

Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

2092, route des Diacquenods
Le Villaret
74 370 St Martin Bellevue
Tél. 04 50 46 87 55
www.pechehautesavoie.com

Première évaluation de la contamination par les métaux lourds chez la truite commune (*Salmo trutta*) sur le bassin de l'Arve

Campagne 2006

Arnaud CAUDRON
(Réf rapport FDP74.06/03)

Septembre 2006

Avec la collaboration des AAPPMA du Chablais Genevois et du Faucigny



Contexte de l'étude

La vallée de l'Arve concentre une forte activité industrielle notamment dans le domaine du décolletage et du traitement de surface. Des traces non négligeables de pollutions métalliques ont été mises en évidence dans la rivière Arve (IRAP, 1988) lors de l'établissement du projet de contrat de rivière. Cette situation initiale a conduit à inscrire à ce contrat un objectif visant à améliorer nettement la qualité du cours d'eau sur les paramètres métalliques. Aussi, à partir de 1995, année de démarrage du contrat, de nombreux travaux destinés à atteindre cet objectif ont donc été entrepris et financés en particulier dans le domaine du traitement de surface. En outre, l'industrie du décolletage a bénéficié à partir de 1997 d'opérations, en particulier de collecte de déchets industriels spéciaux financées par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse, dans le but de prévenir les risques de pollutions.

Le bilan intermédiaire destiné à évaluer les actions du contrat de rivière (SAGE, 2003 ; Cedrat Développement, 2004) a montré que les pollutions métalliques sur l'Arve étaient toujours présentes malgré les efforts financiers et techniques consentis. Aussi plus récemment, une étude (LAEPS, 2006) destinée à définir plus précisément les sources de pollution métalliques sur le bassin versant a été entreprise. Au cours de celle-ci, une première recherche de métaux lourds dans le poisson a été réalisée pour les éléments Cuivre, Nickel et Zinc. Des premières analyses individuelles pour rechercher ces trois métaux ont été réalisées sur neuf truites capturées par pêche à la ligne majoritairement en amont de Cluses et sur un seul chabot prélevé en aval immédiat de Bonneville. Malgré la faiblesse de l'échantillon, les premiers résultats ont révélé des teneurs importantes de ces métaux dans les viscères des poissons faisant état d'une contamination non négligeable du milieu naturel. Les teneurs observées dans la chair dépassent les seuils du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF, 1996), mais ne remettent pas en cause la consommation humaine du poisson d'après les recommandations (dose journalière admissible) établies (Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, 1992 ; INERIS, 2005). Afin de compléter ces premiers résultats, la Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique en collaboration avec les AAPPMA concernées a décidé de réaliser une étude d'évaluation de la contamination par les métaux lourds chez la truite commune sur le bassin de l'Arve. Cette étude constitue une première approche non exhaustive destinée à mieux connaître, à travers le poisson, l'état de contamination du milieu naturel et d'apporter des éléments de réponses aux interrogations levées par l'étude LAEPS (2006).

Méthodologie

Echantillonnages

Au total 40 truites réparties sur six secteurs du bassin de l'Arve ont été échantillonnées par pêche électrique puis analysées. La zone de Cluses étant considérée par l'étude LAEPS (2006) comme la source principale des pollutions d'origine métalliques sur l'Arve, deux secteurs, un au niveau de Sallanches et l'autre vers Etrembières situés respectivement en amont et en aval de cette zone, ont été choisis sur la rivière principale. 11 individus ont été prélevés sur le secteur aval et 9 sur le secteur amont. Sur chaque site, les spécimens de plus grande taille ont été échantillonnés en priorité afin de caractériser la population en place la plus âgée possible.

4 autres secteurs ne présentant pas d'activités industrielles génératrices de pollutions métalliques ont été choisis sur trois affluents de l'Arve et ont fait l'objet pour chacun d'un prélèvement de 5 individus. Sur le Foron de Reignier deux secteurs ont été échantillonnés, un

localisé en zone extrême amont et l'autre en aval sur un secteur en communication avec l'Arve. Ces échantillonnages s'intégraient également dans une étude plus globale destinée à réaliser une diagnose écologique et piscicole sur cet affluent (Vigier, 2006). Enfin, deux autres secteurs situés en amont de la Menoge et du Borne ont permis de compléter les échantillonnages réalisés sur des sites exempts de pollutions industrielles directes.

Les campagnes de prélèvements ont été effectuées en février et mars 2006 pour les sites localisés sur l'Arve et le 30 juin 2006 pour ceux situés sur les affluents. L'ensemble des poissons destinés à être analysés a été sacrifié proprement à l'aide d'une solution d'eugénol à 90%. Chaque spécimen a été identifié par un numéro de référence unique. Les poissons, après avoir fait l'objet de prélèvements d'écaillés ont été stockés individuellement au congélateur.

Analyses

L'âge de chaque individu a été évalué par scalimétrie. La totalité des poissons soit 40 individus a été envoyé au laboratoire CARSO pour rechercher dans la chair et les viscères la présence des éléments suivants : Cadmium, Chrome, Cuivre, Mercure, Nickel, Plomb, Zinc. Cette recherche a été réalisée selon une méthode interne ICP/MS après minéralisation.

