

Le Villaret
2092, route des Diacquenods
74370 ST MARTIN BELLEVUE
www.pechehautesavoie.com



CARTEL
BP 511
74203 THONON LES BAINS

Evaluation à grande échelle de l'efficacité du repeuplement et comparaison des caractéristiques des truites (*Salmo trutta L.*) sauvages et introduites dans les rivières de Haute-Savoie

RAPPORT FINAL 2002 - 2006

A. CAUDRON & A. CHAMPIGNEULLE

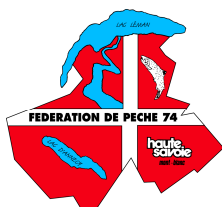


Rapport SHL 274-2007
FDP74.07/06
Convention de recherches B 04992

Décembre 2007

Etude réalisée avec la participation financière de :





Le Villaret
2092, route des Diacquenods
74370 ST MARTIN BELLEVUE



CARTEL
BP 511
74203 THONON LES BAINS

Evaluation à grande échelle de l'efficacité du
repeuplement et comparaison des caractéristiques des
truites (*Salmo trutta L.*) sauvages et introduites dans les
rivières de Haute-Savoie

RAPPORT FINAL
2002 - 2006

A. CAUDRON & A. CHAMPIGNEULLE

Référence à citer : CAUDRON A., CHAMPIGNEULLE A., 2007. *Evaluation à grande échelle de l'efficacité du repeuplement et comparaison des caractéristiques des truites (Salmo trutta L.) sauvages et introduites dans les rivières de Haute-Savoie –Rapport final*. Rapport INRA Thonon SHL 274-2007 - FDP74.07/06, 68 pages + annexes.

SOMMAIRE

Partie I. Matériel et méthodes	1
1) Technique de marquage des otolithes à l'Alizarine RedS	1
1.1) Présentation du fluoromarqueur.....	1
1.2) Principe de la technique.....	1
1.3) Mode opératoire.....	1
1.4) Essais de multi-marquages.....	3
2) Données de repeuplement	4
3) Echantillonnages en milieu naturel	4
3.1) Echantillonnages dans les populations en place.....	5
3.2) Echantillonnages dans les captures par pêche à la ligne.....	5
4) Récolte et analyses des données en laboratoire	5
4.1) Caractéristiques morphologiques et morphométriques.....	5
4.2) Observations cliniques.....	6
4.3) Extraction et lecture des otolithes.....	6
5) Analyses statistiques	8
Partie II. Résultats discutés	9
1) Technique de marquage des otolithes de truites à l'Alizarine RedS	9
1.1) Fiabilité et faisabilité de la technique de marquage en masse	9
1.2) Essai de multimarquage.....	10
1.3) Limites.....	11
2) Un manque d'optimisation des repeuplements pratiqués par les AAPPMA	12
3) Contributions des repeuplements et du recrutement naturel dans les populations en place à l'automne	15
3.1) Contribution globale au stade 0+ sur l'ensemble des sites étudiés.....	15
3.2) Contribution sur les 13 bassins versant étudiés.....	17
3.2.1) <i>Le Borne</i>	17
3.2.2) <i>Le Giffre</i>	19
3.2.3) <i>La Fillière</i>	21
3.2.4) <i>Le Foron du Reposoir</i>	22
3.2.5) <i>Le Foron de Fillinges</i>	24
3.2.6) <i>Les Usses</i>	25
3.2.7) <i>L'Ugine de Chéneoz</i>	27
3.2.8) <i>La Menoge</i>	29
3.2.9) <i>Le Viaisson</i>	30
3.2.10) <i>La Chaise</i>	31
3.2.11) <i>Le Foron de Reignier</i>	32
3.2.12) <i>Le Bon Nant</i>	33
3.2.13) <i>Le Foron de la Roche</i>	34
4) Bilan sur la dynamique spatiale et temporelle de la contribution du repeuplement dans les populations en place	35
5) Comparaison à grande échelle des caractéristiques morphologiques au stade 0+ entre individus issus du repeuplement et individus issus du recrutement naturel	36

6) Comparaison des états cliniques et des symptômes pathologiques au stade 0+ entre individus issus du repeuplement et individus issus du recrutement naturel	37
7) Caractéristiques et contribution du repeuplement dans les captures par pêche à la ligne	38
7.1) Caractéristiques générales des captures par pêche à la ligne.....	38
7.2) Contributions globales des repeuplements dans les captures sur l'ensemble du département.....	42
7.3) Contributions des repeuplements par secteur.....	44
7.3.1) <i>Contribution globale</i>	44
7.3.2) <i>Contribution des repeuplements traditionnels sur 8 zones différents</i>	44
7.3.3) <i>Contribution des repeuplements MED sur le système des Dranses</i>	47
8) Dynamique temporelle sur 4 zones de la contribution des truites marquées pour certaines cohortes	54

Partie III : PROPOSITIONS DE GESTION.....

1) Mesure globale de conservation des populations autochtones méditerranéenne	57
1.1) Intérêts réglementaires et scientifiques.....	57
1.2) Mesure Globale sur l'ensemble du département.....	58
2) Proposition par unité de gestion	59
2.1) Pour les unités de gestion possédant des populations autochtones.....	60
2.2) Pour les unités de gestion où une réhabilitation des populations autochtones est envisagée	63

Bibliographie.....

65

Partie I : MATERIEL ET METHODES

1) Technique de marquage des otolithes à l'Alizarine RedS

La technique de fluoro-marquage des otolithes à l'Alizarine RedS utilisée dans cette étude est la seule techniques actuellement disponible permettant de marquer rapidement et de manière pérenne de grandes quantités de truites à des stades précoces (alevins vésiculés).

1.1) Présentation du fluoromarqueur

Le chlorohydrate de tetracycline (CHTC) a communément été utilisé avec succès comme fluoromarqueur chez plusieurs espèces de poissons (Dabrowski et Tsukamoto, 1986 ; Nagiec *et al.*, 1988 ; Ruhlé et Grieder, 1989 ; Alcobendas *et al.*, 1991 ; Rojas Beltran *et al.*, 1995 a et b). Cependant, en raison de son pouvoir antibiotique, son usage a été fortement réglementé dans certains pays ces dernières années (Panfili *et al.*, 2002). Ainsi, l'utilisation d'autres fluoromarqueurs, dont la calcéine (Meunier et Boivin, 1978 ; Mohler, 1997 et 2003), l'alizarine complexone (Tsukamoto *et al.*, 1989a et b ; Beckmann et Schulz, 1996) puis plus récemment l'alizarine redS (ARS) (Blom *et al.*, 1994; Nagiec *et al.*, 1995), moins chère que l'alizarine complexone, s'est développée. Meunier et Boivin (1978) avaient déjà montré que le squelette de poissons vivants pouvait être marqué par une injection intrapéritonéale d'ARS. Mais ce n'est que plus tard que des premières études à petite ou moyenne échelle (Nagiec *et al.*, 1995 ; Eckmann *et al.*, 1998 ; Caudron et Champigneulle, 2002) ont montré la possibilité d'utiliser le fluoromarquage des otolithes à l'ARS en balnéation pour suivre des déversements de stades précoces de poissons en milieu naturel.

L'alizarine Red S est un produit certifié par la Biological Staining Commission (USA) pour le marquage vital des petits vertébrés et pour différencier os et cartilage chez les embryons de mammifères. Elle est retenue *in vivo* de façon durable dans les tissus squelettiques. Dans le cas des marquages de truites au stade alevin vésiculé, l'ARS se fixe (par chélation avec les ions calcium) au niveau des otolithes qui sont alors les seules parties calcifiées de l'organisme.

1.2) Principe de la technique

La technique mise en place s'est inspirée de plusieurs tests réalisés sur les salmonidae (Nagiec *et al.*, 1995 ; Jourdan, 1995 ; Cachéra, 1997 ; Champigneulle et Rojas Beltran, 2001) La technique a été optimisée et adaptée aux exigences de notre étude (Caudron et Champigneulle 2006 ; cf annexe 1) afin d'offrir un bon compromis dose/durée de balnéation.

Le marquage pratiqué a consisté en une balnéation de 3 heures des alevins vésiculés (fin de résorption), dans un bain d'ARS (Alizarine Red S) à une concentration de 100mg/litre d'eau brute.

Dans la présente opération pilote, le marquage a été réalisé durant trois années successives (2002-2003-2004) dans les six piscicultures associatives. Ces dernières utilisent deux pratiques de résorption, en clayettes ou directement dans des auges d'incubation en ciment. Une visite préalable de ces piscicultures a permis de déterminer, pour chaque établissement, les volumes des auges utilisés et les quantités de poissons attendus et donc les quantités de colorant nécessaires. Par site et pour chaque auge, des flacons contenant la quantité d'ARS correspondant au volume de balnéation nécessaire ont été préparées en laboratoire et distribuées à chaque pisciculteur.

Enfin, sur chaque site, une formation du pisciculteur a été réalisée et le premier marquage a été effectué en présence des personnes responsables et en indiquant le protocole et les précautions d'emploi. Cette étape essentielle a permis de transmettre la technique de marquage aux pisciculteurs concernés et de s'assurer de sa bonne compréhension et mise en pratique (précautions de manipulation) pour les marquages suivants.

1.3) Mode opératoire

Les marquages dans les six établissements concernés ont été étalés chaque année (2002, 2003 et 2004) sur la période février avril à des températures allant de 2 à 10°C selon les lots ou les piscicultures. Ils ont été réalisés dans des auges d'incubation d'un volume d'eau 100 à 300 litres d'eau.

- Dans un premier temps, la poudre pré-dosée en laboratoire, contenu dans le flacon, est diluée dans un volume d'eau brute de 10 litres afin de préparer la solution colorante.
- Le volume d'eau contenant les alevins à traiter est ajusté, l'alimentation en eau est coupée et le système de vidange est totalement étanchéifié.
- Un système d'oxygénation simple de l'eau est mis en place pour éviter les risques d'asphyxie. Un système de circulation d'eau en circuit fermé à l'aide d'une pompe peut également être installé pour assurer une répartition optimale de la solution colorante pendant toute la durée de la balnéation.
- La solution colorante est ensuite introduite progressivement et brassée pour permettre une répartition homogène du colorant.
- Après 3 heures de balnéation, la circulation normale de l'eau est progressivement rétablie ce qui permet d'évacuer lentement le colorant et de diluer son rejet et de retrouver une eau claire.

Dans le cas d'une résorption en clayettes, il est aussi possible de réserver une auge ou un bassin spécifiquement pour le marquage. Cette solution permet par le simple déplacement des clayettes de marquer plusieurs lots consécutivement.

Figure 1 : Illustration photographique du mode opératoire du marquage





Bac de marquage



Introduction des alevins en clayette dans le bac de marquage

Dans le cas de résorption directement dans les auges en ciment :



Bac contenant les alevins



Introduction progressive du colorant dans l'auge

1.4) Essais de multi-marquages

En complément du marquage à grande échelle, des essais de marquages multiples à différentes périodes au cours de la phase de résorption de la vésicule vitelline et d'élevage des individus ont été réalisés afin de tester la possibilité de distinguer plusieurs lots.

En 2005 et 2006 les tests ont conduit à constituer les lots expérimentaux suivants :

- A- 1 seul marquage réalisé en début de période de résorption à 10°C-jour après l'éclosion des œufs.
- B- 1 seul marquage réalisé en fin de période de résorption à 220°C-jour après l'éclosion.
- C- 2 marquages rapprochés réalisés l'un en début et l'autre en fin de période de résorption respectivement à 10°C-jour et 220°C-jour après l'éclosion.
- D- 3 marquages dont deux réalisés en début et en fin de période de résorption comme décrit en C plus un marquage réalisé au stade d'alevins nourris.

Après marquage, l'élevage des lots a été poursuivi jusqu'au stade jeune truitelle (4-5 cm) et des échantillons (lots témoins) ont été examinés par deux observateurs différents afin de s'assurer de la fiabilité de lecture des marques obtenues.

2) Données de repeuplement

L'approche mise en place avait pour objectif d'entreprendre, sur un vaste réseau hydrographique, une évaluation de l'efficacité des repeuplements tels que pratiqués par les gestionnaires de la pêche au cours des années 2002, 2003 et 2004. Leurs pratiques habituelles n'ont donc pas été modifiées pour l'étude mais elles ont été précisément décrites et caractérisées. Les repeuplements sur ce territoire ont été réalisés par trois grandes associations de pêches (AAPPMA). Chaque AAPPMA se fournit librement en œufs de truite soit auprès d'un autre pisciculteur (privé ou associatif) soit en réalisant sa propre production à partir d'un stock de géniteurs captifs. L'incubation des œufs et/ou le grossissement des alevins jusqu'au stade introduit ont eu lieu dans cinq piscicultures différentes appartenant à ces associations.

Les données quantitatives concernant les pratiques de repeuplement ont été recueillies dans les programmes d'alevinage réalisés par les gardes professionnels des AAPPMA selon un modèle type. Chaque tronçon de rivière concerné par une introduction de truites a été répertorié sur le programme d'alevinage. Pour chaque tronçon, sont notées les limites amont et aval ainsi que la longueur totale et la largeur moyenne.

Enfin, le programme d'alevinage renseigne sur la quantité de poissons alevinés, l'origine des poissons utilisés, le stade de déversement ainsi que la date d'alevinage.

Les données de repeuplement sur les rivières étudiées au cours de cette étude sont synthétisées dans le tableau 1 suivant :

Tableau 1 : Données générales de repeuplements sur les bassins versants échantillonnés dans le cadre de l'étude

Année d'étude	Site	Stade	Origine	Linéaire aleviné	Quantité	Nb/ml
2002	Borne	4-6 cm	Chauvey	37,9 km	82 400	2,2
	Giffre	Alevins démarres, 4-6 cm	Vizille, Chazey Bons Domestique	54,9 km	350 000	6,4
	Fillière	4-6 cm	Chauvey	41,4 km	43 000	1,0
	Foron du Reposoir	4-6 cm	Chazey Bons Rhodanienne	9,2 km	35 000	3,8
	Foron de Fillinges	Alevins vesicules, alevins démarres	Chazey Bons Rhodanienne, Chazey Bons Domestique, Méd. Pont de Gys	15,6 km	42 000	2,7
2003	Usses	4-6 cm	Chauvey	123,3 km	97 300	0,8
	Ugine	Alevins démarres	Méd. Pont de Gys	10,6 km	10 850	1,0
	Menoge	Alevins vesicules	Chazey Bons Rhodanienne, Chazey Bons Domestique	57,8 km	132 600	2,3
	Viaison	Alevins démarres	Méd. Pont de Gys	9,5 km	12 000	1,3
2004	La Chaise	4-6 cm	Chazey Bons Domestique, Baulat	32,7 km	12500	0,4
	Foron de Reignier	Alevins démarres	Méd. Pont de Gys	14,6 km	20500	1,4
	Bon Nant	Alevins vesicules, 4-6 cm	Lozère	16 km	63000	3,9
	Foron de la Roche	Alevins démarres	Chazey Bons Domestique	10,8 km	45000	4,2

3) Echantillonnages en milieu naturel

La phase d'échantillonnage dans les populations en milieu naturel a du être adaptée à l'importante échelle spatiale de travail. En effet, il n'était pas envisageable de suivre la contribution des poissons marqués dans la population en place aux différentes classes d'âge sur l'ensemble du réseau hydrographique concerné.

Deux types d'échantillonnages ont été réalisés, un dans les populations en place à l'automne et l'autre dans les captures par pêche à la ligne.

3.1) Echantillonnages dans les populations en place

A l'automne des trois années (2002, 2003 et 2004), des prélèvements de truites ont été pratiqués par pêches électriques de sondage sur des secteurs de rivières concernés par les pratiques de repeuplement. Afin d'obtenir un échantillonnage représentatif de la population en place sans mettre cette dernière en péril, chaque secteur étudié a été prospecté sur un linéaire de plusieurs centaines de mètres et des échantillons de truites ont été sacrifiés (par excès d'anesthésiant) au hasard dans des gammes de tailles susceptibles de contenir les différentes cohortes recherchées. Les individus sacrifiés ont été conservés au congélateur.

Trois investigations complémentaires ont été menées à savoir :

- **une étude globale au stade 0+** des contributions respectives du repeuplement et du recrutement naturel sur le réseau hydrographique concerné par le repeuplement. Pour ce faire, durant les trois années du suivi, un total de 5187 truites 0+ répartis en 115 échantillonnages différents ont été récoltés sur 13 bassins versants différents.
- Sur dix secteurs, **une étude de l'évolution des taux de marqués présents aux différents âges 0+, 1+, 2+**. Ces dix secteurs, choisis parmi ceux ayant montré lors des échantillonnages de 2002 et 2003 des taux d'individus marqués au stade 0+ compris entre 70 et 100% et sur lesquels les pratiques de repeuplements non pas été modifiées par les gestionnaires au cours des trois années étudiés, ont été de nouveau échantillonnés en 2004. L'objectif était d'estimer, pour les cas où les taux d'individus marqués au stade 0+ étaient considérés comme très élevés, l'évolution de la contribution aux classes d'âge ultérieures 1+ et 2+.
- Sur deux secteurs, **une étude de la variabilité inter-annuelle du taux de marqués au stade 0+**. Pour ce faire, des échantillonnages ont été réalisés pendant les trois années consécutives 2002, 2003 et 2004 sur deux secteurs, déjà suivi dans le cadre d'une autre étude (Caudron, Champigneulle & Guyomard 2006 ; cf annexe 3) au stade 0+ en 2000, et qui n'ont subi aucune modification des pratiques de repeuplement.

3.2) Echantillonnages dans les captures par pêche à la ligne

A partir de 2004 et durant trois années consécutives soit jusqu'en 2006, l'effort d'échantillonnage a été poursuivi au stade adulte afin de connaître la contribution réelle des poissons repeuplés directement dans les captures des pêcheurs.

Des carnets de pêche ont été distribués à des pêcheurs volontaires qui ont accepté de récolter des données sur leurs captures (date, lieu, mode de pêche, sexe, maturité sexuelle) et de faire des prélèvements à domicile (écailles et tête, cette dernière étant coupée juste en arrière des pectorales et conservée au congélateur). A la fin de chaque saison de pêche, les prélèvements effectués ont été récupérés et traités en laboratoire à la fédération de pêche et à l'INRA.

4) Récolte et analyses des données en laboratoire

4.1) Caractéristiques morphologiques et morphométriques

Après décongélation tous les individus échantillonnés ont été mesurés (longueur totale en mm, Lt), et pesés (précision 0,1 g). Des prélèvements d'écailles ont été réalisés pour déterminer l'âge de chaque individu et sélectionner ainsi les individus faisant partie des cohortes susceptibles d'être marquées.

Le coefficient de condition (K) de chaque individu a ensuite été calculé selon les recommandations de Bolger et Connolly (1989) en utilisant la formule $K = (W \times 100) / Lt^3$ où W est le poids en grammes et Lt la longueur totale en mm.

La longueur maximale de la nageoire pectorale gauche (Lp) de chaque poisson a été mesurée à l'aide d'un pied à coulisse (précision 0,1 mm). Pour permettre la comparaison entre poisson, la longueur relative (LpR) de cette nageoire a été calculée (en %) en divisant Lp par Lt (Bosakowski et Wagner 1994).

La truite a ensuite été disséquée pour déterminer le sexe et l'état de maturité sexuelle.

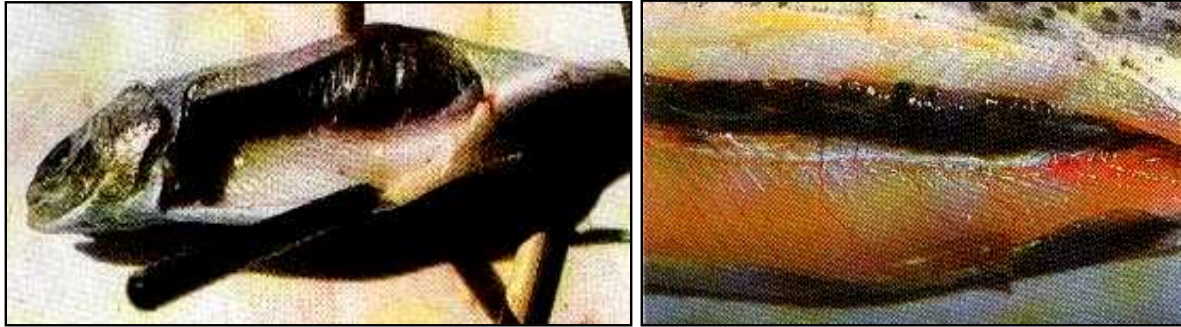
L'adipeuse a également été prélevée et conservée dans de l'alcool absolu en tube « Eppendorf » de 1,5 ml pour d'éventuelles analyses génétiques ultérieures.

4.2) Observations cliniques

La présence de deux paramètres simples permettant d'apprécier deux composantes de l'état sanitaire des individus a été recherchée par observation visuelle :

- des hémorragies à la base des nageoires et/ou au niveau de l'orifice uro-génital symptômes de pathologie bactérienne (Morand, com. pers.).
- des symptômes de PKD (Proliférative Kidney Disease) caractérisés par la présence de rein enflé et gaufré et/ou de granulômes dans le foie (Clifton-Hadley *et al.* 1987).

Figure 3 : Illustration photographique des symptômes visuels de la PKD (reins gonflés et présence de nodules)



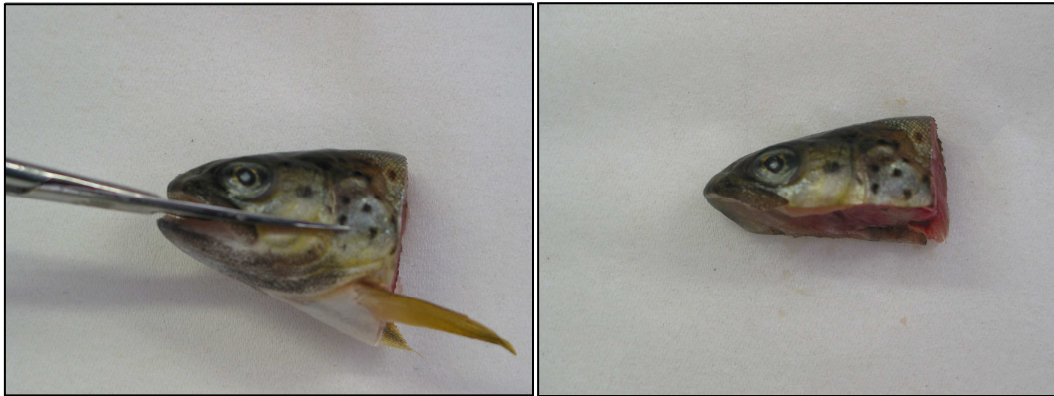
4.3) Extraction et lecture des otolithes

Les différentes phases de l'extraction et de l'analyse des otolithes sont :

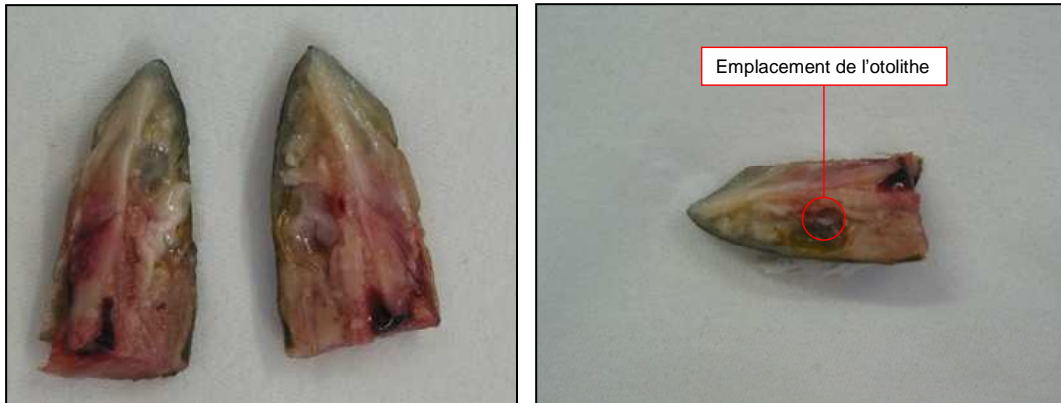
- Découpe et enlèvement avec des ciseaux de la moitié inférieure de la tête au préalable partiellement décongelée.
- Découpage en deux (plan sagittal) de la moitié supérieure de la tête en faisant entrer la pointe inférieure du ciseau dans le passage de la moelle épinière (canal rachidien). Ce mode de découpe sépare et sectionne les capsules olfactives contenant les *sagittae* qui, après que le cerveau a été enlevé, sont alors directement accessibles avec des pinces fines dans chaque demi-section de la partie supérieure de la tête.
- Extraction des *sagittae* à l'aide de pinces fines. Après avoir enlevé les matières organiques résiduelles sur un papier absorbant, les otolithes sont placés dans un tube Eppendorf et stockés à l'abri de la lumière.
- Collage de chaque otolithe (face convexe vers l'extérieur) sur une lame de verre mince à l'aide d'une thermocolle (colle Crystalbonb Arempco n° 509) chauffée à 120 °C. Durant cette étape, il est important d'enlever les bulles d'air existantes, celles-ci pouvant émettre une fluorescence parasite.
- Polissage des otolithes sur des plaques de papiers abrasifs de granulométrie différente (Escil PSA G 400, G 800 et G 1200). L'évolution du polissage est suivi par plusieurs contrôles sous microscope afin d'atteindre, et de ne pas dépasser, le centre de l'otolithe.
- Lecture de l'otolithe sous un microscope équipé pour l'épifluorescence car l'ARS est détectable par la fluorescence qu'il émet lorsqu'il est irradié en lumière ultraviolette. La lecture est faite le jour même du polissage car la lisibilité de la marque diminue avec le temps impliquant alors la nécessité d'un léger repolissage.

Lorsque l'otolithe a été marqué, celui-ci montre un anneau ou un noyau (selon la précocité du marquage et/ou positionnement du plan de polissage par rapport au nucléus) apparaissant au microscope rouge fluorescent (jeu de filtres Zeiss n°15 : BP 546/12, FT 580, LP 590).

Figure 4 : Illustration photographique des phases d'extraction et de lecture des otolithes



Enlèvement de la moitié inférieure de la tête à l'aide de ciseaux

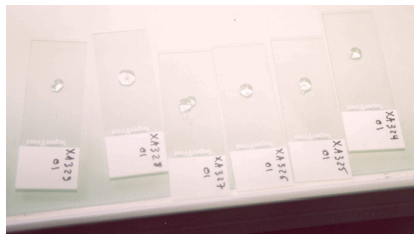


Tête après dissection

Localisation de l'otolithe



Extraction de l'otolithe



Otolithes collés sur lame mince

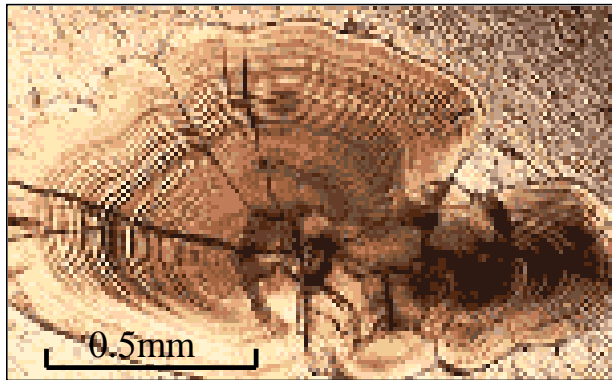


Ponçage de l'otolithe

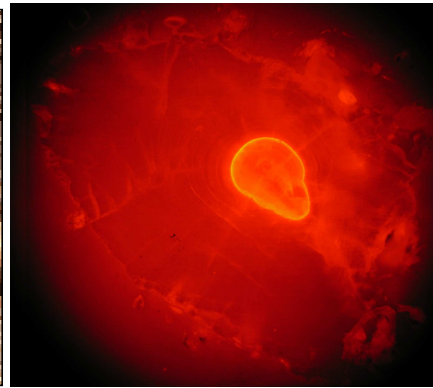


Observation de la lame mince au microscope





Vue au microscope d'un otolithe poncé



Otolithe marqué (anneau rouge fluo)

5) Analyses statistiques

La contribution des individus marqués a été traduite en pourcentage. Les intervalles de confiance à 95% de ces taux de marqués ont été calculés à partir des tables de Beyer (1986). Les contributions respectives des poissons marqués et non marqués ont été comparées à l'aide du test χ^2 lorsque les échantillons étaient suffisamment grands et du test exact de Fisher (Sprent 1992) pour les petits échantillons.

L'ensemble des résultats obtenus a été intégré dans un système d'information géographique sous le logiciel Mapinfo 7.0 pour faciliter le traitement spatial des données.

La comparaison des caractéristiques morphologiques entre poissons marqués et non marqués a été réalisée à l'aide du test t de Student sur les stations présentant des effectifs suffisants.

Partie II : RESULTATS DISCUTES

1) Technique de marquage des otolithes de truites à l'Alizarine RedS

1.1) Fiabilité et faisabilité de la technique de marquage en masse

Les observations faites dans toutes les piscicultures concernées par le marquage ont montré que la mortalité post-marquage est restée inférieure à 5 pour mille et non différente de la mortalité observée sur des lots comparables non marqués. Du fait qu'il y a eu trois années de pratique dans 6 piscicultures différentes et sur plusieurs millions d'alevins sans que l'on observe de surmortalité en pisciculture, on peut raisonnablement considérer, que la méthode de marquage à l'ARS telle qu'elle a été réalisée, ne provoque pas ou très peu de mortalités post-marquage chez les alevins vésiculés de truite.

Les résultats de double-lecture obtenus sur 522 poissons répartis en 11 lots témoins gardés sont entièrement concordants, quelle que soit la classe d'âge, entre les deux observateurs.

De même, aucun désaccord de lecture entre les deux observateurs n'a été relevé sur les échantillons de juvéniles 0+ prélevés au hasard sur des rivières repeuplées.

Ces observations confirment la bonne qualité et lisibilité des marques faites à l'ARS selon la technique décrite et garantissent ainsi la fiabilité de celle-ci.

La marque est pérenne puisque 100% des individus marqués au stade alevin vésiculé montrent encore une marque nettement lisible aux stades 3+ et 4+.

L'ensemble de ces résultats indique que la technique de marquage en masse utilisée est performante et particulièrement adaptée aux suivis spatio-temporels du repeuplement. Elle permet de marquer 100% des individus de façon pérenne avec une qualité de marque obtenue permettant son identification sans ambiguïté.

Plusieurs études réalisées sur d'autres espèces font également état d'une bonne pérennité du marquage à l'alizarine. Nagiec *et al.* (1995) observent une pérennité du marquage allant jusqu'à 718 jours pour des ombres communs (*Thymallus thymallus*) marqués au stade de larves de 14-15 mm dans un bain de 3-4 heures dans une solution de 70 mg d'ARS/L. Champigneulle et Cachera (données non publiées), pour un lot de corégone (*Coregonus lavaretus*) marqué à un stade très précoce (stade œuf juste avant l'éclosion) par un bain de 3 heures dans une solution d'ARS à 200 mg/L ont obtenu un taux final de marqués à 3 ans de 100%. De même Eckmann *et al.*, 1998 signalent une bonne qualité et une bonne pérennité (jusqu'à 620 jours) du marquage de larves de corégone (*Coregonus albula*) en balnéation de 3 heures dans une solution à 100 mg ARS/L.

La méthode de marquage en masse d'alevins vésiculés de truite commune à l'alizarine redS décrite ici apparaît performante et fiable et semble particulièrement bien adaptée aux objectifs d'études à grande échelle visant à suivre des individus introduits en masse en milieu naturel.

Tout d'abord le fait que le mode opératoire proposé se révèle facile d'emploi et surtout aisément transmissible après une formation simple, permet d'entreprendre des marquages par différents opérateurs dans différentes structures sans mettre en doute la réussite de chaque opération. La concentration de 100 mg/L et la durée de balnéation de 3 heures sont un bon compromis. La concentration utilisée est suffisamment forte pour permettre un marquage en trois heures tout en évitant des mortalités au marquage notées par certains auteurs à des concentrations d'ARS plus élevées (Blom *et al.*, 1994 ; Beckman et Schulz, 1996 ; Eckmann *et al.*, 1998). Blom *et al.* (1994) ont marqué avec succès (100 % de marqués et faible mortalité) des larves de morue (*Gadus morhua*) par une balnéation de 24 heures dans une solution d'ARS à 100 mg/L, mais des concentrations supérieures (200 et 400 mg/L) avec la même durée ont provoqué d'importantes mortalités. Beckman et Schulz (1996) obtiennent un marquage fiable (100 % de marqués, mortalité faible, persistance minimale de 160 jours) sur des larves de meunier noir (*Catostomus commersoni*) par une balnéation de 12 ou 24 h dans une solution d'ARS de 200-300 mg/L mais une mortalité significative a été observée à partir de 400 mg/L. Pour des larves de corégone (*Coregonus albula*), Eckmann *et al.* (1998) ont obtenu des mortalités faibles à 100 mg ARS/L pendant 3 heures et des mortalités plus fortes (10-100 %) à 150-300 mg ARS/L.

La concentration de 100 mg/L reste suffisamment faible pour ne pas nécessiter un ajustement du PH. La durée de 3 heures de balnéation est compatible avec l'organisation du travail en pisciculture et permet de mener et de surveiller 2 à 3 séries de marquages par jour.

Les techniques alternatives de balnéation avec choc osmotique (CHTC : Alcobendas *et al.*, 1991 et calcéine : Molher, 2003) ont l'avantage d'être très courtes mais elles nécessitent une plus

étroite surveillance du comportement des alevins vésiculés. La baignade à la tétracycline avec choc osmotique a cependant été utilisée avec succès dans plusieurs suivis écologiques de populations d'anguille (Alcobendas *et al.*, 1991 ; Meunier, 1994) ou d'évaluation de repeuplements en truite (Caudron et Champigneulle, 2002 ; Champigneulle *et al.*, 2002). Cette dernière technique, bien que permettant un marquage à 100 % et durable, a cependant l'inconvénient de provoquer sur des alevins vésiculés de truite des mortalités post-marquage pouvant atteindre 10 à 15% (Champigneulle, données non publiées). Ces taux de mortalité sont difficilement acceptables dans le cas d'opérations de marquage de plusieurs millions d'individus car ils peuvent se traduire par la mort de plusieurs centaines de milliers de poissons. De plus, l'usage de ce colorant antibiotique pouvant générer de fortes résistances bactériennes, a été fortement réglementé ces dernières années (Panfili *et al.*, 2002).

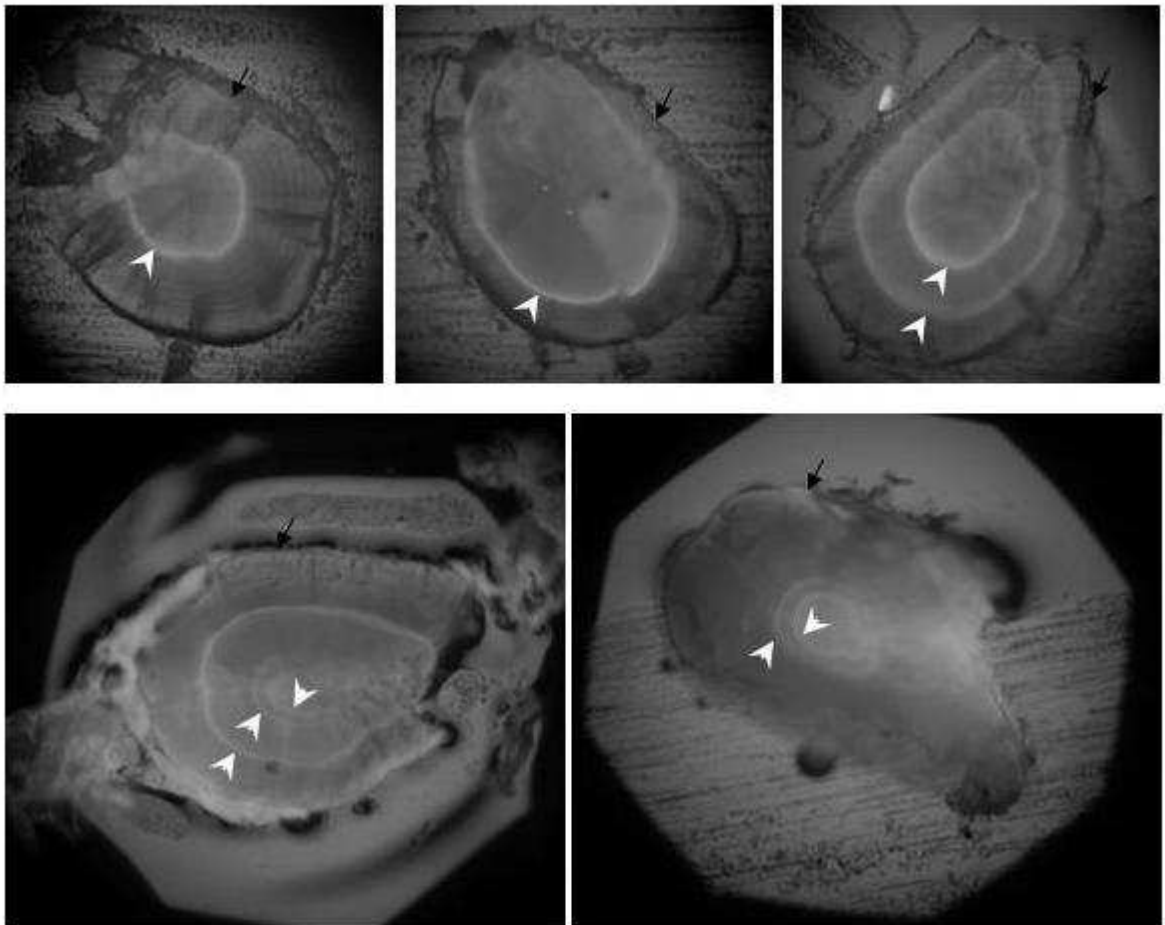
L'alizarine complexone a déjà été employée avec succès à grande échelle (Tsukamoto *et al.*, 1989 a et b) chez plusieurs espèces. L'intérêt de l'utilisation de l'ARS est de fournir des résultats comparables à ceux obtenus avec l'alizarine complexone mais avec un coût significativement moindre (Blom *et al.*, 1994 ; Beckman et Schulz, 1996) ce qui est important pour ces opérations de marquage de grande envergure, comme c'est le cas de la présente étude.

