

Le Villaret
2092, route des Diacquenods
74370 ST MARTIN BELLEVUE



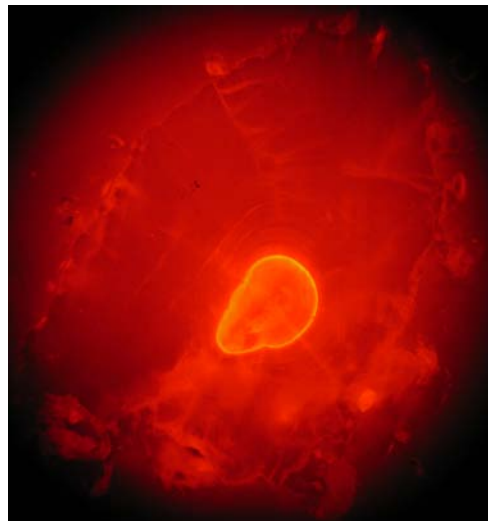
CARTEL
BP 511
74203 THONON LES BAINS

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

Etude du stade 0+ sur les bassins versant des Usses, de l'Ugine
de Chévenoz, de la Menoge et du Vaison

A. CAUDRON, A. CHAMPIGNEULLE, A. LARGE

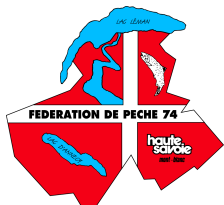


Rapport SHL 248-2004
FDP74.04/02

Septembre 2004

Etude réalisée avec la participation financière de :





Le Villaret
2092, route des Diacquenods
74370 ST MARTIN BELLEVUE



CARRTEL
BP 511
74203 THONON LES BAINS

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

Etude du stade 0+ sur les bassins versant des Usses, de l'Ugine
de Chévenoz, de la Menoge et du Vaison

A. CAUDRON, A. CHAMPIGNEULLE, A. LARGE

Référence à citer : CAUDRON A., CHAMPIGNEULLE A., A. LARGE 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 2003, étude du stade 0+ sur les bassins versant des Usses, de l'Ugine de Chévenoz, de la Menoge et du Vaison*. Rapport INRA Thonon SHL 248-2004 - FDP74.04/02, 55 pages + annexes.

RESUME

Une étude pilote, à grande échelle spatiale et temporelle, de fluoromarquage à l'alizarine redS des otolithes de l'ensemble des alevins de truites introduits dans les cours d'eau de Haute-Savoie a été entreprise.

Le présent rapport présente les résultats de la deuxième campagne de prélèvements de cette étude réalisée en 2003 au stade 0+ sur 4 bassins versant : les Usses, l'Ugine de Chévenoz, la Menoge et le Viaisson. Pour information, un premier rapport présentant les résultats de la première campagne de prélèvement en 2002 a été publié en décembre 2003.

La démarche globale de cette étude ainsi que la technique de marquage et la méthodologie sont précisément explicitées.

L'évaluation de l'efficacité des pratiques de repeuplement sur les rivières étudiées montre une forte variation interstation des contributions des 0+ marqués dans la population en place. Sur les rivières principales, les pratiques d'alevinage montrent leurs limites et semblent globalement peu efficace pour soutenir les populations présentes ou installer de nouvelles populations.

Un recrutement naturel a été observé sur tous les secteurs étudiés cette année avec des contributions pouvant varier fortement. Seuls 3 secteurs sur 47 montrent des taux de 0+ non marqués inférieurs à 10%.

Sur les 47 secteurs étudiés :

- 55% montrent un taux de marqués inférieur à 40%
- 24% présentent un taux de marqués entre 40 et 60%
- 21% montrent un taux de marqués supérieur à 60% au stade 0+.

La comparaison des caractéristiques morphologiques entre individus sauvages et introduits montre qu'au stade 0+ les individus marqués ont une taille moyenne supérieure à celle des individus sauvages.

La taille moyenne relatives des nageoires pectorales est dans la majorité des secteurs plus grande chez les 0+ sauvages que chez les 0+ marqués. Cette différence n'est plus vraie sur les secteurs où les repeuplements sont réalisés très précocement.

Les observations réalisées sur l'état sanitaire des poissons indiquent que seul le bassin des Usses montre des symptômes de la PKD. Par contre tous les bassins étudiés sont concernés par les symptômes de maladies bactériennes.

SOMMAIRE

1. Matériel et méthode	1
1.1 Présentation générale de la technique de marquage.....	1
1.2 Description précise de la technique de marquage	2
1.3 Données de repeuplement.....	4
1.4 Echantillonnage en milieu naturel	4
1.5 Récolte et analyses des données en laboratoire	5
1.5.1 <i>Caractéristiques morphologiques et morphométriques</i>	5
1.5.2 <i>Présentation des otolithes</i>	6
1.5.3 <i>Extraction et lecture des otolithes</i>	7
1.6 Symptômes pathologiques observées	10
1.6.1 <i>La maladie rénale proliférative (PKD)</i>	10
1.6.2 <i>Pathologies bactériennes</i>	11
1.7 Utilisation du SIG de la fédération de Pêche	11
2. Résultats et discussions	12
2.1 Taux de marquage, sexe ratio et pathologie.....	12
2.1.1 <i>Les Usses</i>	12
2.1.2 <i>L'Ugine de Chévenoz</i>	18
2.1.3 <i>La Menoge</i>	39
2.1.4 <i>Le Vaison</i>	43
2.2 Caractéristiques morphologiques.....	45
2.2.1 <i>Longueur totale des individus</i>	45
2.2.2 <i>Taille des nageoires pectorales</i>	47
3. Premières implications pour la gestion	50
3.1 Bassin des Usses	50
3.2 Bassin de l'Ugine	51
3.3 Bassin de la Menoge	52
3.4 Le Vaison	52
Bibliographie.....	54

1. Matériel et méthode

Avertissement: afin de diffuser la démarche globale de cette étude ainsi que la technique de marquage utilisée, un article scientifique a été écrit et soumis au BFPP. Le contenu de ce chapitre reprend en partie cet article.

1.1. Présentation générale de la technique de marquage

Une des seules techniques permettant de marquer rapidement de grandes quantités de truites à des stades précoces (alevins vésiculés) est le fluoromarquage des otolithes.

La méthode définitive de marquage utilisée est décrite précisément ci-après. Elle a d'abord été inspirée à partir de plusieurs tests récents réalisés sur les salmonidae (NAGIEC *et al.*, 1995 ; JOURDAN, 1995 ; CACHERA, 1997 ; CHAMPIGNEULLE et ROJAS BELTRAN, 2001) et a ensuite été optimisée et adaptée (CHAMPIGNEULLE, données non publiées) aux exigences de notre étude suite à de nombreux essais.

Le marquage consiste en une baignade 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 ces conditions, les mortalités post-marquage sont restées inférieures à 5‰ et non significativement différentes de celles observées sur des lots comparables non marqués. De récentes études (CAUDRON et CHAMPIGNEULLE, données non publiées) ont mis en évidence un taux de marquage des alevins à 100% avec une pérennité minimale des marques jusqu'à 5 ans.

Dans la présente opération pilote, le marquage est prévu 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 fioles contenant exactement la quantité d'ARS 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.

Les tétracyclines ont d'abord été utilisées comme fluoromarqueur, mais, en raison de leur pouvoir antibiotique, leur usage a été fortement réglementé dans certains pays ces dernières années (PANFILI *et al.*, 2002). L'utilisation de nouveaux fluoromarqueurs comme l'alizarine complexone (TSUKAMOTO *et al.*, 1989a et b) et plus récemment l'alizarine Red S s'est développée.

L'alizarine Red S est un produit certifié par la Biological Stain 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 au

niveau des otolithes qui sont alors les seules parties calcifiées. 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. 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. Une étude approfondie est en cours en Allemagne en relation avec un très important programme de marquage des larves de corégone déversées dans le lac de Constance (RUHLE, ECKMANN, comm. personn.). C'est pourquoi, il faudra être attentif aux résultats de cette étude pour mieux préciser dans le futur l'ensemble des conditions d'emploi de l'ARS dans le contexte du marquage à des stades précoces des poissons de repeuplement en milieu naturel.

Le marquage consiste en une balnéation de 3 heures des alevins vésiculés (fin de résorption), dans un bain d'Alizarine Red S à une concentration de 100mg/litre d'eau. le marquage est prévu durant trois années successives (2002-2003-2004) dans six piscicultures associatives.

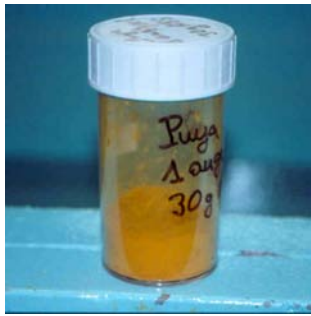
1.2. Description précise de la technique de marquage

Les marquages dans les six établissements concernés ont été étalés sur la période février-avril 2002 à des températures allant de 2 à 10°C selon les lots ou les piscicultures. Ils ont été réalisés dans des auge d'incubation dont le volume d'eau a été généralement de 100 à 300 litres d'eau brute.

- Dans un premier temps, la poudre pré-dosée en laboratoire, contenu dans la fiole, 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'asphyxies. 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 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 la coloration et 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.

La méthode de marquage peut être adaptée au mode de résorption utilisé par le pisciculteur, en clayette ou directement dans les auges



Fiolle avec colorant en poudre



Préparation de la solution colorante



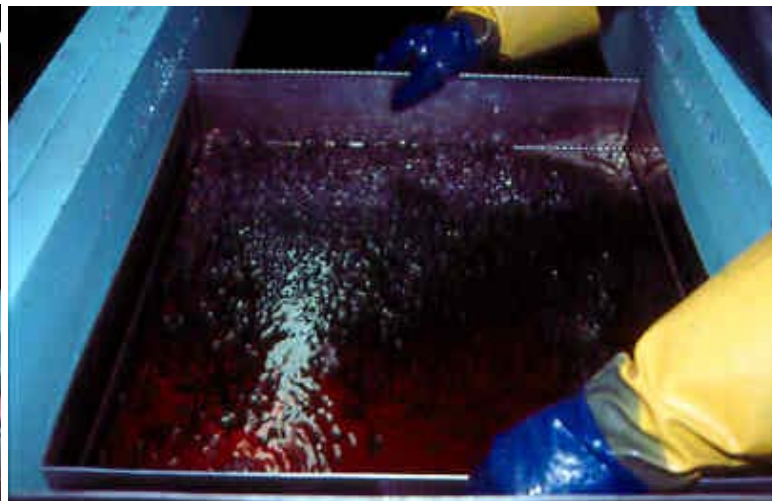
Vue de la solution colorante



Introduction du colorant dans le bac de 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

1.3. Données de repeuplement

Les données quantitatives concernant les pratiques de repeuplement ont été recueillies dans les plans 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 plan d'alevinage. Pour chaque tronçon, sont notées les limites amont et aval ainsi que la longueur totale et la largeur moyenne (évaluation en cours).

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

La majorité des cours d'eau sont repeuplés, depuis plusieurs décennies, par des truites de souche atlantique domestiquée, différente de la souche méditerranéenne autochtone (présente à l'origine naturellement).

Dans le cas étudié cette année, plusieurs origines de poissons ont été alevinées : la souche méditerranéenne Pont de Gys sur l'Ugine et le Vaison, la souche Chauvey sur les Usses, sur la Menoge la souche Chazey-Bons sauvage a été utilisée en amont du pont Morand et la souche Chazey-Bons domestiques en aval.

Les données de repeuplement 2003 sont synthétisées dans le tableau suivant. Les plans d'alevinage précis sont présentés en annexe.

Bassin	Souche utilisée	Quantité totale aleviné	Linéaire total aleviné	Quantité moyenne alevinée par mètre linéaire
Usses	Chauvey	97 300	123 750 m	0,80 ind./ml
Ugine de Chévenoz	Pont de Gys	11 250	10 600 m	1,1 ind./ml
Vaison	Pont de Gys	12 000	8 500 m	1,4 ind./ml
Menoge	Chazey-Bons domestique et rhodanienne	158 000	65 800 m	2,4 ind./ml

1.4. Echantillonnage en milieu naturel

En raison de l'importante échelle spatiale de la présente étude, il ne sera pas possible de suivre, à toutes les classes d'âge et sur tout le réseau hydrographique, la contribution des poissons marqués dans la population en place.

Cependant, deux types d'échantillonnages principaux seront donc pratiqués : au stade 0+ dans la population en place et au stade adulte (à partir de 2+) dans la pêche.

Cette approche permettra de s'affranchir des difficultés rencontrées pour échantillonner et sacrifier des poissons aux stades 1+ et 2+ dans les populations en place (quantité, représentativité, impact en cas de populations faibles, agrément des gestionnaires).

Ceci n'exclue pas la réalisation de prélèvements aux stades intermédiaires dans des cas spécifiques bien ciblés.

Pour les stades jeunes, les échantillonnages ont été réalisés par pêche électrique de sondage à l'aide d'un appareil portable, soit généralement en automne, soit en période hivernale pour certains grands cours d'eau, cas du cours principal du Giffre.

Les échantillonnages des 0+ des différentes rivières seront étalés sur trois ans (2002-2003-2004).

Pour les stades adultes, des carnets seront distribués à des pêcheurs volontaires qui accepteront 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). Les carnets comportent une planche explicative récapitulative des différentes mesures et prélèvements. Les suivis dans la pêche seront réalisés au minimum dans la période 2004-2006 durant laquelle des poissons capturés par les pêcheurs seront susceptibles d'être marqués.

Enfin, une autre opportunité d'échantillonnage, non prévisible mais utilisable, est la récupération de truites mortes suite à des pollutions.

Deux types d'échantillonnages principaux seront donc pratiqués : au stade 0+ dans la population en place et au stade adulte (à partir de 2+) dans la pêche.

1.5. Récolte et analyses des données en laboratoire

1.5.1. Caractéristiques morphologiques et morphométriques

Tous les juvéniles sont conservés au congélateur à -18°C . Après décongélation, leur longueur totale est mesurée (au mm près) ainsi que la longueur maximale de la pectorale gauche (à 0,1mm près). La truite est pesée à 0,1g près.

Des prélèvements d'écailles sont réalisés pour déterminer l'âge de chaque individu. Les lectures d'écailles préalables permettent de sélectionner les individus faisant partie des cohortes susceptibles d'être marquées.

La robe de la truite est observée, permettant de classer les truites selon leur phénotype (type atlantique ou méditerranéen).

La truite est ensuite disséquée pour déterminer le sexe. L'état de maturité sexuelle est également noté.

L'adipeuse est prélevée et conservée dans de l'alcool absolu en tube « Eppendorf » de 1,5 ml pour des analyses génétiques.

Des observations sont faites concernant l'état sanitaire global apparent du poisson (présence d'hémorragies visible extérieurement, gonflement des reins, coloration...).



Mesure du poisson



Pesée du poisson



Prise d'écaillés et lecture immédiate pour vérification de l'âge, ici 0+



Détermination du phénotype Méd. (haut), Atl. (bas)



Observation du sexe et de la maturité sexuelle

Le coefficient de condition est calculé d'après la formule suivante :

$$K = (P \cdot 100) / (Lt/10)^3$$

K = coefficient de condition

P = poids en grammes

Lt = longueur totale du poisson en mm

De même, la longueur relative ((longueur de la nageoire/longueur totale du corps)*100) des nageoires pectorales a été calculée (BOSAKOWSKI *et al.*, 1993).

Ces renseignements, notamment les caractéristiques morphologiques, permettent de réaliser des analyses comparatives entre poissons sauvages et introduits.

Pour chaque poisson sélectionné, il faut ensuite procéder à l'extraction, la préparation et l'examen des otolithes.

1.5.2. Présentation des otolithes

Les otolithes sont des pièces calcifiées présentes dans l'oreille interne des poissons. Ils se forment dès le stade embryonnaire et suivent l'accroissement de la truite. Leur rôle essentiel se situe au niveau du maintien de l'équilibre du poisson.

Il existe trois paires d'otolithes dont la forme et la taille sont caractéristiques d'une espèce :

- Les *sagittae*

Ils sont logés dans la partie ventro-postérieure de la capsule auditive. Des trois paires d'otolithes, les *sagittae* sont les plus utilisés, pour le fluoromarcage de masse comme dans la

présente étude, mais aussi pour des estimations de l'âge et de l'accroissement des poissons. Ceci se justifie par leur taille, ce sont en effet les plus volumineux, leur extraction s'en trouve donc facilitée.

- Les ***asterisci***

Ils sont situés à l'arrière des *sagittae*. Comme ces derniers, ils sont impliqués dans la réception des sons (PANFILI *et al.*, 2002).

- Les ***lapilli***

Ils se situent dans la zone antéro-dorsale de la capsule auditive et interviennent dans le maintien des postures et de l'équilibre des poissons.

Les *sagittae*, plus volumineux et plus faciles à prélever, ont donc été utilisés pour mener à bien cette étude.

L'otolithe croît par apposition d'un nouveau matériel sur sa surface. Ce phénomène cyclique, fonction du métabolisme du calcium et de la synthèse des acides aminés, conduit à la formation d'anneaux saisonniers.

Lors du marquage à l'alizarine Red S, les truites ne sont âgées que de quelques semaines et, de ce fait, les otolithes sont de très petite taille. Le fluorochrome se fixe sur les structures en voie de minéralisation (os, dents, cartilages calcifiés, otolithes). Leur calcification se poursuit naturellement avec la croissance du poisson et ainsi seule la partie centrale de l'otolithe, correspondant à sa taille lors de la coloration, est marquée.

L'alizarine Red S absorbe les rayons UV et émet une fluorescence dans le spectre visible. Cette propriété est utilisée pour le repérage du marqueur avec un microscope équipé pour l'épifluorescence.

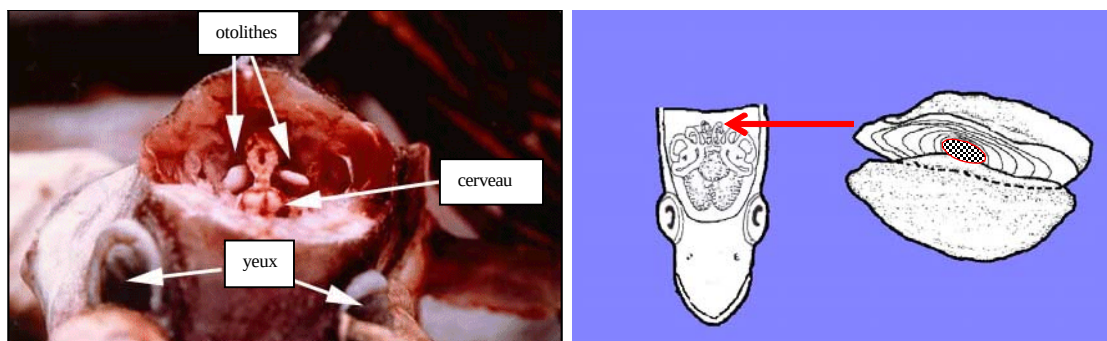


Photo et schéma de localisation des otolithes et du marquage

1.5.3. Extraction et lecture des otolithes

Les différentes phases permettant la lecture des otolithes sont :

- Découpe et enlèvement avec des ciseaux de la moitié inférieure de la tête préalablement 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 Crystalbond Aremco 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.

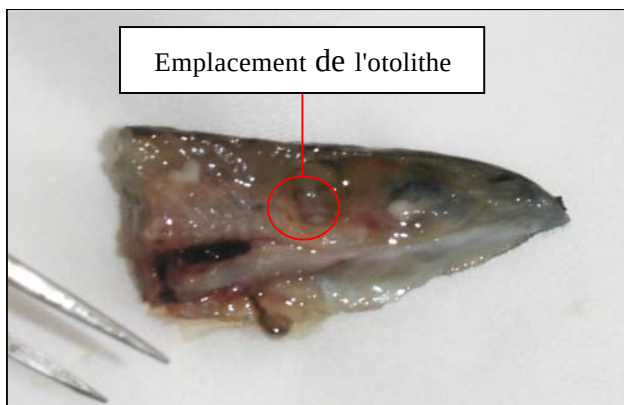
Lorsque l'otolithe a été marqué, celui-ci montre en son centre un anneau ou un noyau (selon la précocité du marquage et/ou positionnement du plan de polissage par rapport au nucléus) apparaissant rouge fluorescent (jeu de filtres Zeiss n°15 : BP 546/12, FT 580, LP 590).