Résultats

Résultats globaux

La totalité des résultats bruts sont présentée dans le tableau 1 ci-dessous :

Station	Réf Poisson	Age	Longueur totale (mm)	Cadmium (µg/kg)		Chrome (µg/kg)		Cuivre (µg/kg)		Mercure (µg/kg)		Nickel (µg/kg)		Plomb (µg/kg)		Zinc (µg/kg)	
				chair	viscères	chair	viscères	chair	viscères	chair	viscères	chair	viscères	chair	viscères	chair	viscères
Arve aval	1	3	320	<100	<100	<500	<500	600	10700	<100	<100	<500	<500	<100	140	12300	141600
	2	2	290	<100	<100	<500	<500	910	11800	<100	<100	<500	520	<100	200	15700	141000
	3	2	250	<100	<100	<500	<500	840	7300	<100	<100	<500	<500	<100	<100	12300	127600
	4	2	255	<100	<100	<500	<500	750	6800	<100	<100	<500	<500	<100	200	12100	180600
	5	3	260	<100	<100	<500	<500	1050	12000	<100	<100	<500	<500	<100	190	13700	151200
	6	2	235	<100	140	<500	<500	1170	11500	<100	<100	<500	<500	<100	200	14300	159200
	7	2	270	<100	<100	<500	<500	760	7300	<100	<100	<500	<500	<100	110	10100	122800
	8	2	235	<100	<100	<500	<500	1030	5500	<100	<100	<500	<500	<100	120	12000	116800
	9	2	235	<100	<100	2870	850	740	5700	<100	<100	<500	560	<100	350	13500	112100
	12	3	275	<100	150	<500	<500	590	9300	<100	<100	<500	700	<100	130	9600	143200
	31	2	225	<100	<100	520	780	1500	7000	<100	<100	<500	930	<100	360	9500	108500
Arve Sallanches	41	3	230	<100	<100	1040	530	830	7700	<100	<100	<500	520	<100	520	17500	104900
	42	2	230	<100	<100	<500	620	740	6100	<100	<100	<500	610	<100	540	13200	98400
	43	3	245	<100	<100	<500	<500	730	4700	<100	<100	<500	<500	<100	330	9400	75500
	44	2	275	<100	<100	<500	1300	710	6800	<100	<100	<500	1200	<100	1000	10600	99200
	45	3	255	<100	<100	<500	<500	890	3800	<100	<100	<500	<500	<100	380	12000	122700
	46	2	240	<100	<100	<500	2300	770	6300	<100	<100	<500	2100	<100	1900	13200	147900
	47	2	295	<100	150	<500	<500	890	11400	<100	<100	<500	<500	<100	390	13200	166200
	48	?	250	<100	130	<500	3000	1480	12100	<100	<100	<500	2900	<100	2300	16700	220500
F. Reignier amt	50	4+	250	<100	<100	<500	710	<500	4400	<100	<100	<500	910	<100	240	12100	143300
	51	3+	211	<100	<100	<500	1200	730	8400	<100	<100	<500	5400	<100	410	10500	69500
	52	2+	215	<100	<100	<500	<500	790	5700	<100	<100	<500	<500	<100	<100	11700	64500
	53	2+	196	<100	<100	<500	890	580	12500	<100	<100	<500	1500	<100	350	10200	112900
	54	2+	199	<100	<100	<500	<500	700	4000	<100	<100	<500	610	<100	980	13100	58200
F. Reignier aval	55	2+	262	<100	<100	<500	<500	560	7800	<100	<100	<500	<500	<100	<100	11200	76800
	56	2+	213	<100	<100	<500	<500	<500	12200	<100	<100	<500	<500	<100	<100	9200	91400
	57	2+	274	<100	<100	<500	<500	550	5900	<100	<100	<500	<500	<100	<100	11400	77800
	58	1+	223	<100	<100	<500	<500	560	4800	<100	<100	<500	<500	<100	<100	10300	115600
Menoge amt	59	2+	345	<100	<100	<500	<500	570	10400	<100	<100	<500	<500	<100	<100	8900	109900
	60	4+	254	<100	<100	<500	730	550	10400	<100	<100	<500	2200	<100	560	14500	60000
	61	3+	195	<100	<100	<500	<500	<500	13100	<100	<100	<500	850	<100	210	18300	122500
	62	3+	183	<100	100	<500	680	620	7800	<100	<100	<500	1100	<100	480	16200	87000
	63	3+	195	<100	<100	<500	<500	500	24400	<100	<100	<500	<500	<100	100	14500	120500
Borne amt	64	3+	192	<100	<100	<500	<500	700	11600	<100	<100	<500	<500	<100	130	16000	119800
	65	4+	339	<100	<100	<500	1200	<500	7900	<100	<100	<500	2600	<100	540	8900	104900
	66	2+	205	<100	<100	<500	1100	<500	4300	<100	<100	<500	2400	<100	530	11000	136500
	67	4+	234	<100	<100	<500	<500	740	16000	<100	<100	<500	<500	<100	<100	15300	91600
	68	2+	250	<100	<100	<500	890	510	4400	<100	<100	<500	1600	<100	340	11100	67900
	69	3+	242	<100	<100	<500	<500	570	6900	<100	<100	<500	<500	<100	110	15000	64300

Tableau 1 : Présentation pour les 40 truites échantillonnées et âgées des résultats bruts des analyses de recherche de sept métaux lourds sur 6 stations du bassin versant de l'Arve.

Sur les sept éléments recherchés, seul le mercure n'a pas été détecté à des valeurs au-delà du seuil de détection à la fois dans la chair et les viscères sur toutes les stations étudiées. Aucune trace, au dessus du seuil de détection, n'a été trouvée dans la chair des individus analysés pour le Cadmium, le Nickel et le Plomb. Pour l'ensemble des métaux décelés, tous les secteurs échantillonnés montrent d'importantes variations inter-individus.