1.2) Essai de multimarquage

Quelle que soit l'époque du marquage, en début, fin de résorption et/ou jeune alevin (3-4 cm), le taux d'individus marqués est de 100%.

Les différents tests de marquage réalisés permettent de distinguer aisément 3 lots différents. La figure 5 illustre les différents types de marquages obtenus.

Figure 5 : Vue microscopique (objectif X10) des simple, double et triple marquages obtenus sur les otolithes de truites par baignade dans un bain d'alizarine Red S.



Les marques laissées par l'ARS à chaque balnéation apparaissent suffisamment fines et visibles (présence de un, deux ou trois anneaux distincts) pour être repérées sans ambiguïté par les observateurs sous microscopie à épifluorescence. Une observation directe en microscopie à épifluorescence permet de repérer aisément les simples, doubles et triples marques permettant de distinguer déjà trois lots différents. Ce type de marque multiple, déjà obtenu au stade alevin vésiculé chez les salmonidés (Tsukamoto *et al.*, 1989a) avec d'autres marqueurs (tétracycline et alizarine complexe), s'avère donc également possible avec l'ARS.

Par contre, la distinction entre les deux simples marquages (A et B) réalisés en début et en fin de période de résorption, n'apparaît pas immédiate par simple observation microscopique directe. Au moment des opérations de marquage, la taille des otolithes des individus du lot A et celle des individus du lot B est sensiblement différente puisque les deux balnéations ont été réalisées à 210°C-jours d'intervalle. Cette différence se traduit en microscopie à épifluorescence par une marque en anneau plus ou moins éloignée du nucleus selon la période du marquage. Cependant, cette différence de taille des anneaux de marquage entre les lots A et B n'est pas suffisamment directement perceptible sous microscope pour permettre de les distinguer sans effectuer des mesures supplémentaires. Dans ce cas, il serait nécessaire d'envisager une étape supplémentaire de prises de micro-mesures sur écran afin de caractériser la position des marques par rapport au nucleus. A notre connaissance, de tels travaux n'ont pas encore été publiés et des investigations complémentaires seraient donc à entreprendre pour permettre de distinguer sans erreur les lots marqués en début et en fin de résorption.

Dans le cas d'espèces à longue période de résorption (comme les espèces de salmonidés à gros œufs) ces variantes dans les techniques de marquage des otolithes à l'ARS permettent de différencier dès les stades précoces plusieurs groupes élargissant encore le champ d'application du fluoromarquage à l'ARS.

1.3) Limites

La principale limite des diverses techniques de fluoromarquage des otolithes est la nécessité de devoir sacrifier le poisson pour rechercher la présence éventuelle d'une marque. La méthode est donc mieux adaptée aux études portant sur les pêcheries (poissons pêchés et prélevés par les pêcheurs) que sur la fraction non exploitée des populations. Des études récentes utilisant la calcéine en balnéation suggèrent des résultats prometteurs. En effet, elles présentent l'avantage de permettre la détection du marquage sur des poissons vivants. Ainsi, Mohler (1997), après une balnéation de 48 heures d'alevins vésiculés (60 jours après éclosion) de saumon atlantique dans une solution de 150 et 250 mg/L de calcéine, obtient des taux d'individus marqués à 234 jours post-immersion de respectivement 93 et 97%. L'auteur signale que les marques obtenues avec un bain à 250 mg/L sont plus facilement visibles mais le taux de mortalité est cependant plus élevé (18%). Depuis, Mohler (2003) a montré également la possibilité de marquer des alevins vésiculés de saumon atlantique par 2 balnéations successives : une première balnéation de 3,5 mn dans une solution salée à 5% de NaCl suivie d'un rapide bain de rinçage avant de pratiquer une deuxième balnéation de 3,5 mn dans une solution à 1% de calcéine. 47 jours après le marquage, l'utilisation d'un détecteur de calcéine permettait de repérer de façon non létale la présence d'une marque visible sur les rayons de nageoires. Récemment, Stubbing et Moss (2007) ont montré la possibilité de réaliser ces marquages sur la truite commune. Cependant, ces techniques de marquage utilisant la calcéine ainsi que les méthodes de lecture non létales sont encore insuffisamment validées pour envisager leur utilisation dans le cadre de suivis à grande échelle et à long terme. La pérennité à long terme des marques sur les structures externes (écailles, rayons) n'est pas encore démontrée dans le cas de la calcéine. Par ailleurs, l'utilisation de la calcéine, marqueur se fixant dans les écailles et rayons de nageoires, reste à être autorisée pour des poissons de consommation (Mohler, 2003).

Le deuxième principal inconvénient de la technique de fluoromarquage des otolithes est que le repérage de la marque n'est pas immédiat et qu'il nécessite un travail relativement important en laboratoire (dissection du poisson et préparation de l'otolithe) ainsi que l'utilisation d'un microscope à épifluorescence.

Enfin, encore peu d'études ont comparé le comportement, la croissance et la survie entre individus marqués et non marqués aux otolithes après leur relâcher en milieu naturel. Un travail de Meunier et Boivin (1978) a montré qu'il était possible de concilier un bon marquage des tissus osseux de la truite avec l'alizarine sans affecter sa croissance. Une étude de Mohler *et al.* (2002) montre que des alevins de saumon atlantique avec les otolithes marqués à la calcéine, n'étaient pas soumis

d'avantage à la prédation des ombles de fontaine sauvages comparativement à des alevins non marqués.

Comme dans le cas de tout autre fluoromarqueur des otolithes, par précaution, lors de changement de fournisseur d'ARS ou de lot de fabrication, il est recommandé de réaliser un essai préalable à petite échelle pour vérifier l'innocuité du traitement et la qualité de la marque produite.

Les effets toxicologiques et écotoxicologiques restent encore à être davantage et plus largement étudiés, de même que l'existence et la dynamique des éventuels résidus. La fiche de renseignement de l'ARS (réf) indique (rubrique 12) une absence de toxicité de l'ARS et de ses produits de dégradation. Une étude approfondie réalisée en Allemagne a donné son feu vert à la réalisation d'un important programme de marquage des larves de corégone déversées dans le lac de Constance (RUHLE, ECKMANN, comm. personn.).

A retenir

Fiabilité : Les résultats obtenus dans la présente étude ont montré que la technique de marquage des otolithes à l'ARS utilisée à grande échelle est effective à 100% pour la totalité des alevins vésiculés de truite avec une pérennité minimale de 4-5 ans (100 % de marqués). Par ailleurs aucune erreur n'a été constatée lors de la phase de lecture de l'otolithe en microscopie à épifluorescence.

Multimarquage : L'étude a montré la possibilité de distinguer très nettement 3 lots différents par balnéation simple ou multiple pendant la période de résorption et d'élevage des poissons.

2) Un manque d'optimisation des repeuplements pratiqués par les AAPPMA

La description des pratiques de repeuplements des AAPPMA pendant les trois années du marquage (2002, 2003 et 2004) a permis de mettre en évidence l'existence d'une grande variabilité de gestion entre les différents gestionnaires au sein du réseau hydrographique de Haute-Savoie. Cette hétérogénéité des pratiques est visible dans la diversité et la variabilité à la fois des origines de poissons utilisés, des stades de déversement et des quantités introduites. Elle conduit à l'échelle départementale à une certaine incohérence des repeuplements pratiqués au niveau local par chaque AAPPMA.

D'une part, les quantités introduites varient de manière importante entre les AAPPMA indépendamment des linéaires de rivière repeuplée. Les quantités introduites sur le secteur de l'AAPPMA Annecy-rivières reste constante chaque année et sont plus faibles (0,67 individus par mètre linéaire de cours d'eau) que celles introduites sur les secteurs des AAPPMA du Chablais Genevois (entre 1,3 et 1,5 ind/ml) et du Faucigny (3,3 et 4,1 ind/ml). Cette dernière pratique des repeuplements quantitativement plus variables et plus nombreux (Tableau 2).

Les linéaires totaux de rivières soumis à repeuplement représente chaque année près 1000 km soit environ 35% des 2800 km du réseau hydrographique du département considéré comme piscicole.

Tableau 2 : Totaux des linéaires de rivières repeuplés et des quantités de truites introduites par AAPPMA entre 2002, 2003 et 2004 sur l'ensemble du réseau hydrographique de Haute-Savoie.

	Annecy Rivières		Faucigny		Chablais Genevois		Total	
	Linéaire	Quantité	Linéaire	Quantité	Linéaire	Quantité	Linéaire	Quantité
2002	351 km	234 000	255 km	1 060 000	400 km	611 000	1006 km	1 905 000
2003	341 km	230 000	319 km	1 300 000	380 km	568 000	1040 km	2 098 000
2004	360 km	244 000	272 km	900 000	351 km	480 000	983 km	1 624 000

D'autre part, les introductions en rivières peuvent se faire à différents stades : alevin en fin de résorption, alevin démarré de 2-3 cm, truitelle de 4-6 cm, 0+ d'automne ou encore 1+ avec cependant une majorité des déversement aux stades jeunes pré-estivaux (alevins ou truitelles). Une

hétérogénéité départementale est nettement visible pour les trois années du suivi (Figure 6). Cependant une certaine homogénéité des pratiques en ce qui concerne les stades d'introduction peut être observée sur les secteurs gérés par l'AAPPMA d'Annecy-rivières qui utilise uniquement le stade truitelle, et sur ceux du Chablais-Genevois qui utilise chaque année les stades alevin vésiculé et alevin démarré sur les mêmes bassins versants.

Par contre, les pratiques sont beaucoup plus variables sur les rivières gérées par l'AAPPMA du Faucigny. En effet, les stades d'introduction peuvent varier d'une année sur l'autre mais également jusqu'à trois stades différents peuvent être introduits la même année sur une même rivière ou un même bassin.

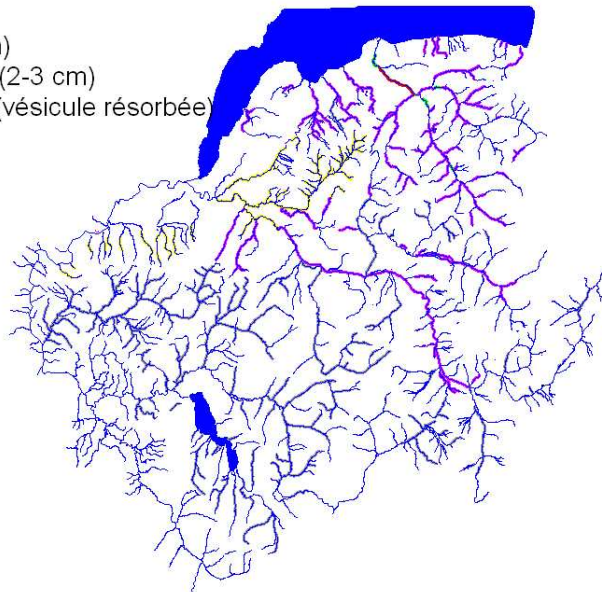
Enfin, les plus importantes variations des pratiques sont observées au niveau des origines des poissons introduits. Au total, ce sont 8 origines différentes qui ont été utilisées sur le réseau hydrographique départemental par les AAPPMA entre 2002 et 2004. L'AAPPMA d'Annecy-rivières est passé d'une seule origine (Chauvey) en 2002 à deux origines (Baulat et Chazey Bons Domestique) en 2004. L'AAPPMA du Chablais Genevois utilise les mêmes origines d'une année sur l'autre. Cependant, sur le bassin de la Menoge, deux origines différentes et incompatibles (Chazey Bons Domestique et Chazey Bons Rhodanienne) sont utilisées. Sur l'AAPPMA du Faucigny, jusqu'à cinq origines différentes sont introduites sur les cours d'eau la même année. De plus, les origines utilisées sur une même rivière peuvent changer complètement d'une année sur l'autre.

Ces incohérences de pratiques qu'elles concernent les quantités, les stades ou les origines peuvent entraîner des variations de leur efficacité et l'implantation de populations viables mais également, avoir des conséquences importantes sur les populations naturelles déjà en place. En outre, sur le plan strict de la gestion des populations et des milieux, ces variations de pratiques ne semblent pas se justifier.

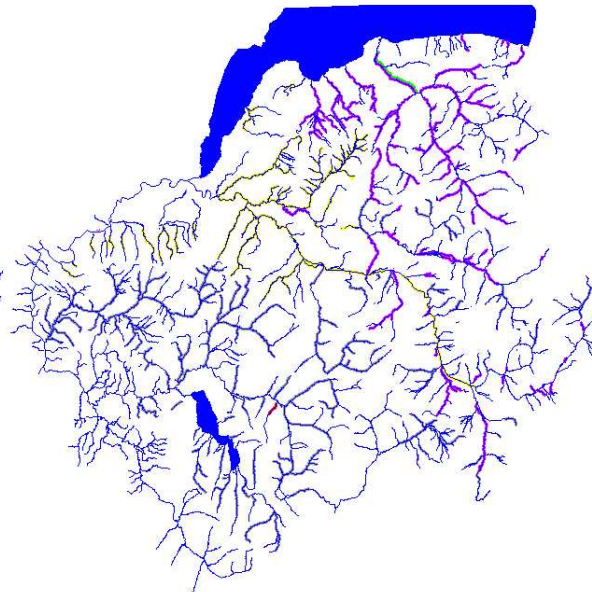
Figure 6 : Spatialisation à l'échelle départementale des données de repeuplements concernant les stades de déversement et les origines des poissons introduits pour les 3 années d'études 2002, 2003 et 2004.

Stade de déversement

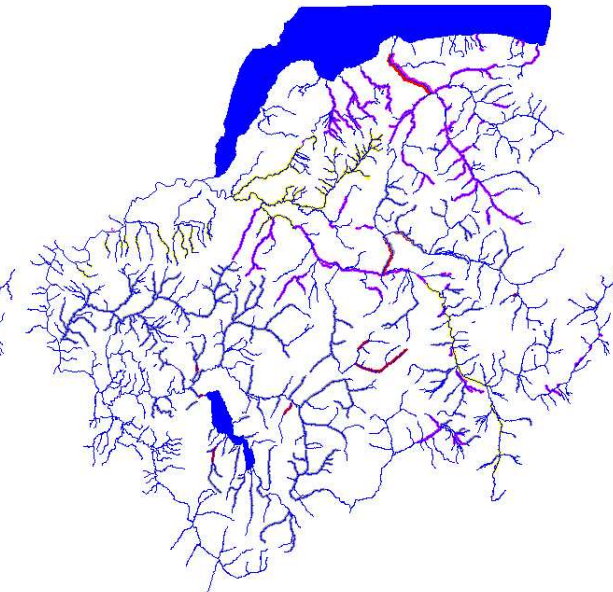
- 0+ automne
- 1+
- Truitelle (4-6 cm)
- Alevin démarré (2-3 cm)
- Alevin vésiculé (vésicule résorbée)



2002



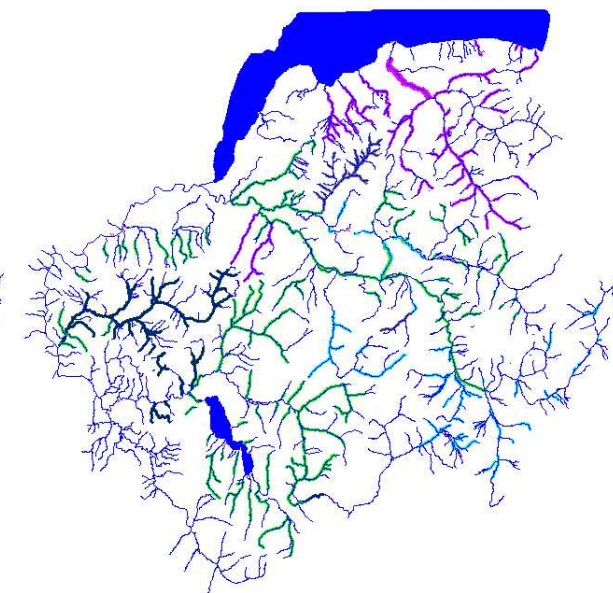
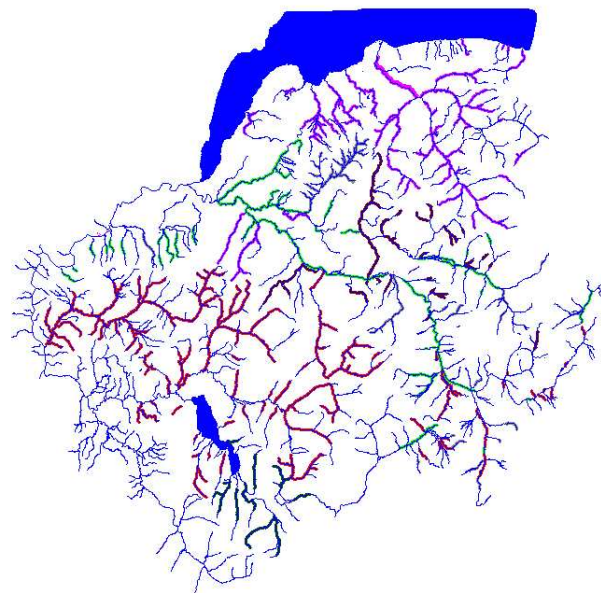
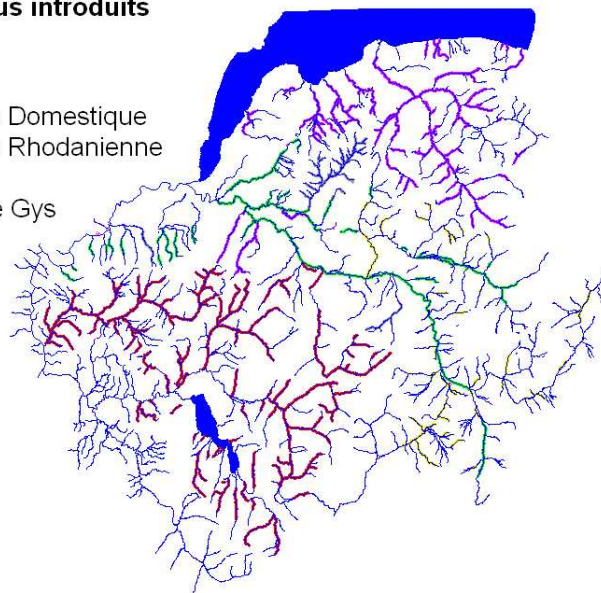
2003



2004

Origine des individus introduits

- Baulat
- Chauvey
- Chazey Bons Domestique
- Chazey Bons Rhodanienne
- Lozère
- Méd. Pont de Gys
- Petit
- Vizille



A retenir

Les pratiques de repeuplements à l'échelle départementale ne sont pas homogènes et de grandes disparités existent entre les 3 AAPPMA pratiquant encore le repeuplement.

Ces différences concernent aussi bien les quantités introduites, les stades de déversement que l'origine des poissons utilisés.

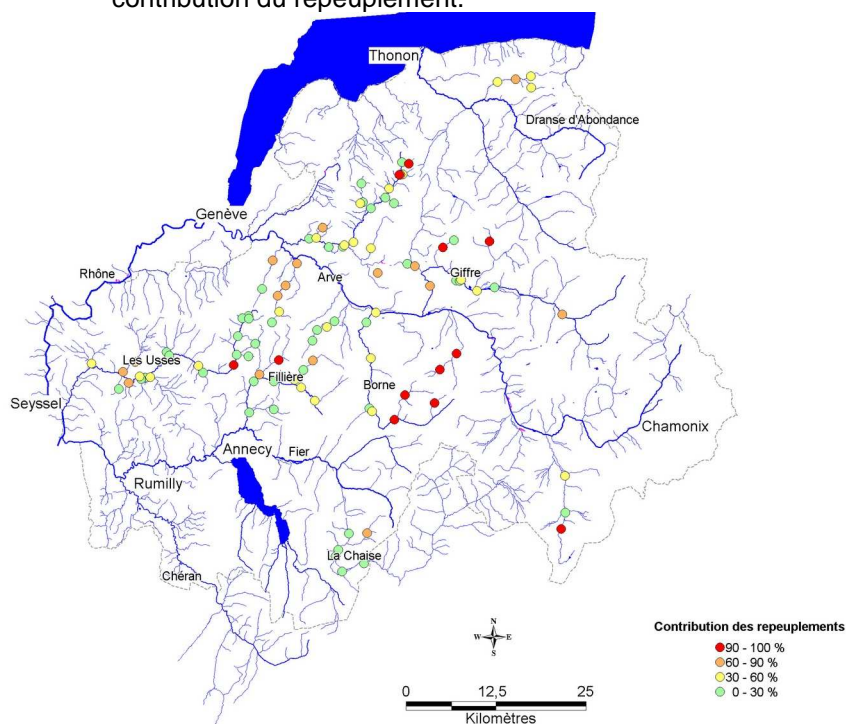
3) Contributions des repeuplements et du recrutement naturel dans les populations en place à l'automne

3.1) Contribution globale au stade 0+ sur l'ensemble des sites étudiés

La répartition des 115 échantillons étudiés au stade 0+ par classes de taux de marqués (Figures 7 et 8.A) montre au sein du vaste réseau hydrographique concerné l'existence d'une grande variabilité, de 0 à 100 %, de la contribution des individus marqués dans la population en place quelques mois après leur introduction dans le milieu naturel. La majorité des secteurs présente des contributions d'individus marqués faibles puisque 21 % des échantillons présentent moins de 10 % de marqués et 50 % des échantillons montrent un taux d'individus marqués inférieur à 30 %. Seulement 20 % des sites présentent un taux de 0+ marqués élevé supérieur à 70%.

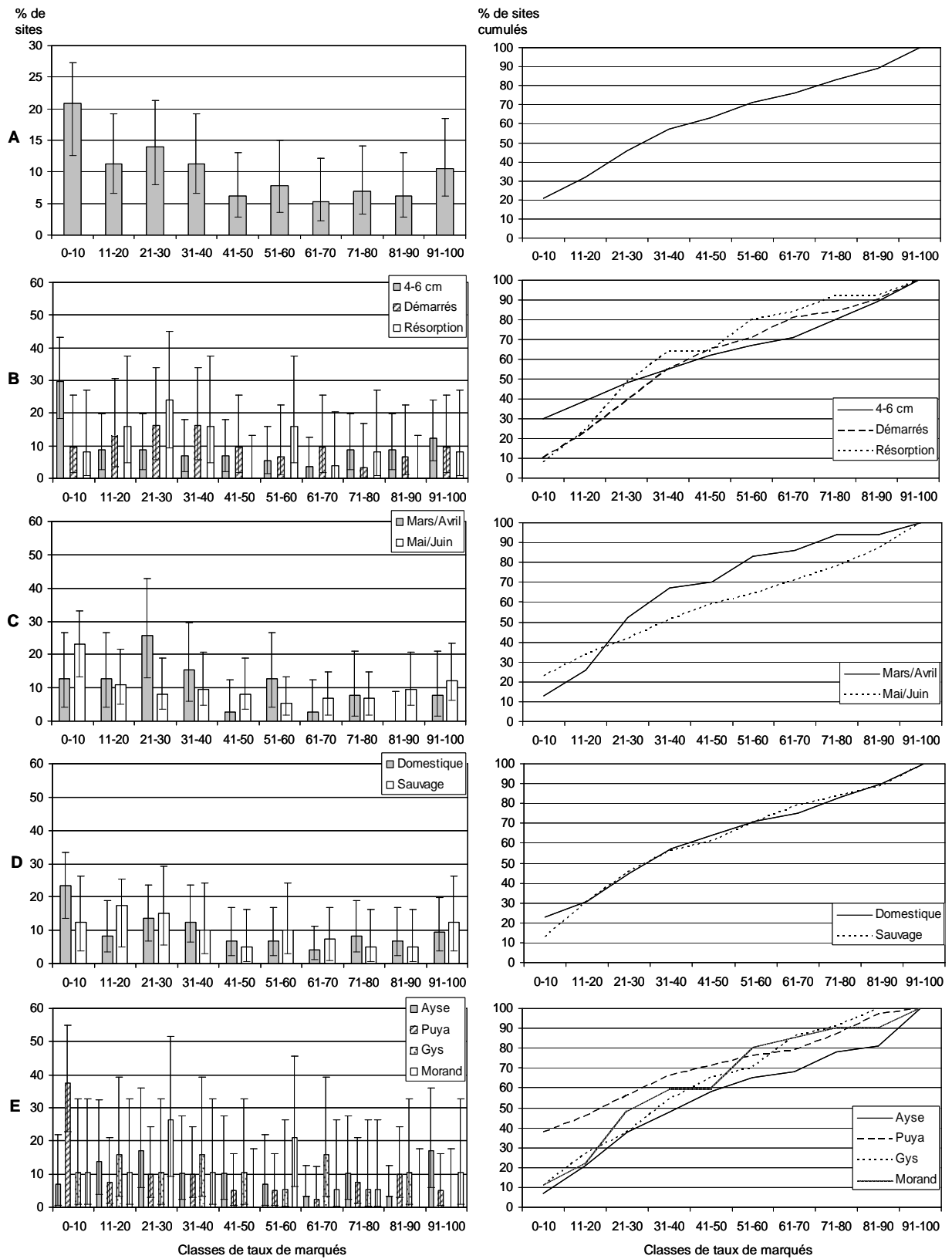
Globalement sur un total de 5187 individus 0+ analysés, 2080 étaient issus du repeuplement soit une contribution moyenne de 40 % sur l'ensemble du réseau hydrographique repeuplé.

Figure 7 : Localisation géographique des 115 secteurs étudiés au stade 0+ entre 2002 et 2004 et contribution du repeuplement.



La répartition des sites étudiés par classes de taux de marqués ne montre pas de différence marquante de la contribution des individus introduits en fonction des stades et de l'époque de déversement, de l'origine de la souche, et de la pisciculture d'élevage (Figure 8). Pour ces quatre paramètres, la contribution du recrutement naturel reste majoritaire avec une médiane (50% des sites étudiés) qui se situe au mieux dans les classes 21-30 % ou 31-40 % de marqués. Le stade alevins démarrés conduit à une contribution légèrement meilleure que les deux autres stades étudiés mais, pour tous les stades, les contributions des individus marqués restent globalement minoritaires par rapport au recrutement naturel.

Figure 8 : Répartition des secteurs échantillés et courbe des pourcentages cumulés par classe de taux de marqués pour le total des sites étudiés (A), selon le stade de déversement (B), l'époque du déversement (C), l'origine des poissons (D) et la pisciculture d'élevage (E).



3.2) Contribution sur les 13 bassins versant étudiés

En ce qui concerne les campagnes d'échantillonnages des années 2002 et 2003, les résultats sont déjà décrits dans les rapports précédents (Caudron *et al.* 2003 et 2004).

Par contre, pour les campagnes 2004, 2005 et 2006, les résultats obtenus sont présentés uniquement dans ce présent rapport.

Tableau 2 : Synthèse des échantillonnages réalisés entre 2002 et 2006

Année d'échantillonnage	Bassin ou rivière	Nb de secteurs	Stade étudié
2002	Borne	8	0+
	Giffre	13	0+
	Fillière	12	0+
	Foron du Reposoir	2	0+
	Foron de Fillinges	3	0+
2003	Usses	35	0+
	Ugine	4	0+
	Menoge	21	0+
	Viaison	2	0+
2004	La Chaise	5	0+
	Foron de Reignier	5	0+
	Bon Nant	3	0+
	Foron de la Roche	4	0+
	Ugine	2	0+
	Borne	2	0+, 1+, 2+
	Giffre	3	0+, 1+, 2+
	Fillière	2	0+, 1+, 2+
	Foron du Reposoir	2	0+, 1+, 2+
Usses	1	0+, 1+, 2+	
2005	Ugine	2	0+
2006	Ugine	2	0+

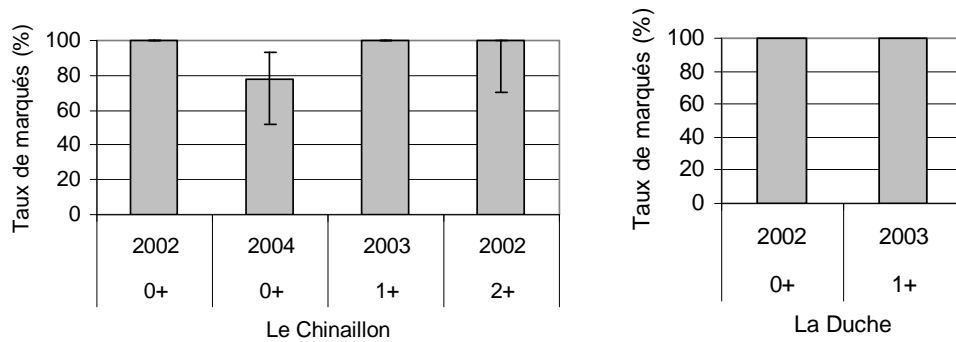
3.2.1) Le Borne

Situation en 2002 :

Sur ce bassin, l'étude a conclu à l'inefficacité des repeuplements tels qu'ils étaient pratiqués (Figure 10). D'une part sur la zone médiane et aval, occupée par une population autochtone, la contribution au stade 0+ des individus introduits restait minoritaire. D'autre part, sur le reste du bassin, la forte contribution des repeuplements au stade 0+ ne permettait pas de maintenir une population stable et pérenne comme l'ont montré les résultats de pêches électriques d'inventaire réalisées dans le cadre d'interreg. En effet, sur la zone amont les biomasses de truites sont très faibles avec des valeurs comprises entre 10 et 20 kg/ha alors que sur la zone où se trouve la population autochtone les biomasses varient autour de 200kg/ha soit 10 à 20 fois plus.

Des prélèvements supplémentaires de truites à différentes classes d'âge ont été réalisés en 2004 sur les deux secteurs amont qui présentaient en 2002 un fort taux de marqués (La Duché et le Chinailon). Ces investigations permettent d'évaluer la contribution des repeuplements à des classes d'âge supérieures au stade 0+ et de mieux cerner l'effet des repeuplements sur l'ensemble de la population en place.

Figure 9 : Contribution des repeuplements à différentes classes d'âge et pour différentes cohortes sur 2 secteurs d'études situés sur les ruisseaux du Chinailon et de la Duché.



Les résultats indiquent que la contribution sur les deux secteurs reste très forte à tous les stades étudiés (Figure 9). Pour la cohorte 2004, contrairement à celle de 2002 et 2003, un recrutement naturel a été observé à hauteur de 20%. Ceci indique que le recrutement naturel est très faible sur ces secteurs sans en connaître précisément les raisons majeures. Plusieurs hypothèses peuvent être faites :

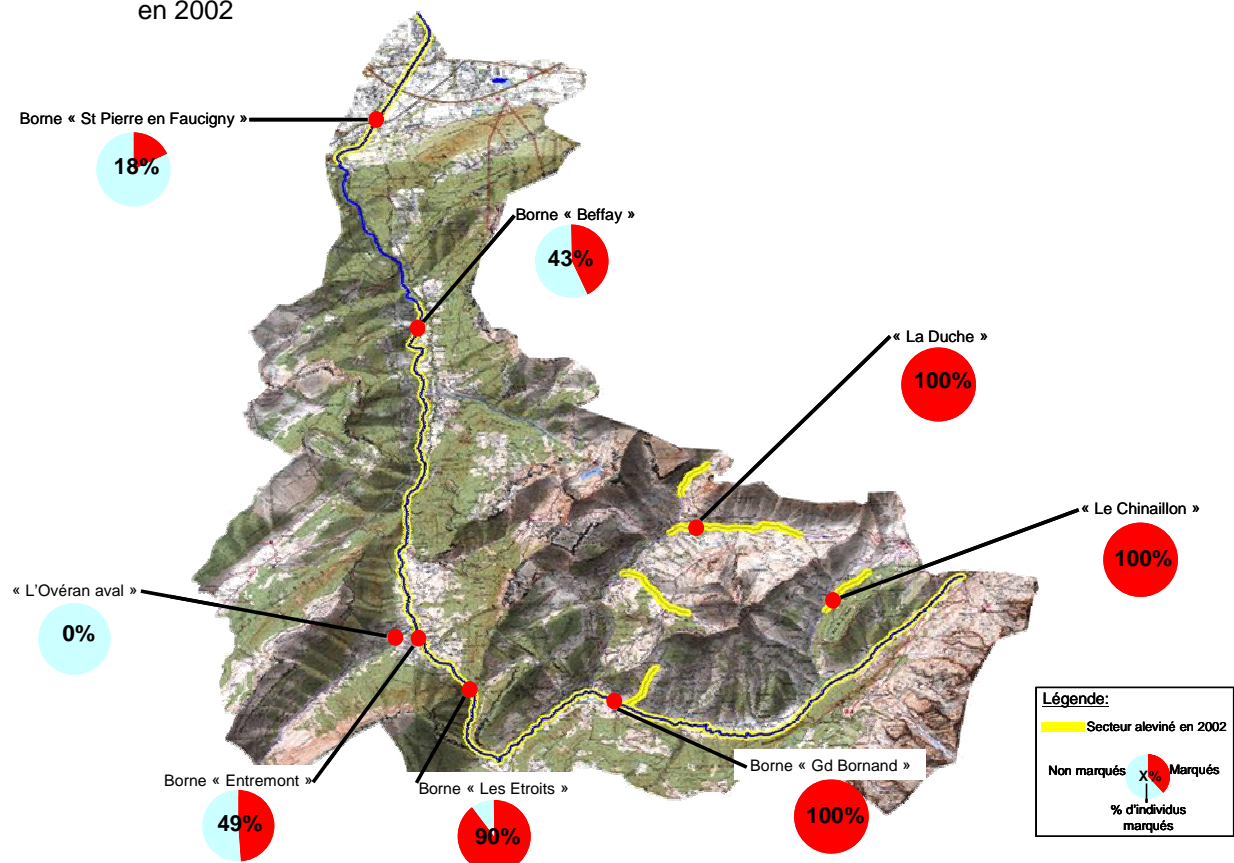
- des conditions naturelles de milieu limitantes. Le suivi thermique annuel réalisé dans le cadre d'interreg sur le bassin du Borne au cours de l'année apporte déjà quelques éléments de réponses (Caudron *et al.* 2006a). En effet, les secteurs présentant une quasi-absence de recrutement naturel sont ceux qui présentent les températures hivernales les plus froides entraînant ainsi une durée de vie sous graviers, correspondant au développement embryon-larvaire, très importante (> à 180 jours). La non implantation d'une population fonctionnelle à partir des repeuplements peut donc être due aux conditions de vie difficile des torrents en zone apicale.

- la souche utilisée serait inadaptée à ces conditions particulières. En effet, il existe d'autres zones apicales dans le département présentant les mêmes caractéristiques thermiques, sur lesquelles des populations de truite autochtones réussissent à boucler leur cycle de vie.

- des pollutions (effluents d'élevage, stations de ski) en zone amont susceptibles d'un impact d'autant plus fort que le débit est plus faible et que les stades embryon-larvaires sensibles ont un long temps de développement en relation avec les faibles températures.

- un faible potentiel de colonisation à partir des zones aval en relation avec de l'obstacle en amont d'Entremont.