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



Tête après dissection



Localisation de l'otolithe



Extraction de l'otolithe



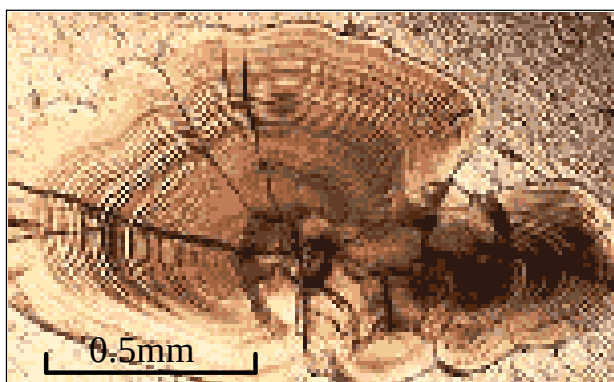
Otolithes collés sur lame mince



Ponçage de l'otolithe



Observation de la lame mince au microscope



Vue au microscope d'un otolithe poncé



Otolithe marqué (anneau rouge fluo)

1.6. Symptômes pathologiques observés

1.6.1. La maladie rénale proliférative (MRP ou PKD ou tétracapsuloïdose)

Selon ESCHER *et al.* (Fischnetz-info, mars et décembre 2001), cette maladie est provoquée par un seul parasite : *Tetracapsula bryosalmonae* (myxosoaire). Chez les poissons, on le rencontre chez les salmonidés et le brochet, les truites étant particulièrement touchées. Le taux de mortalité peut être fort chez ces dernières (10 à 100%), surtout sur les estivaux.

Pour que les symptômes (affaiblissement, contraction d'autres maladies) se développent, la température de l'eau doit être supérieure à 15°C. De plus, il semble que des facteurs tels qu'un faible taux d'oxygénation ou une pollution chimique favoriseraient la maladie.

Afin de savoir si la truite en présence est infectée, il faut observer ses reins. En effet, un poisson ayant développé la maladie a des reins grossis et d'une coloration inhabituelle.

Le mode de propagation de la maladie et le cycle complet du parasite ne sont que partiellement connus. *Tetracapsula* parasite les bryozoaires, de petits organismes filtreurs qui forment des colonies de quelques centimètres de diamètre sur différents types de substrats et que l'on rencontre dans la plupart des lacs et cours d'eau.

Les parasites se multiplient dans les bryozoaires ; ils ont alors une taille de 20 µm et se concentrent dans des sortes de grandes poches de 350 µm de diamètre. Le parasite pénètre dans le poisson sous forme de petites spores à travers les cellules du mucilage de la peau, et ce au cours de la première minute après l'entrée en contact avec l'agent pathogène. A l'aide de la circulation sanguine, les parasites atteignent les reins où ils forment différents stades de développement et provoquent de violentes réactions inflammatoires. Il en résulte les différents symptômes décrits précédemment.

Le parasite, d'un diamètre de 5 à 20 µm, a pu être observé dans les vaisseaux sanguins de presque tous les organes (sauf du cerveau, de la moelle épinière et des yeux). Les spores sont libérées dans l'eau avec l'urine du poisson et sont probablement absorbées de nouveau par les bryozoaires.

Les truites qui survivent ou qui ont déjà été infectées sans développer la maladie sont en général immunisées l'année suivante.



Poisson atteint pas la PKD (reins gonflés et présence de nodules)

La PKD provoque chez les jeunes truites une mortalité variant de 10 à 100 % des individus touchés. Le développement du parasite est favorisé en été lorsque la température de l'eau atteint 15°C.

1.6.2. Pathologies bactériennes

Des symptômes probablement dus à une pathologie bactérienne ont été mis en évidence lors de cette étude. En effet, un pourcentage non négligeable de truites était affecté par des rougeurs de type hémorragie à la base des nageoires.

Selon MORAND (com. pers.) deux maladies bactériennes peuvent engendrer ces symptômes (la furunculose et la yersiniose). Ces deux maladies sont présentes dans le monde entier et atteignent tout particulièrement les élevages de salmonidés.

Elles peuvent être favorisées par des conditions particulières du milieu environnant : température de l'eau élevée (supérieure à 10 °C), une charge organique importante ou encore une pollution diminuant les défenses immunitaires du poisson...

Selon la gravité de l'affection, ces pathologies peuvent entraîner de lourds taux de mortalité, atteignant jusqu'à 70% dans certains cas (MOURRIERAS, 1995).

Les hémorragies observées à la base des nageoires sont la conséquence d'une infection bactérienne pouvant provoquer d'importantes mortalités.

1.7. Utilisation du SIG de la Fédération de pêche de Haute-Savoie

Les données du programme pilote de marquage sont intégrées dans un SIG (Système d'Information Géographique, MapInfo) mis en place à la Fédération de pêche de Haute-Savoie et à l'INRA de Thonon.

Ainsi toutes les informations relatives à ce programme : caractéristiques des repeuplements, taux de marqués sur chaque station au stade 0+, contribution des poissons dans les captures dans la pêche à la ligne sont consignées dans cette base de données cartographique. A ceci s'ajoute des données générales sur les cours d'eau et leur qualité (pente, longueur, présence de seuils infranchissables, caractéristiques physico-chimiques, IBGN, hydrologie, occupation des bassins versants...).

Cette approche permettra un traitement spatialisé et croisé des différentes données disponibles.

2. Résultats et discussions

Ce chapitre présente les résultats obtenus sur les bassins étudiés lors de la campagne de prélèvements 2003 à savoir :

Les Usses
L'Ugine de Chévenoz
La Menoge
Le Viaisson

Lors de la campagne 2003, 1997 poissons au stade 0+ ont été échantillonnés en milieu naturel et étudiés en laboratoire

2.1. Taux de marquage, sexe ratio et pathologie

2.1.1. Les Usses

Sur le bassin des Usses, 35 secteurs ont été pêchés à l'électricité (6 sur le cours principal et 29 sur les affluents). Sur ces 35 secteurs, 11 présentaient une absence totale de truites et 1 un nombre insuffisant (4 individus). Ainsi, les prélèvements de 0+ ont été réalisés sur 23 stations, 6 sur le cours principal des Usses et 17 sur les affluents. Ce sont au total 977 poissons 0+ qui ont été échantillonnés et étudiés en laboratoire.

Le taux de marqués

Globalement sur l'ensemble du bassin, sur les 977 0+ étudiés, 267 étaient marqués soit un taux moyen de poissons marqués de 27 % et donc une majorité (73%) issus du recrutement naturel.

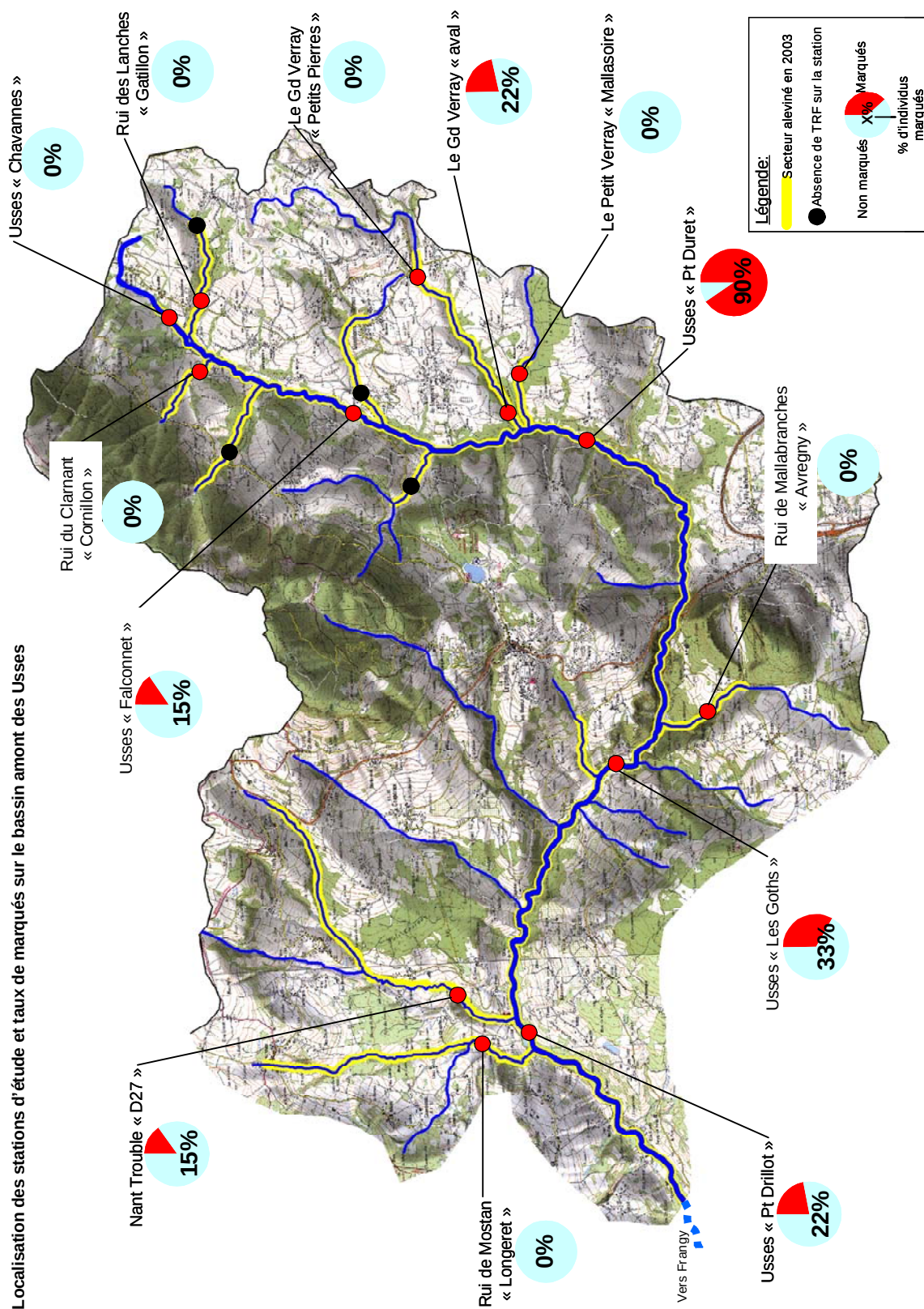
Sur le cours principal

Sur les 339 poissons étudiés, le taux moyen de marqués sur le cours principal des Usses est de 33,3%. Globalement, on observe donc sur l'ensemble du linéaire une importante reproduction naturelle qui contribue majoritairement (66%) au maintien de la population de truites. Ce recrutement naturel est déjà effectif dès l'amont du cours d'eau (secteur Les Chavannes, 0% de marqués).

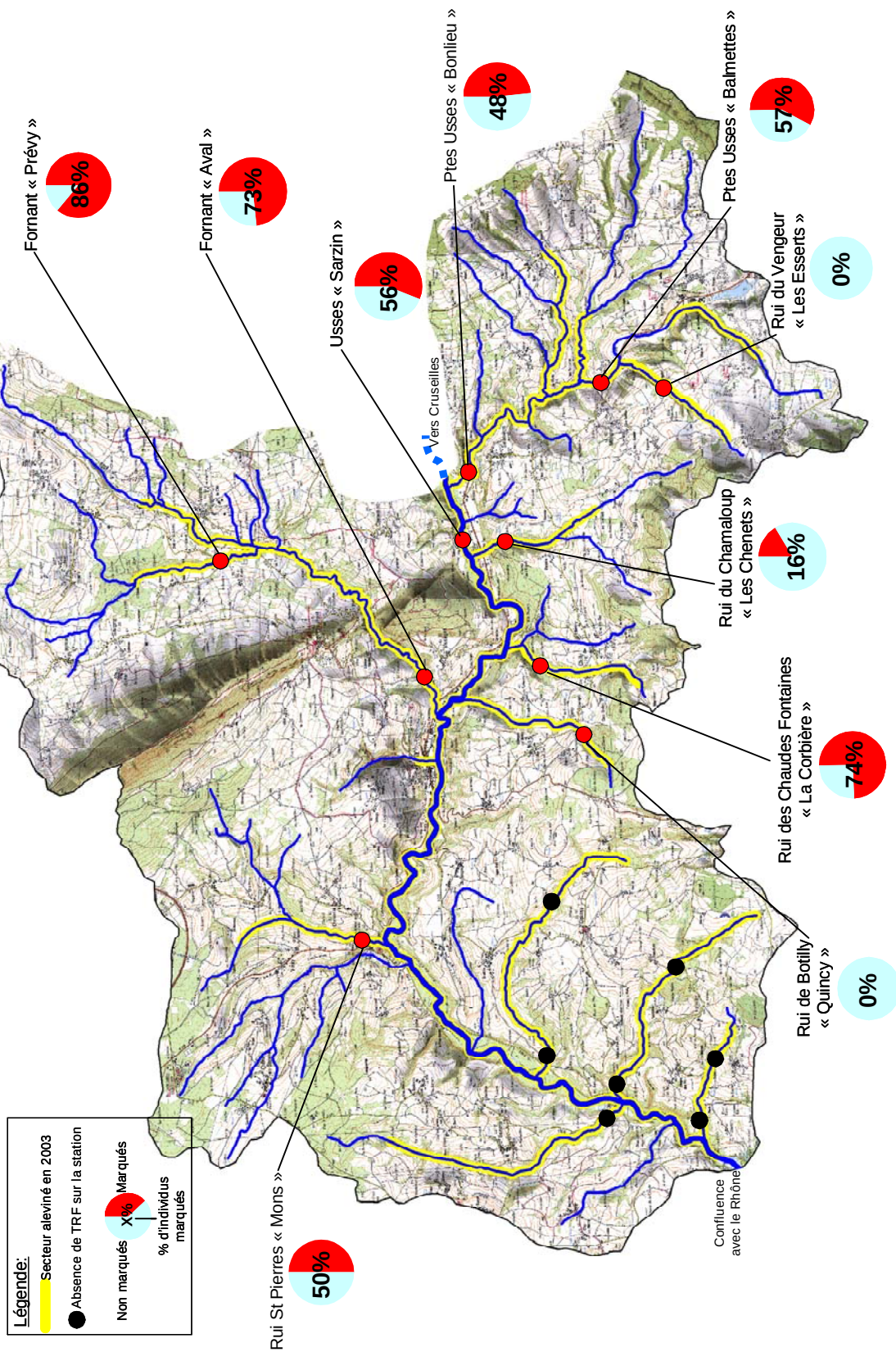
Seul le secteur au niveau du pont Duret (ou pont Cadon) fait exception et montre un taux de marqués important (90%). Ce résultat semble d'autant plus localisé que les deux autres stations, Falconnet en amont, et Les Goths en aval montrent respectivement seulement 15% et 33% de poissons marqués.

Le faible recrutement naturel sur ce secteur peut s'expliquer par un déficit de géniteurs et un habitat localement moins propice à la fraie. Cette hypothèse semble confortée par les résultats de la pêche électrique d'inventaire réalisée en 2004 qui montrent une densité et une biomasse faible (11 individus/100 m² pour 56,4 Kg/ha) (cf annexe).

Localisation des stations d'étude et taux de marqués sur le bassin amont des Usse



Localisation des stations d'étude et taux de marqués sur le bassin aval des Usse



Sur les Affluents

Les résultats mettent en évidence 3 situations différentes :

- Sur une majorité de stations (11 sur 17), le pourcentage de marqués est très faible avec des valeurs inférieures à 30%. De plus sur ces 11 stations, 8 présentent 0% de marqués. Cette situation montre l'importance du recrutement naturel sur les affluents suivants : Rui du Clarnant, Rui des Lanches (secteur aval), Le Grand Verray et le Petit Verray, Rui de Mallabranche, Rui de Mostan, Le Vengeur, Rui de Botilly, Le Nant Trouble et le Rui de Chamaloup.

- Sur 3 stations, la contribution des poissons marqués et des poissons naturels est équivalente. Les Petites Ussets montrent sur les secteurs de Bonlieu et des Balmettes respectivement 48% et 57% de poissons marqués. Le Rui de St Pierre au niveau de Mons montre un taux de marqués de 50%. Une reproduction naturelle est donc présente et relativement importante sur ces deux cours d'eau.

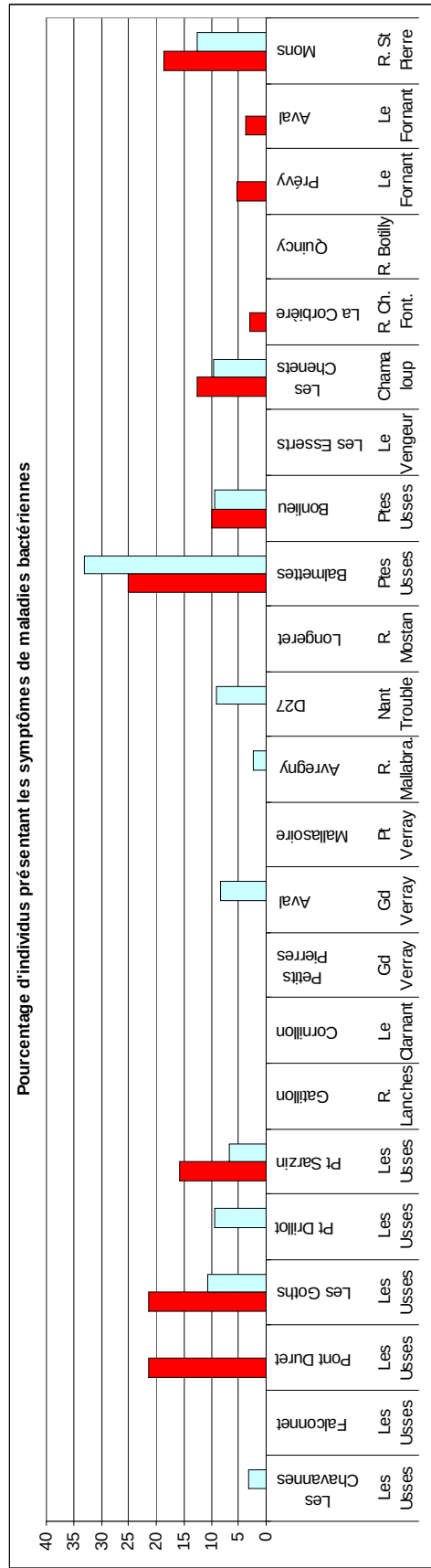
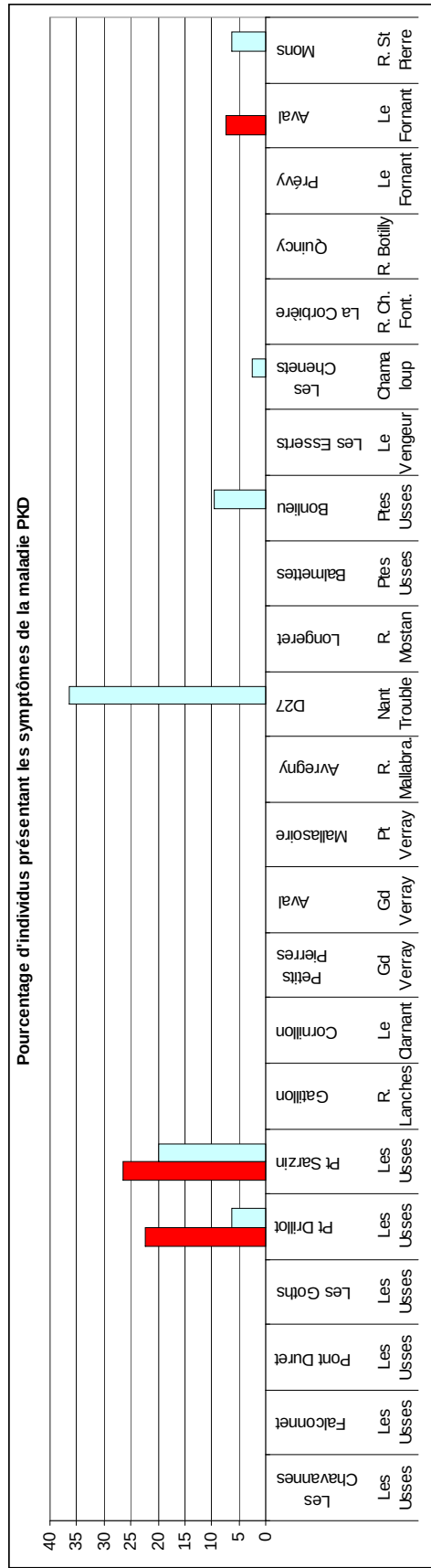
- Par contre, le taux de marqués est important sur le Rui des Chaudes Fontaines (74%) et le Fornant avec 73% sur l'aval et 86% sur l'amont (secteur Prévry). Il ne semble y avoir ni de populations naturelles de truites installées sur ces affluents, ni de remontées de géniteurs des Ussets.

