	1	0	1	1	3	2	93	1	1	0
Trib. Dougues	PO2014-009	4	89	93	1	1	0	0	1	2	2
Trib. Dougues	PO2014-010	23	57	80	1	8	2	3	1	4	2
Trib. Dougues	PO2014-011	1	2	2	1	1	2	81	1	4	8
Trib. Dougues	PO2014-012	3	58	61	4	16	10	1	2	5	1
Trib. Dougues	PO2014-013	2	86	88	1	0	0	4	1	4	2
Trib. Dougues	PO2014-014	1	1	2	1	6	2	87	1	1	1
Trib. Dougues	PO2014-015	1	1	1	1	1	6	90	1	1	1
Trib. Dougues	PO2014-016	83	6	89	2	3	1	2	1	1	2
Trib. Dougues	PO2014-017	2	76	77	14	1	1	1	3	2	1
Trib. Dougues	PO2014-018	58	22	80	3	4	2	2	2	2	5
Dougues 2014	PO2014-148	1	1	1	1	1	10	85	1	1	1
Dougues 2014	PO2014-149	7	74	81	3	1	1	1	2	11	1
Dougues 2014	PO2014-150	93	3	96	0	0	0	0	1	1	1
Dougues 2014	PO2014-151	1	1	1	2	1	4	89	2	0	0
Dougues 2014	PO2014-152	1	92	93	1	1	1	0	2	2	1
Dougues 2014	PO2014-153	2	2	4	2	1	1	85	1	2	5
Dougues 2014	PO2014-154	4	1	5	1	1	6	79	1	6	1
Dougues 2014	PO2014-155	87	9	95	1	1	1	0	1	1	1
Dougues 2014	PO2014-156	67	9	75	5	3	1	2	3	3	8
Dougues 2014	PO2014-157	4	87	91	1	1	1	1	1	1	4
Dougues 2014	PO2014-158	95	1	96	1	1	0	1	1	1	1
Dougues 2014	PO2014-159	80	8	88	1	1	1	1	2	5	1
Dougues 2014	PO2014-160	1	90	91	1	1	1	2	1	2	2
Dougues 2015	PO2014-177	91	2	93	1	1	0	1	1	1	3
Dougues 2015	PO2014-178	95	1	96	1	1	0	1	1	1	1
Dougues 2015	PO2014-179	74	2	76	1	1	1	4	2	14	3
Dougues 2015	PO2014-180	2	25	26	4	2	2	62	2	2	1
Dougues 2015	PO2014-181	32	3	34	4	2	5	39	6	11	1
Dougues 2015	PO2014-182	1	96	96	1	0	0	0	0	1	1
Dougues 2015	PO2014-183	2	1	3	1	3	1	91	1	1	1
Dougues 2015	PO2014-184	4	63	66	0	2	0	1	3	7	21
Dougues 2015	PO2014-185	2	4	6	3	3	3	81	1	1	1
Dougues 2015	PO2014-186	1	87	88	1	1	1	1	1	5	3
Dougues 2015	PO2014-187	1	92	93	1	1	1	1	1	2	1
Emis. Dougues	PO2014-019	6	22	28	60	2	1	1	5	4	1
Emis. Dougues	PO2014-020	33	7	40	29	2	1	3	4	8	14
Emis. Dougues	PO2014-021	87	1	88	1	1	0	1	1	7	1

Echantillon	Etiquette	Carlit 1	Carlit 2	Carlit 1 + 2	Eyne	Têt / Tech	Sahorre	Roquebillière	Puntas	domestiques locales	domestiques nationales
Emis. Dougues	PO2014-022	88	1	89	1	1	1	1	1	2	5
Emis. Dougues	PO2014-023	4	35	39	1	1	0	1	1	55	3
Emis. Dougues	PO2014-024	1	1	1	1	1	1	95	1	1	1
Emis. Dougues	PO2014-025	54	35	89	2	3	1	1	1	2	1
Emis. Dougues	PO2014-026	73	9	82	3	1	1	2	1	9	2
Trib. Llat	PO2014-027	6	1	7	1	2	0	1	47	38	4
Trib. Llat	PO2014-028	95	2	96	0	0	0	1	0	1	1
Trib. Llat	PO2014-029	78	8	86	2	3	1	2	1	1	4
Trib. Llat	PO2014-030	34	31	65	1	1	1	19	2	4	8
Trib. Llat	PO2014-031	82	1	83	1	12	1	1	1	3	1
Trib. Llat	PO2014-032	27	23	50	39	1	1	1	5	3	1
Trib. Llat	PO2014-033	95	1	95	1	1	0	1	0	1	1
Trib. Llat	PO2014-034	7	84	91	2	1	2	1	1	2	1
Trib. Llat	PO2014-035	76	1	77	1	3	6	5	2	4	2
Trib. Llat	PO2014-036	80	9	89	0	4	0	1	1	2	4
