

4. Interprétations et recommandations

Le rapprochement critique des différentes observations effectuées à plusieurs échelles de travail, a permis de fournir des interprétations à 2 niveaux. Cette démarche a fourni des fondements rationnels à une série de recommandations pour l'élaboration d'une politique de gestion cohérente des populations salmonicoles.

4-1. Recherches des causes de l'altération des peuplements piscicoles

41-1. Bilan sur le déficit de production piscicole.

Dans cette optique, il convenait de tenir compte des différents niveaux d'hétérogénéité observés. Par conséquent les estimations des densités numériques et des proportions effectuées ci-dessus ont été combinées d'abord **par degré** (2 tirages par type de secteur) puis en utilisant **la stratification** qui consiste en une pondération par l'importance relative de ces catégories, des densités de truitelles qu'elles abritent et de leur longueur relative, selon les principes et les formules énoncés par Sherrer (1983).

L'estimation résultante est comprise entre 24000 et 88 000 truitelles (valeur la plus probable 56 700). Il faut la considérer avec prudence à cause de la complexité du milieu, du nombre limité d'échantillons et de l'importance des variabilités mesurées. **Il s'agit en fait d'avoir un ordre de grandeur du phénomène plutôt qu'un chiffre précis.**

Descripteurs de la population	valeurs estimées	variabilité et unité
Stock de géniteurs matures en fin de saison	12 000	± 3000
Poids moyen	300	g
sexe ratio	1/1	
fertilité absolue moyenne des femelles	900	oeufs/kg
taux de mortalité jusqu'à résorption de vésicule	15 %	± 15 %
taux de mortalité pendant la première année	90 %	± 5 %
nombre potentiel de "0+" dans une rivière en bon état	161 000	±56 000

Tableau XVII : estimation du nombre potentiel de truites d'un été qui pourraient être issues du stock de géniteurs estimé sur le Doubs franco-suisse en l'absence d'altérations (données issues de la bibliographie).

Parallèlement, l'estimation stratifiée de la quantité de "générateurs" supposés, c'est à dire de truite supérieure à 27 cm en septembre, indique une valeur de l'ordre de 12 000 (\pm 3 000) individus sur le parcours considéré (tab. XVII). A partir de ce nombre, estimé en fin de saison de pêche, les taux de fertilité, de survie des oeufs, alevins et juvéniles déterminés dans des rivières en bon état, indiquent une quantité correspondante de 160 000 juvéniles d'un été (\pm 56 000).

La comparaison de cette valeur avec l'estimation du nombre de truitelles réellement en place ($56\,700 \pm 22\,000$) corrobore l'existence d'un déficit de production de plus des deux tiers du potentiel. Ce déséquilibre a pu être observé à maintes reprises au cours de cette étude en adoptant des points de vue et des méthodes différentes. En particulier, lors de l'analyse de la structure des populations en place, les densité de truitelles en place était confrontée à la valeurs optimales de 200 truitelles au 1000 m² (ou 6 truitelles au mètre linéaire) pour une rivière à truite en bon état et de forte largeur. Ces densités correspondent au même niveau de stock potentiel, compris entre 160 000 et 200 000 individus, que celui qui a été calculé par la présente démarche pour le système considéré

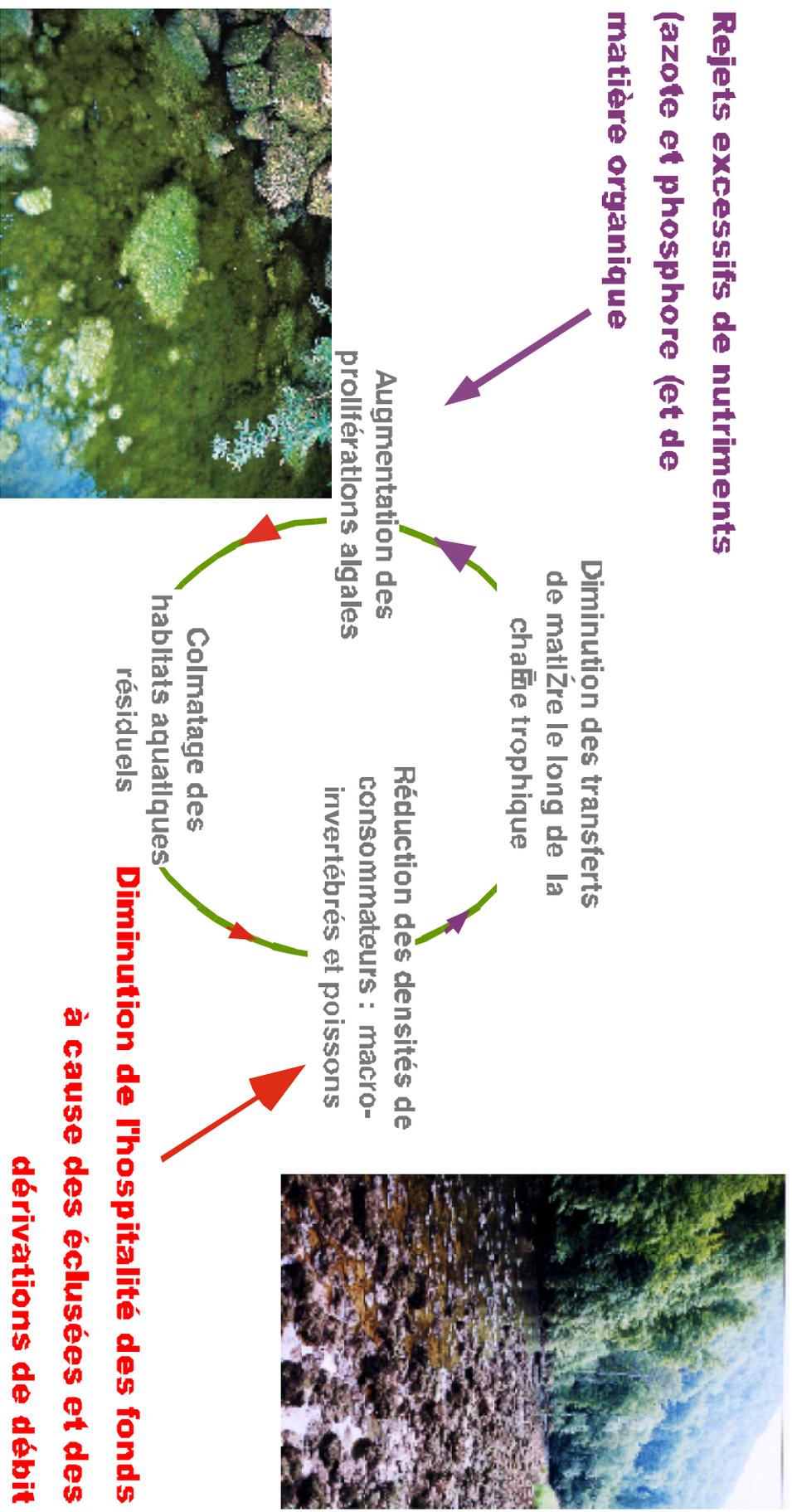
Toutefois, les tendances mise en évidence à l'aide de cette opération montrent aussi que les **altérations subies par le milieu ne perturbent** pas seulement le bon déroulement de la **fraie** et du développement embryonnaire (stade "œuf"), mais aussi **la croissance et la survie des truitelles de 1 et deux étés**. La limitation des habitats propices aux juvéniles et aux truite adulte par l'insuffisance des débits réservés doit aussi être prise en compte.

Par ailleurs, même si les abondances de truites sont, dans les secteurs préservés, assez élevées dans l'absolu, elles demeurent toujours déficitaires par rapport aux potentiels exceptionnels de cette rivière fraîche et calcaire, aux fonds naturellement diversifiés et très attractifs pour les poissons. En d'autres termes, les alevinages ne parviennent pas à compenser les nuisances subies par la rivière et par les populations salmonicoles.

41-2. Un point rapide sur la qualité de l'eau

Dans une démarche de recherche des causes de ces déficits piscicoles, les altérations pernicieuse de la qualité de l'eau peuvent être observée le long du Doubs franco-suisse (DIREN Fr.-Comté 1994). Certes les IBGN réalisés en 1996 sur ce secteur dépassaient encore 16/20 (Bouvier 1998). Cependant la note indicielle devrait atteindre 20/20 sur cette rivière aux fonds diversifiés et très attractifs. En outre l'examen des listes faunistiques révèlent une tendance à la raréfaction des taxons les plus polluo-sensibles.

Figure 18 : synergie entre l'artificialisation des débits et l'excès de nutriments : le syndrome algal



Les capacités d'auto-épuration de la rivière sont grevées par la réduction qualitative et quantitative des habitats aquatiques disponibles. Par conséquent, les flux polluants, par ailleurs grandissants, sont de moins en moins bien transférés le long de la chaîne alimentaire naturelle.

L'excès d'azote et de phosphore résiduels provoque des proliférations algales qui accentuent encore la diminution des densités de macro-invertébrés (insectes, crustacés, mollusques ...), ainsi que des poissons (truites et ombres mais aussi chabots, loches, vairons ...)

Par ailleurs, les taux de phosphates mesurés ont tendance à augmenter depuis quelques années et peuvent dépasser 0,25 mg-PO₄/l, ce qui est excessif pour une zone à truite où ce paramètre ne devrait pas dépasser 0,15 mg/l (NISBET et VERNEAUX 1971). Cet excès de nutriment se traduit par des proliférations algales qui contribuent à banaliser l'habitat et sont susceptibles de colmater les frayères (MASSA 2000), sans que ce phénomène ait atteint pour l'instant cette intensité sur le Doubs Franco-suisse.

Toutefois, il faut noter que ces envahissements végétaux sont favorisés par l'altération de la qualité physique due à l'artificialisation des débits (fig. 18) En outre, d'après BOUVIER (1997), la qualité de l'eau du Doubs serait plutôt en cours d'amélioration depuis une vingtaine d'années, même s'il reste plusieurs indices de pollution. De toute façon, avec des taux de Phosphore total ne dépassant pas 0,096 mg-P/l et des concentrations de Nitrates n'excédant guère 2,5 mg-N/l (DIREN Fr-Comté 1994), ces dégradations insidieuses de la qualité de l'eau du Doubs ne suffisent pas à expliquer les importantes réductions de la production piscicole. Parallèlement, les recherches de toxiques effectuées par les services français et helvétiques n'ont jamais révélé de contamination par les micro-polluants recherchés en routine (BOUVIER 1997).

En l'absence de toxiques, les poissons ne réagissent très fortement qu'à des pollutions nutritives ou organiques beaucoup plus intenses que celles qui sont observées ici (VERNEAUX 1981, CSP DR-5 1993, 1994). En revanche, ils sont très sensibles à la dégradation de l'habitat aquatique. En outre, plusieurs mesures et observations confirment que les causes de la réduction des peuplements piscicoles doivent plutôt être recherchées dans l'artificialisation des débits.

41-3. Impact de l'artificialisation des débits sur l'ichtyofaune

Observations de l'effet néfastes de l'artificialisation des débits

En effet, un faisceau convergent de preuves et d'observations montrent l'impact négatif de l'insuffisance des débits et du fonctionnement en éclusées sur le développement optimal des ichtyocénoses.

1° Les réductions de peuplement ou/et les déficits en truite et ombres observés à l'aide des inventaires sont maximales dans les débits court-circuités ainsi que dans les zones soumises à éclusées (§ 2).

Sur quelques-uns de ces secteurs, les densités de truites 0+ ou/et 1+ peuvent parfois demeurer relativement soutenues, mais les abondances de truites adultes n'atteignent un niveau sub-optimal que dans les tronçons, qui, grâce à leur éloignement des ouvrages conjugué à une morphologie favorable, sont les moins sensibles à l'effet des éclusées.

Ces observations montrent que la qualité de l'eau n'est pas le facteur le plus limitant de la production piscicole, car les concentrations en nutriments, par exemple, peuvent être considérées comme à peu près du même niveau sur l'ensemble du parcours, à l'exception de quelques points noirs très localisés (DIREN Fr.-Comté 1994).

2° La contribution des alevinages à la production de 0+ est d'autant plus importante que le débit est plus artificialisé (§ 3-2).

Cette observation a pu être réalisée 2 années sur trois, en particulier pour les années qui ont connu des période d'étiage prononcé (1994 et 1996). Cette tendance montrent que l'artificialisation des débits, et en particulier l'insuffisance des débits réservés dans les TCC ainsi que des débits-planchers à l'aval des restitutions semble perturber le recrutement des juvéniles.

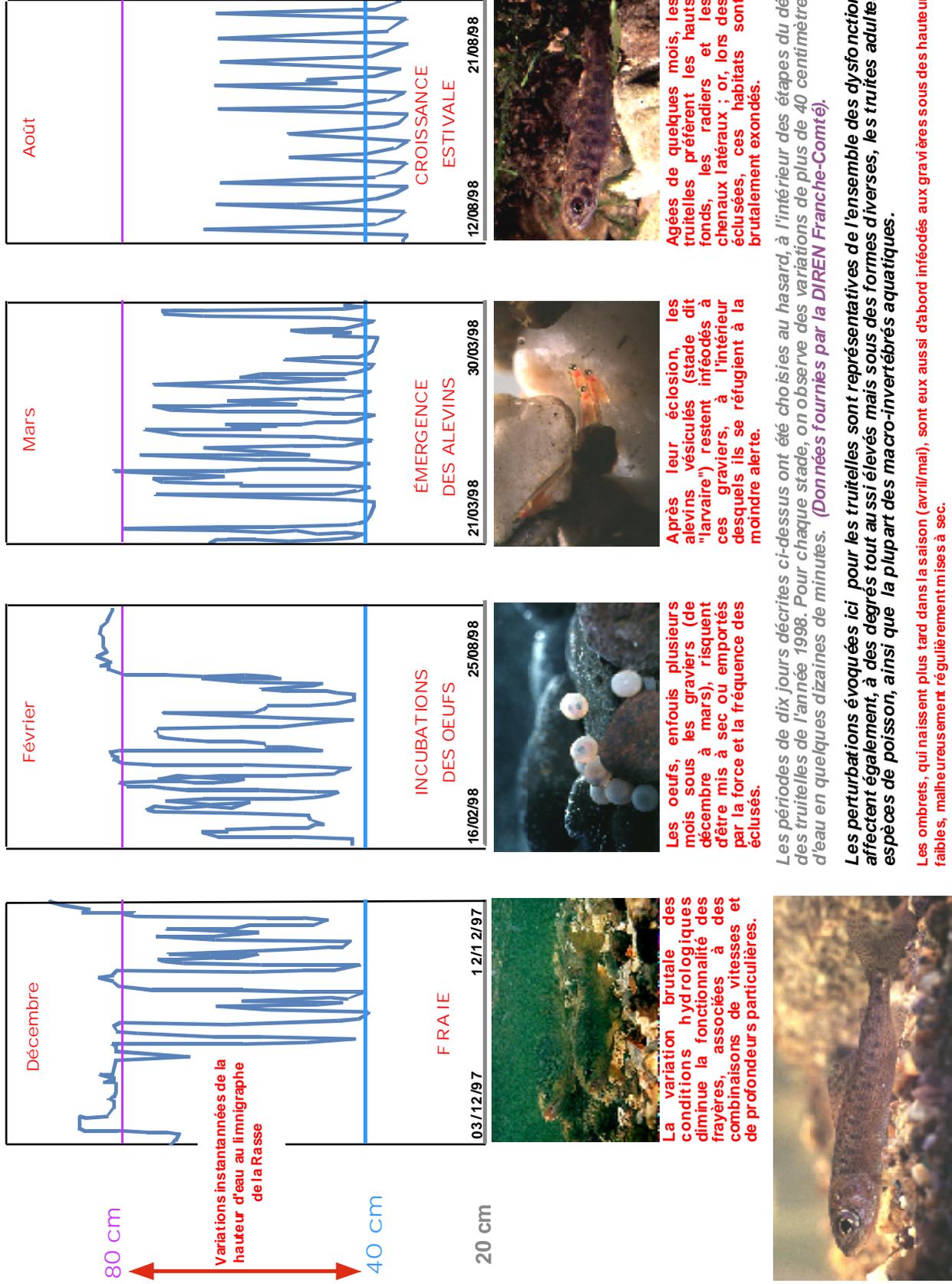
3° Les inventaires et sondage réalisés entre 1994 et 1999 dans le TCC du Refrain et à l'aval de la restitution ont montré que les densités de truites et d'ombre, déficitaires en période de fonctionnement, se rapprochaient de l'optimal lors du chômage de la centrale, malgré l'arrêt des alevinages, pour s'effondrer à nouveau à la reprise des éclusées.

Comme il n'y a aucune raison pour que la qualité de l'eau se soit restaurée pendant les 3 ans qu'ont duré les travaux de réfection du canal d'amenée du Refrain, il apparaît une forte corrélation entre le fonctionnement de cette centrale et la réduction des peuplements piscicoles dans le TCC et à l'aval de la restitution. D'ailleurs, des mortalités de poissons piégés par les variations de niveau conjugué à l'insuffisance du débit plancher ont été constatées à plusieurs reprises à l'aval de la restitution par des pêcheurs ou des promeneurs depuis la reprise d'activité de cette installation hydroélectrique (ann. 15).

Mécanismes des perturbations induites par les éclusées (fig. 19 et 20)

Les variations brutales de niveau induits par les éclusées et surtout l'insuffisance du débit pendant la phase de rétention de l'eau, qui impose le débit réservé à une grande partie de la rivière, perturbent le développement harmonieux d'un grand nombre d'espèces aquatiques. Une étude de la fraie 1984-85 réalisée par RIEGLER (1985) sur la zone amont du Doubs franco-suisse montrait pour cette zone le rôle majeur joué par les fluctuations de niveau sur l'assèchement de frayères creusées à proximité des rives. Dans les zones courantes en aval des tronçons court-circuités certaines truites fraient sur des sites en eau lors des périodes de turbinage. Quand il y a arrêt du turbinage (remplissage des barrages), certaines frayères sont alors mises à sec. RIEGLER (1985) a estimé à 27% le pourcentage de frayères ainsi mises à sec sur la zone amont lors de la fraie 1984. Il a ensuite montré, dans le cas de quelques frayères mises à sec, que les œufs étaient perdus en quasi-totalité.

Figure 19 : amplitudes de variations de niveau dues aux éclusées de l'usine du Châtelot mesurées entre 1997 et 1998 au limnigraphe de la Rasse durant différents stade du cycle de vie de la truite



Le stade de résorption des alevins vésiculés dans la frayère est très probablement un stade encore plus sensible aux assecs comparativement au stade œuf. La phase de post-émergence est une phase très sensible (ELLIOTT, 1994). Des conditions d'habitat défavorable, fortes éclusées en particulier pendant la période d'émergence et juste post-émergence limitent l'effectif des jeunes de l'année (CAPRA, 1995, LIEBIG *et al.*, 1999). Les échouages pourraient s'avérer plus fréquents durant les éclusées nocturnes. En effet, ROUSSEL et BARDONNET (1999) ont montré de nuit une colonisation préférentielle des habitats rivulaires peu profonds alors que les habitats plus profonds de pleine eau étaient davantage colonisés de jour. Au stade d'alevins, les brusques descentes du niveau d'eau peuvent être très dommageables. En effet HVIDSTEN (1985) a montré qu'une baisse rapide (50 cm en 30 minutes) provoque de fortes pertes d'alevins 0+ par piègeage-mise à sec, diminuant significativement le recrutement en truites dans la rivière Nidelva, une rivière norvégienne régulée.

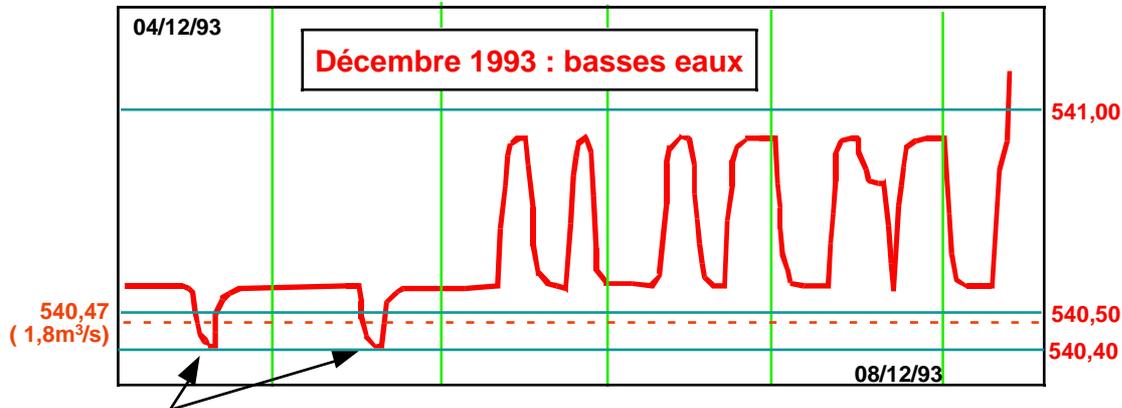
Les interférences de ce mode de fonctionnement des centrales hydroélectriques sur les phases initiales du cycle vital de la truite sont rappelées en prenant comme exemple les variations induites sur le niveau par l'usine du Châtelot durant l'année 1998, à des périodes clés pour la truite et pour ses alevins (fig. 19).