Pathologies et état sanitaire des 0+

- 7 stations (soit 30%) sont concernées par les symptômes de PKD, 5 sur les affluents et 2 sur les Ussets. Elles sont toutes situées sur des zones aval susceptibles d'être concernées par une élévation de la température d'eau.

- La PKD touche indifféremment les juvéniles marqués et non marqués.
- 15 stations (soit 65%) sont atteintes par des symptômes de maladies bactériennes.
- Le taux de poissons contaminés est non négligeable et peut atteindre plus de 35%.

Pathologies observées au stade 0+ sur les stations d'étude du bassin des Usse

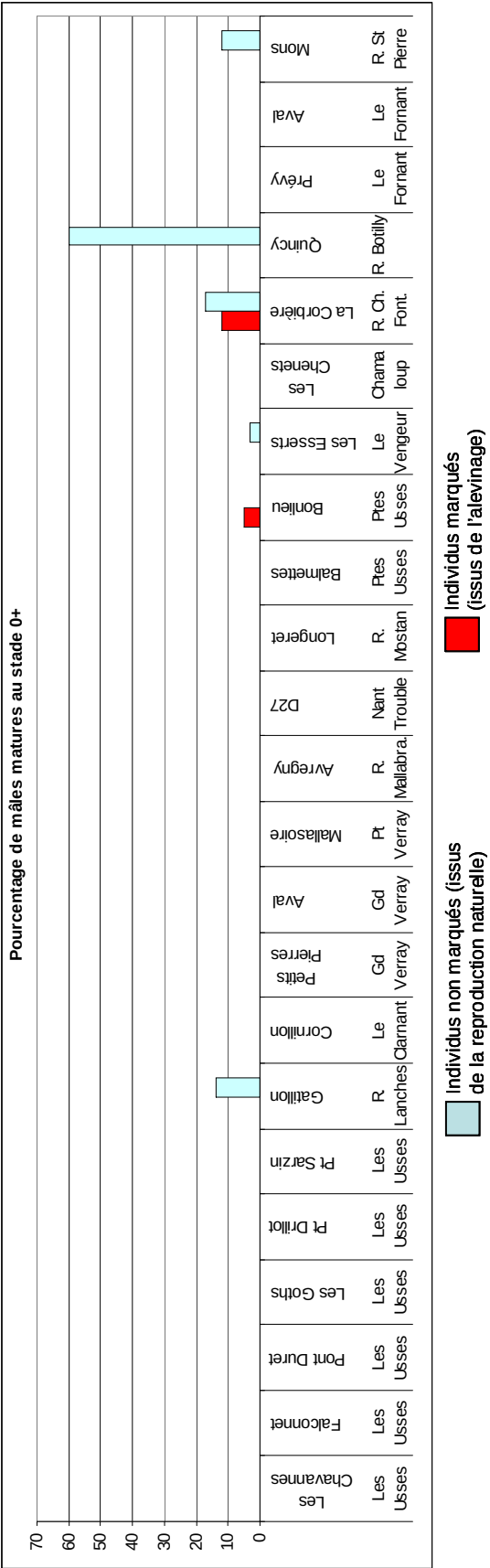
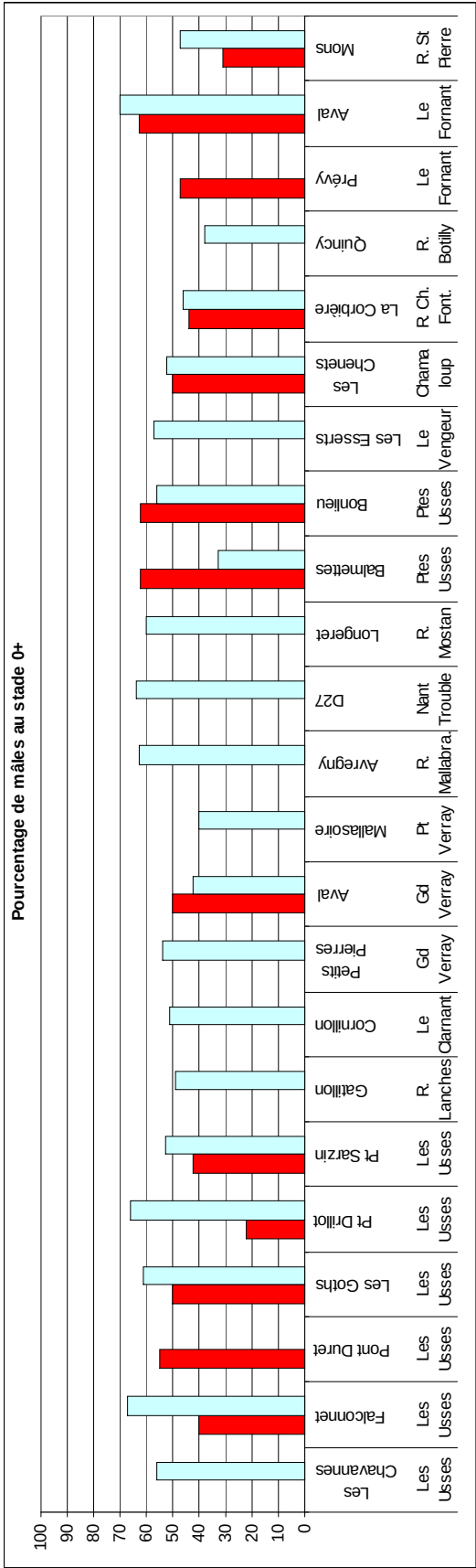


Individus non marqués (issus de la reproduction naturelle)

Individus marqués (issus de l'alevinage)

Sexe et maturité sexuelle des 0+

Sexe ratio et maturité sexuelle au stade 0+ sur les stations d'étude du bassin des Usse



- Pour l'ensemble des stations le sexe ratio est relativement équilibré pour les marqués comme pour les non marqués.

- 6 stations montrent des mâles matures au stade 0+. Cette maturité précoce est observée à la fois chez les marqués et les non marqués.

Le pourcentage de mâle mature varie globalement entre 3 et 15% sauf sur le Rui de Botilly où les 0+ non marqués sont matures à 60%.

2.1.2. L'Ugine de Chévenoz

Le repeuplement sur le bassin de l'Ugine est particulier car depuis 1999 il est pratiqué avec des alevins issus des géniteurs sauvages produits à la pisciculture du pont de Gys. Les géniteurs proviennent à l'origine du bassin de la Dranse d'Abondance.

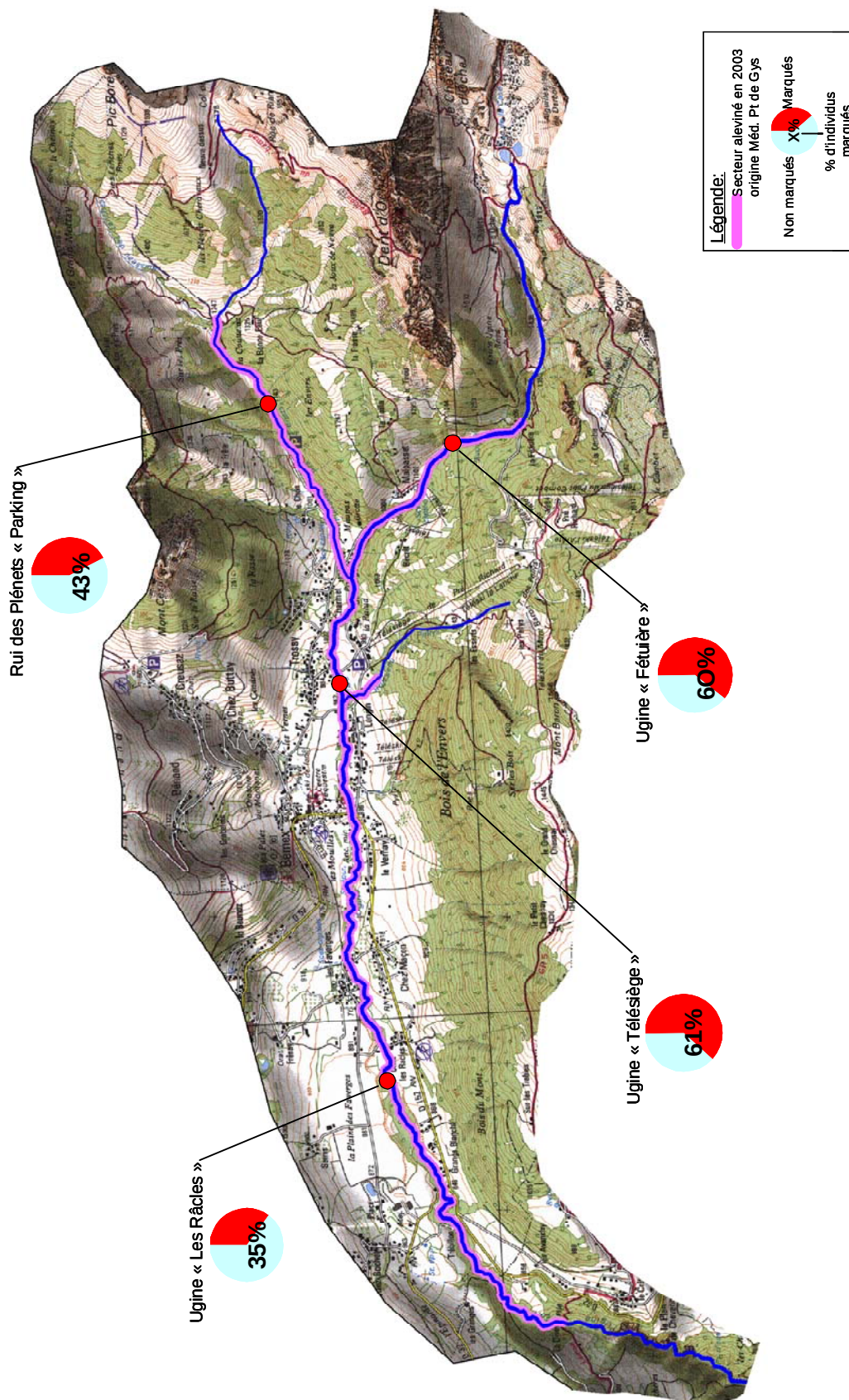
Dès 1995, des premiers essais d'introduction d'alevins sauvages avaient été effectués sur l'Ugine en utilisant de très faibles quantités. **Etant donné l'originalité de la gestion sur ce secteur et du recul disponible (5 années consécutives), il nous a semblé intéressant de faire un premier bilan des pratiques actuelles.**

Ainsi, nous présenterons deux types de données, tout d'abord comme sur les autres bassins étudiés, les résultats de la campagne 2003 puis ensuite un document inséré rédigé sous forme de publication scientifique présentant l'évolution de la population sur l'Ugine depuis 1995.

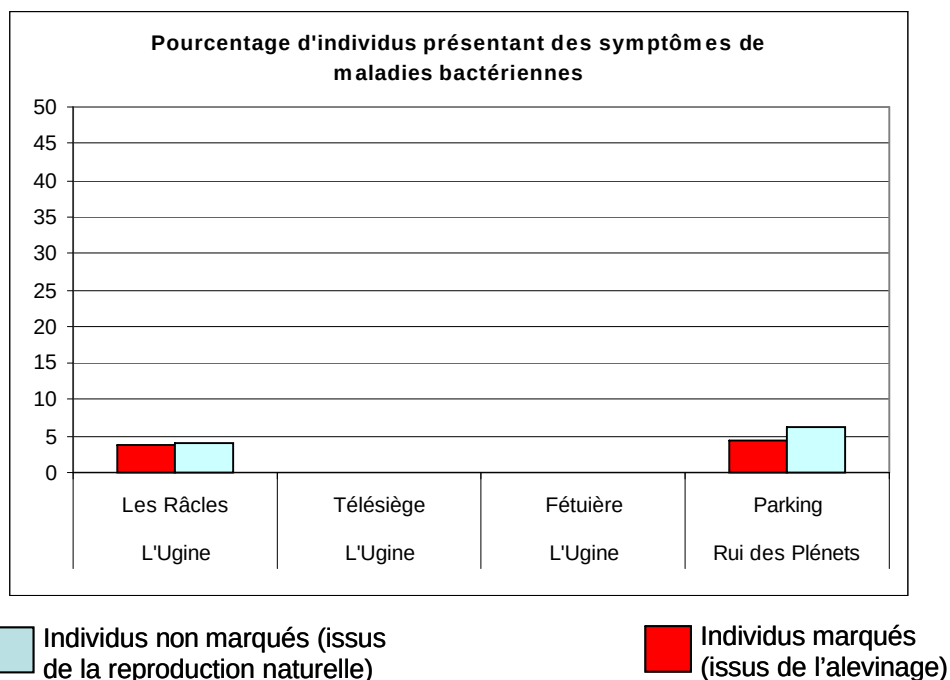
Le taux de marqués

Sur le bassin de l'Ugine, 4 stations ont été échantillonnées en 2003. Globalement sur les 233 0+ étudiés 48% sont issus du repeuplement avec selon les stations des variations du taux de marqués de 35 à 61%. Il y a donc une reproduction naturelle relativement importante sur l'ensemble du bassin. Certains secteurs semblent plus favorables que d'autres et montrent une majorité de poissons non marqués comme le Rui des Plénets (57% de poissons naturels) ou l'Ugine au niveau des Râcles (65% de poissons naturels).

Localisation des stations d'étude et taux de marqués sur le bassin de l'Ugine de Chévenoz

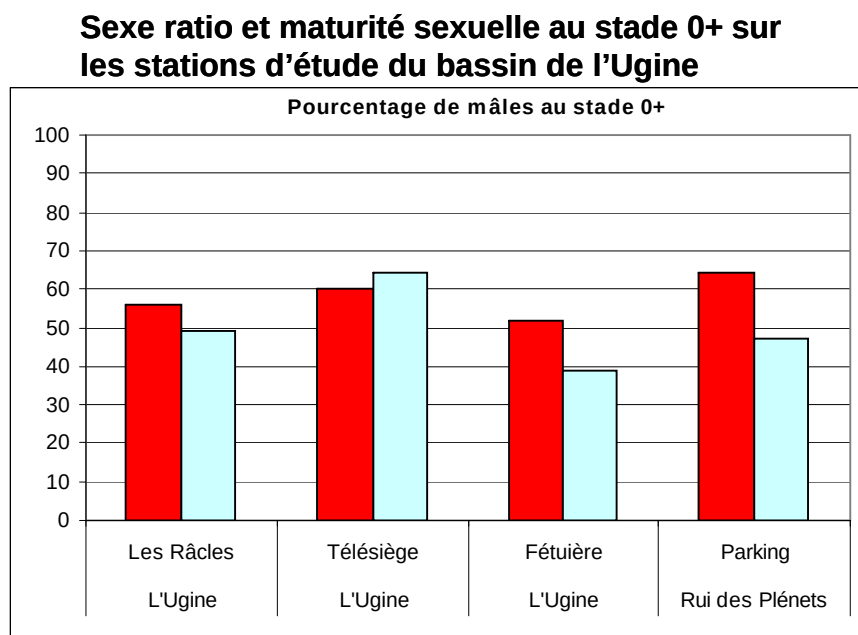


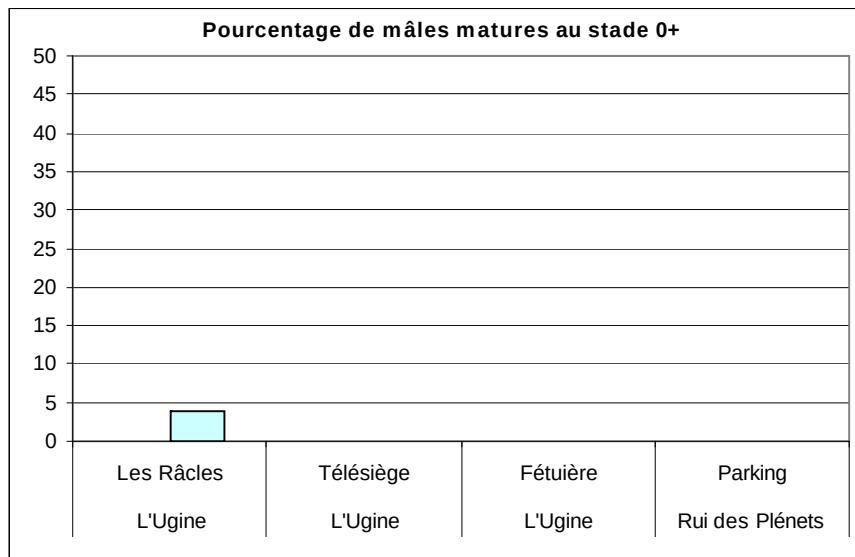
Pathologies et état sanitaire des 0+



- Aucun symptôme de PKD n'a été observé sur l'Ugine
- Des symptômes de maladies bactériennes sont visibles sur l'Ugine au niveau des Râcles et sur le Rui des Plénets avec des faibles pourcentages.
- Les symptômes atteignent les individus marqués et non marqués.

Sexe et maturité sexuelle des 0+





■ Individus non marqués (issus de la reproduction naturelle)

■ Individus marqués (issus de l'alevinage)

- Le sexe ratio apparaît globalement équilibré sur l'ensemble des stations à la fois pour les marqués et les non marqués.
- Seule la station des Râcles sur l'Ugine montre une maturité précoce des mâles 0+. Cette maturité ne concerne que les individus non marqués et à un taux très faible (< 5%).

- DOCUMENT INSERE -

ARTICLE SCIENTIFIQUE EN PREPARATION

**PREMIER BILAN DES PRATIQUES DE REPEUPLEMENT DE
REHABILITATION AVEC UNE SOUCHE AUTOCHTONE SUR L'UGINE**

**LE REPEUPLEMENT DE REHABILITATION COMME
UN OUTIL POSSIBLE DE CONSERVATION DES POPULATIONS
AUTOCHTONES DE TRUITES (*SALMO TRUTTA* L.)
EXEMPLE D'APPLICATION SUR UN TORRENT NORD ALPIN FRANCAIS**

A.CAUDRON (1), A.CHAMPIGNEULLE (2), R. GUYOMARD (3)

(1) Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, Le Villaret, 2092 route des Diacquenods, 74370 ST MARTIN BELLEVUE, France. a.caudron@wanadoo.fr

(2) INRA,-CARTEL, BP 511, 74203 THONON Cedex, France

(3) Laboratoire de génétique des poissons, INRA, 78352 JOUY-EN-JOSAS, France

RESUME

Une population isolée de truite autochtone génétiquement pure appartenant au rameau évolutif méditerranéen (REM) a été repérée sur une rivière de Haute-Savoie (France). A partir de cette population source, une tentative d'extension de son aire de répartition a été réalisée en essayant d'implanter une nouvelle population sur le principal affluent de la Dranse d'Abondance, l'Ugine. Ce cours d'eau a été repeuplé massivement pendant plusieurs décennies et jusqu'en 1998 avec des truites domestiques issues du rameau évolutif atlantique (REA). Le diagnostic préalable à notre étude a montré que la population originelle (REM) de l'Ugine avait disparu et était remplacé par une population 100% REA. A partir de cette situation initiale, une stratégie de repeuplement de réhabilitation pratiqués avec des juvéniles de truite produits à partir de géniteurs sauvages a été testée.

