



**Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la  
Protection du Milieu Aquatique**  
2092 route des Diacquenods  
Le Villaret  
74370 St Martin Bellevue  
[www.pechehautesavoie.com](http://www.pechehautesavoie.com)



**INRA UMR CARTEL**  
75 avenue de Corzent  
BP511  
74203 Thonon-les-Bains  
[www.dijon.inra.fr/thonon](http://www.dijon.inra.fr/thonon)

# Diagnose écologique et plan de gestion piscicole appliqués aux cours d'eau - Approche méthodologique à l'échelle du bassin versant -



**Version juin 2010**

L. VIGIER, P. HUCHET, A. CAUDRON

**Rapport SHL 295.2010  
FDP74.10/05**

Disponible sur [http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1\\_bis.php?categ=4](http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=4)

Référence à citer : Vigier, Huchet et Caudron, 2010. Diagnose écologique et plan de gestion piscicole appliqués au cours d'eau – approche méthodologique à l'échelle du bassin versant. Rapport SHL 295.2010, 38 p. + annexes.  
Disponible sur [http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1\\_bis.php?categ=4](http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=4).

## **REMERCIEMENTS**

Merci à Alexis Champigneulle pour sa relecture attentive du document et ses contributions toujours pertinentes.

Merci aux agents techniques de la FDPPMA74, Guillaume Bini et Ludovic Catinaud. Leur participation active à l'ensemble des étapes de ce travail, leur réactivité, leur disponibilité et leurs retours sont autant de contributions à ce document de synthèse.

Merci aux gardes pêches particuliers des AAPPMA pour leur aide lors des pêches électriques d'inventaires.

Un grand merci aux pêcheurs bénévoles pour l'aide qu'ils nous apportent sur le terrain, leur enthousiasme et leur disponibilité.

## **SOMMAIRE**

Introduction

Présentation de la démarche 1

Préalables à l'étude 4

I - Définition du bassin versant : unité de gestion cohérente 4

II - Définition des tronçons homogènes 5

III - Définition des stations d'étude 7

IV - Calendrier prévisionnel 9

V - Coûts prévisionnels 9

Récolte et traitement des données à l'échelle du Bassin Versant 10

I - Contexte climatique et régime hydrologique 10

II - Caractéristiques physiques du réseau hydrographique 10

III - Analyse de la structure géologique du BV 11

IV - Analyse de l'occupation des sols 12

V - Historique des pratiques de repeuplement 13

Récolte et traitement des données à l'échelle du tronçon 14

I - Description de l'habitat 14

II - Recensement des zones de reproduction de la truite commune 15

Récolte et traitement des données à l'échelle de la station 16

I - Qualité physico-chimique de l'eau 16

II - Recherche d'éléments toxiques dans les sédiments 17

III - Métabolisme thermique et typologie 18

IV - Etude du compartiment macrobenthique 22

V - Etude du peuplement piscicole 25

Traitement des résultats 32

I - Intégration des données au système d'information géographique départemental 32

II - Etapes nécessaires à la proposition d'un plan de gestion 33

III - Suivi du plan de gestion 34

Bibliographie 35

Annexes

## Introduction

L'élaboration de plans de gestion piscicole est une obligation réglementaire pour tout détenteur du droit de pêche (particulier, AAPPMA, collectivités) en vertu de l'Article L 433-3 du code de l'environnement depuis 2006 (Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques, LEMA) et anciennement de l'article L233-3 du code rural depuis 1989 (<http://www.legifrance.gouv.fr/>) :

*« L'exercice du droit de pêche emporte l'obligation de gestion des ressources piscicoles. Celle-ci comporte l'établissement d'un plan de gestion des ressources piscicoles. En cas de non respect de cette obligation, les mesures nécessaires peuvent être prises d'office par l'administration aux frais de la personne physique ou morale qui exerce le droit de pêche. »*

Les AAPPMA sont les détenteurs et utilisateurs principaux des droits de pêche. Le rôle de la fédération départementale est de les appuyer techniquement afin de leur permettre d'assurer la cohérence de leur gestion des ressources piscicoles.

Pour cela, et suite à la loi Barnier de 1995 (Art L.121 code rural ancien et depuis 2006 Art L 215-21 du code de l'environnement) imposant la réalisation de Plan Simple de Gestion aux propriétaires riverains, un Plan Départemental pour la protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources Piscicoles (PDPG) préconisé au niveau national par le CSP, a été élaboré dans le département de la Haute-Savoie à la fin des années 90 / début des années 2000. Cependant, l'application de cette méthodologie trop globale et subjective n'a pas permis d'aboutir à des diagnostics fiables et donc à de véritables propositions de plans de gestion piscicole.

Par conséquent, la fédération de pêche de Haute-Savoie a engagée une réflexion commune avec l'INRA de Thonon-les-bains afin de définir la méthodologie à mettre en place pour répondre objectivement et efficacement aux questions de gestions des AAPPMA et ceci dans une démarche de gestion, conservation et restauration des ressources naturelles de la faune aquatique (piscicole, astacicole) exploitée ou non.

Ce document présente l'état actuel de la méthodologie déjà appliquée depuis 2003 sur plusieurs bassins aux contextes contrastés et de tailles différentes (Ex : Foron de Reignier, bassins accueillant des écrevisses à pieds blancs, Bon Nant, Menoge en cours).

### REMARQUE :

Cette approche méthodologique est construite autour de la truite commune (*salmo trutta* L.) comme espèce cible. Cependant, la démarche est transposable à n'importe quelle espèce dès lors que l'on dispose (ou recherche) des données bibliographiques nécessaires.

## Présentation de la démarche

Cette démarche a pour objectif d'éviter les diagnostics trop succincts réalisés sur la base d'avis d'experts, de données insuffisantes ou d'extrapolation d'autres résultats ; qui ne permettent pas d'identifier les vrais facteurs limitant et donc d'agir dessus.

Ainsi la présente démarche propose une méthodologie permettant d'obtenir un diagnostic basé sur des données scientifiques et objectives afin de proposer des actions correctives sur les facteurs perturbants identifiés, et de les résoudre.

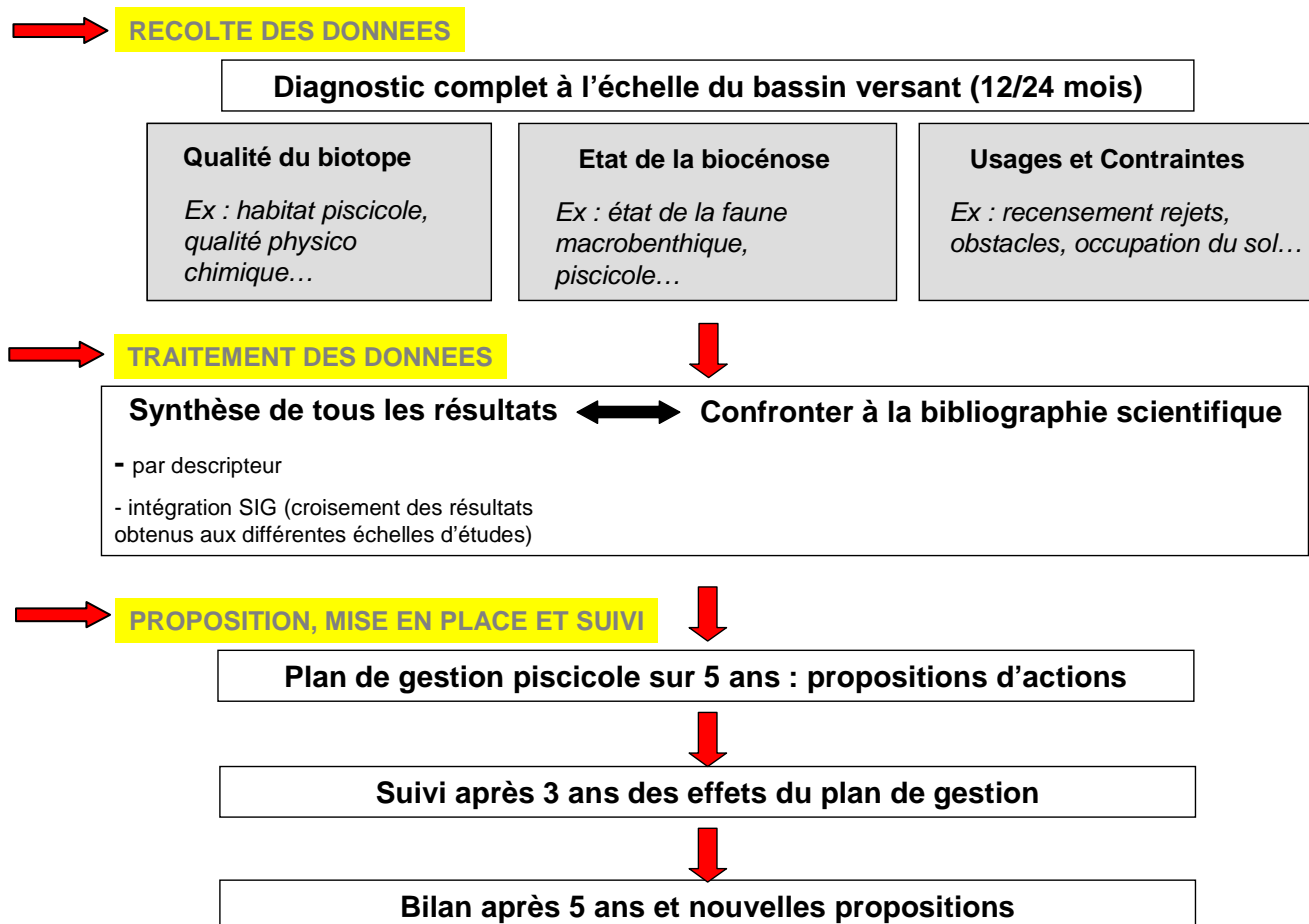
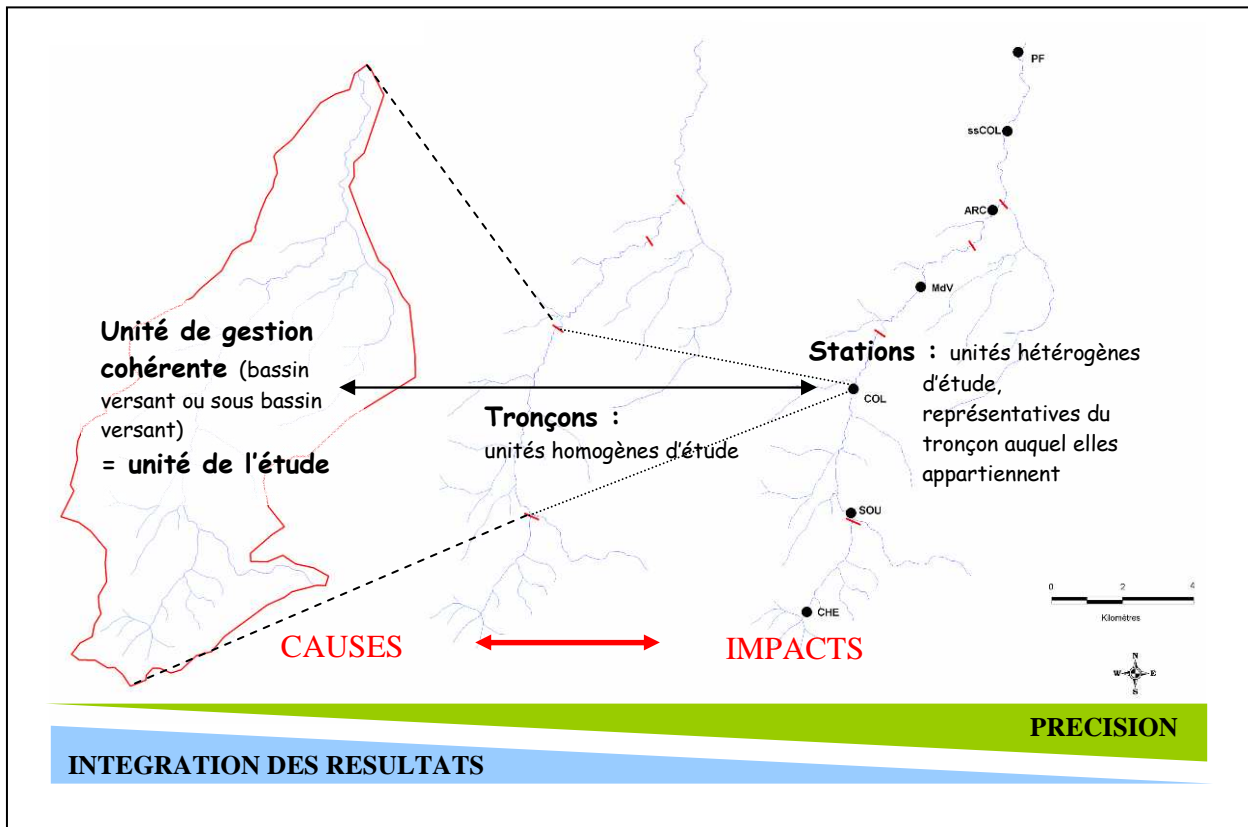


