



**HAL**  
open science

**2019. Evaluation de l'origine natale des truites du lac du Sautet par la composition géochimique des otolithes - Etude de faisabilité. Note technique. 10p**

Alexandre Richard, Gilles Bareille, Arnaud Caudron

► **To cite this version:**

Alexandre Richard, Gilles Bareille, Arnaud Caudron. 2019. Evaluation de l'origine natale des truites du lac du Sautet par la composition géochimique des otolithes - Etude de faisabilité. Note technique. 10p. Scimabio Interface; IPREM UMR5254 CNRS/UPPA - Institut des Sciences analytiques et de physico-chimie pour l'Environnement et les matériaux. 2019. hal-04449421

**HAL Id: hal-04449421**

**<https://univ-pau.hal.science/hal-04449421>**

Submitted on 9 Feb 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Evaluation de l'origine natale des truites du lac du Sautet par la composition géochimique des otolithes

### Etude de faisabilité

#### Note technique



5 novembre 2019

Collaborations :

Auteurs :

Alexandre RICHARD<sup>1</sup>

Julien BERGE<sup>1</sup>

Arnaud CAUDRON<sup>1</sup>

Gilles BAREILLE<sup>2</sup>

1. SCIMABIO Interface, 5 rue des quatre vents, les cyclades B, Thonon-les-Bains, France

2. UMR IPREM CNRS/UPPA, 2 avenue du Président Angot, 64053 Pau, France

Citation :

Richard A, Berge J., Caudron A., Bareille G. 2019. Evaluation de l'origine natale des truites du lac du Sautet par la composition géochimique des otolithes - Etude de faisabilité. Note technique. 9p.

## 1 Rappels du contexte et de la problématique

Le lac du Sautet est une retenue EDF du Drac amont, située à 765m d'altitude, et d'une surface de 350 ha. Cette retenue abrite une population de truites lacustres, dont la reproduction s'opère au niveau des deux tributaires : le Drac et la Souloise. Les contributions relatives de ces deux affluents en termes de recrutement naturel sont inconnues.