En 1995 et 1998, deux premiers lâchers quantitativement faible de truites REM ont été effectués conjointement aux repeuplements traditionnels avec des individus REA. A partir de 1999 et jusqu'en 2003, les repeuplements traditionnels ont été stoppés et remplacés par une introduction chaque année sur la zone d'étude d'environ 12 000 juvéniles sauvages.

Afin d'estimer l'aptitude de ces repeuplements à installer une population fonctionnelle une méthode originale couplant technique de fluoromarcage des otolithes et analyses génétiques a été utilisée. Cette méthode permet à la fois d'estimer la contribution du repeuplement dans la population en place et de suivre l'évolution de la composition génotypique uniquement de la partie de la population issue du recrutement naturel.

Le suivi temporel réalisé entre 1995 et 2003 sur cette zone a permis de mettre en évidence la capacité des repeuplements de réhabilitation à installer une population fonctionnelle. Entre 1995 et 2003, le taux de gènes atlantique chez les 0+ non marqués (issu du recrutement naturel) passe de 100% à 40%. En parallèle, les taux de 0+ marqués, dans la population en place à l'automne, obtenus avec les repeuplements à partir de poissons sauvages restent stables autour de 40%.

L'étude montre que les repeuplements de réhabilitation peuvent être une stratégie efficace pour la conservation de populations natives locales de truite commune et ainsi contribuer au maintien de la diversité intraspécifique de cette espèce.

Mots clés : *Salmo trutta*, repeuplement, conservation, souche autochtone, marquage, otolithes, génétique, gestion

INTRODUCTION

La répartition géographique des populations naturelles de truite commune (*Salmo trutta* L.) sur le territoire français montre l'existence de deux grandes lignées évolutives différentes, le Rameau Evolutif Atlantique (REA) sur le versant atlantique et le Rameau Evolutif Méditerranéen (REM) sur le bassin méditerranéen (Krieg et Guyomard, 1985 ; Guyomard, 1989a). Les populations autochtones de truites de la zone alpine française appartiennent donc au REM. L'ensemble des torrents alpins de cette zone a été soumis à près de 100 ans de repeuplements intensifs pratiqués avec des alevins de truite issus de stocks domestiqués appartenant au REA (Krieg, 1984 ; Chevassus *et al.* 1992). Plusieurs travaux (Barbat-Leterrier *et al.*, 1989 ; Beaudou *et al.*, 1994 ; Poteau et Berrebi, 1997) ont montré que sur certains d'entre eux, en relation avec l'intensité des repeuplements pratiqués et la dégradation du milieu (diminution du recrutement naturel) le REA avait remplacé le REM présent à l'origine. Par contre, sur d'autres torrents pourtant soumis aux mêmes pratiques de repeuplement, le REM persiste avec la présence de populations autochtones encore peu introgressées par le REA (Barbat-Leterrier *et al.*, 1989 ; Largiader *et al.*, 1996 ; Launey *et al.*, 2002).

Afin de garantir la pérennité à long terme des populations autochtones identifiées, des mesures de conservation telle que l'arrêt du repeuplement massif en REA doivent être mis en place. En complément, des stratégies de réhabilitations et/ou de reconstruction de populations fonctionnelles REM peuvent être entrepris sur des milieux favorables.

Cette démarche a été expérimentée sur un système torrentiel typique, l'Ugine, situé dans le Nord de la Haute-Savoie en France. Historiquement et jusqu'en 1994, ce cours d'eau a été repeuplé massivement pendant plusieurs décennies avec des poissons uniquement REA. A partir de 1995, suite à la constitution d'un stock de géniteurs sauvages REM, des repeuplements de réhabilitation ont été entrepris avec des alevins REM produits à partir de ce stock. Cet article présente l'évolution génétique de la population naturelle en place entre 1995 et 2003 et fait le point sur la capacité de ces repeuplements à implanter une population fonctionnelle. Enfin, la possibilité d'utiliser les repeuplements provisoires de réhabilitation comme un outil de conservation des populations autochtones préalablement identifiées est discutée.

MATERIEL ET METHODES

Localisation et caractéristiques du site d'étude

L'étude a été menée sur le torrent de l'Ugine, principal affluent de la Dranse d'Abondance situé au nord des alpes françaises en Haute-Savoie (Figure 1). La Dranse d'Abondance est, elle-même, une branche amont du système des Dranses qui est le deuxième plus grand affluent du Léman. L'Ugine prend ses sources à 1600 m d'altitude et court sur une longueur de 10,7 km avec une pente moyenne de 10%. Son bassin versant présente une superficie de 31 km² avec des altitudes comprises

entre 2220 et 630 m. Ses caractéristiques géomorphologiques en fait un torrent typique de montagne de la zone alpine. La zone d'étude est située sur la partie médiane et amont de l'Ugine qui est déconnecté de la Dranse d'Abondance par un barrage hydroélectrique infranchissable.

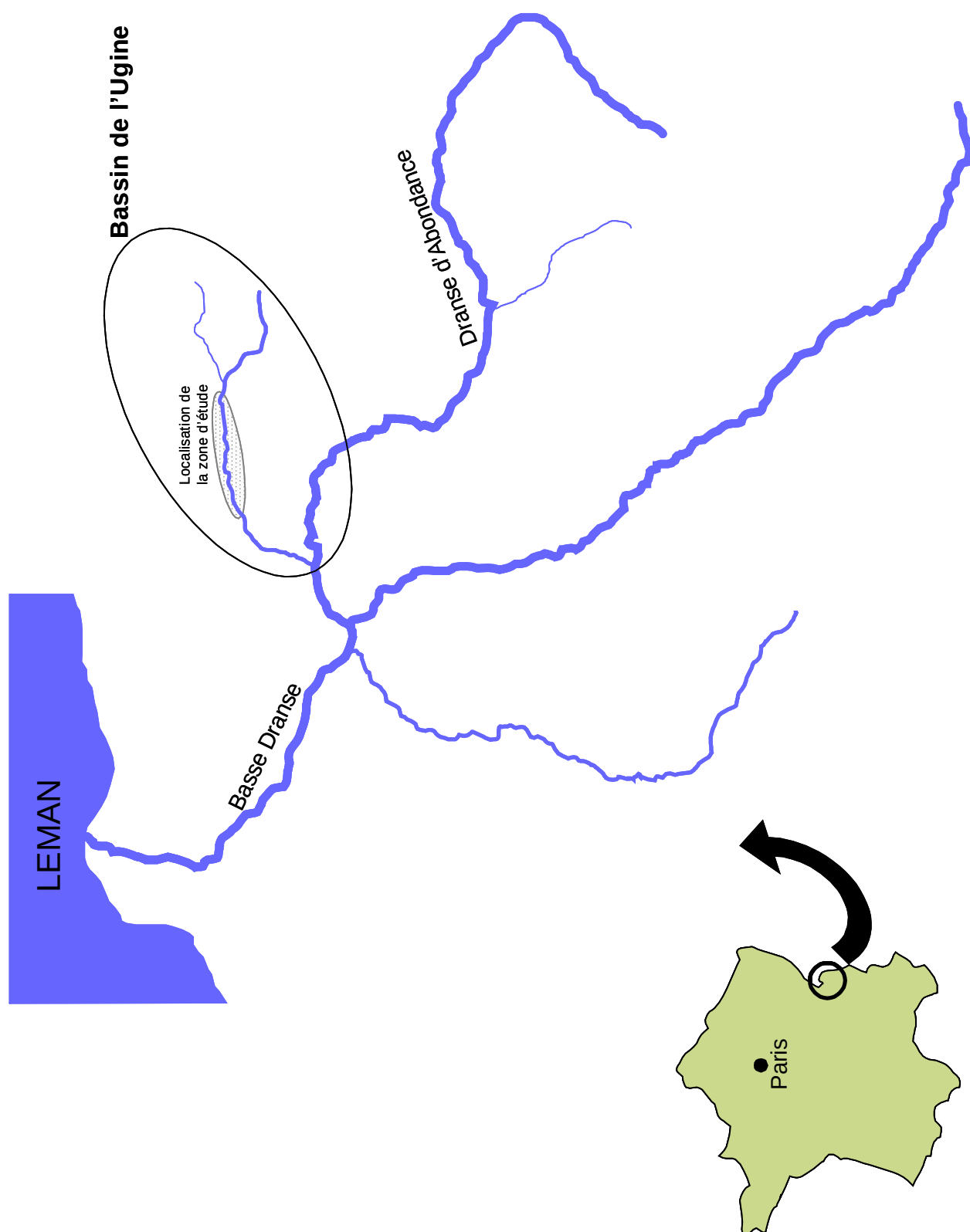


Figure 1. Localisation du bassin versant de l'Ugentau et du site d'étude.

Pratiques de repeuplement

Comme l'ensemble des cours d'eau de la zone nord alpine française, l'Ugine a fait l'objet durant près d'un siècle de repeuplements massifs avec des alevins de truite du REA (Krieg, 1984 ; Launey *et al.*, 2002). Les données historiques de la fin des années 80 au milieu des années 90 présentées dans le tableau 1 sont bien révélatrices de cette pratique.

Année	Domestique REA			Sauvage REM			TOTAL	
	2-3 cm	4-5 cm	6-9 cm	2-3 cm	4-5 cm	6-9 cm	REA	REM
1988	55 000	20 000					75 000	0
1989	25 000	15 000					40 000	0
1990	27 000	19 500					46 500	0
1991	25 000	19 500					44 500	0
1992		50 000					50 000	0
1993	30 000	25 000					55 000	0
1994	25 000	23 000					48 000	0
1995	30 000	8 000	6 000			<i>1 100</i>	44 000	<i>1 100</i>
1996	30 000						30 000	0
1997	40 000	4 000	200				44 200	0
1998	17 800					300	17 800	300
1999				12 000			0	12 000
2000					11 000		0	11 000
2001				9 000	1 900		0	10 900
2002				9 000	2 000		0	11 000
2003				9 000	2 200		0	11 200

Tableau 1. Quantité et origine des truites repeuplées sur l'Ugine entre 1988 et 2003. **En gras** : poissons marqués par fluoromarcage des otolithes ; *En italique* : poissons marqués par ablation de l'adipeuse.

Des études génétiques récentes (Largiadier *et al.*, 1996 ; Launey *et al.*, 2002, Largadier, données non publiées, Guyomard, données non publiées) ont mis en évidence l'existence d'une forte population de truite REM encore peu introgressée sur la partie moyenne de la Dranse d'Abondance. Ces résultats ont conduit à la constitution d'un stock de géniteurs sauvages destinés à produire des alevins REM. Les géniteurs ont été sélectionnés à partir de 3 marqueurs diagnostics, loci STR541 et STR591 pour les deux premiers et locus STR791 ou LDH-C1 pour le troisième (Launey *et al.*, 2002 ; Largiadier, données non publiées).

A partir de 1995, les pratiques de repeuplement en truite sur l'Ugine se modifient pour passer progressivement d'un repeuplement massif en alevins REA à un repeuplement de réhabilitation utilisant des alevins REM destinés à terme à installer une population de truite fonctionnelle.

En 1995 et 1998, deux premiers repeuplements utilisant de très faibles quantités de truitelles REM ont complété les repeuplements traditionnels en REA. A partir de 1999, la totalité des alevins introduits dans l'Ugine sont issus du stock de géniteurs REM.

Les quantités introduites pour ces repeuplements de réhabilitation à partir du REM sont environ 4 fois moins importantes que celles utilisés lors des repeuplements traditionnels (tableau 1)

Marquage des individus introduits et échantillonnages

En 1995, la totalité des poissons REA introduits (44 000) a été marqué par fluoromarquage des otolithes au CHT selon la technique décrite par Champigneulle et Rojas Beltran (2001). Cette même année, les 1100 truitelles REM introduites ont été marquées par ablation de l'adipeuse afin de pouvoir les différencier du lot précédent.

A partir de 1999, la totalité des alevins REM déversés ont été marqués par fluoromarquage des otolithes grâce à une baignade de 3 heures dans une solution d'alizarine RedS à 100 mg/l (Champigneulle et Rojas Beltran, 2001 ; Caudron et Champigneulle, soumis).

Des prélèvements de 0+ sur la zone moyenne et amont de l'Ugine ont été réalisés par pêche électrique de sondage en fin d'automne 1995, 2000 et 2003. La détermination de l'âge sur chaque poisson a été réalisée par scalimétrie après prélèvements d'écailles afin de sélectionner les poissons de la cohorte considérée.

Examen des otolithes

Pour chaque 0+ sacrifiés et pour chaque tête prélevée, les otolithes ont été extraits et analysés selon la technique décrite par Caudron et Champigneulle (soumis). Ceci a permis de déterminer pour chacune des 3 cohortes les taux de 0+ issus du recrutement naturel (non marqués) et du repeuplement (marqués) et de connaître la part des individus marqués dans les captures par pêche à la ligne en 2002 et 2003.

Utilisation des marqueurs génétiques

Plusieurs travaux (Estoup *et al.*, 2000 ; Guyomard, résultats non publiés ; Madeira, résultats non publiés) ont montré que les populations méditerranéennes non introgressées (REM) provenant d'une aire de distribution assez vaste (France, Italie, Espagne) et les souches traditionnelles de repeuplement (REA) ne possèdent pas d'allèles communs aux deux locus STR541 et STR591. Des analyses spécifiques de ces deux marqueurs génétiques ont été réalisées sur les 0+ non marqués des trois cohortes étudiés afin de connaître l'origine (REA ou REM) des poissons issus du recrutement naturel et étudier l'évolution de la composition génotypique de la fraction naturelle de la population en place.

A l'issue des analyses, chaque individu a été classé selon 3 catégories possibles selon leur composition génétique aux loci étudiés :

- REA = individu homozygote aux deux loci diagnostics pour des allèles Atlantique
- REM = individu homozygote aux deux loci diagnostics pour des allèles méditerranéens
- HYB = individu hétérozygote à au moins 1 des 2 loci diagnostics.

Analyses statistiques

Les intervalles de confiance à 95% des contributions de marqués et non marqués ont été calculés à partir des tables de William et Beyer (1986).

La comparaison des contributions a été faite à l'aide du Chi carré sous le logiciel Statbox6.

L'existence de déviations par rapport aux proportions attendues selon la loi de Hardy-Weinberg et de déséquilibre de liaison ont été testées à l'aide des options Hardy-Weinberg and Linkage disequilibrium de GENEPOP (Raymond et Rousset, 1995). Les taux d'introgression ont été estimés par la moyenne des fréquences cumulées des allèles atlantiques aux deux locus Str541INRA et Str591INRA.

RESULTATS

Contribution des repeuplements au stade 0+ en 1995, 2000 et 2003 (figure 2)

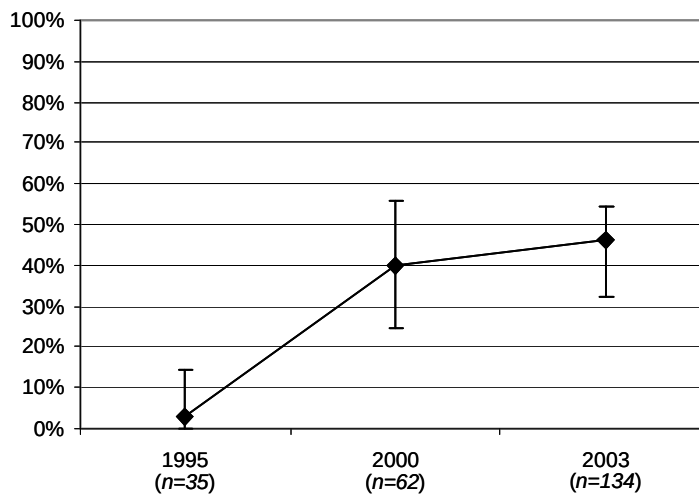


Figure 2. Contribution au stade 0+ dans la population en place à l'automne des poissons repeuplés (marqués) sur le site d'étude de l'Ugine en 1995, 2000 et 2003. (n = taille de l'échantillon). Les traits verticaux correspondent aux indices de confiance à 95%.

En 1995, la population de juvénile à l'automne est essentiellement issue du recrutement naturel. En effet, pour cette cohorte, le taux de 0+ marqués au CHT, issu du repeuplement en REA, est très faible (2,8%).

En outre, le taux de 0+ marqués Ad-, issu du repeuplement en REM au stade 6-9 cm, représente 11,4% de la population de juvénile en place à l'automne. Ainsi, la contribution des alevins REM repeuplés au stade 6-9 cm est 4 fois plus élevée que celle des alevins REA repeuplés à 3 stades différents pour un effort d'alevinage 40 fois moins important (repeuplement de 44000 REA et 1100 REM).

Pour les cohortes 2000 et 2003, sous dépendance de l'alevinage en REM, les taux de 0+ marqués recapturés à l'automne sont respectivement de 40,6 et 45,9% et ne diffèrent pas significativement. Par contre, ils sont tous deux significativement plus élevés que pour la cohorte 1995. Le taux d'implantation des repeuplements REM est donc relativement élevé dès la première année et semble stable dans le temps.

Entre 1995 et 2000, le taux d'implantation des REM est 15 fois plus élevé que celui des REA pour un effort d'alevinage 4 fois moins important.

Evolution de la composition génotypique et du taux d'introgression de la population naturelle (figure 3)

Le Taux d'individus REA chute significativement entre 1995 et 2000 où il passe de 100% à 46% et entre 2000 et 2003 pour atteindre une valeur de 12,5%.

A partir de 2000, des 0+ REM issus de la reproduction des poissons REM introduits en 1995 apparaissent à un taux de 10,8%. En 2003, ce taux progresse significativement par rapport à 2000 pour atteindre 33,3%.

Les individus HYB apparaissent significativement en 2000 avec un taux relativement important de 43,2%. Ce taux progresse encore en 2003, sans être significativement plus élevé qu'en 2000, pour atteindre 54,2%.