Résultats par éléments

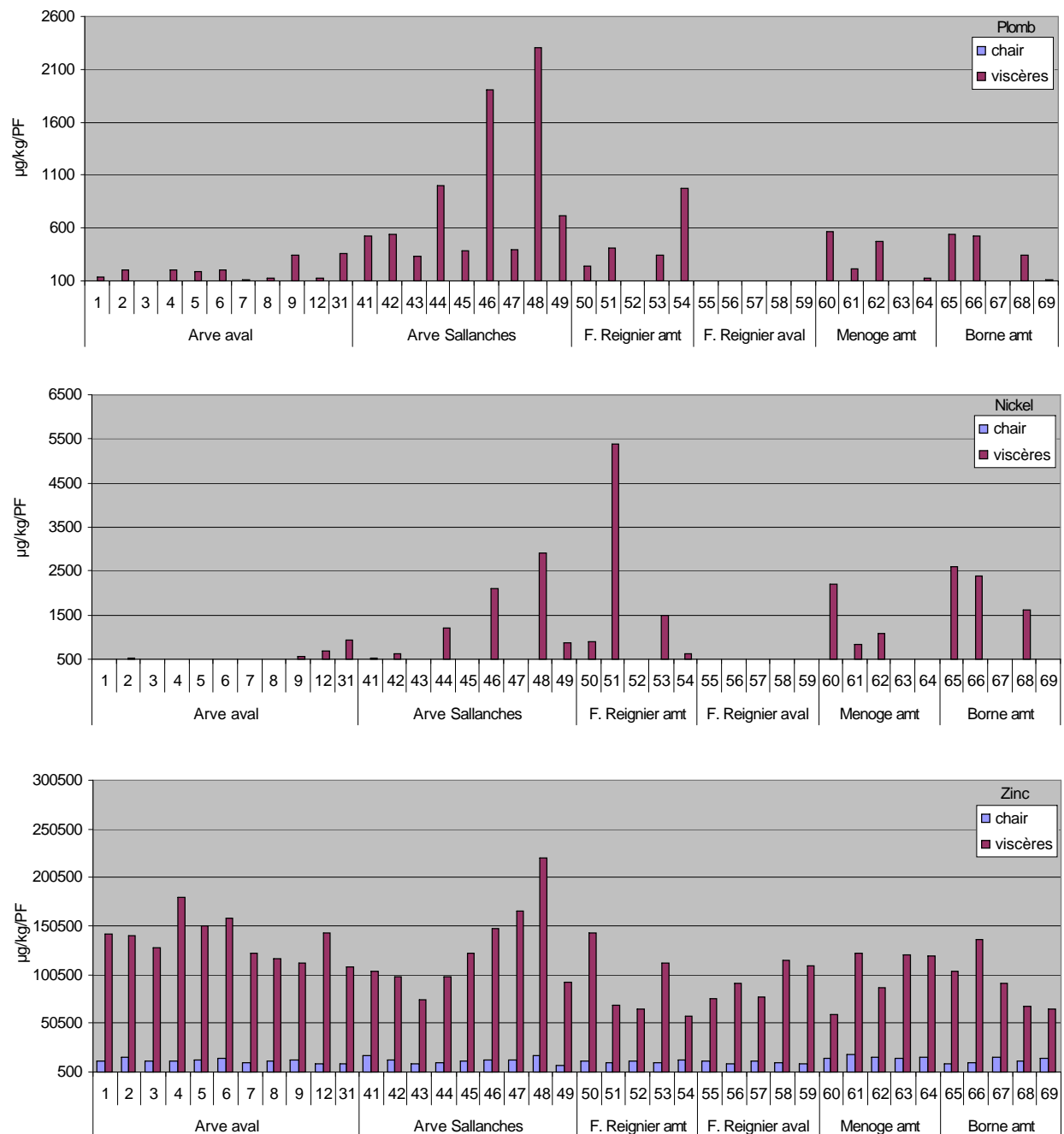
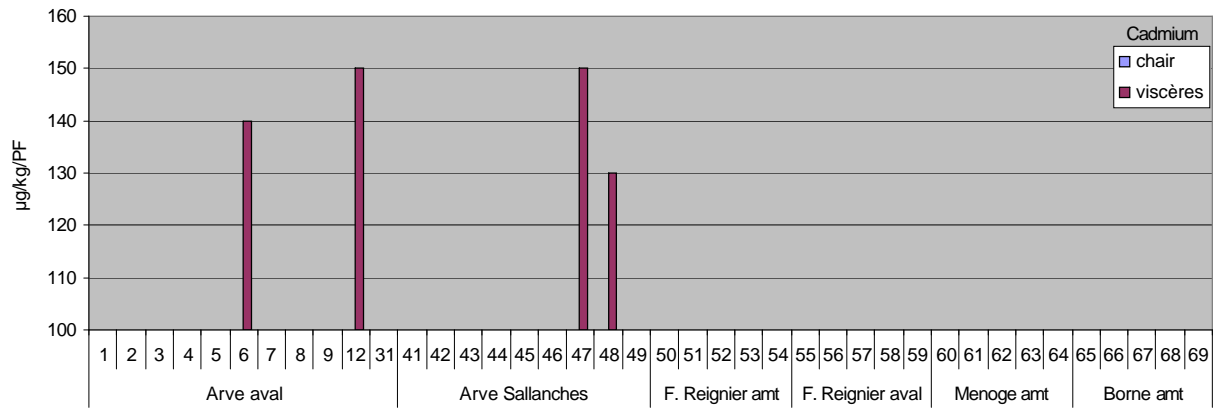