Figure 10 : Localisation des stations d'études et des taux de marqués sur le bassin du Borne étudié en 2002



Situation en 2007 :

A la demande de la Fédération, l'AAPPMA et les sociétés de pêche du bassin ont accepté de mettre en place un plan de gestion pour conserver et réhabiliter la population de truite autochtone du Borne. Ainsi, depuis 2005, les repeuplements ont été stoppés. Depuis 3 années, sur le secteur amont, au dessus du seuil d'Entremont, des essais d'implantation d'une population sont en cours de réalisation par transferts d'individus à partir de la zone à dominante autochtone.

Perspectives :

La tentative d'implantation d'une population à l'amont sera évaluée grâce à un suivi par pêche électrique et à la réalisation éventuelle d'analyse génétique de comparaison. Un projet d'aménagement d'un ouvrage de franchissement sur le seuil d'Entremont est en cours afin de rendre accessible aux géniteurs de truite l'ensemble du cours principal sur la zone amont.

3.2.2) Le Giffre

Situation en 2002 :

Sur le Giffre aval, le recrutement naturel était très faible. Seuls une partie du Risse et son affluent le Hisson produisaient un recrutement intéressant. Les repeuplements sur cette zone n'ont pas permis d'installer une population viable et suffisante. La population de truite sur le bas Giffre était déjà en 2002 totalement déséquilibrée et loin du potentiel réel de la rivière.

La zone médiane entre le barrage de Mieussy et Samoëns montrait une contribution majoritaire du recrutement naturel (62 à 89%) par rapport au repeuplement. Ces résultats sont en accord avec le suivi de la reproduction naturelle réalisé par l'AAPPMA du Faucigny et le CSP en 1999 qui avait mis en évidence la présence de nombreuses frayères sur ce secteur.

Sur la zone amont, le taux de marqués variait de 70 à 79%. Sur ce secteur, la population de juvéniles est globalement faible certainement en raison des conditions de vie difficiles sur ce milieu torrentiel très dynamique.

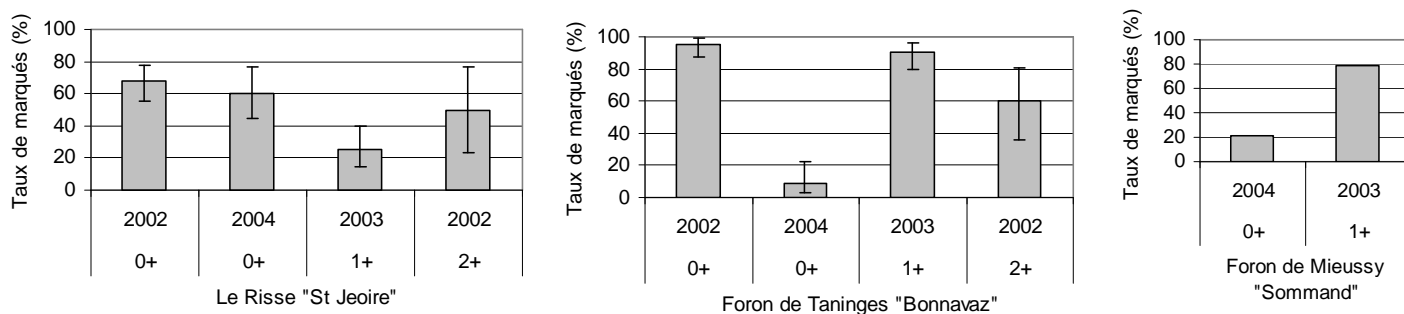
En ce qui concerne les affluents, sur le Risse et le Hisson le recrutement naturel était suffisant et témoignaient de la présence d'une population fonctionnelle. Sur le Foron de Mieussy, la population de truite semblait fonctionnelle sur la zone médiane et aval. Par contre sur la zone amont vers « Andelier », le milieu n'est pas propice à l'installation d'une population en raison d'un assèchement régulier du cours d'eau. Sur la zone apicale vers le plateau de Sommand, aucune reproduction naturelle n'avait été décelée.

Sur l'Étroit Denté, situé en rive droite à l'aval du barrage de Taninges, une population de truite fonctionnelle intéressante avait été mise en évidence.

Enfin, sur la zone amont du Foron de Taninges (Bonnavaz), le taux de marqués au stade 0+ était très important (95%).

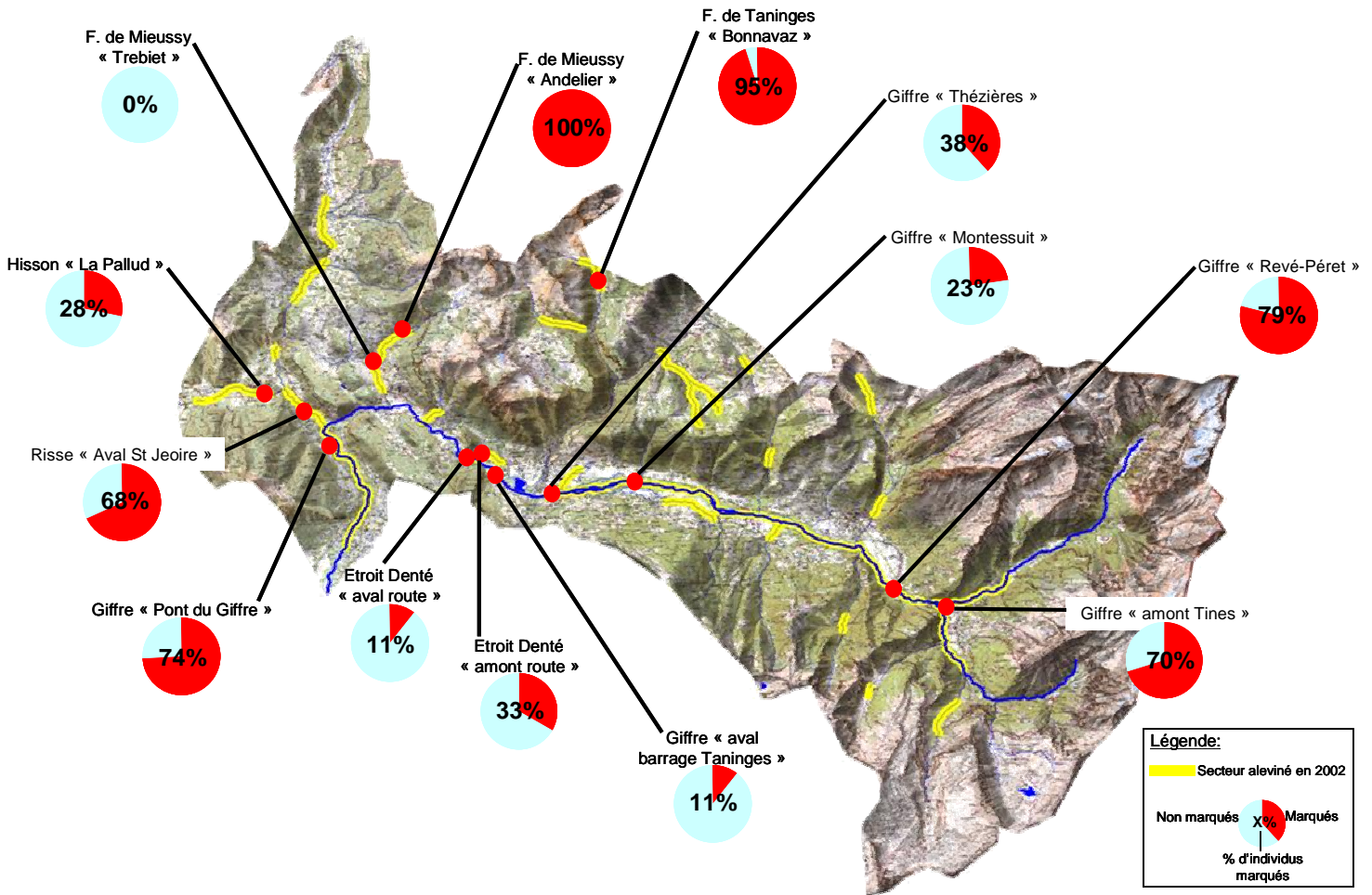
Des prélèvements de truites supplémentaires à différentes classes d'âge ont été réalisés en 2004 sur le Risse à St Jeoire, le Foron de Taninges à Bonnavaz et le Foron de Mieussy à Sommand qui présentaient en 2002 un recrutement naturel très faible. Ces investigations permettent d'évaluer la contribution des repeuplements à des classes d'âge supérieures au stade 0+ et de mieux cerner l'effet des repeuplements sur l'ensemble de la population en place.

Figure 11 : Contribution des repeuplements à différentes classes d'âge et pour différentes cohortes sur 3 secteurs d'études situés sur le Risse, le Foron de Taninges et le Foron de Mieussy



Les fortes contributions des repeuplements observées en 2002 ne se confirment pas systématiquement pour les autres cohortes (2003 et 2004) ou pour les autres classes d'âge de la même cohorte. On observe de fortes variations selon les années montrant que sur ces secteurs un recrutement naturel existe même si sa contribution à la population en place peut varier d'une année à l'autre.

Figure 12 : Localisation des stations d'études et taux de marqués sur le bassin du Giffre étudié en 2002



Situation en 2007 :

La situation n'a pas évolué par rapport à 2002. Les résultats de l'étude piscicole réalisée dans le cadre du contrat de rivière ont permis de compléter le diagnostic en montrant la très faible population de truite présente sur l'ensemble du linéaire. Les quantités de poissons présentes sont bien en deçà des potentialités de la rivière.

Perspectives :

Au vu des résultats passés et actuels, il semble nécessaire sur ce cours d'eau de changer les pratiques de gestion en les ajustant aux capacités et à la qualité du milieu. Sur l'ensemble du linéaire situé à l'aval du barrage de Taninges, la mise en place d'une gestion piscicole doit être conditionnée à un changement du débit réservé de la prise d'eau actuellement au 40^{ème} du module. En effet, la dégradation de l'habitat physique induit par les faibles débits ainsi que les fortes élévations de température sont incompatibles avec les exigences écologiques des salmonidés que ça soit pour la truite commune ou l'ombre commun (Renoy, 2002).

Sur le linéaire du Giffre en amont du barrage de Taninges ainsi que sur les principaux affluents, des essais d'implantation de nouvelles populations de truites à partir d'individus issus de géniteurs méditerranéens peuvent être réalisés en utilisant la souche présente sur le Borne.

3.2.3) La Fillière

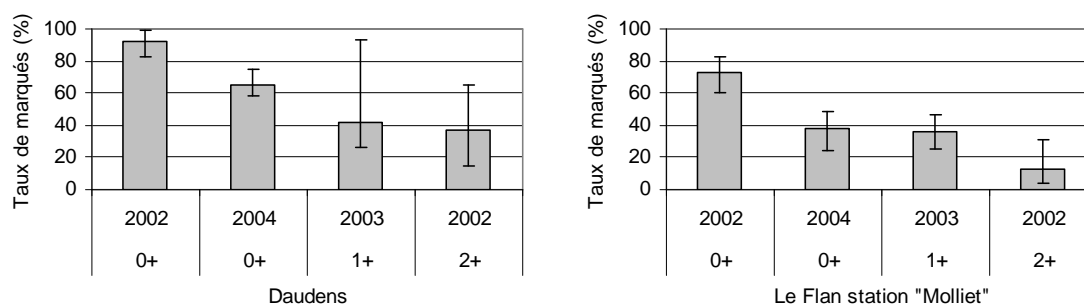
Situation en 2002 :

Sur l'ensemble du cours principal, le recrutement naturel était majoritaire mettant en évidence la présence d'une importante population fonctionnelle. En effet, malgré les repeuplements pratiqués, ce recrutement naturel constituait l'essentiel de la population de truite en place.

Sur les affluents, la situation différait selon leur degré de connexion avec la Fillière. Sur le secteur aval du Flan qui est connecté à la rivière principale, le recrutement naturel restait largement majoritaire. Par contre sur le secteur plus amont ainsi que sur le Daudens qui est déconnecté de la Fillière, la contribution du recrutement naturel au stade juvénile était minoritaire. Enfin, sur le Crenant, une population fonctionnelle de truite a été identifiée jusqu'en zone apicale.

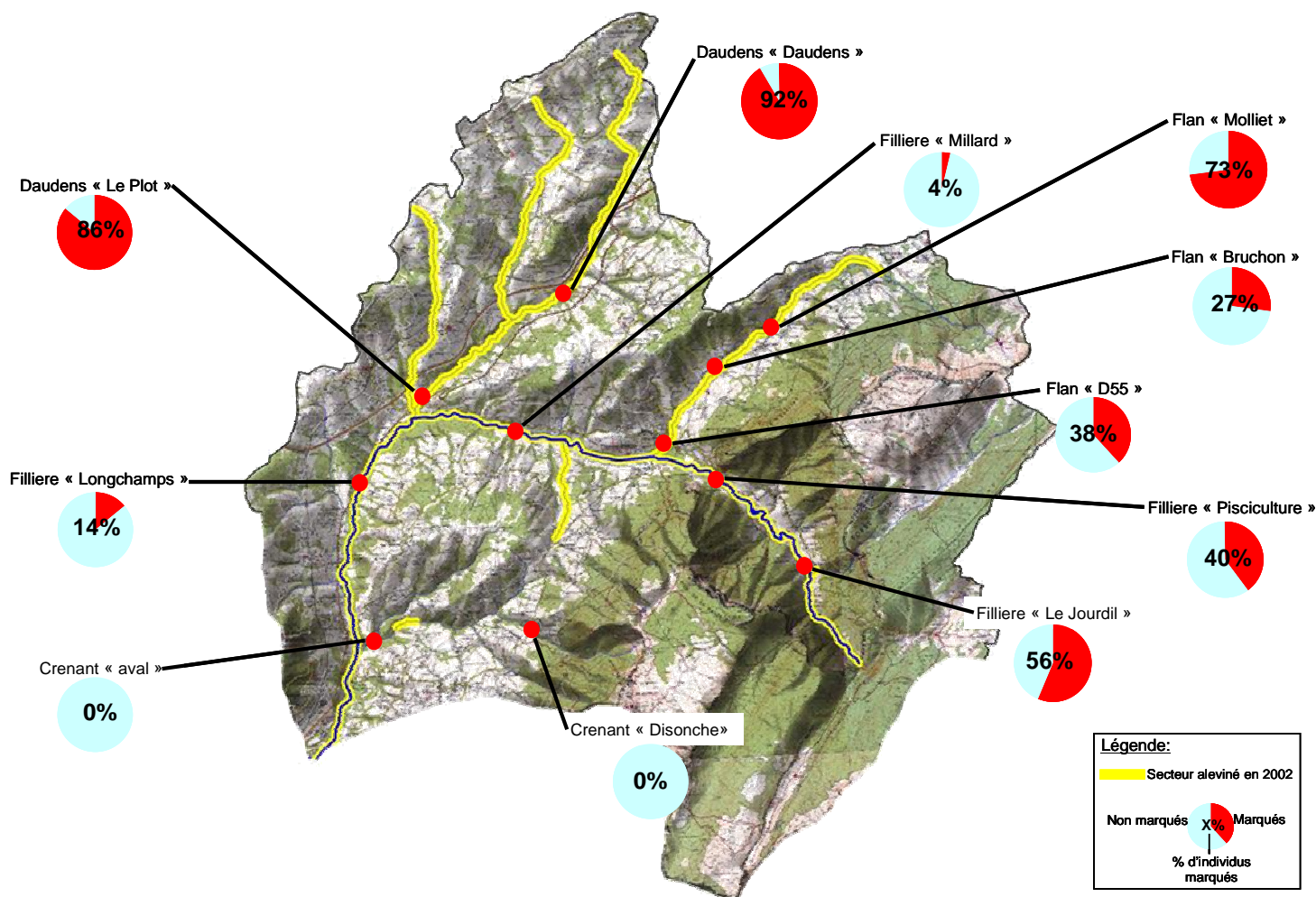
En 2004, des prélèvements de truites supplémentaires à différentes classes d'âge ont été réalisés en 2004 sur le Flan et le Daudens sur les secteurs qui montraient en 2002 des fortes contributions du repeuplement. Ces investigations permettent d'évaluer la contribution des repeuplements à des classes d'âge supérieures au stade 0+ et de mieux cerner l'effet des repeuplements sur l'ensemble de la population en place.

Figure 13 : Contribution des repeuplements à différentes classes d'âge et pour différentes cohortes sur 2 secteurs d'études situés sur le Daudens et le Flan.



Les résultats obtenus montrent une baisse importante des contributions des repeuplements pour les autres cohortes par rapport à celles obtenues en 2002. Globalement, l'évolution temporelle indique que sur ces deux secteurs la contribution du recrutement naturel dans la population en place reste largement majoritaire. Les forts taux de marqués obtenus en 2002 sur les 0+ peuvent être simplement le reflet d'une mauvaise réussite cette année-là de la reproduction naturelle ou d'un repeuplement quantitativement très important. Ces forts taux de 0+ marqués obtenus pour la cohorte 2002 ne se retrouvent pas au stade 2+ pour cette même cohorte.

Figure 14 : Localisation des stations d'études et taux de marqués sur le bassin de la Fillière étudié en 2002



Situation en 2007 :

Suite aux résultats de 2002 et aux résultats des analyses génétiques, les pratiques de gestion ont été modifiées sur l'ensemble du bassin par l'AAPPMA en accord avec la société de pêche de Thorens. Ainsi, à partir de 2005, les repeuplements en truite ont été stoppés sur l'ensemble du bassin afin de conserver la population de truite autochtone identifiée. Le bon état de la population de truite sur la Fillière ne nécessite pas de repeuplement de soutien. Seules des actions de réhabilitation de la population autochtone sur les affluents ont été mises en place principalement par transferts de poissons.

Perspective :

Il convient de conserver la population de truite autochtone sur la Fillière et de suivre son évolution. Un état des lieux sur les affluents sera également réalisé pour évaluer les effets des actions mises en place. Enfin, la dégradation de la qualité de l'habitat physique et thermique sur la Fillière à partir de l'aval de la confluence du Daudens limite les potentialités de la rivière et entraîne une régression de l'aire de répartition de la truite qui se trouve désormais plus en connexion avec celle du Fier. Il conviendrait d'entreprendre une restauration globale de l'habitat physique sur ce secteur.

3.2.4) Le Foron du reposoir

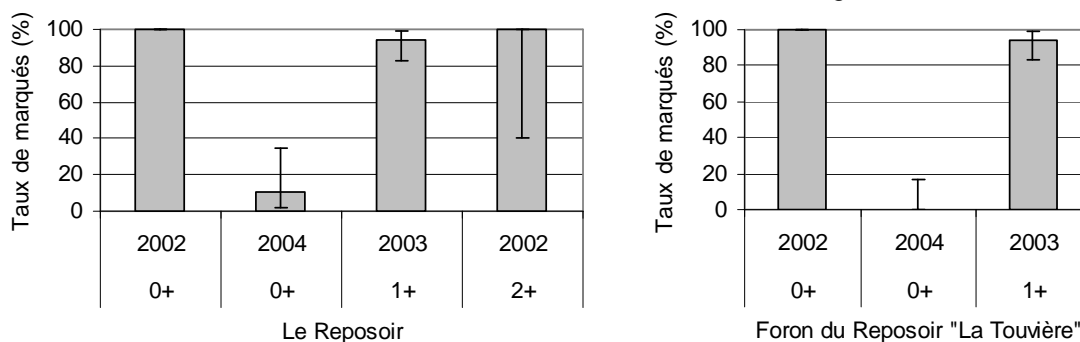
Situation en 2002 :

Peu de poissons avaient été échantillonnés en raison des difficultés techniques de prélever des individus de petite taille sur ces milieux torrentiels (facès d'écoulement rapide). Cependant les 15 truitelles 0+ échantillonnées étaient toutes issues du repeuplement ce qui montrait la forte contribution des individus introduits par rapport au recrutement naturel. Des prélèvements complémentaires ont été réalisés en 2004 pour vérifier la forte contribution du repeuplement et s'affranchir des variabilités

interannuelles. A l'époque, l'AAPPMA utilisait pour ces repeuplements la souche Chazey-Bons dite « Rhodanienne » qui semblait adaptée pour installer une population dans ce milieu torrentiel. Depuis, les analyses génétiques ont conduit à proscrire l'utilisation de cette souche en raison de son taux élevé d'allèles atlantiques et de la présence d'allèles méditerranéens spécifiques non présents dans les populations autochtones.

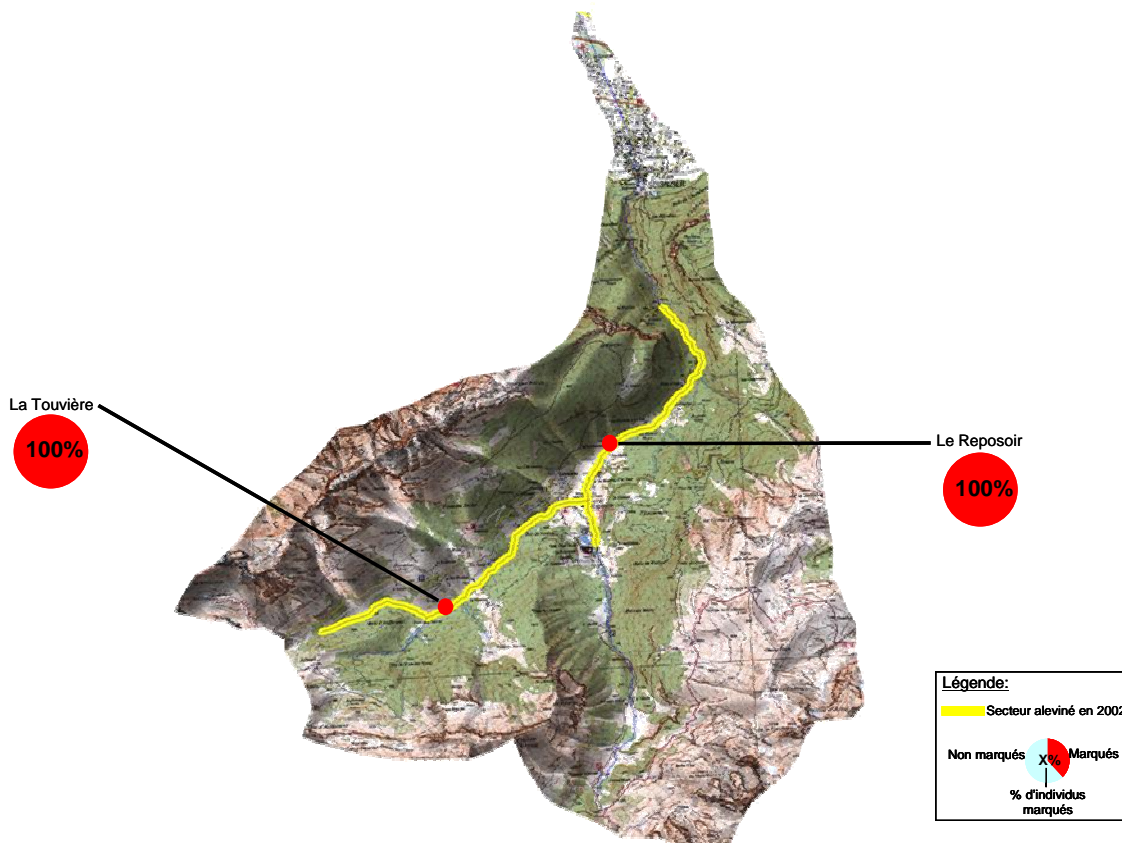
Les résultats des prélèvements supplémentaires réalisés en 2004 sont présentés dans la figure 15 suivante :

Figure 15 : Contribution des repeuplements à différentes classes d'âge et pour différentes cohortes sur 3 secteurs d'études situés sur le Risse, le Foron de Taninges et le Foron de Mieussy



Les taux élevés obtenus en 2002 sur les 0+ se retrouvent au stade 2+ ce qui montre que pour cette cohorte, le repeuplement apporte une contribution majeure. Pour cohorte 2003, la contribution étudiée au stade 1+ reste également très élevée (> à 90%). Par contre, pour la cohorte 2004, le taux de 0+marqués est très faible, inférieur à 10% au niveau du reposoir et 0% sur le secteur amont à la Touvière. Les résultats sont très variables et peuvent être éventuellement expliqués soit par une modification des pratiques de repeuplements soit par un recrutement naturel exceptionnel en 2004 lié à l'installation d'une population qui devient fonctionnelle.

Figure 16 : Localisation des stations d'études et taux de marqués sur le Foron du Reposoir étudié en 2002



Situation en 2007 :

Les pratiques de gestion n'ont pas changé sur ce cours d'eau. Les résultats des prélèvements de truites réalisés en 2004 pour suivre la contribution des marqués ont mis en évidence l'existence d'un recrutement naturel devenu non négligeable sur ce torrent. Le fort taux de marqués en 2002 peut être le reflet d'une mauvaise réussite de la reproduction naturelle cette année-là. Il est donc possible qu'une population fonctionnelle soit installée sur le Foron du Reposoir mais cette hypothèse reste à être vérifiée.

Perspective :

Sur ce cours d'eau, il est primordial d'arrêter le repeuplement à partir de la souche Chazey-Bons « Rhodanienne » dont les caractéristiques génétiques ne sont pas en adéquation avec les souches autochtones identifiées dans le département. Même si cette souche a éventuellement permis d'installer une population sur la rivière, il est nécessaire d'arrêter quelques années toute introduction de poissons et de réaliser des pêches électriques de suivis afin de vérifier la fonctionnalité de la population présente et d'envisager ensuite un autre mode de gestion.

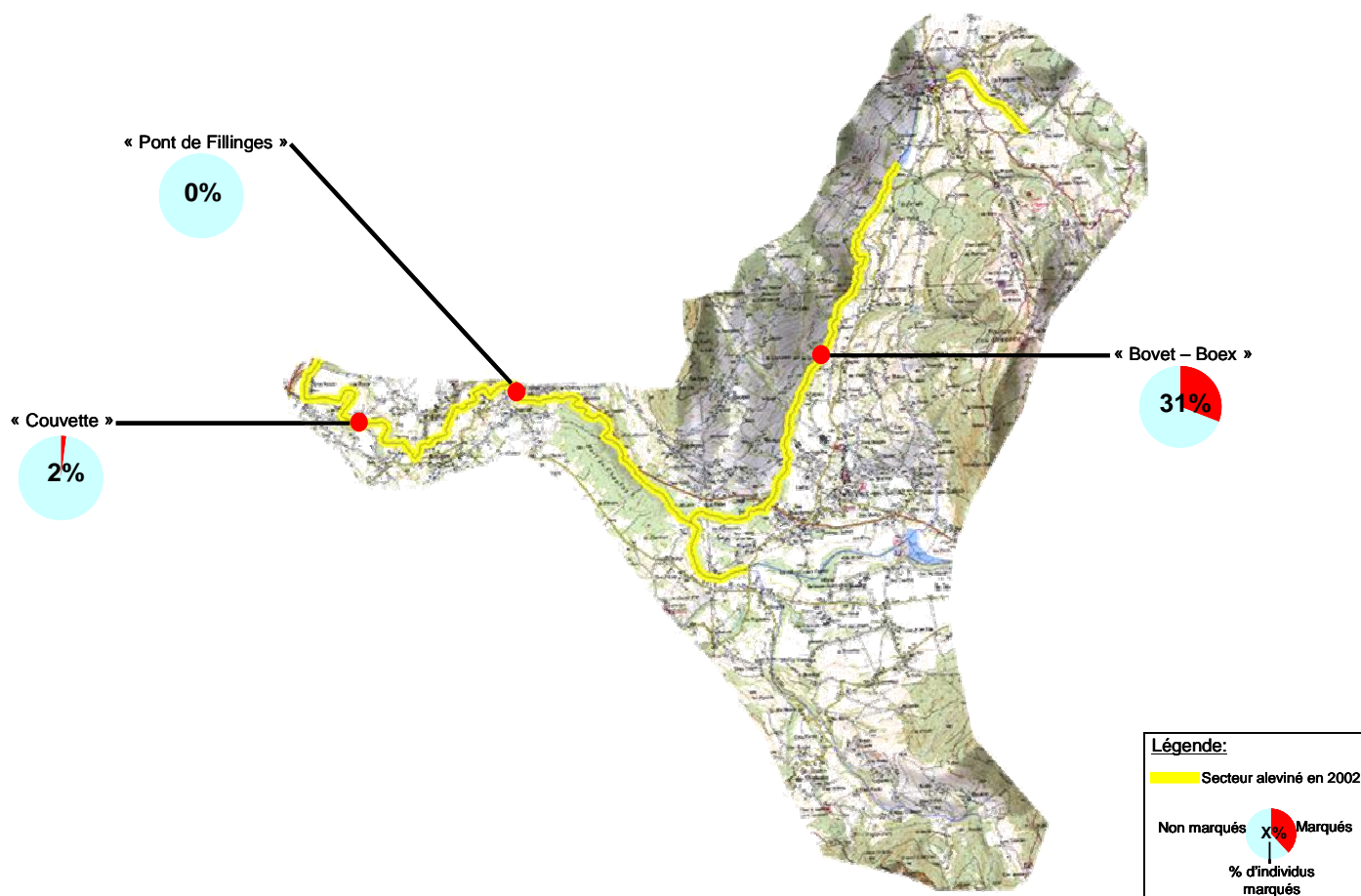
3.2.5) Le Foron de Fillinges

Situation en 2002 :

Les trois secteurs étudiés ont montré la prédominance du recrutement naturel dès le stade 0+ puisque les taux d'individus marqués variaient de 0 à 31%. Une population de truite fonctionnelle était donc présente sur l'ensemble du linéaire de la rivière.

La situation administrative particulière du Foron de Fillinges fait que la gestion piscicole dépend des deux AAPPMA du Chablais-Genevois et du Faucigny chacune ayant des pratiques différentes.

Figure 17 : Localisation des stations d'études et taux de marqués sur le Foron de Fillinges étudié en 2002



Situation en 2007 :

Suite aux résultats obtenus, les repeuplements ont été stoppés sur le secteur géré par l'AAPPMA du Chablais-Genevois. Par contre, l'AAPPMA du Faucigny n'a pas modifié ses pratiques malgré l'inutilité des repeuplements sur cette rivière.

Perspectives :

Il est nécessaire de mettre en place une gestion commune et cohérente entre les deux AAPPMA sur cette rivière. La population de truite fonctionnelle qui a été identifiée indique que les repeuplements sous leur forme actuelle pratiqués par l'AAPPMA du Faucigny peuvent être stoppés. Une étude globale visant à déterminer l'état du peuplement piscicole de la Menoge et de ses affluents est prévue en 2008. Les résultats conduiront à des propositions concrètes et à l'établissement d'un plan de gestion qui sera l'occasion de mettre en place une gestion cohérente à l'échelle du bassin versant.

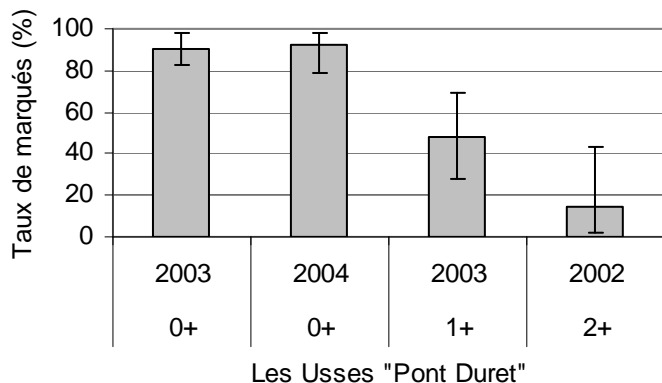
3.2.6) Les Usses

Situation en 2003 :

Sur les 35 secteurs échantillonnés par pêche électrique sur des zones repeuplées, 12 présentaient une absence de poissons ou un nombre insuffisant d'individus. Sur les 23 secteurs étudiés, le taux de marqués moyen était de 27% et 33% pour le cours des Usses. Sur les Usses, le recrutement naturel était donc déjà majoritaire. Seul un secteur très localisé, au pont Duret, a montré en 2003 un taux important (90%) de marqués au stade 0+. Le secteur a été de nouveau échantillonné en 2003 à différentes classes d'âge pour mieux évaluer la contribution du repeuplement dans la population en place (Figure 18). Par contre, les secteurs échantillonnés en amont et en aval de cette zone montrent un recrutement naturel largement majoritaire (respectivement 15 et 33% de marqués).

Sur la majorité des affluents étudiés, le recrutement naturel était majoritaire. Seuls le Fornant et le ruisseau des Chaudes Fontaines montrent un déficit de recrutement naturel et une contribution importantes des individus repeuplés.

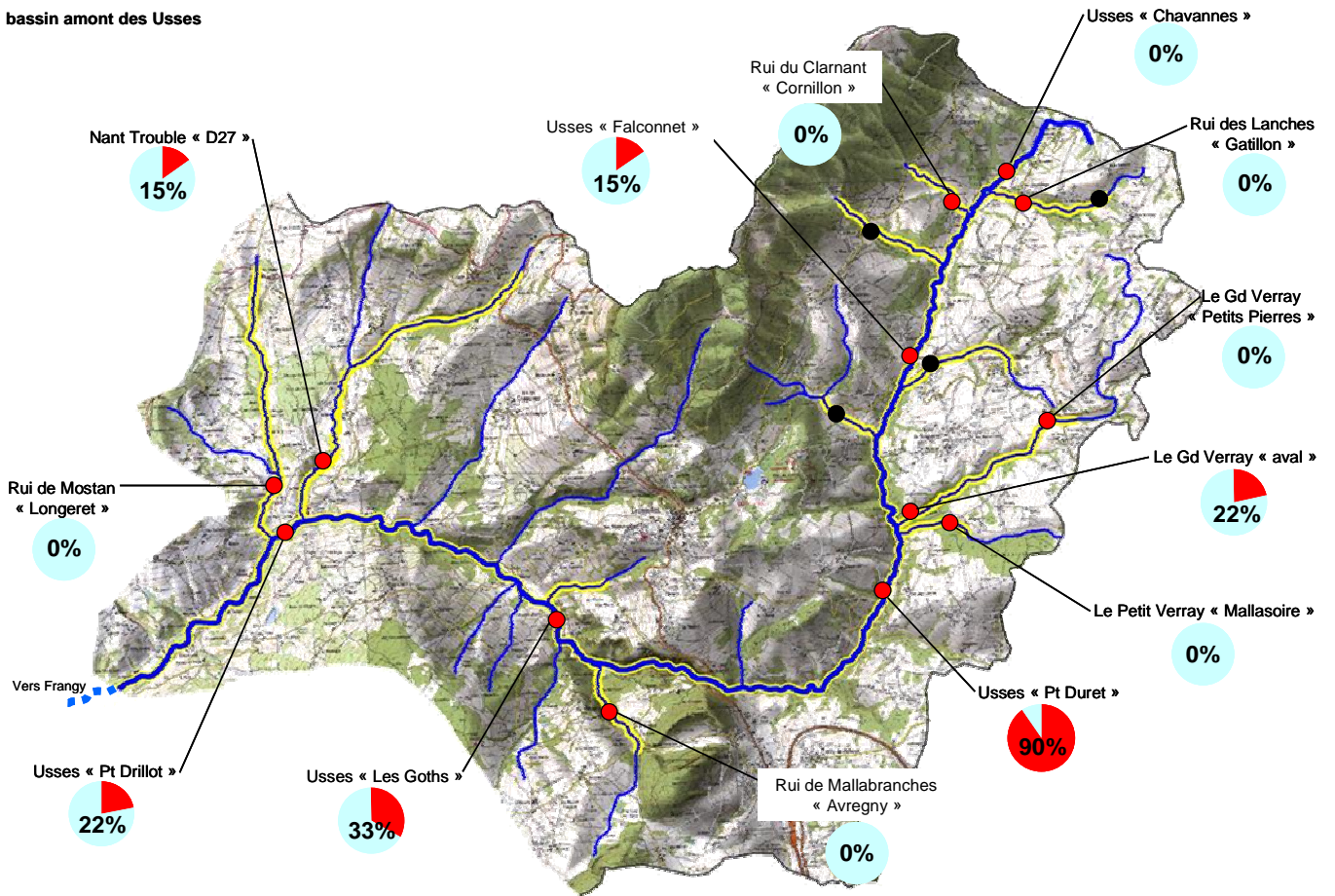
Figure 18 : Contribution des repeuplements à différentes classes d'âge et pour différentes cohortes sur les Usses au niveau du secteur d'études de Pont Duret.