Cette usine produit en effet des éclusées très importantes durant lesquelles le débit à l'aval de la restitution peut passer, en 4 heures, de moins de 1 m³/s, délivré pendant les phases de stockage, à plus de 28 m³/s en phase de turbinage. Généralement, le débit est ensuite réduit brutalement à une valeur comprise entre 11 et 15 m³/s avant de revenir plus doucement au minimum (DIREN Fr.-Comté 1994). En période de basse eaux, la phase de rétention durant laquelle la rivière est réduite au débit plancher de 0,9 m³/s peut s'étendre sur plus de 24 heures. Le fonctionnement de cette installation de grande taille influence celui des deux centrales aval, obligées d'espacer leurs éclusées et surtout de diminuer leur débit de base quand le Châtelot stocke de l'eau (cf. fig. 20).

Pour cette raison, si l'on considère, comme il se doit, les valeurs instantanées et non les moyennes journalières, la centrale du Refrain ne constitue pas un "filtre" pour les ondes de marnage provenant du Châtelot, mais bien plutôt un relais et même, en période d'étiage, un amplificateur. En effet, d'après la DIREN Fr.-Comté (1994), la plus grande partie des effets de marnages rapides de ces éclusées est amortie à l'entrée de la retenue du Refrain. Or, en régime de fonctionnement normal, les variations de niveau observées à la station limnigraphique du Câble, située à plus de 1500 m de l'usine du Refrain, peuvent atteindre et même dépasser 1 m en moins de 3 heures (BOUVIER 1997). Surtout, les débits-planchers correspondant aux phases de stockage pour cette installation sont également très bas, en particulier en période de basses eaux, lorsque la rivière est la plus sensible aux altérations du débit (BOUVIER 1989).

Figure 20 : exemples de variations des hauteurs d'eau mesurées au limnigraphe de la Combe des Sarrasins en régime de fonctionnement normal (décembre 1993) et lors de la période de chômage de l'usine du Refrain (d'août 1994 à mai 1997) ; comparaison avec les variations enregistrées sur le limnigraphe de la Rasse (aval usine du Châtelot).

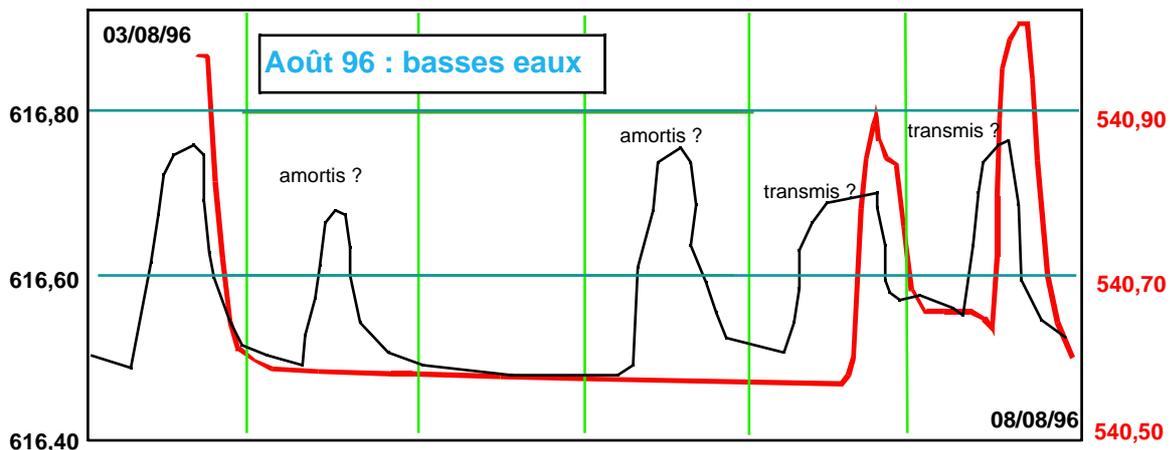
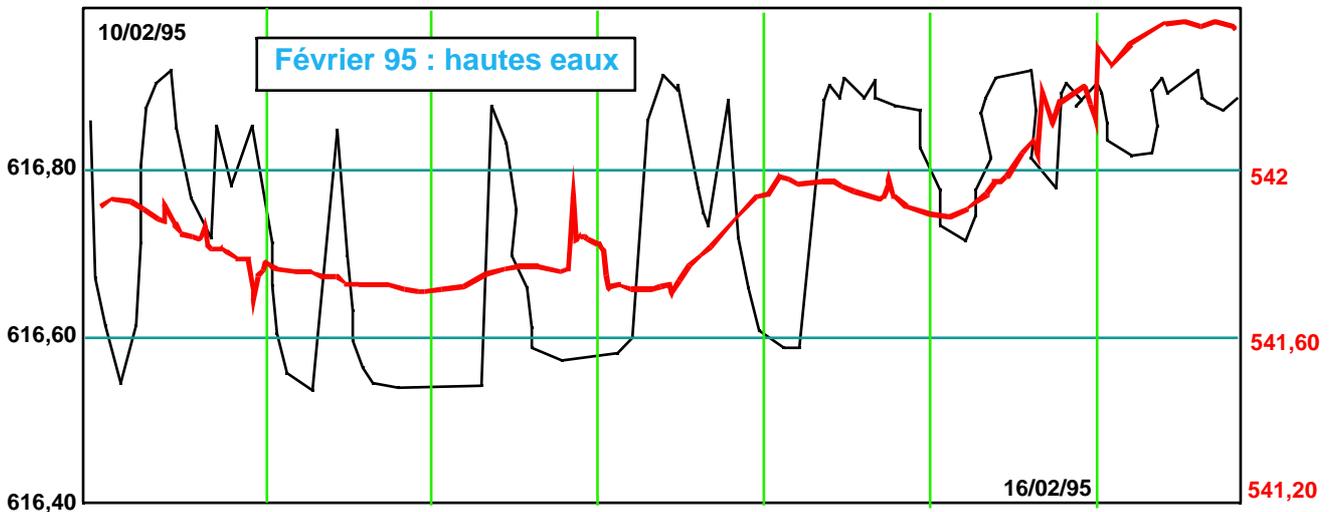
Fonctionnement de croisière du Refrain



Débit plancher très bas (1m³/s)

 Limnigraphe du Cable (aval Refrain)
 Limnigraphe de la Rasse (aval du Chatelot)

Chômage du Refrain d'août 95 à mai 1997



Comme l'indique cet auteur, il convient, pour établir des règles de gestion rationnelles, considérer les débits instantanés, qui déterminent les conditions limitantes pour la faune aquatique, et non les moyennes journalières qui paraissent beaucoup plus favorables. Or, la valeur minimale des débits instantanés est nettement inférieure à celle des débits moyens journalier (fig. 21).

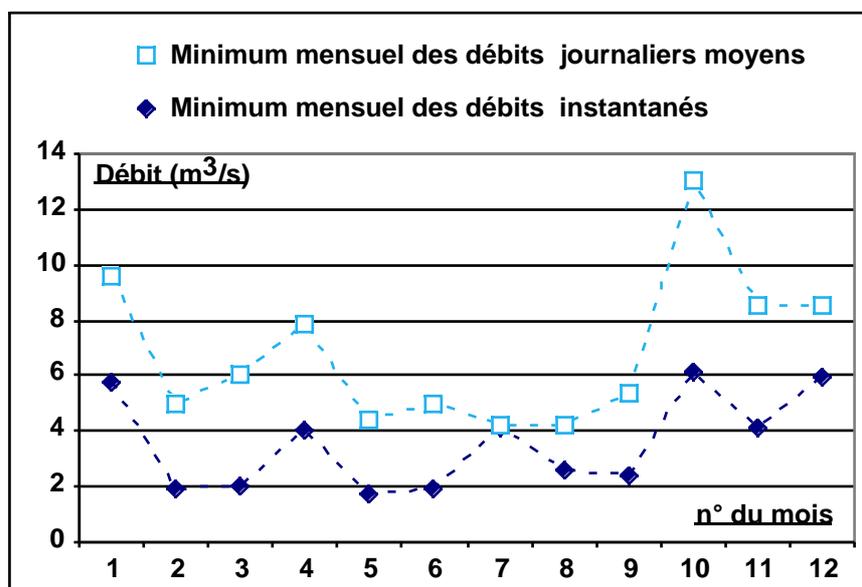


Figure 21 : comparaison des valeurs minimales observées en 1998 pour les débits moyens journaliers et les débits instantanés au limnigraphe de la Combe des Sarrasins (source : SHGN helvétique)

Pendant la période de chômage du Refrain, les variations de niveau observées au limnigraphe de la Combe des Sarrasins sont beaucoup moins brusques, en particulier durant les périodes de hautes eaux et de débit moyen, malgré l'amplitude des éclusées effectuées par l'usine du Châtelot (fig. 20). Durant les périodes de basses eaux, des variations rapides du niveau ont parfois tout de même pu être observées sur le limnigraphe du Câble. Ce phénomène peut s'expliquer, soit par des essais ou des manœuvres effectués pendant les travaux de réfection à partir de la centrale du Refrain, soit, plus probablement, par un écoulement irrégulier à travers le batardeau installé dans la retenue ou encore par des phases de surverses pour certains débits.

Quoi qu'il en soit, même durant ces variations rapides résiduelles, **les débits-planchers** enregistrés durant cette période d'arrêt (ou d'activité réduite) de la centrale du Refrain **sont très nettement supérieurs** à ceux observés au cours du fonctionnement normal. Or les travaux du groupe national de travail "Éclusées" ont souligné le rôle de facteur limitant des débits-plancher (appelés aussi "débit de base") dans le cas du fonctionnement en éclusées des centrales hydroélectriques (SABATON et al. 1995). Selon ces auteurs, l'impact des éclusées est déterminé à la fois par la morphologie des fonds **et par le**

niveau de ce débit de "base", dont l'insuffisance pénalise les adultes et surtout les juvéniles.

Si le débit plancher ou de base apparaît comme le rouage le plus néfaste de la mécanique d'altérations induites par les éclusées, la **vitesse de variation des niveaux** est susceptible d'amplifier l'intensité de leur impact. En effet, les mesures effectuées à l'instigation du Service de la Faune du Canton de Neuchâtel, à l'aval de l'usine du Châtelot ont montré l'importance de la vitesse de variation de niveau sur les possibilités de retrait d'une partie de la faune (Eaux Continentales 1999).

Perturbations induites par les débits réservés insuffisants

La période de chômage du Refrain a également permis au TCC de bénéficier de débits plus soutenus pendant plus de 2 ans. Ce répit s'était traduit, dans les mesures effectuées en 1996, par une augmentation très sensible des densités de truites par rapport aux mesures effectuées en 1985 et en 1994, en période de fonctionnement normal de l'usine.

Parallèlement, les inventaires réalisés sur l'amont du TCC du Châtelot montrent des densités de truites plus élevées mais encore fortement déficitaires, surtout si l'on raisonne par rapport au lit originel du Doubs ou, ce qui revient au même, en densité linéaire. En outre les populations se composent essentiellement de truitelles et de juvéniles et montrent un déficit encore plus flagrant en individus adultes. Cette tendance est aussi manifeste sur le bas du TCC, qui bénéficie pourtant des apports de débits de nombreuses résurgences.

Pour les trois secteurs soumis à débit réservé, on observe donc deux niveaux combinés de réduction de l'hospitalité piscicole des fonds du Doubs court-circuités :

- une réduction de la qualité des habitats par homogénéisation des profondeurs et des vitesses qui se traduit par une diminution des caches mais aussi des apports trophiques liés à la dérive ;
- une réduction de la quantité des habitats par amoindrissement de la surface mouillée.

Ces observations sont en concordance avec les résultats obtenus par de nombreux auteurs qui montrent que le déficit de truites des TCC par rapport aux stations de référence amont est inversement proportionnel à la valeur du débit réservé (DEMARS 1993, BARAN et al. 1995). D'après ces travaux, l'insuffisance des débits réservés **pénalise les adultes plus encore que les juvéniles**.

4-2. Discussion sur l'efficacité de l'alevinage

Pour bien évaluer l'efficacité des alevinages, il convient de confronter le taux de réussite de l'alevinage avec son impact sur le peuplement et surtout de comparer les avantages et les inconvénients des 2 sources de recrutement.

42-1. Taux de recapture à la ligne des individus alevinés.

D'après les résultats de l'opération de marquage, le taux estimé de recapture par la pêche à la ligne est compris entre 3,2 et 4,6 pour mille (§3-3). Si une partie des truites ont dévalé et colonisé l'aval du secteur d'étude, cette valeur doit être majorée car elle est calculée sur la zone de déversement des alevins. Même si la dévalaison est minime, **le taux de recapture observé peut être considéré comme relativement élevé** par rapport à ceux cités dans d'autres travaux analysant la réussite d'alevinages en truite.

En fait, il n'existe pas de publications décrivant des expérimentations évaluant des taux de recapture par pêche sportive à partir de relâchers de stades très précoces, alevins vésiculés en particulier, pratiqués sur le cours principal d'une grande rivière. Par conséquent, les seuls comparatifs qui peuvent être faits sont avec des données du recrutement naturel évaluant pour des populations de truites sédentaires, des taux de survie entre le stade œuf ou alevin vésiculé, si le taux de survie intra frayère est estimé, et les stades 2+ à 3+ , lorsque les truites peuvent rentrer dans la pêche. Les données concernent surtout des ruisseaux et non le cours principal de rivières.

ELLIOTT (1995) a évalué à 6,8 pour mille le taux de survie entre le stade œuf et le stade 3+ (en novembre) pour une population de truites sédentaire dans un ruisseau (Wilfin Beck) en Grande-Bretagne. Sur un affluent (R. de Kernec) du Scorff (Bretagne), les données de MAISSE et BAGLINERE (1991) permettent d'évaluer un taux de survie moyen de 2% (0,9 à 3,5%) entre l'émergence et le stade fin 2+ et de 0,8% (0,27% à 1,75%) entre l'émergence et le stade fin de 3+. LE CREN (1961) a évalué à 1,3 % le taux de survie entre le stade alevin vésiculé et le stade truite de 2 ans.

Une étude récente (CSP, 1999), basée sur des hypothèses de taux de survie interstades extrapolés à partir de données publiées sur des populations naturelles, donne 2-8 pour mille comme ordre de grandeur du nombre de truites pêchables (3 ans) pour 1000 alevins vésiculés déversés. Avec ces hypothèses, et pour des taux d'exploitation variant entre 20 et 40 %, les taux de recapture se situeraient dans la gamme de 0,4 à 3,2 truites pêchées pour 1000 alevins vésiculés déversés.

Le taux de recapture par pêche à la ligne calculé dans la présente étude pour les truitelles alevinées serait donc relativement élevé, situé dans la partie haute de la gamme observée au cours d'expérience de repeuplement. En revanche le niveau de survie estimé pour ces expériences de repeuplement paraît inférieur à ceux qui sont observés pour le recrutement naturel si l'on considère les populations en place en fin de saison.

42-2. Intérêt de la production naturelle

Malgré cette bonne "réussite absolue" des alevinages effectués dans le Doubs par rapport aux pratiques courantes, cette étude a montré que la production de truites issue du recrutement naturel est la plus intéressante. En effet, elle présente par rapport à l'alevinage au moins 4 avantages majeurs :

- + elle fournit **au moins les 3/4** du nombre de truites pêchées et **elle est gratuite**.
- + les captures sont **étalées dans le temps** sur un plus grand nombre de classes d'âges et sont donc en moyenne de **plus grande taille** ; par conséquent la contribution en biomasse dépasse encore la contribution en nombre.
- + **la plus grande longévité** des truites issues du recrutement naturel favorise leur participation plus efficace à la fraie et donc au renouvellement de la population.
- + la fraie naturelle présente beaucoup **moins de risques de "pollutions" génétiques** que les pratiques d'alevinage pour lesquelles il s'avère difficile d'éviter de produire des demi-sangs et plus encore de conserver le comportement sauvage des truitelles.

42-3. Impact réel de l'alevinage : ajout ou substitution ?

Impact réel au stade truitelles

Les analyses effectuées dans le cadre de la présente étude **ne permettent pas de déterminer avec certitude si les truitelles introduites s'ajoutent ou se substituent aux individus nés dans le milieu**. En effet, l'expérience de non-alevinage menée sur le secteur central depuis 1996 a été brouillée par le chômage de l'usine du Refrain, puis par sa reprise d'activité.

Dans un premier temps, la mise en "veilleuse" de cette installation a eu pour conséquence d'améliorer considérablement les débits pendant plus de 2 ans sur le secteur non aleviné. Les fortes densités de truitelles 0+ et 1+ capturées en 1996 après 2 ans sans alevinage, nettement supérieures aux valeurs mesurées en 1994 en situation alevinée, ont donc simplement montré qu'en régime perturbé les alevinages ne suffisaient pas à compenser

les déficits de production salmonicole. Dans un deuxième temps, la reprise assez brutale du fonctionnement s'est traduite par des mortalités répétées de poissons, en particulier au printemps et en été 1999 : les mauvaises densités de 0+ observés en 1999 doivent donc être d'avantage reliée à ce retour de l'artificialisation des débits et à des éclusées particulièrement meurtrière bien après le stade de développement initial.

Toutefois, la similarité des densités de truites 1+ et 2+ observés en 1994 (avec alevinage et avec éclusées) et en 1999 (sans alevinage mais avec éclusées) incline à penser que les capacités d'accueil du milieu pour ces stades sont limitées par l'artificialisation des débits. En plus des perturbations de la fraie et de l'incubation et de l'émergence, il existerait donc d'autres goulots d'étranglement pour des stades ultérieurs du cycle de vie des truites. Selon cette hypothèse, les truitelles alevinées se substitueraient à celles qui sont nées dans la rivière.

Par ailleurs, des expériences menées sur d'autres rivière à truite de grande dimension montrent la stabilité ou même l'augmentation de la densité des truites en place après l'arrêt des alevinages. À titre d'exemple, on peut citer **l'Ain à Bourg de Sirod**. Ce tronçon, lui aussi sous l'influence d'un aménagement hydroélectrique, mais probablement moins perturbé sur le plan hydraulique que le Doubs franco-suisse, **n'a pas été aleviné** pendant 2 années consécutives.

Après cette période **sans alevinage**, les **truitelles** de 1 et de 2 étés étaient légèrement **plus abondantes** que durant les années où des alevinages de truitelles 3/4 cm étaient réalisés (tab. XVIII). Une comparaison avec un proche secteur de la même rivière (l'Ain à Boise), toujours aleviné mais isolé du précédent, corrobore cette tendance et montre, la même année, une **abondance majeure** du secteur **non aleviné**.

Classe d'age	taille (mm)	BOURG DE SIROD		BOISE
		aleviné	non aleviné	aleviné
		printemps	depuis 2 ans	printemps
		90/91/92		91/92/93
Nombres de truites pour 1000 m ²				
		26/08/92	30/08/94	29/08/94
0+	55-125	<u>285</u>	310	<u>227</u>
1+	126-210	<u>165</u>	216	<u>104</u>
2+ non maillé	211-265	38	31	36
truites de maille	>270	17	9	23

Tableau XVIII : comparaison des densités de truitelles 0+ et 1+ observées sur l'Ain à Bourg de Sirod aleviné (pêche de 92) puis non aleviné (pêche de 94) avec les valeurs obtenues sur un proche secteur toujours soumis à alevinage (l'Ain à Boise).

En revanche, CHAMPIGNEULLE (1993) n'a pas mis en évidence d'effet dépressif sur le recrutement naturel dans une expérimentation de repeuplements alternés pratiqués plusieurs années avec des pré-estivaux sur un affluent du Léman à des densités de 40-60 préestivaux/100m². Toutefois, ce système consiste en un cours d'eau de taille plus réduite, écologiquement très différents du Doubs Franco-Suisse, et fréquenté par des truites de lac aux tendances migratrices.

Ces observations conduisent à émettre **l'hypothèse d'une compétition** entre les truites issues des 2 provenances, en particulier lorsque les capacités d'accueil du milieu sont limitées, par exemple par des perturbations des débits. Les alevins repeuplés bénéficient de **l'effet massif et répétitif des repeuplements**, d'une **taille supérieure** au moment du relâcher (cas de la zone amont en particulier), et de l'avantage théorique d'une **antériorité de résidence** dans le cas de lâchers avant le stade d'émergence des alevins sauvage (EGGLISHAW et SHACKLEY 1973).

Dans l'hypothèse d'un pic de fraie à la mi-décembre (RIEGLER 1985) et en prenant en compte les quelques données thermiques disponibles (DIREN Fr.-Comté 1994) la période d'émergence maximale aurait lieu dans le Doubs en avril. Une grande part des alevins vésiculés sont également déversés en avril mais certains relâchers sont pratiqués dès le mois de mars et peuvent donc bénéficier de l'antériorité de résidence.

Dans le cas des zones centrale et aval, les truitelles sont déversées **à des stades très précoces** : alevins vésiculés en 1994 et 1996, "juste démarrés" en 1995. En toute rigueur, il faudrait mesurer simultanément la taille des alevins nés dans la rivière et celle des poissons déversés pour savoir si ces derniers bénéficient ou non d'un avantage en taille lié à une phase d'élevage en pisciculture. D'ailleurs, les densités d'alevinage en alevins vésiculés, comprises entre 30 et 80/100m², sont faibles à moyennes comparativement aux valeurs citées dans la littérature pour la capacité d'accueil en zone courante (CSP 1999).

Néanmoins, les tailles automnales mesurées pour le 0+ en début d'automne montrent une **croissance initiale plus lente des truites réellement sauvages**, c. à d. nées dans la rivière. Ce phénomène a déjà été observé sur plusieurs rivières de la région Franche-Comté (Doubs à Mouthe, Ain supérieur et affluents, Bienne...). À l'issue de leur premier été de croissance, les individus nés dans ces rivières calcaires sont plus petits que ceux provenant d'alevinage. Cet écart observé à l'issue du premier été en faveur des truitelles introduites ne se vérifie généralement plus pour des stades de croissance ultérieurs (§32-3). Par conséquent il y a des risques pour que la compétition entre ces deux catégories d'alevins soit, lors de la première année, défavorable aux truitelles nées dans la rivière, tandis que la tendance semble s'inverser après le troisième été (tab. XI et XII).