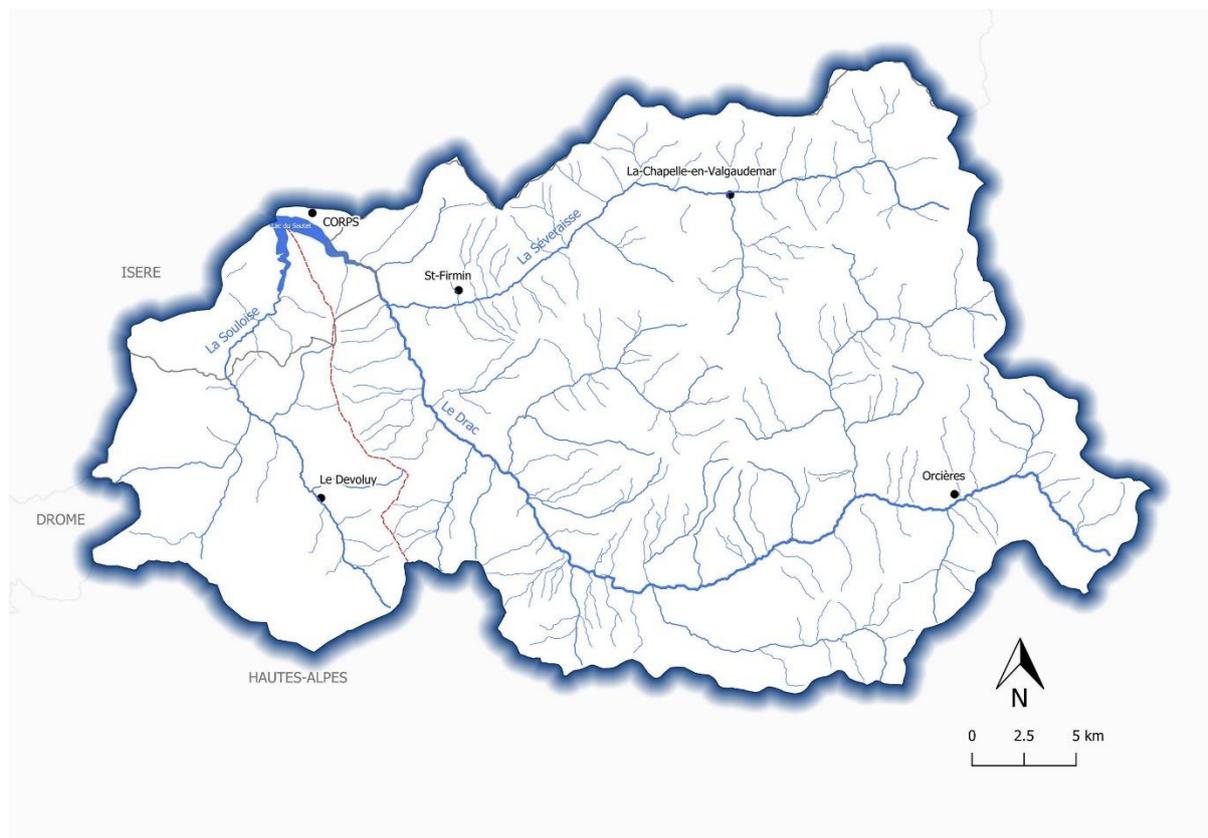


Figure 1 : bassin versant du lac du Sautet

## 2 Intérêt de la géochimie des otolithes

La détermination de l'origine natale (affluents spécifiques, piscicultures) des poissons est possible aujourd'hui grâce à l'analyse d'éléments traces et/ou de rapports isotopiques contenus dans des pièces calcifiées (otolithes *sagittae*) constitutive de l'oreille interne du poisson. Ces pièces sont formées par le dépôt journalier de couches de carbonate de calcium/protéines tout au long de la vie du poisson. Des éléments chimiques tels que le Strontium (Sr), le baryum (Ba), le calcium (Ca) et certains isotopes du Strontium ( $^{87}\text{Sr}$ ,  $^{86}\text{Sr}$ ) sont incorporés chaque jour de la vie du poisson dans ces couches journalières. Les ratios de certains de ces éléments (Sr:Ca, Ba:Ca,  $^{87}\text{Sr}:$  $^{86}\text{Sr}$ ) ont la propriété d'être incorporé dans l'otolithe en proportion avec le milieu de vie (Elsdon and Gillanders, 2004). Ils sont donc susceptibles de renseigner sur les milieux occupés par le poisson à différents stades de son développement, notamment sur le milieu d'origine (rivières ou lac d'origine, piscicultures) sous réserve de l'existence de compositions géochimiques contrastées entre les différents milieux fréquentés.

Cette approche a été récemment testée sur le saumon du bassin de l'Adour (Thèse Martin J., 2013; Martin et al., 2013a, b) où elle a permis de déterminer pour des saumons adultes revenus se reproduire, l'origine géographique de développement au stade juvénile (rivière) mais aussi leur origine natale anadrome ou piscicole (pisciculture de Cauterets dans les Hautes Pyrénées).

La microchimie des otolithes présente *a priori* un fort intérêt pour la truite lacustre, sous réserve qu'il existe suffisamment de contrastes entre les affluents dans lesquels la reproduction naturelle est susceptible de s'opérer. L'isotopie du strontium ( $^{87}\text{Sr}:$  $^{86}\text{Sr}$ ) est un des indicateurs parmi les plus intéressants car 1) il peut présenter des variations assez marquées d'un bassin-versant à un autre, ceci en relation étroite avec la diversité géologique et l'âge des roches des bassins-versants et 2) il n'existe pas de fractionnement biologique entre les eaux et les otolithes pour ce rapport, ce qui se traduit par un enregistrement direct du rapport d'une rivière à l'otolithe. Néanmoins, dans certains cas l'analyse élémentaire (Sr:Ca ; Ba:Ca) plus simple à mettre en œuvre, peut être suffisante. Dans d'autre cas, un couplage de l'isotopie du Sr ( $^{87}\text{Sr}:$  $^{86}\text{Sr}$ ) et de rapports élémentaires (Sr:Ca ; Ba:Ca) est nécessaire pour obtenir une discrimination plus poussée des différents milieux de vie.