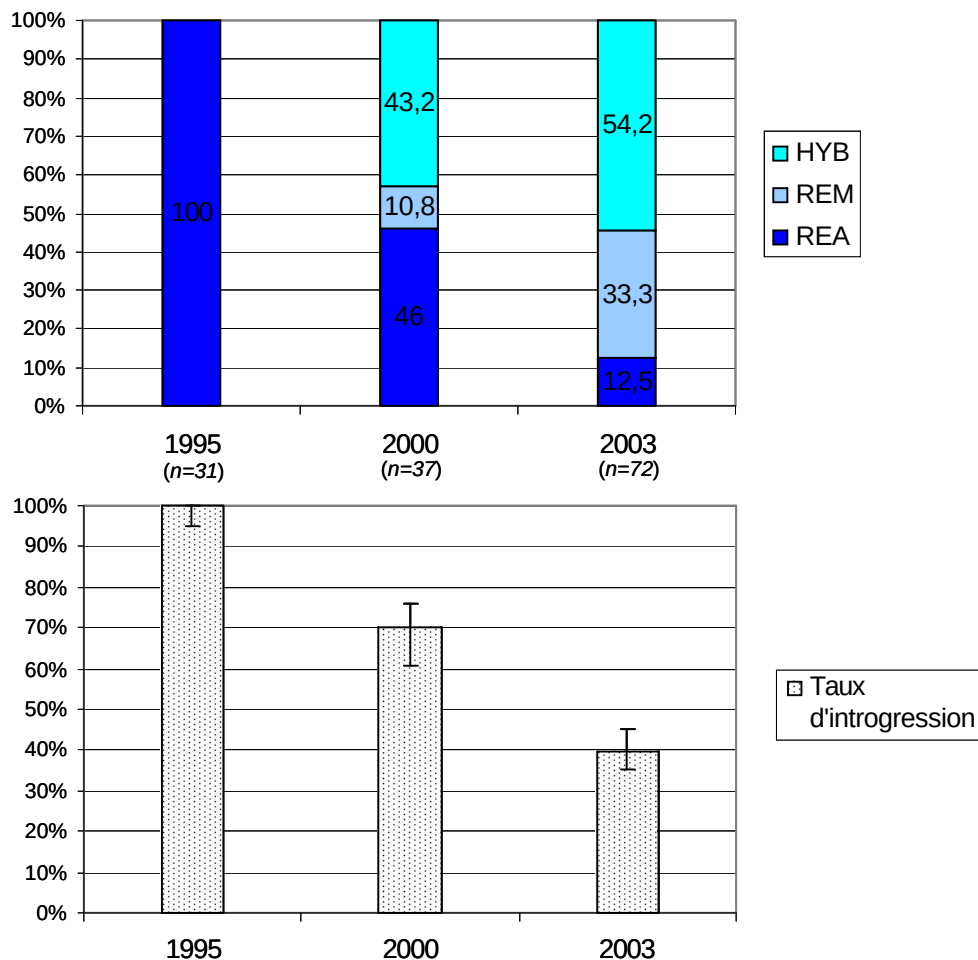


Figure 3. Taux d'introgression et composition génétique des 0+ non marqués sur l'ugine en 1995, 2000 et 2003. (n = taille de l'échantillon). Les traits verticaux correspondent aux indices de confiance à 95%.

Le taux d'introgression dans la population naturelle chute significativement entre 1995 et 2000 et entre 2000 et 2003 avec des valeurs respectivement de 100%, 70,3% et 39,6%.

DISCUSSION

Originalité et objectifs de l'étude

Dans le cas de notre étude, il s'agit d'évaluer sur un torrent typique de montagne d'une part la contribution des repeuplements réalisés à partir d'une souche sauvage (REM) dans la population de juvénile en place et d'autre part d'évaluer leurs aptitudes à implanter une population naturellement fonctionnelle. Seul leur capacité à atteindre cet objectif peut justifier l'utilisation du terme employé ici de « repeuplements de réhabilitation ». L'originalité de cette étude est de tester en milieu naturel une stratégie de réhabilitation pouvant aider à la conservation d'une population autochtone de truite préalablement identifiée. Cette démarche localisée sur un site pilote s'inscrit donc dans un concept plus large de biologie de la conservation de la diversité intraspécifique de *Salmo trutta*. Comme souvent dans le domaine de la biologie de la conservation (Sutherland, 1998 ; Crivelli *et al.*, 2000), notre étude a impliqué une approche pluridisciplinaire couplant des techniques de biologie, écologie et génétique liées avec un enjeu patrimonial et socio-économique local fort qui est d'étendre l'aire de répartition d'une population indigène de truite afin d'en assurer sa pérennité.

Jusqu'à récemment, il n'y avait pas de possibilité d'étudier la contribution des repeuplements pratiqués avec des stades précoces de truite (alevins vésiculés ou nourris inférieurs à 3 cm). La mise au point d'une technique de fluoromarcage des otolithes telle qu'utilisée dans la présente étude a rendu possible une approche originale combinant analyse génétique et marquage de stades précoces. En effet, le marquage de la totalité des alevins déversés permet de séparer avec certitude les juvéniles issus du repeuplement et les juvéniles issus du recrutement naturel et ainsi d'étudier uniquement l'évolution au cours du temps des caractéristiques génétique de ces derniers.

Par ailleurs, de nombreuses études (écologiques et génétiques) ont traité des effets, sur les populations naturelles de truite commune (*Salmo trutta*), des repeuplement pratiqués avec le rameau évolutif atlantique (Barbat-Leterrier *et al.*, 1989 ; Guyomard, 1989a et b ; Beaudou *et al.*, 1994 et 1994 ; Poteaux et Berrebi, 1997 ; Poteaux *et al.*, 1998 ; Presa *et al.*, 1994 ; Guyomard et Krieg, 1986, Guyomard, 1997 ; Largiader *et al.*, 1996 ; Berrebi *et al.*, 2000). Dans le cas de l'Ugine, c'est une des toutes premières fois à notre connaissance que sont étudiés des repeuplements pratiqués avec le REM (notamment avec des stades précoces) en s'intéressant à la fois à leur efficacité en terme de réussite, et à leurs effets génétiques sur une population en place issue du REA. Cette approche permet d'apporter des éléments de réponses à la question : est ce que des repeuplements transitoires et quantitativement faibles à partir de poissons sauvages (REM) peuvent remplacer une population fonctionnelle non autochtone (REA) pour réhabiliter la population REM originelle ?

Repeuplements à partir d'une souche sauvage : efficacité et aptitude à installer une population fonctionnelle

Dans le cas présent le résultat majeur obtenu est l'apparition, suite à des repeuplements, d'une production naturelle de juvéniles REM. Non seulement ce

phénomène a été relativement rapide, mais en plus, les juvéniles REM deviennent majoritaire dans la population en place. Cette observation signifie que au moins une partie des individus introduits ont atteints le stade adulte de géniteurs, se sont reproduits et que leurs descendances ont été également capable de boucler leur cycle de vie. Les résultats génétiques de cette étude indiquent donc que sur l'Ugine les repeuplements REM ont permis d'installer rapidement une population fonctionnelle et qu'ils ont ainsi joué leur rôle de repeuplements de réhabilitation. L'efficacité réelle de ces repeuplements est également mise en évidence par l'étude du marquage.

En effet, à première vue, les taux de marqués au stade 0+ obtenus en 2000 et 2003 avec les repeuplements REM ne sont pas extrêmement élevés (40%). Des taux identiques au même stade avaient été observés avec des repeuplements REA sur le Fier, un autre torrent de Haute-Savoie, par Caudron et Champigneulle (2002). Cependant, cette même étude mettait en évidence une chute brutale du taux de marqués au stade 1+ et une quantité négligeable de poissons adultes marqués se retrouvaient dans les captures par pêche à la ligne. Dans le cas de l'Ugine, par contre, on peut émettre l'hypothèse d'une certaine stabilité interstade du taux de marqués puisqu'une nouvelle population a été installée suite aux repeuplements. En tous cas, la contribution des 0+ introduits ne semblent pas s'effondrer aux stades supérieurs contrairement aux résultats obtenus sur plusieurs autres rivières repeuplées en REA (Caudron et Champigneulle, 2002 ; Champigneulle *et al.*, 2002 ; Champigneulle et Cachera, 2003).

La comparaison entre les taux de marqués obtenus avec les 0+ REA en 1995 et ceux avec les 0+ REM en 2000 et 2003 semblent indiquer une plus grande efficacité des repeuplements pratiqués avec les alevins REM et ce malgré une plus faible densité déversée. A ce sujet, McMenemy (1995) a mis en évidence que les densité de parrs produits avec des alevinages de saumon atlantique (*Salmo salar*) pratiqués à faible densité (32/100m²) n'étaient pas significativement différents de ceux pratiqués à forte densité (117/100m²).

Une des hypothèses pouvant expliquer cette plus grande efficacité des repeuplements REM, est l'utilisation de juvéniles d'origine sauvage issue d'un torrent proche présentant une plus grande aptitude à s'implanter et une meilleure adaptation au milieu naturel que les individus domestiques REA. Plusieurs études ont montré les effets négatifs de l'élevage et de la domestication sur la génétique (perte de diversité et variabilité génétique) et l'écologie (croissance, comportement alimentaire, agressivité) des poissons (Vuorinen, 1984 ; Ryman et Ståhl, 1980 ; Garcia-Marin *et al.*, 1991 ; Ruzzante, 1994 ; Hansen *et al.*, 1997). Dans le cas de l'Ugine, en raison du peu d'années d'élevage, les caractères des juvéniles ont pu resté encore relativement proches de celles de leurs parents.

Une étude de Rhodes et Quinn (1999) suggère que des juvéniles de saumon coho produits comme F1 en pisciculture ont les même performances (avec un léger avantage en taille) que des juvéniles sauvages lorsqu'ils sont introduits dans des rivières en faible nombre

Par ailleurs, dès la première année de pratique (1995), on observe un fort impact des repeuplements REM pratiqués alors que les quantités déversées ont été très faibles et qu'un autre repeuplement REA a été réalisé conjointement avec des quantités 40 fois plus importantes. Une hypothèse explicative est que ce fort impact serait lié à un double effet, celui de l'origine sauvage REM cumulé avec celui d'une grande taille au

déversement puisque les alevins nourris déversés avaient une taille de 6-9 cm. Hume et Parkinson (1988) ont montré au stade 0+ pour la truite stealhead (*Salmo gairdneri*) une nette tendance à la baisse de mortalité post-déversement pour des alevins ayant une plus grande taille au relâcher et un relâcher plus tardif, ces deux facteurs n'étant pas dissociés.

Ce fort impact initial obtenu avec des REM de grande taille au déversement est confirmé dans le temps par les résultats génétiques qui mettent en évidence dès 2000 30 % de gènes méditerranéens chez les juvéniles issus du recrutement naturel.

Il apparaît difficile de connaître les raisons exactes d'une plus grande efficacité des repeuplements REM. En effet, 3 paramètres non dissociables différencient les pratiques de repeuplements traditionnels en REA de celles des repeuplements de réhabilitation étudiées ici : les quantités introduites, les stades et la souche utilisée. Garcia-Marin *et al.* (1999) évoque la difficulté d'étudier l'efficacité des repeuplements en raison des facteurs génétiques (origine de la souche) et non génétique (stades, quantité, capacité du milieu récepteur) qui peuvent intervenir. Concernant les aspects quantité et souche quelques travaux comparatifs ont déjà été réalisés sur différentes espèces de salmonidés (Mesa, 1991 ; McMenemy, 1995 ; Deverill *et al.*, 1999 ; Rhodes et Quinn, 1999 ; Einung et Fleming, 2001). Par contre, des études comparant des taux d'implantation avec la même souche mais à des stades de déversement différents sont plus délicates à mettre en oeuvre notamment avec des lâchers aux stades précoces pouvant de plus être à un développement relativement proche (alevins vésiculés, alevins nourris, truitelles). De même, aucune étude ne traite de l'évaluation à grandes échelles spatiale et temporelle des pratiques de repeuplements en truite (Laikre *et al.*, 2000). Les résultats de telles études seraient pourtant très utiles dans la mise en place de futur programme de soutien ou de reconstruction de populations autochtones de truites.

Repeuplements de réhabilitation outil de conservation ?

Un récent travail de synthèse (Laikre *et al.*, 2000) réalisé au niveau européen a souligné la nécessité, en termes de protection de la biodiversité et de gestion durable de *Salmo trutta*, de gérer non plus à l'échelle de l'espèce mais à l'échelle des populations. Ces auteurs indiquent qu'il existe encore peu de travaux testant l'aspect opérationnel des diverses stratégies de conservation et de gestion de la biodiversité intraspécifique chez la truite commune.

Dans le cas de l'Ugine, notre démarche a fait suite à la découverte au début des années 1990 d'une population autochtone de truite commune (*Salmo trutta*) localisée sur une partie de la Dranse d'Abondance (Largiader *et al.*, 1996; Launey *et al.*, 2002). La première action de conservation immédiatement mise en place sur cette zone a été l'arrêt total du repeuplement. En effet, de nombreux cas dans la littérature citent les repeuplements utilisant des souches allochtones comme principale cause de disparition de populations natives chez les salmonidés (Allendorf et Leary, 1988 ; Ferguson, 1989 ; Hindar *et al.*, 1991 ; Waples, 1991 ; Leary *et al.*, 1993 ; Hansen et Loeschcke, 1994 ; Largiader et Scholl, 1995 ; Allendorf et Waples, 1996 ; Crivelli *et al.*, 2000).

Ensuite, à partir de cette population souche préservée, il a été décidé de tester la stratégie du repeuplement de réhabilitation sur l'Ugine, située dans son aire de répartition originelle.

Cette pratique, semble avoir été efficace pour retrouver relativement rapidement une structure génétique comparable à la population autochtone source (REM) alors que le milieu était occupé par une population 100% allochtone (REA). L'installation de cette nouvelle population permet de conserver son patrimoine génétique et donc contribue à maintenir plus largement la diversité intraspécifique de *Salmo trutta*.

Le repeuplement de réhabilitation est une des stratégies possibles de réhabilitation des populations de truite.

En effet, dans cette situation initiale de 100% de REA sur l'Ugine, les voies possible (seules ou en combinaison) envisageables étaient : 1) la création de passes à poisson entre la Dranse d'Abondance et l'Ugine aval, 2) l'éradication préalable de la fraction non autochtone (REA dans le cas présent), technique parfois utilisée aux USA (Harrig *et al.*, 2000), 3) le transfert sur l'Ugine de géniteurs REM capturés sur la Dranse d'Abondance, 4) un repeuplement temporaire avec des juvéniles REM produits à partir d'un stock de géniteurs constitué à partir de la population REM adjacente peu introgressée de la Dranse d'Abondance.

Dans le cas présent, il s'agissait de tester uniquement cette dernière stratégie, d'autres étant actuellement testées sur d'autres sites.

Ce choix a nécessité la mise en place d'un élevage aquacole de poissons sauvages qui peut se justifier par le but final souhaité et préalablement fixé. En effet, selon Waples (1999), l'utilisation de la pisciculture à des fins de repeuplement est valable si elle s'inscrit dans un contexte d'objectifs clairement définis. De plus, d'après Fleming et Petersson (2001), la pratique de repeuplements doit plutôt être pris comme une aide à court terme pour les populations sauvages menacées.

En outre le choix de la population source ainsi que des individus utilisés comme géniteurs doit reposer non seulement sur un diagnostic génétique solide, mais doit également prendre en compte la proximité géographique et la similitude des habitats entre les sites donneurs et receveurs. En effet, d'après Berrebi *et al.* (2000), l'utilisation des populations locales (REM) est une voie possible de réorientation du repeuplement mais dans certains cas le faible polymorphisme de ces populations peut être un obstacle à leur acclimatation dans des habitats variés. Selon Young (1999), les succès de recolonisation par propagation artificielle pour le saumon du genre *Oncorhynchus* sont plus fréquents quand les zones sources sont proches et écologiquement similaires.

Nos résultats peuvent être considérés comme un exemple de réussite d'une recolonisation d'un site isolé par une population autochtone de truite commune en utilisant la stratégie de repeuplements de réhabilitation. Ces premiers résultats sont prometteurs par rapport aux statuts internationaux actuels de plusieurs espèces de salmonidés qui montre la disparition ou le risque d'extinction localement de plusieurs populations (Dowling et Childs, 1992, pour *O. apache* in USA ; Young, 1999, pour *O. spp* en Amérique du Nord ; Crivelli *et al.*, 2000, pour *S. marmoratus* en Slovénie, Laikre *et al.*, 2000 pour *S. trutta* en Europe ; Hilderbrand et Kershner, 2000 et Hilderbrand, 2002, pour *O. Clarki* au USA).

CONCLUSION

La présente étude a montré que la stratégie de repeuplements temporaires de réhabilitation pouvait être efficace pour implanter une population de truite (*Salmo trutta*) fonctionnelle à partir d'une souche autochtone. La réussite de cette pratique a

permis d'étendre localement l'aire de répartition d'une population de truite autochtone. Ainsi, la répétition de ce type d'action de gestion localisée à l'échelle d'une population permet de contribuer à terme à la conservation et à la sauvegarde des populations natives.

Dans le cas de l'Ugine, il semble encore un peu tôt pour préconiser l'arrêt du repeuplement de réhabilitation. On peut préconiser de poursuivre un suivi temporel du génotype de la population de 0+ issus du recrutement naturel (0+ non marqués) sur ce torrent pilote. Le suivi permettra d'évaluer si la population se perpétue dans le temps avec un pourcentage croissant de 0+ non marqués issu du recrutement naturel en REM.

Remerciements

La présente étude s'inscrit dans le cadre d'un programme INTERREG IIIA ALCOTRA intitulé: Identification, sauvegarde et réhabilitation des populations de truites autochtones dans la Vallée d'Aoste et en Haute-Savoie. Pour la France, ce programme bénéficie de contreparties financières provenant: du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, du Conseil Général de la Haute-Savoie, du Conseil Régional Rhône-Alpes et de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse. Les partenaires transfrontaliers signataires sont: le Corps Forestier Valdotain, La Fédération de la Pêche et de la Protection du Milieu Aquatique de Haute-Savoie et le Consortium Régional pour la Protection et l'Expansion de la Pêche en Vallée d'Aoste.

Bernard RIVA (AAPPMA du Chablais Genevoix) est vivement remercié pour l'aide technique précieuse apportée aux présents travaux.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLENDORF F.W. and LEARY R.F., 1988. Conservation and distribution of genetic variation in a polytypic species, the cutthroat trout. *Conserv. Biol.*, 2, 170-184.
- ALLENDORF F.W. and WAPLES R.S., 1996. Conservation and genetics of Salmonid Fishes. In AVISE J.C. and HAMRICK J.L. (eds) *Conservation Genetics*. Case stories from nature, Chapman & Hall, New York, pp. 238-280.
- BARBAT-LETERRIER A., GUYOMARD R., KRIEG F., 1989. Introgression between introduced domesticated strains and mediterranean native populations of brown trout (*Salmo trutta* L.) *Aquat. Liv. Resour.*, 2, 215-223.
- BEAUDOU D., CATTANEO-BERREBI G., BERREBI P., 1994. Impacts génétiques des repeuplements en truites communes (*Salmo trutta* L.) sur les populations en place : cas du bassin de l'Orb (Hérault). *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 332, 83-92.
- BERREBI P., POTEAUX C., FISSIER M., CATTANEO-BERREBI, 2000. Stocking impact and allozyme diversity in brown trout from Mediterranean southern France. *J. Fish Biol.*, 56, 949-960.
- CAUDRON A., CHAMPIGNEULLE A., 2002. Evaluation spatio-temporelle de la contribution du repeuplement en truite (*Salmo trutta* L.) réalisés à des stades précoces dans le bassin amont du Fier (74). *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 365/366, 455-469.
- CAUDRON A., CHAMPIGNEULLE A., ?. Fluoromarquage des otolithes d'alevins vésiculés de truite (*Salmo trutta*). Présentation de la méthodologie. Exemple d'utilisation à grande échelle pour

- évaluer le repeuplement sur l'ensemble du réseau hydrographique de Haute-Savoie. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, en cours.
- CHAMPIGNEULLE A., ROJAS BELTRAN, 2001. Le marquage des poissons. In GERDEAUX. D (Ed.) *Gestion piscicole des grands plans d'eau*, 311-346, INRA, Paris.
- CHAMPIGNEULLE A., DEGIORGI F., RAYMOND J.-C., CACHERA S., 2002. Dynamique spatio-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. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 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. *Fish. Manag. and Ecol.*, 10, 79-85.
- CHEVASSUS B., KRIEG F., GUYOMARD R., BLANC J.-M., QUILLET E., 1992. The genetics of the brown trout: twenty years of French research. Buvisindi. *Icelandic Agriculture Science*, 6, 109-124.
- CRIVELLI A., POIZAT G., BERREBI P., JESENSEK D. and RUBIN J.F., 2000. Conservation biology applied to fish: the exemple of a project for rehabilitating the marble trout (*Salmo marmoratus*) in Slovenia. *Cybiurn*, 24(3), 211-230.
- DEVERILL J.I., ADAMS C.E., BEAN C.W., 1999. Prior residence, aggression and territory acquisition in hatchery-reared and wild trout. *J. Fish Biol.*, 55, 868-875.
- DOWLING T.E. and CHILDS M.R., 1992. Impact of hybridization on a threatened trout of the southwestern United States. *Conserv. Biol.*, 6, 355-364.
- EINUNG S., FLEMING I.A., 2001. Implications of stocking: ecological interactions between wild and released salmonids. *Nordic J. Freshw. Res.*, 75, 56-70.
- ESTOUP A., LARGIADER C.R., CORNUET J.-M., GHARBI K., PRESA P., GUYOMARD R., 2000. Juxtaposed microsatellite systems as diagnostic markers for admixture: an empirical evaluation with brown trout (*Salmo trutta* L.) as model organism. *Molecular Ecology*, 9, 1873-1886.
- FERGUSON A., 1989. Genetic differnces among brown trout, *Salmo trutta*, stocks and their importance for the conservation and management of the species. *Fresw. Biol.* 21, 35-46.
- FLEMING I.A., PETERSSON E., 2001. The ability of released, hatchery Salmonids to breed and contribute to the natural productivity of wild populations. *Nordic J. Freshw. Res.*, 75, 71-98.
- GARCIA-MARIN J.L., JORDE P.E., RYMAN N., UTTER F. and PLA C., 1991. Management implications of genetic differentiation between native and hatchery populations of brown trout (*Salmo trutta*) in Spain. *Aquaculture*, 95, 235-249.
- GARCIA-MARIN J.L., SANZ N.R. and PLA C., 1999. Erosion of the native genetic resources of brown trout in Spain. *Ecol. Freshw. Fish*, 8, 151-158.
- GUYOMARD R., 1989a. Diversité génétique de la truite commune. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 314, 118-135.
- GUYOMARD R., 1989b. Gestion génétique des populations naturelles : l'exemple de la truite commune, *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 314, 136-145.
- GUYOMARD R., 1997. Conséquences génétiques des introductions d'espèces de poissons en l'absence d'isolement reproducteur : intérêt et limites d'une approche en milieu expérimental. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 344/345, 301-308.