Figure 1 : démarche globale proposée pour l'élaboration d'un plan de gestion piscicole.

Du point de vue spatial, les diagnostics écologiques de cours d'eau à l'échelle du bassin versant (unité de gestion) sont réalisés au niveau de trois échelles de travail : bassin versant, tronçon et station. Cette méthode de travail dite par « échelles emboîtées » (figure 2) permet à la fois d'informer sur la biologie des populations et sur les liens existant entre la faune aquatique et le milieu à différentes échelles de travail.



**Figure 2 :** illustration de l'approche par « échelles emboîtées » réalisée sur le Foron de Reignier par l'exemple du tronçon T2 et de la station COL (Vigier, 2006).

Les objectifs de ce type d'approche sont :

- de travailler du général vers le particulier. En effet, les investigations réalisées à l'échelle du bassin versant permettent d'orienter les recherches aux échelles plus locales.
- de croiser les diverses informations récoltées aux différentes échelles. La confrontation de données de natures diverses, réalisée principalement par l'intermédiaire de la spatialisation des données sous Système d'Information Géographique (SIG) permet de mettre en évidence certaines relations causes - impacts.

- ✘ Le « bassin versant » correspondant à une unité de gestion cohérente (UGC), est l'échelle d'investigation la plus importante. Les investigations menées à cette échelle permettent de mettre en évidence une grande partie des facteurs potentiellement perturbateurs du milieu et de la fonctionnalité des populations. Ce travail permet de mieux définir les investigations à réaliser à des niveaux plus précis.
- ✘ Les tronçons correspondent à des unités structurales homogènes. La sectorisation du linéaire en tronçons homogènes est réalisée sur la base de caractéristiques physiques et géomorphologiques. Les critères utilisés sont les changements de pente, les confluences d'égale importance, les changements importants d'occupation des sols ou de substrat géologique, ou de gestion des débits (cas où il existe une exploitation hydroélectrique)... Les tronçons ainsi définis sont théoriquement homogènes en termes de dynamique, de succession des faciès et donc de communautés vivantes.
- ✘ Les stations sont définies de façon à ce que les faciès présents, leurs répartitions, ainsi que leurs recouvrements soient représentatifs du tronçon considéré. Ainsi les investigations menées à l'échelle de la station peuvent être extrapolées à l'échelle du tronçon. En règle générale, pour s'assurer de sa représentativité, la longueur d'une station correspond à entre 10 et 20 fois la largeur du lit mineur.  
A ces différentes échelles, différents descripteurs sont étudiés (tableau 1).

Descripteurs	BV (=UGC)	Tronçon	Station
Caractéristique BV	Géologie Climatologie Hydrologie		
Occupation des sols	Répartition et description des catégories d'occupation et des activités humaines		
Usages	Prélèvement Assainissement Autres impacts directs		
Historique repeuplement	Evolution des pratiques de repeuplement		
Génétique Espèce cible (TRF)	Connaissance de la répartition géographique de la souche à gérer		
Recensement frayères		Zonage des densité : nombre de frayères/100m <sup>2</sup>	
Habitat physique		Méthode de description de l'habitat physique au tronçon, diversité de l'habitat	
Recensement des ouvrages transversaux		Recensement exhaustif ouvrages anthropiques/ obstacles naturels	
		Caractérisation précise des ouvrages	
Physico-chimie		Recensement rejets + autres éléments notables	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , conductivité, pH, température
Suivi thermique			9 variables (poissons, typologie)
Qualité sédiments			Recherche des composés organiques + métaux
Niveaux typologiques théoriques			Peuplement de référence
Peuplement macrobenthique			Indices (IBGN, Cb2), Etude semi quantitative du peuplement au genre, Analyse des traits caractéristique des peuplements
Stock de poisson			estimation densité et biomasse (répartition juvéniles/sub-adultes/adultes)
Structure population de truite			histogramme taille fréquence et comparaison à la fréquence moyenne standard départementale
			Etude scalimétrique
Evaluation du recrutement naturel			Taux de marquage des alevins (repeuplement)
Etat sanitaire de la population			Recherche de MRP (PKD)
			Dosage des métaux et PCB dans chair et viscères poissons

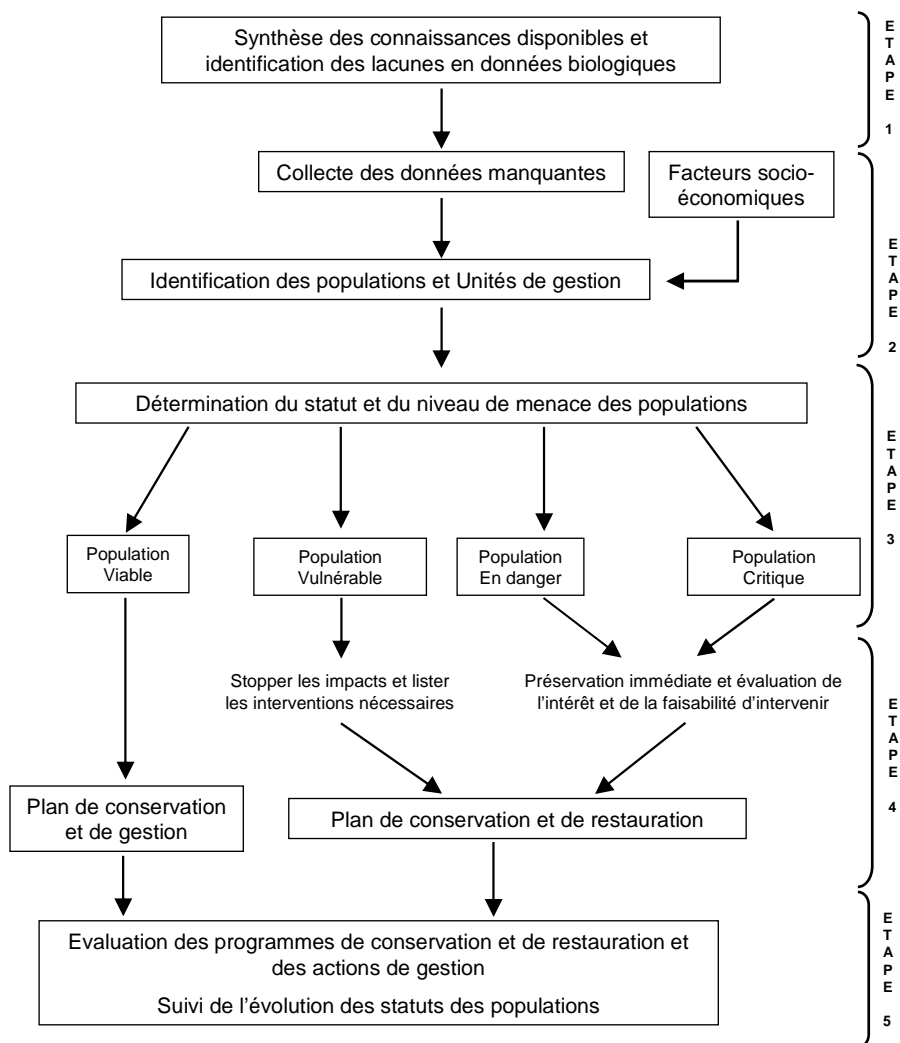
**Tableau 1 :** bilan des descripteurs utilisés dans les diagnostics écologiques aux diverses échelles.