Impact réel au stade truite de maille

De toute façon, le suivi du taux de marquage montre que **l'impact des alevinages diminue** notoirement avec le vieillissement des cohortes (§3-3). D'autres études montrent que les truites issues de repeuplements sont souvent associées à des **taux de disparition* croissant avec le temps**, et en particulier après le premier été (Guyomard 1989, Beaudoux 1993). Ce dernier auteur cite **des taux de disparition** très importants atteignant **100% au bout d'une année** pour certains déversements d'alevins réalisés au printemps. Dans le cas du Doubs Franco-suisse, il se pose, pour les truites capturées à la ligne issues d'alevinage, représentant environ le quart des captures à la ligne, la même question que pour les truitelles : l'arrêt des alevinages entraînerait-il la diminution de cette même proportion du nombre de truites en place et/ou des captures ?

Or, sur la station témoin du Câble, après 4 saisons sans alevinage et 28 mois de reprise du fonctionnement normal du Refrain, **la densité** de poissons de taille supérieure à 27 cm **mesurée en 1999, est légèrement supérieure à celle qui a été enregistrée en 1994**, en situation alevinée et pour un même degré d'artificialisation des débits (174/ha contre 158/ha). Parallèlement, les pêcheurs **à la ligne** fréquentant ce secteur ne signalent **pas de baisse significative du nombre de leur capture** depuis l'arrêt des déversements. Même si cette dernière assertion mériterait d'être vérifiée rigoureusement par l'amélioration de la précision des carnets de pêche (cf. § 43-3), il semble que **l'arrêt des alevinages ne se soit pas traduit par une baisse de densité des truites de maille**.

Ces différentes observations ne permettent pas de déterminer avec certitudes si les poissons provenant d'alevinage se sont substitués à des truites nées dans la rivière ou s'ils se sont rajoutés. En revanche, elles confirment que les perturbations subies par le recrutement des alevins ne constituent pas le seul facteur restreignant la production salmonicole.

Comme déjà évoqué lors de l'analyse de la structure des populations (§ 2), l'artificialisation des débits limite également les capacités d'accueil pour les juvéniles et pour les adultes.

Dans ce contexte, les **introductions de poissons pourraient bien agir** comme un **masque très pernicieux** de l'ampleur **des perturbations** subies par les peuplements piscicoles. En effet, les truitelles introduites font "nombre" et gonflent les effectifs durant la première année mais leur densité décroît ensuite plus vite que celle des poissons autochtone, sans réellement restaurer le stock capturable ni participer à la reproduction.

* Le taux de disparition, égal au complément à 100% du nombre de truitelles d'alevinage retrouvées sur un site divisé par le nombre d'alevins déversés initialement, prend en compte la mortalité et la dévalaison

Réflexion sur l'impact des repeuplements sur le patrimoine génétique

Dans le Doubs franco-suisse, on peut distinguer trois grands types de robe :

- Type 1 : 100 % de points noirs de petite taille, généralement mais pas obligatoirement zébrée au moment de la capture.
- Type 2 : présence à la fois de gros points noirs et de gros points rouges mais absence de zébrure ; robe typique des formes atlantiques.
- Type 3 : robe intermédiaire avec des points rouges et noirs non simultanément de grandes tailles (présence de petits points noirs et/ou rouges), parfois zébrées.

On retrouve donc bien dans le Doubs franco-suisse les 2 phénotypes (1 et 2) indiqués par LARGIADER et SCHOLL (1996) mais il y a une dominance des phénotypes 3. L'étude a montré que le taux de truites capturées ayant le phénotype 1 s'accroît avec l'âge et avec la taille des truites capturées. Les critères de différenciation des robes déterminés par le génotype ont surtout été repérés pour les jeunes stades et sont fondés sur le nombre et la forme des marques de *parrs* (MEZZERA *et al.*, 1997). Pour les stades ultérieurs, il n'y a pas encore eu, dans le cas du Doubs franco-suisse, d'étude des captures couplant analyse génétique et caractérisation des robes. LARGIADER et SCHOLL (1996) indiquent, dans le cas de la boucle suisse, que c'est parmi les individus zébrés et ayant une quasi-totalité de petits points noirs que l'on trouve les truites de forme méditerranéenne typique du Doubs.

Cependant, la situation apparaît différente dans le Doubs franco-suisse où les nombreux individus de type 3 correspondent probablement à des hybrides introduits par les repeuplements. Suivant une autre hypothèse, moins plausible, cette robe pourrait provenir de truites méditerranéennes autochtones sur d'autres portions du bassin du Doubs et présentant ce phénotype zébré à dominance de points rouges. En effet, jusqu'à une époque récente, les repeuplements étaient pratiqués en aveugle, sans mesure de leur efficacité, ni de prise en compte d'éventuels impacts négatifs sur l'intégrité génétique des populations sauvages. Les premières analyses génétiques (LARGADIER et SCHOLL 1996) suggèrent une forte régression de la truite autochtone sur la zone amont du Doubs franco-suisse comparativement à la boucle suisse

Plus récemment, les gestionnaires ont tenté de constituer des stocks de géniteurs DS pour réaliser des croisements [femelle-DS X mâle-DS], avec parfois recours à des mâles DS capturés en milieu naturel. Cependant, en l'absence d'analyse génétique systématique sur les reproducteurs utilisés, il est probable qu'il persiste parmi eux des truites hybrides. Une analyse génétique des alevins de la cohorte produite en 1997 à la pisciculture de Rosureux confirme cette hypothèse. Il serait judicieux d'effectuer la même vérification pour les piscicultures suisses, tout aussi susceptibles de produire des hybrides.

En revanche, l'analyse génétique des 0+ non marqués (coh. 96) de la zone centrale non alevinée (MEZZERA, LARGIADER, comm. person.) a montré que le potentiel résiduel de géniteurs de truite méditerranéenne sauvage autochtone du Doubs permettait sur cette zone, en conditions sub-naturelles, d'assurer **un fort recrutement en juvéniles sauvages méditerranéens à partir de la reproduction naturelle**. En effet, la quasi totalité des sujets échantillonnés étaient de souche méditerranéenne pure.

Parallèlement, les truites n'ayant pas le phénotype 1 Doubs typique sont plus rapidement exploités que ceux ne l'ayant pas. Or, d'après POTEAUX *et al.* (1998), les forces de sélection environnementales et génétiques interviennent comme facteurs limitant l'introgression entre formes atlantique introduite dans les populations autochtones de truites méditerranéennes. La présente étude montre que l'exploitation sportive pourrait également être un facteur limitant la proportion d'hybrides grâce à la vulnérabilité plus grande des truites alevinées vis-à-vis de la pêche à la ligne, à leur entrée plus précoce dans la pêcherie et à leur espérance de vie plus courte.

Ces différents résultats et observation suggèrent donc que les alevinages introduisent probablement beaucoup d'hybride dans le milieu malgré les efforts louables des gestionnaires pour contrôler les souches. Toutefois la croissance rapide, le taux de disparition plus élevé, la plus grande vulnérabilité et la moins grande longévité de truites issues des introductions limitent la proportion des hybrides parmi les poissons adultes.

Tableau XIX : synoptique des recommandations formulées et comparaison des gains escomptés par rapport aux contraintes

Thématique	Recommandations	Objectifs et gains espérés	Contraintes
Restauration du milieu	<ul style="list-style-type: none"> * augmentation des débits réservés et donc débits planchers ou Installation d'une turbine au fil de l'eau au niveau du barrage ou au niveau de la restitution et plan de dépollution du bassin versant karstiques épuration tertiaire mesures agro-environnementales 	<ul style="list-style-type: none"> Restaurer les capacités biogènes et en particulier piscicoles Diminuer le taux de nutriments (P) Juguler les proliférations algales 	<ul style="list-style-type: none"> Accords des usiniers pertes d'exploitation Accords des usiniers coûts d'installation Recherche des sources polluantes Adhésions des utilisateurs Financement des actions
Connaissance du milieu	<ul style="list-style-type: none"> * Analyse de mosaïques d'habitat et Recherche et suivi d'espèces indicatrices (MI) et Caractérisation des proliférations végétales 	<ul style="list-style-type: none"> Suivre et affiner les modulations de l'artificialisation du débit Suivre et affiner les actions de restauration du milieu Idem 	<ul style="list-style-type: none"> Financement Financement Financement
Suivi des population	<ul style="list-style-type: none"> * Suivi des population en place sur 4 stations 2 TCC et 2 aval restitution (tous les 3 ans) et Amélioration des carnets de pêches et Étude des mécanismes de fraie+ bilan génétique 	<ul style="list-style-type: none"> Valoriser les actions de restauration + base pour la gestion Préciser la pression de pêche Idem + améliorer la gestion patrimoniale 	<ul style="list-style-type: none"> Financement Adhésion des pêcheurs
Gestion halieutique	<ul style="list-style-type: none"> * Engager une réflexion sur la simplification réglementation (quotas de capture annuelles?) et Arrêt progressif des alevinages en particulier si amélioration tangibles des débits 	<ul style="list-style-type: none"> Augmenter l'attrait du potentiel halieutique Améliorer la gestion patrimoniale des populations piscicoles 	<ul style="list-style-type: none"> Adhésion des pêcheurs harmonisation réglementaire Adhésion des pêcheurs

4-3 Orientations et recommandations (tab. XIX)

Les analyses réalisées pendant six ans par plusieurs équipes internationales travaillant de façon coordonnée ont permis d'établir une diagnose fiable de l'état du peuplement piscicole, puis de circonscrire les facteurs limitant la production salmonicole. Ces éléments fournissent des bases solides permettant de proposer des orientations rationnelles et rigoureuses pour la restauration, la gestion et la valorisation du domaine piscicole considéré. Dans cette optique, des recommandations complémentaires peuvent être formulées suivant un ordre de priorité décroissant :

- 1 La restauration du milieu et en particulier **l'amélioration de la gestion des débits** mais aussi l'amélioration de la qualité de l'eau
- 2 La gestion finalisées des populations de poissons pêchables.
- 3 Le complément de connaissances du milieu et des peuplements, ainsi que la mise en place d'un système de suivi pour contrôler, affiner ou corriger les dispositions adoptées dans les deux domaines cités ci-dessus.

L'amélioration de la qualité du milieu est primordiale : elle conditionne l'efficacité de toute les autres actions entreprises, en particulier en ce qui concerne la gestion halieutique des populations piscicoles.

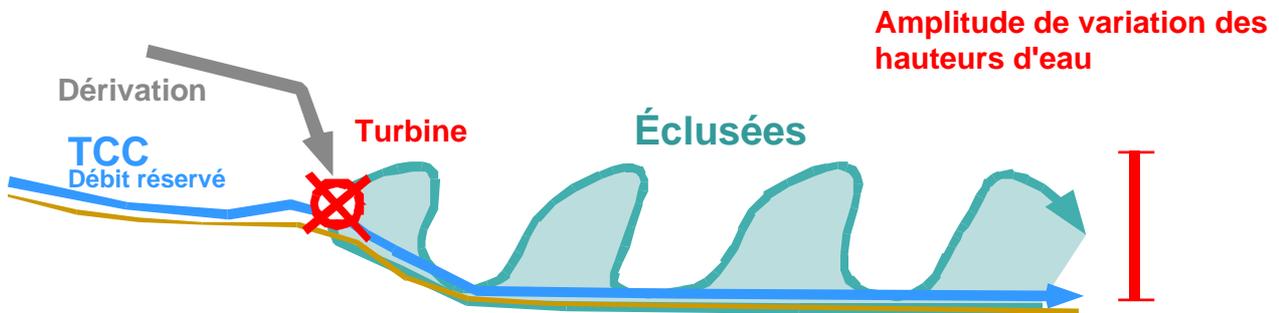
43-1 Proposition pour la restauration du milieu

Amélioration écologique de la gestion des débits

Pour réhabiliter les potentiels biologiques exceptionnels du Doubs franco-suisse, des négociations sont en cours avec les usiniers. La Société des Forces Électromotrices du Châtelot a proposé de moduler l'action des turbines dans le but d'atténuer la vitesse de la baisse du niveau d'eau en fin d'éclusée. EDF a pour sa part accepté d'augmenter le débit réservé du Refrain, mais seulement durant certaines périodes.

Malheureusement, ces améliorations s'avèrent *nettement insuffisantes* pour restaurer les capacités biogènes du Doubs : la seule action vraiment efficace consisterait à relever, au moins au niveau de l'étiage et en permanence les débits-planchers dans les tronçons court-circuités (TCC) et à l'aval des restitutions.

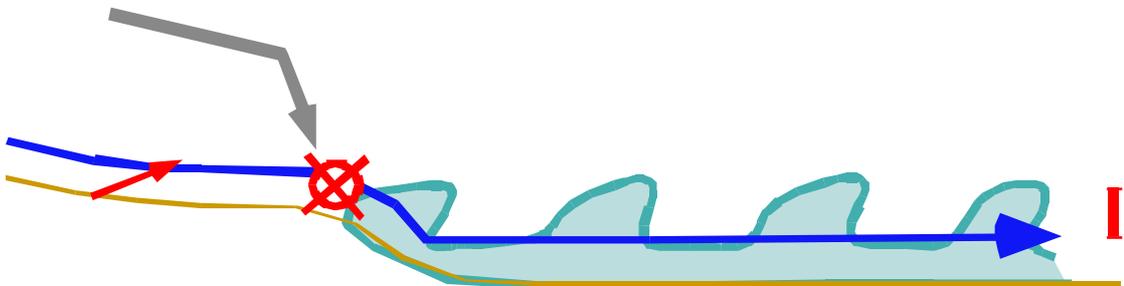
Figure 22 : importance du débit de "base" pour la qualité des écoulements dans le TCC et l'aval de la restitution d'une usine hydroélectrique ; proposition d'un compromis pour augmenter ce débit "plancher"



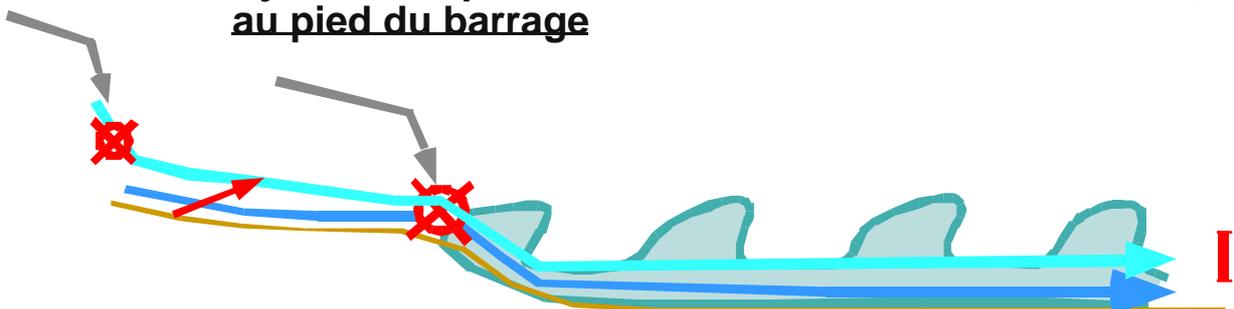
Les débits réservés et plancher déterminent les surfaces de production constamment en eau.

L'amplitude des variations de hauteurs d'eau délimite l'importance des zones exondées ainsi que l'intensité des variations locales de vitesses de courant.

Augmentation du débit réservé



Ajout d'une petite turbine en continu au fil de l'eau, au pied du barrage



En effet, cette mesure servirait d'abord à améliorer les conditions de vie du poisson des **tronçons court-circuités** proprement dits. Mais cette action permettrait aussi **d'amortir l'effet des ondes d'éclusées** en assurant un niveau d'eau minimal à l'aval des restitutions pendant la phase de retenue de l'eau. Cet aspect devra être pris en compte lors de la **détermination rationnelle du débit réservé biologiquement acceptable**.

Les date de renouvellement étant lointaine, deux solutions peuvent être proposées à titre contractuel aux producteurs d'électricité, qui semblent faire preuve de bonne volonté, pour tenter d'améliorer tout de suite la situation :

1. La solution la plus simple et la plus efficace consisterait à **augmenter très nettement les débits réservés**, ce qui permettrait de relever simultanément le débit plancher sur les secteurs sous influence des éclusées. Dans l'optique de se rapprocher d'un fonctionnement naturel, il paraît judicieux de délivrer au moins le débit d'étiage sévère défini par le débit dépassé 95% du temps (Q_{347}) et qui vaut :

- "3,1" m³/s pour la Rasse (estimation Diren Fr.-Comté) ; rappel débit moyen : "25,8" m³/s
- 3,4 m³/s pour la Combe Sarrazin (SHGN helvétique) ; rappel : débit moyen 26,4 m³/s
- 4,3 m³/s pour la Goule (DIREN de bassin RMC) ; rappel débit moyen : 29,5 m³/s

Comme la station de la Rasse n'a été implantée qu'en 1992, les valeur indiquées pour ce site sont intrapolé depuis les valeurs obtenues à la Combe des Sarrasins afin de s'appuyer sur un recul statistique suffisant (plus de 30 ans). En outre les valeurs journalières de très basses eaux mesurées à la Rasse ne correspondent pas à des débits naturels puisque la phase de stockage d'eau peut durer plus de 24 heure pour cette installation. Les deux stations sont très proches et les différence de surfaces de bassin versant minimales : l'estimation peut donc être considérée comme fiable. La définition des débits d'étiage peut d'ailleurs être vérifiée à la hausse si l'on considère les plus petits débits observés sur 10 ou 15 jours consécutifs.

2. Si l'augmentation sensible des débits réservés s'avère trop coûteuse pour les hydroélectriciens, un moyen terme peut être proposé : il consiste à installer **une petite turbine au fil de l'eau** afin de restituer en permanence un débit supplémentaire qui soutiendra le débit plancher. Idéalement, cette turbine sera placée au niveau du barrage afin que l'appoint de débit soutienne aussi bien le débit réservé, en permanence que le débit plancher lors de la phase de stockage des éclusées (fig. 22).

En plus du rehaussement des débits "de base", il serait intéressant à déterminer quantitativement la modulation optimale des rythmes saisonniers et journaliers des éclusées en relation avec leur impact sur l'habitat aquatique en tenant compte des cycles biologiques d'espèces de poissons et de macro-invertébrés indicatrices. Le but serait

aussi de maintenir un niveau de production électrique similaire ou diminué de façon minimale en modifiant la répartition temporelle des turbinages de façon à tenir compte des cycles biologiques (SRAE Fr.-Comté 1986, DIREN Fr.-Comté 1994).

Dans cette optique, une première série d'observation a été réalisée à l'instigation de l'OPFN à l'aval du Châtelot. Ces mesures ont indiqué que sur le plan des rythmes journaliers il paraissait intéressant d'envisager l'étagement de l'arrêt des turbinages en 4 étapes d'une heure, de façon à diminuer la vitesse d'assèchement sans créer de pallier temporel (Eaux Continentales 1999). Cette approche a été réalisée empiriquement. En toute rigueur, elle nécessiterait la mise en place d'une caractérisation rationnelle de l'hétérogénéité et de l'attractivité des mosaïques d'habitat (*cf.* compléments d'étude proposés ci-dessous). En outre, il conviendrait de prendre en compte aussi bien le fonctionnement des retenues et en particulier des marnages que celui des tronçons aval d'eau courante.

Amélioration ponctuelle de la qualité de l'habitat

Il paraît préférable de privilégier la réduction des perturbations dues aux ouvrages hydroélectriques avant de songer à les compenser. Cependant, l'efficacité de certaines actions ponctuelles d'amélioration de l'habitat aquatique engagée par les associations de pêcheur a été démontrée. En particulier, l'intérêt piscicole des groupes de blocs en quinconce ajoutés sur le parcours mouche de Goumois a été déjà souligné (§ 2).

En revanche la pertinence de la construction d'une **série de petits barrages** envisagée sur le cours du Doubs afin d'amortir les ondes d'éclusées est *a priori* **plus discutable**. En effet, l'exemple de seuils existants (en particulier le barrage du Theusseret) montre que l'effet d'atténuation escompté peut s'avérer très faible. En outre la transformation d'un système d'eau courante en une série de plan d'eau risque de se traduire par une déstructuration des caractéristiques écologiques originelles du Doubs.

Amélioration ponctuelle de la qualité de l'habitat

Parallèlement, l'inventaire de **la totalité des flux polluants** reçus par le Doubs, puis l'amélioration de leur taux d'épuration permettrait d'optimiser l'effet bénéfique de la renaturation des débits. La première étape de cette démarche consiste à réactualiser et à compléter les bilans de rejets du bassin versant hydrogéologiques du Doubs (*cf.* § 43-3). D'ores et déjà, les dispositifs d'épuration ou/et de traitement tertiaire des 3 grandes source de rejets domestiques collectés par le Doubs à l'amont ou sur le parcours franco-suisse constitué par Pontarlier, Morteau et la Chaux de Fonds sont en cours de perfectionnement ou d'implantation.