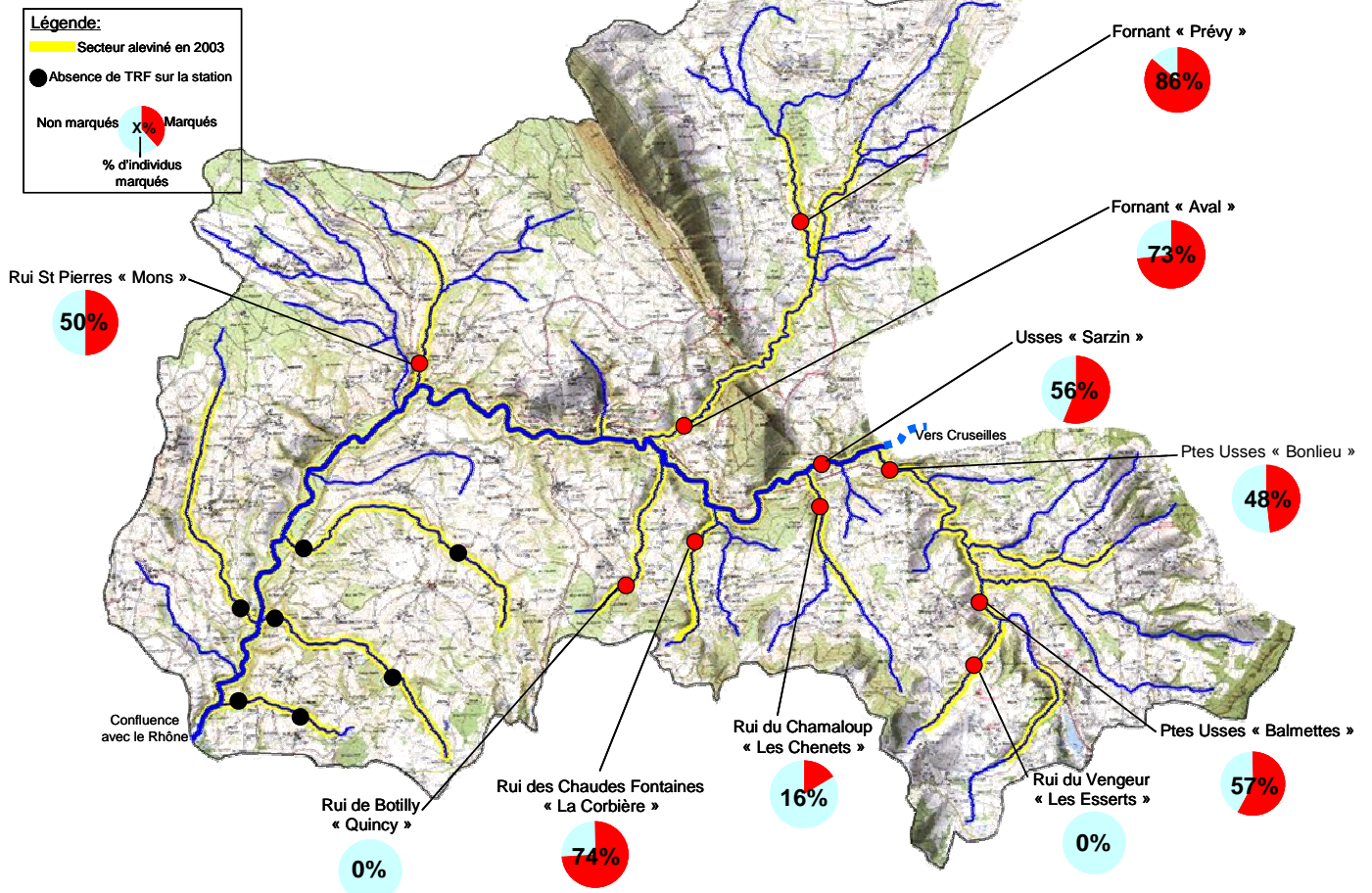
Le suivi réalisé sur le secteur Pont Duret montre qu'au stade 0+ la contribution des repeuplements restent importantes (> à 90%) mais qu'aux stades plus âgés 1+ et 2+ la contribution baisse fortement pour devenir minoritaire. Ce secteur souffre certainement d'un déficit de recrutement naturel qui est compensé au stade 0+ par les repeuplements mais ces derniers n'apportent pas une contribution suffisante aux stades ultérieurs. La population de truites sur ce secteur souffre de la qualité de l'habitat qui est médiocre en raison principalement de la nature géologique du substrat constitué de marne argileuse.

Figure 19 : Localisation des stations d'études et taux de marqués sur le bassin des Usse étudié en 2003

bassin amont des Usse



bassin aval des Usse



Situation en 2007 :

Les pratiques de gestion ont été modifiées sur l'ensemble du bassin versant. Les repeuplements à partir d'individus atlantiques ont été stoppés et les efforts portent désormais sur la conservation de la population de truites autochtones identifiées sur le cours principal. Pour cela, l'accent est mis sur le renforcement de la population présente et sur l'installation à l'amont de nouvelles populations par des repeuplements à partir d'alevins issus de poissons autochtones. Un stock de géniteurs est actuellement en cours en collaboration avec les généticiens.

Perspectives :

Il est nécessaire dans l'avenir de maintenir l'effort de conservation de la population autochtone présente en raison de son statut de population en danger. Les repeuplements utilisant des poissons d'origine atlantique doivent être définitivement exclus. En outre, il est proscrit d'utiliser également la souche Chazey-Bons dite « Rhodanienne » en raison d'un part de son taux élevé d'allèles atlantiques et d'autre part de la présence d'allèles méditerranéens spécifiques qui ne sont pas présents dans la population de truites des Usses.

Il est donc nécessaire pour tenter de rétablir une population de truites en rapport avec la capacité du milieu de ne plus intervenir à l'aval des gorges de Cruseilles pour laisser évoluer naturellement la population et de concentrer les efforts de repeuplement de réhabilitation sur le secteur amont afin d'installer de nouvelles populations et d'étendre ainsi l'aire de répartition de la population native.

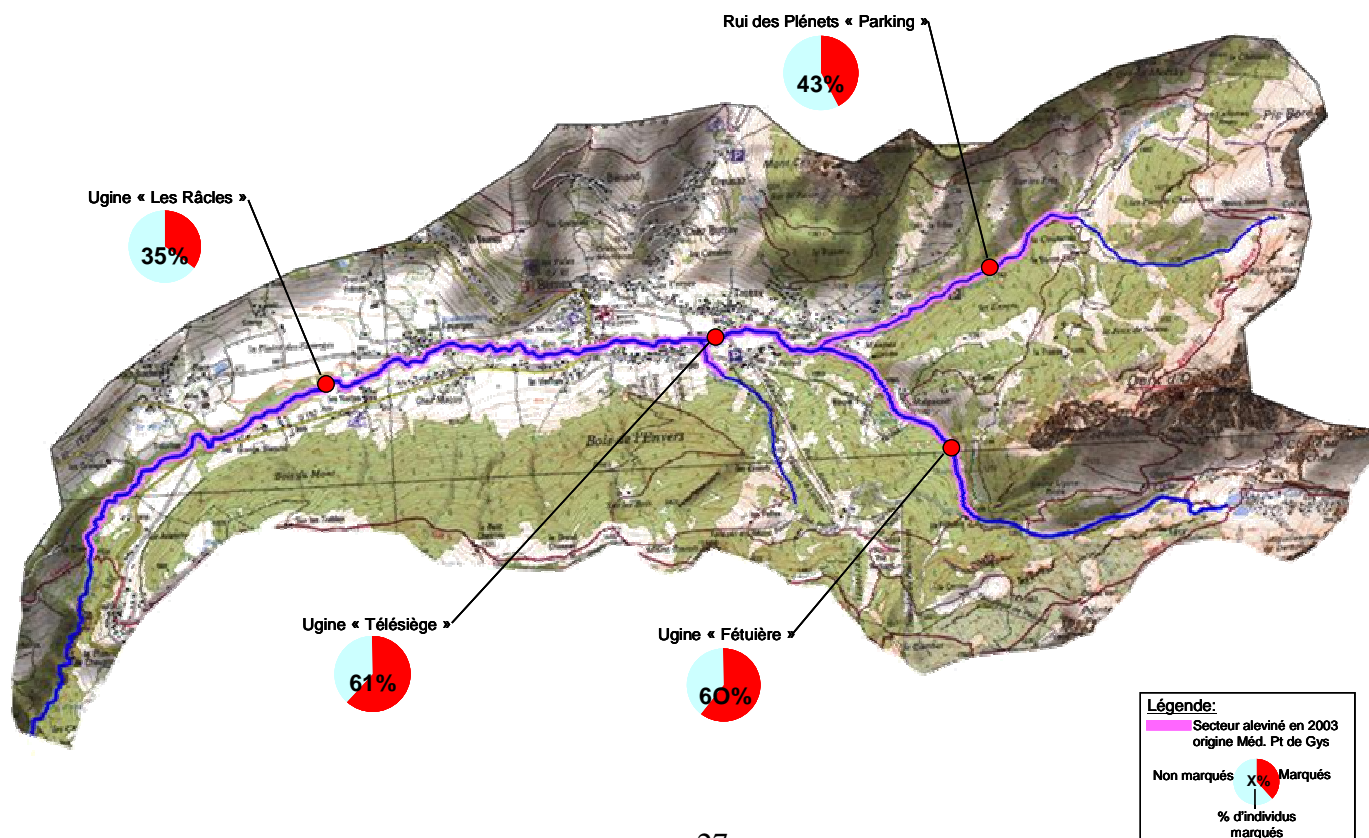
Un suivi thermique en cours sur l'ensemble du bassin permettra également de mieux cerner les conditions de vie et la qualité thermique des Usses par rapport aux exigences de l'espèce.

3.2.7) L'Ugine de Chévenoz

Situation en 2003 :

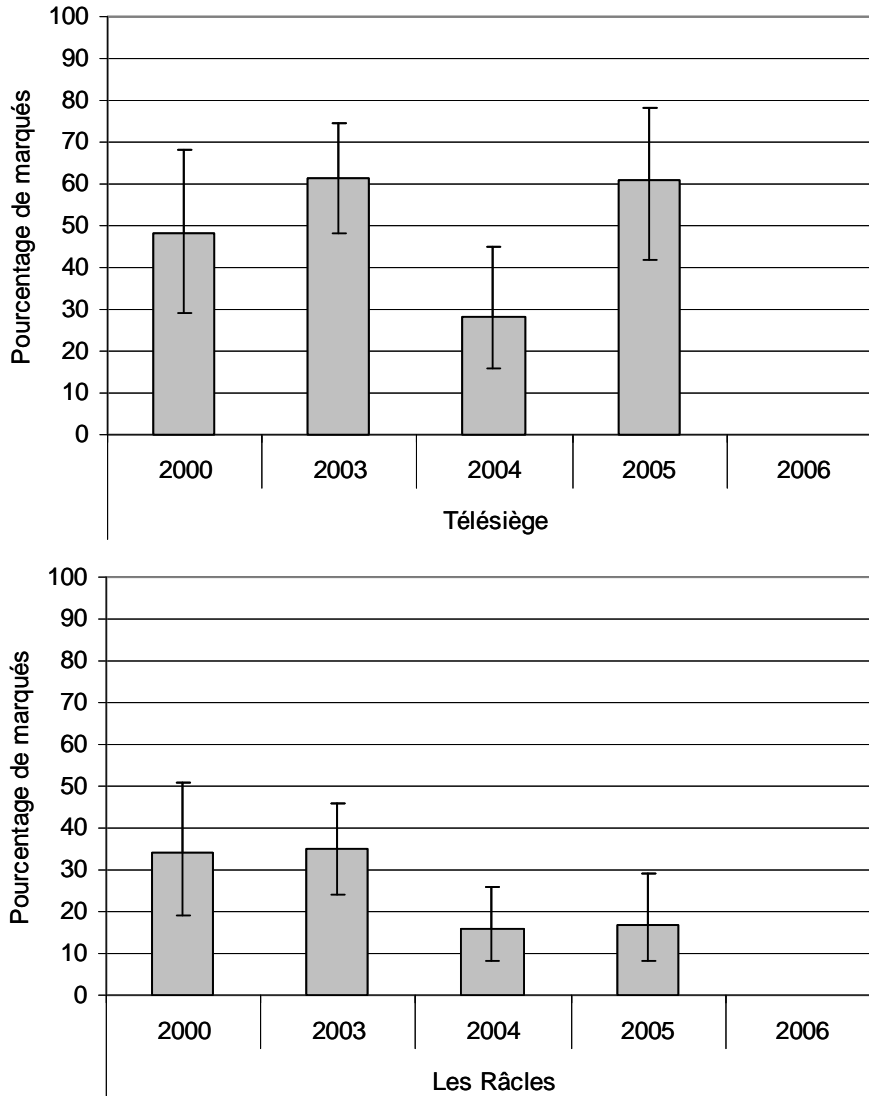
Sur les 4 secteurs étudiés, le taux moyen de poissons marqués était de 48% avec des contributions variant selon les secteurs de 35 à 61%. Il y avait donc un recrutement naturel sur cette rivière avec cependant la présence de secteurs plus favorables. Sur cette rivière abritant une population d'origine atlantique des repeuplements de réhabilitation ont été engagés à partir de 1999 afin d'installer une population méditerranéenne autochtone provenant de la Dranse d'Abondance. Afin de tester les effets de ce nouveau mode de gestion, un suivi scientifique a été réalisé. La publication scientifique présentant les résultats de ce suivi (Caudron *et al.* 2006b) est insérée dans l'annexe 2.

Figure 20 : Localisation des stations d'études et taux de marqués sur l'Ugine étudié en 2003



Sur cette rivière, en plus des échantillonnages réalisés en 2000 après la première année de repeuplements de réhabilitation, des campagnes de prélèvements de 0+ ont été réalisées chaque année depuis 2003 pour suivre l'évolution de la contribution du repeuplement (Figure 21).

Figure 21 : Evolution de la contribution des repeuplements au stade 0+ sur 2 secteurs d'études de l'Ugine de Chévenoz



Situation en 2007 :

A partir des résultats du suivi et de l'évolution de la contribution des repeuplements de réhabilitation, il semble que ceux-ci ont permis d'installer une population fonctionnelle de truite autochtone. Il a donc été décidé de stopper les repeuplements sur cette rivière tout en continuant de suivre l'évolution de la population (suivi de frayères).

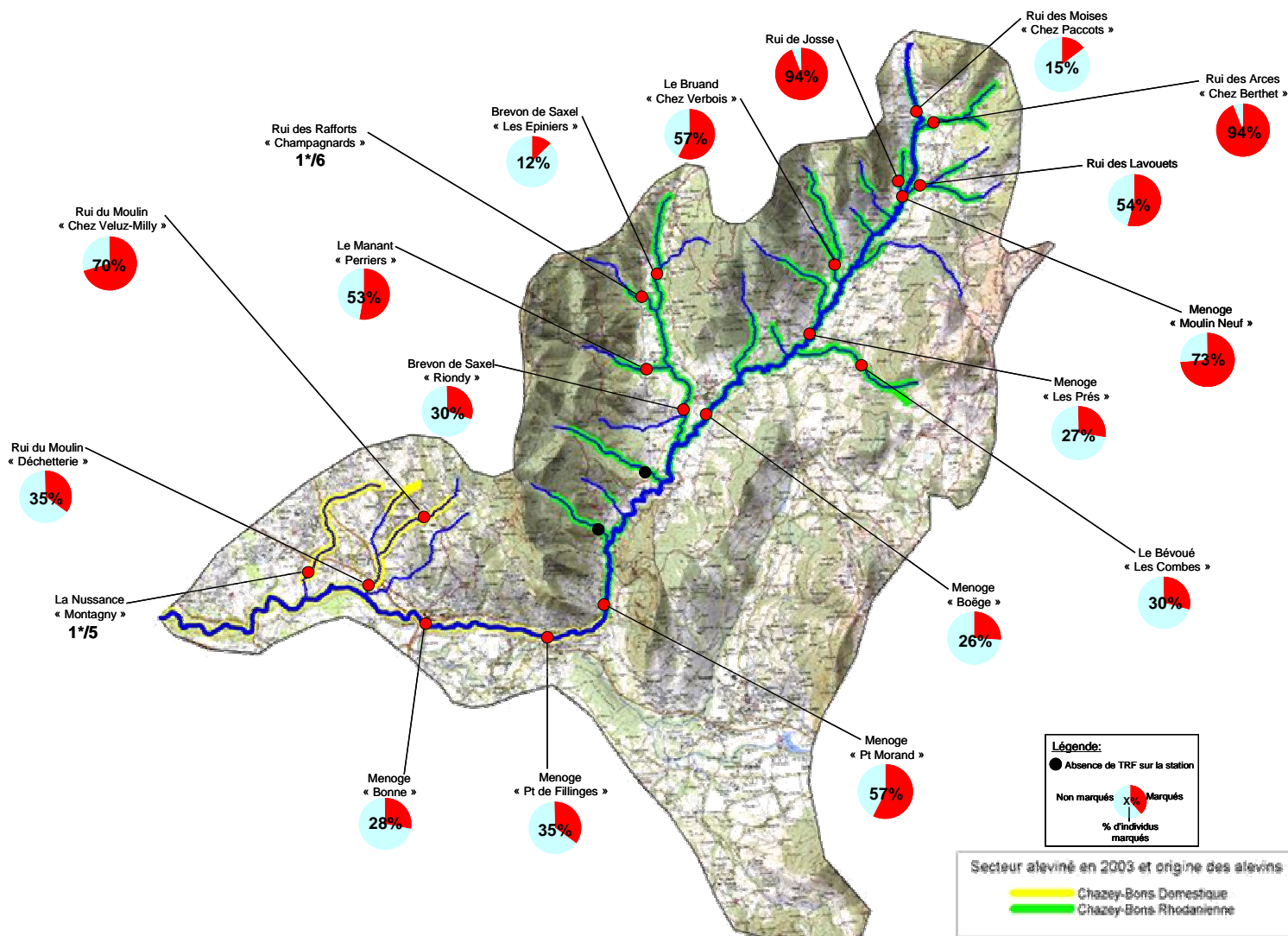
Perspectives :

Suivre la population fonctionnelle désormais en place. Pour améliorer encore le statut de la population, il sera nécessaire de travailler sur le problème de fractionnement de l'habitat dû à la présence de plusieurs obstacles infranchissables ou difficilement franchissables. Une étude sur cette rivière faisant partie du système des Dranses est programmée de manière prioritaire dans le Schéma Départemental de Conservation et Réhabilitation des Populations de Truites Autochtones.

3.2.8) La Menoge

Situation en 2003 : La contribution moyenne du recrutement était de 40%. Seule une station (Moulin Neuf) montrait un taux de marqués élevé (73%). Les résultats indiquaient donc un recrutement naturel très satisfaisant sur le cours principal de la Menoge et la présence d'une population de truites fonctionnelle. Aucune des deux souches utilisées pour le repeuplement ne montrait plus d'efficacité. La majorité des affluents possédait également des populations naturellement fonctionnelles. Seuls 3 petits cours d'eau (rui de Josse, rui des Arces et rui du Moulin) montraient des taux de marqués importants.

Figure 22 : Localisation des stations d'études et taux de marqués sur le bassin de la Menoge étudié en 2003



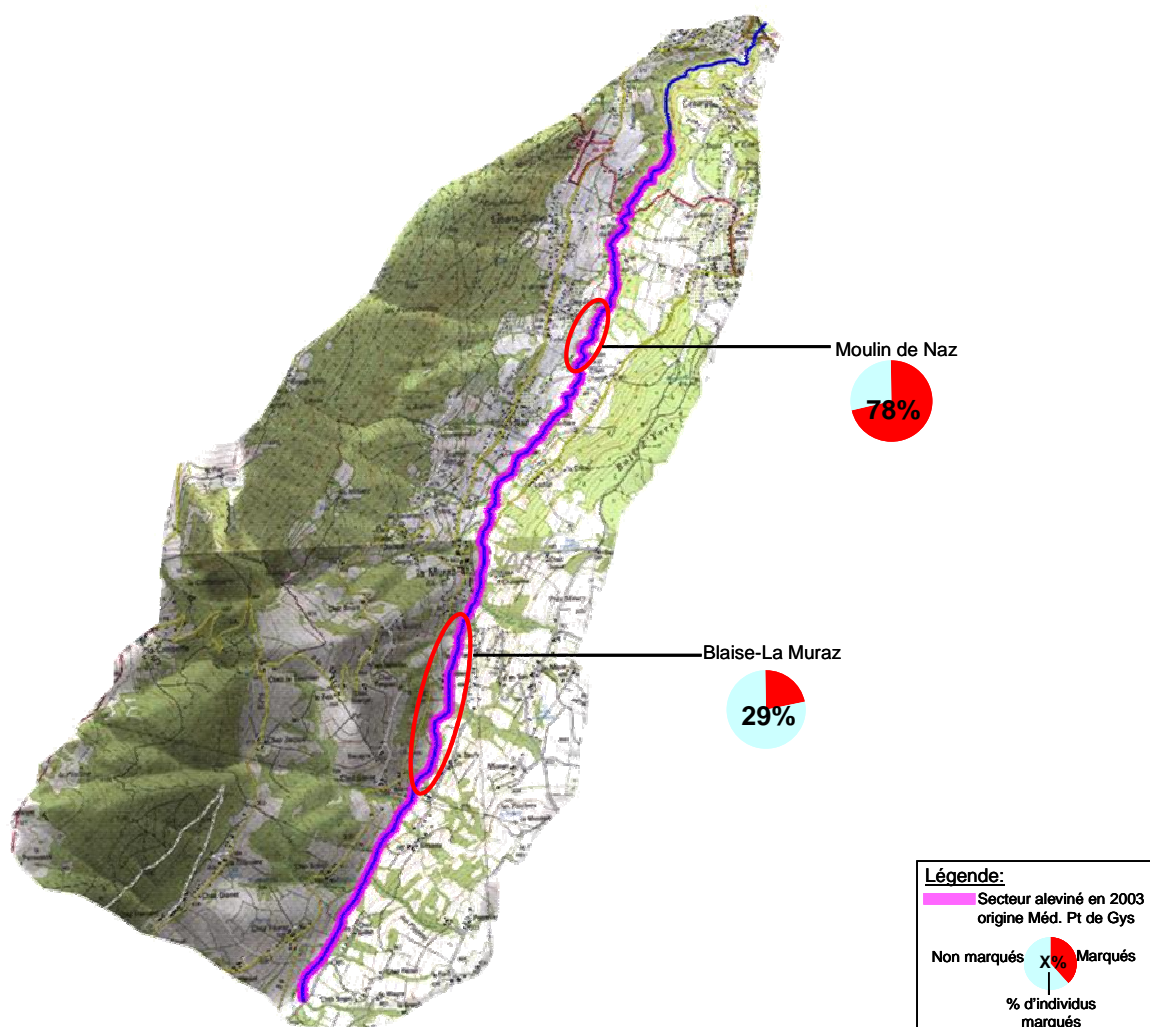
Situation en 2007 : Les repeuplements ont été réduits mais pas stoppés complètement.

Perspectives : Une étude globale destinée à réaliser un état des lieux des peuplements piscicoles à l'échelle du bassin de la Menoge est prévue au cours de l'année 2008. A la suite, un plan de gestion contenant des propositions concrètes sera établi sur le bassin versant.

3.2.9) Le Viaison

Situation en 2003 : Sur les deux secteurs étudiés, à l'amont et à l'aval du cours d'eau, les taux de marqués différaient de fortement (29% et 78%). Ces résultats sont peut-être le reflet de la sécheresse estivale de 2003 qui avait provoqué l'assèchement de plusieurs secteurs du Viaison. Il avait été proposé de maintenir au moins pendant 3 années les repeuplements sur ce cours d'eau afin d'aider la population à se reconstruire.

Figure 23 : Localisation des stations d'études et taux de marqués sur le Viaison étudié en 2003



Situation en 2007 : Aucune étude démographique n'a été réalisée depuis 2004 sur le cours d'eau. La situation actuelle de la population n'est donc pas connue.

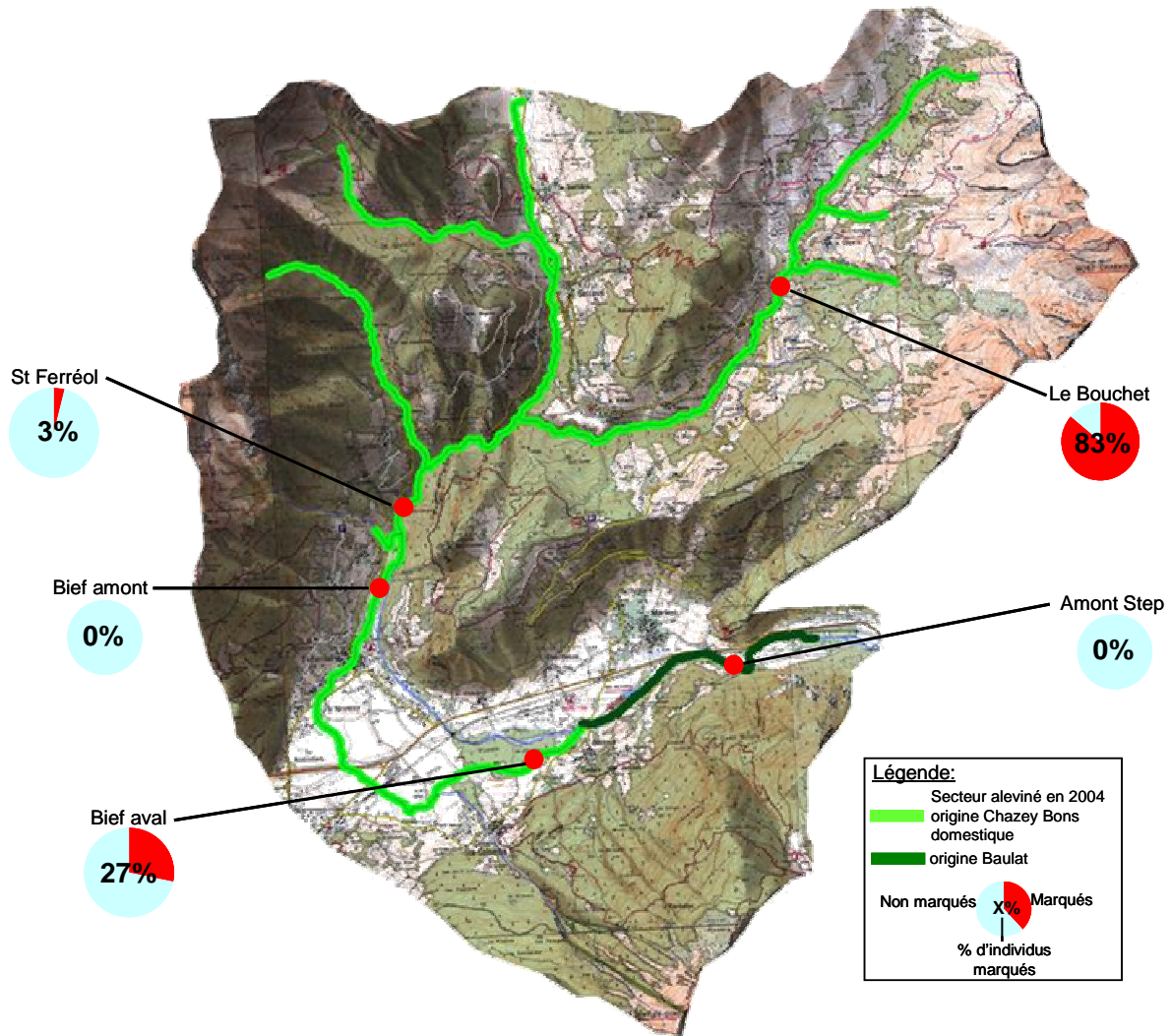
Perspectives : Un bilan complet de la population de truites du Viaison suite aux repeuplements réalisés depuis 2004 devra être réalisé au cours des prochaines années.

3.2.10) La Chaise

Situation en 2004 :

Sur la Chaise et le bief, cinq secteurs ont été échantillonnés en 2004. A part le secteur amont de la Chaise (Le Bouchet) qui montre une contribution importante du repeuplement, sur le reste du linéaire, le recrutement naturel est largement dominant avec des taux de marqués compris entre 0 et 27%. Cette situation indique que sur l'ensemble du bief et sur la majorité du linéaire de la Chaise, une population naturellement fonctionnelle est installée. Les résultats des analyses génétiques ont montré également que cette population avait un taux d'allèles méditerranéens inférieur à 25%, et qu'elle devait donc être considérée comme une population autochtone d'intérêt patrimonial.

Figure 24 : Localisation des stations d'études et taux de marqués sur La Chaise étudiée en 2004



Situation en 2007 :

Suite aux résultats des différentes études (génétiques et contribution du repeuplement), la gestion traditionnelle a été modifiée sur le bassin et les efforts se portent désormais sur la conservation et la réhabilitation de la population autochtones identifiée. Plus aucune intervention n'a été réalisée sur la population de cette rivière depuis 2006. Les repeuplements à partir de poissons d'origine atlantique ont été stoppés et il a été proposé de réaliser simplement des transferts d'individus pour installer des populations autochtones sur les affluents abritant encore des populations majoritairement atlantiques. Ces actions n'ont pas encore été programmées.

Perspectives :

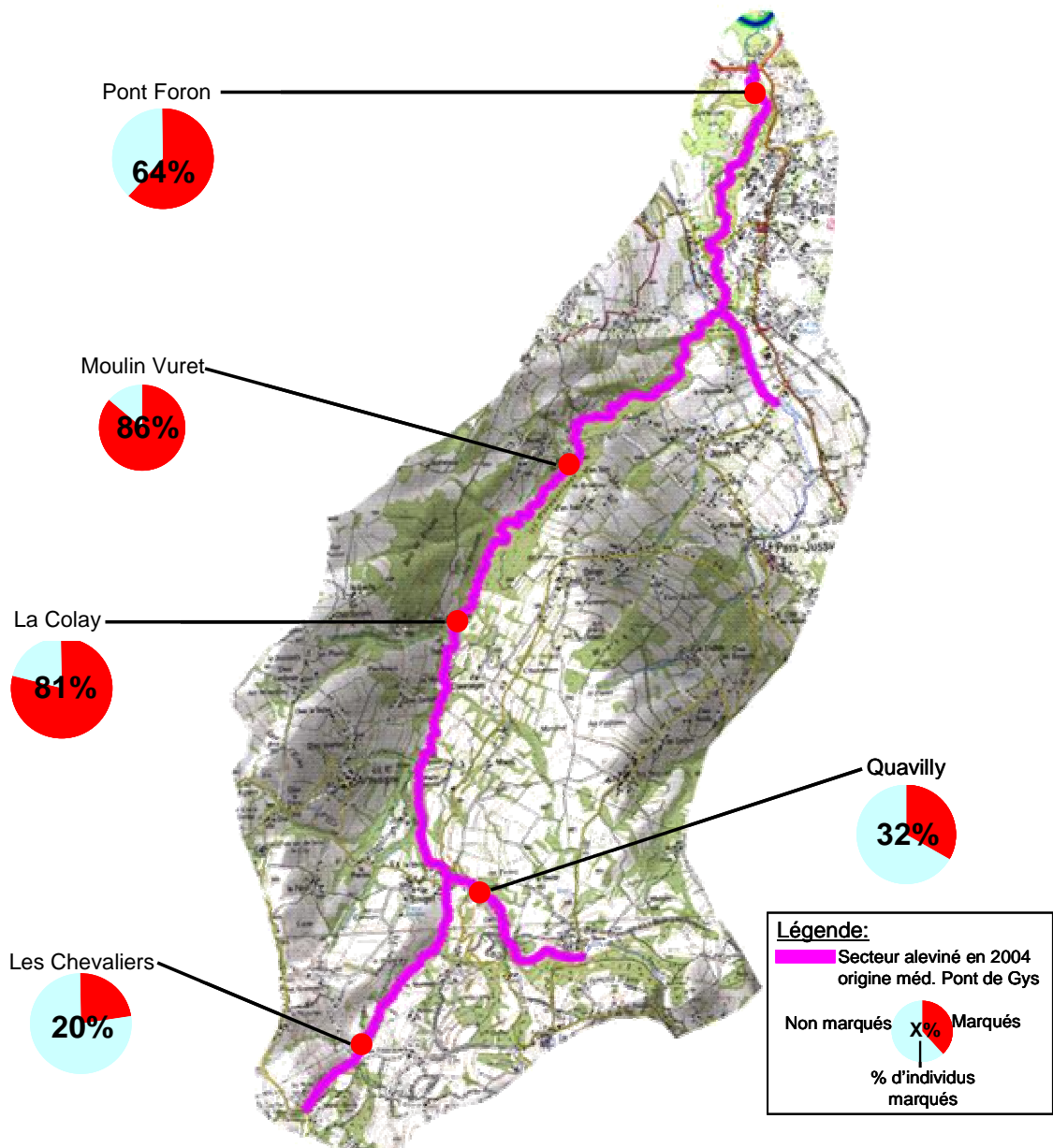
Il est prévu d'établir courant 2008 en collaboration avec l'AAPPMA et la société de pêche locale un plan de gestion de la population sur ce cours d'eau avec un suivi scientifique de l'efficacité de la stratégie de transfert d'individus qui sera mise en place.

3.2.11) Le Foron de Reignier

Situation en 2004 :

5 secteurs ont été étudiés en 2004. Les taux de 0+ marqués variaient de 20 à 86%. Les taux élevés ont été en particulier obtenus sur la zone médiane et aval du cours principal alors que la tête de bassin montrait un recrutement naturel majoritaire. Une étude globale du bassin versant réalisée en 2006 (Vigier, 2006) a permis de montrer que les forts taux de 0+ ne permettaient pas d'obtenir ensuite une population d'adultes plus abondante. Le facteur limitant principal identifié sur cette rivière est la qualité moyenne de l'habitat physique avec une majorité de faciès favorables aux stades juvéniles et par contre peu d'habitats attractifs pour les adultes. Le potentiel d'accueil en poissons adultes de la rivière semble donc naturellement limité. La biomasse de truites sur la rivière varie de 40 à 100 kg/ha selon les secteurs et la qualité de l'habitat.

Figure 25 : Localisation des stations d'études et taux de marqués sur le Foron de Reignier étudié en 2004



Situation en 2007 :

A partir de 2006, les repeuplements en truites réalisés dans le passé ont été arrêtés. En effet, quelle que soit la souche utilisée, ils ne permettaient pas d'améliorer les densités et les biomasses de la population en place. L'ensemble du bassin versant est donc en gestion patrimoniale.

Perspectives :

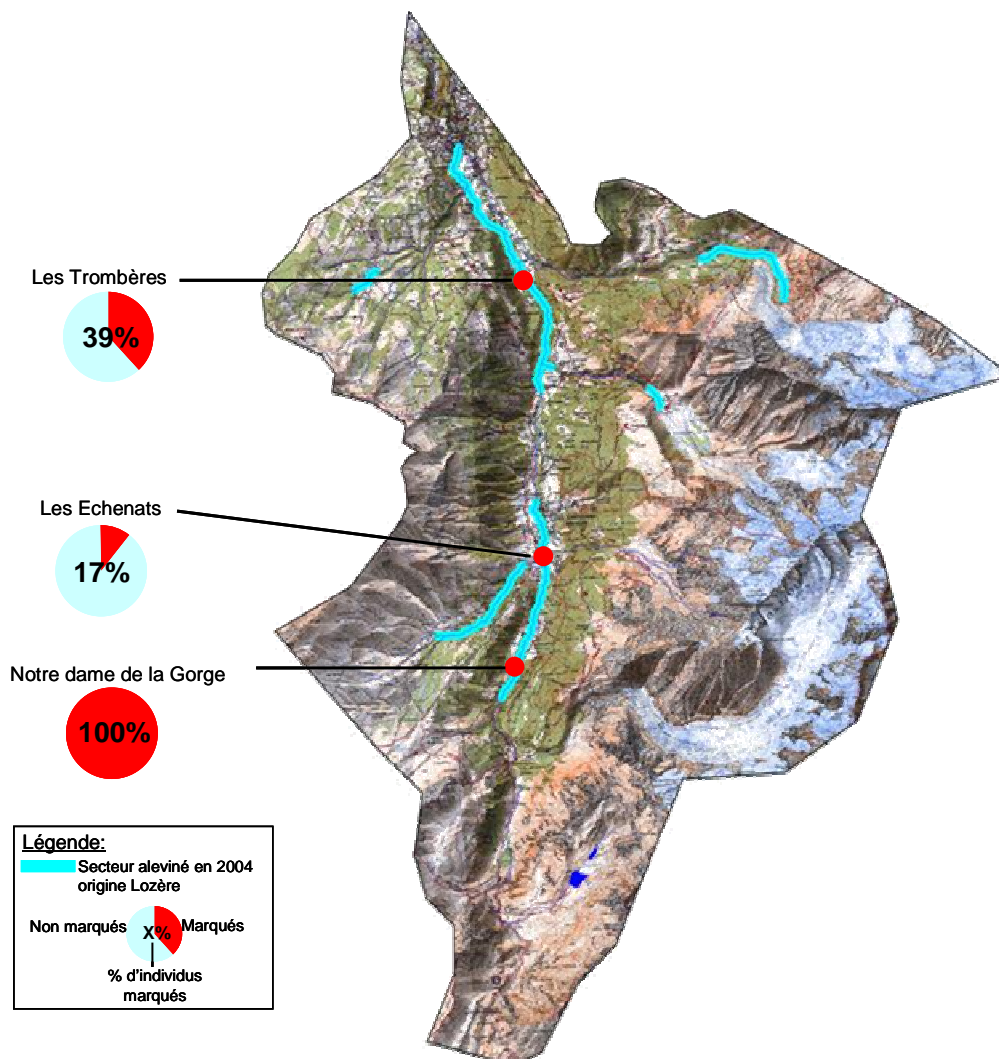
Suite aux résultats du diagnostic de 2006, aucune action de gestion piscicole n'est prévue sur le bassin. La population naturelle en place est en rapport avec la qualité de l'habitat. Il peut être cependant intéressant de continuer à suivre l'évolution de la reproduction naturelle en poursuivant les recensements de frayères. Aucune autre investigation n'est actuellement prévue.