# Préalables à l'étude

## I - Définition du bassin versant : unité de gestion cohérente

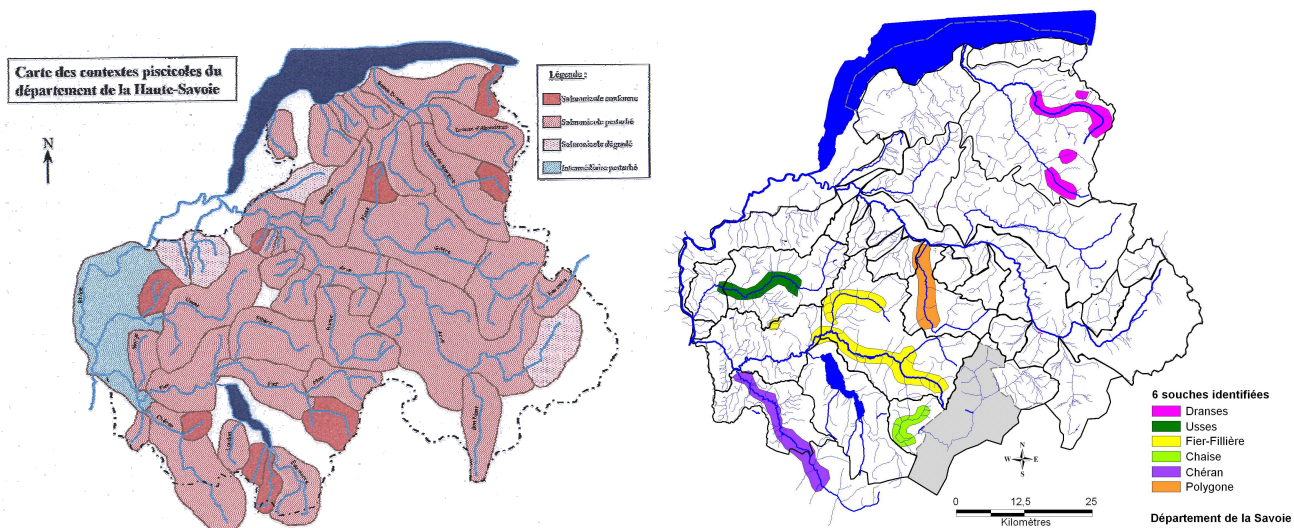
L'unité de travail choisie doit correspondre à une unité de gestion cohérente et doit donc avoir une signification écologique valide pour la population en place. Ainsi, cette unité peut correspondre selon les cas au bassin versant vrai d'un cours d'eau, à un sous bassin versant ou à plusieurs bassins versants proches ayant une problématique commune (Ex : tributaires du Lac Léman).

Sur le département de la Haute-Savoie, les unités de gestion ont été définies sur la base d'études menées à l'échelle départementale (CF Vigier et Caudron, 2007). Ces unités ne peuvent être définies a priori et nécessitent de disposer d'un minimum d'informations objectives sur les populations de poissons en place (figure 3).



**Figure 3 :** étapes proposées pour développer une démarche de conservation et de gestion des populations de truite commune (adapté selon les préconisations de Dodson *et al.*, 1998 et Laikre *et al.*, 1999) in Caudron, 2008.

Sur le département de la Haute-Savoie, les données génétiques, thermiques et démographiques obtenues depuis le début des années 2000 ont considérablement remis en cause les contextes piscicoles et plus particulièrement les considérations relatives aux états fonctionnels des populations définies dans le cadre du PDPG (figure 4). L'acquisition de nouvelles données pourra éventuellement nous amener à reconsidérer localement le découpage des unités actuelles.



**Figure 4** : comparaison entre les contextes piscicoles définis dans le cadre du PDPG (a) et les unités de gestion actuelles (d'après Vigier et Caudron, 2007) (b) sur le département de la Haute-Savoie.



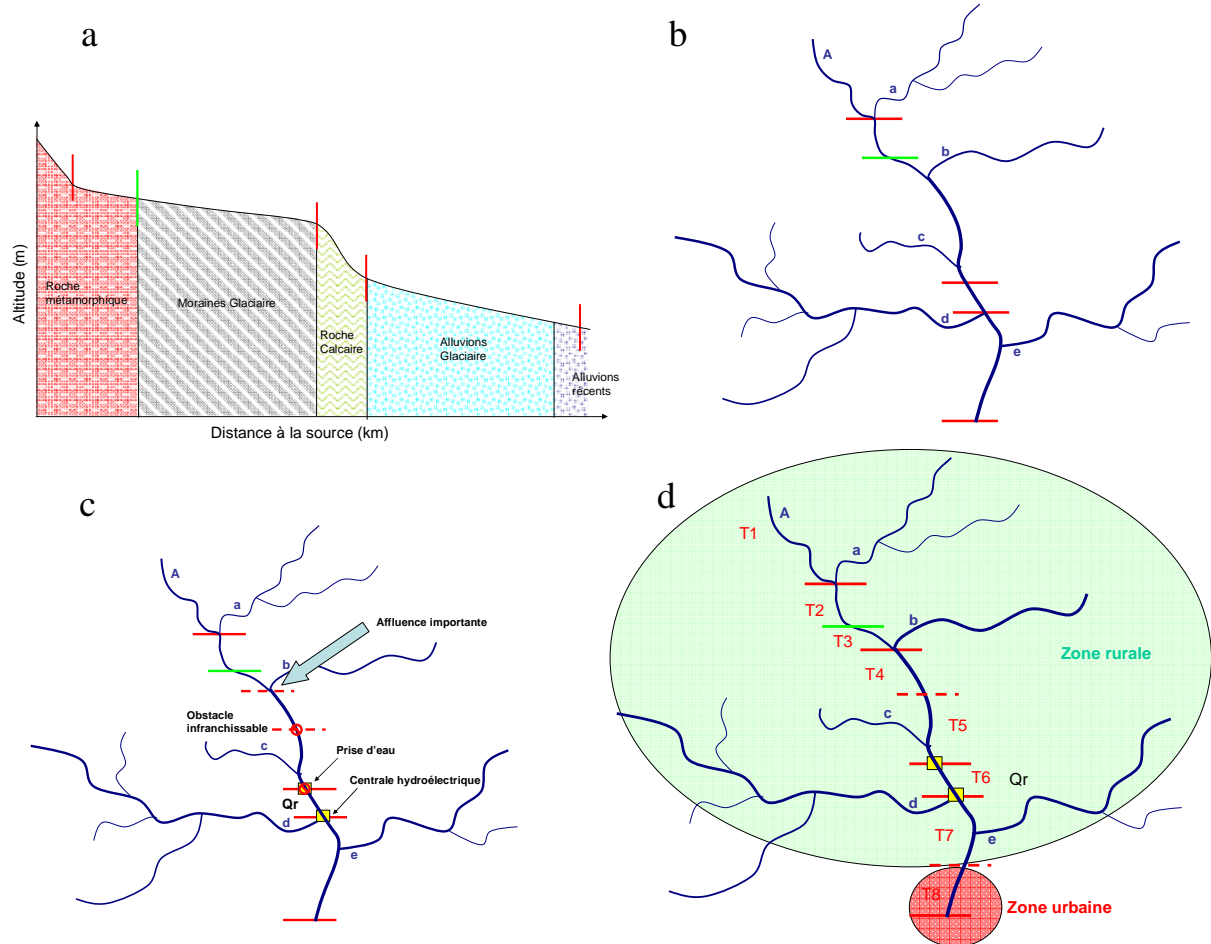
Par souci de simplification, l'expression « bassin versant » sera utilisée dans les parties suivantes pour exprimer l'unité de gestion cohérente choisie.

## II - Définition des tronçons homogènes

La définition des tronçons homogènes est le résultat de la superposition de différentes informations (figure5) :

- ruptures de pente (rouge) et changement de la nature du substrat géologique (vert), identifiées sur le profil en long (a et b),
- changement de débit important (affluence importante, débits réservés liés à l'exploitation hydroélectrique,...) et/ou présence d'obstacle à la migration (c),
- changement majeur d'occupation des sols (d).

Une reconnaissance de terrain peut être nécessaire à la validation de ces tronçons.

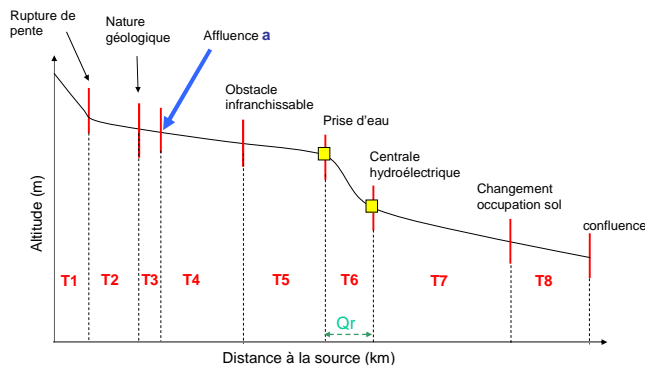


**Figure 5 :** illustration sur un bassin théorique des différentes étapes de définition des tronçons homogènes : réalisation du profil en long et localisation des ruptures de pentes et des changements de la nature du substrat géologique (a), retranscription de ces limites sur une cartographie (b) ; et exemple d'intégration d'autres données justifiant le découpage de tronçons supplémentaires : confluences importantes, débits réservés, obstacle infranchissable (c), changements radical d'occupation du sol (d).

Les caractéristiques et critères de détermination des tronçons selon la méthode présentée, peuvent être présenté sous forme de tableau (tableau 2) et/ou reportée sur le profil en long (figure 6).

tronçon	Altitude amont (m)	Altitude aval (m)	Pente (%)	Longueur (km)	Critère de délimitation du tronçon	Stations
T <sub>n</sub>					Ex : confluence avec affluent important	Nom de la station représentative