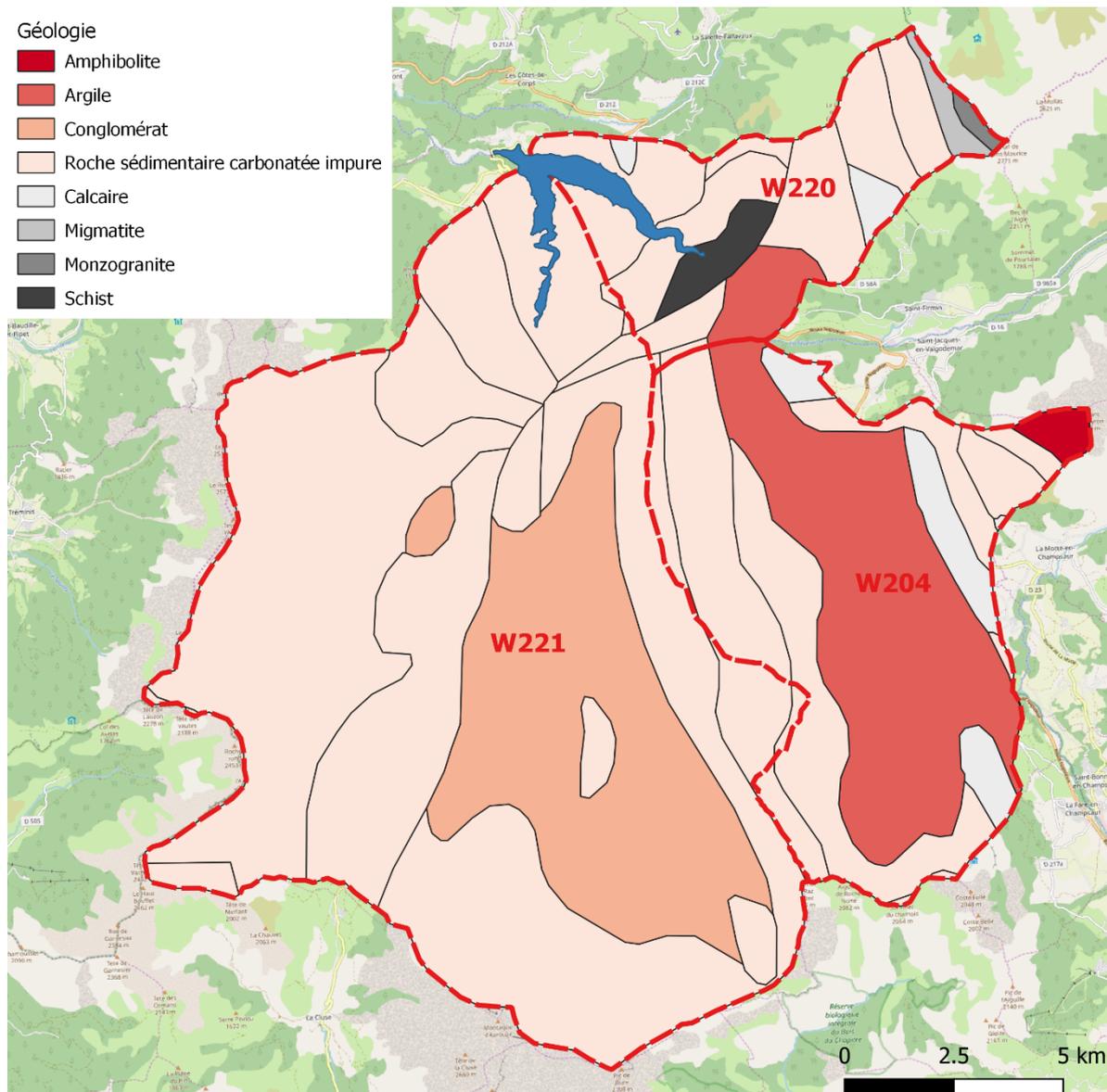
### 3 Objectifs de l'étude

Les objectifs sont les suivants :

1. Vérifier si des différences géologiques apparaissent au niveau des bassins versants du Drac et de la Souloise
2. Vérifier si cela se traduit par une discrimination significative des signatures géochimiques de l'eau du Drac et de la Souloise ;
3. Vérifier que cette différence (si elle existe) est aussi retrouvée dans les otolithes de juvéniles de truites du Drac amont et de la Souloise.

### 4 Contexte géologique

Le bassin versant du Drac en amont de la retenue du Sautet étant très vaste, seuls les secteurs en amont direct du lac ont été détaillés au niveau de leur géologie (W220 et W204 ; Figure 2). Il ressort une dominante de roches sédimentaires carbonatées dans les 2 bassins versants, associée à du conglomérat dans le cas de la Souloise, de l'amphibolite et du schiste dans le cas du Drac. Ces contrastes géologiques laissent présumer une certaine hétérogénéité de la microchimie entre ces deux bassins versants, qu'il conviendra de vérifier au travers d'analyses d'eau et d'otolithes.