3.2.12) Le Bon Nant

Situation en 2004 :

Seulement 3 secteurs ont été étudiés en raison de la difficulté de trouver du poisson sur plusieurs secteurs. La difficulté de trouver une population de truites suffisante pour permettre des échantillonnages indique déjà que celle-ci est quantitativement faible sur le Bon Nant. Deux secteurs étudiés, « Les Echenats » et « déchetterie » montrent un recrutement naturel majoritaire avec des taux de marqués faibles de 17 et 39%. Le secteur amont, « Notre Dame de la Gorge », ne présente aucun recrutement naturel (100% de marqués) et la population n'est constituée que de juvéniles. La population de truites sur cette rivière est donc peu abondante et soutenue par un faible recrutement naturel. Les repeuplements tels qu'ils sont pratiqués sur le Bon Nant, ne permettent pas d'augmenter le stock en place ni d'installer une population plus durable.

Figure 26 : Localisation des stations d'études et taux de marqués sur le Bon Nant étudié en 2004



Situation en 2007 :

La situation n'a pas évolué. La population de truite semble toujours aussi faible.

Perspectives :

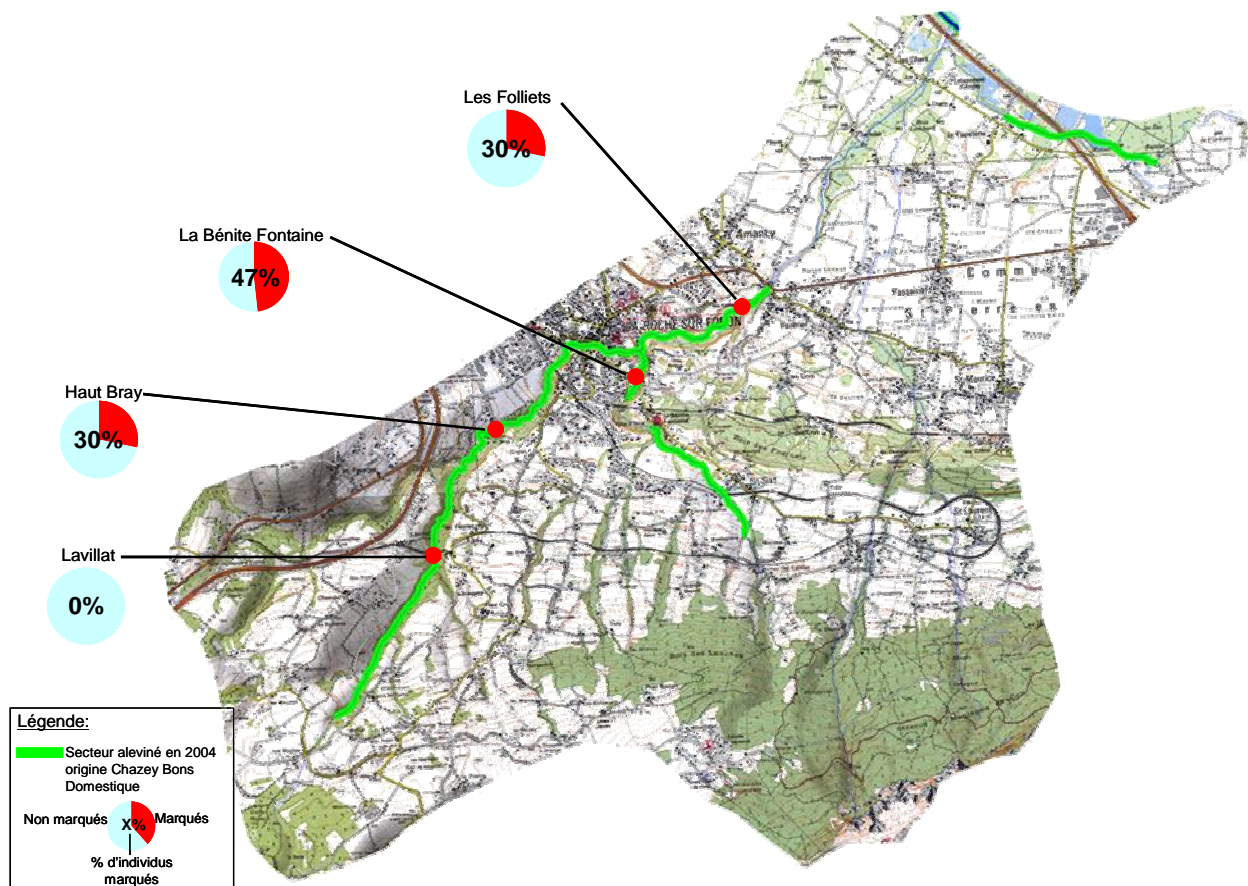
Il est nécessaire de réaliser un bilan complet à l'échelle du bassin versant pour dresser un état de la population et du milieu. Cette étude devrait débuter en automne 2007.

3.2.13) Le Foron de la Roche

Situation en 2004 :

Sur les 4 secteurs étudiés, le recrutement naturel était majoritaire. Sur le Foron lui-même, les taux de marqués restaient faibles variant de 0 à 30%. Sur la Bénite Fontaine, le taux d'individus marqués au stade 0+ était de 47%. Ces résultats indiquent qu'un recrutement naturel suffisant existe sur cette rivière et donc que les repeuplements pratiqués ne sont pas nécessaires pour maintenir ou augmenter la population en place.

Figure 27 : Localisation des stations d'études et taux de marqués sur le Foron de la Roche évalués en 2004



Situation en 2007 :

Les pratiques de gestion n'ont pas évolué sur le bassin versant. Les repeuplements sont toujours pratiqués.

Perspectives :

D'après les résultats de contribution obtenus, les repeuplements réalisés sur ce bassin sont inutiles car ils ne contribuent que minoritairement au stade 0+ en place à l'automne.

Un état démographique de la population de truites en place sur l'ensemble de la rivière permettrait de mieux connaître sur le plan quantitatif la population et d'orienter les décisions de gestion.

4) Bilan sur la dynamique spatiale et temporelle de la contribution du repeuplement dans les populations en place

Les résultats obtenus dans la présente étude mettent en évidence que globalement malgré les différentes pratiques de repeuplements intensifs et répétés réalisées à l'échelle d'un grand réseau hydrographique, les populations de truites 0+ en place à l'automne restent majoritairement issues du recrutement naturel.

L'obtention de taux d'individus marqués inter-secteurs variant, pour une même année, de 0 à 100% montre que les pratiques de repeuplement peuvent avoir une contribution très variable sur le plan spatial. Des observations similaires mais dans des gammes de variations plus restreintes ont été rapportées sur des milieux comparables (Champigneulle *et al.* 2002; Caudron et Champigneulle 2002; Virbickas et Kesminas 2002). Ces résultats incitent donc à formuler une recommandation de prudence quant à la généralisation sur une zone géographique de résultats ponctuels obtenus sur certains secteurs mêmes proches et concernés par des pratiques de repeuplement comparables. Afin d'apporter des réponses pertinentes aux gestionnaires, il semble préférable de mener les évaluations sur des territoires cohérents sur le plan spatial (bassin versant identifié) et administratif (territoires des gestionnaires bien connus) afin de faciliter les prises de décisions et suffisamment vastes pour couvrir le maximum de conditions différentes. Enfin, les protocoles de suivi doivent préconiser sur la zone d'étude le marquage total des individus introduits, une bonne répartition spatiale du repeuplement et la collecte de grands échantillons répartis sur des linéaires importants tout en veillant à ne pas mettre en péril d'éventuelles populations menacées. L'ensemble de ces précautions contribue à fournir un diagnostic précis et fiable des repeuplements pratiqués par les gestionnaires permettant d'envisager une modification des pratiques en vue d'en améliorer la gestion.

L'existence, sur environ 10 à 15% du territoire étudié, d'une contribution très fortement majoritaire (>85%) des individus repeuplés est un résultat nouveau qui démontre que, sur certains secteurs, des populations entières sont artificiellement soutenues par les repeuplements. Ces informations sont capitales pour la gestion des pêcheries car un arrêt des repeuplements en truite sur ces zones risquerait de provoquer un effondrement de la population en place et pourrait avoir des conséquences négatives sur les captures dans la pêche. Cependant, ces secteurs apparaissent géographiquement bien localisés et présentent le plus souvent un milieu dégradé. A ce sujet, différentes études (Aass 1993; Naeslund 1992; Caudron et Champigneulle 2007) ont montré que les fortes contributions des individus introduits (60 - 80%) sont obtenues sur des rivières caractérisées par des conditions défavorables (présence d'un ouvrage hydroélectrique, faible potentiel reproductif, mauvaise qualité d'eau, zone apicale). L'ensemble de ces résultats suggère l'importance, avant d'arrêter toutes introductions de poissons ou de modifier les pratiques de gestion sur ces cours d'eau, d'une part de prendre en compte leur l'intérêt halieutique, et d'autre part, d'identifier les causes naturelles ou anthropiques de l'absence de populations naturelles et si possible d'y remédier.

Outre les fortes variabilités spatiales observées, les résultats des suivis pluriannuels mettent en évidence l'existence de fortes variations interannuelles des contributions des individus repeuplés dans les populations en place à l'automne. Ces fluctuations sont révélées à la fois par les suivis de l'évolution temporelle des truites marquées suivies à différents âges (0+, 1+ et 2+) et par les suivis pluriannuels du stade 0+. Caudron et Champigneulle (2002) ont déjà signalé mais sur une zone plus restreinte l'existence de telles variations interannuelles. La présente étude réalisée à grande échelle et sur un grand nombre de secteurs confirme donc les premières tendances observées à plus petite échelle par les études précédentes. Les fortes variations interannuelles des taux d'implantation des individus introduits ne doivent pas être considérées comme anecdotiques mais sont bien des phénomènes assez courants et pouvant toucher différentes zones géographiques d'un même réseau. En outre, ces variations ne sont pas dépendantes des différents modes de repeuplements pratiqués. Aussi, dans le cas d'études destinées à évaluer les pratiques de repeuplements, des suivis pluriannuels peuvent être préconisés afin de mieux prendre en compte les facteurs de variabilité interannuelle.

Enfin, ces résultats suggèrent que la part d'individus repeuplés dans les populations en place obtenue pour une cohorte pourrait être d'avantage conditionnée par la contribution du recrutement naturel de cette même cohorte que par l'efficacité proprement dite des pratiques de repeuplement. A

notre connaissance, peu de résultats publiés indiquent que les taux d'implantation des alevins de truite introduits peuvent être en relation avec la réussite de la reproduction naturelle de la population en place. Seuls Kelly-Quinn et Bracken (1989) ont montré que la survie post-estivale des alevins de truite introduits était meilleure lorsque les alevins sauvages étaient moins nombreux et que lorsque la capacité d'accueil en juvéniles était comblée par les alevins sauvages, les alevins repeuplés avaient une contribution nulle, mesurée en automne.

A retenir

Recrutement naturel majoritaire : à l'échelle du département, la majorité des populations de truites 0+ en place à l'automne est issue du recrutement naturel. Les pratiques de repeuplement ne permettent pas globalement de soutenir les populations en place.

Des variations importantes : L'étude a montré l'existence de variations importantes (0 à 100%) du taux de marqués au stade 0+ à la fois inter secteurs mais également interannuelles au sein de mêmes secteurs.

Des contributions fortes locales : Sur quelques sites isolés, les repeuplements conduisent à de fortes contributions au stade 0+ (>80%). Ces sites sont souvent peu nombreux, d'une qualité dégradé et géographiquement isolés.

Les contributions baissent au cours du temps : l'évolution des contributions à différentes classes d'âges indiquent que dans la majorité des cas les fortes contributions observées au stade 0+ chutent brutalement aux classes d'âges supérieures.

5) Comparaisons à grande échelle des caractéristiques morphologiques au stade 0+ entre individus issus du repeuplement et individus issus du recrutement naturel

Les résultats indiquent que les truites introduites ont tendance à avoir, au stade fin de 0+, une taille moyenne plus importante que les truites du même âge issues du recrutement naturel présentes sur le même site. En effet, sur 86% des secteurs comparés, la moyenne de la longueur totale des individus marqués est supérieure à celle des individus non marqués. Cette différence est significative ($P < 0.05$) sur 57 % des secteurs. Par contre, la longueur moyenne des truites 0+ non marqués n'est jamais significativement ($P > 0.05$) supérieure à celle des truites 0+ marquées.

Cette même tendance, mais de manière moins significative, est observée pour les valeurs du coefficient de condition K (Tableau 3).

A l'inverse, la taille relative de la nageoire pectorale (LpR) est plus importante chez les individus issus du recrutement naturel. En effet, sur 80 % des secteurs, la moyenne de la LpR des individus 0+ non marqués est plus élevée que celle des individus 0+ marqués. De plus, sur 35 % des secteurs cette différence est significative ($P < 0.05$). Par contre, la LpR moyenne des truites 0+ marquées n'est jamais significativement ($P > 0.05$) supérieure à celle des truites 0+ non marqués. En outre, les dix secteurs sur lesquels les individus marqués ont une taille de nageoire pectorale plus élevée ont été repeuplés à des stades très précoces (alevins vésiculés ou juste démarrés).

Tableau 3 : Comparaison globales des caractéristiques morphologiques, longueur total moyenne (Lt), facteur de condition moyen (K) et longueur relative moyenne de la nageoire pectorale (LpR) entre 0+ marqués et non marqués sur 66 secteurs de rivières. (S = nombre de secteurs présentant une différence significative).

	Non marqués > Marqués	Non marqués = Marqués	Marqués > Non marqués
Lt	9 (14%) S=0	0	57 (86%) S=38 (57%)
K	21 (32%) S=4 (6%)	3 (4%)	42 (64%) S=13 (20%)
LpR	53 (80%) S=23 (35%)	3 (4%)	10 (16%) S=0

L'étude comparative des caractéristiques morphologiques a permis de mettre en évidence certaines différences en fonction des origines de recrutement. Les individus introduits montrent au stade 0+ une

taille moyenne plus élevée que celle des individus sauvages. De telles différences significatives entre juvéniles sauvages et introduits ont également été observées sur un cours d'eau norvégien (Borgstrøm *et al.* 2002). Dans le cas de la présente étude, cette observation reste valable quelle que soient la précocité et l'époque des déversements ainsi que l'origine des poissons introduits. En ce qui concerne le coefficient de condition, la différence est moins tranchée. Il reste quand même plus élevé chez les individus introduits sur la majorité des secteurs étudiés, ce qui est en accord avec les observations de Naeslund (1998) sur des petites rivières suédoises. Mais, sur quelques secteurs, uniquement lorsque les individus ont été introduits précocement au stade alevin et produits à partir de géniteurs d'origine sauvage, ils peuvent présenter un K significativement plus faible que les 0+ naturels. Globalement, les individus introduits quelle que soit la situation, et même avec un avantage de taille et un coefficient de condition plus élevé, montrent des taux d'implantation faibles et restent minoritaires dans la population en place par rapport au recrutement naturel. Les effets environnementaux induits par la période d'élevage peuvent affecter la performance des poissons introduits et être responsable de la faible contribution des repeuplements (Johnsson *et al.* 2001; Sundström et Johnsson 2001; Finstad et Jonsson 2001; Fleming et Petersson 2001). Pour réduire ces effets négatifs, Dannewitz *et al.* (2003), ne trouvant aucune différence de fitness entre individus d'origine sauvage et de pisciculture quand ces derniers sont repeuplés au stade œufs, proposent de réduire la période d'élevage pour améliorer la performance des programmes de repeuplement.

Un lien a été mis en évidence entre l'origine de recrutement et la longueur relative de la nageoire pectorale (LpR), celle-ci étant plus élevée chez les individus issus du recrutement naturel sur une grande majorité des secteurs étudiés (80%). Cette différence morphologique majeure pourrait expliquer, en particulier dans les milieux torrentiels concernés par la présente étude, la faible contribution globale des individus repeuplés dans les populations en place. En effet, les fortes différences morphologiques au niveau des nageoires observés chez les salmonidés y compris entre individus de la même espèce sont considérés comme des réponses adaptatives aux conditions environnementales en particulier hydrologiques (Riddel et Legget 1981; McLaughlin et Grant 1994; Pakkasmaa et Piironen 2001; Imre *et al.*, 2002). En outre, la taille des nageoires pectorales des salmonidés joue un rôle primordial dans la capacité de nage (Ojanguren & Braña 2003) et pour le maintien des poissons dans les habitats à vitesses de courants élevées (Mc Laughlin et Noakes 1998) induisant un avantage compétitif aux individus présentant les plus grandes nageoires (Gibson 1973; Hawkins et Quinn 1996).

A retenir

Au stade 0+, les individus issus du repeuplement ont tendance à avoir une taille et un coefficient de condition supérieur à ceux issus du recrutement naturel.

Par contre, les individus repeuplés ont une taille relative de nageoire pectorale plus petite que les poissons issus du recrutement naturel.

6) Comparaison des états cliniques et de quelques symptômes pathologiques au stade 0+ entre individus issus du repeuplement et individus issus du recrutement naturel

La recherche de quelques symptômes pathologiques (hémorragies, reins gonflés ou gaufrés) a permis de comparer les 0+ marqués et les 0+ non marqués sur les divers secteurs échantillonnés.

Globalement, les individus échantillonnés ne montrent aucun signe visible de maladie sur seulement 35% des secteurs étudiés. Ce qui signifie qu'une majorité (65%) du linéaire de rivière concerné abrite des populations de juvéniles en place présentant des symptômes pathologiques quelle que soit l'origine du recrutement. Les populations montrent majoritairement plus de sensibilité aux symptômes de maladies bactériennes (63% des secteurs) qu'à ceux de la PKD (17% des secteurs).

Les indices de maladies sur les individus d'origine naturelle se retrouvent sur moins de secteurs que celles des individus introduits avec respectivement 55% et 37% de secteurs sur lesquels aucun symptôme n'a été observé. De même, les symptômes pathologiques d'origine bactérienne sont plus souvent rencontrés chez les juvéniles introduits (61%) que chez les individus naturels (41%). Par contre les indices de PKD s'observent plus fréquemment chez les poissons issus du recrutement naturel.

Un résultat important pour la gestion des populations naturelles est la mise évidence à large échelle de l'existence de taux non négligeables de juvéniles 0+ présentant des symptômes de pathologies bactériennes et de PKD. En particulier la découverte de la PKD, pathologie parasitaire, pourrait être un des facteurs explicatifs du déficit des populations de truites sur certains secteurs. En effet, cette maladie a été identifiée récemment en Grande Bretagne (Feist *et al.* 2002) et également sur le territoire Suisse (Wahli *et al.* 2002), proche de notre zone d'étude, où elle est considérée sur certains secteurs comme responsable du déclin piscicole (Burkhardt-Holm *et al.* 2002). Cet axe de recherche est d'autant plus pertinent dans le contexte actuel que le développement du parasite peut être favorisé par la dégradation de la qualité des eaux (Schmidt-Posthaus *et al.* 2001; El-Matbouli et Hoffmann, 2002) et le réchauffement climatique (Renata *et al.* 2006) qui entraîne une élévation des températures estivales de l'eau.

A retenir

Une majorité des rivières étudiées montre des symptômes pathologiques au niveau des 0+. Les pathologies sont observées aussi bien sur les individus repeuplés que sur les naturels. Les populations semblent montrer plus de sensibilité aux maladies bactériennes qu'à la PKD. Des symptômes de PKD ont été découverts sur plusieurs rivières de Haute-Savoie.

7) Caractéristiques et contribution du repeuplement dans les captures par pêche à la ligne

Les résultats des suivis des captures de truites dans la pêche sont présentés en distinguant les résultats obtenus sur l'ensemble du réseau hydrographique à partir de 2002 et ceux obtenus sur le site pilote des Dranses. En effet, les suivis dans les captures à l'échelle entière du département, ont commencé à partir de la saison 2004 et se sont poursuivis jusqu'en 2006 afin de prendre en compte les cohortes 2002, 2003 et 2004 marquées sur l'ensemble du département. Sur le système pilote des Dranses où des repeuplements de réhabilitation sont pratiqués à partir de 0+ issus d'un stock de géniteurs autochtones, les marquages en masse des 0+ introduits d'origine méditerranéenne ont débuté en 2000, et les captures par pêche ont été suivies dès la saison 2002.

7.1) Caractéristiques générales des captures par pêche à la ligne

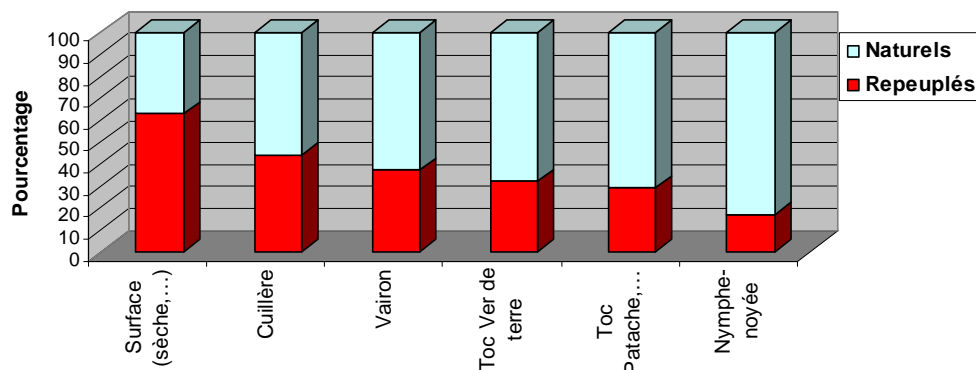
Au total, en regroupant les échantillons prélevés sur la Dranses à partir de 2002 et sur l'ensemble du département à partir de 2004, 2914 truites ont été capturées par les pêcheurs volontaires. A ce nombre doivent être retirés 689 individus ne faisant pas partie des cohortes potentiellement marquées et 11 individus pour lesquels les otolithes n'étaient pas utilisables. Aussi, les analyses des captures par pêche à la ligne ont porté sur un total de 2214 truites dont 1995 sur l'ensemble du département et 219 sur le système pilote des Dranses (tableau n°3).

Tableau 3 : Synthèse des truites capturées par saison de pêche par les pêcheurs volontaires pour le système des Dranses et pour l'ensemble du département.

Secteur	Saison de pêche	Captures totales	Captures potentiellement marquées
Système des Dranses	2002	84	77
	2003	151	142
	Total	235	219
Ensemble du Département	2004	1276	793
	2005	934	765
	2006	469	437
	Total	2679	1995

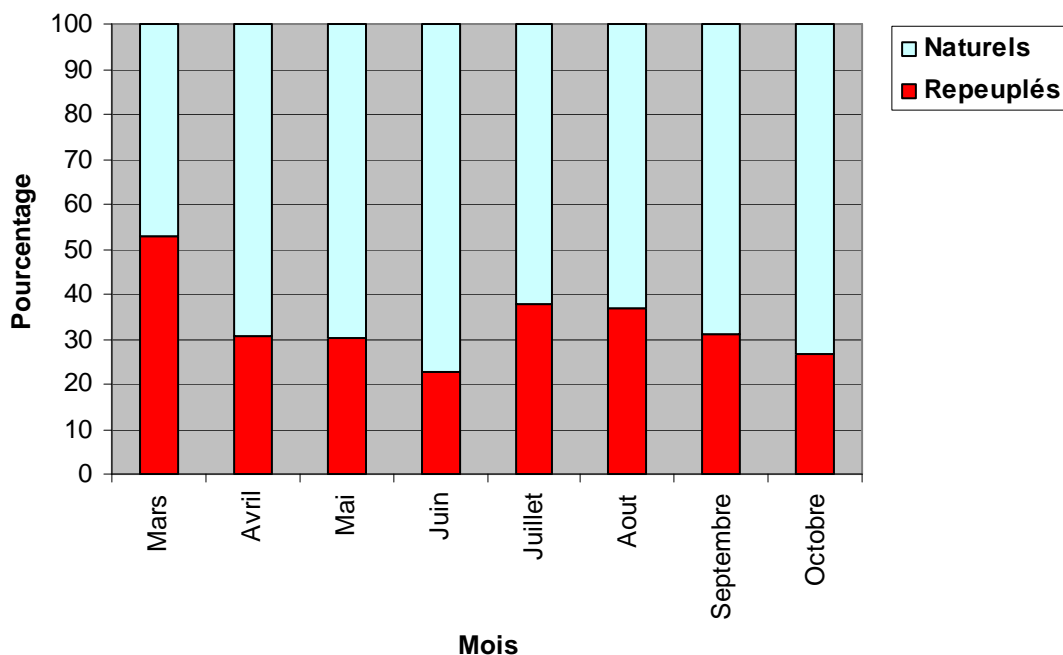
L'origine de recrutement des poissons capturés (naturels ou repeuplés) varie beaucoup selon les techniques de pêche (Figure 28). En effet, Les pêches de surface à la mouche sèche ou à la sauterelle ont permis de prendre significativement ($P < 0,01$) plus de poissons repeuplés que les toutes les autres techniques. Les proportions de poissons naturels et repeuplés dans les captures réalisées à la cuillère sont comparables à celles réalisées à la dandine. Par contre, la technique de pêche à la cuillère prend significativement ($P < 0,01$) plus de poissons repeuplés que les techniques de pêches au toc et à la nymphe (Figure 28).

Figure 28 : Répartition des truites naturelles et issues des repeuplements capturées en fonction des différentes techniques de pêche pour l'ensemble des poissons échantillonnés.



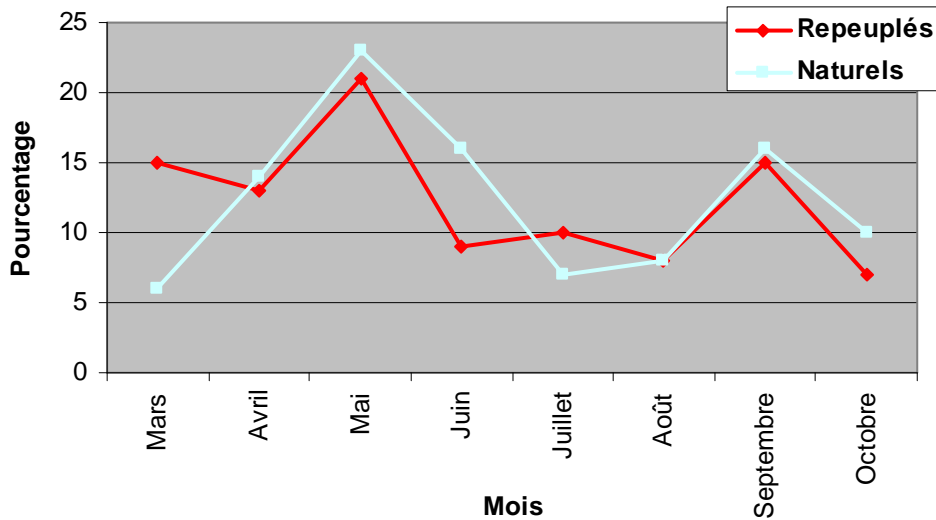
La répartition des captures analysées mensuellement (Figure 29) pour l'ensemble des saisons de pêche étudiées montrent que le taux de poissons repeuplés est significativement ($P < 0,01$) plus élevés au mois de mars (53%) que pour les autres mois. Les autres mois les taux de poissons issus des repeuplements varient entre 23 à 38 % mais ne diffèrent pas significativement ($P > 0,05$) entre eux.

Figure 29 : Contribution mensuelle des truites naturelles et repeuplés dans les captures par pêche à la ligne des truites pour l'ensemble des saisons de pêches étudiées



Mis à part le mois de mars, où les différences sont significatives ($P < 0,01$), la répartition des captures par mois suit la même tendance avec deux pics de captures observés, en mai et septembre quelle que soit l'origine des poissons, naturels ou repeuplés (Figure 30).

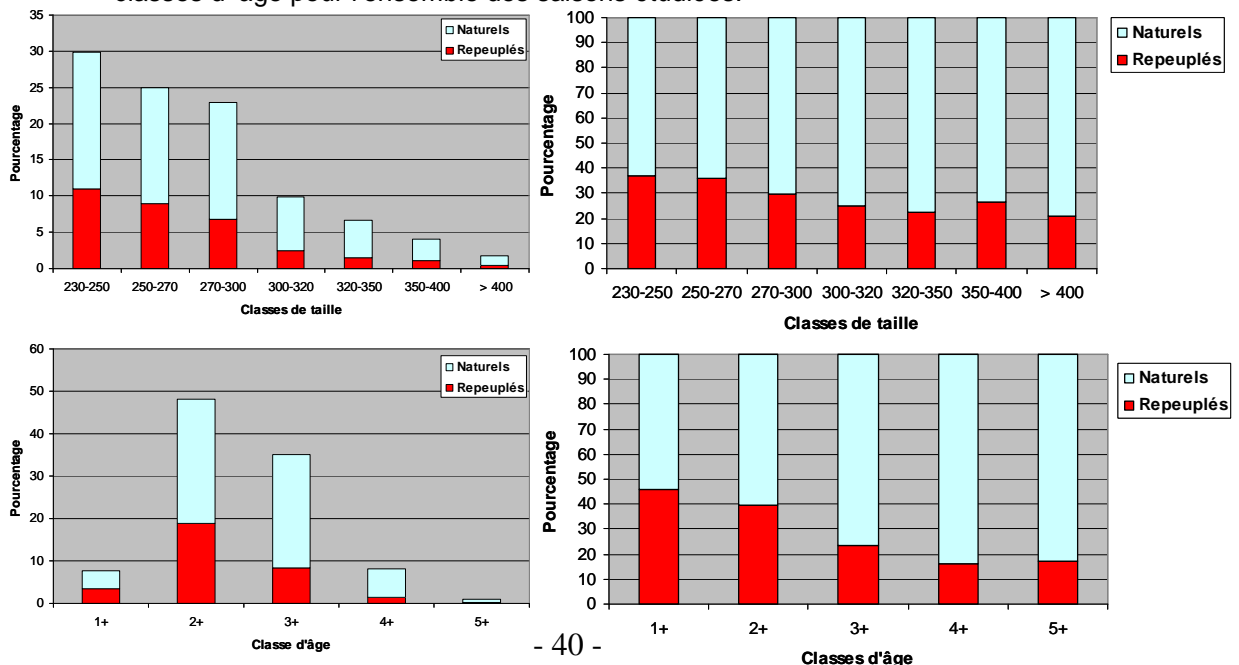
Figure 30 : Répartition des captures par mois pour les deux origines de poissons (naturelle ou repeuplée) pour l'ensemble des saisons de pêche étudiées.



La structure en taille des truites capturées montre que les captures de taille inférieure à 300 mm sont largement majoritaire (78%) avec une domination de la classe 230-250 mm (30%). Le taux de poissons issus du repeuplement dans les classes de taille 230-250 et 250-270 est significativement ($P < 0,01$) supérieur à ceux des classes au dessus de 300 mm. Par contre, le taux d'individus repeuplés ne varie pas significativement ($P > 0,05$) entre les 3 classes de taille 230-250, 250-270 et 270-300 mm de même qu'entre les 4 classes de tailles les plus élevées.

La structure en âge des captures indique que quelques poissons à croissance rapide atteignent la taille légale de capture dès le stade 1+. Cependant la majorité des captures sont âgées de 2+ (48%) et le total des classes d'âge 1+, 2+ et 3+ représentent 91% des captures. Le taux d'individus issus des repeuplements varie en fonction des classes d'âge. Ce taux est nettement plus important pour les classes d'âge jeunes (1+, 2+) que pour les classes d'âge âgées ($\geq 3+$). En effet, à partir de la classe d'âge 3+, les taux d'individus repeuplés dans les captures sont significativement ($P < 0,01$) plus faibles que ceux des classes d'âge 1+ et 2+. Par contre ces taux ne diffèrent pas significativement ($P > 0,05$) entre les classes 1+ et 2+ et de même qu'entre les classes 3+, 4+ et 5+.

Figure 31 : Répartition et contribution des poissons naturels et repeuplés par classes de taille et classes d'âge pour l'ensemble des saisons étudiées.



Afin de réaliser une analyses plus fine le total des captures au cours des saisons de pêche a été divisé en trois périodes comme suit :

- début de saisons (DS) : mars, avril et mai
- milieu de saison (MS) : juin et juillet
- fin de saison (FS) : août, septembre et octobre

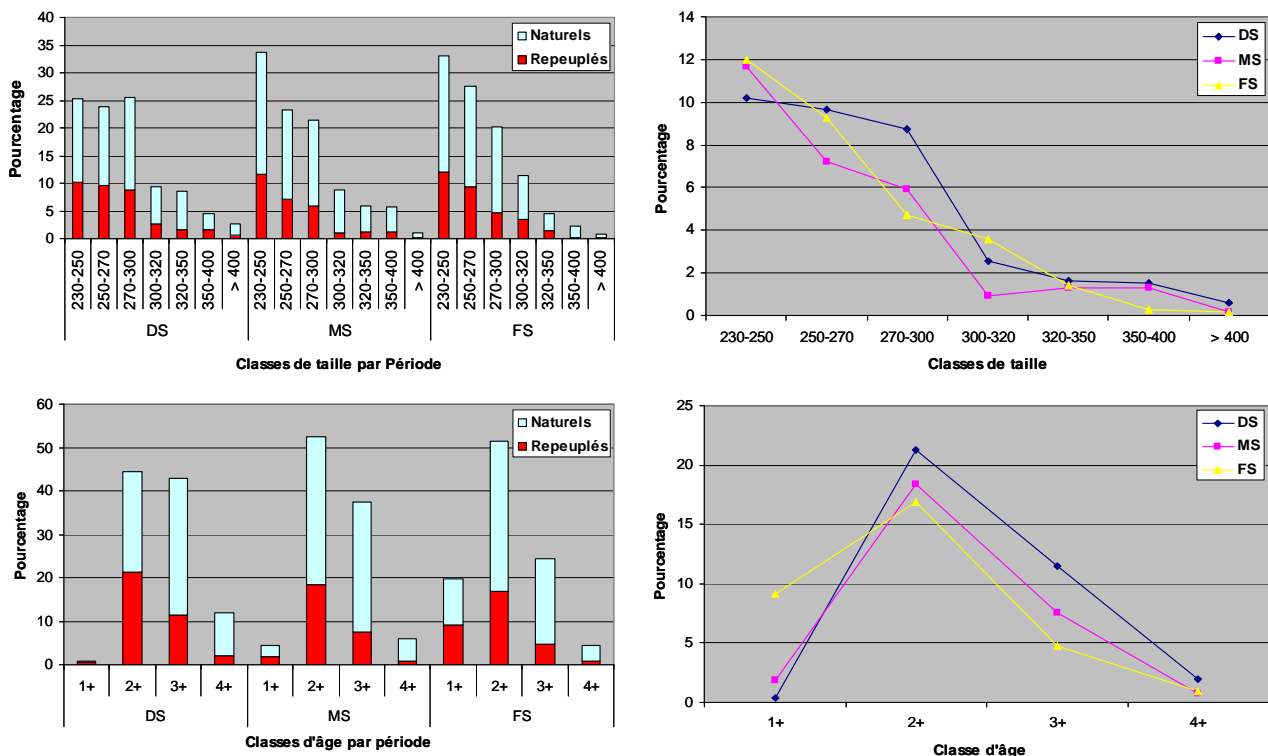
Le tableau 4 présente, période par période, et pour les quatre classes d'âge étudiées, la taille moyenne des truites capturées pour l'ensemble des saisons de pêche. Pour toutes les périodes et pour toutes les classes d'âges, aucune différence de taille significative ($P > 0,05$) n'est observée entre poissons marqués et non marqués. Pour les deux classes d'âges 2+ et 3+, la taille des individus marqués et non marqués ne varient pas significativement ($P > 0,05$) en fonction de la période. Les tailles restent également identiques ($P > 0,05$) au cours de la saison de pêche d'une période à l'autre pour les individus 1+ marqués et 4+ marqués. Par contre, pour les poissons non marqués des classes d'âge 1+ et 4+, les tailles moyennes en début et milieu de saison sont significativement ($P < 0,01$) plus élevée que celles observées en fin de saison. Pour la classe d'âge 1+ et toujours pour les poissons non marqués la taille moyenne en début de saison et également significativement ($P < 0,01$) supérieur à celle obtenue en milieu de saison.