**Tableau 2 :** Caractéristiques et critères de délimitation des tronçons homogènes

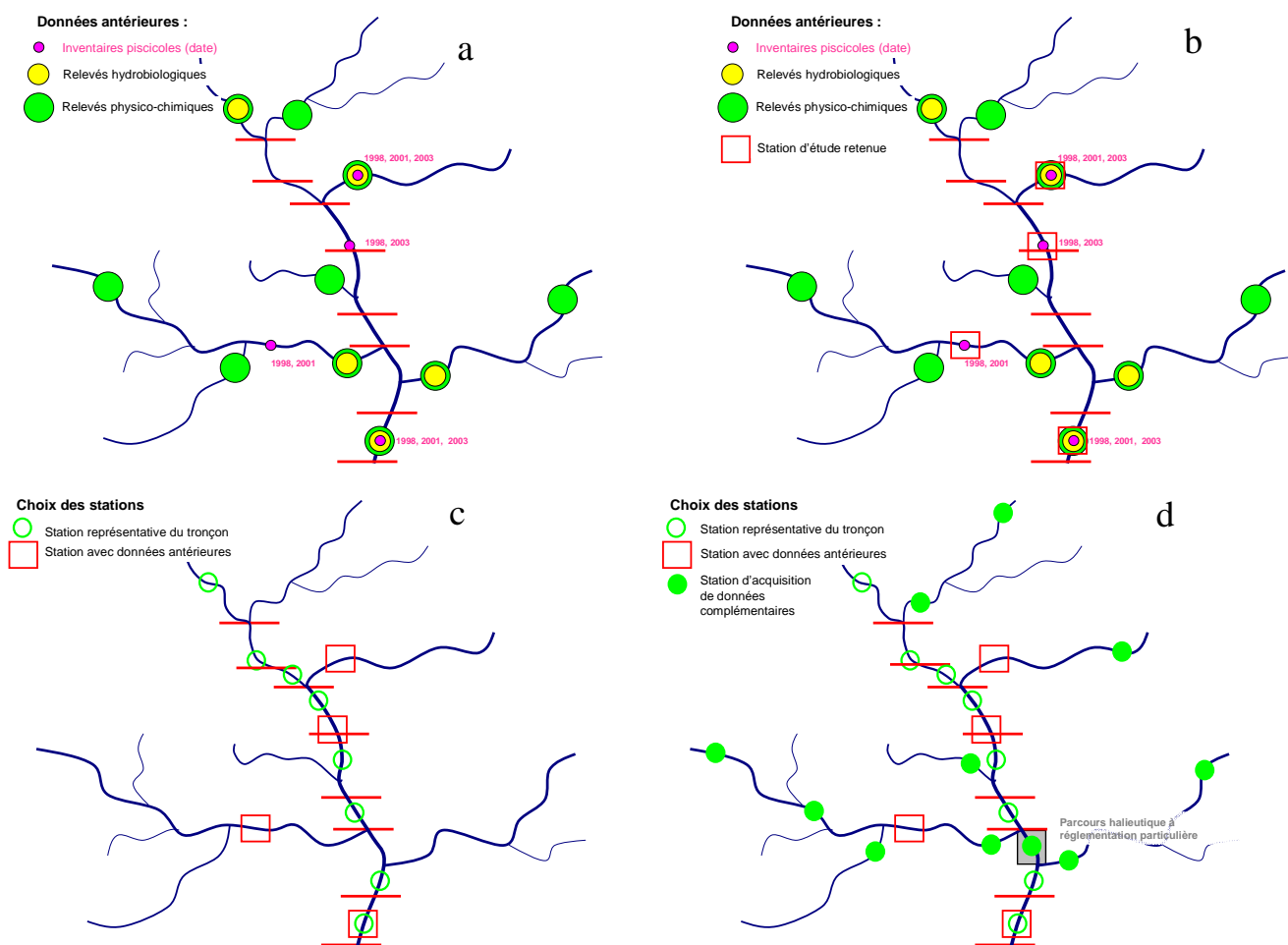


**Figure 6 :** exemple théorique de représentation des différents tronçons homogènes sur le profil en long.

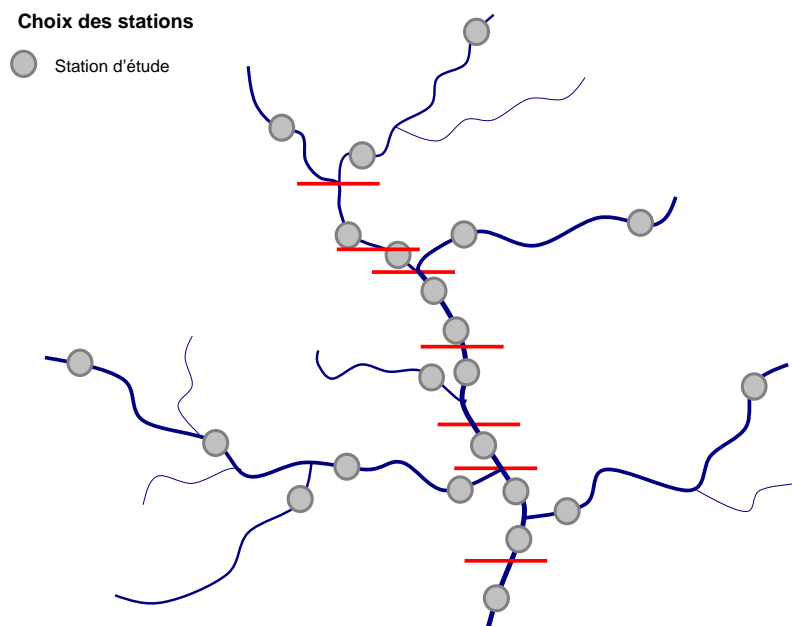
### III - Définition des stations d'étude

La définition des stations d'étude est basée par ordre de priorité (figure 7 et 8) :

- sur les stations où des données historiques existent (a), en priorité sont retenues les stations disposant d'inventaires piscicoles et/ou de données thermiques (b),
- au niveau du cours principal sur leur caractère représentatif du tronçon auquel elles appartiennent (représentation des différents faciès équivalent). Sur les tronçons où une station historique existe, la représentativité de cette station est vérifiée en premier lieu, si elle ne l'est pas, une station supplémentaire représentative du tronçon est ajoutée (c),
- des données d'acquisition de données complémentaires sont placées (e) :
  - ✗ au niveau de chaque affluent : à minima sur le secteur aval, au mieux sur plusieurs points afin de connaître les limites de répartition des différentes espèces piscicoles présentes,
  - ✗ sur les parcours de pêche à réglementation spécifique (ex : no-kill, taille de capture supérieure, nombre de capture plus restrictif,...) qui peut avoir une influence sur la démographie de la population en place (d).
  - ✗ autre...

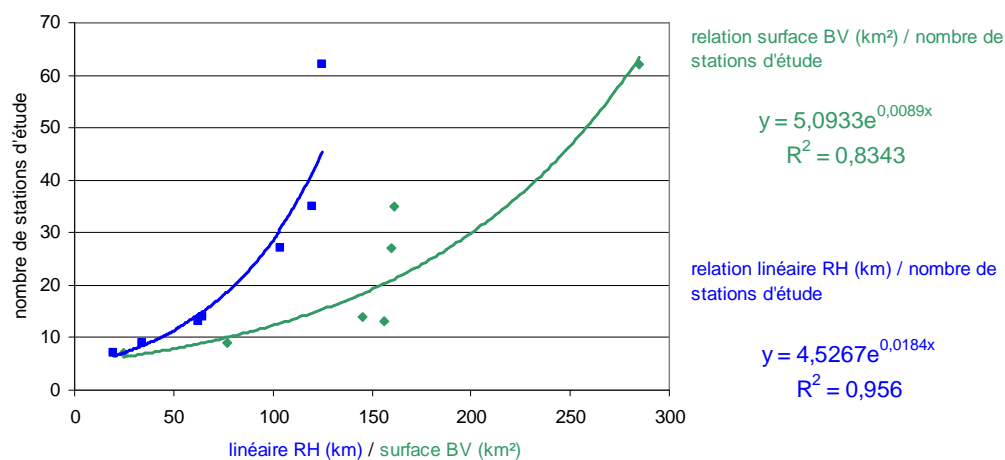


**Figure 7 :** illustration sur un bassin théorique des différentes étapes de définition des stations d'études : recherche et localisation des données historiques (a) et conservation des stations où données d'inventaires piscicoles (b) ; vérification de la représentativité des stations « historiques » et définition d'une station représentative par tronçon homogène (c) ; ajout de stations d'acquisition de données complémentaires sur les affluents, et secteurs spécifiques (d).



**Figure 8 :** localisation finale des stations d'étude sur un bassin théorique.

La densité des stations d'étude sur un bassin varie en fonction de la configuration du réseau hydrographique et des besoins de l'étude. Cependant, sur la base des diagnostics déjà réalisées sur le département il ressort une corrélation forte entre le nombre de stations d'étude et les caractéristiques générales du bassin versant : surface du bassin hydrographique en km<sup>2</sup> et linéaire du réseau hydrographique en km (figure 9).

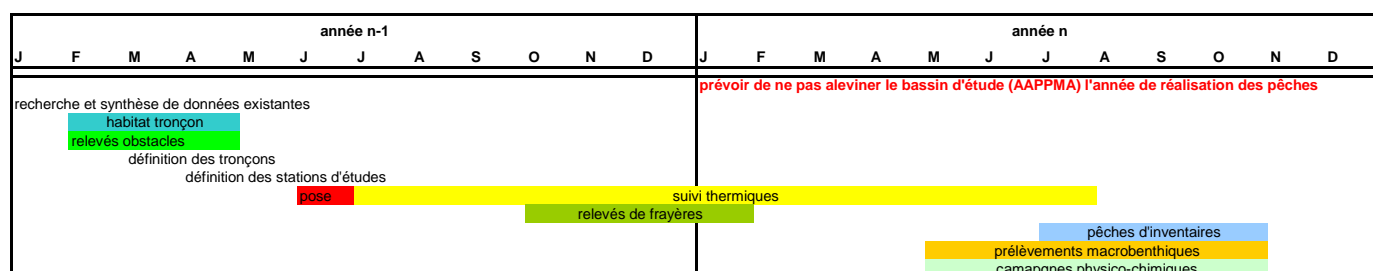


**Figure 9 :** évolution du nombre de station d'étude en relation avec les caractéristiques du bassin versant étudié : surface du bassin versant en km<sup>2</sup> (vert) et linéaire du réseau hydrographique principal en km (bleu).

#### IV - Calendrier prévisionnel

La qualité du diagnostic dépend étroitement de la chronologie d'acquisition des données (figure 10), ainsi pour extraire le maximum d'information des données récoltées :

- il est demandé à l'AAPPMA gestionnaire de ne pas pratiquer de repeuplements l'année de réalisation des pêches, ce qui permet d'évaluer le recrutement naturel de l'année,
- les enregistreurs thermiques sont posés l'année précédente (printemps ou automne n-1) pour avoir à minima l'hiver précédent les pêches d'inventaires, et sur les stations inventaire,
- des relevés de frayères sont effectués l'hiver précédent les pêches d'inventaires sur l'ensemble du cours principal et les affluents principaux,
- les pêches d'inventaires, les prélèvements de macroinvertébrés, les analyses physico-chimiques de l'eau et la description de l'habitat (risques de crues entraînant des modifications importantes de l'habitat) sont réalisées la même année.



**Figure 10** : chronologie synthétique et théorique d'acquisition des données.

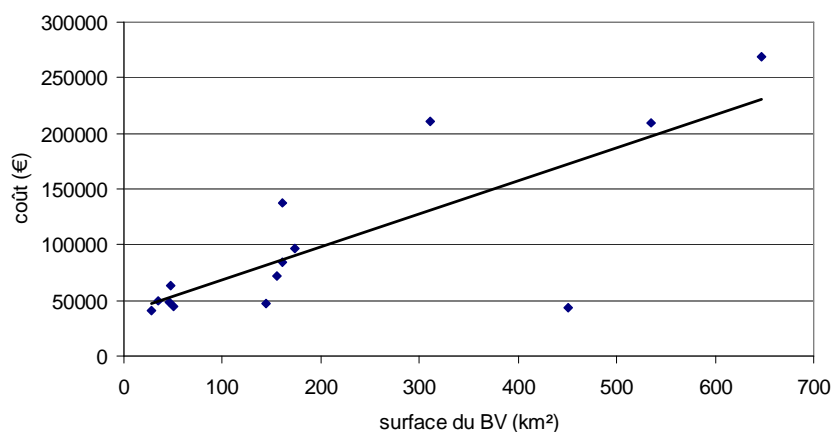
A titre informatif, l'estimation de l'investissement en temps nécessaire pour la récolte des données est présentée par type d'investigation en *annexe 9*.