- GUYOMARD R., KRIEG F., 1986. Mise en évidence d'un flux génique entre populations naturelles de truite fatio et souche de repeuplement dans deux rivières de corse. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 303, 134-140.
- HANSEN M.M. and LOESCHCKE V., 1994. Effects of releasing hatchery-reared brown trout to wild trout populations. In LOESCHCKE V., TOMIUK J. and JAIN S.K. (eds). *Conservation Genetics*. Birkhäuser Verlag, Basel. pp 273-289.
- HANSEN M.M., MENSBERG K.L.D., RASMUSSEN G. and SIMONSEN V., 1997. Genetic variation within and among Danish brown trout (*Salmo trutta* L.) hatchery strains, assessed by PCR-RFLP analysis of mitochondrial DNA segments. *Aquaculture*, 153, 15-29.
- HARIG A.L., FAUSCH K.D., YOUNG M.K., 2000. Factors influencing success of greenback cutthroat trout translocations. *N. Am. J. of Fish. Manag.*, 20, 994-1004.
- HILDERBRAND R.H., 2002. Simulating supplementation strategies for restoring and maintaining stream resident cutthroat trout populations. *N. Am. J. Fish. Manag.*, 22, 879-887.
- HILDERBRAND R.H., KERSHNER J.L., 2000. Conserving inland Cutthroat trout in small streams: how much is enough ? *N. Am. J. Fish. Manag.*, 20, 513-520.
- HINDAR K., RYMAN N., UTTER F. (1991). Genetic effects of cultured fish on natural populations. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.*, 41, 945-957.
- HUME J.M.B., PARKINSON E.A., 1988. Effects of size at and time of release on survival and growth of steelhead trout fry stocked in streams. *N. Am. J. Fish. Manag.*, 8, 50-57.
- KRIEG F., 1984. Recherche d'une différenciation génétique entre populations de *Salmo trutta*. Thèse de 3^e cycle, Université de Paris-sud, Orsay.
- KRIEG F., GUYOMARD R., 1985. Populations genetic of French Brown trout (*Salmo trutta*): large geographical differentiation of wild populations and high similarity of domesticated stocks. *Génétique, Sélection, Evolution*, 17, 225-242.
- 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).
- LAUNEY S., KRIEG F., CHAMPIGNEULLE A., GUYOMARD R., 2002. Ecotypes sympatriques migrateurs et sédentaires de truite commune (*Salmo trutta* L.) : différenciation génétique et effet des repeuplements. Actes du colloque "Le patrimoine génétique, la diversité et la ressource", 4^e colloque national du Bureau des Ressources Génétiques, La Châtre, 14-16 octobre 2002.
- LARGIADER C.R., and SCHOLL A., 1995. Effects of stocking on the genetic diversity of brown trout populations of the Adriatic and Danubian drainages in Switzerland. *J. Fish Biol.*, 47 (A), 209-225.
- 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: KIRCHHOFFER A. and HEFTI D. (Eds). *Conservation of Endangered Freshwater Fish in Europe*. Birkhauser Verlag, Basel, Switzerland, 181-197.
- LEARY R.F., ALLENDORF F.W. and FORBES S.H., 1993. Conservation of genetics of Bull trout in the Columbia and Klamath River drainages. *Conserv. Biol.* 7, 856-865.
- MCMENEMY J.R., 1995. Survival of Atlantic Salmon fry stocked at low density in the West River, Vermont. *N. Am. J. Fish. Manag.*, 15, 366-374.
- MESA M.G., 1991. Variation in feeding, aggreion, and position choice between hatchery and wild cutthroat trout in an artificial stream. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 120, 723-727.

- POTEAUX, C., BERREBI P., 1997. Intégrité génomique et repeuplement chez la truite commune du versant méditerranéen. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 344/345, 309-322.
- POTEAUX C., BEAUDOU D., BERREBI P., 1998. Temporal variations of genetic introgression in stocked brown trout populations. *J. Fish Biol.*, 53, 701-713.
- PRESA P., KRIEG F., ESTOUP A., GUYOMARD R., 1994. Diversité et gestion génétique de la truite commune : apport de l'étude du polymorphisme des locus protéiques et microsatellites. *Génétique, Sélection et Evolution*, 26 (suppl.1), 183-202.
- RAYMOND M., ROUSSET F, 1995. GENEPOP (version 1.2): population genetics software for exact tests and ecumenicism. *J. Heredity*, 86:248-249
- RHODES J.S., QUINN T.P., 1999. Comparative performance of genetically similar hatchery and naturally reared juvenile coho salmon in Streams. *N. Am. J. Fish. Manag.*, 19, 670-677.
- RUZZANTE D.E., 1994. Domestication effects on aggressive and schooling behaviour in fish. A review. *Aquaculture*, 120 (1), 1-24.
- RYMAN N. and STAHL G., 1980. Genetic changes in hatchery stocks of brown trout (*Salmo trutta*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37, 82-87.
- VUORINEN J., 1984. Reduction of genetic variability in a hatchery stock of brown trout, *Salmo trutta* L. *J. Fish Biol.*, 24, 339-348.
- WAPLES R.S., 1991. Pacific salmon, *Oncorhynchus* spp., and the definition of 'species' under the Endangered Species Act. *Mar. Fish. Rev.*, 53, 11-22.
- WAPLES R.S., 1999. Dispelling some myths about hatcheries. *Fisheries*, 24, 12-21.
- WILLIAM H., BEYER Ph. D., 1986. CRC Handbook of Tables for Probability and Statistics. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- YOUNG K.L, 1999. Managing the decline of Pacific salmon : metapopulation theory and artificial recolonization as ecological mitigation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 56, 1700-1706.

2.1.3. La Menoge

Sur le bassin de la Menoge, 21 secteurs ont été pêchés à l'électricité (6 sur le cours principal et 15 sur les affluents). Sur ces 21 secteurs, 2 présentaient une absence totale de truites. Ainsi, les prélèvements de 0+ ont été réalisés sur 19 stations, 6 sur la Menoge et 13 sur les affluents dont 2 présentaient des nombres très faibles (Rui des Rafforts et La Nussance). Au total 715 poissons 0+ ont été échantillonnés et étudiés en laboratoire.

Le taux de marqués

Globalement pour l'ensemble du bassin, sur les 715 0+ étudiés, 297 étaient marqués soit un taux moyen de poissons marqués de 41,5 % et une majorité (58,5%) était issus du recrutement naturel.

Sur le cours principal

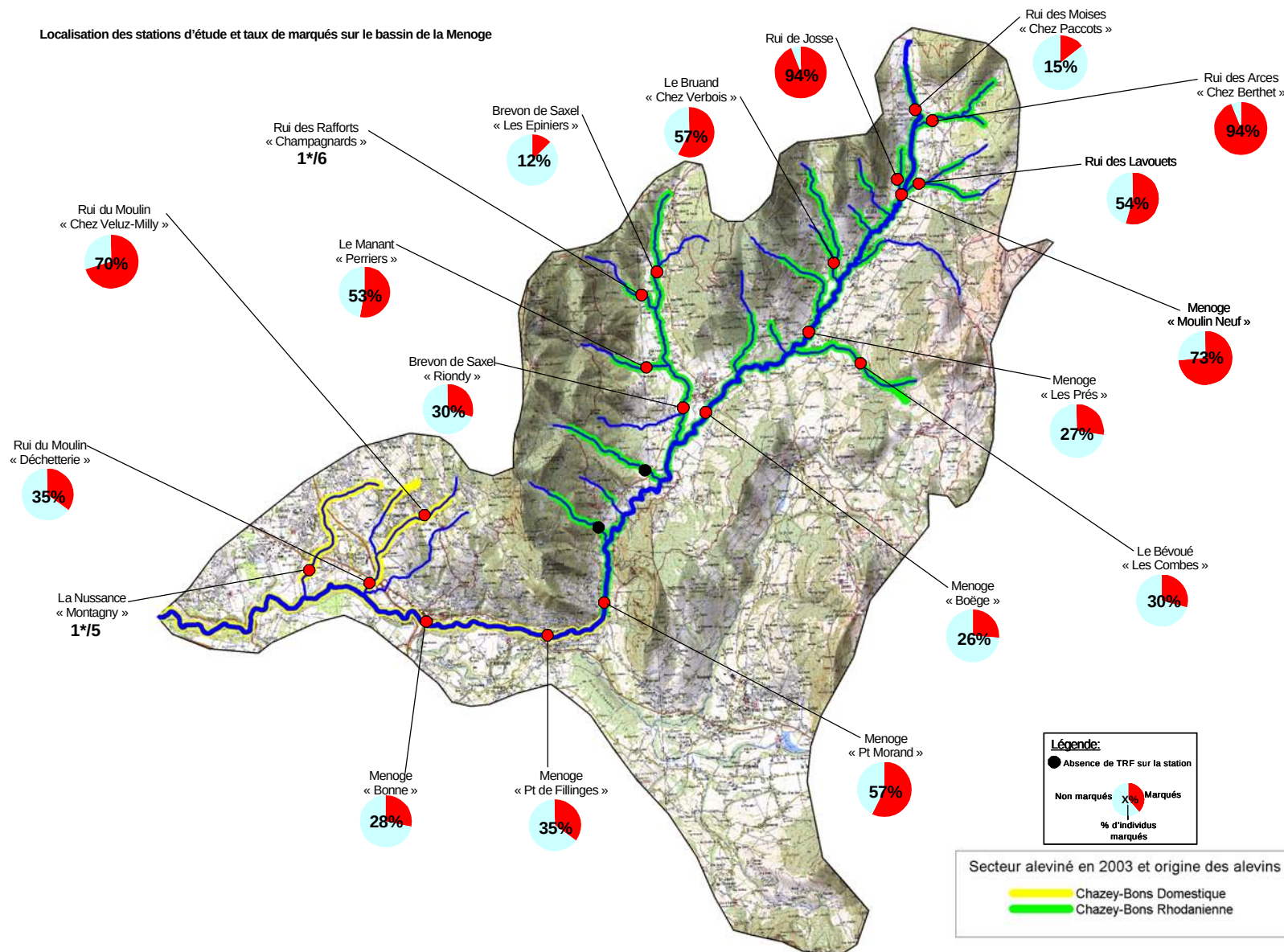
Sur le cours principal, le taux moyen de poissons marqués est de 40,6%. Cette moyenne est tirée vers le haut par la station « moulin neuf » située en amont qui est la seule à montrer un taux de marqués élevé (73%). En effet, la majorité des stations (5 sur 6) montre un taux compris entre 57 et 26%, la moyenne sur ces 5 stations tombe à 34%). La forte proportion de marqués sur ce secteur amont peut s'expliquer par deux principales raisons :

- d'une part les quantités d'alevins déversées sur la Menoge à cet endroit sont importantes (environ 1,2 alevins/m²)
- d'autre part la présence à proximité immédiate de 2 affluents (Rui de Josse et Rui des Lavouets) également fortement alevinés (2 alevins/m²) à partir desquels les poissons repeuplés peuvent dévaler.

Les faible taux de marqués indiquent la présence sur l'ensemble du cours de la Menoge d'une population de truites naturellement fonctionnelle.

De plus, nous n'observons pas de meilleurs taux de marqués sur les secteurs repeuplés avec la souche rhodanienne. Il semble donc qu'aucune des 2 souches utilisées (Chazey Bons Domestique ou Rhodanienne) soient plus efficace. Ce résultat conforte l'idée d'une population naturelle déjà fortement implantée sur l'ensemble de la rivière.

Localisation des stations d'étude et taux de marqués sur le bassin de la Menoge



Sur les affluents

Comme pour la Menoge, nous ne trouvons pas de différences dans les taux de marqués selon la souche utilisée.

- **Sur le Brevon de Saxel**, les taux de marqués sont faibles avec 30% à l'aval et 12% à l'amont. Globalement sur l'ensemble de ce bassin, le taux moyen de 0+ marqués est de 29,2%. Seul le Manant montre un taux de marqués moyen avec 53%.

Comme sur la Menoge, le Brevon abrite une population naturellement fonctionnelle qui se reproduit à la fois sur le cours principal et sur ses affluents. En plus, l'aval du Brevon semble être un site privilégié pour la reproduction des géniteurs de la Menoge.

- **Sur les autres affluents**, deux types de résultats différents sont observés.

- 3 affluents sur 9 montrent des taux de marqués élevés avec 94% pour le Rui des Arces et le Rui de Josse, et 70% pour l'amont du Rui du Moulin (secteur Veluz-Milly). Ces taux sont à mettre en relation avec les quantités importantes d'alevins qui sont introduits sur ces secteurs (2 alevins/m²). De plus, le Rui de Josse et l'amont du Rui du Moulin n'abritent pas de population de truites équilibrée car les classes d'âges supérieures à 0+ sont quasi-absentes. Seul, le Rui des Arces possède une population intéressante sur laquelle un suivi semble nécessaire.

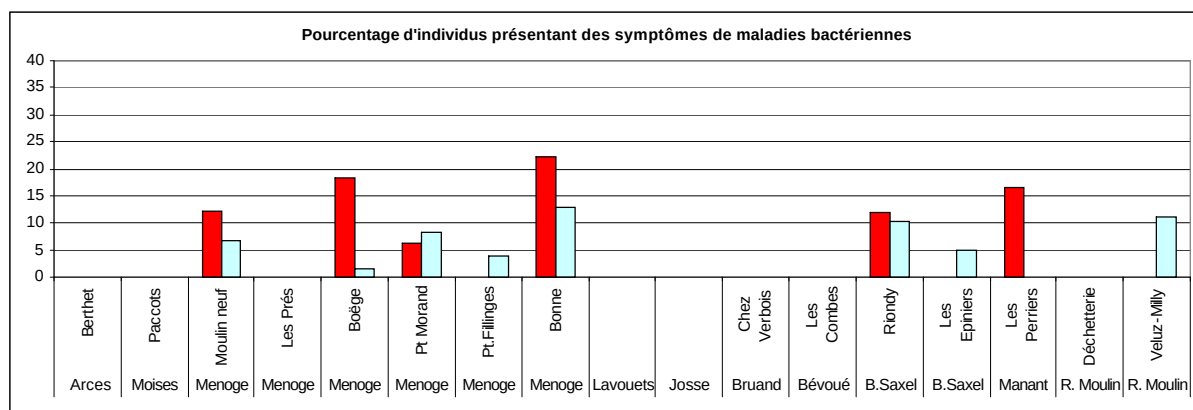
- Sur la majorité des affluents (6 sur 9), les taux de 0+ marqués sont faibles à moyens avec des valeurs comprises entre 15 et 57%. Ces résultats indiquent qu'en plus de celle de la Menoge, plusieurs populations fonctionnelles sont également présentes sur les affluents.

D'une manière générale, les résultats mettent en évidence la présence d'une importante population de truites sur l'ensemble du bassin de la Menoge.

Pathologies et état sanitaire des 0+

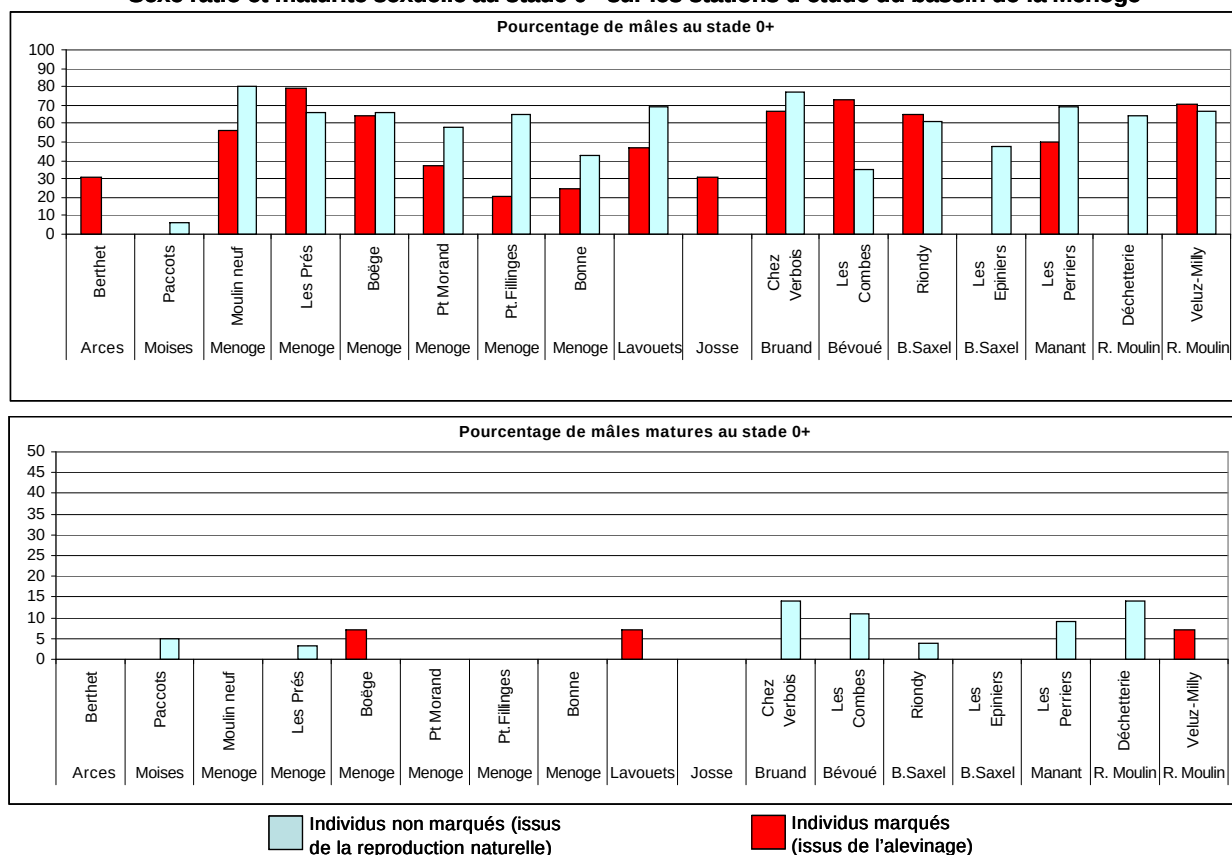
- Aucun symptôme de PKD n'a été observé sur le bassin de la Menoge
- Des symptômes de maladies bactériennes ont été observés sur 9 secteurs avec des valeurs inférieures à 25%.