Tableau 4 : Taille moyenne par classes d'âges des truites marquées et non marquées capturées par période de pêche au cours des saisons de pêches étudiées.

Période de pêche	1+		2+		3+		4+	
	Non marqués	marqués	Non marqués	marqués	Non marqués	marqués	Non marqués	marqués
Début de saison	(4) 299 ± 6	(4) 252 ± 29	(221) 272 ± 35	(204) 267 ± 27	(301) 290 ± 43	(110) 294 ± 46	(96) 317 ± 70	(18) 306 ± 61
Milieu de saison	(13) 243 ± 8	(10) 242 ± 7	(183) 272 ± 36	(99) 266 ± 34	(160) 288 ± 46	(41) 285 ± 36	(29) 317 ± 50	(4) 351 ± 110
Fin de saison	(74) 260 ± 25	(63) 255 ± 26	(240) 273 ± 31	(117) 273 ± 33	(136) 285 ± 40	(33) 282 ± 56	(24) 288 ± 43	(6) 271 ± 25

La répartition des captures totales par classes de taille et par classes d'âge ne varient pas au cours de la saison de pêche en fonction des périodes DS, MS et FS (Figure 32). La répartition des individus marqués dans les classes de tailles reste identique pour les trois périodes et est comparable à celle obtenue sur le total de la saison (Figure 32) avec des taux de poissons repeuplés plus importants dans les classes d'âge inférieures à 300mm. Par contre, la répartition des individus marqués et non marqués varie en fonction de l'âge. En effet, la proportion d'individus issus des repeuplements dans les captures d'âge 1+ est significativement ($P < 0,01$) plus élevée que dans les captures des autres classes d'âge (Figure 32).

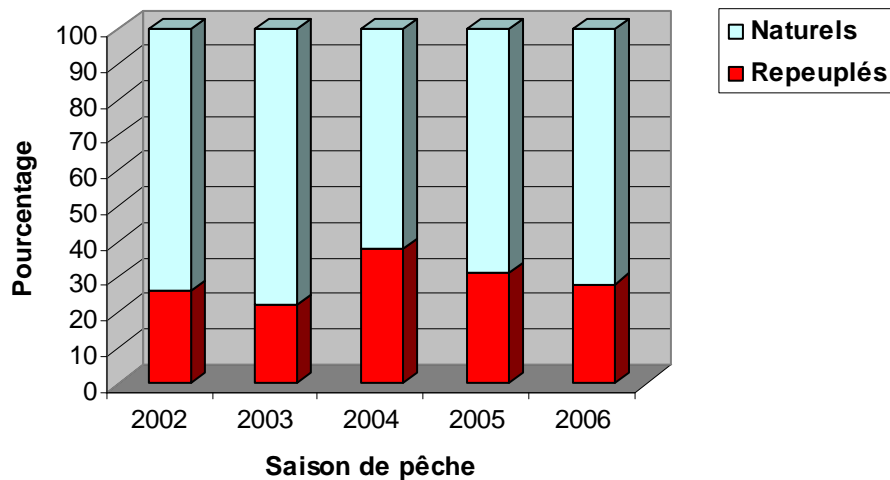
Figure 32 : Répartition et évolution des taux d'individus marqués par classes de taille et par classes d'âge pour les trois périodes début de saison, milieu de saison et fin de saison sur l'ensemble des saisons étudiées.



7.2) Contributions globales des repeuplements dans les captures sur l'ensemble du département

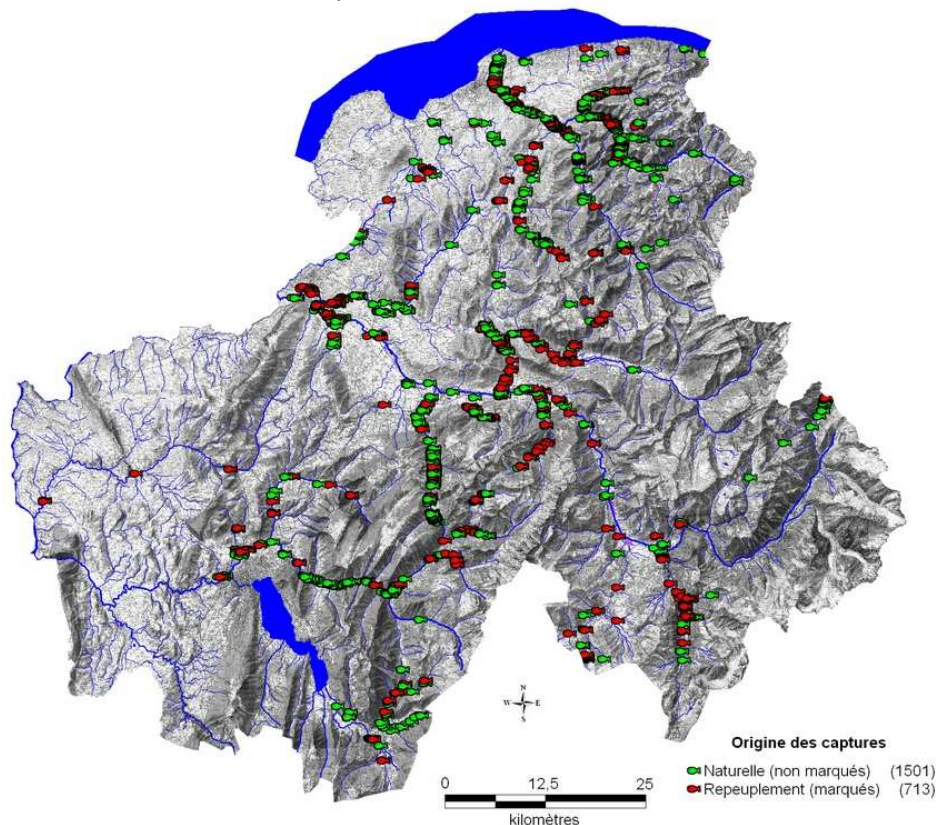
Pour toutes les saisons de pêche suivies, les pourcentages d'individus naturels dans les captures par pêche à la ligne échantillonnées sont majoritaires avec des taux variant de 62 à 78 % (Figure 33). En raison des différences de nombre de captures d'un bassin à l'autre, il importe d'analyser plus précisément la situation rivière par rivière.

Figure 33 : Contributions des truites naturelles et repeuplées dans les captures par pêches à la ligne pour les 5 saisons de pêches étudiées.



La répartition géographique sur l'ensemble du département des 2214 captures analysées est présentée dans la figure 34.

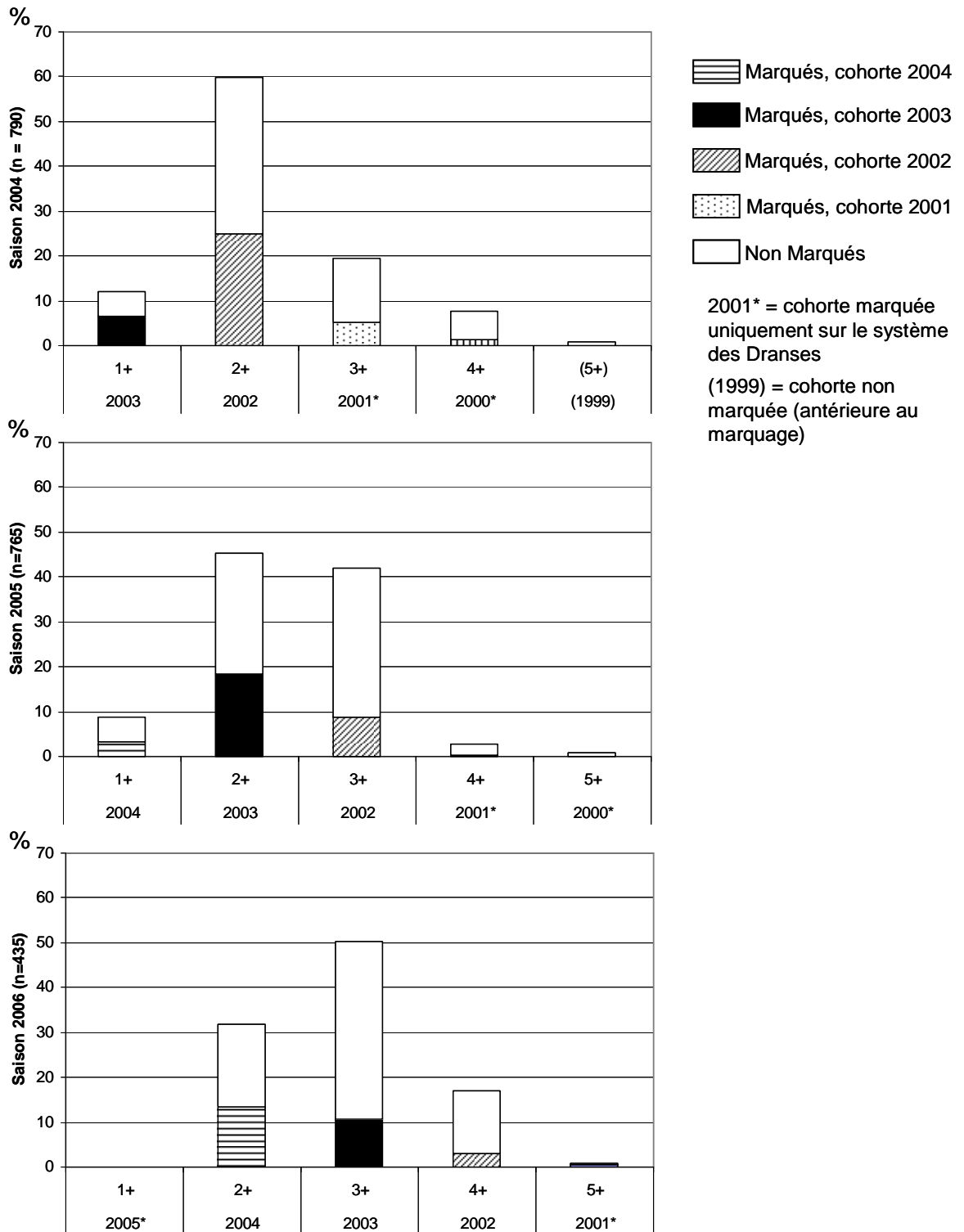
Figure 34 : répartition géographique des captures par pêche à la ligne en fonction de leur origine sur l'ensemble du département



La figure 35 présente l'évolution des individus marqués par cohorte au cours des trois saisons de pêche 2004, 2005 et 2006.

Pour les deux cohortes 2003 et 2004, les taux de marqués ne diffèrent pas significativement ($P > 0,05$) entre la classe d'âge 1+ et 2+. De même, les taux restent stables ($P > 0,05$) entre les classes d'âges 3+ et 4+ pour les cohortes 2001 et 2002 ainsi qu'entre les classes d'âges 4+ et 5+ pour les cohortes 2000 et 2001. Par contre, une baisse significative ($P < 0,01$) du taux de marqués est observée entre les classes d'âge 2+ et 3+ pour les deux cohortes 2002 et 2003.

Figure 35 : Taux de truites marquées et non marquées pour chaque cohorte suivie obtenues au cours des saisons 2004, 2005 et 2006 sur l'ensemble du département.

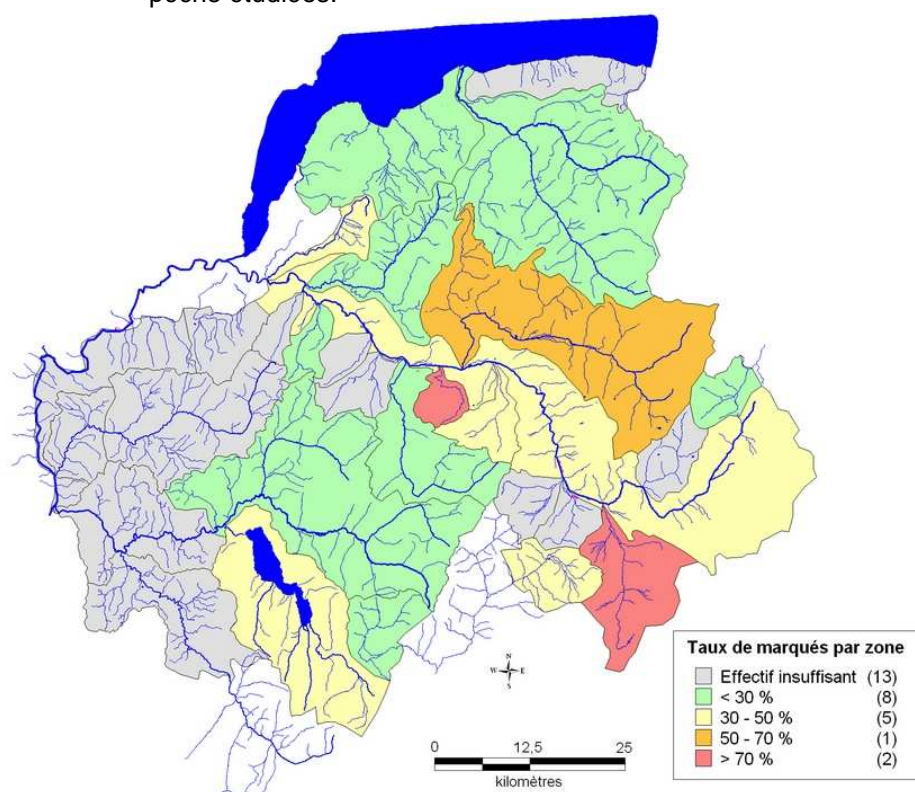


7.3) Contributions des repeuplements par secteur

7.3.1) Contribution globale

13 secteurs montrent un nombre de captures par les pêcheurs volontaires insuffisants pour permettre d'estimer correctement la part des individus naturels et repeuplés. Par contre 8 secteurs sur 16 (50%) montrent un taux d'individus marqués inférieur à 30 %. Seuls les bassins du Giffre, du Bon Nant et du Bronze présentent une part d'individus issus des repeuplement majoritaire (> 50%) par rapport à celle issue du recrutement naturel. Le fort taux d'individus marqués dans les captures (> 70 %) réalisées sur le Bronze et le Bon Nant peuvent s'expliquer par les lâchers de poissons surdensitaires et de sujets 1+ de grande taille et à forte croissance réalisés à l'automne de chaque année.

Figure 36 : Taux de marqués par zone ou bassin versant obtenues sur l'ensemble des saisons de pêche étudiées.



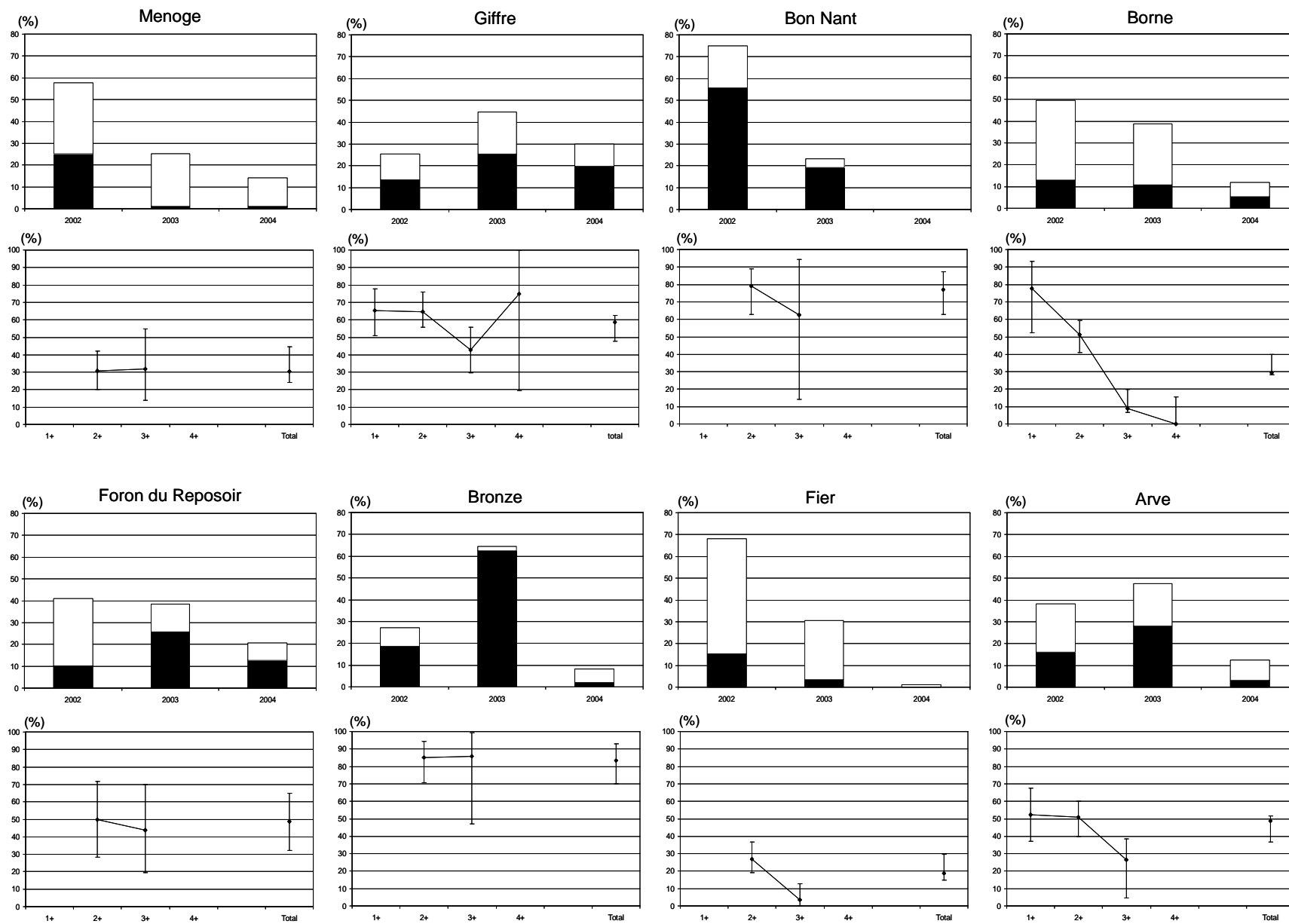
7.3.2) Contribution des repeuplements traditionnels sur 8 zones différents

Sur 8 zones à savoir, la Menoge, le Giffre, le Bon Nant, le Borne, Le Foron du Reposoir, le Bronze, le Fier, et l'Arve, les captures des pêcheurs volontaires ont été suffisantes pour réalisées une analyse plus précise (Figure 37).

D'une zone à l'autre, la répartition des captures totales (truites marquées ou non) varie fortement au sein des différentes cohortes. La contribution par cohorte des individus marqués montre des variations importantes entre les zones mais également entre les cohortes pour une même zone. Pour le Bronze et l'Arve, la contribution des truites repeuplées est très importante pour les cohortes 2002 et 2003 mais significativement ($P < 0,01$) plus faible pour la cohorte 2004. Sur le Giffre, le Bon Nant et le Foron du Reposoir, les contributions des poissons marqués dans les captures restent élevées pour l'ensemble des cohortes suivies. Par contre, sur la Menoge, le Borne et le Fier, les taux de truites marqués restent faibles et minoritaires par rapport aux taux d'individus issus du recrutement naturel pour les trois cohortes 2002, 2003 et 2004.

Pour toutes les classes d'âges réunies et sur l'ensemble des saisons de pêche suivies, les taux de poissons marqués dans les captures des pêcheurs varient de 20 à plus de 80 %. Pour les trois saisons de pêche regroupées, la dynamique de la contribution des individus marqués en fonction l'âge montre de fortes différences inter-zones. Sur certaines zones, comme la Menoge, le Foron du Reposoir et le Bronze, les taux de marqués restent comparables d'une classes d'âge à l'autre et en particulier ne chutent pas de l'âge 2+ à l'âge 3+. Sur une majorité de zones (Giffre, Bon Nant, Fier, Arve et Borne, on observe une chutes du taux de poissons marqués entre les classes d'âges 2+ et 3+. Cette baisse importante des poissons marqués dans la pêche aux âges supérieurs est significative ($P < 0,01$) pour toutes ces rivières concernées sauf le Bon Nant. Le Borne montre une chute constante du taux de marqués dans les captures du stade 1+ au stade 4+.

Figure 37 : Evolution des taux de marqués par saisons de pêche et par classes d'âge pour les trois saisons de pêche regroupées pour 8 zones du département.



7.3.3) Contribution des repeuplements MED sur le système des Dranses

L'ensemble de cette étude a fait l'objet à elle seule d'une publication scientifique dans la revue *Cybium* (voir annexe 3).

Sur le système des Dranses, le repérage de plusieurs populations MED natives faiblement introgressées (Guyomard, 1989 ; Largiader *et al.*, 1996 ; Launey *et al.*, 2003 ; Caudron *et al.*, 2006c) a conduit à entreprendre une démarche associant gestionnaires et scientifiques visant à : 1) évaluer des pratiques traditionnelles de repeuplement ATL utilisées en aveugle depuis des décennies, 2) mettre en place des pratiques de gestion alternatives plus respectueuses de la composante autochtone MED comme le repeuplement de réhabilitation utilisant des alevins issus d'un stock captif de géniteurs MED, 3) suivre à grande échelle la contribution de ce mode de repeuplement grâce à l'utilisation de la technique de fluoromarquage de masse des otolithes.

Historique des repeuplements et évolution des pratiques de gestion

Historiquement et jusqu'en 1996, le système des Dranses a été repeuplé massivement pendant près d'un siècle avec des truites domestiques ATL. Au cours des années 1980 et 1990, les quantités utilisées pour repeupler ce système variaient de 800 000 à 1 000 000 d'alevins et truitelles par an (soit en moyenne environ 1,5 individus / m²).

A partir de 1996, suite aux premiers résultats des suivis par fluoromarquage des alevins introduits et des études génétiques (Largiader *et al.*, 1996 ; Launey *et al.*, 2003), les gestionnaires appuyés par les scientifiques ont fait évoluer leurs pratiques de gestion vers un objectif majeur, à savoir la préservation et la réhabilitation du rameau méditerranéen autochtone encore présent sur certaines parties du système. Cette évolution a consisté en :

- 1) la création sur la Dranse d'Abondance d'une zone sanctuaire sans repeuplement sur l'ensemble de la zone DA1 (Figure 38) ;
- 2) une augmentation locale, au sein de la zone DA1, de l'aire de répartition de cette population autochtone en pratiquant un transfert de géniteurs sauvages sur la zone amont de la Dranse d'Abondance, en amont d'un obstacle infranchissable ;
- 3) l'arrêt, sur l'ensemble du bassin des Dranses, des déversements d'alevins ATL domestiques ;
- 4) la production d'alevins du rameau évolutif MED par un stock de géniteurs constitué à partir d'adultes issus de DA1 et porteurs d'allèles méditerranéens (2 à 3 marqueurs diagnostics, Largiader et Launey, données non publiées). Cette production était destinée à réhabiliter et/ou renforcer des populations MED sur l'ensemble du bassin des Dranses.

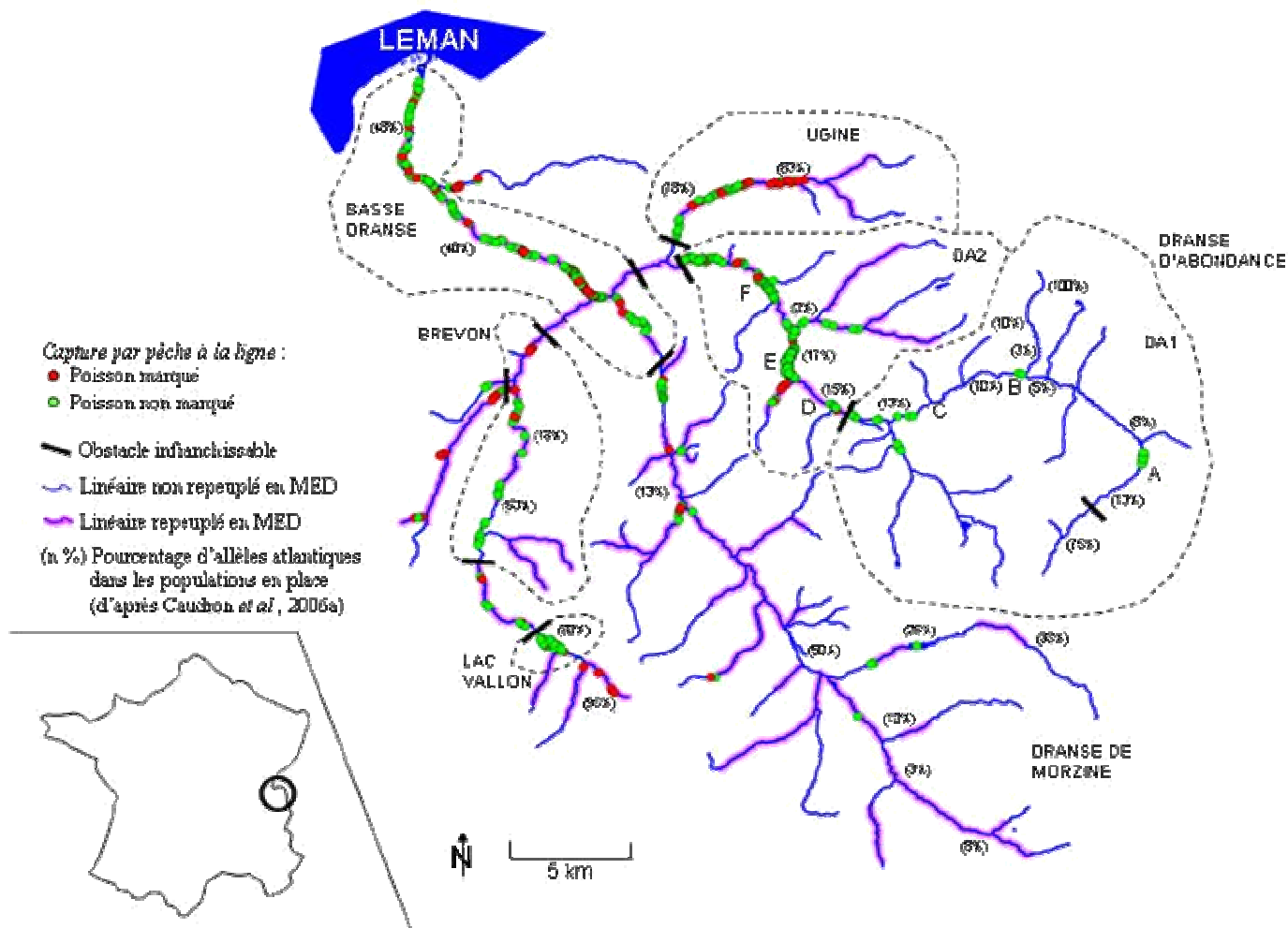
Ainsi à partir de 1999 pour les trois rivières principales et de 2000 pour la Basse Dranse, la totalité des poissons introduits dans la zone d'étude sont issus de ce stock de géniteurs MED. Les individus MED ont été introduits au stade d'alevins légèrement nourris (2-3 cm) sur les trois branches principales du système (Dranse d'Abondance, Dranse de Morzine et Brevon) et à trois stades différents sur la Basse Dranse, à savoir alevins un peu plus âgés (4-5 cm), estivaux (6-8 cm) et truitelles de 1 an. Les quantités totales de poissons introduites annuellement sont comprises entre 150 000 et 200 000 (soit 0,3 individus/m²). Ces quantités et densités d'alevinage sont donc environ 5 fois moins importantes que celles utilisées auparavant lors des repeuplements traditionnels.

Suivi des repeuplements traditionnel ATL

Les pratiques de repeuplement traditionnel ont été évaluées uniquement au stade des juvéniles en place à l'automne sur 3 zones (DA1 et DA2) du sous bassin de la Dranse d'Abondance (Figure 38). Pour ce faire, la totalité des alevins de truites ATL déversés en 1995 a été marquée au stade d'alevins vésiculés par fluoromarquage des otolithes au chlorohydrate de tétracycline (CHTC) selon la méthode décrite par Champigneulle et Rojas Beltran (2001). Un lot de 130 000 alevins en fin de résorption a été réparti en avril 1995 sur la zone DA2. 130 000 autres alevins, nourris quelques semaines, ont été répartis sur la zone DA1.

Ensuite, des échantillonnages de la cohorte 1995 ont été réalisés à l'automne 1995 (stade 0+) et 1996 (stade 1+) dans chacune des zones DA1 et DA2. Sur chaque zone, trois secteurs (A, B, C sur DA1 et D, E, F sur DA2) localisés de manière à être représentatifs des zones étudiées et longs de plusieurs centaines de mètres ont été prospectés par pêche électrique de sondage (Figure 38). L'ensemble des individus sacrifiés, après prélèvement, a été conservé au congélateur (-18°C) et traité ultérieurement en laboratoire.

Figure 38 : Localisation sur le système hydrographique des Dranses des zones (aires en pointillés) et secteurs d'études (A, B, C, D, E, F) utilisés pour le suivi de la contribution des individus repeuplés. (n%) : Pourcentage d'allèles atlantiques dans les populations d'adultes en place.



Suivi des repeuplements de réhabilitation MED

Tous les poissons MED déversés dans le système Dranse à partir de 1999 ont été marqués aux otolithes par une baignade de 3 heures dans une solution d'Alizarine redS (ARS) (Caudron et Champigneulle 2006). Ensuite, des échantillonnages, toujours par pêche électrique de sondage, de juvéniles au stade 0+ et 1+ ont été pratiqués en 2000 sur les mêmes secteurs de la zone DA2 que ceux échantillonnés en 1995 et 96 dans le cadre du suivi du repeuplement traditionnel (Figure 38). La zone DA1 ayant été mise en zone sanctuaire sans repeuplement à partir de 1996 ; elle n'a donc pas fait l'objet d'un suivi des repeuplements MED.

Le suivi a été prolongé dans les captures par pêche à la ligne durant quatre années consécutives, 2002, 2003, 2004 et 2005 et étendu à l'ensemble du système des Dranses. Pour ce faire, des pêcheurs volontaires ont accepté de renseigner leurs captures (date, lieu, taille) et de réaliser les prélèvements nécessaires (écailles et tête). Cet échantillonnage a concerné l'ensemble des quatre saisons de pêche de mars à octobre et il a porté sur des truites ayant atteint la taille légale de capture fixée à 23 cm (longueur totale).

Traitements et analyses des données

L'âge de tous les individus échantillonnés (juvéniles et adultes) a été estimé par scalimétrie de manière à sélectionner uniquement les cohortes suivies. Pour chaque truite examinée, la tête a été disséquée, les otolithes (sagittae) ont été extraits, préparés et lus pour repérer la présence éventuelle d'une marque. Pour la présentation des résultats, l'ensemble du réseau concerné, a été divisé en zones homogènes en fonction de la présence des obstacles à la migration et de la répartition des captures des pêcheurs (Figure 38). Sur chaque zone étudiée, la contribution des individus marqués a

été traduite en pourcentage. Les intervalles de confiance à 95% de ces taux de marqués ont été calculés à partir des tables de Beyer (1986). Les contributions respectives des poissons marqués et non marqués ont été comparées à l'aide des tests non paramétriques, Chi² lorsque les échantillons étaient suffisamment grands, et test exact de Fisher (Sprent, 1992) pour les petits échantillons. L'ensemble des résultats obtenus dans les différents domaines a été intégré dans un système d'information géographique sous le logiciel Mapinfo 7.0 afin de faciliter le traitement des données sur le plan spatial.

Bilan aux stades 0+ et 1+ des repeuplements traditionnels ATL (tableau 5)

Les repeuplements ATL domestiques montrent aux stades 0+ et 1+ en place à l'automne des contributions différentes entre la zone amont (DA1) et aval (DA2) du cours principal de la Dranse d'Abondance. Pour les deux classes d'âge, l'impact global de l'alevinage est significativement plus élevé ($p < 0,01$) sur DA1 (repeuplement en alevins nourris) que sur DA2 (repeuplement en alevins vésiculés) avec des valeurs respectives de 42,8 et 6,7 % au stade 0+ et de 20 et 0 % au stade 1+.

La contribution du repeuplement ATL mesurée au stade 0+ en automne varie selon les secteurs entre 23,3 et 72,5 % en zone amont DA1 et entre 3,8 et 13,6 % en zone aval DA2. Au stade 0+, seuls les taux de marqués entre les secteurs A et D, et les secteurs C et D montrent des valeurs non significativement différentes. Tous les autres taux de 0+ marqués des secteurs de la zone DA1 sont significativement plus élevés ($p < 0,05$) que ceux des secteurs de la zone DA2.

Pour DA1, le secteur B montre un taux de 0+ marqués significativement ($p < 0,001$) supérieur à ceux des deux autres secteurs. Pour DA2 les différences inter-secteurs observées ne sont pas significatives ($p > 0,05$).

Au stade 1+ au sein des deux zones les impacts d'alevinage ne diffèrent pas de manière significative ($p > 0,05$) entre les secteurs étudiés. La contribution du repeuplement traditionnel mesurée au stade 1+ est faible sur la zone DA1 avec des valeurs comprises entre 6,3 et 28,6 % et devient même nulle (0%) sur la zone DA2. Sur les 5 secteurs suivis et sur l'ensemble regroupé des deux zones, les taux de marqués dans la population en place baissent entre le stade 0+ et 1+.

En conclusion, la contribution d'un repeuplement quantitativement important de 130 000 alevins vésiculés ATL sur DA2 a été faible au stade 0+ et nulle au stade 1+. La contribution d'un repeuplement quantitativement important de 130 000 alevins nourris sur DA1 a été assez forte au stade 0+ mais elle a fortement chuté, devenant faible au stade 1+. Ainsi, pour la cohorte 1995, 71 à 100 % des effectifs de la classe d'âge 1+ proviennent du recrutement naturel.

Bilan aux stades 0+ et 1+ des repeuplements de réhabilitation MED sur la Dranse d'Abondance (tableau 5)

Dans le cas du repeuplement MED sur la zone DA2, les taux de marqués observés sur les 3 secteurs varient entre 5,9 et 25,3 % et ne diffèrent pas dans leur ensemble ($p > 0,05$). La pratique des repeuplements MED semble apporter une contribution relative globale plus importante que celle obtenue avec les repeuplements ATL. En effet, sur l'ensemble de la zone DA2, l'impact du repeuplement MED est significativement ($p < 0,01$) plus élevé pour les deux stades 0+ (cohorte 2000) et 1+ (cohorte 1999) que celui observé sur la même zone avec des repeuplements ATL (cohorte 1995). Cette observation est renforcée par le fait que les repeuplements MED de réhabilitation utilisent des quantités cinq fois moins importantes d'alevins que les repeuplements ATL traditionnels.

Cependant, comme avec les repeuplements ATL, les impacts d'alevinages obtenus avec les repeuplements MED montrent que l'essentiel du recrutement reste toujours naturel.

Les résultats de la présente étude montrent que les pratiques de repeuplements en truite commune, qu'elles soient traditionnelles (ATL) ou dites de réhabilitation (MED), peuvent avoir une contribution très variable dans les populations automnales de juvéniles en place.

Dans le cas des repeuplements traditionnels en ATL domestiques, l'étude menée suggère l'existence de fortes variations de leur contribution mesurée aux stades de juvéniles 0+ et 1+ en automne. Une part de cette variation apparaît liée aux stades/périodes de déversement en accord avec les travaux de Hume et Parkinson (1988). Cependant malgré la pratique de déversements à des densités élevées, la présente étude a montré que l'essentiel du recrutement en juvéniles 1+ provient de la reproduction naturelle et que d'importantes quantités de poissons ATL introduits au stade d'alevins vésiculés peuvent ne pas contribuer à ce recrutement.