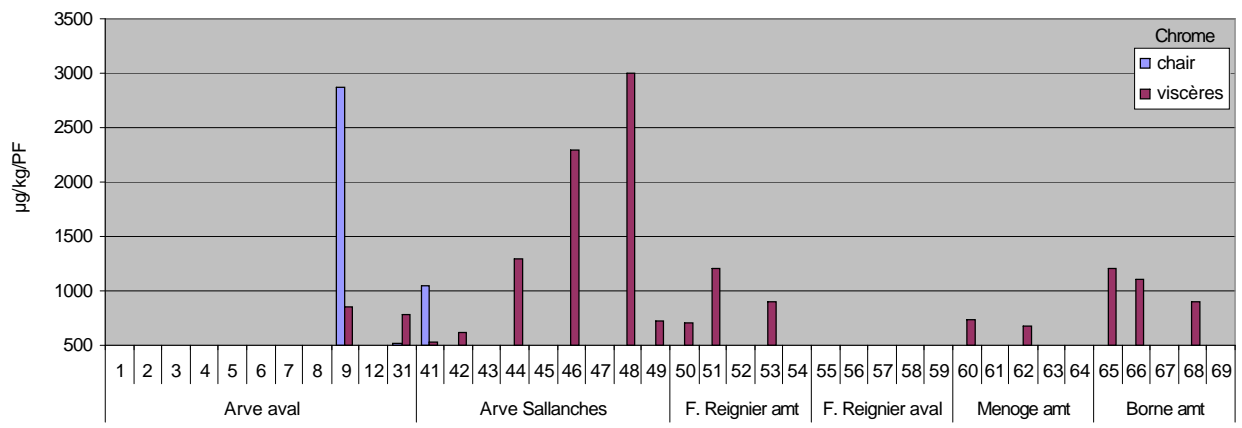
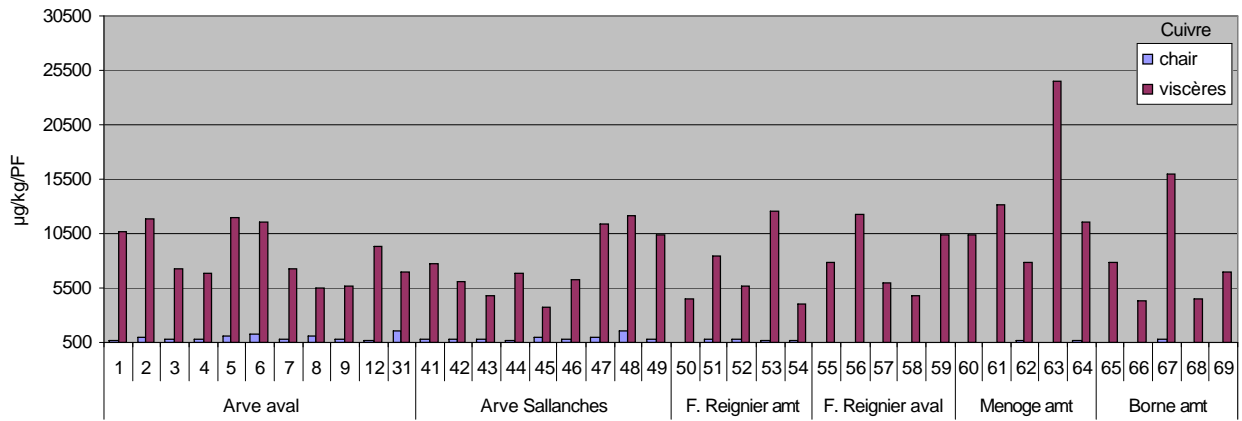