43-2 Conseils de gestion halieutique finalisée

Principes de gestion

Les résultats obtenus au cours de cette étude donne suffisamment d'éléments pour conduire une gestion rationnelle et efficace. Pour pouvoir mieux orienter et hiérarchiser les actions et pratiques de gestions et les recherches à mener, il est désormais nécessaire que l'ensemble des partenaires de la gestion piscicole du Doubs franco-suisse définissent plus précisément l'ordre de priorités de leurs objectifs parmi ceux qu'ils affichent :

- augmentation quantitatives des ressources halieutiques disponibles pour les pêcheurs (nombre de sortie sans "bredouille" et nombre de "touches" par sortie) ;
- augmentation du nombre de capture "trophée", de l'attribution moyenne des captures ;
- conservation et réhabilitation de la truite autochtone du Doubs ;
- solutions mixtes.....

Au plan international, la tendance croissante actuelle de la gestion est, chaque fois que possible, à favoriser la réhabilitation des milieux et de ressources piscicoles naturellement renouvelables, passant donc par la reproduction naturelle. Cette orientation de gestion durable est encore renforcée dans les cas où il existe une population autochtone résiduelle. La présente étude indique qu'un objectif de maintien d'une pêcherie reposant sur la production naturelle est encore possible dans cette partie du Doubs, à condition que les déficits de production salmonicole observés soient comblés soit par l'amélioration de la modulation des régimes hydrologiques, et par l'ajustements de l'effort de pêche.

L'option d'une réhabilitation de la truite autochtone de cette partie du Doubs est plus ambitieuse et contraignante que la simple option de gestion de la production naturelle quels que soient les géotypes naturellement produits. Il est en effet probable qu'une partie du recrutement naturel n'est plus constituée par la truite autochtone du Doubs et que ce pourcentage peut varier selon la zone interbarrage considérée. L'inconnue est de savoir si l'arrêt du repeuplement en truite atlantique ou demi-sang, l'amélioration du milieu, et les modulations de la pression de pêche en faveur des truites autochtones seront suffisants pour faire évoluer, sur chacune des trois zones, la population vers la dominance de la forme autochtone. Des principes d'action peuvent néanmoins être proposés pour engager un processus de restauration des populations de truites sauvages réellement autochtones.

Réduction et cantonnement des alevinages

Les résultats de l'expérience de marquage des truitelles déversées montre que l'efficacité quantitative des alevinages est limitée tandis que leur impact qualitatif, sur le plan génétique, est sujet à caution. Toutefois, il apparaît que le repeuplement est relativement

plus efficace lorsque le degré d'artificialisation est élevé. Il semble donc pertinent d'envisager de concentrer les introductions sur les secteurs les plus perturbés et de les supprimer sur les secteurs subnaturels, où la reproduction naturelle pourrait suffire à produire le nombre de truitelles correspondant aux ressources trophiques et spatiales disponibles jusqu'au stade adulte, tout en garantissant le caractère autochtone et sauvage des poissons obtenus. À terme et si les actions de restauration des débits sont engagées, il conviendra de supprimer toute introduction.

Tant que les repeuplements sont tout de même pratiqués, ils ne doivent introduire que des individus génétiquement certifiés issus de la zone du Doubs franco-suisse. L'impact de ce mode de repeuplement avec de la truite certifiée pure du Doubs par analyse génétique devrait être évalué. Il semble souhaitable de prioritairement utiliser comme géniteurs des individus sauvages excédentaires capturés sur le Doubs franco-suisse puis stabulés et génotypés avant la fraie plutôt que des géniteurs produits en pisciculture. Néanmoins cette démarche implique que **le rendement du passage par l'écloserie soit significativement supérieur à celui obtenu en laissant les géniteurs frayer naturellement**, ce qui n'est pas démontré.

La question reste posée de savoir si les stratégies simultanées d'amélioration des conditions hydrauliques et d'arrêt du repeuplement éventuellement complétée par une limitation temporaire de la pression de pêche sur les truites autochtones suffiront à elles seules à réhabiliter une population méditerranéenne autochtone dominante. Seul un suivi génétique permettra de répondre à cette question (cf. § 43-3)

Limitation de la pression de pêche

Quantitativement, la **limitation de la pression de pêche** actuellement en vigueur semble **suffisante** : en effet le stock de **géniteurs résiduels en fin de saison de pêche** est encore associé à un **potentiel de reproduction suffisant** (tab. XVII). Cette tendance reste bien sûr à vérifier et à confirmer en fonction du taux de réussite de la reproduction naturelle qui pourra mieux être approché à la fin de cette étude.

Puisque la limitation du nombre de prises apparaît actuellement satisfaisante, on peut proposer de **simplifier les règlements régissant la capture** des salmonidés. Compte tenu de la dimension du milieu et de la complexité réglementaire du contexte considéré, la direction de travail proposée consisterait à **supprimer les multiples contraintes pesant sur le mode de pêche**. Il paraît judicieux de réfléchir à la mise en place d'un **nombre de capture annuel** en fonction de l'importance et de l'évolution des stocks. Ce système pourrait être appliqué à l'aide d'une quantité limitée de **bagues**, fixée d'une année à l'autre et que les pêcheurs pourraient se procurer **par tranche**. Il n'est pas exclusif de l'utilisation des carnets de déclaration obligatoire, source précieuse d'information.

Parallèlement, la présente étude suggère que les "demi-sang" sont pour l'instant exploités par la pêche à la ligne à un stade précoce de leur cycle de vie. Un accroissement de la taille légale dans le cas de ce génotype n'est donc pas à préconiser car elle pourrait avoir pour effet de retarder leur exploitation et donc d'accroître leur possibilité de contribution au recrutement naturel. Il paraît plus pertinent **d'inciter les pêcheurs à exercer une pression de pêche différentielle** fondée sur la protection des truites de phénotype "Doubs" par un relâcher volontaire quasi-systématique combiné à un report du prélèvement sur les truites n'ayant pas ce phénotype.

Dans cet esprit, il conviendrait d'abord de vérifier, à l'aide d'une approche génétique, la pertinence et le pouvoir discriminant des caractéristiques de robe et de morphologie pressentis. Cette pratique de prélèvement sélectif pourrait alors être proposée aux pêcheurs à l'aide d'une plaquette plastifiée petit format leur permettant de reconnaître les caractères phénotypiques discriminant certifiés, et leur expliquant l'intérêt de l'opération.

Quelques propositions d'orientations de gestion zone par zone.

Depuis 1996, la **zone centrale** a été placée en zone sanctuaire (0 repeuplement). On a pu y observer à la fois un fort recrutement naturel et une bonne pureté de souche des alevins (MEZZERA, LARGIADER, comm. person.). Surtout aucune baisse de capture à la ligne ne semble à déplorer. Il est donc recommandé de poursuivre cette stratégie de gestion tout en suivant l'évolution de la population dans ce nouveau contexte de gestion sans repeuplement, notamment en comparant les évolutions de densités, de composition génétique et de rendement de pêche sur la zone centrale comparativement à la zone aval.

S'il y a une augmentation du débit de base et des modulations des régimes d'écluse, on peut prévoir une amélioration de la capacité de production naturelle sur la **zone amont**. Il devient alors envisageable de tenter d'y relancer une population naturellement renouvelée de truites autochtones du Doubs. L'effet de la restauration des débits pourrait être efficacement renforcé par une diminution des captures (passage de 6 à 4 captures maximales journalières), couplé avec une incitation au relâcher sélectif de truite de phénotype Doubs typique. S'il s'avérait que la population autochtone résiduelle était trop faible pour se reconstituer de façon naturelle, alors la stratégie de repeuplements temporaires de réhabilitation pourrait être développée, à condition de contrôler systématiquement la pureté génétique des poissons introduits.

Les choix de gestion de la **zone aval** devraient idéalement être ajustés avec ceux pratiqués sur l'amont de la boucle suisse (en amont du dernier obstacle amont infranchissable sur la boucle suisse). La stratégie de non-repeuplement et de limitation temporaire de la pêche sur les truites de phénotype "Doubs" (si validation génétique) peuvent être déjà préconisées si l'objectif de gestion adoptée est la réhabilitation d'une population autochtone naturellement renouvelée.

Sur la **partie basse de la zone aval**, il est proposé de réorienter la gestion du ruisseau de Fuesse, jusqu'à présent géré en pépinière vers un fonctionnement naturel avec une population de truite autochtone. En effet, dans ce contexte de système à fort potentiel lourdement altéré par l'artificialisation des débits, **le ruisseau de Fuesse est un cours d'eau subnaturel à production élevée**. Il constitue en fait une exceptionnelle frayère fonctionnelle pour le Doubs.

L'importance fondamentale des affluents des rivières à truites pour le cycle de vie de cette espèce, migratrice entre les 2 types de systèmes, est ici accentuée par les problèmes rencontrés par le système fluvial principal. En fait le bief de Fuesse pourrait constituer à la fois une **référence** fonctionnelle et une **réserve** génétique de truites **autochtones et sauvages***. En cas de pollution majeure touchant le cours principal (hypothèse que l'on ne peut malheureusement jamais exclure), il pourrait en particulier constituer un refuge conservatoire précieux pour la zone aval. Par conséquent il serait souhaitable que la **gestion actuelle de type "pépinière" soit désormais proscrite** sur ce ruisseau.

Remarque :

Ce changement de gestion peut passer pour **dommageable pour l'APPMA** qui dispose de la "récolte" et la répartit sur l'amont de son parcours. Remarquons tout de même que la production de truitelles observées sur ce bief pourrait, par **dévalaison naturelle**, soutenir la densité de la population du Doubs en amont immédiat de la confluence, dépendant encore de l'APPMA du Doubs franco-suisse. En effet, ce secteur mesure un peu plus de 600 m de long pour 40 m de largeur moyenne. Il peut donc abriter près de 5000 truitelles de 1 été. Or ce nombre correspond à peu près à la production du bief affluent : il ne s'agirait donc pas réellement d'une perte. Surtout, ce petit "sacrifice", plutôt psychologique, acquerrait alors un **caractère exemplaire de respect et de défense du milieu et des espèces**.

L'efficacité de ces mesures de gestion pourra être renforcée en intégrant progressivement les suivis d'opérations de gestions expérimentales et les nouvelles connaissances acquises sur la biologie, la dynamique et la génétique des populations de truite du Doubs franco-suisse et suisse. Parallèlement la politique de concertation, d'harmonisation et de collaboration entre tous les gestionnaires du Doubs Franco-Suisse mais aussi avec ceux des compartiments amont et aval, déjà effective, devra être encouragée.

43-3 Compléments d'étude et dispositif de suivi du milieu

Analyse de l'altération de la qualité physique et suivi de sa restauration

Pour mieux guider la redéfinition de la modulation des débits ainsi que pour suivre et pour quantifier l'effet bénéfique de l'augmentation des débits de base, il conviendrait de réaliser une **analyse précise** des impacts occasionnés par les altérations de l'écoulement

* Sauvage : ayant vécu tout son cycle de vie et se reproduisant dans la rivière.

(retenues, débits réservés et éclusées) sur **l'habitat aquatique**. Pour cela, nous proposons d'appliquer les méthodologies mises au point par le CSP-DR5 (1993-1995) et finalisée par TELEOS (1999-2000). Ces approches sont axées sur la **mesure de l'hétérogénéité et de l'attractivité** des structures spatiales auxquelles sont sensibles le poisson. Elles tiennent compte **de l'ensemble des espèces** et surtout des différentes **échelles spatiales emboîtées** qui déterminent la répartition quantitative de l'ichtyofaune.

Lors de l'application de cette démarche, il conviendrait de prendre également en compte les exigences ainsi que les successions des étapes du cycle de vie des macro-invertébrés (SRAE 1986 et DIREN Fr.-Comté 1994). En effet, les variations d'abondance provoquées sur cet étage de l'édifice biologique induisent des répercussions trophiques sur la densité des consommateurs apicaux que sont les poissons.

De façon synthétique, l'effet sur les poissons de ces améliorations de l'écoulement pourrait être apprécié objectivement en réalisant des inventaires par pêche électrique tous les trois ans sur quatre stations recouvrant les deux débits réservés et les deux zones de restitution des deux installations amont, c. à d. le Pissou et les Planchettes pour le Châtelot ainsi que les Échelles de la Mort et le Câble pour le Refrain. Ces données permettront de caler avec précision les données obtenues à l'aide des carnets de pêches dont on pourra parallèlement améliorer la précision (cf. ci-dessous).

Bilan des rejets polluants sur le bassin karstique et surveillance de la qualité de l'eau

Pour enrayer les altérations pernicieuses de la qualité de l'eau, il convient de réaliser un inventaire exhaustif des rejets polluants sur le bassin versant hydrogéologique du Doubs franco-suisse, à l'instar de l'étude réalisée en 1991 par le CSP en collaboration avec la DIREN Fr.-Comté sur la vallée du Dessoubre. Cette approche permettrait de hiérarchiser l'importance des flux polluants et donc aussi de l'urgence des différentes actions de dépollution. Parallèlement, un suivi plus précis et plus resserré de la qualité de l'eau devrait être mis en place sur le Doubs franco-suisse afin de vérifier l'efficacité des actions entreprises et de pouvoir éventuellement les moduler et les préciser.

En plus des analyses chimiques classiques, ce dispositif d'étude devrait comporter une évaluation des proliférations algales et une analyse spécifique ou au moins générique des biocénoses benthiques. Ces données complèteraient utilement le suivi ichtyologique de la restauration des conditions d'écoulement en permettant de distinguer les altérations de la qualité de l'eau et celles de la qualité de l'habitat. Enfin, des analyses "multirésidus" permettraient de confirmer l'absence de toxiques indiquée par les analyses de routine.

La gestion intégrée du Doubs Franco-Suisse nécessiterait une meilleure connaissance du **fonctionnement** biologique et mésologiques **des retenues hydroélectriques** qui jalonne la rivière : lacs de Moron-Châtelot, du Refrain et de la Goule et totalise un quart du linéaire considéré. Une étude ichtyologique du lac du Moron a récemment été réalisée par le CSP tandis que des analyse physico-chimiques conjointes sommaires étaient réalisés par la DIREN Fr.-Comté. Il serait pertinent de compléter cette analyse par l'étude des proliférations végétales qui s'exprime dans ces retenues (*cf.* mission DIREN Fr.-Comté du 27/07/94) et des macro-invertébrés qui constituent un autre étage clé de l'édifice biologique, puis d'étendre cette approche aux 2 autres retenues.

43-4 Compléments d'étude et dispositif de suivi des populations

Amélioration des connaissance sur la génétique

Une étude génétique des échantillons de truites du Doubs franco-suisse permettrait de vérifier le taux d'introgression des gènes atlantiques dans les populations de truites du Doubs, la rémanence de la souche typique du Doubs ainsi que la proportion d'hybrides. Parallèlement, elle permettrait de savoir si les truites de phénotype 1 sont toujours constitué d'une forte proportion de truite autochtone et si des relations fortes entre des caractéristiques externes simples et les différents génotypes peuvent être dégagées. Dans l'affirmative il serait alors possible d'intégrer ces données (phénotype, taille, âge) pour établir les principes et les règles de gestion halieutique en proposant, par exemple, des relâchers sélectifs, en fonction de la robe, de la taille, de la zone ...

Cette analyse sera à faire zone par zone et en intégrant les pratiques sur les zones adjacentes. Les comparaisons respectives de l'évolution de la composition génétique sur la zone centrale (non repeuplée depuis 1996) et de celles des zones amont et aval qui ont continué à être repeuplées dans la période 1996-99 peut apporter une première aux questions posées pour la zone centrale. Il serait donc essentiel de suivre la composition génétique de la population en place (comparaison avec 0+ et 1+ en 1996) et pêchée (comparaison avec 1997-98).

Améliorations des connaissances sur la biologie et l'écologie de la truite du Doubs

Afin de mieux évaluer le fonctionnement de la **fraie naturelle** une cartographie des frayères (classées en 3-4 catégories de taille et de profondeur d'eau) devrait dans un premier temps être effectuée sur le cours principal en descendant les zones courantes avec quelques canoës-kayaks. Parallèlement, une cartographie des frayères du ruisseau de Fuesse pourrai être réalisée à pied en longeant le ruisseau. Dans un deuxième temps,

il serait utile d'évaluer à partir de ces cartes le pourcentage de frayères détruites par exondation (assèchement, gel) ou par les crues.

L'ouverture de frayères exondées ou non permettrait : 1) de savoir si la mortalité des œufs et/ou alevins en résorption constitue un facteur limitant majeur pour le recrutement 2) de révéler l'éventuelle existence de phénomènes de surcreusement suggérant l'existence d'un surplus de géniteurs sur les sites de fraie disponibles 3) de déterminer le pourcentage de frayères supposées contenant effectivement des œufs et d'évaluer le nombre moyen d'œufs par catégorie de taille de frayère. 4) d'avoir une idée de l'ordre de grandeur du nombre d'œufs déposés sur les zones d'étude et donc de connaître ce que l'exploitation par la pêche à la ligne laisse pour le renouvellement du stock.

L'étude des **mortalités aux stades précoces** (œufs, alevins vésiculés et émergents) pourrait être affinée en comparant les frayères du ruisseau et du cours principal. Une approche plus fine pourrait aussi être pratiquée, par exemple en utilisant le système proposé par RUBIN (1995) mais en injectant les boîtes expérimentales dans le substrat préalablement remanié pour simuler au mieux les conditions du milieu frayère. Ce type d'analyse permettrait, outre l'exondation, d'évaluer l'impact d'autres facteurs de mortalités précoces (colmatage, eutrophisation, régime thermique).

Le suivi de la fraie, de l'incubation, de la résorption puis de l'émergence, ainsi que la mise en place d'enregistreurs de température permettraient de préciser quand et où se distribuent dans le temps et l'espace les phases d'incubation, de résorption, d'émergence et de début de nourrissage. Il serait alors possible de mieux évaluer les conditions de milieu (hydraulique : fluctuations de débit et niveau d'eau, colmatage, conditions de nourrissage) dans les phases précoces critiques. L'ensemble des études proposées dans le cas du Doubs franco-suisse permettraient d'identifier et de hiérarchiser les divers facteurs limitants du recrutement précoce et donc de proposer les ajustements des régimes hydrauliques et de la gestion piscicole les plus pertinents pour optimiser le recrutement naturel en juvéniles.

Amélioration des informations sur la pression de pêche à la ligne

Si un des objectif est de mieux connaître et d'optimiser la gestion de la pêche, les données actuelles disponibles par le carnet de pêche sont intéressantes mais restent encore perfectibles. Les points complémentaires suivants devraient être notés : la zone de pêche, le mode de pêche, la **durée de la sortie**, l'espèce recherchée, les "bredouilles" (sorties avec 0 capture), le nombre de captures inférieures à la taille légale. Pour les captures supérieures à la taille légale, il conviendrait d'indiquer les truites conservées et les truites relâchées et pour chacune d'entre elles, sa taille, si elle est zébrée et si elle a 100% de points noirs ou si des points rouges sont présents.

Les données de durée de la sortie et de mode de pêche permettront de fournir des indices d'abondance plus fiable par évaluation des captures par unité d'effort (CPUE). Les données de CPUE en fin de saison, analysées en fonction de la taille pourraient fournir un indice d'abondance du stock de géniteurs qui serait comparé avec celui des frayères. Le recrutement dans la pêche à venir pourrait être apprécié par les CPUE de truite capturées ne faisant pas la taille légale. La donnée de taille facile à mesurer permettrait également l'évaluation de la biomasse de truites capturées. L'évaluation de l'ordre de grandeur des captures effectuées par ceux qui ne rendent pas leur carnet permettrait de disposer d'une évaluation plus précise des captures totales. Il serait alors possible de mieux évaluer ce que cela représente par rapport à la biomasse en place.

L'étude de la population automnale en place après la saison de pêche en 1994 a révélé l'existence des plus fortes densités de truites dépassant la taille légale sur une des zones les plus pêchées du Doubs franco-suisse. Ceci suggère l'utilité d'étudier aussi les relations entre les techniques de pêche et les populations en place mais montre aussi que la pression de pêche est sans doute un facteur secondaire dans la détermination des biomasses en place mais montre surtout la prédominance de l'état de santé sur la réglementation pour déterminer l'importance de la production piscicole naturelle.

Conclusions

Grâce à la remarquable coopération de plusieurs équipes suisses et françaises, cette étude d'envergure a permis de dresser un bilan de l'état de l'ichtyofaune du Doubs franco-suisse. Une série d'inventaires répartis entre le barrage du Châtelot et la borne frontière de Fuesse a montré que l'ensemble des peuplements du Doubs franco-suisse présente des signes préoccupants de déséquilibre.

Les perturbations subies par les communautés piscicoles sont proportionnelles au degré d'altérations des écoulements, qui paraît agir de façon synergique avec une détérioration pernicieuse de la qualité de l'eau. Leur nature et leur intensité varient aussi avec la morphologie des différents secteurs. Cette approche fait apparaître **un déficit net de la biomasse salmonicole** par rapport à des situations référentielles de même type écologique.

L'analyse plus détaillée de la structure des échantillons de truites indique que le **cycle de vie** de cette espèce est **perturbé à différents stades**. Là encore, la forme et l'intensité des nuisances changent selon le type de gestion hydraulique considéré et la configuration de l'habitat aquatique rencontré. L'examen des densités obtenues pour les différents éco-stades a également permis de mieux interpréter les résultats de l'expérience de marquage des truitelles alevinées.

Grâce à ce procédé, **l'impact des alevinages** a pu être estimé à un niveau variant selon les années de **30 à 40 %**, au stade truitelle d'un été ce qui signifie que près des deux cinquièmes des individus "0+" proviennent d'alevinages. Cette **proportion** peut être considérée comme **notable**. Cependant, la **densité absolue** des truitelles et des juvéniles est **fortement déficitaire**. En outre le taux de marquage diminue avec le vieillissement. On peut estimer que les alevinages fournissent le quart du stock capturé à la ligne et très peu de géniteurs pour la rivière.