*Figure 2* : carte géologique du bassin versant du lac du Sautet. Les secteurs W220 et W204 correspondent au bassin versant du Drac ; le secteur W221 correspond au bassin versant de la Souloise.

## 5 Prélèvements et analyses

### 5.1 Collecte et préparation des échantillons d'eau

Les prélèvements d'eau ont été réalisés le 27 avril 2015. Les échantillons ont été collectés en respectant le protocole suivant (figure 3) :

- Lavage préalable de l'ensemble du matériel utilisé avec de l'acide nitrique à 10%, afin d'éviter une éventuelle contamination des échantillons ;
- Prélèvement de 125 mL d'eau à l'aide d'un flacon préalablement rincé 2 fois avec de l'eau filtrée du site de prélèvement ;

- Filtration de l'eau grâce à un filtre PVDF Whatmann de porosité 0.45µm fixé sur une seringue en polypropylène ;
- Acidification de l'échantillon avec 2mL d'acide nitrique (J.T. Baker, Ultrex) ;
- Stockage des échantillons d'eau au frais et à l'abri de la lumière jusqu'aux analyses.



*Figure 3 : étapes du protocole de prélèvement d'eau.*

Parallèlement aux prélèvements, la température, le pH et la conductivité ont été mesurées. Il ressort en effet que la conductivité est un paramètre particulièrement informatif, car hautement liée à la composition en ions majeurs ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) de l'eau, et donc à l'origine géologique.

## 5.2 Prélèvement des truitelles et préparation des otolithes

Les truites juvéniles ont été prélevées dans les deux affluents au moment des prélèvements d'eau le 27/04/2015. Les têtes ont été conservées au congélateur, puis l'extraction des otolithes a été réalisée au laboratoire après avoir scalpé les têtes et retiré le cerveau, selon la méthode décrite par Caudron et Champigneulle (2006) (Figure 4).



*Figure 4: Les différentes étapes d'extraction des otolithes*

Les otolithes (Figure 3) ont été inclus dans une résine Crystalbond™ 509 (AREMCO). Puis, ils ont été ponçés manuellement dans le plan sagittal de l'otolithe jusqu'à atteindre le primordium. Le ponçage s'effectue à l'aide de disques de papier silice abrasifs humidifiés avec de l'eau MilliQ (18,2 Ω). Après ponçage, un polissage fin a été réalisé à l'aide de poudre d'alumine Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pour éliminer les principales rayures, puis les lames minces ont été séchées puis stockées en tubes eppendorfs.

### 5.3 Analyse élémentaire et isotopique du strontium

#### Analyse des eaux

La composition microchimique des eaux a été étudiée au niveau de 7 éléments chimiques : calcium (Ca), strontium (Sr), baryum (Ba), magnésium (Mg), manganèse (Mn), potassium (K), sodium (Na). Le rapport des isotopes stables du Sr (<sup>87</sup>Sr :<sup>86</sup>Sr) a également été analysé. La composition en éléments chimiques des eaux a été déterminée par spectrométrie d'émission atomique à plasma induit (ICP-AES). L'analyse des isotopes du Sr a nécessité une étape préalable de séparation matricielle sur colonne via une résine échangeuse de cations pour éliminer les éléments chimiques interférents (cations majeurs et Rb). L'analyse du <sup>87</sup>Sr :<sup>86</sup>Sr a été réalisée par spectrométrie de masse multicollection à plasma induit (MC-ICP-MS).

#### Analyse des otolithes

La composition des otolithes a été étudiée au niveau de 8 éléments chimiques : calcium (Ca), magnésium (Mg), manganèse (Mn), strontium (Sr), zinc (Zn), baryum (Ba), Cuivre (Cu) et Rubidium (Rb). Malgré l'absence de corrélation directe entre la composition chimique du milieu de vie et l'otolithe, les éléments Mn, Zn, Mg, Cu et Rb ont dans un premier temps été gardés en raison de leur potentiel caractère discriminant. Des différences dans le métabolisme des poissons en relation avec des conditions bio-physico-chimiques différentes selon les sites pouvaient en effet conduire à une incorporation différenciée selon les rivières. Néanmoins, après analyse le Rb et le Cu ont été exclus car détectés trop aléatoirement, et inférieurs à la limite de détection dans plus de 90% des mesures.