Figure 1 : Résultats des analyses de recherches de métaux lourds dans la chair et les viscères sur 40 truites échantillonnées sur 6 secteurs du bassin versant de l'Arve.

Suite Figure 1 :



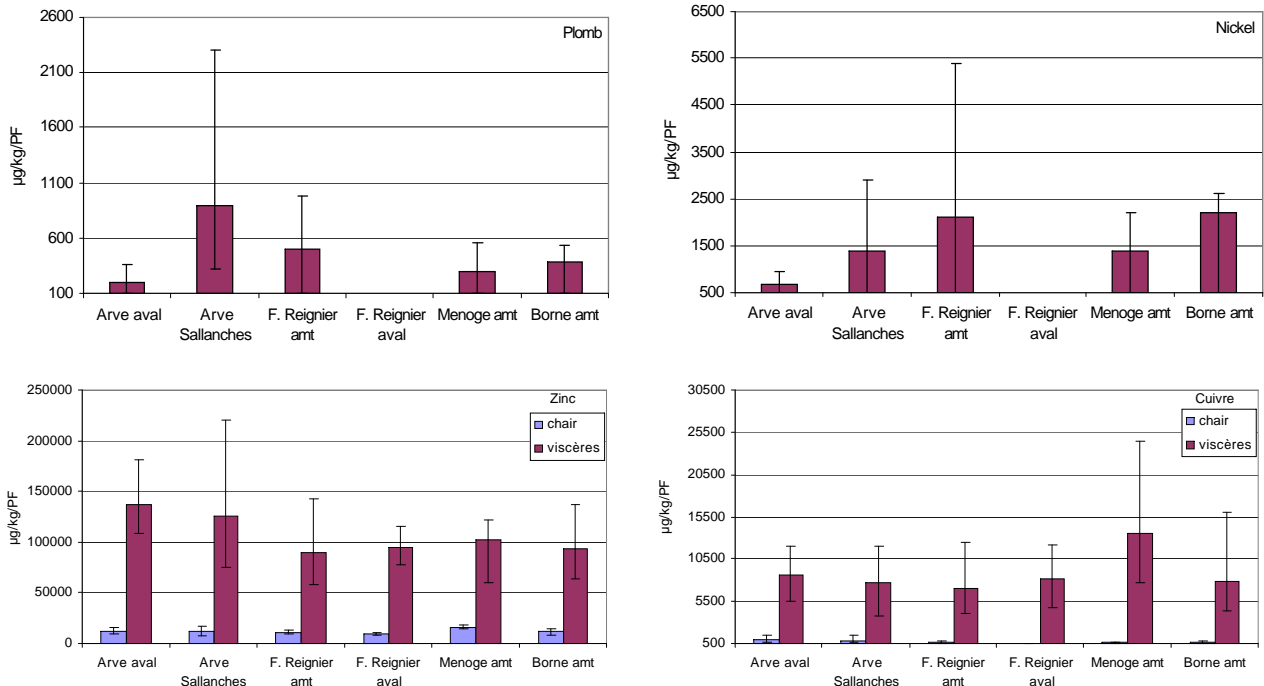


Figure 2 : Moyennes par secteurs échantillonnés des concentrations de 4 métaux dans la chair et les viscères des poissons analysés.

Plomb

Les teneurs en plomb décelées dans les viscères des truites analysées sont comprises entre <100 et 2300 µg/kg/PF. Seul le secteur aval du Foron de Reignier ne présente aucune trace de ce métal. Deux individus prélevés au niveau de Sallanches présentent des teneurs beaucoup plus élevées que les autres avec des valeurs de 1900 et 2300 µg/kg/PF. C'est d'ailleurs sur ce secteur que les poissons semblent le plus affectés. Globalement, on peut remarquer que ce sont les individus situés sur les zones apicales qui montrent les plus fortes teneurs. En effet, la station amont de l'Arve montre des concentrations significativement plus élevées que le secteur situé en aval. Le même phénomène est également visible sur le Foron de Reignier. Enfin la Menoge amont et le Borne amont sont également concernés par la présence de ce métal. Les teneurs moyennes dans les viscères varient selon les secteurs entre <100 et 899 µg/kg/PF.

Nickel

Aucune trace de Nickel au-delà du seuil de 500 µg/kg n'a été détectée dans la chair des poissons analysés. Par contre, l'étude des viscères a permis de mettre en évidence des teneurs individuelles comprises entre <500 et 5400 µg/kg. La présence de ce métal dans les viscères a été trouvée sur tous les secteurs sauf la zone aval du Foron de Reignier. Sur les six secteurs, les teneurs moyennes de Nickel dans les viscères sont comprises entre < à 500 et 2200 µg/kg/PF. Les secteurs montrant les concentrations moyennes les plus élevées sont le Foron de Reignier amont et le Borne amont. Comme pour le plomb, les individus situés en zone amont semblent plus infectés que ceux situés en zone aval.

Zinc

Tous les individus analysés montrent à la fois dans la chair et les viscères des teneurs en zinc supérieures au seuil de détection de 500 µg/kg/PF. Les valeurs individuelles sont

comprises entre 7700 et 17500 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{PF}$ pour la chair et entre 58200 et 220500 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{PF}$ pour les viscères.

Les concentrations moyennes dans la chair sont comprises entre 10200 et 15900 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{PF}$ et ne varient pas significativement d'un secteur à l'autre. Par contre, dans les viscères, les teneurs moyennes sont globalement très élevées entre 93000 et 137000 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{PF}$ et semblent plus élevées sur les secteurs de l'Arve que sur les affluents, ces différences n'étant cependant pas significatives.

Cuivre

Les analyses ont révélé des teneurs supérieures au seuil de détection pour tous les individus dans les viscères et pour 35 individus sur 40 dans la chair. Les concentrations individuelles varient de 3800 à 24400 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{PF}$ dans les viscères et de <500 à 1500 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{PF}$ dans la chair.

Les teneurs moyennes observées dans la chair sur les deux secteurs de l'Arve sont légèrement supérieures à celles obtenues sur les affluents. Par contre dans les viscères, les plus fortes concentrations sont observées sur le secteur amont de la Menoge. Les autres secteurs montrent des teneurs équivalentes comprises entre 7000 et 8500 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{PF}$.

Chrome

Seuls trois individus situés sur l'Arve montrent des concentrations de Chrome dans la chair plus élevées que le seuil de détection avec des valeurs comprises entre 520 et 2870 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{PF}$. Dans les viscères, 16 individus présentent des teneurs plus importantes que le seuil de détection avec des valeurs allant de 530 à 3000 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{PF}$. Deux individus montrent des teneurs de Chrome plus importantes dans la chair que dans les viscères.

Aucune trace de ce métal n'a été détectée sur le secteur du Foron de Reignier aval.

Globalement, les poissons semblent présenter des concentrations plus fortes sur les secteurs de l'Arve notamment au niveau de Sallanches que sur les affluents.

Cadmium

Des traces de Cadmium ont été trouvées dans les viscères de 4 individus sur les secteurs de l'Arve avec des concentrations équivalentes comprises entre 130 et 150 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{PF}$. Ces valeurs sont proches du seuil de détection fixé à 100 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{PF}$. Les analyses n'ont pas permis de trouver des traces de cet élément dans les viscères des poissons provenant des affluents. De même, aucune trace dans la chair n'a été mise en évidence par les analyses sur les 40 individus étudiés.