- Les 0+ marqués montrent globalement des taux de contamination supérieurs aux 0+ non marqués.



Sexe et maturité sexuelle des 0+

Sexe ratio et maturité sexuelle au stade 0+ sur les stations d'étude du bassin de la Menoge



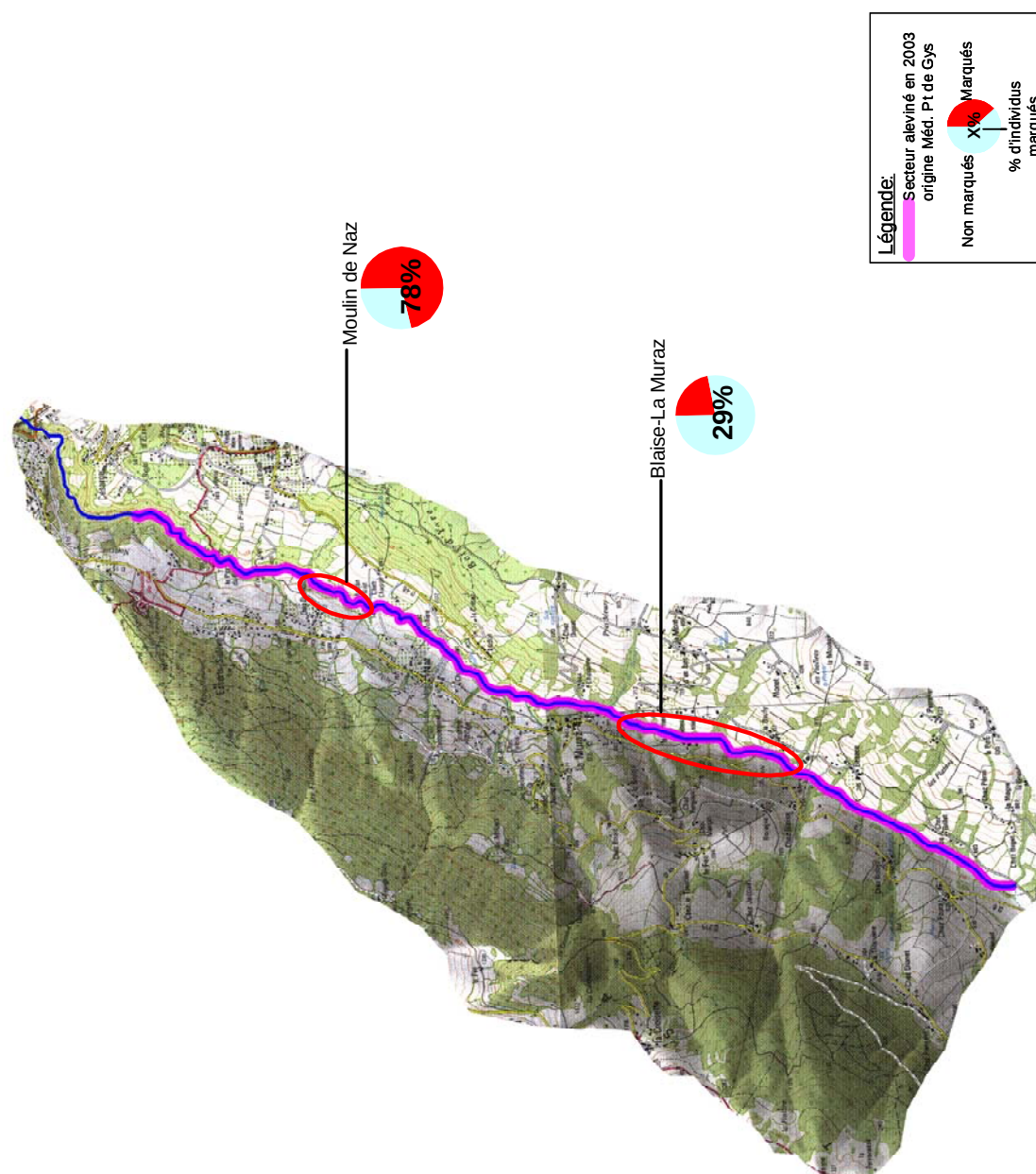
- Sur la majorité des secteurs, le sexe ratio apparaît déséquilibré avec de fortes variations interstations. Il y a également des différences entre marqués et non marqués.
- 10 secteurs montrent des mâles matures au stade 0+ à des taux relativement faible (< 15%).

2.1.4. Le Viais

Deux secteurs ont été échantillonnés sur le Viais en 2003 pour un total de 72 0+ étudiés.

Le taux de marqués

Localisation des stations d'étude et taux de marqués sur le Viais

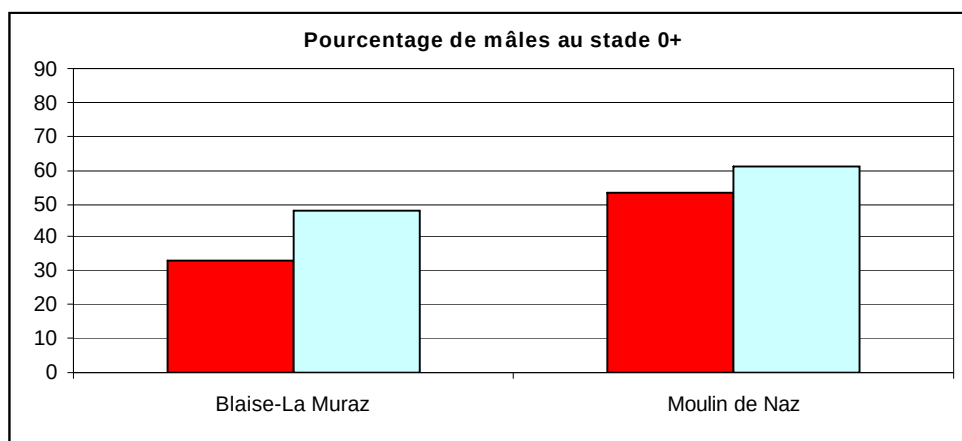


Les taux de marqués sur les deux secteurs sont très différents. Il est faible sur le secteur amont (Blaise-La Muraz) avec 29% et élevé sur le secteur aval avec 78% (Moulin de Naz). Ces résultats montrent une disparité spatiale importante du recrutement naturel sur cette rivière.

Pathologies et état sanitaire des 0+

- Aucun symptôme de PKD et de maladies bactériennes n'a été observé sur le Viais.

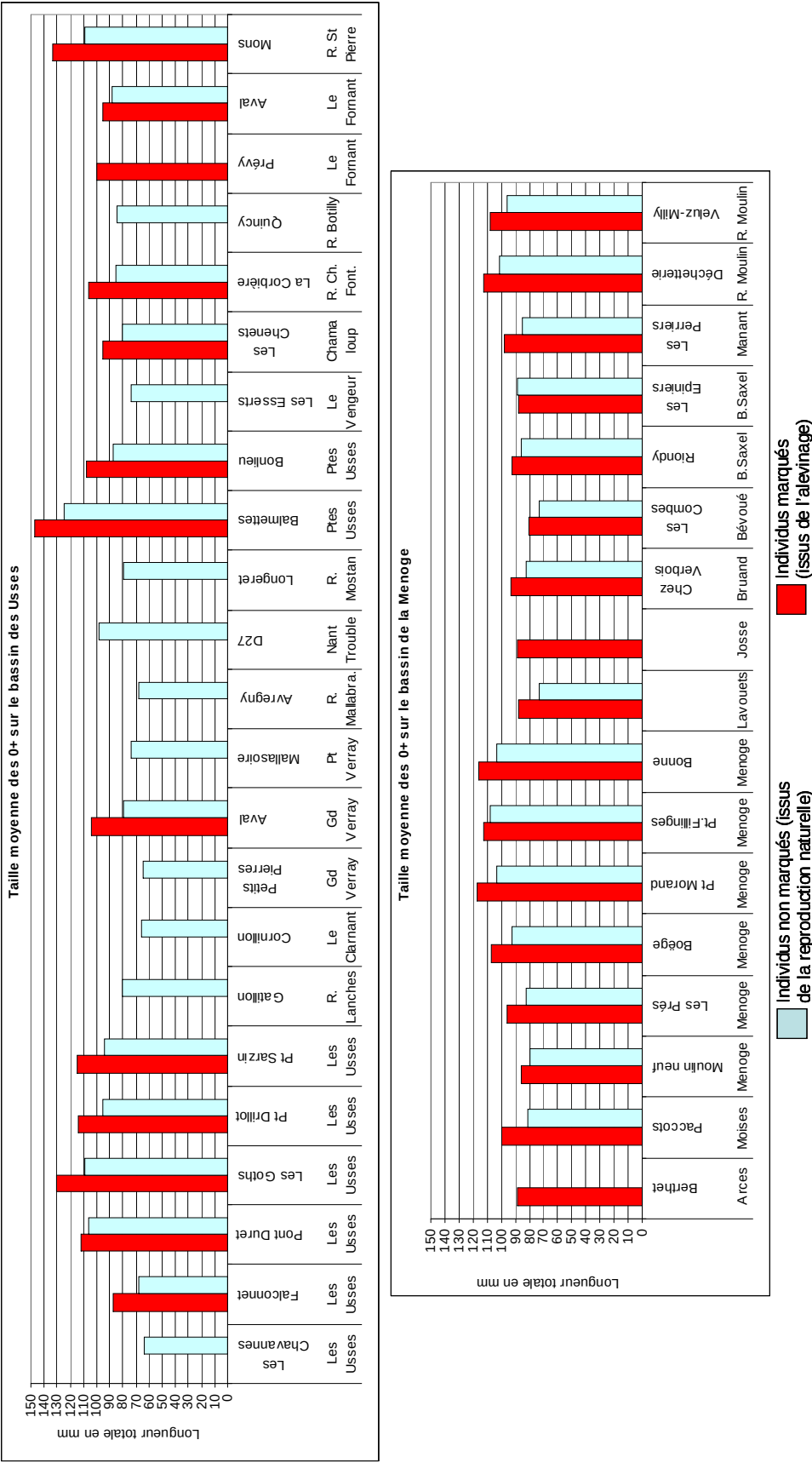
Sexe et maturité sexuelle des 0+

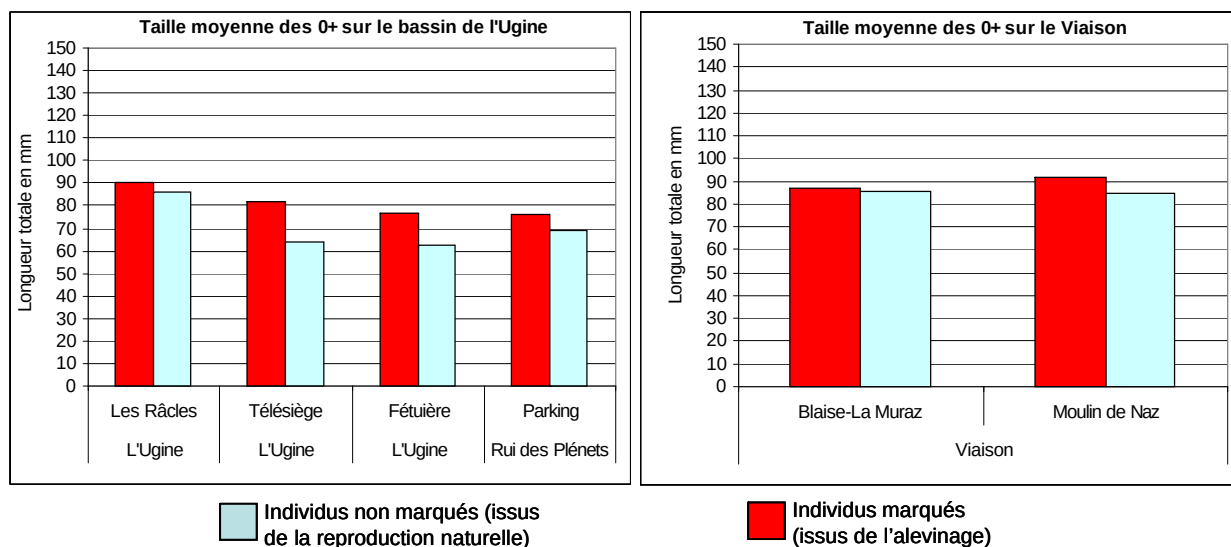


- Le sexe ratio est relativement équilibré sur les deux secteurs avec des valeurs comprises entre 33 et 61%
- Aucune maturité précoce des 0+ n'a été observée sur le Viais

2.2. Caractéristiques morphologiques

2.2.1. Longueur totale des individus



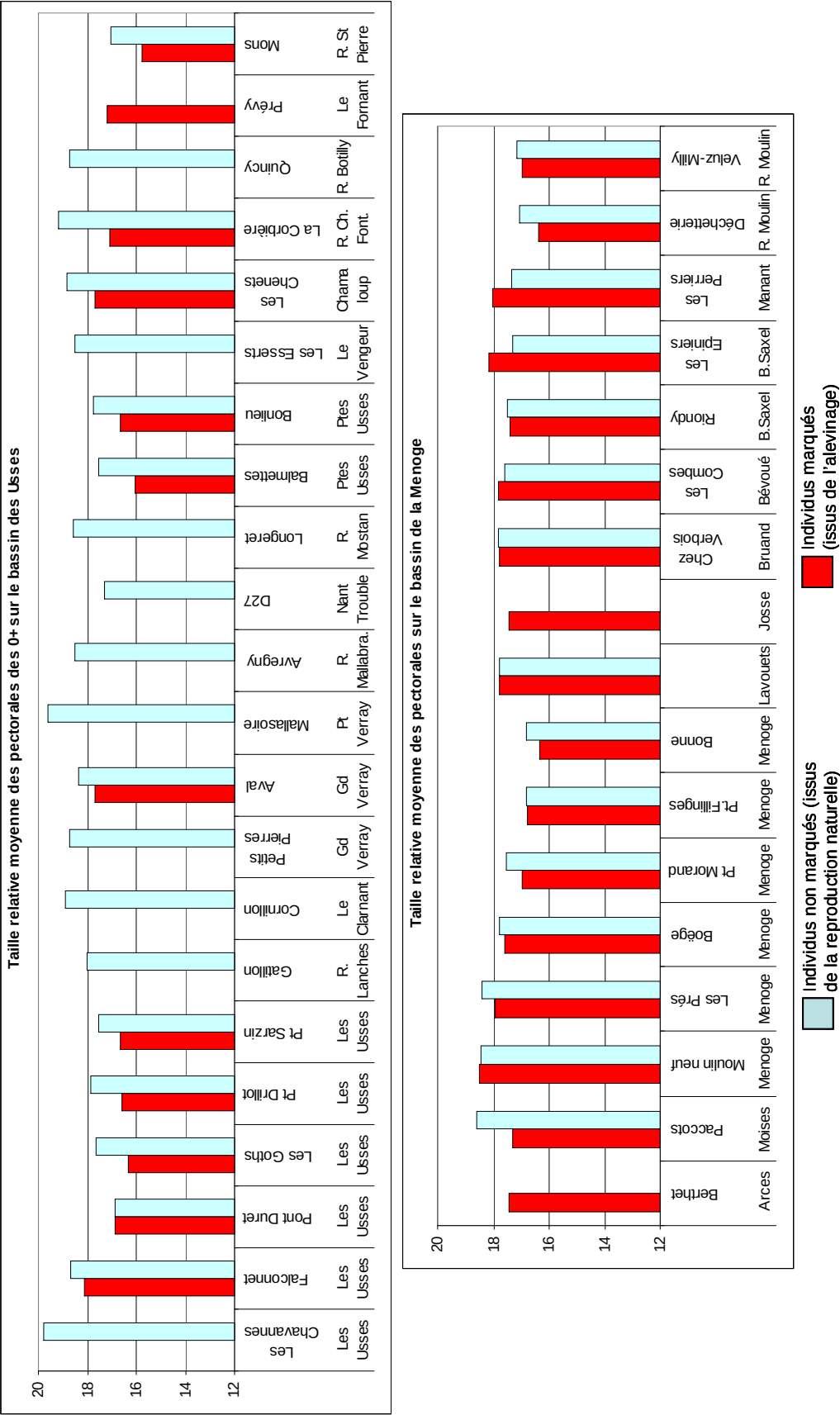


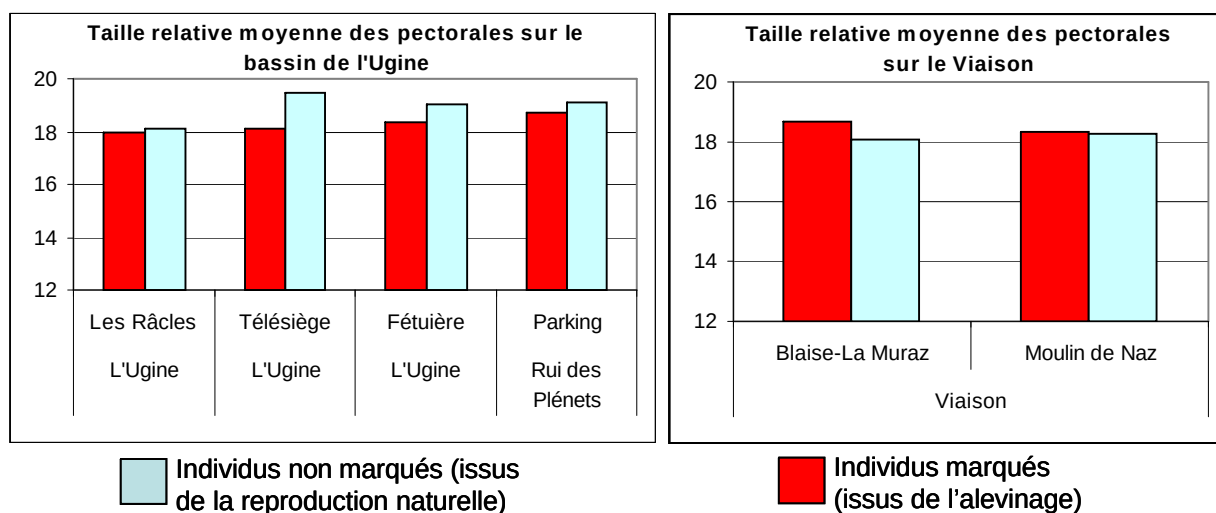
Sur la quasi-totalité des stations étudiées (28/33), les individus marqués présentent une taille moyenne supérieure à celle des individus naturels.

Ces résultats sont comparables à ceux déjà observés sur d'autres rivières par CAUDRON (1998), CHAMPIGNEULLE et CACHERA (2003) et CAUDRON *et al.* (2003). Ces auteurs ont montré sur le Doubs et le Fier que les différences de tailles entre marqués et non marqués au stade 0+, s'estompaient au stade 1+ et chez les adultes.

Par ailleurs, l'existence d'une plus grande taille au stade 0+ en automne pour les marqués ne leur garantit pas un meilleur taux de sédentarisation. En effet, plusieurs études, (JONSSON et JONSSON, 1993 ; OMBREDANE *et al.* 1998), indiquent que le taux de dévalaison peut être plus élevé pour les individus à plus forte croissance au stade 0+. La dévalaison peut donc toucher préférentiellement les individus marqués en raison de leur forte croissance.