La composition microchimique des otolithes a été déterminée par ablation laser femtoseconde (Alafamet, Novalase, France) couplée à un spectromètre de masse à plasma induit (ICP-MS) pour les éléments et à un spectromètre de masse multicollection à plasma induit (MC-ICP-MS) pour l'isotopie.

L'ablation laser a consisté dans deux profils linéaires, l'un de 30 μm de large pour les éléments et l'autre de 100 μm de large pour l'isotopie du Sr (superposé à celui de l'élémentaire), les deux dans le plan sagittal selon un axe dorso-ventral qui a débuté 150 μm avant le nucléus (Fig. 5), avec une donnée tous les 25 μm.

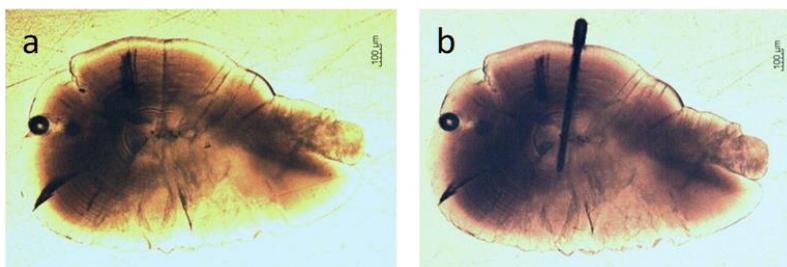


Figure 5 : Photographie d'un otolithe (a) avant et (b) après ablation laser.

La quantification des concentrations a été réalisée par calibration externe à partir de standards en solution pour les eaux et de verres certifiés (NIST 610, 612, 614) pour les otolithes selon la procédure décrite par Lannes-Lacrouts (2015).

Le profil de chaque individu a été observé afin de sélectionner la portion correspondant à la période de vie en rivière (Fig. 6) en excluant la portion du transect correspondant au développement embryolaire car elle contient la signature maternelle, qui n'est pas forcément en relation avec le milieu de vie au stade juvénile (Fig. 6). En général, la zone d'intérêt pour identifier l'origine natale est comprise entre 300 et 600  $\mu\text{m}$  (en moyenne) du début des profils. Elle peut néanmoins être plus longue ou plus courte, ou démarrer avant ou après 300  $\mu\text{m}$ , en fonction du taux de croissance et du temps passé en rivière de chaque individu. La zone retenue a donc été ajustée pour chaque individu. Le nombre de points utilisé dans les analyses statistiques pouvant alors être différent selon les individus.