Bioaccumulation en fonction de l'âge

Pour les deux éléments, Cuivre et Zinc, présents de manière généralisé sur l'ensemble des secteurs à la fois dans la chair et les viscères, une analyse de la teneur observée en fonction des classes d'âges des truites échantillonnées a été réalisée (figure 3). L'ensemble des résultats n'indique aucune corrélation entre la concentration en métaux et l'âge des individus.

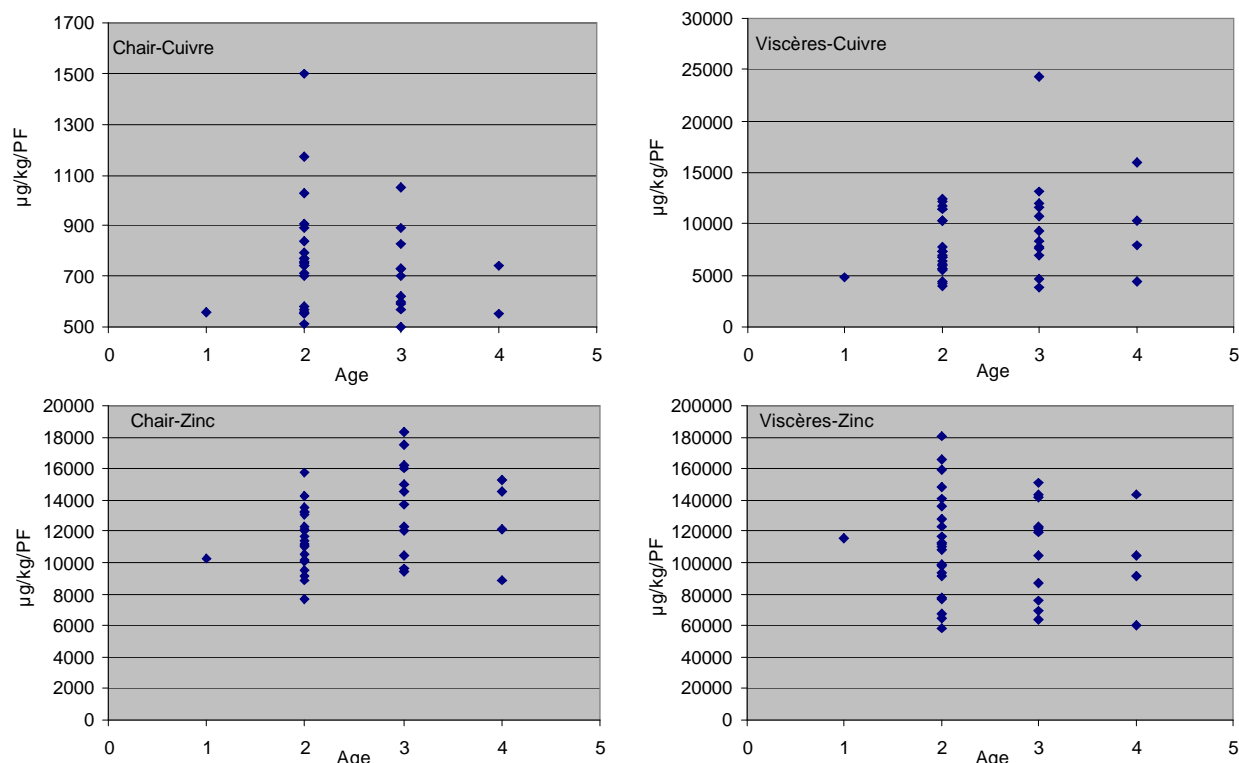


Figure 3 : Rapport entre l'âge des individus analysés et les concentrations obtenues dans la chair et les viscères pour le Zinc et le Cuivre.

Comestibilité des truites sur les secteurs échantillonnées

Les valeurs obtenues dans la chair des poissons sur les secteurs étudiés sont comparées aux seuils recommandés au niveau international ou national (CSHPF, 1996) pour la protection alimentaire (tableau 2).

Toxiques	Seuils réglementaires en vigueur (mg/kg/PF)	Nombre d'individus dépassant le seuil	Pourcentage d'individus dépassant le seuil	Observations
Cadmium	0,1	0	0	
Chrome	x	?	?	Pas de seuil
Cuivre	0,1	35	87,5	seuil de quantification > à 0,1
Mercurure	0,5-1	0	0	
Nickel	0,1	?	?	seuil de quantification > à 0,1
Plomb	0,5	0	0	
Zinc	<100	0	0	

Tableau 2 : Nombre et pourcentage d'individus dépassant les seuils réglementaires définis pour la protection alimentaire pour les sept métaux recherchés sur l'ensemble des secteurs étudiés.

Le Cuivre apparaît à des concentrations supérieures aux règlements en vigueur pour une majorité d'individus (87,5%). Pour les cinq individus ne dépassant pas le seuil de quantification (500 µg/kg) qui est supérieur au seuil réglementaire (100µg/kg), il n'est pas possible de se prononcer sur leur valeur alimentaire.

Le Nickel présente également un seuil de quantification (500 µg/kg) supérieur au seuil réglementaire (100µg/kg).