#### V - Coûts prévisionnels

Certaines données, recueillies à l'échelle départementale, peuvent être chiffrées de manière indépendante :

- le coût du diagnostic génétique est de 90€/station (soit 13.500 € répartis sur 2 ou 3 ans pour le département de la Haute-Savoie où environ 150 stations ont été étudiées).
- Le coût total de l'évaluation de l'efficacité du repeuplement et du recrutement naturel par marquage des otolithes est de 80.000 € sur 5ans.

Le coût moyen de l'application de cette méthodologie, calculé sur la base des diagnostics déjà réalisés (figure 11), est de l'ordre de 44.000 € / 100km<sup>2</sup> de bassin versant.



Coût moyen :  
44000€ / 100 km<sup>2</sup>

**Figure 11** : relation coût de mise en place du cahier des charge / surface du bassin versant (d'après Vigier et Caudron, 2007).

# Récolte et traitement des données à l'échelle du Bassin Versant

## I - Contexte climatique et régime hydrologique

Les caractéristiques climatiques globales sont recherchées. Les précipitations mensuelles moyennes sur plusieurs secteurs du département sont disponibles auprès de météo France.

Certains cours d'eau disposent de stations de suivi limnimétrique (<http://hydro.eaufrance.fr/> ; <http://www.rdbmrc.com/hydroreel2/> pour le territoire de l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse). Pour les autres où aucune chronique de débit n'est disponible, des informations très générales telles que le type de régime hydrologique sont souvent précisés dans le Schéma Départemental à Vocation Piscicole (SDVP).

## II – Caractéristiques physiques du réseau hydrographique

### II.1 – PENTE ET CHANGEMENTS DE DEBITS

L'évolution longitudinale de la pente ainsi que les changements importants de débit sont les critères principaux justifiant la délimitation des tronçons.

Un profil en long du cours d'eau et de ses affluents principaux (si justifié) est réalisé à partir de la carte IGN au 1/25000ème. Les informations relatives à des changements de débits importants du cours principal (affluences importantes, débits réservés/restitution de débit...), sont replacées sur le profil en long.

### II.2 – OBSTACLES A LA MIGRATION DES POISSONS : RELEVES EXHAUSTIFS

La fragmentation anthropique du milieu est également considérée dans le découpage des tronçons du fait de leur impact sur l'hydromorphologie des cours d'eau et sur la continuité biologique.

#### II.2.1 – Récolte des données

La méthodologie mise en place afin de caractériser la fragmentation des cours d'eau résulte des travaux réalisés en 2009 et 2010 (Gaillard, 2009 ; Chasserieu, 2010).

En premier lieu, l'ensemble du linéaire est parcouru exhaustivement afin de recenser les ouvrages artificiels et naturels. Des précisions sur la nature et l'usage sont relevé ainsi que la localisation sur carte ou GPS. Cette étape peut-être associée aux relevés d'habitat et/ ou aux recensements de frayères (§ I p.14 et § II.1, p 15). Outre, l'intérêt de disposer de données exhaustives (hiérarchisation des ouvrages à équiper), cette étape préalable permet un réel gain de temps au moment des mesures pour localiser rapidement les ouvrages devant faire l'objet d'une caractérisation.

Ensuite les ouvrages recensés font l'objet d'une visite spécifique pour décrire précisément l'ouvrage. Les données à récolter pour caractériser l'ouvrage ont été définies sur la base des travaux réalisés par Ovidio *et al.* (2007). Cette fiche de relevé (*annexe 1*) a été réalisée conjointement entre l'ONEMA et la FDPPMA74 intègre l'ensemble des critères souhaités par chacune des deux structures.

La caractérisation poussée de l'ouvrage permet de renseigner les détails de longueur partielle ( $L_i$ ) et totale ( $L_t$ ), dénivelé ( $dh$ ), hauteur de chute partielle ( $hc$ ) et totale ( $hc_t$ ), hauteur d'eau ( $he$ ), profondeur de la fosse d'appel ( $pf$ ), vitesse du courant, nature et dimensions de l'ouvrage ( $d_1$ ,  $d_2$ ) en fonction de son type (buse, pont cadre, seuil ou barrage) et de son profil de chute (vertical, incliné, les deux). Ces paramètres pourront permettre de réévaluer a posteriori la franchissabilité de l'ouvrage selon Ovidio *et al.* (2007). Cet aspect est estimé individuellement sans prendre en considération le dispositif de franchissement si présent.

L'ouvrage est photographié et un schéma global est réalisé. Ils sont localisés géographiquement à l'aide d'un GPS. Les caractères topographiques et dimensionnels des ouvrages sont mesurés avec un niveau sur trépied (Ex : Sprinter 100, Leica), une mire (Ex : Sprinter barcode type GSS111, Leica) et un télémètre pour les dimensions >4 m. Les vitesses de

courant dans les buses et ponts cadre sont quantifiées avec un courantomètre électromagnétique (Ex : Nautilus C2000).

## ||.2.2 – Traitement des données

Les données récoltées sont intégrées à la base de données départementale liée à un logiciel de cartographie (SIG) ce qui permet de réaliser une analyse cartographique des données.



**L'ensemble des indices présentés ci-dessous ne sont pertinents que dans le cadre d'un recensement exhaustif.**

La pression anthropique est évaluée par un indice de densité d'ouvrages ( $I_D$ ) qui renseigne sur l'état global d'anthropisation par les ouvrages artificiels.

$$I_D = \left[ \frac{\text{nombre d'ouvrages recensés sur la rivière}}{\text{longueur de la rivière en km}} \right] \times 10$$

C'est le niveau d'impact de la dimension longitudinale qui est évalué par cet indice.

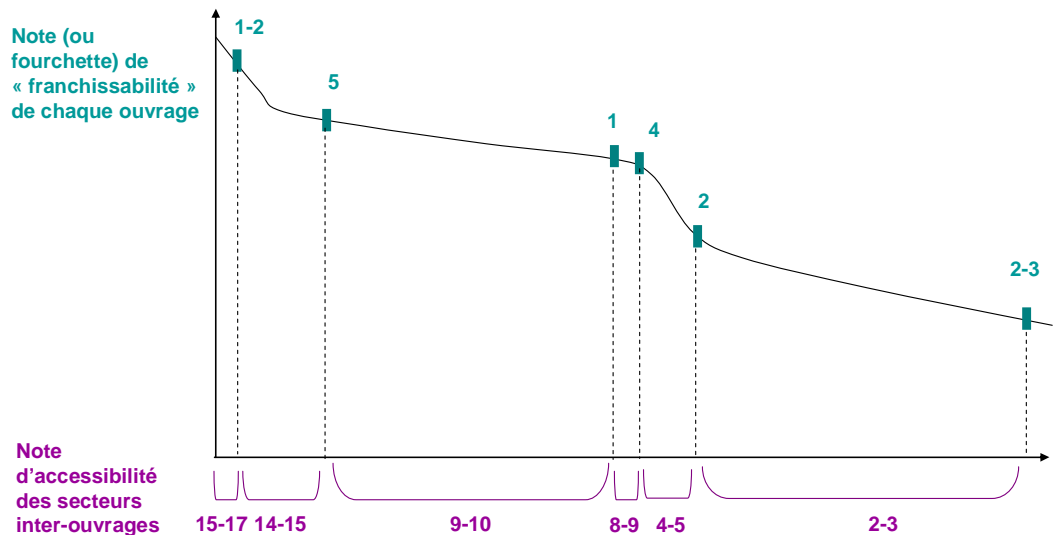
Le taux d'étagement (T) (Agence de l'eau Loire Bretagne, 2007), qui correspond au rapport entre la somme des chutes artificielles et la dénivellation naturelle est calculé pour évaluer le niveau d'impact de la dimension verticale des cours d'eau.

$$T = \left[ \frac{\Sigma \text{ hauteur de chutes artificielles}}{\text{dénivellation naturelle du cours d'eau}} \right] \times 100$$

Le calcul du taux d'étagement semble cependant mal appropriée aux milieux alpins, en effet la forte pente naturelle de ces cours d'eau tend à minimiser l'impact vertical de la fragmentation, ainsi cette analyse est complétée par une approche plus biologique à partir des capacités de franchissement des espèces ou groupe d'espèces.

L'impact vis-à-vis de la continuité piscicole pour une espèce donnée peut être approchée par un indice de fragmentation du milieu ( $I_F$ ) ou par une note d'effort d'accessibilité par zone inter-ouvrage (Ombredane, com. pers.) qui correspond à la somme les notes de « franchissabilité » données pour chaque ouvrage (figure 12). Une note est calculée pour les différents groupes d'espèces et elle permet une comparaison relative d'un cours d'eau à l'autre.

$$I_F = \left[ \frac{\text{nombre d'ouvrages infranchissables pour l'espèce considérée recensés sur la rivière}}{\text{longueur de la rivière en km}} \right] \times 10$$



**Figure 12 :** illustration du calcul de la note d'accessibilité (Ombredane com. Pers.) par secteur inter-ouvrage sur un profil en long théorique.

### III - Analyse de la structure géologique du BV

#### III.1 – RECOLTE ET TRAITEMENT DES DONNEES

Cette analyse cartographique est basée sur les cartes géologiques produites par le BRGM (1/50 000<sup>ème</sup>).

La reproduction de la cartographie géologique est réalisée sous SIG, et des champs relatifs aux caractéristiques des substrats (nature minéralogique, propriétés...) détaillées dans les notices du BRGM sont ajoutées à la table relative à la géologie.

#### III.2 – ANALYSE DES RESULTATS

Elle a pour objectif de contribuer à la compréhension des caractéristiques physico-chimiques des eaux de surfaces et de permettre :

- de dissocier les phénomènes naturels, d'apports polluants d'origine anthropique,
- de définir les voies de transferts de polluants (matières organiques, micropolluants divers, matière minérales fines...) sur le bassin versant et de tenter d'identifier les facteurs aggravants leur risque pour le cours d'eau.

La transposition des informations obtenues par ces analyses : caractéristiques naturelles des eaux, facteurs potentiels de dégradation et voies de transferts préférentiels de la ressource en eau à l'échelle du bassin étudié, nous permet d'affiner le diagnostic par croisement avec les données physico-chimiques et biologiques obtenus sur les stations d'études.