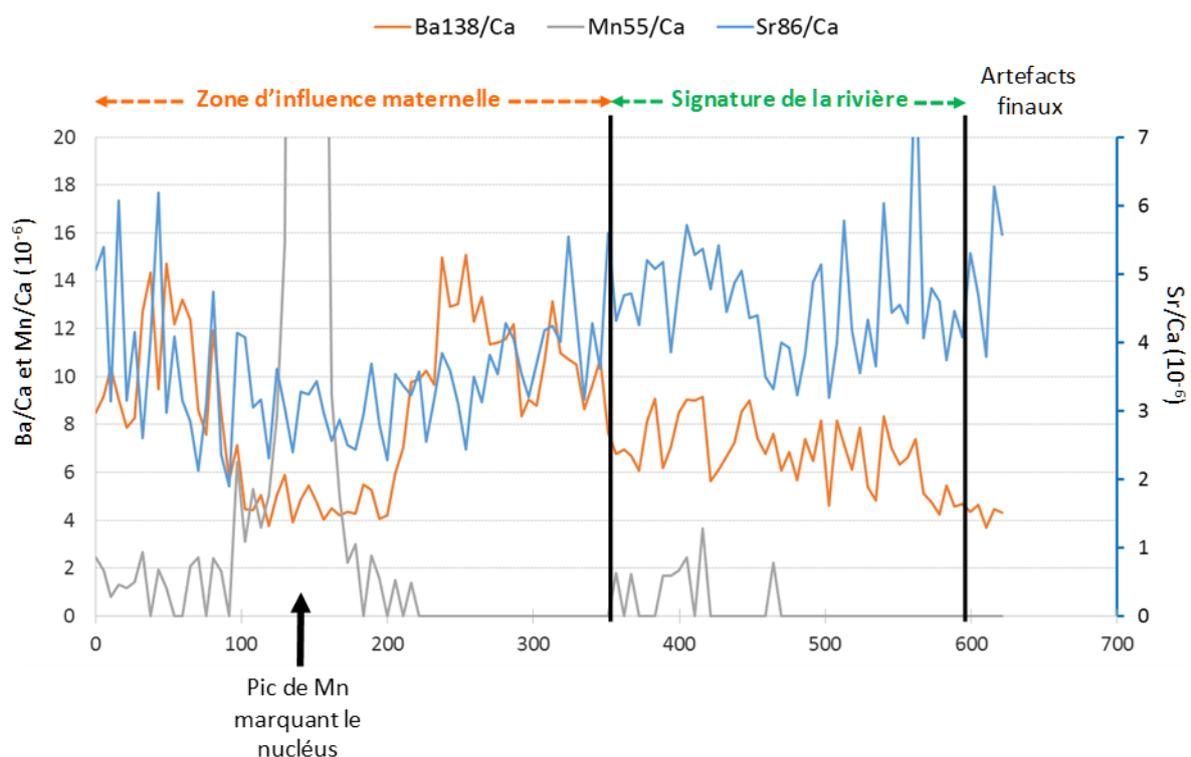


Figure 6 : Exemple de profil obtenu sur un otolithes de truite juvénile et identification de la zone d'influence maternelle et de la signature rivière

## 6 Résultats

### 1. Analyse de l'eau

Les mesures réalisées au moment des prélèvements d'eau indiquent des valeurs de conductivité et de pH très proches entre les deux affluents (Tableau 1), traduisant des teneurs globales en cations similaires.

*Tableau 1: Mesures réalisées le 27 avril 2015 sur l'eau des deux affluents*

	t°C	pH	Cond (µS/cm)	O2 dissous mg/L (%)
<b>Souloise</b>	9.2	8.7	216	9.9 (108%)
<b>Drac</b>	14.6	8.5	222	9.7 (105%)

Les résultats des analyses élémentaires (ratios Ba/Ca, Sr/Ca et Sr/Ba) ne montrent pas de différence nette dans l'eau (Tableau 2). En ce qui concerne le rapport isotopique du strontium ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ), il existe une différence entre les deux affluents mais celle-ci n'est pas très importante. Aussi, une faible variation saisonnière de ce rapport au niveau de l'un ou l'autre des affluents ou des deux pourrait compliquer la discrimination.

*Tableau 2: Résultats des analyses élémentaires et isotopiques de l'eau prélevée*

	<b>Souloise</b>		<b>Drac</b>	
	Moyenne	Ec type	Moyenne	Ec type
Ba	43.80	0.87	28.26	0.56
Ca	62.44	1.11	37.50	0.67
K	0.79	0.20	0.33	0.08
Mg	4.23	0.66	4.30	0.67
Mn	2.09	0.05	0.41	0.01
Na	3.32	0.53	0.95	0.15
Sr	497.74	1.69	320.27	2.09
<b>Ba/Ca</b>	<b>701.5</b>		<b>753.7</b>	
<b>Sr/Ca</b>	<b>8.0</b>		<b>8.5</b>	
<b>Sr/Ba</b>	<b>11.4</b>		<b>11.3</b>	
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	<b>0.70820</b>		<b>0.70918</b>	

Sur la base de ces premières analyses, la composition microchimique des eaux des deux affluents du lac du Sautet ne semble pas se différencier nettement surtout pour ce qui est des éléments chimiques. Un écart de faible amplitude est toutefois relevé au niveau de la signature isotopique du Sr. Les analyses des otolithes confirmeront si cet écart est suffisant pour permettre de discriminer les deux affluents.