Concernant la consommation humaine du poisson les risques ont été évalués pour les éléments présents de manière généralisée dans la chair des truites analysées, c'est-à-dire le

zinc et le cuivre. Pour réaliser les calculs de comestibilité, les doses journalières admissibles (DJA) choisies pour ces deux composés sont celles présentées dans les fiches toxicologiques de synthèses de l'INERIS (2005) car elles sont plus contraignantes que celles proposées par l'OMS (Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, 1992). Les résultats sont présentés dans le tableau 3 ci dessous.

Secteur	Quantité présente dans la chair des poissons (µg/kg/PF)		Dose Journalière Admissible (INERIS, 2005) (µg/Kg/J)		Dose journalière pour une pers. de 65 kg (µg/J)		Quantité nécessaire de chair pour atteindre la DJA pour une pers. de 65 kg (kg)	
	Zinc	Cuivre	Zinc	Cuivre	Zinc	Cuivre	Zinc	Cuivre
Arve aval	12282	904	300	140	19500	9100	1,6	10,1
Arve Sallanches	12611	868					1,5	10,5
F. Reignier amt	11520	700					1,7	13,0
F. Reignier aval	10200	560					1,9	16,3
Menoge amt	15900	592					1,2	15,4
Borne amt	12260	607					1,6	15,0

Tableau 3 : Calcul d'évaluation des risques pour la consommation humaine de poissons concernant le zinc et le cuivre sur les 6 secteurs étudiés.

Pour atteindre la DJA pour le Zinc, une personne de 65 kg devrait ingérer selon les secteurs entre 1,2 et 1,9 kg de chair de truite par jour. Pour le cuivre, une personne de même poids devrait ingérer entre 10,1 et 16,3 kg de chair de truites pour atteindre la dose maximale admissible.

Au vu des quantités de chair de poissons qu'il est nécessaire de consommer pour atteindre les doses admissibles, il semble que la consommation des poissons sur les secteurs étudiés ne représente pas un risque pour la santé humaine.

Synthèse des résultats et discussion

Signification des données obtenues et intérêts de l'étude

Globalement, l'interprétation des résultats est rendue difficile par l'absence de données de référence concernant les concentrations de métaux présentes dans les poissons en milieu naturel non soumis aux effets de l'anthropisation. Notre étude avait pour objectif, en complément de l'étude LAEPS (2006) sur la recherche des sources de pollutions métalliques sur l'Arve, d'évaluer l'impact de ces pollutions sur le poisson et en particulier sur la truite commune. L'étude a donc la particularité de fournir, à la fois sur la chair et les viscères, des résultats individuels sur un échantillon non négligeable de 40 poissons d'âge connu. Les secteurs échantillonnés à la fois sur l'Arve en amont et aval de Cluses et sur plusieurs affluents permettent d'évaluer les effets directs potentiels des activités industrielles concentrées dans la vallée de l'Arve. L'analyse de la chair et des viscères permet d'apprécier l'état de la contamination de l'ensemble de la chaîne trophique et d'estimer si cette contamination représente un risque potentiel pour la consommation humaine. L'effort financier (13 500 € d'analyses) consenti dans cette étude par la Fédération se justifie tout d'abord par la nécessité d'établir un bilan sur la comestibilité des poissons présents dans les rivières en particulier pour ceux de l'Arve. Ensuite, les analyses permettent également d'obtenir des éléments supplémentaires pouvant expliquer la non fonctionnalité constatée de la population de truite sur l'Arve.

Principaux résultats

- Les différentes analyses réalisées ont permis d'obtenir les éléments suivants :
- Globalement, aucun impact direct significatif des rejets de métaux mis en évidence dans l'étude LAEPS (2006) n'a pu être réellement observé sur les truites de l'Arve.
 - Aucune trace de Mercure n'a été détectée au-delà du seuil de quantification.

- Une présence généralisée de Zinc dans la chair et les viscères et de Cuivre dans les viscères à des teneurs équivalentes sur l'ensemble des secteurs étudiés a été mise en évidence.
- Pour ces deux métaux, aucune corrélation entre les concentrations obtenues et l'âge ou la taille des individus n'a pu être trouvée.
- Le Cadmium, le Chrome et le Cuivre dans la chair montrent des teneurs plus importantes sur l'Arve que sur les affluents. Notamment, le Cadmium n'a pas été décelé dans les poissons échantillonnés sur les affluents. L'origine de cet élément est difficile à mettre en relation avec une source de pollution provenant de Cluses car des individus infectés sont déjà présents en amont au niveau de Sallanches.
- Les teneurs des différents métaux décelés dans les viscères et dans la chair suggèrent une contamination généralisée de la chaîne trophique et en particulier des insectes aquatiques qui constituent la majorité du régime alimentaire de la truite commune. En effet, il est convenu que l'assimilation des métaux chez la truite se fait essentiellement par voie alimentaire (Dallinger et Kautzky, 1985).
- Les teneurs de métaux présents dans la chair ne semblent pas représenter un risque pour la consommation humaine en raison des quantités importantes de poissons qu'il est nécessaire d'ingérer pour atteindre les doses admissibles.