Il n'a pas été possible de savoir si les truites alevinées s'ajoutaient ou se substituaient aux truites nées dans la rivière. Toutefois un faisceau convergent d'observations montre que les alevinages massifs et répétés ne constituent pas une **réponse suffisante** pour restaurer des densités optimales. En revanche il comporte un risque de pollution génétique en introduisant de nombreux hybrides.

Or ces déversements ont constitué la réponse des gestionnaires aux altérations qu'ils ont perçues sur la production piscicole et qui peuvent être reliées en grande partie à l'artificialisation des débits. En effet, le fonctionnement des usines hydroélectriques qui jalonnent le Doubs Franco-Suisse provoque des mortalités directes d'alevins et œufs, des bouleversements des frayères ainsi qu'une détérioration et une limitation des caches des truites juvéniles et adultes. Parallèlement, l'augmentation pernicieuse des nutriments, et en particulier du phosphore, provoque des développements d'algues favorisés par les altérations de l'écoulement. Ce phénomène amplifie les mortalités d'alevins en raison de la désoxygénation dans les zones de bordures rendues déjà peu hospitalières par les effets des variations de niveaux.

Dans ce contexte, les résultats et observations obtenus au cours de cette étude ont montré que l'action de restauration des peuplements piscicoles **la plus efficace** consisterait à chercher à **limiter les nuisances des barrages hydroélectriques** suivant des directions de travail qui ont pu être esquissées dans le présent rapport.

Cette étude, fondée sur des analyses **quantitatives**, a fourni des estimations fiables des **déficits**, tout en élucidant les mécanismes de perturbations des capacités biogènes et en déterminant les facteurs limitant le développement harmonieux des espèces pisciaires sensibles. Comme le poisson est un indicateur synthétique fiable et robuste du fonctionnement d'ensemble des écosystèmes aquatiques, ces données ont été utilisées, dans un premier temps, pour informer l'ensemble des utilisateurs du milieu de l'état de santé du Doubs franco-suisse. Dans un deuxième temps, des bases de réflexion pour une **gestion écologique rationnelle** du milieu et des peuplements ont pu être proposées.

Les enjeux écologiques et patrimoniaux sont importants. En effet, les atouts originels du Doubs franco-suisse, associés à ses grandes dimensions, lui permettent d'être encore associé à des biomasses et à une exploitation salmonicole élevées par rapport à des cours d'eau encore plus fortement anthropisés ou/et naturellement moins productifs. Toutefois, le "manque à gagner" biologique de la rivière par rapport à son potentiel propre est, dans l'absolu, très important. En revanche sa restauration, conditionnée par une amélioration de la gestion des débits, ne requiert pas d'efforts insurmontables. Cette réhabilitation permettrait, à une époque où les systèmes d'eau courante de l'Europe Occidentale sont très fortement artificialisés, de reconstituer de façon spectaculaire, une rivière à truite et à ombre référentielle de grande taille.

Bibliographie

- ALCOBENDAS M., LECOMTE F., CASTANET J., MEUNIER F. J., MAIRE P., HOLL M., 1991. Technique de marquage en masse des civelles (*Anguilla anguilla*) par baignade rapide dans le fluorochrome. Application au marquage à la tétracycline de 500kg de civelles. Bull. Fr. Pêche Piscic., 321, 43-54.
- BACHMAN R. A., 1984. Foraging behavior of free-ranging wild and hatchery brown trout in stream. Trans. Amer. Fish. Soc., 113, 1-32.
- BARAN P., DELACOSTE M., LAGARRIGUE T., LASCAUX J.-M., 1997. Interférences entre mécanismes biologiques et modèles d'habitat. Réponses de populations de truite commune (*Salmo trutta* L.) aux modifications d'habitat physique. Communication 1er colloque de l'IFR 43. Facteurs de l'Environnement et biologie des poissons.
- BARAN P., DELACOSTE M., DAUBA F., LASCAUX J.-M., BELAUD A., 1995. Effect of reduced flow on brown trout (*Salmo trutta* L.) populations downstream dams in french Pyrenées. Regul. Riv. Res. Manag., 10, 347-361.
- BEAUDOUX D. 1993. Impact des déversements de truites domestiques dans les populations naturelles de truites communes (*Salmo trutta fario*). Thèse de l'université de Montpellier II, 308 p.
- BEYER W. H., 1985. Handbook of tables for probability and statistics, 2d edition. CRE Press Inc., Boca Raton, Floride, USA, 642p.
- BOUVIER J. C., 1989. Essai sur le régime hydrologique du Doubs. Actes de la Société jurassienne d'émulation. Office des eaux et de la protection de la nature du Canton du Jura, St-Ursanne, Suisse, 19p.
- BOUVIER J. C., 1997. Hydroécologie. La boucle helvético-française du Doubs. Société d' Histoire Naturelle du Pays de Montbéliard. 167-186.
- BOVEE K.D., 1978. Probability-of-use criteria for the family salmonidae. Reprt U.S. Fish and Wildlife Service, fin de saison W/OBS-78/07, Fort Collins, Colorado, USA, 80p.
- BRADFORD M. J., TAYLOR G. C., ALLAN J. A., HIGGINS P. S., 1995. An experimental study of the stranding of juvenile Coho salmon and rainbow trout during winter conditions. North Amer. J. Fish. Managmt, 15, 473-479.
- BREMET G., BERG O. K., 1997. Density, size at age, and distribution of young Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*salmo trutta*) in deep river pools. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 54, 2827-2836.
- CAPRA H., 1995. Amélioration des modèles prédictifs d'habitat de la truite fario: échelles d'échantillonnage et intégration des chroniques hydrologiques. Thèse de doctorat. Université Claude Bernard-Lyon I. 1 vol., 268 pp
- 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, 65 p.
- CHAMPIGNEULLE A., 1978. Caractéristiques de l'habitat piscicole et de la population de juvéniles sauvages de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) sur le cours principal du Scorff (Morbihan). Thèse 3 ème cycle Biol. Anim. Fac. Sci. Univ. Rennes, 92p.
- CHAMPIGNEULLE A., 1993. Programme pilote et recherches appliquées au pacage lacustre de salmonidés (Avril 1993). I. Travaux sur la truite en système lac-affluents. Rapport Institut Limnologie Thonon, 68, 66p.
- CHAMPIGNEULLE A., DEGIORGI F., 2000. Les populations de truite (*Salmo trutta* L.) du Doubs franco-helvétique. II. Exploitation comparée des composantes issues du repeuplement et du recrutement naturel, discussion des orientations de gestion piscicole. Bull. Fr. Pêche Piscic., publication en cours.
- CHAMPIGNEULLE A., HENRY S., 1997. Premières données sur le repeuplement en préestivaux et estivaux de truite (*Salmo trutta* L.) dans le Giffre (74). Rapport Institut de Limnologie Thonon, 132, 12p.
- CHAMPIGNEULLE A., MELHAOUI M., GERDEAUX D., ROJAS BELTRAN R., GILLET C., GUILLARD J., 1990a - La truite commune (*Salmo trutta*) dans le Redon, un petit affluent du lac Léman. I. Caractéristiques de la population en place (1983-87) et premières données sur l'impact des relâchers d'alevins nourris. Bull. Fr. Pêche Pisc., 319, 181-196.
- CHAMPIGNEULLE A., MELHAOUI M., GERDEAUX D., ROJAS BELTRAN R., GILLET C., GUILLARD J., MOILLE J. P. 1990b- La truite commune (*Salmo trutta*) dans le Redon, un petit affluent du lac

- Léman. II Caractéristiques des géniteurs de truite de lac (1983-88) et premières données sur l'impact des relâchers d'alevins nourris. Bull. Fr. Pêche Pisc., 319, 197-212.
- CHAMPIGNEULLE A., MELHAOUI M., MAISSE G., BAGLINIERE J.L., GILLET C., GERDEAUX D., 1988. Premières observations sur la population de truite (*Salmo trutta*) dans le Redon, un petit affluent frayère du lac Léman. Bull. Fr. Pêche Piscic., 310, 59-76.
- CHAMPIGNEULLE A., ROJAS BELTRAN, 2000. Le marquage des poissons. In Gerdeaux Ed. INRA Paris.
- CRESSWELL R. C., 1981. Post-stocking movements and recapture of hatchery-reared trout released into flowing waters-a review. J. Fish. Biol., 18, 429-442.
- CRISP D. t., CARLING P.A., 1989. Observations on siting, dimensions and structure of salmonids redds. J. Fish Biol., 34, 119-134.
- CSP (DR de Lyon) ,1994 - Altération de la qualité physique du Doubs apical et de ses affluents. Approche expérimentale. *Etude réalisée pour l'agence de l'eau RMC*. 45 p.+ annexes.
- CSP (DR de Lyon) ,1995a - Réseau National de Bassin ; mise en place du suivi piscicole. *Rapport DR5-08-95 Etude réalisée pour l'agence de l'eau RMC* 36p.+ annexes.
- CSP (DR de Lyon) ,1995b- Etude des potentiels piscicoles de la Basse-Savoireuse. *Rapport DR5-05-95* , réalisé pour le syndicat mixte de la Basse Savoieuse, 15 p.
- CSP (DR de Lyon) ,1995c - - Impact des aménagements de cours d'eau sur les peuplements piscicoles de l'Ognon. *Rapport DR5-02-95* , réalisé pour le syndicat mixte de la haute vallée de l'Ognon 42 p.
- CSP (DR de Lyon) ,1995c - Etude des peuplements piscicoles du Drugeon. *Rapport DR5-01-95* réalisé pour le syndicat mixte de Frasnès, 32 p.
- CSP, 1995. Etat de santé des populations salmonicoles et impacts des repeuplements sur le Doubs franco-helvétique. Rapport préliminaire: bilans des peuplements et résultats des marquages en 1994. Rapport CSP n) 5-09-95, 1 vol., 34 pp.
- CSP, 1997. Etat de santé des populations salmonicoles et impacts des repeuplements sur le Doubs franco-helvétique. rapport intermédiaire: résultats des inventaires réalisé en 1995 et 1996, 97(8), 8 p.
- CSP, 1999 a. Gestion Piscicole. Interventions sur les populations de poissons. Repeuplement des cours d'eau salmonicoles. Collection mise au point. 1 Vol., 256 p.
- CUINAT R., 1971. Ecologie et repeuplement des cours d'eau à truites. Bull. Fr. Pisciculture, 240-242-243.
- CUNJAK R. A., 1988. Physiological consequences of overwintering in streams : the cost of acclimatization ? Can. J. Fish. Aquat. Sci., 45, 443-452.
- CUNJAK R.A., POWER G., 1986. Winter habitat utilization by stream resident brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and brown trout (*Salmo trutta*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 43, 1970-1981.
- CUSHMAN R. M., 1985. Review of ecological effects of rapidly varying flows downstream from hydroelectric facilities. North Amer. J. Fish. Management, 5, 330-339.
- DEGIORGI F. ,GRANDMOTTET JP. 1993 - Relation entre la topographie aquatique et l'organisation spatiale de l'ichtyofaune lacustre : Définition des modalités spatiales d'une stratégie de prélèvement reproductible. *Bull. Fr. Piscic.*, 329 : 199-220.
- DELACOSTE M., BARAN P., LASCAUX J. M., SEGURA G., BELAUD A., 1995. Capacité de la méthode des microhabitats à prédire l'habitat de reproduction de la truite commune. Bull. Fr ; Pêche Piscic., 337-338-339, 345-353.
- DEMARS J.J. 1998. Repercussion of small hydroelectric power stations on populations of brown trout (*Salmo trutta* L.) in rivers in the French Massif Central. 52-61.
- DIREN Franche-Comté, 1994. Le Doubs franco-helvétique. Aménagements hydro-électriques. Situations hydro-dynamiques et thermiques. Eléments de sédimentologie et de biologie. Région de Franche Comté et communauté de travail du Jura éd., 90 p + annexes.
- DWYER W. P., 1990. Catchability of three strains of cutthroat trout. North Amer. J. of Fish. Mangmt, 10, 458-461.
- EGGLISHAW H. J., SHACKLEY P. E., 1973. An experiment of faster growth of salmon (*Salmo salar*) in a Scottish stream. J. Fish Biol., 5, 197-204.
- ELLIOTT J. M., 1989. The natural regulation of numbers and growth in contrasting populations of brown trout (*Salmo trutta*) in two Lake District streams. *Freshwater Biology*, 21, 7-19.
- ELLIOTT J.M., 1994. Quantitative ecology and the brown trout. Oxford University press. 1 vol., 286 pp.
- FERNO A., JARVI T., 1998. Domestication genetically alters the anti-predator behaviour of anadromous brown trout (*Salmo trutta*)- a dummy predator experiment. *Nordic J. Freshw. Res.*, 74, 95-100.
- GERDEAUX D. 1987 - Revue des méthodes d'estimation de l'effectif d'une population par pêches successives avec retrait. Programme d'estimation d'effectif par la méthode de Carle et Strub. *Bull. Fr. Piscic.*, 304 :13-21

- GERDEAUX D., CHAMPIGNEULLE A., LAURENT P.J., GUILLARD J., 1990. Bilan des marquages de truites (LT > 8 cm.) relâchés dans le lac d'Annecy et le Léman de 1964 à 1977. Bull. Fr. Pêche Pisc., 319, 213-223.
- GRANDMOTTET JP., 1983. Principales exigences des téléostéens dulcicoles vis-à-vis de l'habitat aquatique. *Annls Univ. Fr. Comté Biol An 4 (4)* 3-32.
- 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.
- HAURY J., OMBREDANNE D., BAGLINIERE J.L., 1991. L'habitat de la truite commune (*Salmo trutta* L.) en cours d'eau. 47-96 In Baglinière et Maisse eds. La truite. biologie et écologie. INRA Paris 1 vl., 303 p.
- HEGGENES J., 1988. Effects of short-term flow fluctuations on displacement of, and habitat use by, brown trout in a small stream. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 117, 336-344.
- HENRY S., CHAMPIGNEULLE A., 1997. Suivi de l'effet du repeuplement en alevins de truite (*Salmo trutta*) dans le Fier (74) par fluoromarquage des otolithes. Rapport Inst. Limnol. Thonon, 131, 23p.
- HESTHAGEN T., HEGGE O., SKURDAL J., DERVO B. K., 1995. Differences in habitat utilization among native, native stocked, and non-native stocked brown trout (*Salmo trutta* L.) in a hydroelectric reservoir. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52, 2159-2167.
- HVIDSTEN N. A., 1985. Mortality of presmolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*salmo trutta*) caused by fluctuating water levels in the regulated River Nidelva, Central Norway. *J. Fish Biol.*, 27, 711-718.
- JONES A. N., 1975. A preliminary study of fish segregation in salmon spawning streams. *J. Fish Biol.*, 7, 95-104.
- JONSSON B., JONSSON N., 1993. Partial migration : niche shift versus sexual maturation in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* , 3, 348-365.
- LARGIADER C.R., SCHOLL A., 1996. Genetic introgression between native and introduced brown trout (*Salmo trutta* L.) populations in the Rhône River Basin. *Molecular Ecology*, 5, 417-426.
- LE CREN E. D., 1961. How many fish survive ? *Yearb. Riv. Bds Ass.*, 9, 57-64.
- LIEBIG H., CEREGHINO R., LIM P., BELAUD A., LEK S., 1999. Impact of hydropeaking on the abundance of juvenile brown trout in a Pyrenean stream. *Arch. Hydrobiol.*, 144, 439-454.
- MAISSE G., BAGLINIERE J. L., 1991. Biologie de la truite commune (*Salmo trutta*) dans les rivières françaises. *In* : BAGLINIERE J. L., MAISSE G. (eds), La truite : biologie et écologie, 25-45, INRA, Paris.
- MALAVOI J. R., 1989. Typologie des faciès d'écoulement ou unités morphodynamiques des cours d'eau à haute énergie. Bull. Fr. Pêche Piscic., 315, 189-210.
- MASSA F., 2000. Sédiments, physico-chimie du compartiment interstitiel et développement embryo-larvaire de la truite commune (*Salmo trutta*) : Etude en milieu naturel anthropisé et en conditions contrôlées. Thèse de l'université de Rennes, 187p.
- MESA M. G., 1991. Variation in feeding, aggression, and position choice between hatchery and wild cutthroat trout in an artificial stream. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 120, 723-727.
- MEUNIER 1972. Marquages simples et marquages multiples du tissu osseux de quelques Téléostéens par des substances fluorescentes. *C. R. Acad. Sci.* 275 : 1685-1688.
- MEYERS L. S., THUENGLER T. F., KORNELY G. W., 1992. Seasonal movements of brown trout in Northeast Wisconsin. *North Amer. J. Fish. Mngmt*, 12, 433-441.
- MEZZERA M., LARGIADER C., SCHOLL A., 1997. Discrimination of native and introduced brown trout (*Salmo trutta* L.) in the River Doubs (Rhône drainage) by number and shape of parr marks. *J. Fish Biol.*, 50, 672-677.
- MOREAU G., LEGENDRE L., 1979. Relation entre habitat et peuplement de poisson : essai de définition d'une méthode numérique pour les rivières nordiques. *Hydrobiologia*, 67, 81-87.
- MORILLAS N. 1994 - Contribution à la connaissance de l'écologie des espèces de poissons en rivière. *Mémoire de Diplôme Universitaire de l'université de Besançon*. 41 p.
- MOYLE P. B., 1969. Comparative behavior of young brook trout of domestic and wild origin. *Prog. Fish Culturist*, 31, 51-59.
- NIHOUARN A., 1983. Etude de la truite commune (*Salmo trutta* L.) dans le bassin du Scorff (Morbihan): démographie, reproduction, migrations; Thèse doctorat en écologie. Université Rennes I. 1 vol., 64 pp.

- NIHOARN A., PORCHER J.P., MAISSE G. 1990. Comparaison des performances de deux souches de truite commune *Salmo trutta fario* (domestique et hybride sauvage X domestique) introduite au stade alevin dans un ruisseau. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 319, 173-180.
- NUHFER A.J., ALEXANDER G. R., 1992. Hooking mortality of trophy-sized brook trout caught on artificial lures., 12, 634-644.
- OMBREDANE D., BAGLINIERE J. L., MARCHAND F., 1998. The effects of passive intergrated 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.
- OVIDIO M., 1999. Cycle annuel d'activité de la truite commune (*Salmo trutta* L.) adulte : étude par radiopistage dans un cours d'eau de l'Ardenne Belge. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 352, 1-18.
- PAULEY G. B., THOMAS G. L., 1993. Mortality of anadromous cutthroat trout caught with artificial lures and natural bait. *North Amer. J. Fish. Management*, 13, 337-345.
- POTEAUX C., BEAUDOU D., BERREBI P., 1998. Temporal variations of genetic introgression in stocked brown trout populations. *J. Fish Biol.*, 53, 701-713.
- POWER M., POWER G., 1996. Comparing minimum-size slot limits for brook trout management. *North Amer. J. Fish. Management*, 16, 49-62.
- RAGON Ch., JONARD L., CUIAT R., 1990. Note technique. Etude, par piègeage et marquage, des montées de truites sur une rivière du Massif Central (La Faye) et un affluent, en 1986 et 1987. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 319, 47-49.
- RIEGLER K., 1985. Evaluation de l'importance de la fraye naturelle de la truite de rivière (*Salmo trutta* L.) dans les principales rivières du Canton de Neuchâtel. Diplôme de licence de sciences naturelles. Institut de zoologie de l'Université de Neuchâtel. 1 vol., 105 p.
- ROJAS BELTRAN R., GILLET C., CHAMPIGNEULLE A., 1995. Immersion mass-marking of otoliths and bone tissues of embryos, yolk-sac fry and fingerlings of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). *Nordic J. Freshw. Res.*, 71, 411-418.
- ROJAS BELTRAN. *et al.* 1995-a. Mass marking of bone tissue of *Coregonus lavaretus*. *Hydrobiologia*, 300 : 399-407.
- ROUSSEL J.-M., BARDONNET A., 1999. Ontogeny of diel pattern of stream-margin habitat use by emerging brown trout (*Salmo trutta*) in experimental channels : influence of food and predator presence. *Environmental Biology of Fishes*, , 1-10.
- RUBIN J.F., 1995. Estimating the success of natural spawning of salmonids in streams. *J. of Fish Biol.*, 46, 603-622.
- RUHLE C., GRIEDER C. 1989. Nouvelle méthode de marquage vital d'oeufs de Salmonidés par incorporation osmotique de tétracycline à la fécondation. *Bull. Fr. Piscic.*, 315 : 181-188.
- SABATON C., LAUTERS F., VALENTIN S. et coll., 1995. Impact sur le milieu aquatique de la gestion par écluses des usines hydroélectriques. EDF-DER, 45 p.
- SAVARD L., MOREAU G. 1982. Etude des relations entre les communautés piscicoles et les différents habitats d'une rivière nordique; notion d'habitat optimal. *Can. J. of Zool.*, 60 , 3344-3352.
- SCHILL D.J., 1996. Hooking mortality of bait-caught rainbow trout in an Idaho Trout stream and a hatchery: implications for special regulation management. *North Amer. J. Fish. Management*, 16, 348-356.
- SCHISLER G.J., BERGERSEN E.P., 1996. Post-release mortality of rainbow trout caught on scented rtificial baits. *North Amer. J. Fish. Management*, 16, 570-578.
- SHERRER S. 1983. Technique de sondage en écologie in FRONTIER S., *Stratégie de l'échantillonnage en écologie*, 63-162, Masson éd., Paris.
- SKROCHOWSKA S., 1969. Migrations of the sea trout (*Salmo trutta*), brown trout, and their crosses. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 16, 125-192.
- SOSIAK A. J., 1982. Buoyancy comparisons between juvenile Atlantic salmon and brown trout of wild and hatchery origin. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 111, 307-311.
- SOUCHON Y., TROCHERIE F., FRAGNOUD E., LACOMBE C., 1989. Les modèles numériques des microhabitats des poissons: application et nouveaux développements. *Revue des Sciences de l'eau*, 2, 807-830.
- SPRENT P., 1992. Pratique des statistiques nonparamétriques. Traduction française de J. P. Ley. INRA éditions, Paris, 1 vol., 294p.
- SRAE Fr.-Comté, 1986. Aménagement hydro-électrique du Doubs franco-helvétique. Eléments de diagnose. 1 vol., 46p.