Trib. Llat	PO2014-037	1	1	1	2	12	10	72	2	1	0
Trib. Llat	PO2014-038	36	15	51	13	5	4	2	7	18	1
Trib. Llat	PO2014-039	85	1	86	0	4	0	1	1	2	6
Trib. Llat	PO2014-040	2	92	94	1	1	1	1	1	1	1
Trib. Llat	PO2014-041	73	18	91	2	1	1	3	1	1	1
Trib. Llat	PO2014-042	43	7	50	3	1	0	33	1	3	10
Trib. Llat	PO2014-043	1	1	1	1	1	1	95	1	1	1
Trib. Llat	PO2014-044	3	2	5	1	5	1	85	2	1	1
Trib. Llat	PO2014-045	1	1	1	1	2	2	92	1	1	1
Trib. Llat	PO2014-046	83	1	84	1	2	1	2	1	4	6
Trib. Llat	PO2014-047	2	48	50	1	2	1	42	1	3	1
Llat (mai-juin 15)	PO2014-191	2	91	93	1	1	1	1	1	3	1
Llat (mai-juin 15)	PO2014-192	5	35	40	6	2	2	3	10	35	4
Llat (mai-juin 15)	PO2014-193	8	31	39	5	6	2	25	3	12	9
Llat (mai-juin 15)	PO2014-194	23	38	61	0	1	0	0	1	33	4
Llat (mai-juin 15)	PO2014-195	78	10	88	7	1	0	1	1	2	1
Llat (octobre 15)	PO2014-161	4	89	93	1	1	1	1	1	3	1
Llat (octobre 15)	PO2014-162	1	95	96	1	1	1	1	1	1	1
Llat (octobre 15)	PO2014-163	24	34	58	6	2	1	1	1	2	30
Llat (octobre 15)	PO2014-164	87	3	89	1	2	1	1	2	3	2
Llat (octobre 15)	PO2014-165	9	4	13	3	2	1	26	53	3	1
Llat (octobre 15)	PO2014-166	1	94	95	1	1	1	1	1	1	1
Llat (octobre 15)	PO2014-167	69	5	74	13	2	3	4	2	1	1
Llat (octobre 15)	PO2014-168	88	2	89	1	1	0	1	2	2	4
Llat (octobre 15)	PO2014-169	96	1	96	0	1	0	1	0	1	1
Llat (octobre 15)	PO2014-188	56	1	57	1	4	0	2	1	2	35
Llat (octobre 15)	PO2014-189	3	87	90	1	1	0	1	1	1	6
Llat (octobre 15)	PO2014-190	3	1	4	1	1	0	79	3	5	8
Llat (octobre 15)	PO2014-200	6	28	34	1	1	2	42	2	20	1
Llat (octobre 15)	PO2014-201	70	2	72	1	12	2	8	1	2	2

Echantillon	Etiquette	Carlit 1	Carlit 2	Carlit 1 + 2	Eyne	Têt / Tech	Sahorre	Roquebillière	Puntas	domestiques locales	domestiques nationales
Llat (octobre 15)	PO2014-202	74	1	75	2	14	1	3	2	1	1
Llat (octobre 15)	PO2014-203	14	72	86	2	1	1	3	3	2	3
Llat (octobre 15)	PO2014-204	20	3	23	7	29	5	33	1	1	1
Llat (octobre 15)	PO2014-205	94	1	95	1	1	1	0	1	1	1
Llat (octobre 15)	PO2014-206	26	4	30	2	49	1	13	1	2	3
Llat (octobre 15)	PO2014-207	17	1	17	3	73	1	4	1	1	1
Llat (octobre 15)	PO2014-208	89	1	90	1	1	0	2	5	1	1
Llat (octobre 15)	PO2014-209	1	91	92	1	1	0	0	1	5	1
Llat (octobre 15)	PO2014-210	77	2	79	3	1	1	1	8	7	0
Llat (octobre 15)	PO2014-211	45	17	62	4	2	1	1	1	27	2
Llat (octobre 15)	PO2014-212	90	1	92	2	1	1	1	3	1	1
Llat (octobre 15)	PO2014-213	68	6	74	7	13	1	2	2	1	1
Llat (octobre 15)	PO2014-214	4	90	93	1	2	1	1	1	1	1
Llat (octobre 15)	PO2014-215	92	3	95	1	1	0	1	1	1	1
Llat (octobre 15)	PO2014-216	1	89	90	1	1	0	1	1	2	6
Llat (octobre 15)	PO2014-217	17	46	63	5	1	0	3	2	26	1
Llat (octobre 15)	PO2014-218	95	1	96	0	1	0	1	1	1	1
Llat (octobre 15)	PO2014-219	6	80	86	1	3	1	0	4	3	2
Llat (octobre 15)	PO2014-220	89	3	91	1	2	1	1	1	4	1