2.2.2. Taille des nageoires pectorales





Sur les stations des bassins des Usses et de l'Ugine, les individus non marqués présentent une taille relative moyenne des nageoires pectorales plus grande que celle des 0+ marqués.

Cette observation n'est plus vraie dans le cas de la Menoge et du Vaison, deux bassins qui sont repeuplés en fin d'hiver-début de printemps au mois de mars avec des stades très précoces.

Les truites issues des repeuplements de fin de printemps-début d'été présentent donc des nageoires pectorales de longueur inférieure à celle des truites sauvages. Par contre, les truites repeuplées plus tôt qui sont ainsi en contact avec le milieu naturel depuis un stade très précoce montrent des pectorales de longueur identique à celles des poissons naturels.

Cette différence morphologique selon le stade de repeuplement peut être importante car le développement des nageoires est un élément déterminant pour la survie du poisson dans son milieu, notamment pour la stabilité, la résistance au courant et la recherche de nourriture en action de chasse.

Cependant, les résultats ne montrent pas de taux de marqués plus élevés sur les secteurs repeuplés précocement, il n'y a donc pas de corrélation directe entre les taux d'implantation des 0+ repeuplés et la taille des nageoires pectorales.

BOSAKOWSKI *et al.* (1993) ont également observés des résultats comparables chez des truites arc-en-ciel et des truites brunes de plus grande taille entre poissons d'élevage et poissons sauvages. Dans cette étude, les poissons d'élevage présentaient des nageoires nettement plus courtes (10-50%) que les poissons sauvages. Selon les auteurs, cette différence semblait être causée par les conditions de vie des poissons dans les bassins des piscicultures (agression intraspécifique, stress, qualité de l'eau et densités de poissons) qui provoquaient une érosion des nageoires.

Dans le cas présent, il y a une différence nette entre les bassins repeuplés précocement au stade alevins vésiculés et ceux repeuplés plus tardivement au stade truitelles (4-5 cm). De plus, les poissons alevinés au stade précoce montrent des nageoires de taille comparable à celles des individus sauvages. En conséquence, il semble donc possible que cette caractéristique anatomique soit le résultat d'une adaptation à la vie en torrent sans autant pouvoir exclure totale une origine génétique.

Une étude de RIDDELL *et al.* (1981) a montré, chez le saumon, que les différences de développement de nageoires étaient une adaptation des poissons à leur milieu qui présentait une origine génétique.

Il est donc tout à fait probable qu'un phénomène similaire se rencontre chez la truite fario et que les truites sauvages soient mieux adaptées sur le plan morphologique (grâce à des différences génétiques) aux conditions du milieu que les poissons introduits même à des stades précoces.

Outre l'aspect purement génétique, les facteurs environnants peuvent également jouer un rôle important. En effet, McLAUGHLIN *et al.* (2002) ont montré que cette différence au niveau des nageoires peut également être due à des caractéristiques du milieu environnant dans les premières semaines de vie des poissons. En effet, plusieurs lots d'une même souche de saumon de fontaine, soumis, dès l'éclosion, à des conditions de vie différentes montrent des différences dans le développement des nageoires. Ainsi, dès les premières semaines, les poissons exposés à un fort courant sont pourvus de nageoires plus longues.

Il est donc possible que les alevins produits en pisciculture, n'étant pas exposés à des courants importants au cours de leurs premières semaines de vie développent des nageoires pectorales moins longues que les individus sauvages.

Il y a probablement pour cette caractéristique morphologique des interactions combinant génétique et conditions environnementales.

Cette différence morphologique peut également avoir une importance dans la compétition entre poissons sauvages et introduits notamment au stade juvénile. En effet, GIBSON (1973) a démontré l'importance des nageoires dans la compétition interspécifique entre le saumon atlantique (*Salmo salar L.*) et le saumon de fontaine (*Salvenius fontinalis*), deux poissons consommant la même nourriture. Le fait de posséder des nageoires pectorales plus développées permet au saumon atlantique de se maintenir dans les courants pour se nourrir tout en dépensant moins d'énergie.

Dans le cas des torrents haut-savoyards, une compétition intraspécifique entre truites sauvages et introduites comparable à l'étude de GIBSON (1973) peut se développer. La différence morphologique entre les truites sauvages et issues du repeuplement peut donc avoir une influence lors de la compétition entre ces deux types d'individus.

3. Premières implications pour la gestion

En fonction des résultats obtenus lors de la campagne de prélèvements 2003, des orientations de gestion et des investigations supplémentaires sont proposées pour chaque rivière étudiée. Ces propositions qui pour certaines impliquent des changements importants des pratiques actuelles de gestion, sont des premières orientations qui doivent être confrontées avec les résultats d'écogénétiques du programme INTERREG et le suivi des marqués dans les captures par pêche à la ligne.

3.1. Bassin des Usses

Sur la majorité des rivières du bassin des Usses, un recrutement naturel important a été mis en évidence montrant l'existence de plusieurs populations fonctionnelles de truites. Ces résultats permettent d'envisager des arrêts du repeuplement sur de nombreux secteurs sans mettre en péril le stock en place puisque celui-ci est majoritairement composé de poissons sauvages.

En outre, le maintien d'un repeuplement léger et plus ciblé sur certains affluents devraient permettre en quelques années de reconstruire des populations disparues suite à la sécheresse de 2003 ou de maintenir les stocks en attendant des améliorations de la qualité des milieux.

Ainsi, les orientations de gestion proposées ci-après sont les suivantes :

- ✓ **Arrêt du repeuplement sur l'ensemble du cours principal.** Cette proposition est motivée par les raisons suivantes :

- L'alevinage représente au stade 0+ moins de 30% de la population en place. Selon les résultats obtenus dans des études similaires (CAUDRON et CHAMPIGNEULLE, 2002 ; CHAMPIGNEULLE *et al.*, 2002 ; CHAMPIGNEULLE et CACHERA, 2003), ce taux, déjà très faible à ce stade, risque de diminuer encore au stade supérieur (1+, 2+, >2+) de façon importante. La majorité des poissons présents dans les Usses voire la quasi-totalité est donc issue de la reproduction naturelle.

- Le fort taux de poissons marqués obtenu sur le secteur du pont Duret ne justifie pas à lui seul le maintien de l'alevinage. En effet, la pêche d'inventaire de 2004 montre à cet endroit une population peu équilibrée avec des densités et des biomasses relativement faibles. Le repeuplement ne semble pas permettre d'installer une population viable. Nous préconisons donc de suivre l'évolution de la population sur ce secteur après arrêt de l'alevinage avant d'envisager d'autres mesures de gestion.

- Dans le cadre du dossier préliminaire pour le contrat de rivières Usses, une étude piscicole complète sur l'ensemble du bassin sera réalisée courant 2005 ou 2006. Le choix des stations étudiées devra permettre d'apporter des résultats complémentaires à ce présent travail. Pour cela, il semble important que les pêches électriques de l'étude piscicole soient réalisées en condition de non alevinage. Cette démarche permettrait de caractériser réellement l'état des populations naturelles de truites sans être biaisé par les individus introduits.

- ✓ **Maintien des alevinages sur les affluents ayant souffert de la sécheresse (absence de TRF), sur le ruisseau des Chaudes Fontaines et le Fornant.**

- Lors de notre campagne d'échantillonnage à l'automne 2003, certains affluents se sont avérés apiscicoles malgré des repeuplements répétés pendant plusieurs années. Sur les ruisseaux où l'absence de poissons s'explique par la sécheresse de 2003 (assez

complet du cours d'eau), il peut être nécessaire d'entreprendre un alevinage et de suivre l'installation ou non des poissons introduits après vérification qu'il n'y a pas eu de recolonisation naturelle.

Sur ceux où l'absence de poissons ne s'explique pas par l'effet sécheresse, il serait opportun de suspendre les repeuplements en attendant que les causes soient identifiées et les problèmes résolus. Cette démarche peut être incluse dans l'étude piscicole du contrat rivières.

- Sur le ruisseau des Chaudes Fontaines et le Fornant, le peuplement de truites au stade 0+ est majoritairement composé de poissons introduits. En attendant de vérifier dans les classes d'âge supérieur si ce taux de marqués se maintient, nous préconisons le maintien des repeuplements sur ces ruisseaux.

✓ **Arrêt des repeuplements sur tous les autres affluents et notamment les sites à écrevisses à pieds blancs.**

- Sur tous les autres affluents étudiés, le recrutement naturel fournit la majorité des juvéniles en place. Il ne semble donc pas utile de poursuivre sur ces secteurs les repeuplements. De plus, des suivis par pêche de sondage pratiqués après arrêt des repeuplements pourront permettre d'ajuster localement et précisément les nouvelles mesures de gestion à mettre en place.

- Sur les ruisseaux recensés comme sites à écrevisses à pieds blancs, il est absolument nécessaire de stopper les repeuplements. En effet, ces derniers représentent un risque sanitaire non maîtrisable vis à vis des populations d'écrevisses présentes. De plus, les ruisseaux concernés sont bien souvent trop petits pour permettre d'installer une population de truites et pour pratiquer une activité pêche.

✓ **Echantillonnage supplémentaire de poissons au stade supérieur sur le Fornant, les Chaudes Fontaines et au niveau du pont Duret.**

Nous proposons de réaliser sur ces secteurs des prélèvements supplémentaires de poissons pour vérifier si le taux élevé de poissons marqués au stade 0+ se retrouve ou non dans les classes d'âge supérieures.

3.2. Bassin de l'Ugine de Chévenoz

Les propositions de gestion formulées sur ce bassin sont motivées d'une part par les résultats de l'étude des taux de marqués au stade 0+ et d'autre part par le suivi de la population réalisé depuis 1995 suite aux alevinages pratiqués avec la souche méditerranéenne Pont de Gys.

✓ **Maintien des pratiques d'alevinages actuelles.**

Les résultats montrent que les taux de marqués au stade 0+ sont passés de 2,8% en 1995 en utilisant une souche domestique atlantique à environ 40% en 2000 et 2003 en utilisant la souche méditerranéenne. Parallèlement, la structure génétique des individus naturels entre 1995 et 2003 passe progressivement d'un génotype 100% atlantique à un génotype méditerranéen hybridé. Cette évolution indique que les poissons introduits au stade juvénile atteignent le stade de géniteurs et fournissent un recrutement naturel non négligeable.

✓ **Continuer le suivi des pratiques de gestion sur cette rivière.**

Deux actions peuvent être envisagées :

- un suivi annuel du taux de marqués au stade 0+ pendant encore au moins 3 années en 2004, 2005 et 2006. Les résultats permettront de savoir si la contribution

des marqués se maintien à 40% où si elle diminuera progressivement en réponse à l'installation d'une population fonctionnelle de plus en plus forte. Ce suivi permettra de décider du moment le plus opportun pour passer à une gestion patrimoniale et arrêter le repeuplement sans compromettre le stock en place.

- une nouvelle analyse génétique en 2006 sur les individus naturels (0+ non marqués) pour caractériser la structure génétique de cette population d'origine atlantique en 1995 et soumise à des repeuplements avec une souche méditerranéenne depuis 1999 (évolution du taux d'introgression). Ce suivi permettra de savoir si il est possible d'installer une population autochtone à partir de repeuplements de réhabilitation sur une rivière présentant à l'origine une population fonctionnelle non autochtone.

3.4. Le Vaison

Sur le Vaison la situation est un peu particulière car ce cours d'eau a subi en 2003 l'impact de la sécheresse avec la réalisation de plusieurs pêches de sauvetages pendant l'été et une observation de mortalité de poissons.

Les taux de marqués montrent des valeurs très différentes entre la zone amont et aval (respectivement 29% et 78%), ce qui pourrait nous amener à proposer un arrêt du repeuplement sur la zone amont. Cependant, en raison de l'impact de la sécheresse, nous préconisons un **maintien des repeuplements sur l'ensemble du cours d'eau pendant encore 3 années.**

En effet, les résultats de la pêche d'inventaire réalisée en 2004 au Moulin de Naz montrent que la population de truites est encore bien présente et n'a pas complètement disparue suite à la sécheresse de 2003. Cependant, la biomasse (74,7 kg/ha en 2004) a diminué de moitié par rapport aux valeurs obtenues en 2001 (162,8 kg/ha) après 3 années d'alevinage en utilisant la souche méditerranéenne Pont de Gys. L'état de la population actuellement en place semble être comparable à celui obtenu lors des pêches électriques de 1999. Ainsi, un alevinage transitoire selon les mêmes pratiques permettra de reconstruire plus rapidement une population fonctionnelle.

3.5. La Menoge

Les résultats obtenus sur la Menoge ont conduit à formuler les propositions de gestion suivantes :

✓ Arrêt de l'alevinage sur l'ensemble du cours principal.

- Le taux moyen de 40% de 0+ marqués sur la Menoge montre la présence d'une population fonctionnelle permettant un recrutement naturel majoritaire sur l'ensemble du cours principal. Comparativement aux quantités introduites, les taux de marqués peuvent être considérés comme relativement faibles. En effet, par rapport au bassin des Usses, la Menoge montre un taux de marqués de seulement 10% de plus pour un effort d'alevinage 3 fois plus important.

- Le taux élevé (73%) de juvéniles marqués observé en amont (station « moulin neuf ») est à mettre en relation avec les quantités importantes de poissons alevinés sur ce secteur. Le suivi dès cet automne du taux de marqués aux classes d'âge supérieures permettra de connaître l'évolution de ce taux et la part des poissons naturels sur l'ensemble de la population en place.

- Aux sources de la Menoge la situation est contradictoire avec 15% de marqués sur le ruisseau les Moises et 94% sur le ruisseau des Arces. Ce dernier d'après les pêches de sondages montre une population équilibrée avec la présence de toutes les classes d'âge. De plus, les densités alevinées sont importantes avec environ 2 individus/m². Ainsi, nous proposons de réaliser un échantillonnage complémentaire sur ce secteur pour savoir si ces 0+ marqués restent majoritaires aux stades supérieurs.

- L'utilisation de deux souches différentes (Chazey-Bons domestique et rhodanienne) ne semble pas nécessaire car aucune de ces deux origines montre une meilleure efficacité. Par contre, le maintien de cette pratique risque d'accentuer à terme les phénomènes d'hybridation (taux d'introgression) déjà mis en évidence dans les résultats des analyses génétiques du programme INTERREG.

✓ **Maintien des repeuplements sur certains affluents.**

- Un repeuplement réalisé localement sur les zones amont de certains affluents isolés (Nussance et Rui du Moulin) permettrait de maintenir et/ou installer des populations.

- De même, des alevinages peuvent être entrepris sur les cours d'eau ayant subi l'impact de la sécheresse en 2003 (Ruisseaux de Curseille et Molertaz) en assurant que ces secteurs soient viables et offrent les conditions nécessaires à l'installation d'une population (assèchement annuel, habitat défavorable,...).

- Un suivi par pêche de sondage après 3 années d'alevinage sur ces affluents permettrait de vérifier le bien fondé de cette gestion (installation des poissons introduits) et de réorienter les pratiques si nécessaire.

✓ **Arrêt des alevinages sur les autres affluents.**

- Les résultats sur les autres affluents montrent la présence de plusieurs populations de truites fonctionnelles. Un recrutement naturel relativement important a été mis en évidence sur tous les cours d'eau étudiés.

- Sur le ruisseau des Lavouets, le Bévoué et l'ensemble du bassin du Brevon de Saxel, des populations de truites semblent bien installées et fonctionnelles.

- Sur les parties aval des affluents étudiés, on observe une reproduction naturelle certainement issue des géniteurs de la Menoge.

- Sur le ruisseau de Josse, il ne semble pas nécessaire de poursuivre les repeuplements car seuls des 0+ ont été trouvés sur ce cours d'eau (majoritairement marqués), aucune autre classe d'âge n'a été observée. Par contre, la partie aval semble utilisée par les géniteurs de la Menoge pour se reproduire.

BIBLIOGRAPHIE

- BOSAKOWSKI T., WAGNER J.E. 1993. Assessment of fin erosion by comparison of relative fin length in hatchery and wild trout in Utah. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, Vol. 51, 1994, pp 636-641.
- CACHERA S., 1997. Contribution à la mise au point et à l'utilisation du fluoromarquage des otolithes de salmonidés (*Coregonus lavaretus* et *Salmo trutta*). Rapport de Maitrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes. Université des Sciences et techniques de Lille.
- CAUDRON A., 1998. Biologie et gestion de la truite (*Salmo trutta* L.) d'un torrent alpin : le cas du Fier (74). Rapport de DEA Société et Environnement : gestion des espaces montagnards. Institut de Géographie Alpine, Grenoble, 65p.
- CAUDRON A., CHAMPIGNEULLE A., ?. Fluoromarquage des otolithes d'alevins vésiculés de truite (*Salmo trutta*). Présentation de la méthodologie. Exemple d'utilisation à grande échelle pour évaluer le repeuplement sur l'ensemble du réseau hydrographique de Haute-Savoie. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, en cours.
- CAUDRON A., CHAMPIGNEULLE A., VULLIET J.P., 2003. Evaluation 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 Fillings. Rapport INRA Thonon SHL 237-2003 et FDP74.03/06, 42 pp.
- CAUDRON A., CHAMPIGNEULLE A., 2002. Evaluation spatio-temporelle de la contribution du repeuplement en truite (*Salmo trutta* L.) réalisés à des stades précoces dans le bassin amont du Fier (74). *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 365/366, 455-469.
- CHAMPIGNEULLE A., ROJAS BELTRAN, 2001. Le marquage des poissons. pp 311-346 In Gerdeaux (ed). La gestion piscicole des Grands Plans d'Eau. INRA Paris.
- 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., DEGIORGI F., RAYMOND J.-C., CACHERA S., 2002. Dynamique spatio-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. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 365/366, 471-485.
- ESCHER M., HOLM P., STAUB E., 2001. La maladie rénale proliférative (MRP) : premiers résultats de l'enquête menée sur toute la Suisse. *Fischnetz-info* n°6, 24-27.
- GIBSON J.R., 1973. Interactions of juvenile atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*). The international Atlantic Salmon Foundation, special publication series vol. 4, n°1, September 1973, pp 181-202.
- JONSSON B., JONSSON N., 1993. Partial migration : niche shift versus sexual maturation in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 3, 348-365.
- JOURDAN S., 1995. Pacage lacustre et réhabilitation de l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus* L.) des lacs Léman et Bourget. Mémoire de fin d'étude du DAA halieutique, E.N.S.A. Rennes, 1 vol., 46 pp.
- 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, pp1171-1181.
- 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. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 18, 1293-1308.
- MOURRIERAS C., 1995. Aperçu épidémiologique des maladies bactériennes des poissons d'élevage, La pisciculture française n°125, pp17-24.
- 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.
- OMBREDANE D., BAGLINIERE J.L. & MARCHAND F., 1998. The effects of passive integrated transponder tags on survival and growth of juvenile brown trout (*Salmo trutta* L.) and their use for studying movement in a small river. *Hydrobiologia* 371/372, 99-106.
- PANFILI J., PONTUAL, H. (de), TROADEC H., WRIGHT P.J. (eds), 2002. Manuel de sclérochronologie des poissons. Coédition Ifremer-IRD, 464p.
- RIDDELL B.E., LEGGETT W. C., SAUNDERS R.L., 1981. Evidence of adaptative polygenic variation between two populations of atlantic salmon (*Salmo salar*) native to tributaries of the S. W. Miramichi River, N.B. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38 : 321-333.

- TSUKAMOTO K., SEKI Y., OBA T., OYA M., IWAHASHI M., 1989a. Application of otolith to migration study of Salmonids. *Physiol. Ecol. Japan*, Spec. Vol. 1, 119-140.
- TSUKAMOTO K., KUWADA H., HIROKAWA J., OYA M., SEKIVA S., FUJIMOTO H., IMAIZUMI K., 1989 b. Size-dependent mortality of red sea bream (*Pagrus major*) juveniles released with fluorescent otolith-tags in New Bay, Japan. *J. Fish Biol.*, 35, 59-69.