### IV - Analyse de l'occupation des sols

#### IV.1 – RECOLTE ET TRAITEMENT DES DONNEES

Dans un premier temps les limites géographiques du bassin versant topographique sont déterminées sur un fond de carte IGN au 25/1000<sup>ème</sup>.

Un assemblage des photographies aériennes ([www.geoportail.org](http://www.geoportail.org); ou geoportail des pays de Savoies : <http://pubnetris.rgd.fr/>) est réalisé sur cette surface à l'aide d'un logiciel de dessin vectoriel (Ex : Corel draw, Canvas, Inkscape...) afin d'obtenir une vue aérienne de la globalité du bassin. A partir de cette image, la délimitation des parcelles par types d'occupation des sols est réalisée sous SIG (Ex logiciels : .MapInfo, Quantum GIS, Arcview, ArcGIS...)

Dans la table relative à l'occupation du sol, un champ différencie les grandes catégories d'occupations suivantes :

- les types de culture (prairie, maïs, blé, maraîchage, vergers....),
- les zones construites, (habitation, zone industrielle, ...)
- des zones boisées (plantation, forêt naturelle),
- les zones naturelles particulières : névés, glaciers, éboulis... .
- les étendues d'eau (étang, lac naturel / artificiel...)
- ....

Les sous catégories à considérer (type de culture, type de forêt, type d'activité industrielles...) peuvent varier en fonction des territoires et des problématiques qui leurs sont associées.

Une visite de terrain peut-être envisagée pour préciser certains éléments non visibles en vue aérienne (Ex : type de culture, activités d'une industrie...).

D'autres informations peuvent être intégrées au SIG :

- PLU (plan local d'urbanisme anciennement POS plan d'occupation des sols), peuvent être obtenues en mairie (recensement des exploitations agricoles, état de l'assainissement collectif et individuel...)
- Données issues de bases de données disponibles sur Internet, Ex : BASOL, ICPE, ...

#### IV.2 – ANALYSE DES RESULTATS

L'analyse géographique permet :

- d'avoir une vision globale de l'occupation du sol et de différencier des « sous-bassins » correspondants aux changements des activités humaines sur le territoire,
- de calculer le pourcentage de recouvrement parcellaire par type d'occupation sur le bassin et/ou par sous bassin versant pertinent,
- de localiser les zones à risques (Ex : culture en bordure de cours d'eau : risques d'apports pesticides, risque industriel, de colmatage...),
- d'identifier les différents types de polluants potentiels (substances chimiques, matières en suspension...).

#### V - Historique des pratiques de repeuplement

Un historique des pratiques de repeuplements sur plusieurs années (données AAPPMA) est réalisé sur la base des archives des plans d'alevinages fournis par les AAPPMA. La prise en compte de l'évolution temporelle et spatiale des pratiques de repeuplements : densités introduites par secteur, espèce(s), souche(s), stade(s) de déversements, sont des éléments indispensables à prendre en compte dans l'analyse des populations actuelles de truite commune.

Une étude globale réalisée à l'échelle du département (Caudron et Champigneulle, 2007) démontre cette grande variabilité des pratiques de repeuplement.

Cette expérience suggère qu'il est nécessaire de faire un historique des pratiques de repeuplement sur cinq ans afin de considérer la période influençant potentiellement la population en place.

# Récolte et traitement des données à l'échelle du tronçon

## I - Description de l'habitat

Le protocole proposé s'inspire des méthodes conçues précédemment (Bovee 1982, Malavoi *et al.* 1989, Csp dr5 et Teleos 1998, D'Hervé FDP 59, 2005) afin de décrire la qualité globale du lit et des berges.

### I.1 – RECOLTE ET TRAITEMENT DES DONNEES

En premier lieu, le cours d'eau est découpé en tronçons homogènes. Ensuite, l'ensemble du linéaire du cours principal est parcouru au débit d'étiage afin de relever les caractéristiques principales des conditions d'habitat lorsque les niveaux sont les plus bas (situation contraignante).

Ce relevé est effectué de l'aval vers l'amont, au fur et à mesure de la progression sont noté (*annexe 2*) :

- les faciès (Malavoi *et al.*, 2002) et leurs principales caractéristiques : longueur (mesurée au moyen d'un topofil), largeur moyenne (estimée), substrats (dominant, secondaire, le plus gros ; échelle de Wentworth , 1922), présence et qualité de caches, la présence et l'accessibilité de systèmes latéraux (affluents, bars secondaires...).
- les informations relatives aux berges : hauteur, présence et état de la ripisylve, intensité de l'ombrage fournie par la ripisylve, présence de figures d'érosion.
- Les perturbations observées : présence de colmatage, obstacle au franchissement, présence de rejets, de prélèvements, de zones dégradées, aménagées, présence d'espèces végétales invasives...

Les hauteurs d'eau et vitesses de courant moyenne estimées par faciès sont réparties en cinq classes selon les limites suivantes (tableau 3) (d'après méthode d'analyse de la qualité physique à l'échelle des tronçons Csp dr5, Teleos, 1998):

classe	Hauteur d'eau	Vitesse de courant
1	0-10 cm	0-10 cm/s
2	11-40 cm	11-40 cm/s
3	41-80 cm	41-80 cm/s
4	81-150 cm	81-150 cm/s
5	>150 cm	>150 cm/s

**Tableau 3** : classes de hauteurs d'eau et de vitesses de courant utilisées dans la méthode de description de la qualité physique à l'échelle du tronçon (d'après protocole DR5, Teleos, 1998).

### I.2 – ANALYSE DES RESULTATS

Les linéaires et les caractéristiques des faciès sont reportées sous le SIG.

Les trois paramètres descripteurs de l'habitat piscicole : faciès d'écoulement, vitesses de courant et hauteurs d'eau sont étudiés indépendamment. Les tronçons peuvent être comparés sur la base de critères simples : diversité et représentation des différents faciès, substrats et classes de hauteur d'eau et de vitesses d'écoulement. Il est alors possible de suivre l'évolution amont-aval de la diversité de l'habitat piscicole par tronçon.

La répartition et la proportion des différents types d'habitat peuvent ensuite être mis en relation avec les données piscicoles (Ex : répartition et densité des différentes classes d'âge sur les stations d'étude), les poissons utilisant différents mésohabitats en fonction de leur stade de développement (Ex : Baglinière et Maisse, 2002. pour la truite commune).

## II - Recensement des zones de reproduction de la truite commune

### II.1 – ZONES DE REPRODUCTION POTENTIELLES

Les zones de reproduction potentielles sont estimées à partir des trois variables relevées lors de la description de l'habitat à l'échelle des faciès. Les critères de frayères potentielles retenus sont (Baglinière et Maisse, 2002) :

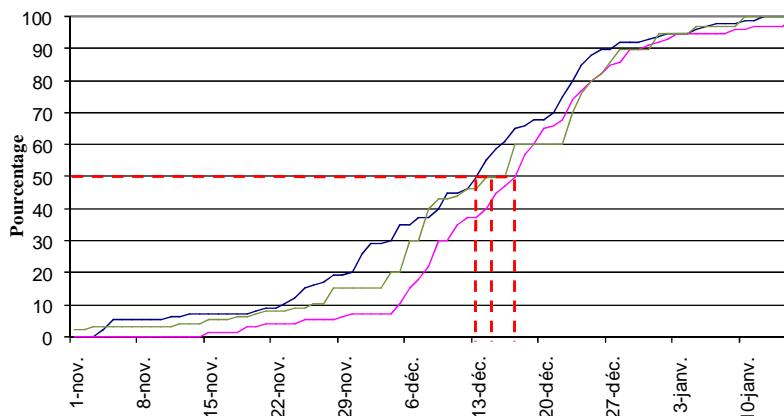
- la zone d'accélération du courant (fin de profond / début de radier) \*
- granulométrie comprise entre 2 et 5 cm (GF, GC, CF).

Pour le cas des torrents pauvres en substrat de fraie, Champigneulle *et al.* 2003 ont décrit des sites de fraie plus diversifiés qui ont été classés selon divers types de microhabitats de fraie.

### II.2 – RECENSEMENT DES FRAYERES OBSERVEES

Dans le cadre de la caractérisation du recrutement naturel de la population de truite en place, un recensement des frayères naturelles par parcours de l'ensemble du linéaire du cours d'eau et de ses affluents est réalisé durant l'hiver précédent l'année de réalisation des pêches d'inventaires. De préférence, ce recensement a lieu durant le pic d'activité de reproduction.

En Haute-Savoie, la date médiane de ponte a été fixée au 15 décembre (figure 13) en accord avec les observations actuellement disponibles sur différents cours d'eau du département (Champigneulle *et al.*, 1988 et 2003 ; Caudron *et al.*, 2002). Les observations sont donc réalisées préférentiellement durant le mois de décembre.



**Figure 13** : pourcentages cumulés de frayères observées quotidiennement pendant toute la période de reproduction sur trois cours d'eau de Haute-Savoie (Redon, Chevenne, Morette) localisés entre 400 et 1200 m d'altitude.

### II.3 – ANALYSE DES RESULTATS

Les données de frayères observées sont intégrées sous le SIG puis retranscrites en densité par secteurs homogènes.

Une comparaison cartographique entre les frayères potentielles et observées permet d'évaluer le niveau d'utilisation des zones de reproduction qui peut, dans certains cas, être limitant pour la population.

Ces résultats seront également utilisés dans le cadre de l'évaluation du recrutement naturel.

# Récolte et traitement des données à l'échelle de la station

## I - Qualité physico-chimique de l'eau

### I.1 – RECOLTE ET TRAITEMENT DES DONNEES

La qualité physico-chimique de l'eau est évaluée sur chaque station par une analyse des paramètres suivants :

- Température (°C)
- Oxygène dissous (mg/l) et taux de saturation (%O<sub>2</sub>)
- pH
- Conductivité (µS/cm)
- Dureté calcique (mg/l)
- Dureté magnésienne (mg/l)
- Azotes (NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> et NH<sub>4</sub> en mg/l)
- Orthophosphates (PO<sub>4</sub> en mg/l)

Les échantillons d'eau sont analysés en laboratoire. Elles peuvent être réalisées par des tests destinés aux analyses de routine qui ont l'avantage d'être peu onéreux et d'offrir une grande autonomie. Cependant si l'on souhaite disposer d'analyses plus précises il est préférable de se rapprocher d'un laboratoire d'analyse.

Les mesures du pH, de la conductivité et de l'oxygène sont effectuées sur site au moment des prélèvements, à l'aide d'un boîtier multisonde.