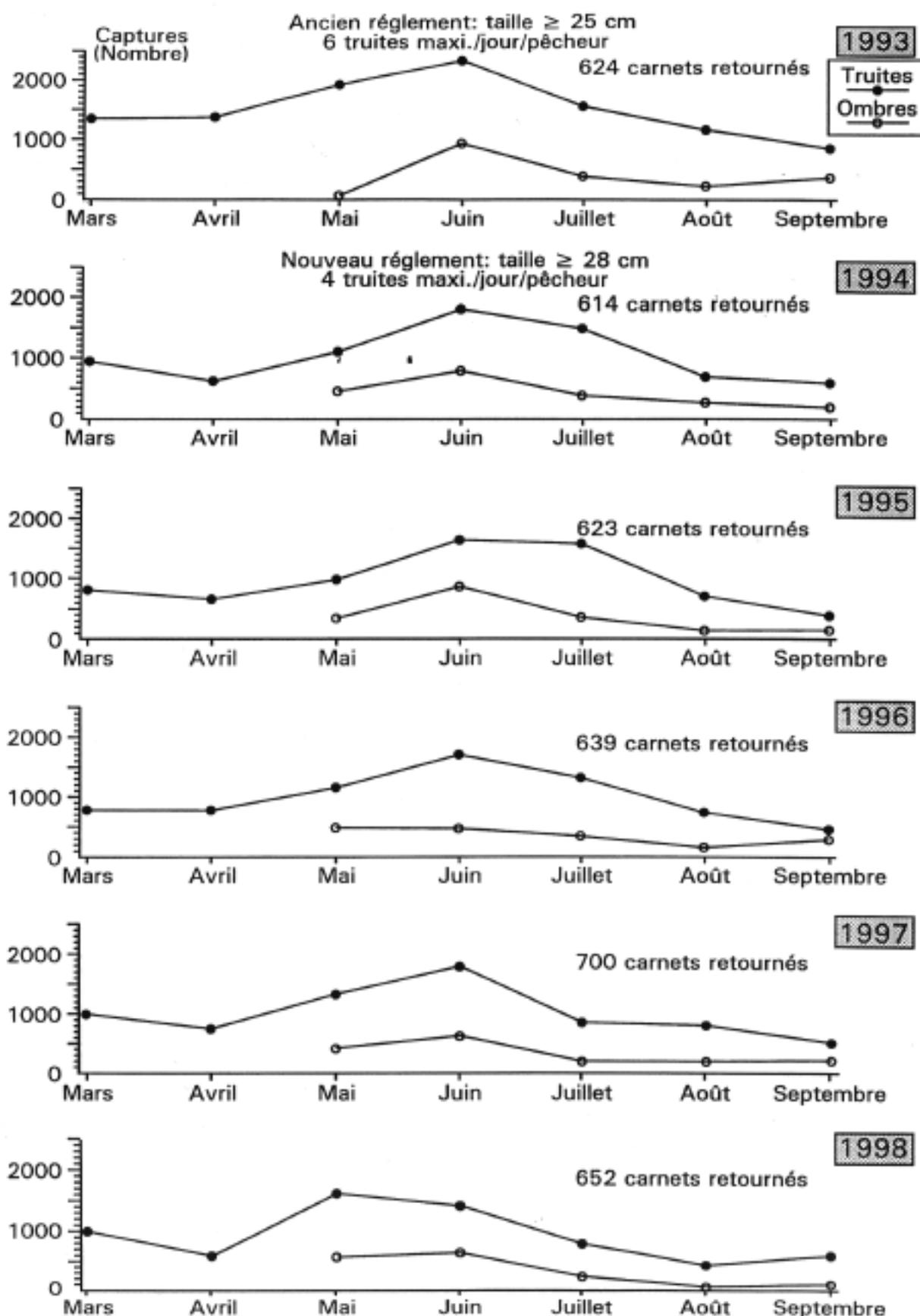
- TROJNAR J. R., BEHNKE R. J., 1974. Management implications of ecological segregation between two introduced populations of cutthroat trout in a small Colorado Lake. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 103, 423-430.
- VERNEAUX J., 1973. Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. *Thèse d'Etat*. Univ. Fr. Comté, Besancon, 257 p.
- VERNEAUX J., 1976. Fondements biologiques et écologiques de l'étude de la qualité des eaux continentales. Principales méthodes in PESSON P., la pollution des eaux continentales 229-285 *Gauthiers - Villards* éd., Paris.
- VERNEAUX J., 1977. Biotypologie de l'écosystème « eau courante ». Détermination approchée de l'appartenance typologique d'un peuplement ichthyologique. *C.R. Acad. des Sc.*, 284 77-79:
- VERNEAUX J., 1984. Méthodes biologiques et problèmes de la détermination des qualités des eaux courantes. *Bull. Ecol.*, 15 (1), 47-55.
- VERNEAUX J., 1981. Le poisson et la qualité des cours d'eau. *Annls Univ. Fr. Comté Biol An 4 (2)*, 33-41.
- VINCENT R. E., 1960. Some influences of domestication upon three stocks of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 89, 35-46.
- VINCENT R. E., 1960. Some influences of domestication upon three stocks of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 89, 35-46.
- WATERS T. F., 1992. Annual production, production/biomass ratio and the ecotrophic coefficient for management of trout in streams. *North Amer. J. Fish. Management*, 12, 34-39.
- WEBER D.D., Ridgway G.J. 1967. Marking Pacific salmon with tetracycline antibiotics. *J.Fish. Res. Board Can.*, 24 : 849-865.

ANNEXES

Annexe I : débits moyens mensuels et débits de pointe enregistrés de 1993 à 1999 sur 4 stations du Doubs

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Ann.
La Rasse													
min30a													
moy30a													25
pointe30a													
min m	0,9	0,8	0,7	1	0,9	1,2	1	0,8	1	1,3	1,1	1,2	
1993	8,2	6,2	5,7	24,1	4,3	12,8	11,1	5	27,9	48,5	4,2	42,7	16,8
max	32	26	27	97	29	33	32	28	102	115	30	126	126
min m	4,5	1	1,2	8,3	2,4	1	0,8	0,8	0,8	1	1,9	1	
1994	64,5	16,4	25,3	36,1	25,6	11,5	2,3	2,11	22	10,4	12,4	21,2	20,9
max	152	46	43	59	66	36	26	24	77	32	32	89	152
min m													
1995	60,9	67	45	28	27	22	5,7	8,4	29,8	7,3	14,6	25,6	28,2
max	210	121	125	61	70	71	31	40	65	33	49	145	210
min m													
1996	24,8	4,2	18,3	7,3	15,7	14,5	15,8	13,4	4,3	14,7	32,6	42,9	17,1
max	73	27	51	37	71	40	97	34	15	42	95	98	98
min m													
1997	15,1	24,3	13,1	5,4	22,5	10,7	26,9	6,8	5,3	9,5	17,5	41,5	16,6
max	39	63	57	42	41	61	61	17	19	31	63	109	109
min m													
1998	29	11,4	15,6	29,3	5,6	3,5	2,6	2,5	17,6	23,6	36,3	20,4	16,3
max	59	31	33	55	27	27	18	14	59	82	85	93	93
min m													
1999	18,7	43,2	47,4	45,6	33,4	10,7							
max	39,7	206	82	82	70	31							
Combe S.													
min30a													
moy30a	32,5	34,7	37,5	37,3	24,7	22,8	15,5	13,4	16,1	19,4	29	34,3	26,4
pointe30a	350	360	295	235	210	250	175	180	215	170	270	250	360
min m	4,7	4,5	4,5	5,5	4,7	5,4	5,1	5	4,1	7,9	4,3	4,2	
1993	13,2	10,2	9,9	32,3	8	18,1	16,8	10	40,4	60,6	7,6	51,5	23,3
max	53	46	25	140	33	54	43	60	145	145	25	160	160
min m	13,6	5,4	9,4	18,7	8,8	4,6	4,3	4,2	6,8	3,75	6	3,2	
1994	79,8	24,3	33	46	35	17,6	5,84	5,9	33,6	17,4	18,7	29,7	29
max	185	57	68	75	115	52	21	22	105	46	37	115	185
min m	17,6	42,9	13,4	8	8,8	5,4	4,8	4,9	13,6	4,9	5,1	4,8	
1995	78,8	83,2	55,5	33,1	32,2	27,5	9,2	12	35,9	9,8	20,4	32,3	35,5
max	260	165	155	78	82	90	29	48	81	32	72	190	260
min m	4,9	4,5	4,3	4,4	4,6	4,4	4,6	4,6	4,8	4,7	18,3	32,3	
1996	29,7	6,4	22,4	9,6	18,1	17,3	21	16,5	6,1	17,8	43,3	57,1	22,2
max	88	27	62	38	81	43	125	36	17,6	62	140	145	145
min m	3,6	3,9	4	3,8	8,6	3,9	24,2	5,7	5	4,9	3,9	11,4	
1997	18,3	31,2	17,5	7,7	27,3	15,4	35,5	10,8	9,32	12,7	22,3	56,9	22,1
max	52	89	73	56	56	92	95	25	35	38	91	170	170
min m	5,8	1,9	2	4	1,7	1,9	4,1	2,6	2,4	6,1	4,1	5,9	1,7
1998	39,8	16,7	22,1	37,4	9	6,4	5,21	5,6	25,9	33,5	50,1	29,1	23,4
max	83	42	45	73	34	26	9	12,2	84	120	120	165	165
La Goule													
min30a	2,7	2,6	3,8	3,9	3,8	2,6	2,3	2,2	2,8	2,3	2,4	2,5	2,2
moy30a	34,4	35,7	37,4	38,5	27,7	24,8	16,2	10,8	15	22,1	30,1	39,1	27,6
pointe30a	310	365	275	232	200	170	150	130	200	170	240	285	365
min m													
1993	16,3	12,2	11,2	37,6	9,3	20	17	9,84	42,9	68,1	8,9	58,4	26,1
max	53	45	27	160	30	52	41	41	160	170	23	190	
min m													
1994	91,7	28,5	38,9	55,8	42,9	20,8	6,9	6,2	36,3	20,1	21,6	34,6	33,7
max	210	65	68	89	125	53	23	17	115	53	57	145	
min m													
1995	93,4	97,5	65,6	39,1	38,7	33,2	10,6	13,8	42,2	11,6	23,4	38,7	42
max	310	195	180	88	96	110	33	54	93	39	86	225	
min m													
1996	35,2	7,9	26,7	11,7	21,5	20,5	23,2	17	6,3	18,5	46,1	60,9	24,8
max	105	29	72	46	94	51	150	37	20	60	150	165	
min m													
1997	19,7	32,3	18,3	0,52	30,4	16,5	37,2	10,7	9,3	13,1	23,1	59,8	23,3
max	62	98	76	61	61	99	94	25	31	35	90	180	
min m													
1998	8,7	3,7	4,4	4,8	3,6	3,3	3,2	2,1	3,5	6,4	5,2	4,1	
max	40,1	17,1	22,2	37,4	9,3	6,2	4,4	4,4	24,7	33,7	51,4	29,7	23,4
max	90	45	46	75	32	25	7	10	86	130	130	145	
Goumois													
pointe30a													
moy30a	35,3	39,6	39	42,4	30,3	25,9	18,4	12,1	15,9	23,8	32	39,9	29,5
min30a													
min m													
1993	15,8	11,3	10,9	34,1	8,7	18,5	16,816,1	9,4	40,9	65,4	8,7	54,1	24,7
max	53	40	25	131	29	47	35	36	148	155	22	160	160
min m													
1994	85,4	27,1	35,5	49,9	41,1	20	7,4	6,2	31,4	17,6	19,2	31,5	31,1
max	198	56,9	55,8	80	120	47,5	21	14	104	46,6	41	124	198
min m													
1995	85,5	85,6	59,2	35,4	35	30,9	10	13,2	38,3	10,9	22,3	35,1	38,1
max	296	164	158	79	90	4	28	48	87	34	87	205	296
min m													
1996	31	7,5	23,8	9,7	19,1	18,6	23,7	17,3	5,9	18,9	46	58,7	23,5
max	90	22	61	38	79	43	143	37	19	58	146	146	146
min m													
1997	19,4	30,6	16,7	8,2	29,8	16,4	38,2	10,3	9,2	13,5	22,8	59,9	22,9
max	55	80	66	60	59	98	91	24	32	36	87	167	167
min m													
1998	41,5	17,5	23,6	40,5	10	6,8	5	4,7	25,6	25,2	52,9	30,6	24,5
max	87,4	46,8	50,1	78,3	32,3	25,1	7	8,9	87,5	129	126	138	138
min m													
1999	25,4	64,5	69,9	63,3	49	17	32,9	7,8	9,7				
max	59	327	130	122	114	45	117	18	56				327

Annexe 2 : évolutions mensuelles des captures de truite et d'ombre déclarées sur les zones centrale et aval du Doubs franco-suisse par les pêcheurs retournant leur carnet



Annexe 3 : résultats des pêches électriques sur le Doubs franco-suisse entre 1993 et 1999

Sation	Date	Esp	DnumB nb/ 10a	DpdsB g/ha	DnumE nb/10a	DpdsE kg/ha	ClaNu cote sur 5	Clapd cote sur 5	Précis %
TTC Chatelôt (début)	5/09/95	CHA	149	14490	180	17,2	3	3	11
		TRF	279	139877	298	149,1	4	4	4
TTC Chatelôt (fin)	7/09/94	CHA	479	40927	501	42,8	4	5	2
		TRF	351	445851	354	448,9	4	5	1
		VAI	3	99	4	0,1	0,1	1	51
Planchettes	7/09/94	CHA	163	14389	264	24,0	3	4	32
		LOF	1	37	1	0,0	0,1	1	0
		TRF	104	137401	134	177,6	3	4	21
		VAI	76	4381	155	9,0	1	3	65
TCC Refrain (fin)	27/08/85	CHA	36	4080	75	7,1	2	2	82
		LOF	2	160	2	0,2	0,1	1	0
		OBR	2	1880	2	1,9	1	1	0
		TRF	98	93736	113	107,8	3	4	13
		VAI	11	520	11	0,5	0,1	1	0
Cote de Fromont (aval restitution R.)	27/08/85	CHA	22	2475	76	7,7	2	2	112
		GOU	0	50	0	0,1	0,1	1	0
		LOF	7	650	7	0,7	0,1	1	0
		OBR	4	9750	6	14,4	2	3	80
		TRF	19	17760	24	24,6	1	1	31
		VAI	42	2475	51	2,9	1	1	20
Câble	6/09/94	BLN	4	347	4	0,3	0,1	1	0
		BRO	1	1069	1	1,1	1	1	0
		CHA	29	3627	149	17,4	2	3	115
		CHE	1	10	1	0,0	0,1	1	0
		LOF	82	3924	235	11,3	2	3	62
		OBR	7	8496	28	33,2	2*	2*	118
		PER	0	29	0	0,0	0,1	1	0
		TRF	146	124431	284	210,9	4	5	27
		VAI	863	19441	2495	56,1	5	5	23
		VAN	2	588	4	0,9	1	1	93
		Câble	2/10/96	BLN	2	778	5	1,9	0,1
BRO	3			2165	5	2,9	3	2	52
CHA	58			3756	90	5,7	2	2	24
CHE	0			178	0	0,2	0,1	1	0
LOF	46			2508	57	3,1	1	1	13
OBR	19			32340	74	119,4	5	5	105
PER	0			117	0	0,1	0,1	1	0
TRF	305			175038	405	221,0	5	5	7
VAI	257			4206	88698	1453,3	5	5	141
VAN									
Câble	2/09/99	BLN	9,8		10,1	0,5	1	1	4
		BRO	0,3		0,3	0,4	0,1	0,1	
		CHA	57,1		85,3	7,7	2	2	130
		CHE	0,3		0,3	0,5	1	1	
		LOF	93,1		105,9	3,7	1	1	44
		OBR	13,3		14,4	13,7	3	3	10
		PER	1,2		1,2	0,2	0,1	0,1	
		TRF	66,4		75,9	113,5	2	2	38
		VAI	413,6		523,8	14,7	3	3	176
		VAN	1,9		2,7	1,6	0,1	0,1	12

DnumB : densité numérique des captures

DpdsB : densité pondérale des captures

DnumE : densité numérique estimée du stock

DpdsE : densité pondérale estimée du stock

ClaNu : d'abondance num.

Clapd : cote d'abondance pondérale

Précis : précision

Sation	Date	Esp	DnumB	DpdsB	DnumE	DpdsE	ClaNu	Clapd	Précis
			nb/ 10a	g/ha	nb/10a	kg/ha	cote sur 5	cote sur 5	%
La Goule	28/08/85	CHA	44	4003	1454	131,0	5	5	140
		LOF	11	959	24	2,1	1	1	90
		OBR	17	24144	28	42,4	4	5	61
		TRF	63	82028	102	132,6	3	4	34
		VAI	49	2812	55	3,2	1	2	10
Les Saignottes	28/08/85	BLN	4	527	19	2,2	1	1	128
		CHA	40	4558	67	7,3	1	2	41
		LOF	2	194	3	0,2	0,1	1	56
		TRF	87	81382	105	97,8	3	3	11
		VAI	26	2630	32	3,1	1	2	18
		VAN	0	85	0	0,1	0,1	1	0
Les Saignottes	8/09/94	BLN	5	1294	5	1,3	0,1	1	0
		BRO	1	506	1	0,5	1	1	0
		CHA	81	7577	114	10,8	2	3	23
		CHE	2	1388	2	1,4	0,1	1	0
		GAR	1	439	1	0,4	0,1	1	0
		LOF	19	788	20	0,8	1	1	7
		OBR	18	4175	20	4,7	3	1	15
		TRF	174	106688	192	119,4	3	4	5
		VAI	54	1969	56	2,0	1	1	4
		VAN	0	56	0	0,1	0,1	1	0
Les Seignottes	3/10/96	BRO	1	720	1	0,7	0	0	0
		CHA	115	10476	270	23,8	0	0	60
		LOF	9	623	10	0,7	0	0	17
		OBR	6	940	12	1,6	0	0	91
		TRF	216	139475	250	148,9	0	0	8
		VAI	37	916	69	1,1	0	0	62
Le Moulin du Plain	8/09/94	BLN	6	581	10	0,8	1	1	72
		CHA	41	3105	604	48,1	5	5	135
		LOF	41	1680	318	12,1	2	3	126
		OBR	1	1161	1	1,2	0,1	1	0
		TRF	61	148854	64	152,4	2	4	4
		VAI	258	9424	318	11,6	2	3	7

DnumB : densité numérique des captures

DpdsB : densité pondérale des captures

DnumE : densité numérique estimée du stock

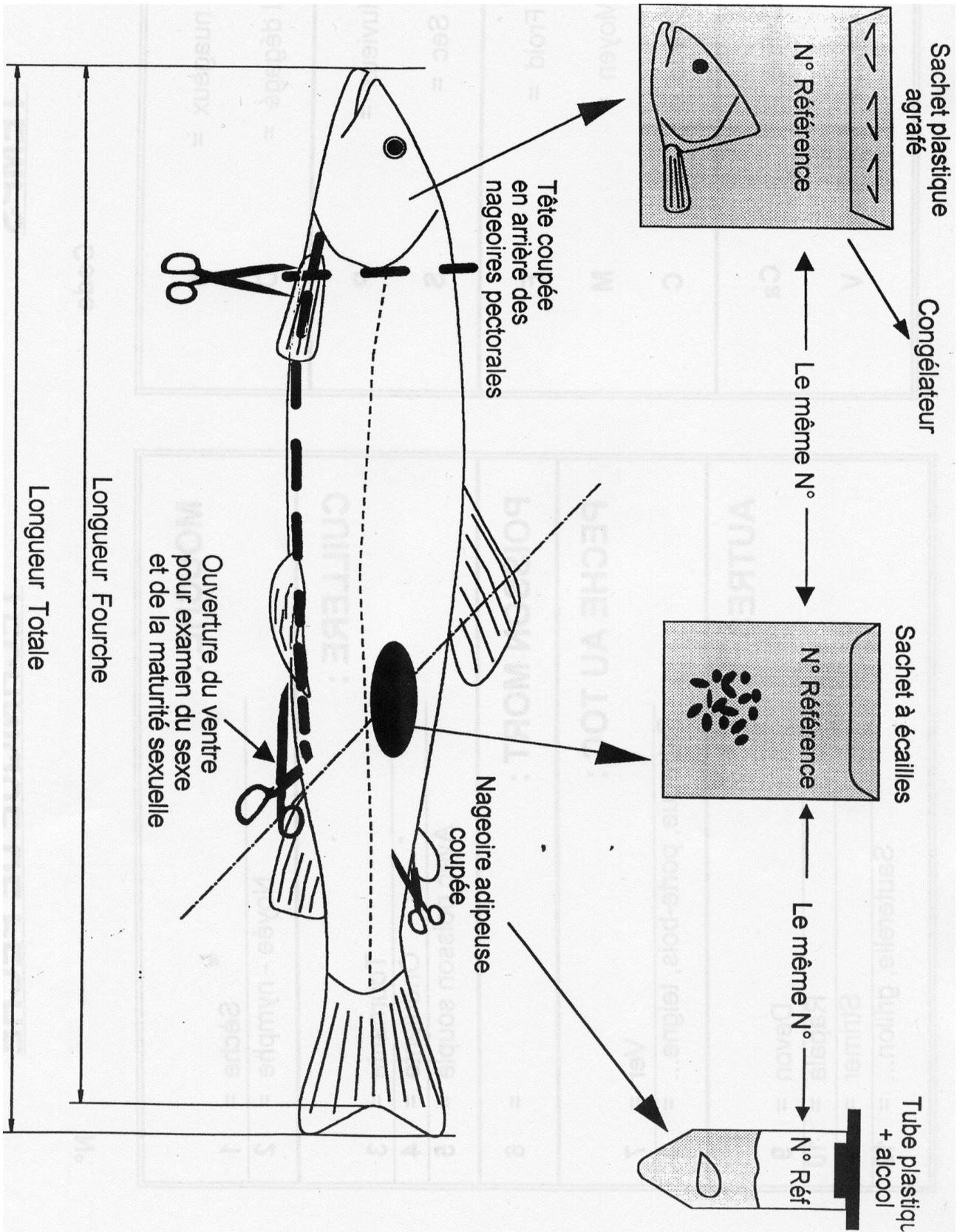
DpdsE : densité pondérale estimée du stock

ClaNu : d'abondance num.