Par ailleurs, l'impact des alevinages, pour les deux souches de poissons déversés, montre d'importantes variations inter-zones et même inter-secteurs au sein de chaque zone. Caudron et Champigneulle (2002) ont déjà montré sur le Fier, un autre torrent haut-savoyard, de fortes variations au stade de juvéniles de la contribution du repeuplement dans le cas de pratiques traditionnelles. Des

résultats similaires ont également été obtenus sur le Doubs par Champigneulle *et al.* (2002). Cette grande variabilité est confortée par les résultats obtenus sur les juvéniles sur l'ensemble du département montrant, selon les sites, des impacts d'alevinages allant de 0 à 100 %. De même, Virbickas et Kesminas (2002) ont trouvé sur des rivières en Lituanie des taux d'implantation des individus introduits variant, selon les sites, de 1,2 à 76,4 % pour la truite. Ces résultats appellent donc à la prudence quant à leur généralisation à d'autres secteurs même proches et concernés par des pratiques de repeuplement comparables. Ceci conduit également à préconiser dans les protocoles de suivi une bonne répartition spatiale du repeuplement et la collecte de grands échantillons répartis sur de grands linéaires.

Les comparaisons des contributions des repeuplements entre les deux origines ATL et MED restent difficiles à entreprendre en raison d'une part des variations observées pour une même origine et d'autre part des nombreux autres facteurs (mésologiques, biologiques, hydrologiques,...) pouvant influencer les résultats. Garcia-Marin *et al.* (1999) évoquent cette difficulté d'étudier l'efficacité des repeuplements en raison des nombreux facteurs qui peuvent interférer. Les résultats obtenus dans la présente étude suggèrent néanmoins que les repeuplements en alevins nourris MED pratiqués à faible densité (0,3 ind/m²) contribueraient de manière équivalente (mesurée au stade 1+) à celle des alevins nourris ATL déversés en quantités cinq fois plus importantes. On ne peut cependant exclure des effets négatifs d'alevinages en surnombre. A ce sujet, McMenemy (1995) a mis en évidence que les densités de parrs produits par des alevinages de saumon atlantique (*Salmo salar*) pratiqués à faible densité (32 ind/100m²) n'étaient pas significativement différents de ceux pratiqués à forte densité (117 ind/100m²).

Un résultat majeur de l'étude a été de montrer que, sur la Dranse d'Abondance, quels que soient les repeuplements pratiqués (densité, origine, stades), le recrutement au stade 1+ restait essentiellement assuré par la production naturelle de truites.

Tableau 5 : Contribution des repeuplements ATL et MED par secteur sur les zones d'études DA 1 et DA 2 situés sur la Dranse d'Abondance.

Zone	Secteur	Repeuplement ATL		Repeuplement MED	
		0+ (coh95)	1+ (coh95)	0+ (coh00)	1+ (coh99)
DA1	A	28,2% (64)	23,3% (30)		
	B	72,5% (80)	28,6% (14)		
	C	23,3% (73)	6,3% (16)		
	Total DA1	42,8% (217)	20% (60)		
DA2	D	13,6% (22)	0% (16)	5,9% (17)	57,9% (19)
	E	6,8% (59)	0% (25)	19,1% (47)	10,7% (28)
	F	3,8% (52)		25,3% (87)	
	Total DA2	6,7% (133)	0% (41)	21,2% (151)	29,8% (47)

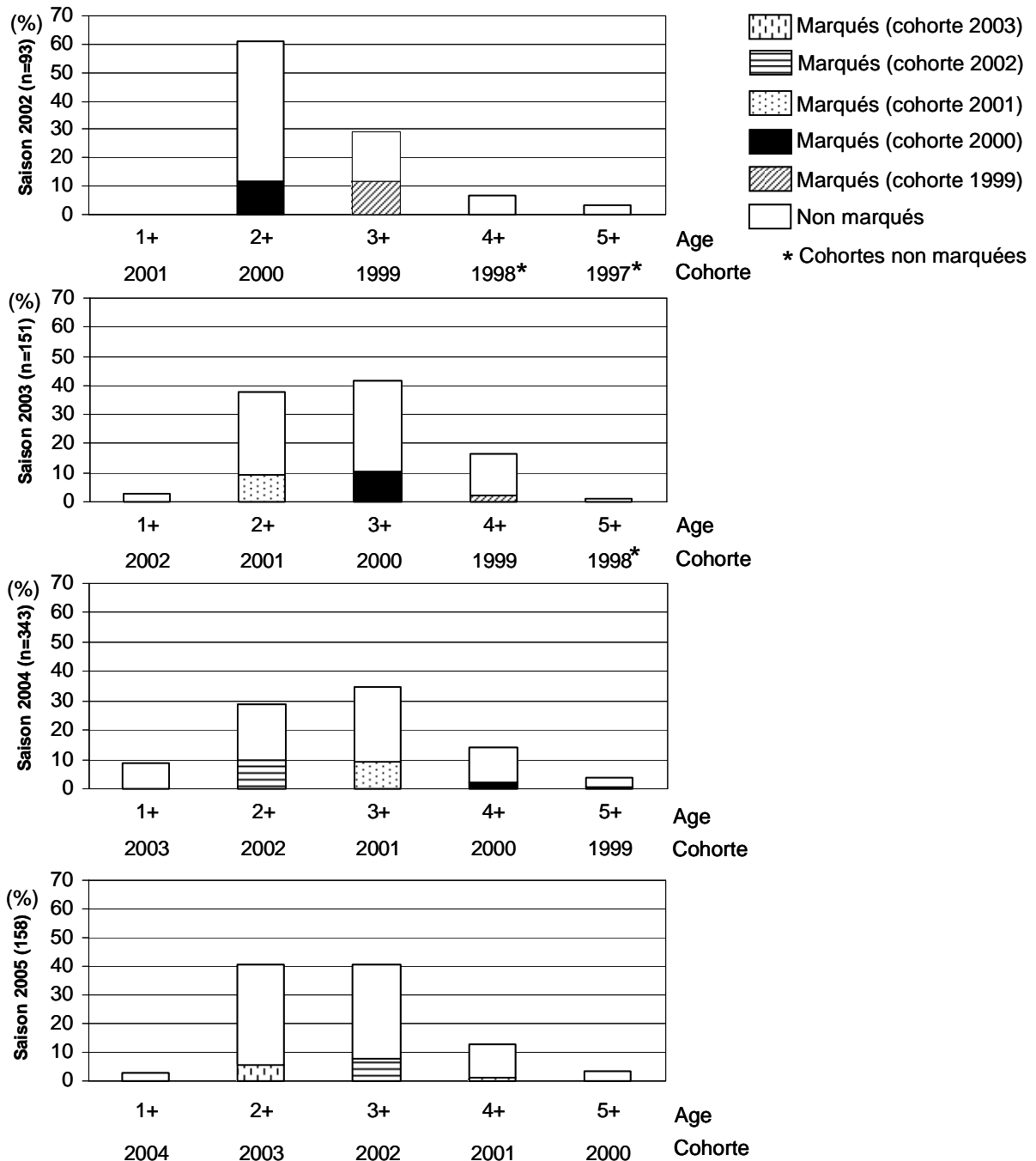
Contribution des repeuplements MED dans les captures à la ligne sur l'ensemble de la zone d'étude

Les captures des pêcheurs volontaires ont permis d'analyser sur les quatre années un total de 745 poissons répartis de la façon suivante : 93 individus en 2002, 151 en 2003, 343 en 2004 et 158 en 2005.

Pour les quatre saisons de pêches, les classes d'âge 2+ et 3+ représentent ensemble 77 à 90 % des captures. La structure d'âge des poissons capturés en 2002 diffère significativement ($p < 0,01$) de celles des trois autres saisons avec des taux plus élevés de 2+ et des taux de $\geq 3+$ moins importants (Figure 39).

Pour les trois cohortes 2000, 2001 et 2002, la contribution des truites marquées au total des captures est statistiquement comparable ($p > 0,05$) à tous les âges sauf pour la cohorte 1999 pour laquelle on observe une baisse significative ($p < 0,05$) au stade 4+ (Figure 39).

Figure 39 : Taux de truites marquées et non marquées pour chaque cohorte suivie obtenu sur le système des Dranses dans les captures par pêche à la ligne pour les saisons 2002 à 2005.



Répartition spatiale des captures et des poissons marqués

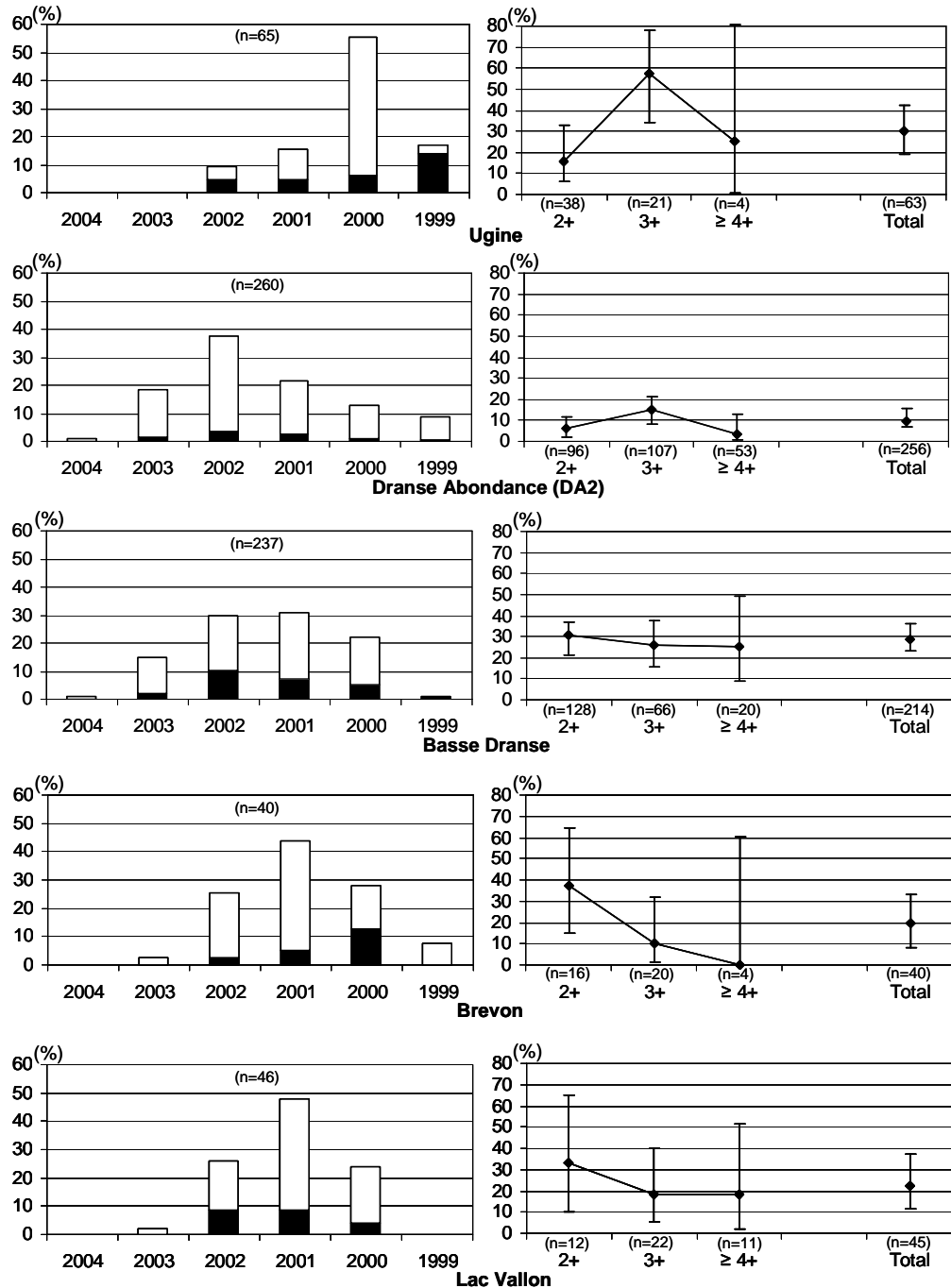
La répartition spatiale des captures montre que le réseau hydrographique n'a pas été exploité de manière homogène. Néanmoins, cinq zones (Figure 38) présentent un nombre suffisant de poissons capturés pour que l'on puisse étudier plus précisément la dynamique de la contribution des poissons marqués dans les captures des pêcheurs.

D'une zone à l'autre, la distribution des captures totales (truites marquées ou non) au sein des différentes cohortes varie fortement. La contribution par cohorte des truites marquées montre des

variations importantes entre les zones mais également entre les cohortes d'une même zone (Figure 40). Pour l'ensemble des zones excepté la Dranse d'Abondance (contribution généralement faible), la contribution des marqués pour les différentes cohortes est généralement non négligeable (supérieure à 20 %). Cependant, hormis pour les cohortes 1999 et 2002 sur l'Ugine et la cohorte 2000 sur le Brevon, les captures proviennent pour l'essentiel du recrutement naturel.

Pour toutes les classes d'âge réunies et sur l'ensemble des saisons de pêches suivies, les taux de poissons marqués dans les captures des pêcheurs varient de 10 à 30 % selon les zones (Figure 40).

Figure 40 : Contribution par cohorte (% de marquées et % de non marquées) et par classe d'âge des truites échantillonnées dans les captures par pêche à la ligne sur cinq zones géographiques pour quatre saisons de pêches regroupées (2002, 03, 04, 05).



Pour les quatre saisons de pêche regroupées, la dynamique, selon les âges, de la contribution des individus marqués montre de fortes variations d'une zone à l'autre. La Dranse d'Abondance

montre des taux de marqués faibles pour les trois classes d'âge 2+, 3+ et 4+ avec des valeurs équivalentes comprises entre 4 et 15 %.

En Basse Dranse, le taux de poissons marqués reste assez élevé et stable, voisin de 30 % pour les 3 classes d'âge. Pour le Brevon et le lac Vallon situé sur ce torrent, le taux de marqués est voisin de 30 % au stade 2+ et il baisse mais non significativement aux classes d'âge supérieures. L'Ugine montre un taux de poissons marqués qui augmente significativement ($P < 0,01$) entre les captures réalisées au stade 2+ et celles réalisées au stade 3+.

Enfin, la spatialisation des résultats indique également que sur certains secteurs isolés en zone amont et sur des affluents déconnectés, le pourcentage de poissons marqués dans les captures peut être localement important (80 %).

L'ensemble des résultats obtenus au stade adulte dans les captures par pêche à la ligne montre que la dynamique de la contribution des individus MED marqués reflète une certaine stabilité au sein des différentes classes d'âge et cohortes suivies. Ces observations apportent un résultat nouveau par rapport à ceux obtenus sur le Fier, par Caudron et Champigneulle (2002), et le Doubs, par Champigneulle et Cachera (2003), dans le cas de suivis de repeuplements traditionnels massifs utilisant les individus ATL domestiques. En effet, ces auteurs rapportent, à l'inverse de la présente étude portant sur des alevinages en truite MED autochtone, une baisse significative de la contribution des individus ATL domestiques marqués dans les captures par pêche entre le stade 2+ et les stades ultérieurs. Sur la majorité des zones étudiées, la contribution du recrutement naturel reste majoritaire par rapport à celle des poissons de repeuplements marqués. Cependant, dans la présente étude, sur certaines zones, la contribution du repeuplement peut être non négligeable (20 à 58 % selon les cohortes). De telles contributions obtenues au stade adulte (2+, 3+, 4+) indiquent que les repeuplements MED même pratiqués avec de faibles quantités peuvent conduire à des recaptures dans la pêche et contribuer significativement à la production de poissons adultes. La présence de mâles et de femelles matures parmi des individus marqués capturés en fin de saison de pêche indique que certains individus introduits atteignent le stade de géniteurs et peuvent donc participer à la production naturelle. Cette bonne implantation des individus MED introduits pourrait s'expliquer par leur origine sauvage et géographiquement proche qui leur assurerait une bonne adaptation au milieu naturel. Young (1999) signale pour le saumon du genre *Oncorhynchus* que les succès de recolonisation par propagation artificielle, sur des zones en cours de restauration, sont plus fréquents quand les zones sources sont proches et écologiquement similaires. Pour la truite, Borgström *et al.* (2002), sur une rivière Norvégienne, obtiennent avec des poissons introduits génétiquement différents des poissons sauvages, de forts taux de mortalité au stade 0+, 1+ et 2+ . Les densités observées trois ans après les introductions correspondent à 1% du nombre de poissons lâchés initialement, ce qui ne leur permet pas de contribuer significativement au stade de géniteurs. De même, sur deux rivières des Asturies en Espagne, des repeuplements à partir de juvéniles de truites ATL génétiquement différentes des populations ATL sauvages en place n'ont pas permis d'obtenir des poissons adultes et de taille capturable (Morán *et al.*, 1991). Les auteurs suggèrent que les individus domestiques relâchés auraient un taux de mortalité plus élevé que celui des poissons sauvages en raison d'une moins bonne adaptation aux conditions naturelles locales. Cette hypothèse avait déjà été proposée par Kelly-Quinn et Bracken (1989) et Hindar *et al.* (1991). Au contraire, Crozier et Moffet (1995) en Irlande du Nord, ne trouvent aucune différence de mortalité entre des saumons atlantiques sauvages et introduits, ces derniers étant génétiquement proches et provenant de la même zone géographique que le site repeuplé. Aussi, les repeuplements à partir de juvéniles issus de géniteurs sauvages prélevés sur des milieux de même caractéristiques et géographiquement proches des sites à aleviner pourraient permettre de garantir une meilleure acclimatation au milieu naturel en raison d'une meilleure adaptation aux contraintes environnementales locales.

Conclusions - perspectives

Les résultats de l'étude ne permettent pas de conclure d'une manière définitive sur l'efficacité comparée des différentes pratiques de repeuplement ATL domestiques et MED. Par contre, ils ont permis d'orienter les décisions de gestion sur la Dranse d'Abondance puis sur l'ensemble du système des Dranses. La mise en évidence de l'inefficacité des repeuplements ATL domestiques ainsi que les résultats génétiques obtenus sur la zone d'étude montrent l'importance d'agir en faveur de la conservation des populations autochtones MED encore présentes. Ils ont constitué des arguments décisifs en faveur d'un changement de stratégie de gestion.

Sur la Dranse d'Abondance, une zone sanctuaire sans repeuplement a été créée sur la zone DA1 dès 1996 puis étendue en 2004 sur DA2. En complément, l'installation de réserves de pêche a été une

mesure supplémentaire destinée à prévenir par anticipation une éventuelle surexploitation du stock de géniteurs sauvages en place.

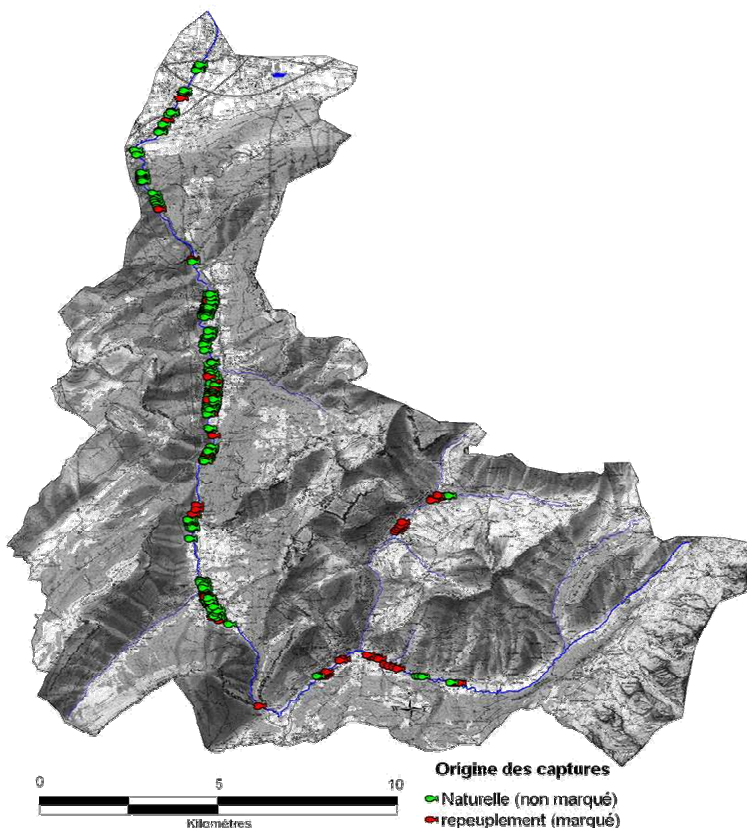
Sur l'Ugine, la présente étude a montré que la contribution du repeuplement MED dans la pêche restait relativement élevée (15 à 58 % selon les classes d'âge avec une moyenne de 30,5 %) et ne permettait pas encore de justifier un arrêt total des introductions. Cet objectif apparaît cependant réaliste à moyen terme. En effet sur cette rivière qui présentait une population uniquement ATL en 1995, les repeuplements de réhabilitation MED en cours ont déjà permis d'installer progressivement une nouvelle population fonctionnelle majoritairement MED (Caudron *et al.*, 2006b).

Sur les autres rivières du système des Dranses, les repeuplements pratiqués sont désormais uniquement de type repeuplement temporaire de réhabilitation avec des individus MED issus d'un stock de géniteurs captifs génétiquement connu et issu du système. En effet, l'ensemble de ce système peut être considéré comme une unité de gestion cohérente (Moritz, 1994). Les repeuplements pratiqués ont désormais comme objectif de consolider et réhabiliter les populations natives identifiées localement en soutenant provisoirement les effectifs et en augmentant l'aire de répartition de la truite MED locale. Les pratiques sont différenciées et ajustées selon les zones géographiques et adaptées par rapport aux résultats des études sur la génétique des populations en place et les suivis des stratégies de gestion. L'ensemble de ces dispositions et les suivis scientifiques mis en place sur le bassin des Dranses, ainsi que les relations entre les différents partenaires concernés par la gestion des ressources piscicoles et des milieux, permettent d'envisager une gestion plus durable des populations naturelles de truite, satisfaisant la pêche de loisir tout en conservant la diversité intra-spécifique. Sur ce dernier point, en accord avec les recommandations de Laikre *et al.* (1999) Sanz *et al.* (2002) et de Younson *et al.*, (2003) il importe désormais de mieux décrire et prendre en compte la diversité inter populations et l'on peut rajouter y compris au sein même du rameau évolutif MED.

8) Dynamique temporelle sur 4 zones de la contribution des truites marquées pour certaines cohortes

Sur le Borne, la répartition des captures entre individus marqués et non marqués et la situation génétique de la population de truites sur ce bassin conduit à différencier deux zones : une zone à l'aval des Etroits et une zone amont dont la limite a été fixée au seuil infranchissable situé à Entremont (figure 41).

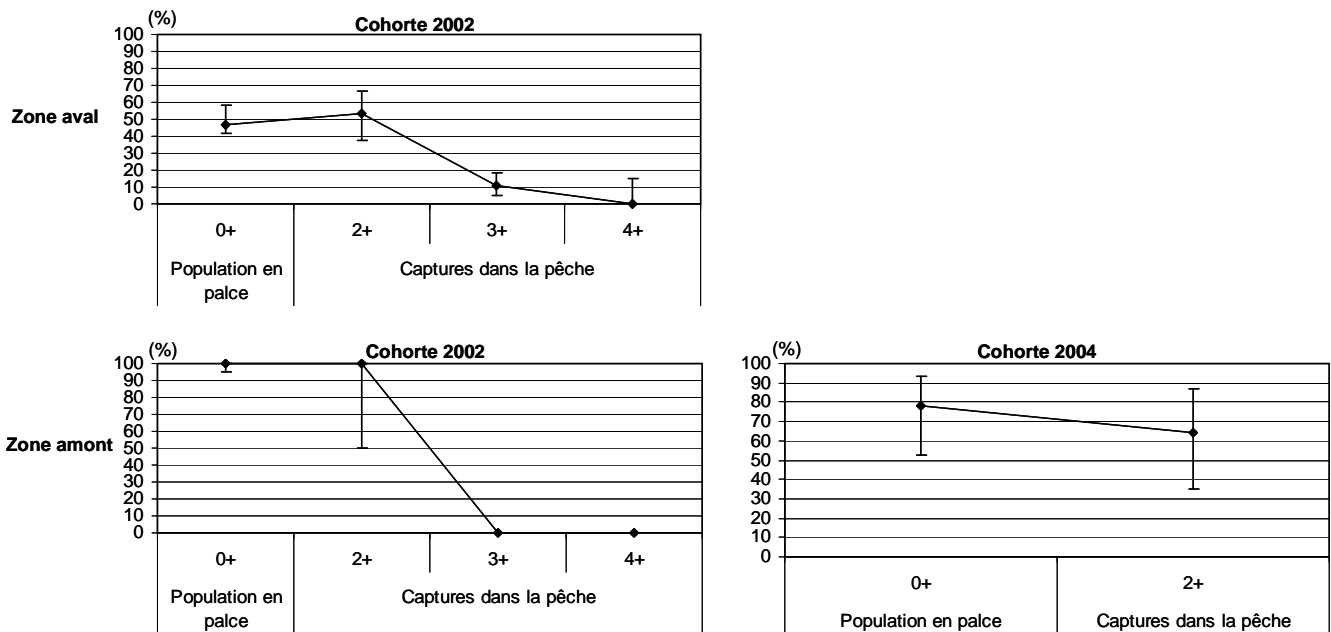
Figure 41 : Répartition géographique des captures par pêche à la ligne sur le Borne au cours des 3 saisons de pêches 2004 à 2006.



La Figure 41 montre pour la zone aval une contribution moyenne (48%) du repeuplement dans la population en place au stade 0+ de la cohorte 2002. Cette contribution pour cette même cohorte reste similaire ($P>0,05$) au stade 2+ (51%) dans les captures dans la pêche. Par contre aux classes d'âges supérieures la contribution chute brusquement et significativement ($P<0,01$) pour atteindre un taux de 10% au stade 3+ et de 0% au stade 4+. Cette baisse brutale semble intervenir au moment où les poissons dépassent la taille limite de capture de 230 mm.

Pour la zone amont la contribution maximale du repeuplement ATL pour la cohorte 2002 de 100% d'individus issus du repeuplement au stade 0+ se retrouve logiquement au stade 2+ dans les captures dans la pêche. Aucun poisson d'âge 3+ n'a été capturé sur la zone amont par les pêcheurs volontaire. Pour la cohorte 2004, le fort taux de marqués aux stades 0+ dans la population en place (78%) reste statistiquement comparable ($P>0,05$) au stade 2+ dans les captures des pêcheurs (64%).

Figure 42 : Evolution des taux de marqués pour les cohortes 2002 et 2004 à différentes classes d'âges dans la population en place et dans la pêche sur la zone Borne aval et Borne amont.

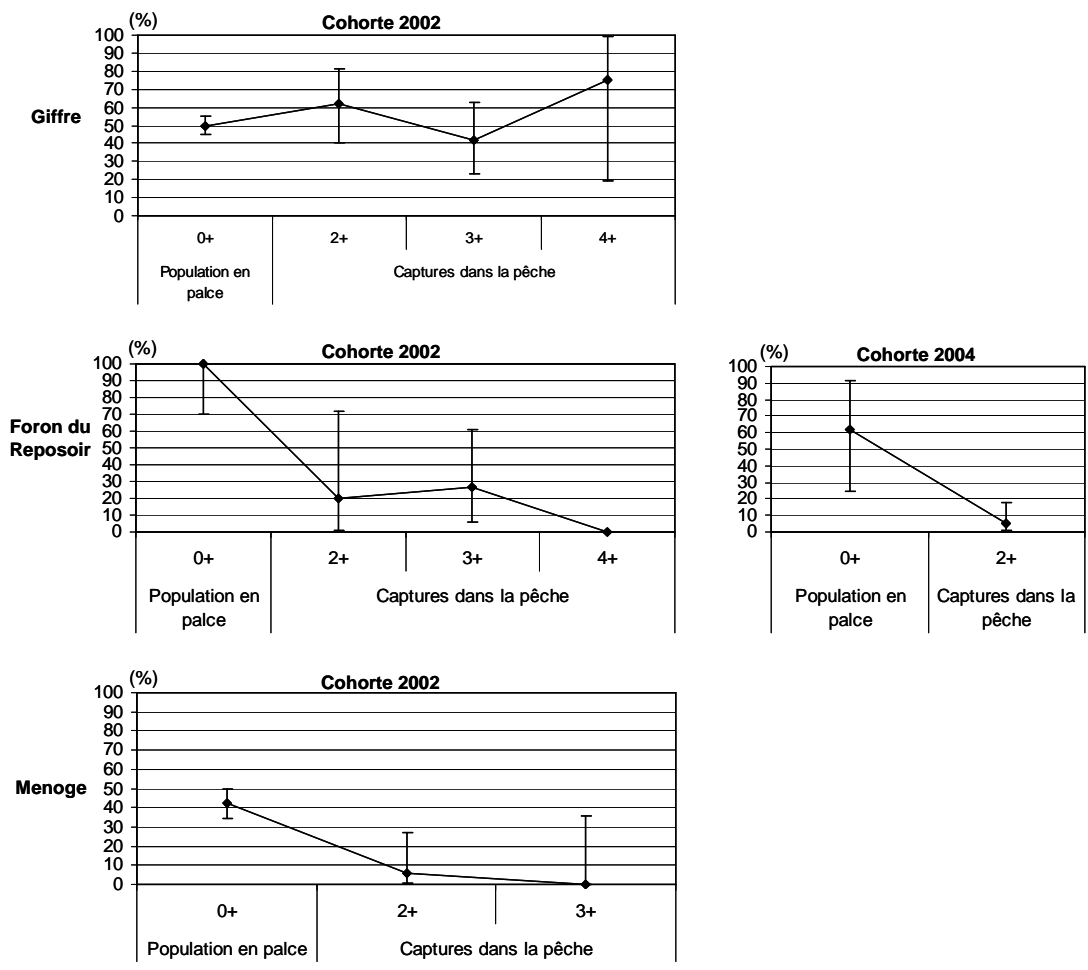


Sur le Giffre, les contributions du repeuplement ATL pour la cohorte 2002 restent élevées et comparables au stade 0+ dans la population en place et dans les captures des pêcheurs aux stades 2+,3+ et 4+.

Par contre sur le Foron du Reposoir, pour les deux cohortes suivies 2002 et 2004, la contribution forte obtenue au stade 0+ (respectivement 100 et 62%) baisse de manière très importante dans les captures des pêcheurs dès le stade 2+ (20 % et 4%). Cette forte baisse entre le stade 0+ et 2+ est significative pour les deux cohortes ($P<0,01$) (Figure 43)

Pour la Menoge, le taux moyen (41%) de marqués présents au stade 0+ dans la population en place est significativement ($P<0,01$) plus faible que le taux de marqués présents dans les classes d'âge 2+ et 3+ capturées par pêche à la ligne.

Figure 43 : Evolution des taux de marqués pour les cohortes 2002 et 2004 à différentes classes d'âges dans la population en place et dans la pêche sur le Giffre, le Foron du Reposoir et la Menoge.



Partie III : PROPOSITIONS DE GESTION

La présente étude entreprise à une large échelle géographique a permis de répondre à la question posée par les gestionnaires concernant l'efficacité des repeuplements tels qu'ils les pratiquaient. Les résultats obtenus, grâce à la fiabilité de la technique de marquage et au principe de marquage total ont contribué à évaluer l'état de fonctionnalité des populations de truite et ont apporté précisément par secteur géographique un élément supplémentaire d'aide à la décision pour les gestionnaires des pêcheries afin de faire évoluer leur pratique de gestion sans mettre en péril les stocks exploités.

Les résultats ont conduit à remettre en cause sur plusieurs zones les repeuplements en truite tels qu'ils étaient pratiqués puisque, d'après l'étude, la majorité des populations de juvéniles en place y était issue du recrutement naturel. En outre, des résultats génétiques obtenus conjointement (Caudron, et al. 2006c) également sur l'ensemble du réseau hydrographique de Haute-Savoie, montrant l'existence de plusieurs populations natives de truites issues du rameau évolutif méditerranéen, doivent être pris en compte dans l'établissement des nouvelles stratégies de gestion. Désormais, les pratiques doivent être différenciées et ajustées selon les zones géographiques en rapport avec les résultats des études réalisées et doivent s'orienter essentiellement vers la conservation et la réhabilitation des populations de truites autochtones.

Ainsi, les résultats de cette étude, couplés à ceux du programme INTERREG III « Truites autochtones » permettent de formuler des orientations de gestion dans un but de conserver et réhabiliter les populations de truites autochtones identifiées. A ce titre un Schéma Départemental de Conservation et de réhabilitation des Populations de Truites Autochtones a été mis en place pour la période 2007-2013 (Vigier et Caudron, 2007).

Les mesures dans le but d'améliorer les pratiques actuelles de gestion des populations de truites doivent être prises d'une part à l'échelle départementale et d'autre part plus localement sur chaque unité de gestion en fonction du diagnostic établi préalablement.

1) Mesure globale de conservation des populations autochtones méditerranéenne

1.1) Intérêts réglementaires et scientifiques

- Sur le plan réglementaire, l'espèce *Salmo trutta*, est citée dans l'arrêté ministériel du 08/12/1988 fixant la liste des poissons protégés sur le territoire national.
- En outre le SDAGE du bassin Rhône Méditerranée et Corse de 1996 concernant la gestion de la pêche avait formulé la préconisation technique suivante : « Il est nécessaire de développer la connaissance des populations et en particulier la génétique afin d'améliorer le soutien des populations ou la réintroduction avec des souches locales ». Sur le département de Haute-Savoie la politique d'amélioration des connaissances menée depuis quelques années répond complètement à cette préconisation. Notamment, la réalisation du programme INTERREG « Truites autochtones » a permis de faire le point sur l'état génétique des populations naturelles de truites sur l'ensemble du département.
- Sur le plan scientifique, une synthèse (Laikre *et al.*, 1999) au niveau européen réalisé en 1999 par 20 généticiens mettait en avant un déficit d'évaluations des pratiques et stratégies visant à repérer et à protéger à long terme certaines populations de truites précieuses en terme de biodiversité intra-spécifique. Ces scientifiques préconisent également dans le but de conserver les populations autochtones de truites de gérer la ressource au niveau des populations et non plus au niveau de l'espèce.

1.2) Mesures Globales sur l'ensemble du département

✓ Protection de la qualité globale de l'habitat

La diversité génétique observée sur le département est le résultat des interactions entre génotypes et diversité environnementale. Selon Healey et Prince (1995), pour conserver une diversité maximale, il est primordial de préserver simultanément les habitats et les populations.

Aussi, nous souhaitons sur les unités de gestion abritant des populations autochtones et sur celles où des projets réhabilitations sont en cours (Figure 43, bassins en jaune et en orange) mettre en place un travail de fond avec les services d'état en charge de l'eau et de la pêche (DDAF) afin de prendre certaines dispositions de protection supplémentaire à la législation actuelle dans les dossiers d'autorisations. Les points importants sont :

- Amélioration et préservation de la qualité des eaux : Les rejets doivent faire l'objet de préconisations plus sévères au même titre que les sites abritant des populations d'écrevisses à pieds blancs. Les rejets doivent donc éviter de dégrader la qualité et doivent respecter non pas le bon état écologique mais le très bon état écologique et pour assurer le bon fonctionnement du cycle de vie de la truite, la qualité d'eau finale doit respecter les valeurs mentionnées ci-dessous (tableau 6).

Composant	Effets sur les salmonidés	Valeur seuil
Matières en Suspension (MES)	Impact limité en période de crue. Par contre les fortes teneurs anormales en période d'étiage peuvent provoquer une irritation branchiale et sont source d'infection bactérienne. En hiver, elles sont également responsables d'un colmatage des frayères pouvant entraîner une asphyxie des oeufs.	< à 30 mg/l en période d'étiage hivernal, < 75 mg/l pour les autres saisons hors période de crue
pH	Le caractère trop acide ou basique d'une eau entraîne un effet direct d'irritation provoquant des hémorragies cutanées pouvant aller jusqu'à la mort. Un pH élevé accroît la toxicité de l'ammoniaque.	Impérativement comprise entre 6 et 9
Conductivité électrique	Les sels dissous exercent une pression osmotique sur les organismes. De fortes variations entraînent une migration voire des mortalités. Une brusque augmentation peut entraîner des lésions cellulaires branchiales.	recommandé entre 150 µS/cm et 750 µS/cm
DBO 5	La principale nuisance induite est la baisse de la teneur en oxygène dissous.	< à 3 mg/l souhaitable
Saturation en oxygène dissous	Le manque d'oxygène se traduit par l'asphyxie ou des baisses de performances (croissance). Une sous oxygénation est également un facteur important de stress.	Impérativement > à 70% de saturation
NH3	La présence d'azote ammoniacal sous sa forme non ionisée est très toxique pour les poissons. Les pathologies branchiales entraînent très rapidement la mort.	Impérativement < à 0,025 mg/l
NO2	De fortes teneurs en nitrites provoquent des lésions branchiales et une transformation de l'hémoglobine en méthémoglobine. Induit une gêne respiratoire pouvant aller jusqu'à l'asphyxie.	Effets toxiques à partir de 0,1 mg/l
NH4		Néfaste dès 0,3 mg/l et létal à 1 mg/l
PO4	Favorise les proliférations algales et donc l'eutrophisation des milieux pouvant avoir des effets directs sur les organismes (mortalités des œufs) ou indirects sur l'habitat (colmatage du substrat)	Nuisance à partir de 0,3 mg/l

Tableau 6 : Valeurs seuils de différents paramètres physico-chimiques de l'eau à partir desquels des effets néfastes apparaissent pour les salmonidés (Alabaster et Lloyd, 1980 ; De Kinklein et al., 1985 ; Le Pimpec et al., 2002).