### I.2 – ANALYSE DES RESULTATS

#### I.2.1 – caractérisation de la qualité physico-chimique du milieu

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau sont interprétés sur la base des classes du SEQeau (Meed et Agence de l'eau RMC, 2003 ; Mission interministérielle, 1990), mais plus particulièrement sur la base d'autres valeurs issues de la littérature scientifique (Verneaux et Nisbet, 1970).

#### I.2.2 – caractérisation de la qualité physico-chimique vis-à-vis des salmonidés

L'analyse des résultats physico-chimique vis-à-vis des populations de truites est basée sur une synthèse bibliographique de valeurs seuils, issues de la littérature, à partir desquels des effets négatifs pour les salmonidés sont observés (*annexe 3*, Caudron *et al.*, 2006b).

Etant démontré que la forme toxique affectant les poissons est la molécule d'ammoniac non ionisé (NH<sub>3</sub>) et non l'ion ammonium (Trussell, 1972 ; FAO, 1971 ; Haywood, 1983), la concentration d'azote ammoniacal est calculée à partir des concentrations d'ammonium, des valeurs de pH et de températures mesurées sur la station au moment du prélèvement. Ces calculs peuvent être effectués sur le calculateur en ligne d'ammoniac non ionisé (<http://cobweb.ecn.purdue.edu/~piwc/w3-research/free-ammonia/nh3.html>; Alleman, 1998).

Dans le cas où l'on cherche à caractériser la qualité physico-chimique le l'eau durant la période de développement embryo-larvaire, plus particulièrement sensible à diverses pollutions (ammonium, orthophosphates, colmatage, ...), les prélèvements hivernaux doivent être effectués à une fréquence élevée à raison d'au moins une campagne tous les 15 jours sur la période allant de la ponte jusqu'à l'émergence.

Plusieurs études synthétiques par Gillet (2001) se sont intéressées aux conséquences négatives de l'enrichissement des sédiments en matière organique sur le recrutement des salmonidés. Outre le phénomène de colmatage de frayère lié aux MES déjà mis en évidence (Massa, 2000), le rôle négatif de l'eutrophisation vis-à-vis de la survie embryo-larvaire a été établi (tableau 4, Gillet, com. pers.).

Etat trophique	Teneur en NH4 et PO4	Taux de survie stade oeillé
Oligotrophe	NH4 et PO4 < 0,3 mg/l	> 50%
Eutrophe	NH4 ou PO4 > 1 mg/l ou NH4 et PO4 > 0,3 et < 1 mg/l	30%
Très eutrophe	NH4 et PO4 > 1 mg/l	0-2 %

**Tableau 4** : définition des trois états trophiques en fonction des teneurs en NH4 et PO4 et effets sur la survie des œufs de truite au stade oeillé (d'après Gillet, com.pers.).

## II - Recherche d'éléments toxiques dans les sédiments

Cette mesure a pour but d'identifier les éventuelles pollutions chimiques auxquelles les populations de poissons ont été et sont actuellement exposées lors d'éventuels épisodes de relarguage.

### II.1 – RECOLTE ET TRAITEMENT DES DONNEES

Une campagne de mesure de la qualité des sédiments est réalisée sur un certain nombre de stations (à définir selon le contexte de bassin versant : risques polluants identifiés). Les sédiments fins sont choisis afin de rechercher les contaminations toxiques car ils constituent un substrat à mémoire chimique. Les prélèvements doivent être réalisés après une période d'au moins 5 jours de débits stabilisés.

Les échantillons sont analysés par un laboratoire départemental agréé. La méthode semi-quantitative dite des « multi-résidus » employée permet d'effectuer un large balayage analytique à moindre coût. L'analyse peut-être complétée par la recherche des métaux suivants : Arsenic (As), Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Mercure (Hg), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Zinc (Zn).

### II.2 – ANALYSE DES RESULTATS

Les résultats sont interprétés sur la base des valeurs seuils du SEQ lorsqu'elles existent, les concentrations ubiquitaires et les PNEC proposées par l'INERIS, ainsi que sur d'autres valeurs trouvées dans la littérature scientifique (Ex : *annexe 4*, Huchet, 2007).

Une comparaison est effectuée entre les résultats obtenus sur les stations étudiées et les résultats obtenus sur les sites accueillant des écrevisses à pieds blancs et considérés à ce titre comme relativement préservés.

Il est important de noter le caractère ponctuel, aussi bien dans le temps que dans l'espace de ce type d'analyses qui n'intègre donc pas la variabilité spatio-temporelle de la contamination toxique des sédiments. De même, il est important de garder à l'esprit à la lecture des résultats la possible existence de faux zéros, c'est-à-dire de molécules présentes dans l'échantillon à des concentrations inférieures au seuil de détection de l'analyse, mais ayant pourtant un effet toxique reconnu à ces concentrations.

### III - Métabolisme thermique et typologie

La température est reconnue comme étant un facteur déterminant de la qualité du milieu aquatique.

#### III.1 – RECOLTE ET TRAITEMENT DES DONNEES

L'ensemble des stations étudiées bénéficient d'un suivi sur un cycle annuel complet au pas de temps horaire à l'aide de thermographes enregistreurs (Ex : *Onset HOBO.*).

Toutes les modalités de pose des enregistreurs et de validation et de traitement des données thermiques sont décrites dans le manuel d'utilisation de la Macro Excel d'Aide au Calcul de variables thermiques appliquées aux milieux aquatiques Salmonicoles (MACMASalmo V1.0, Dumoutier *et al.*, 2010).

Les données brutes permettent de caractériser sur chaque station 30 variables thermiques (tableau 5) différentes réparties en 4 grandes catégories :

- D'une part les variables thermiques générales caractérisant le milieu,
- D'autre part, les variables thermiques relatives aux exigences écologiques de la truite commune :
  - preferendum thermique de la truite commune
  - conditions de développement de la PKD,
  - conditions thermiques relatives à la phase de développement embryo-larvaire.

Les calculs à partir des données brutes sont réalisés grâce à la Macro Excel MACMASalmo (Dumoutier *et al.*, 2010 ; disponible sur demande, se reporter à la procédure décrite sur [http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1\\_bis.php?categ=5](http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=5)).

Catégorie	Code variable	Désignation succincte
Rappel	Dd Période	Date de début de la période étudiée
	Df Période	Date de fin de la période étudiée
	Durée	Durée de la période en jours
Thermie générale	Ti min	Température instantanée minimale
	Ti max	Température instantanée maximale
	ATi	Amplitude thermique sur la période étudiée
	Ajmax Ti	Amplitude thermique journalière maximale
	D Ajmax Ti	Date à laquelle l'amplitude thermique journalière maximale a été observée
	Tmj min	T° moyenne journalière minimale
	Tmj max	T° moyenne journalière maximale
	ATmj	Amplitude thermique des moyennes journalières
	D Tmj max	Date à laquelle la T° moyenne journalière maximale a été observée
	Tmp	T° moyenne de la période
	Tm30j max	T° moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds
	Dd Tm30j max	Date de début de la période correspondante aux 30 jours consécutifs les plus chauds
	Df Tm30j max	Date de fin de la période correspondante aux 30 jours consécutifs les plus chauds
	Nbj Tmj 4-19	Nombre total de jours durant lesquels la T° est comprise entre 4 et 19°C
	%j Tmj 4-19	Pourcentage de jours où la T° moyenne journalière est comprise entre 4 et 19°C
Preferendum thermique	Dd Tmj <4	Date à laquelle la T° moyenne journalière est pour la première fois < 4°C
	Df Tmj <4	Date à laquelle la T° moyenne journalière est pour la dernière fois < 4°C
	%j Tmj <4	Pourcentage de jours où la T° moyenne journalière est < 4°C
	%j Tmj >19	Pourcentage de jours où la T° moyenne journalière est > 19°C
	Nb Ti > 19	Nombre d'heures totales où la T° instantanée est > 19°C
	Nb sq Ti > 19	Nombre de séquences durant lesquelles la T° instantanée reste > 19°C
	Nbmax Ti csf > 19	Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles la T° instantanée reste > 19°C
	Nb Ti ≥ 25	Nombre d'heures totales où la T° instantanée est ≥ 25°C
	Nb sq Ti ≥ 25	Nombre de séquences durant lesquelles la T° instantanée reste ≥ 25°C
	Nbmax Ti csf ≥ 25	Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles la T° instantanée reste ≥ 25°C
	Nb Ti ≥ 15	Nombre d'heures totales où la T° instantanée est ≥ 15°C
	Nb sq Ti ≥ 15	Nombre de séquences durant lesquelles la T° instantanée reste ≥ 15°C
Développement potentiel PKD	Nbmax Ti csf ≥ 15	Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles la T° instantanée reste ≥ 15°C
	D50 ponte	Date médiane de ponte rentrée par l'utilisateur
	Phase de vie embryo-larvaire (PEL)	Nbj Inc
D50 Ecl		Date médiane d'éclosion
Nbj Rsp		Nombre de jours de résorption
Nbj PEL		Nombre total de jours de la Phase de vie Embryo-Larvaire
D50 Emg		Date médiane d'émergence
Nb Ti > 15 (PEL)		Nombre d'heures totales où la T° instantanée est > 15°C pendant la PEL
Nb sq Ti > 15 (PEL)		Nombre de séquences pendant la PEL durant lesquelles la T° instantanée reste > 15°C
Nbmax Ti csf > 15 (PEL)		Nombre d'heures max consécutives pendant la PEL durant lesquelles la T° instantanée reste > 15°C
Nb Ti < 1,5 (PEL)		Nombre d'heures totales où la T° instantanée est < 1,5°C pendant la PEL
DNb sq Ti < 1,5 (PEL)		Nombre de séquences pendant la PEL durant lesquelles la T° instantanée reste < 1,5°C
Nbmax Ti csf < 1,5 (PEL)		Nombre d'heures max consécutives pendant la PEL durant lesquelles la T° instantanée reste < 1,5°C

**Tableau 5:** présentation et description des 30 variables thermiques calculées à partir des données de température (Dumoutier *et al.*, 2010)

## III.2 – ANALYSE DES RESULTATS

### III.2.1 - Les conditions thermiques générales

- *au niveau du bassin* sont décrites à partir de la comparaison de leur évolution annuelle des températures moyennes journalières de l'ensemble des stations étudiées. Une représentation graphique intégrant les courbes des températures moyennes journalières de toutes les stations étudiées (ou de groupes pertinents, Ex : sous bassin versant) permet d'avoir une vision synthétique de l'évolution thermique au niveau du bassin.

- *au niveau de chaque station* sont décrites par les variables : la température instantanée maximale ( $T_i \text{ max}$ ), l'amplitude thermique des moyennes journalières ( $AT_{mj}$ ) et température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds ( $T_{m30j \text{ max}}$ ).