Clapd : cote d'abondance pondérale

Précis : précision

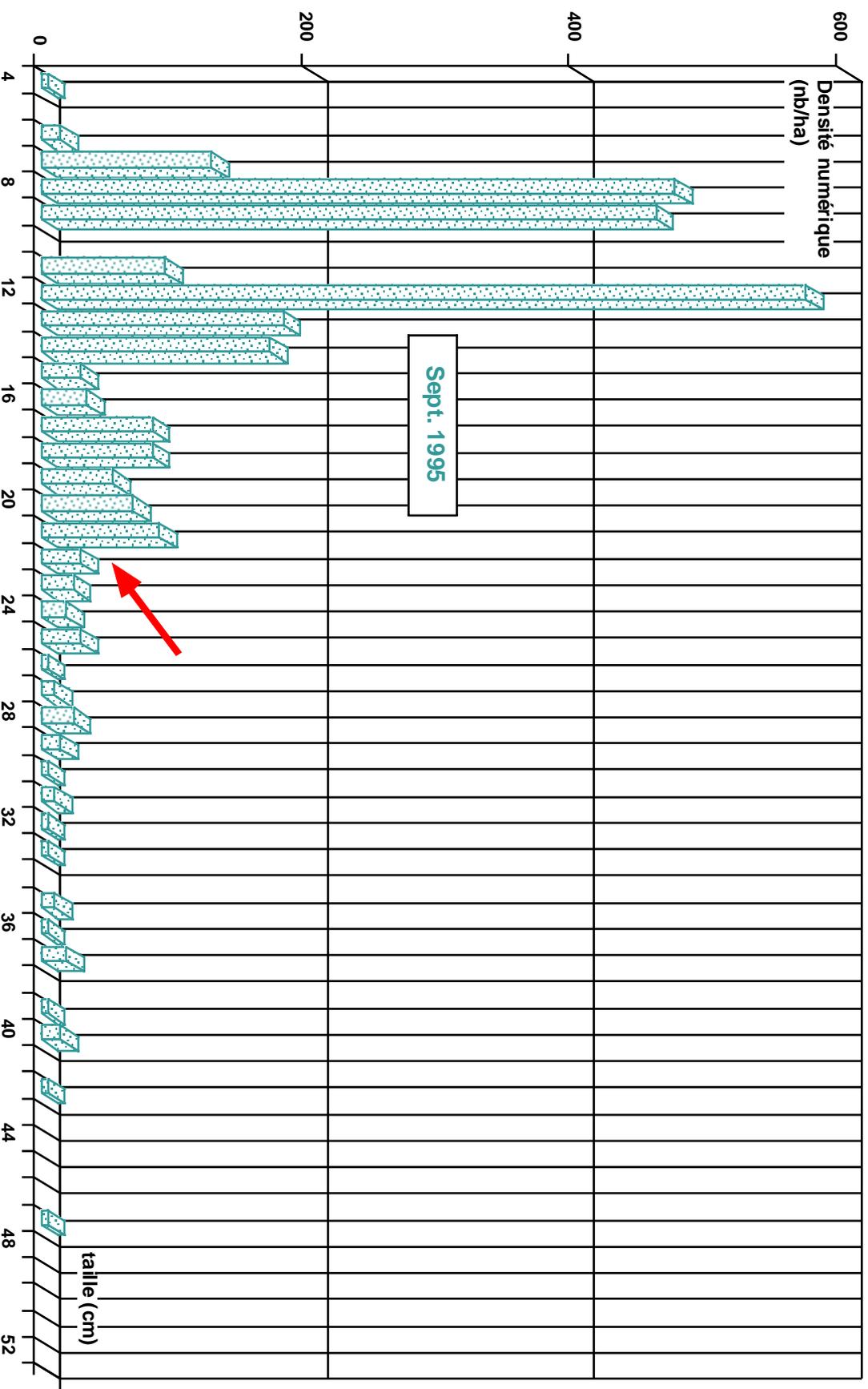
Annexe 4b : carnet de capture détaillé et indications demandées aux pêcheurs volontaires pour l'échantillonnage des truites capturées à la ligne.



Annexe 4c : carnet de capture détaillé et indications demandées aux pêcheurs volontaires pour l'échantillonnage des truites capturées à la ligne.

TEMPS		TECHNIQUE DE PECHE	
	Code		
Ciel nuageux =	N	MOUCHE :	Séch
Ciel dégagé =	D		Noyée - nymph
Pluvieux =	P	CUILLERE :	Tournant
Sec =	S		Ondulant
			Avec poisson souple =
Froid =	F	POISSON MORT :	=
Moyen =	M	PECHE AU TOC :	Ver =
Chaud =	C		Patraque, porte-bois, teigne... =
Calme =	Ca	AUTRES :	Devon =
Vent =	V		Rapala =
			Strimer =
			Sauterelle, grillon... =

Annexe 5 : structure taille/densité de l'échantillon de truite capturé en septembre 95 aux Forges du Pissou (début TCC Châtelot). Cet exemple montre le déséquilibre type observé sur les TCC du Doubs Franco-Helvétique : une forte densité de juvéniles de l'année s'accompagne d'une faible densité d'immaturation de 2 à 3 étés et surtout d'adulte. Le double mode de la taille des truitelles de l'année évoque la coexistence des individus nés dans la rivière et de ceux provenant des alevianges.

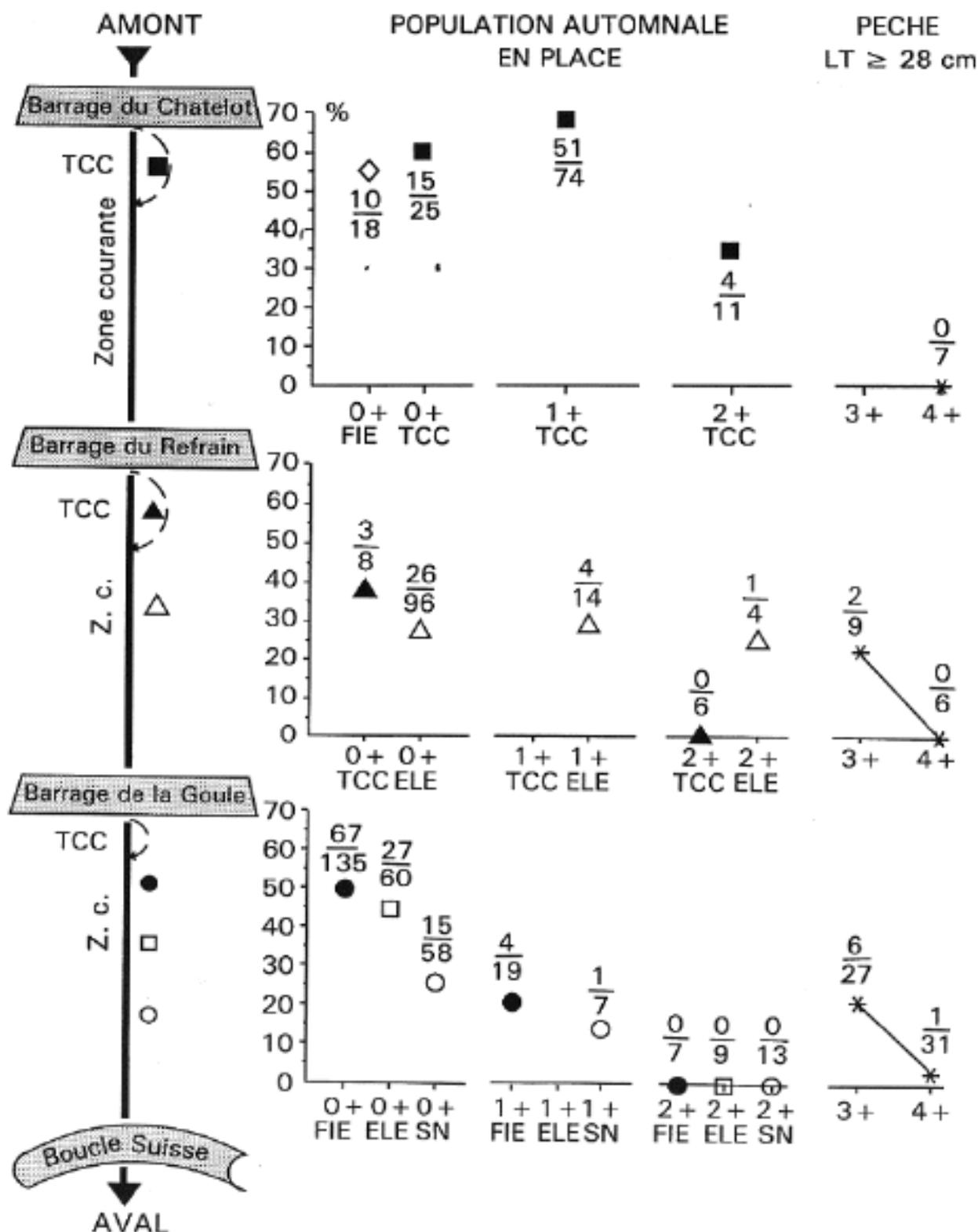


Annexe 3 : résultats bruts des marquages sur échantillons de pêche électriques

		0+ automne	1+ automne	2+ automne
Cohorte 94				
Chatelôt	TCC	15/25	51/74	4/11
Planchettes	Sous-éclusées	10/18	?	
Refrain	TCC	3/8		0/6
Câble	Effet limité des éclusées	26/96	4/14	0/4
Seignottes	Sous-éclusées	67/135	4/19	0/7
Moulin du Plain	Effet limité des éclusées	27/60	1/2	0/9
Fuesse (le Doubs)	Subnaturel	15/58	1/7	0/13
Le Ruiseau de F.	Affluent-frayère	41/86	-	-
Cohorte 95				
Chatelôt	TCC	73/137	12/40	
Planchettes	Sous-éclusées	?		
Refrain	TCC	-	7/23	
Câble	Effet limité des éclusées	13/35	2/48	
Seignottes	Sous-éclusées	22/60	0/11	
La Goule		?		
Moulin du Plain	Effet limité des éclusées	26/58	0/11	
Fuesse (le Doubs)	Subnaturel	19/53	1/13	
Cohorte 96				
Chatelôt	TCC	30/57		
Planchettes	Sous-éclusées	-		
Refrain	TCC	2/77		
Câble	Effet limité des éclusées	3/95		
Seignottes	Sous-éclusées	55/121		
Moulin du Plain	Effet limité des éclusées	19/81		
Fuesse (le Doubs)	Subnaturel	12/93		

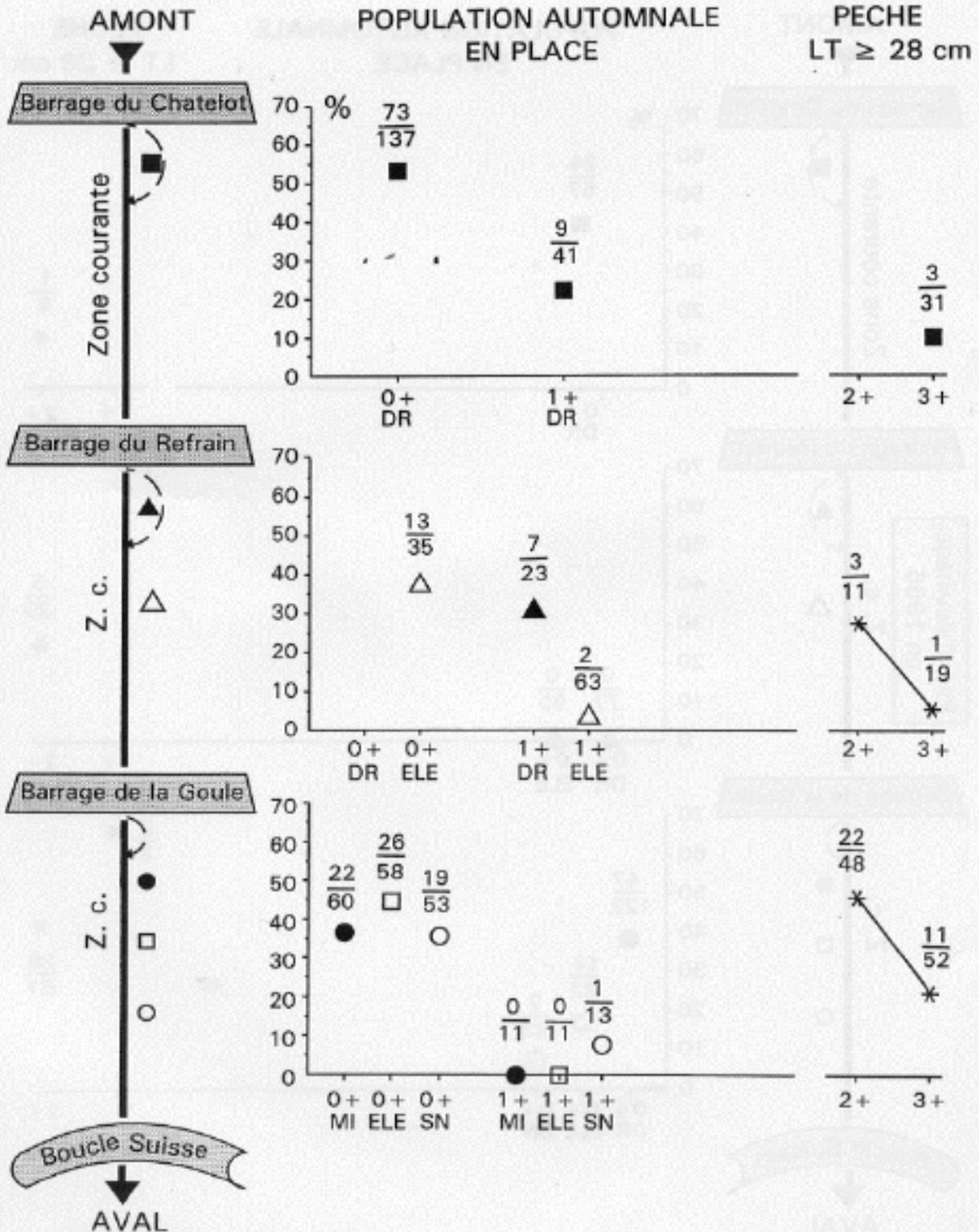
Annexe 7 : dynamique de la contribution de l'alevinage pour la cohorte 1994.

- 1) Dans la population échantillonnée par pêche électrique. TCC: Tronçon court circuité pour le Chatelot et le Refrain. FIE: Forte influence des éclusées pour les Seignottes. ELE: Effet limité des éclusées pour le Cable et le Moulin du P. SN: milieu subnaturel pour le Doubs à Fuisse
- 2) Dans les captures par pêche à la ligne (LT=longueur totale ≥ 28 cm)



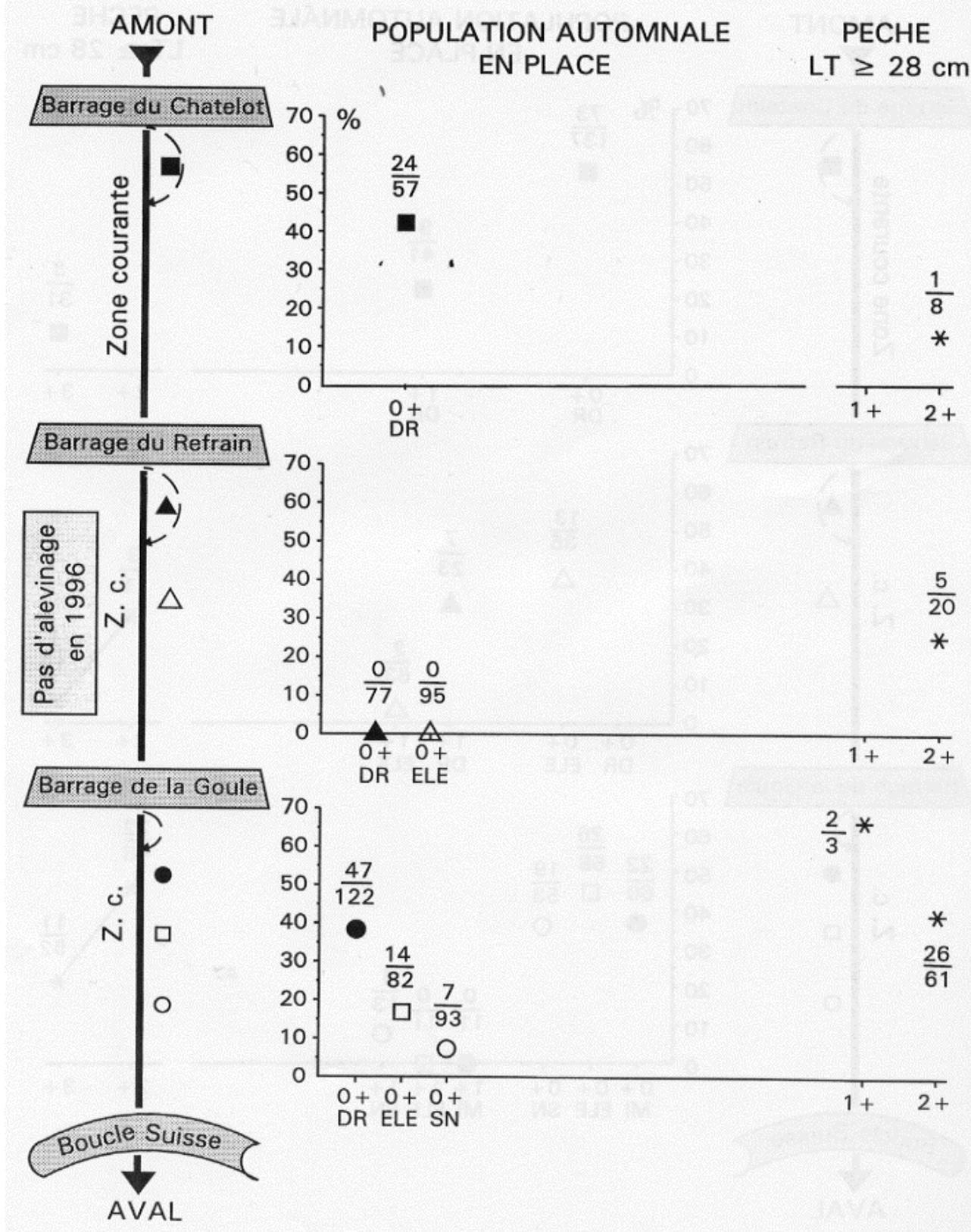
Annexe B : dynamique de la contribution de l'alevinage pour la cohorte 1995.