Cette action est particulièrement en relation avec la préconisation fondamentale n°2 du SDAGE 2009-2015 en cours de validation et qui incite à « concrétiser la mise en œuvre du principe de non dégradation des milieux aquatiques » en préservant en priorité « la fonctionnalité et donc l'état des milieux aquatiques en très bon état ou en bon état ».

Cette mesure est d'autant plus importante que le programme INTERREG III « Truites autochtones » a établi un lien entre la présence des dernières populations natives de truites et l'absence de dégradations de la qualité de l'eau.

- Non dégradation et amélioration de la qualité de l'habitat physique : dans ce cas, pour tous les aspects en rapport avec la qualité physique des rivières, valeur de débit, prélèvements d'eau et travaux dans le lit, il est nécessaire de veiller à ce que les autorisations données s'assurent de la compatibilité avec le fonctionnement biologique du milieu. En particulier les travaux hydrauliques réalisés dans le cadre des PPRI (ex : le Fier, le Nom, le Malève,...) doivent être limités et doivent prendre en compte, contrairement à aujourd'hui, la présence des populations autochtones de truites en proposant des aménagements efficaces de compensations.

Cette action s'inscrit tout particulièrement dans l'orientation fondamentale n°6 du SDAGE 2009-2015 qui précise la nécessité « d'agir sur la morphologie et le décroisement pour préserver et restaurer les milieux aquatiques ».

✓ Arrêt des repeuplements en ATL

La première mesure de conservation à mettre en place sur les secteurs abritant des populations autochtones MED est l'arrêt total de l'introduction de poissons ATL. Ceci pour éviter de prolonger le processus d'introgression des populations natives par des gènes étrangers. Ces mesures prioritaires de conservation sont d'ores et déjà en œuvre sur les bassins concernés à savoir les Dranses, le Borne, le Fier, les Usses et la Chaise.

Cependant, nous pensons que cette stratégie d'arrêt total des repeuplements traditionnels ATL doit être étendue à l'ensemble du département. En effet, la présente étude a montré qu'ils étaient globalement peu efficaces à la fois pour maintenir un stock en place et pour installer des nouvelles populations viables. Il semble plus judicieux de s'orienter sur d'autres stratégies dans un but de réhabilitation et d'installation de nouvelles populations autochtones.

✓ Arrêt des repeuplements en MED non autochtones

L'étude a montré que les AAPPMA du Faucigny et du Chablais Genevois repeuplaient certaines rivières (Menoge, Foron du Reposoir et l'Eau Noire de Vallorcine) avec la souche Chazey Bons dite « Rhodanienne » qui est une souche méditerranéenne hybridée à 36% par des allèles atlantiques et dont la part MED n'est pas autochtone à notre département. En outre, les allèles MED trouvés aux marqueurs microsatellites de l'ADN étudiés semblent bien particuliers à cette souche et ne se retrouvent sur aucune de nos populations autochtones. Aussi, nous recommandons de ne pas utiliser cette souche hybridée sur les rivières de notre département.

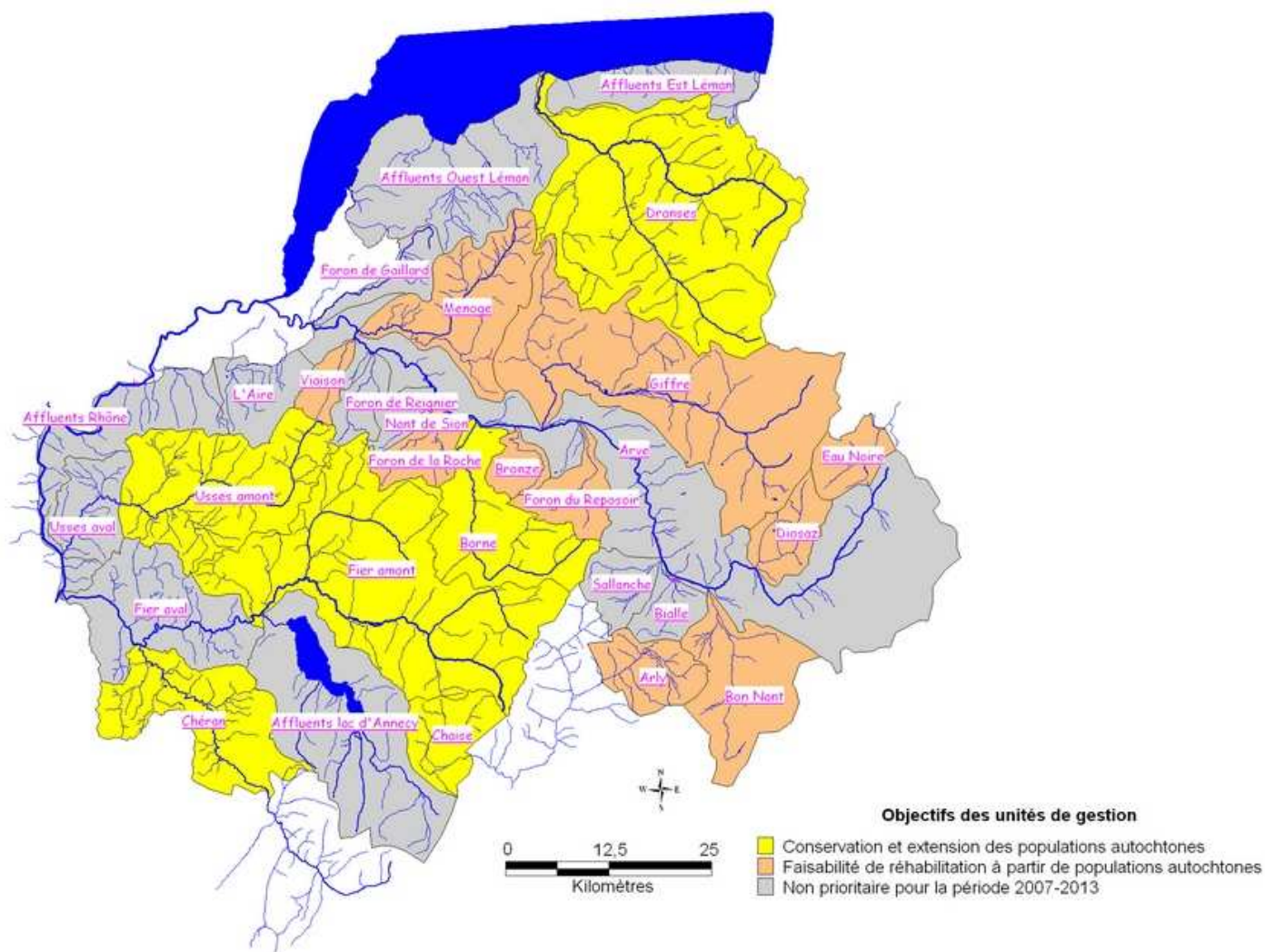
2) Propositions par unité de gestion

Le réseau hydrographique du département a été divisé en unités de gestion en fonction des résultats génétiques du programme INTERREG III « Truites autochtones » et des résultats de la présente étude (Figure 44). Ensuite sur la majorité du territoire deux objectifs principaux ont été assignés pour la période 2007-2013 à savoir :

- La conservation et l'extension des populations autochtones sur les 6 unités de gestion abritant déjà des populations de truites autochtones à savoir Les Dranses, le Borne, Le système Fier-Fillière, la Chaise, les Usses et le Chéran.
- La réhabilitation, si possible après étude de faisabilité, de populations de truites autochtones MED et fonctionnelles sur 9 unités de gestion (Menoge, Giffre, Eau Noire de Vallorcine, Diosaz, Bon Nant, Arly, Foron du Reposoir, Bronze, Foron de la Roche et Vaison).

Le reste du territoire ne peut pas être prioritaire pour la période 2007-2013 pour le développement de populations de truites autochtones et fonctionnelles.

Figure 44 : Objectifs assignés à chaque unité de gestion



2.1) Pour les unités de gestion possédant des populations autochtones

Le Borne

OBJECTIFS		ACTIONS
Conservation de la population autochtone actuelle et Extension de son aire de répartition vers l'amont		<ul style="list-style-type: none"> - Poursuite du plan de gestion actuel. - Suivi de l'évolution génétique et démographique des populations sur les mêmes stations que celles étudiées lors du programme INTERREG III-A.
Acquisition de connaissances supplémentaires	poissons	<ul style="list-style-type: none"> - Recherche d'éléments toxiques dans la chair et les viscères de truites adultes. - Recherche d'infection par la PKD.
	milieux	<ul style="list-style-type: none"> - Maintien du suivi physico-chimique entrepris.

Le système Fier-Fillière

OBJECTIFS		ACTIONS
Conservation de la population autochtone actuelle et Extension de son aire de répartition		<ul style="list-style-type: none"> - Arrêt des repeuplements quel que soit la souche utilisée sur les cours principaux. - Constitution d'un stock de géniteurs captifs à la pisciculture de la Puya. - Repeuplements temporaires sur les affluents pour étendre l'aire de répartition de la population. - Suivi de l'évolution génétique des populations sur les mêmes stations que celles étudiées lors du programme INTERREG III-A. - Suivi du stock captif pour caractériser les effets de la domestication.
Acquisition de connaissances supplémentaires	poissons	<ul style="list-style-type: none"> - Acquisition des données démographiques des populations de truites. - Recherche d'éléments toxiques dans la chair et les viscères de truites adultes. - Recherche d'infection par la PKD.
	milieux	<ul style="list-style-type: none"> - Etude de bassin versant. - Etude de la qualité de l'habitat physique. - Acquisition de données thermiques. - Acquisition de données hydrobiologiques au genre. - Recherche d'éléments toxiques dans les sédiments.

Le Chéran

OBJECTIFS		ACTIONS
Conservation de la population autochtone actuelle et essai d'augmentation de son abondance démographique		<ul style="list-style-type: none"> - Constitution d'un stock de géniteurs captifs. - Repeuplements temporaires sur le cours principal et sur les affluents pour étendre l'aire de répartition de la population. - Suivi démographique et génétique sur les stations étudiées dans le cadre du contrat de rivière (étude 2002 et bilan du contrat) et sur celles étudiées lors du programme INTERREG III-A.
Acquisition de connaissances supplémentaires	poissons	<ul style="list-style-type: none"> - Recherche d'éléments toxiques dans la chair et les viscères de truites adultes. - Recherche d'infection par la PKD.
	milieux	<ul style="list-style-type: none"> - Aucune

Les Dranses

OBJECTIFS		ACTIONS
Conservation de la population autochtone actuelle et Extension de son aire de répartition		<ul style="list-style-type: none"> - Maintien du stock de géniteurs captifs de la pisciculture du Pont de Gys mis en place en 1999. - Réduction progressive des quantités d'alevins au fur et à mesure de la réhabilitation des populations. - Suivi des stratégies de gestions testées sur la Dranse d'Abondance et le Chevenne (suivi génétique et démographie).
Acquisition de connaissances supplémentaires	poissons	<ul style="list-style-type: none"> - Acquisition des données démographiques des populations de truites sur les autres secteurs de l'unité de gestion Dranses. - Recherche d'éléments toxiques dans la chair et les viscères de truites adultes. - Recherche d'infection par la PKD.
	milieux	<ul style="list-style-type: none"> - Etude de bassin versant.

		<ul style="list-style-type: none"> - Etude de la qualité de l'habitat physique. - Acquisition de données thermiques. - Acquisition de données hydrobiologique au genre. - Recherche d'éléments toxiques dans les sédiments.
--	--	---

La Chaise

OBJECTIFS		ACTIONS
Conservation de la population autochtone actuelle et Extension de son aire de répartition		<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'un plan de gestion. - Arrêt des repeuplements quelle que soit la souche utilisée. - Transfert de poissons sur les zones à réhabiliter. - Suivi génétique et démographique.
Acquisition de connaissances supplémentaires	poissons	<ul style="list-style-type: none"> - Recherche d'éléments toxiques dans la chair et les viscères de truites adultes. - Recherche d'infection par la PKD.
	milieux	<ul style="list-style-type: none"> - Etude de bassin versant. - Etude de la qualité de l'habitat physique. - Acquisition de données hydrobiologique au genre. - Recherche d'éléments toxiques dans les sédiments.

Les Usses

OBJECTIFS		ACTIONS
Conservation de la population autochtone actuelle et Extension de son aire de répartition		<ul style="list-style-type: none"> - Constitution d'un stock de géniteurs captifs à la pisciculture de la Puya. - Repeuplements temporaires de réhabilitation en priorité sur le secteur amont et les affluents pour étendre l'aire de répartition de la population. - Suivi de l'évolution génétique des populations sur les mêmes stations que celles étudiées lors du programme INTERREG III-A.
Acquisition de connaissances supplémentaires	poissons	<ul style="list-style-type: none"> - Acquisition des données démographiques des populations de truites. - Recherche d'éléments toxiques dans la chair et les viscères. - Recherche d'infection par la PKD.
	milieux	<ul style="list-style-type: none"> - Etude de bassin versant. - Etude de la qualité de l'habitat physique. - Acquisition de données hydrobiologique au genre. - Recherche d'éléments toxiques dans les sédiments.

2.2) Pour les unités de gestion où une réhabilitation des populations autochtones est envisagée

Bassin	Compartiment	ACTIONS
BON NANT	poissons	- Acquisition des données démographiques des populations de truites.
		- Recherche d'éléments toxiques dans la chair et les viscères de truites adultes.
	milieux	- Etude de bassin versant.
		- Etude de la qualité de l'habitat physique. - Acquisition de données hydrobiologiques au genre. - Recherche d'éléments toxiques dans les sédiments.
MENOGE	poissons	- Arrêter les repeuplements avec la souche Chazey Bons "Rhodanienne"
		- Acquisition des données démographiques des populations de truites - Recherche d'éléments toxiques dans la chair et les viscères de truites adultes.
	milieux	- Etude de bassin versant. - Etude de la qualité de l'habitat physique. - Acquisition de données hydrobiologiques au genre. - Recherche d'éléments toxiques dans les sédiments.
		- Recherche d'éléments toxiques dans la chair et les viscères de truites adultes.
ARLY	poissons	- Recherche d'éléments toxiques dans la chair et les viscères de truites adultes.
	milieux	- Etude de bassin versant. - Etude de la qualité de l'habitat physique. - Acquisition de données hydrobiologique au genre. - Recherche d'éléments toxiques dans les sédiments.
		- Recherche d'éléments toxiques dans la chair et les viscères de truites adultes.
GIFFRE	poissons	- Attendre les résultats de l'étude piscicole du contrat rivière - Recherche d'éléments toxiques dans la chair et les viscères de truites adultes.
	milieux	- recherche de toxiques dans les sédiments
FORON DE LA ROCHE	poissons	- Arrêter les repeuplements actuelles qui ne sont pas efficaces
		- Acquisition des données démographiques des populations de truites. - Recherche d'éléments toxiques dans la chair et les viscères de truites adultes.
	milieux	- Etude de bassin versant. - Etude de la qualité de l'habitat physique. - Acquisition de données hydrobiologiques au genre. - Recherche d'éléments toxiques dans les sédiments.
		- Recherche d'éléments toxiques dans la chair et les viscères de truites adultes.

Bassin	Compartiment	ACTIONS
FORON DU REPOSOIR	poissons	- Arrêter les repeuplements avec la souche Chazey Bons "Rhodanienne"
		- Acquisition des données démographiques des populations de truites.
		- Recherche d'éléments toxiques dans la chair et les viscères de truites adultes.
	milieux	- Etude de bassin versant.
		- Etude de la qualité de l'habitat physique.
		- Acquisition de données hydrobiologiques au genre.
- Recherche d'éléments toxiques dans les sédiments.		
VIAISON	poissons	- Acquisition des données démographiques des populations de truites.
		- Recherche d'éléments toxiques dans la chair et les viscères de truites adultes.
		- Etude de bassin versant.
	milieux	- Etude de la qualité de l'habitat physique.
		- Acquisition de données hydrobiologiques au genre.
		- Recherche d'éléments toxiques dans les sédiments.
BRONZE	poissons	- Acquisition des données démographiques des populations de truites.
		- Recherche d'éléments toxiques dans la chair et les viscères de truites adultes.
		- Etude de bassin versant.
	milieux	- Etude de la qualité de l'habitat physique.
		- Acquisition de données hydrobiologiques au genre.
		- Recherche d'éléments toxiques dans les sédiments.
EAUX NOIRES DE VALLORCINES	poissons	- Acquisition des données démographiques des populations de truites.
		- Recherche d'éléments toxiques dans la chair et les viscères de truites adultes.
		- Etude de bassin versant.
	milieux	- Etude de la qualité de l'habitat physique.
		- Acquisition de données hydrobiologiques au genre.
		- Recherche d'éléments toxiques dans les sédiments.

BIBLIOGRAPHIE

- Alcobendas M., Lecomte F., Castanet J., Meunier F.J., Maire P. & Holl M, 1991. Technique de marquage en masse des civelles (*Anguilla anguilla*) par baignade rapide dans un fluorochrome. Application au marquage à la tétracycline de 500 kg de civelles. *Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture*, 321, 43-54.
- Alabaster J.S. & Lloyd R., 1980. Water quality criteria for fresh water fish, Butter Worths Ed., London, 297 pages.
- Aass, P., 1993. Stocking strategy for the rehabilitation of a regulated brown trout (*Salmo trutta*) river. *Regulated Rivers: Research and Management*, 8, 135-144.
- Beaudou, D., 1993. Impact des déversements de truites domestiques dans les populations naturelles de truites communes, *Salmo trutta*. Etude dynamique et génétique. Cas du bassin de l'Orb, Hérault. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II.
- Beckman D. W. & Schulz R.G., 1996. A simple method for marking fish otoliths with alizarin compounds. *Transaction of American Fisheries Society*, 125: 146-149.
- Beyer, W. H., 1986. Handbook of Tables for Probability and Statistics, 3rd edn. Boca Raton, CRC Press.
- Blom G., Nordeide J.T., Svasand T. & Borge A., 1994. Application of two fluorescent chemicals, alizarin complexone and alizarin red S, to mark otoliths of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture and Fisheries Management*, Supp. 1, 229-243.
- Bolger, T. & Connolly, P.L., 1989. The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *Journal of Fish Biology*, 34, 171-182.
- Borgstrøm, R., Skaala, Ø. & Aastveit, A.H., 2002. High mortality in introduced brown trout depressed potential gene flow to a wild population. *Journal of Fish Biology*, 64, 1085-1097.
- Bosakowski, T. & Wagner, E.J., 1994. Assessment of fin erosion by comparison of relative fin length in hatchery and wild trout in Utah. *Canadian Journal of Fisheries and aquatic Sciences*, 51, 636-641.
- Burkhardt-Holm, P., Peter, A. & Segner, H., 2002. Decline of fish catch in Switzerland. Project Fishnet: a balance between analysis and synthesis. *Aquatic Sciences*, 64, 36-54.
- Cachéra S., 1997. Contribution à la mise au point et à l'utilisation du fluoromarquage des otolithes de salmonidae (*Coregonus lavaretus* et *Salmo trutta*). Rapport de maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes. Université des sciences et techniques de Lille. 20 pages + annexes.
- Caudron, A. & Champigneulle, A., 2002. Evaluation spatio-temporelle de la contribution du repeuplement en truite (*Salmo trutta* L.) réalisé à des stades précoces dans le bassin amont du Fier (74). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 365/366, 455-469.
- 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. *Cybiuim*, 30, 65-72.
- Caudron, A., & Champigneulle, A., 2007. Prise en compte de la biodiversité intraspécifique pour la gestion des populations autochtones de truite (*Salmo trutta* L.) dans le bassin des Dranses (Haute-Savoie). *Cybiuim*, 31 (2), 261-270.
- Caudron, A., Champigneulle, A. & Vulliet J.P., 2003. Evaluation de l'efficacité du repeuplement et comparaison des caractéristiques des truites (*Salmo trutta* L.) sauvages et introduites dans les rivières de Haute-Savoie – campagne 2002, étude du stade 0+ dans la Fillière, le Borne, le Giffre, le Foron du Reposoir et le Foron de Fillinges. Rapport INRA Thonon SHL 237-2003 – FDP74.03/06, 42 pages + annexes.
- Caudron, A., Champigneulle, A. & Large A., 2004. Evaluation de l'efficacité du repeuplement et comparaison des caractéristiques des truites (*Salmo trutta* L.) sauvages et introduites dans les rivières de Haute-Savoie – campagne 2003, étude du stade 0+ sur les bassins versants des Usses, de l'Ugine de Chévenoz, de la Menoge et du Viaison. Rapport INRA Thonon SHL 248-2004 – FDP74.04/02, 55 pages + annexes.
- Caudron, A., Champigneulle, A. & Large A., 2006a. Etats et caractéristiques des populations autochtones de truite commune identifiées en Haute-Savoie et qualité globale des milieux. *In*: Identification, sauvegarde et réhabilitation des populations de truites autochtones en Val d'Aoste et Haute-Savoie, pp. 55-117. Programme INTERREG III A. Rapport final, Milan.
- Caudron, A., Champigneulle, A. & Guyomard, R., 2006b. Assessment of restocking as a strategy for rehabilitating a native population of brown trout (*Salmo trutta* L.) in a fast-flowing mountain stream in the northern French Alps. *Journal of Fish Biology*, 69, 127-139.

- Caudron, A., Champigneulle, A. & Guyomard, R., 2006c. Identification et caractéristiques génétiques des populations de truites autochtones sur le réseau hydrographique de Haute-Savoie. *In: Identification, sauvegarde et réhabilitation des populations de truites autochtones en Val d'Aoste et Haute-Savoie*, pp. 39-53. Programme INTERREG III A. Rapport final, Milan.
- Champigneulle, A. & Rojas Beltran, R., 2001. Le marquage des poissons. *La gestion piscicole des Grands Plans d'Eau* (ed D. Gerdeaux), pp 311-346. INRA, Paris.
- Champigneulle, A., Degiorgi, F., Raymond, J.C., & Cachera, S., 2002. Dynamique temporelle de la contribution du repeuplement en stades précoces de truite (*Salmo trutta* L.) dans la population en place et dans la pêche sur le Doubs franco-suisse. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 365/366, 471-485.
- Champigneulle A. & Cachera S., 2003. Evaluation of large-scale stocking of early stages of brown trout, *Salmo trutta*, to angler catches in the French-Swiss part of the River Doubs. *Fisheries Management and Ecology*, 10, 79-85.
- Champigneulle, A., Melhaoui, M., Gerdeaux, D., Rojas Beltran, R., Gillet, C. & Guillard, J., 1990. La truite commune dans le Redon, un petit affluent du lac Léman. Caractéristiques de la population en place (1983-87) et premières données sur l'impact des relâchers d'alevins nourris. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 319, 181-196.
- Clifton-Hadley, R.S., Bucke, D. & Richards, R.H., 1987. A study of the sequential clinical and pathological changes during proliferative kidney disease in rainbow trout, *Salmo Gairdneri*. *Journal of Fish Disease*, 10, 335-352.
- Cowx, I.G., 1994. Stocking strategies. *Fisheries Management and Ecology*, 1, 15-30.
- Crozier W.W & Moffet I.J.J, 1995. - Application of low frequency genetic marking at GPI-3* and MDH-B1,2* loci to assess supplementary stocking of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in a Northern Irish stream. *Fisheries Management and Ecology*, 2, 27-36.
- Dabrowski K. & Tsukamoto K., 1986. Tetracycline tagging in coregonid embryos and larvae. *Journal of Fish Biology*, 29, 691-698.
- Dannewitz, J., Petersson, E., Prestegard, T. & Järvi, T., 2003. Effects of sea-ranching and family background on fitness traits in brown trout *Salmo trutta* reared under near-natural conditions. *Journal of Applied Ecology*, 40, 241-250.
- De Kinkelin P., Michel Ch. & Ghittino P., 1985. Précis de pathologie des poissons. INRA-OIE, Paris, 348 pages.
- Eckmann R., Czerkies P., Helms C. & Kleibs K., 1998. Evaluating the effectiveness of stocking vendace (*Coregonus albula* L.) eleutheroembryos by alizarin marking of otoliths. *Archiv fur Hydrobiologie. Spec. Issues Advanc. Limnol.*, 50, 457-463.
- El-Matbouli, M. & Hoffmann R.W., 2002. Influence of water quality on the outbreak of proliferative kidney disease – field studies and exposure experiments. *Journal of Fish Diseases*, 25, 459-467.
- Feist, S.W., Peeler, E.J., Gardiner, R., Smith, E., Longshaw, M., 2002. Proliferative kidney disease and renal myxosporidiosis in juvenile salmonids from rivers in England and Wales. *Journal of Fish Diseases*, 25, 451-458.
- Finstad, B. & Jonsson, N., 2001. Factors influencing the yield of smolt releases in Norway. *Nordic Journal of Freshwater Research*, 75, 71-98.
- Fleming, I.A. & Petersson, E., 2001. The ability of released, hatchery salmonids to breed and contribute to the natural productivity of wild populations. *Nordic Journal of Freshwater Research*, 75, 37-55
- Garcia-Marin J.L., Sanz N.R. & Pla C., 1999. - Erosion of the native genetic resources of brown trout in Spain. *Ecology of Freshwater Fish*, 8: 151-158.
- Gibson, J.R., 1973. Interactions of juvenile atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Proceedings of the international Symposium on the Atlantic Salmon: Management, Biology and Survival of the Species* (eds M.W. Smith & W.M. Carter), pp181-202. International Atlantic Salmon Foundation, New York.
- Guyomard R., 1989. Diversité génétique de la truite commune. *Bulletin. Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 314, 118-135.
- Hawkins, D.K. & Quinn, T.P., 1996. Critical swimming velocity and associated morphology of juvenile coastal cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki clarki*), steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*), and their hybrids. *Canadian Journal of Fisheries and aquatic Sciences*, 53, 1487-1496.
- Healey M.C. & Prince A., 1995. Scales of variation in life history tactics of Pacific salmon and the conservation of phenotypes and genotypes. *American Fisheries Society Symposium*, 17, 176-184.

- Hindar K., Ryman N. & Utter F., 1991. Genetic effects of cultured fish on natural populations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48: 945-957.
- Imre, I., McLaughlin, R.L. & Noakes, D.L.G., 2002. Phenotypic plasticity in brook charr: changes in caudal fin induced by water flow. *Journal of Fish Biology*, 61, 1171-1181.
- Johnsson, J.I., Höjesjö, J. & Fleming, I.A., 2001. Behavioural and heart rate responses to predation risk in wild and domesticated Atlantic salmon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58, 788-794.
- Jourdan S., 1995. pacage lacustre et rehabilitation de l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*) des lacs Léman et Bourget. Mémoire DAA halieutique, ENSA, Rennes, 46 pages + annexes.
- Kelly-Quinn, M. & Bracken, J.J., 1989. Survival of stocked hatchery-reared brown trout (*Salmo trutta*) fry in relation to the carrying capacity of a trout nursery stream. *Aquaculture and Fisheries Management*, 20, 211-226.
- Laikre L., 1999 (ed). Conservation genetic management of Brown trout (*Salmo trutta*) in Europe. Report by the Concerted Action on identification, management and exploitation of genetic resources in the Brown trout (*Salmo trutta*), 91p. ("Troutconcert", EU FAIR CT97-3882).
- Largiader C.R., Scholl A. & Guyomard R., 1996. The role of natural and artificial propagation on the genetic diversity of brown trout (*Salmo trutta* L.) of the upper Rhône drainage. In: Conservation of Endangered Freshwater Fish in Europe (Kirchhofer A & D. Hefti, Eds), pp 181-197. Birkhauser Verlag, Basel, Switzerland.
- Lasenby, T.A. & Kerr, S.J., 2001. *Brown trout stocking: An annotated bibliography and literature review*. Fish and Wildlife Branch, Ontario Ministry of Natural Resources, Peterborough.
- Launey S., Krieg F., Champigneulle A. & Guyomard R., 2003. Ecotypes sympatriques migrants et sédentaires de truite commune (*Salmo trutta* L.) : différenciation génétique et effet des repeuplements. *Les Actes du BRG 4*, 63-78.
- Le Pimpec P., Liénard A., Bonnard R., Lafont M., Cazin B. Bossard Ph. Hubert B. & Bray M., 2002. Guide pratique de l'agent préleveur chargé de la police des milieux aquatiques. Cemagref éditions, 159 pages.
- McLaughlin, R.L. & Grant, W.A., 1994. Morphological and behavioural differences among recently-emerged brook charr, *Salvelinus fontinalis*, foraging in slow-vs. fast-running water. *Environnement Biology of Fishes*, 39, 289-300.
- McLaughlin, R.L. & Noakes, D.L.G., 1998. Going against the flow: an examination of the propulsive movements made by young brook trout in streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55, 853-860.
- McMenemy J.R., 1995. Survival of Atlantic Salmon fry stocked at low density in the West River, Vermont. *North American Journal of Fisheries Management*, 15, 366-374.
- Meunier F.J. & Boivin G., 1978. Action de la fluorescéine, de l'alizarine, du bleu de calcéine et de diverses doses de tétracycline sur la croissance de la truite et de la carpe. *Annales Biologie Animales Biochimie Biophysique*, 18, 1293-1308.
- Mohler J.W., 1997. Management briefs: Immersion of Larval Atlantic Salmon in Calcein Solutions to Induce a Non-Lethally Detectable Mark. *North American Journal of Fisheries Management*, 17, 751-756.
- Mohler J.W., 2003. Producing fluorescent marks on Atlantic Salmon fin rays and scales with calcium via osmotic induction. *North American Journal of Fisheries Management*, 23, 1108-1113.
- Moran P., Pendas A. M., Garcia-Vasquez E. & Isquierdo J., 1991. - Failure of a stocking policy, of hatchery reared brown trout, *Salmo trutta* L., in Asturias, Spain, detected using LDH-5* as a genetic marker. *Journal of Fish Biology*, 39, 117-121.
- Moritz C., 1994. - Applications of mitochondrial DNA analysis in the conservation: a critical review. *Molecular Ecology*, 3, 401-411.
- Nagiec M., Dabrowski K., Nagiec C. & Murawska E., 1988. Mass-marking of coregonid larvae and fry by tetracycline tagging of otoliths. *Aquatic and Fisheries Management*, 19, 171-178.
- Nagiec M., Czerkies P., Goryczko K., Witkowski A. & Murawska E., 1995. Mass-marking of grayling (*Thymallus thymallus* L.) larvae by fluorochrome tagging of otoliths. *Fisheries Management and Ecology*, 2, 165-175.
- Naeslund, I., 1992. Survival and distribution of pond and hatchery-reared 0+ brown trout (*Salmo trutta*) released in a Swedish stream. *Aquaculture and Fisheries Management*, 23, 477-488.
- Naeslund, I., 1998. Survival and dispersal of hatchery-reared brown trout (*Salmo trutta*) released in small streams. *Stocking and Introduction of Fish* (ed I.W. Cowx), pp. 59-76. Blackwell Science, Great Britain.
- Ojanguren, A.F. & Braña, F., 2003. Effects of size and morphology on swimming performance in juvenile brown trout (*Salmo trutta* L.). *Ecology of Freshwater Fish*, 12, 241-246.

- Panfili J., Pontual, H., Troadec H. & Wrright P.J., 2002. - Manuel de sclérochronologie des poissons. 464p. Coédition Ifremer-IRD,
- Pakkasmaa, S. & Piironen, J., 2001. Water velocity shapes juvenile salmonids. *Evolutionary Ecology*, **14**, 721-730.
- Renata, E.H., Lingstone, D.M., Siber, R., Burkhardt-Holm, P., & Güttinger, H., 2006. Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Global Change Biology*, **12**, 10-26.
- Renoy M., 2002. Diagnose écologique du Giffre (Haute-Savoie). Rapport DESS Qualité et traitement des eaux, Université Franche-Comté, 42 pages + annexes.
- Riddel, B.E. & Legget, W.C., 1981. Evidence of an adaptative basis for geographic variation of body morphology and time of down-stream migration of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **38**, 308-320.
- Rojas Beltran, R., Champigneulle, A. & Vincent, G. (1995a) Mass-marking of bone tissue of *Coregonus lavaretus* and its potential application to monitoring the spatio-temporal distribution of larvae, fry and juveniles of lacustrines fishes. *Hydrobiologia*, **300/301**, 399-407.
- Rojas Beltran, R., Gillet, C. & Champigneulle, A. (1995b) Immersion mass-marking of otoliths and bone tissue of embryos, yolk-sac fry and juveniles of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Nordic Journal of Freshwater Resources*, **71**, 411-418.
- Ruhle C. & Grieder C., 1989. Nouvelle méthode de marquage vital d'œufs de salmonidés par incorporation osmotique de tétracycline à la fécondation: expériences préliminaires sur des œufs de truite fario (*Salmo trutta*) et de truite arc en ciel (*Oncorhynchus mykiss*). *Bulletin. Français de la Pêche et de la Pisciculture*, **315**: 181-188.
- Sanz Ball-Llosera N., Garcia-Marin J.L. & Pla C., 2002. - Managing fish populations under mosaic relationships. The case of brown trout (*Salmo trutta*) in peripheral Mediterranean populations. *Conservation Genetic*, **3**, 385-400.
- SDAGE, 1996. Volume2, Fiches thématiques réglementation et préconisations du SDAGE, Comuté de bassin Rhône, Méditerranée Corse, 299 pages.
- Schmidt-Posthaus, H., Bernet, D., Wahli, T. & Burkhardt-Holm, P., 2001. Morphological organ alterations and infectious diseases in brown trout *Salmo trutta* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* exposed to polluted river water. *Diseases of Aquatic Organisms*, **41**, 161-170.
- Sprenst, P., 1992. Pratique des statistiques non paramétriques. INRA, Paris.
- Stubbing D.N., & Moss R.D., 2007. Success of calcein marking via osmotic induction in brown trout fry, *Salmo trutta*. *Fisheries Management and Ecology*, **14**, 231-233.
- Sundström, L.F. & Johnsson, J.I., 2001. Experience and social environment influence the ability of young brown trout to forage on live novel prey. *Animal Behaviour*, **61**, 249-255.
- Tsukamoto K., Seki Y., Oba T., Oya M. & Iwahashi M., 1989a. Application of otolith to migration study of salmonids. *Physiological and Ecological Japan*, Spec. Vol. 1, 119-140.
- Tsukamoto K., Kuwada H., Hirokawa J., Oya M., Sekiva S., Fujimoto H. & Imaizumi K., 1989b. Size-dependent mortality of red sea bream (*Pagrus major*) juveniles released with fluorescent otolith-tags in New Bay, Japan. *Journal of Fish Biology*, **35**, 59-69.
- Vigier L., 2006. Diagnose écologique et recherché des causes de perturbation du peuplement piscicole du Foron de Reignier. Rapport FDP74/06/04, Master 2 Université de Franche-Comté, 51 pages + annexes.
- Vigier L. & Caudron A., 2007. Schéma Départemental de Conservation et de Réhabilitation des Populations de Truites Autochtones 2007-2013. 41 pages + annexes.
- Virbickas, T. & Kesminas, V., 2002. Salmon (*Salmo salar*) and Sea-trout (*Salmo trutta*) restocking efficiency in potential rivers of Lithuania. Initial study. *Acta Zoologica Lituanica*, **12**, 129-137.
- Wahli, T., Knuesel, R., Bernet, D., Segner, H., Pugovkin, D., Burkhardt-Holm, P., Escher, M. & Schmidt-Posthaus, H., 2002. Proliferative kidney diseases in Switzerland: current state of knowledge. *Journal of Fish Diseases*, **25**, 491-500.
- Young K. L., 1999. Managing the decline of Pacific salmon: metapopulation theory and artificial recolonization as ecological mitigation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **56**, 1700-1706.
- Youngson A.F., Jordan W.C., Verspoor E., McGinnity P., Cross T. & Ferguson A., 2003. - Management of salmonid fisheries in the British Isles: towards a practical approach based on population genetics. *Fishery Research*, **62**, 193-209.

ANNEXES

Article 1

Article 2

Article 3