## 2. Analyse des otolithes

Les analyses de 5 otolithes de truites juvéniles ont été effectuées par cours d'eau. Pour chaque otolithe, entre 22 et 27 points d'analyse ont été conservés le long du profil, correspondant à la zone rivière (fig. 6). Dans un premier temps, les 4 principaux ratios d'éléments (Sr/Ca, Sr/Ba, Ba/Ca,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) ont été représentés graphiquement 2 à 2 avec l'ensemble des points conservés (Fig.7). Ces premiers résultats montrent que seul le rapport isotopique du strontium permet de différencier nettement les individus des deux origines. L'ensemble des points représentés sur la figure 7 (i.e., toutes les mesures

correspondantes à leur développement en rivière avant capture) prend en compte la variabilité saisonnière rencontrée au niveau du rapport  $^{87}\text{Sr} : ^{86}\text{Sr}$  par les truites dans la Souloise et le Drac. Aussi, il semble que cette variabilité est suffisamment faible tout au long du développement des juvéniles (Figure 8) pour ne pas altérer le pouvoir discriminant de ce paramètre.

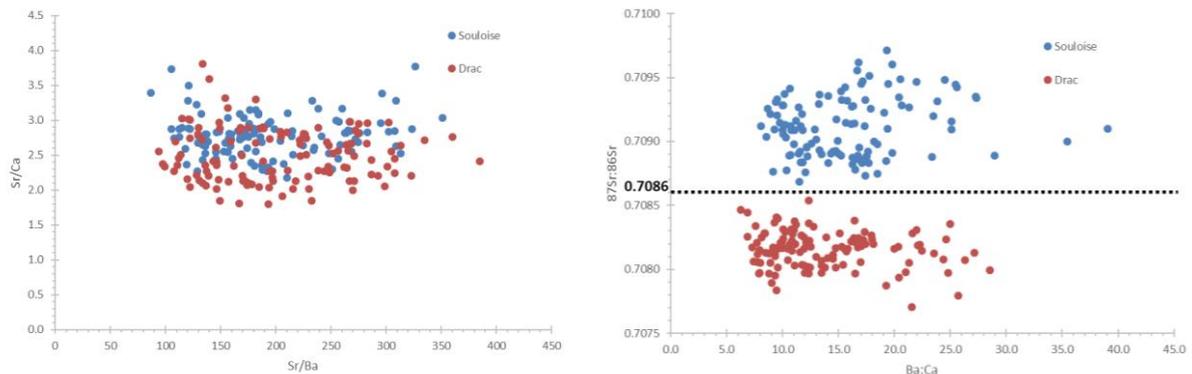


Figure 7 : Représentation des ratios élémentaires et isotopiques pour l'ensemble des points d'analyse effectués dans les otolithes des 10 juvéniles, et correspondant à la zone de vie en rivière. A gauche : ratios Sr/Ca et Sr/Ba ; à droite : ratio Ba/Ca et  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ . Les 2 affluents se distinguent uniquement pour le paramètre  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ .

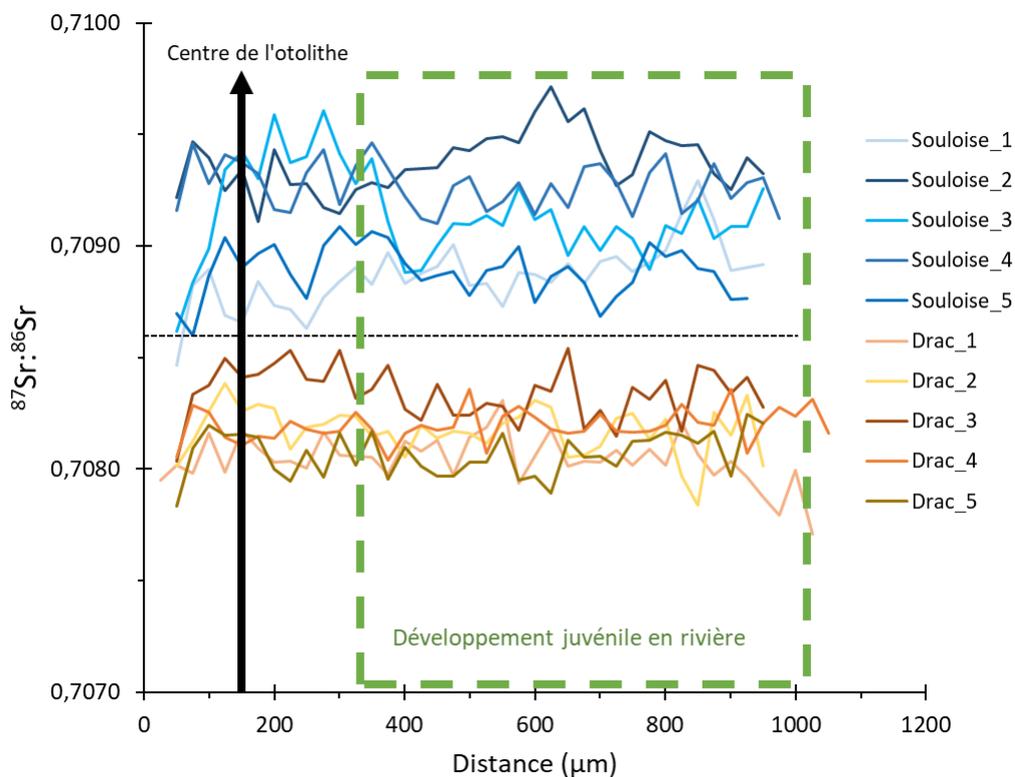


Figure 8 : Evolution temporelle du  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  au cours du développement juvénile pour les individus des 2 affluents montrant l'absence de variabilité saisonnière significative du rapport isotopique.

A l'instar des paramètres Sr/Ca, Ba/Ca et Sr/Ba, les paramètres Mg/Ca et Mn/Ca ne montrent pas non plus de différences entre affluent.

Seul le rapport isotopique du strontium permet donc de distinguer sans ambiguïté les 2 affluents, qui présentent pourtant des plages de valeurs relativement proches pour ce paramètre (Figure 7 et 8).

Une analyse plus poussée par random forest sur la base des données microchimiques de 5 juvéniles du Drac et 5 juvéniles de la Souloise, suggère que ces deux affluents sont différenciables avec un taux d'erreur nul. 100% des individus ont été correctement ré-attribués par le modèle à leur affluent d'origine.

Tableau 3 : taux d'erreur d'assignation pour les juvéniles du Sautet

	<b>Drac</b>	<b>Souloise</b>
<b>Drac</b>	1.00	0.00
<b>Souloise</b>	0.00	1.00

## 7 Conclusions

La microchimie des otolithes est un outil efficace permettant de discriminer les origines natales des truites lacustres des grands lacs alpins (rapport GODONTLA, en cours). Sur le lac du Sautet, la méthode a permis de discriminer avec succès les deux affluents (le Drac et la Souloise) à partir du ratio isotopique  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ .

Etant donné le fort pouvoir discriminant de ce paramètre par rapport aux différents ratios élémentaires, il n'est pas nécessaire dans le cadre d'une suite opérationnelle à ce projet (recherche de l'origine natale de truites lacustres du Sautet) de procéder aux analyses élémentaires. Seul le rapport isotopique du strontium peut être utilisé.

## 8 Bibliographie

Caudron A. & Champigneulle A., 2006. Technique de fluoromarquage en masse à grande échelle des otolithes d'alevins vésiculés de truite commune (*Salmo trutta* L.) à l'aide de l'Alizarine red S. *Cybiu* 30(1): 65-72.

Elsdon, T. S. & Gillanders, B. M. 2004. Fish otolith chemistry influenced by exposure to multiple environmental variables. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 313: 269-284.

Lannes-Lacrouts, E. 2015. Origine natale des truites lacustres (*Salmo trutta lacustris*) du lac Léman : utilisation de la microchimie des otolithes. Rapport de Master 2 : écologie, éthologie de l'Université de St-Etienne. 29 pages + annexes.

Martin J., 2013. Développement de la microchimie élémentaire (Sr, Ba) et isotopique ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) des otolithes et des écailles de salmonidés des gaves pyrénéens: évaluation du potentiel pour un appui à la gestion piscicole. Thèse de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA) – soutenue le 25 janvier 2013.

Martin J., G. Bareille, S. Berail, F. Daverat, C. Pécheyran, N. Bru, H. Tabouret, O.F.X. Donard, 2013. Spatial and temporal variations in otolith chemistry and relationships with water chemistry: a useful tool to distinguish Atlantic salmon parr from different natal streams. *Journal of Fish Biology* 82: 1556–1581.

Martin J., G. Bareille, S. Berail, F. Daverat, C. Pécheyran, N. Bru, E. Beall, F. Gueraud, F. Lange, D. Barracou, O.F.X. Donard, 2013. Persistence of a southern Atlantic salmon population: diversity in natal origins from otolith elemental and Sr isotopic signatures. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 70: 1-16.