Origine possible de la contamination

Un des principaux résultats obtenus lors de cette étude est la mise en évidence de concentrations importantes de Zinc et de Cuivre dans les poissons sur tous les secteurs concernés à la fois sur l'Arve et sur les affluents. L'étude LAEPS (2006), malgré la faiblesse de l'échantillon, avait déjà montré des teneurs importantes de ces deux métaux dans la chair et les viscères mais les échantillonnages de poissons avaient uniquement eu lieu dans l'Arve. A l'issue de cette étude, les fortes teneurs en Zinc obtenues dans les poissons avaient été mises en relation avec les valeurs importantes observées également dans les bryophytes. L'hypothèse d'une pollution de l'Arve d'origine industrielle avait été mise en avant pour expliquer la présence de ces métaux à des concentrations importantes. Cette hypothèse semblait d'autant plus probable que des foyers de pollution avaient été clairement détectés lors de cette étude. Notre étude apporte donc un élément nouveau de comparaison. Elle indique que pour le Zinc et le Cuivre des concentrations similaires à celles obtenues sur l'Arve sont également observées sur des secteurs situés sur des affluents ne présentant aucune activité industrielle proche. Ces résultats suggèrent donc l'existence d'une autre hypothèse pour expliquer la présence à fortes doses de ces deux éléments dans les truites sur la vallée de l'Arve. Il semble que les fortes teneurs apparentes obtenues sur le bassin de l'Arve ne soient pas pour autant aberrantes en comparaison d'autres résultats récents connus. En effet, Cachéra (2005) rapporte sur le lac du Bourget des teneurs en Zinc dans la chair de 13200 µg/kg pour la perche, 11800 µg/kg pour l'omble chevalier et 1080 µg/kg pour le corégone. Le lavaret présente également dans la chair des teneurs moyennes de 410 µg/kg de Cuivre. Des teneurs également importantes ont été décelées sur des poissons de l'Isère (Raymond, com.pers.). Les informations concernant les concentrations en métaux dans les poissons restent encore trop parcellaires pour pouvoir connaître avec précision leur origine. Cependant, les teneurs similaires observées sur plusieurs sites géographiquement éloignés et situés sur différents bassins sont en faveur d'une hypothèse d'origine de contamination plus globale et non pas de plusieurs origines locales. Une des origines les plus probables de contamination des rivières est liée aux retombées atmosphériques sous forme de précipitations. A ce sujet, Veysseyre *et al.* (2001) indiquent la présence de teneurs importantes de plusieurs métaux lourds dans la neige à différentes altitudes dans la vallée de Chamonix et de la Maurienne. Les auteurs

écartent l'hypothèse d'un sol ou d'une roche naturellement riche en raison de la trop forte teneur observée. Ils suggèrent par contre comme source de contamination principale les activités industrielles chimiques et métallurgiques relativement proches, l'importance des trafics routiers ainsi que les incinérateurs. Blais *et al.* (2006) ont montré dans des lacs Pyrénéens que les concentrations en Mercure chez la truite commune augmentées avec l'altitude. Les auteurs expliquent cette évolution altitudinale par des taux de précipitations, en particulier sous forme de neige, plus importants en altitude liés aux conditions atmosphériques particulières des zones de montagne ainsi qu'à une photooxydation accrue engendrée par les radiations UV en haute altitude.

Aussi, il semble probable que la provenance des métaux trouvés dans les poissons analysés lors de notre étude, ne soit pas seulement le fait de rejets polluants directs dans la rivière mais soit davantage liée à une pollution d'origine industrielle plus globale causée par les précipitations chargées en éléments chimiques.

Si les teneurs rencontrées dans la chair ne semblent pas causer un risque pour la consommation humaine, les concentrations de différents métaux trouvés dans les viscères peuvent par contre avoir un effet négatif sur l'état de santé des populations de poissons et démontrent une contamination généralisée de la faune aquatique. A ce titre, et afin de compléter nos premiers résultats, un recueil de données supplémentaires sur d'autres bassins versants du département est nécessaire pour mieux cerner l'étendue et les causes de cette contamination.

Bibliographie

Blais J.M., Charpentié S., Pick F. Kimpe L.E., St Amand A., Regnault-Roger C., 2006. Mercury, polybrominated diphenyl ether, organochlorine pesticide, and polychlorinated biphenyl concentrations in fish from lakes along an elevation transect in the French Pyrénées. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 63, 91-99.

Cachéra S., 2005. Métaux et micropolluants organiques dans les eaux et les poissons du lac du Bourget, campagne 2005. Note de synthèse. CISALB, Chambéry.

CEDRAT Développement, 2004. Etude bilan intermédiaire et évaluation du contrat de rivière de l'Arve. SM3A, Bonneville.

CSHPF, 1996, Plomb, cadmium et mercure dans l'alimentation : évaluation et gestion du risque, Tec et Doc Lavoisier, Paris.

Dallinger R. and Kautzky H., 1985. The importance of contaminated food for the uptake of heavy metals by rainbow trout : a field study. *Oecologia*, 67, 82-89.

INERIS, 2005. Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. http://www.ineris.fr/index.php?module=cms&action=getContent&id_heading_object=3.

IRAP, 1988. Utilisation des mousses aquatiques pour l'étude de la pollution métallique de l'Arve. SIVMAA, Bonneville.

LAEPS, 2006. Suivi de la pollution métallique de l'Arve. Rapport final, SM3A, Bonneville.

Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, 1992. Note de service relative aux teneurs de métaux lourds dans les chairs de poissons. DGAL/SHDA N92/n°8076.

SAGE, 2003. Suivi de la qualité des eaux, résultats de la campagne 2002. Rapport final, SM3A, Bonneville.

Veysseyre A., Moutard K., Ferrari C. Van de velde K, Barbante C., Cozzi G., Capodaglio G. Boutron C., 2001. Heavy metals in fresh snow collected at different altitudes in the Chamonix and Maurienne valleys, French Alps: initial results. Atmospheric environment, 35, 415-425.

Vigier L., 2006. Diagnose écologique et recherches des causes de perturbation du peuplement piscicole du Foron de Reignier. Rapport FDP74.06/04 Master II univ. Besançon.