- 1) Dans la population échantillonnée par pêche électrique. TCC: Tronçon court circuité pour le Chatelot et le Refrain. FIE: Forte influence des éclusées pour les Seignottes. ELE: Effet limité des éclusées pour le Cable et le Moulin du P. SN: milieu subnaturel pour le Doubs à Fuesse
- 2) Dans les captures par pêche à la ligne (LT=longueur totale ≥ 28 cm)

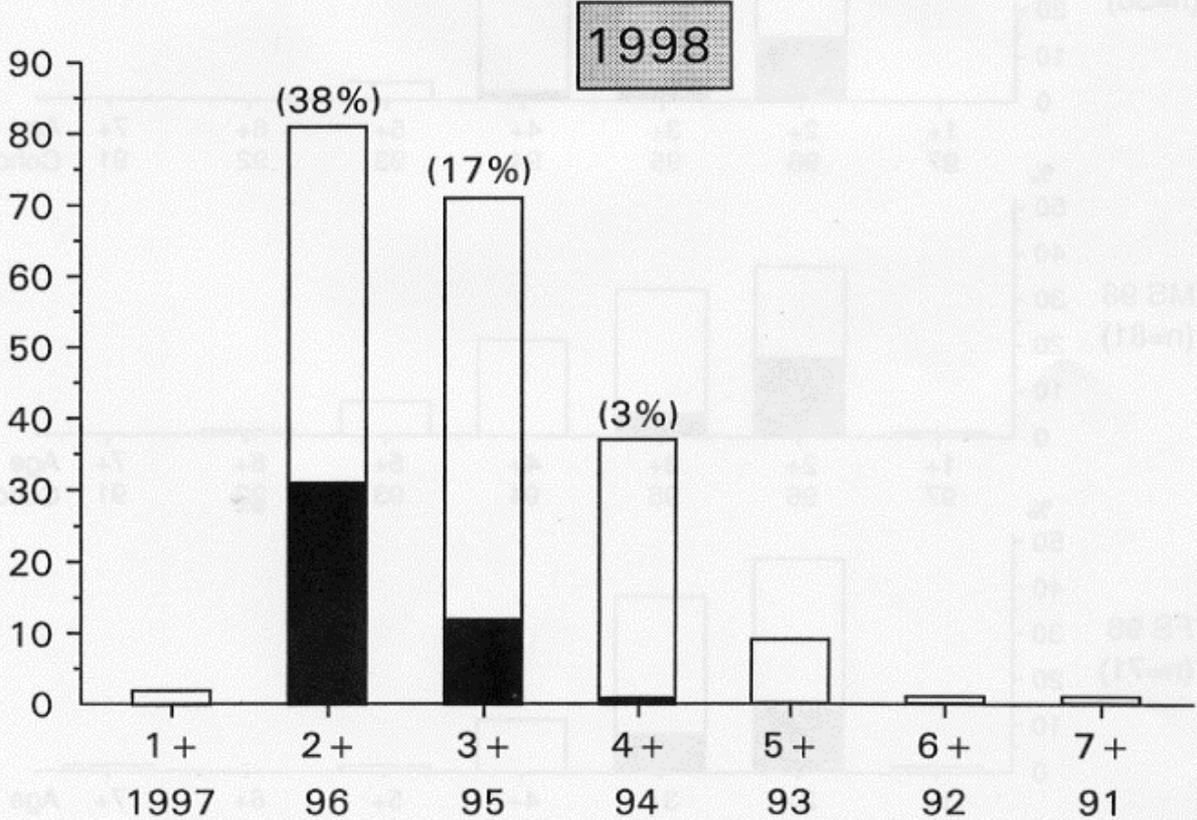
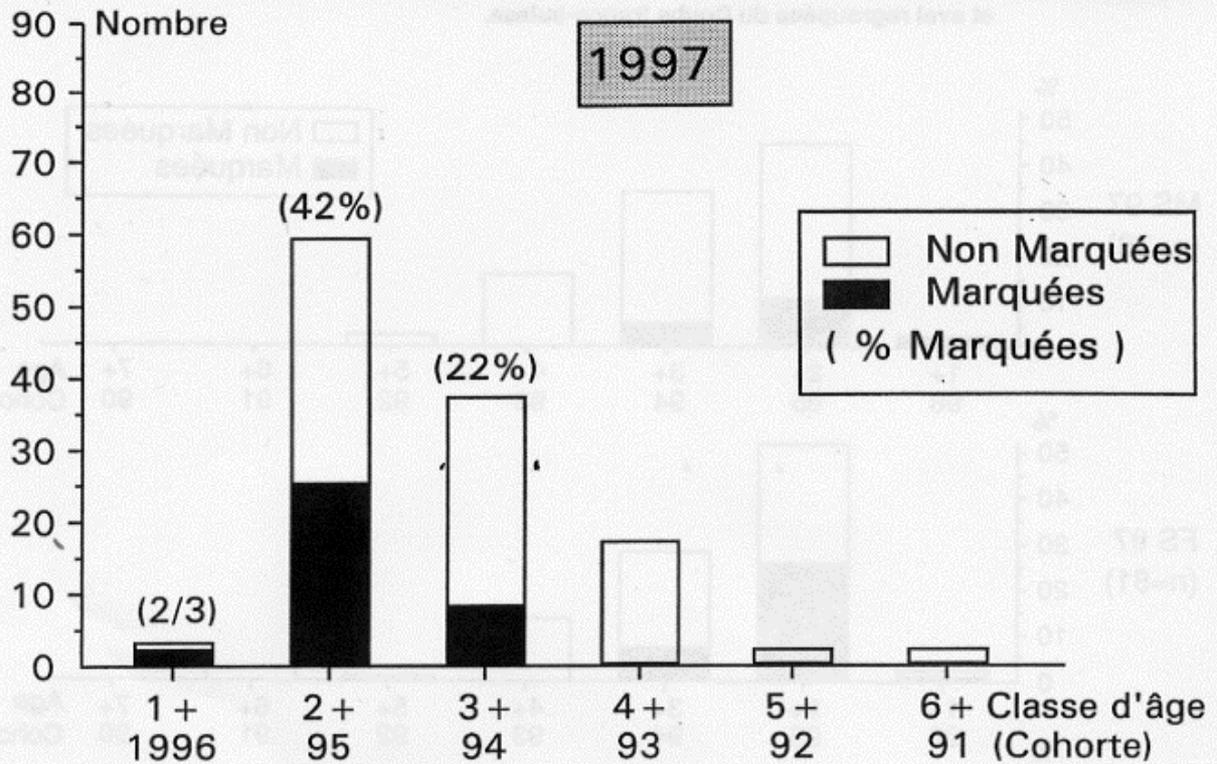


Annexe 9 : dynamique de la contribution de l'alevinage pour la cohorte 1996.

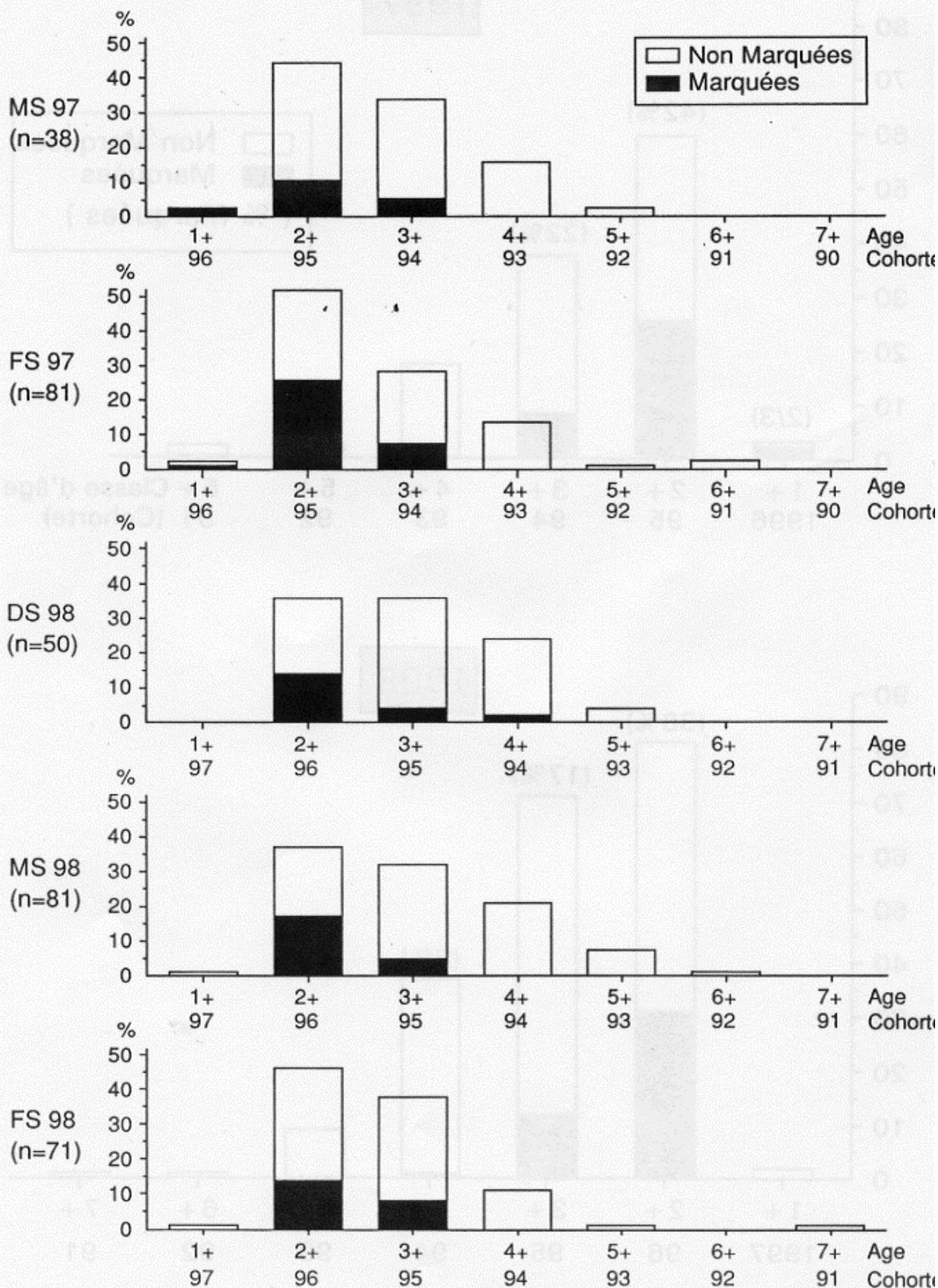
- 1) Dans la population échantillonnée par pêche électrique. TCC: Tronçon court circuité pour le Chatelot et le Refrain. FIE: Forte influence des éclusées pour les Seignottes. ELE: Effet limité des éclusées pour le Cable et le Moulin du P. SN: milieu subnaturel pour le Doubs à Fuesse
- 2) Dans les captures par pêche à la ligne (LT=longueur totale ≥ 28 cm)



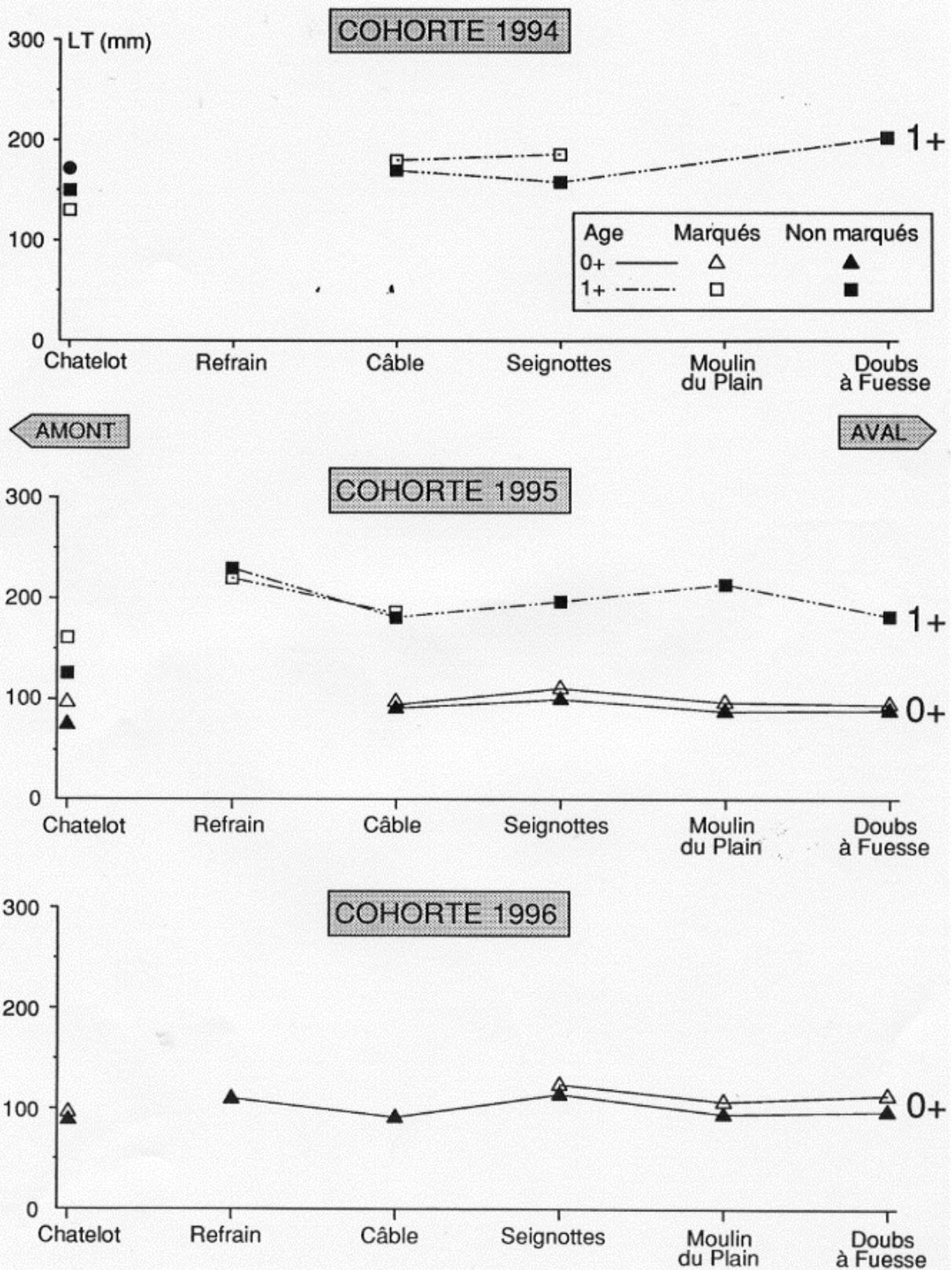
Annexe 10 : composition en âge et origine de recrutement des truites pêchées échantillonnées en 1997 (A) et 1998 (B) dans les zones centrale et aval du Doubs franco-suisse.



Annexe 11 : composition en âge et origine (marquées et non marquées) des truites pêchées échantillonnées période de pêche par période de pêche dans les zones centrale et aval regroupées du Doubs franco-suisse.



Annexe 12 : Comparaison des tailles des truites marquées et non marquées



Annexe 13 : évaluation des captures déclarées de truites de la cohorte 1995.

Pour les périodes MS97 à FS 98, les données sont les données réelles. Pour le DS 97 le taux choisi est celui évalué pour le MS97. Pour la saison 99 (stade 4), le taux de contribution des 4+ marqués et non marqués dans les captures est celui évalué en 1998 dans le cas de la cohorte 1994. Pour la saison de pêche 97 les données totales sont celles réellement déclarées. Pour la saison 98, ce sont les déclarées sur 652 carnets retournés. Pour la saison 99, ce sont les données 98, celles de 99 n'étant pas disponibles.

	MS9	FS96	DS97	MS97	FS97	DS98	MS98	FS98	DS99	MS99	FS99	Total MS97-FS98	Total estimé DS97-FS99
N Tot Déclarés	3006	1178	3076	2641	1319	3233	2216	1050	3233	2216	1050		
N éch.				36	78	50	81	71					
stade coh95	1+	1+	2+	2+	2+	3+	3+	3+	4+	4+	4+		2+ à 4+
N* coh95				4	20	3	4	6					
N non * coh95				13	21	16	24	21					
%* coh 95 dans ech.tot	2,8	1,3	11,1	11,1 4/36	26,9 20/78	6,0 3/50	4,9 4/81	8,5 6/71	2,0	0	0		
% non* coh 95 dans tot	0,0	1,3	36,1	36,1 13/36	26,9 21/78	32,0 16/50	29,6 24/81	29,6 21/71	23,5	20,2	11,4		
tot * coh95	84	15	341	293	338	194	109	89	65	0	0	1024	1529
% * capt coh 95												23,6%	21,0%
tot non *coh 95	0	15	1110	954	355	1035	657	311	760	448	120	3311	5763
% non* dans capt coh 95												76,4%	79,0%

Annexe 14 : évaluation de la contribution du repeuplement dans les captures de truites déclarées de la saison de pêche 1998.

Seuls les individus appartenant aux classes d'âges 2+, 3+ et 4+ sont susceptibles d'être marqués. Le nombre de captures déclarées appartenant à ces cohortes est estimé en déduisant des captures saisonnières le taux d'individus 1+, 5+, 6+ et 7+ estimé dans les échantillons saisonniers de captures.

L'estimation 1 est obtenue en appliquant aux captures saisonnières déclarées sur les zones centrale et aval (AAPP de Goumois), le taux de marquage calculé sur les échantillons saisonniers recueillis dans les zones centrale et aval réunie.

Le taux de marqués variant très peu entre échantillons saisonniers, l'estimation 2 est obtenue en regroupant les échantillons saisonniers et en appliquant le taux de marqué sur cet échantillon regroupé à l'ensemble des captures déclarées.

La contribution du repeuplement ainsi calculée pourrait être légèrement plus faible en 1998 comparativement à la moyenne, car il n'y a pas eu de déversement dans la zone centrale en 1996 (coh 2+ en 1998), ce qui a probablement contribué à y faire chuter le taux de marques dans la classe d'âge 2+. Toutefois, l'augmentation de la quantité d'alevins déversés sur la zone aval ne s'est pas traduite par une augmentation du taux de marques dans les truitelles capturées en automne 1996.

	DS 1998	MS 1998	FS 1998	Tot saison 98 (estimation 1)	Tot saison 98 (estimation 2)
Déclarations tot (1997)	3233	2216	1050	6499	6499
% 2+-3+-4+,	96,0	90,1	95,8	93,8	
Déclarations capt. 2+-3+-4+	3104	1997	1006	6106	6106
* ech 2+-3+-4+ capt	10	18	16		44
non* ech 2+-3+-4+ capt	38	55	52		145
Tot. ech.2+-3+-4+	48	73	68		189
% * dans ech 2+-3+-4+	20,8	24,7	23,5		23,3
IC 95% de %*	10,5-35,2	15,4-36,3	14,2-35,5		18,7-26,7
Total * dans capt. 2+-3+- 4+ déclarées	647	492	237	1376	1422
% de * dans tot. 2+-3+-4+ déclarés				22,5 %	23,3 %
tot 1+à 7+ dans ech	50	81	71		202
% * dans ech 1+ à 7+	20,0	22,2	22,5	21,3 %	21,8 %
IC 95% de % de *	10,0-33,8	13,9-33,0	13,6-34,2		17,5-29,8

Annexe 15 : lettres des pêcheurs signalant les mortalités de poissons lors des mises à sec par les éclusées du Refrain de juin 1999.

Mercredi 2 juin 1999 au lieu dit "Le Refrain" sous l'usine. Il était environ (10^h) nous avons constatés que; une baisse importante du niveau (50 à vue d'oeil, qu'il n'y avait plus d'eau qui sortait sous l'usine. Un ouvrier de l'usine était à la fenêtre buvait son café et souriait. Nous avons arrêtés de pêcher et nous avons remis à l'eau quantité de petits poissons (carions, laches, chabots, écrevisses et une truite d'embouchure. 5cm sur un parcours de 200 mètres).
 Il aurait fallu être 100 personnes pour tout remettre à l'eau sur ce secteur. Merci à ces personnes que la faune de cette magnifique rivière disparaisse petit à petit à cause de ces baisses de niveau, sans beaucoup d'explications. Début d'après-midi le niveau est remonter et beaucoup de ces petits poissons citer ci-dessus partaient avec le courant plusieurs millions.
 Encore Merci à ces instances (E.D.F.) etc ???

Bernard Pahud
 Fabian Locatelli
 Alain Burri

2356 Goumois
 Plateau laiche
 Bienne





Fait le 3 juin 1999 à Goumois (CH)

cf. l'attention de M. Hammer



Les Bois le 14 juin 1999

Monsieur
Triboulet André
Président de la Franco-Suisse
25450 Damprichard

Thiévent Pierre-Alain
Bas du village 40
2336 Les Bois

Concerne: constatation

Arrivé pour une belle partie de pêche Le samedi 5 juin à 5h 30 mn au Refrain (lieu dit sous l'île de mortier) j'ai été stupéfait de voir des centaines de vairons et quelques truitelles qui jonchaient le sol, la rivière avait baissée d'environ quarante centimètres. Après avoir pendant une heure et demi remis des poissons à l'eau je suis monté vers l'usine, qui turbinait un peu d'eau. Suite à tout cela je suis remonté avec une certaine amertume.

Mes salutations.



MR DRISS pascal
 560 avenue de la republique
 74800 ST PIERRE EN FAUCONNY
 Tél.04.50.03.78.04

Monsieur,

Je viens par la présente vous faire part des faits que nous avons constaté, mon amis et moi même, le samedi 29 juin 1999, sur le parcours de l'usine du refrain.

En effet, vers 15 H 30 le niveau de l'eau s'est mis à baisser très rapidement, du à l'arrêt total des turbines de l'usine et à la baisse de niveau dans le lit de la rivière, en amont de celle-ci.

En moins d'un quart d'heure, les traces sur les pierres dépassaient le mètre.

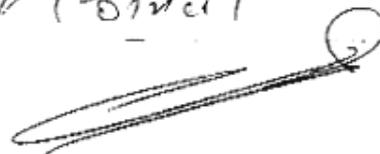
Nous avons passé une 1/2 heure à remettre dans la rivière les loches, chabots, truitelles, ombrets etc., tout en assistant impuissant à l'agonie des alevins d'ombre ou autres, des porte-bois, larves de mouches de mai, de mouche de pierre, patache, bref de tout ce qui constitue la faune aquatique.

Il est anormal qu'une société, fusse t'elle d'état, s'approprie un bien appartenant à l'humanité, ceci est d'autant plus regrettable qu'en une heure, EDF a réussi l'exploit de détruire plus de vie, qu'une armée de pêcheurs piétinant les frayères !!!

Il me semblait pourtant que la destruction de la vie piscicole était punie par la loi et que l'abolition des privilèges était effective depuis la révolution !!!

Veuillez recevoir mes condoléances pour les milliers d'alevins
 morts au cour de cette heure tragique

*Avec M. Driss
 Michel Cornic*

Annexe 16. Structure du peuplement observé au Câble à diverses occasions