### III.2.2 - Les conditions thermiques des stations vis-à-vis des exigences écologiques de la truite commune

#### III.2.2.1 - Preferendum thermique

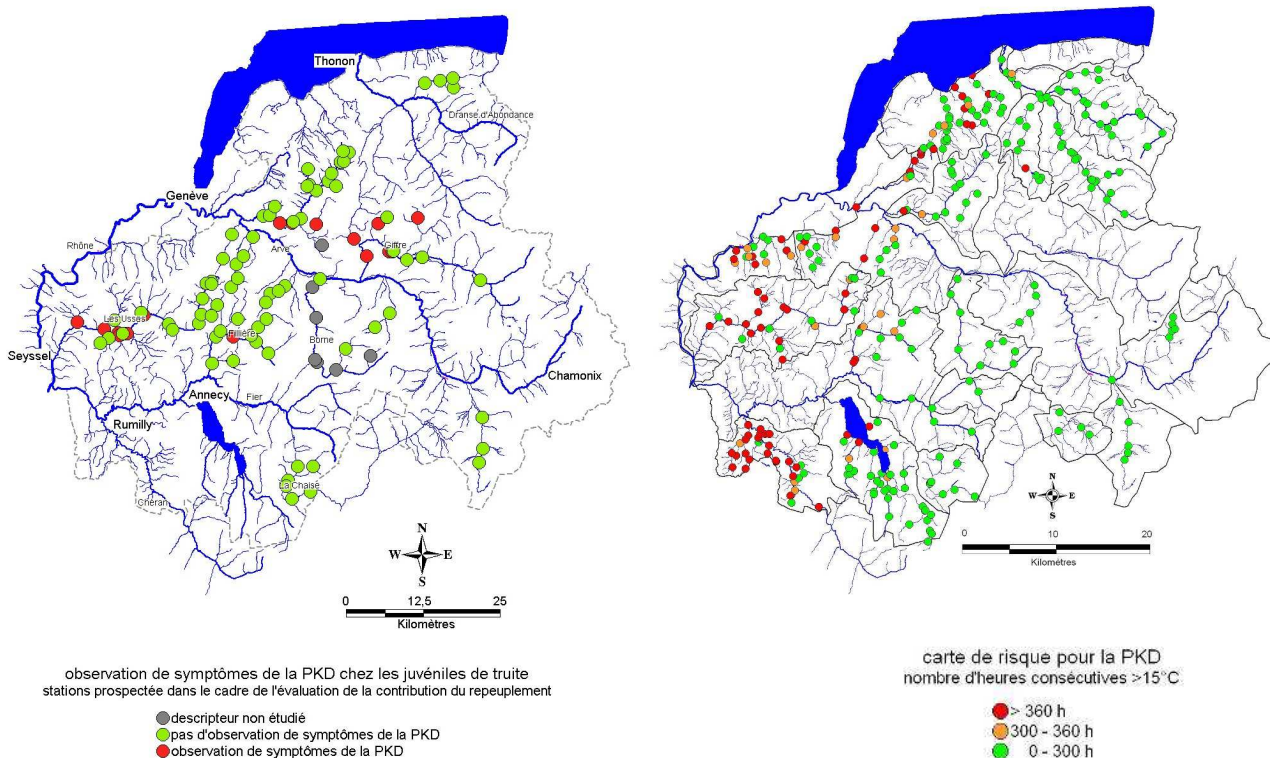
Les données thermiques recueillies permettent de calculer le temps (nombre de jours par an) où la température de l'eau est comprise dans le preferendum thermique de la truite commune. Ce preferendum peut être défini comme la plage de températures d'eau permettant une activité métabolique de la truite c'est-à-dire favorable à son alimentation et à sa croissance. En accord avec de nombreux auteurs (Varley, 1967 ; Elliott, 1975 ; Alabaster et Lloyd, 1980 ; Elliott, 1981 ; Crisp, 1996 ; Elliott et Hurley, 2001), les valeurs limites basse et haute de ce preferendum ont été fixées respectivement à 4°C et 19°C.

#### III.2.2.2 - Conditions favorables au développement de la PKD

La PKD (« Proliferative Kidney Disease » = maladie rénale proliférative), est une maladie infectieuse touchant préférentiellement les truites, les ombres et les saumons. Elle provoque, chez les sujets atteints, une importante hypertrophie des reins et éventuellement du foie et de la rate qui peut entraîner dans les populations des taux de mortalité relativement importants notamment chez les juvéniles. L'agent infectieux est un parasite nommé *Tetracapsula bryosalmonae* (Canning *et al.*, 1999) qui utilise comme hôte intermédiaire des bryozoaires\* (Anderson *et al.*, 1999). La température de l'eau joue un rôle important dans le cycle de développement de ce parasite qui se propage dans le milieu naturel lorsque celle-ci atteint 9°C (Gay *et al.*, 2001). L'apparition de la maladie chez la truite arc en ciel nécessite une température d'au moins 15°C pendant 2 semaines.

Les sites présentant des conditions thermiques favorables aux développements de la PKD sont identifiés par le nombre d'heures consécutives où la température de l'eau est supérieure ou égale à 15°C. Ceux pour lesquels la durée dépasse 360 heures consécutives (soit 15 jours) sont considérés comme pouvant présenter un risque potentiel important de développement de la PKD.

Malgré la différence temporelle entre les observations, et les suivis thermiques, la correspondance entre l'évaluation d'un risque et la présence effective de l'agent pathogène sur les bassins étudiés (figure 14), semble montrer la pertinence de la variable utilisée. En outre, ceci montre l'intérêt de prendre en compte ces risques potentiels d'infection dans l'étude des populations de truites au vu également de la mise en évidence récente de sites infectés en Grande Bretagne (Feist *et al.*, 2002) et en Suisse (Wahli *et al.*, 2002) où la PKD est considérée sur certains secteurs comme responsable du déclin piscicole (Burkhardt-Holm *et al.*, 2002).



**Figure 14** : représentation cartographique des résultats de l'observation des symptômes de MRP (a) (Caudron et Champigneulle, 2007) et carte des risques potentiels d'infection par la MRP établie sur le département de la Haute-Savoie à partir des durées calculées pour lesquelles la température est supérieure à 15°C (b) (Dumoutier *et al.*, 2010).

### III.2.2.3 - durée et conditions thermiques du développement embryo-larvaire

Une estimation de la durée totale (50% d'alevins émergents) de vie sous graviers des œufs et alevins vésiculés est calculée selon la méthode proposée par Crisp (1992). La date médiane de ponte a été fixée au 15 décembre en accord avec les observations actuellement disponibles sur différents cours d'eau de Haute-Savoie (CF §II.2 p.15).

Une fois la durée de la phase de développement embryo-larvaire évaluée, les conditions thermiques pendant cette phase sont plus précisément étudiées. En accord avec Humpesh (1985), les températures moyennes journalières de 1,5°C et de 15°C peuvent être considérées comme des valeurs limites à partir desquelles le taux de survie embryo-larvaire est fortement affecté. Ainsi, les séquences de temps où la température présente des valeurs inférieures à 1,5°C ou supérieures à 15°C sont recherchées.

Le recoupement des données thermiques obtenues depuis 2003 et des résultats de l'étude d'évaluation de la participation du recrutement naturel et des repeuplements (Caudron et Champigneulle, 2007) nous a permis d'identifier des durées seuils par phases de vie embryo-larvaire, au-delà desquelles l'émergence des alevins naturels semble compromise.

Les durées d'accomplissement de ces phases de développement sont d'autant plus longues que la température de l'eau est basse, ainsi les différents seuils identifiés par phase sont :

- incubation : 130 jours (4 mois et demi)
- résorption : 50 jours (1 mois et demi)
- phase de vie embryo-larvaire (incubation+résorption) : 180 jours (6 mois),

au-delà de ces durées, les chances d'émergence des alevins sont considérées comme extrêmement faibles.

De manière plus approximative, les durées consécutives maximales tolérées au-delà de 15°C et en-deçà 1,5°C durant la phase de vie sous-gravier sont respectivement de l'ordre d'une

trentaine d'heures pour les fortes températures (>15°C) et d'une vingtaine de jours pour les faibles températures (1,5°C).



Ces seuils d'interprétation sont basés sur des observations faites sur le département de la Haute-Savoie, ainsi ils n'ont qu'une valeur locale.

Les caractéristiques thermiques obtenues sur chacune des stations pour les variables citées précédemment, permettent de connaître l'aptitude du milieu à accueillir ou non une population fonctionnelle de truite. En effet, le dépassement prolongé du seuil de confort, l'existence de conditions favorables au développement de la PKD ou encore de trop faibles températures durant la période de vie embryo-larvaire, sont autant de facteurs limitant le développement voir même le maintien d'une population naturelle de truite.

### III.3 – CALCUL DU NIVEAU TYPOLOGIQUE THEORIQUE

La détermination de l'appartenance typologique d'une station (Verneaux, 1976) permet de définir les populations référentielles de poissons et de macroinvertébrés sur la base des caractéristiques mésologiques de la station. Il s'avère donc intéressant dans le cadre de la comparaison peuplement de référence / peuplement observé.

En prenant en compte six paramètres mésologiques à travers les trois facteurs fondamentaux que sont le facteur thermique, le facteur trophique et le facteur morphodynamique, il est possible de calculer le niveau typologique théorique d'une station de cours d'eau.

- le facteur thermique  $T_1$  prend en compte la moyenne des températures maximales des 30 jours consécutifs les plus chauds ( $\theta_{max}$ ), (CF : §III.2.1. p.19)
- le facteur géotrophique  $T_2$  est fonction de la distance à la source ( $d_0$  en km) et de la dureté calco-magnésienne ( $D$  en mg/L)
- le facteur morphodynamique  $T_3$  est lié à la section mouillée à l'étiage ( $S_m$  en  $m^2$ ), à la pente du lit ( $p$  en ‰) et à la largeur du lit mineur ( $l$  en m)

Chaque facteur, composante du niveau typologique, se calcule de la manière suivante :

$$T_1 = 0,55 \theta_{max} - 4,34$$

$$T_2 = 1,17 [\text{Ln}(d_0 \times D / 100)] + 1,50$$

$$T_3 = 1,75 [\text{Ln}(S_m / (p \times l^2) \times 100)] + 3,92$$

Le niveau typologique théorique (NTT) s'obtient grâce à une formule finale :

$$T_{th} = 0,45 \times T_1 + 0,30 \times T_2 + 0,25 \times T_3$$

## IV - Etude du compartiment macrobenthique

### IV.1 – RECOLTE ET TRAITEMENT DES DONNEES

L'échantillonnage des communautés d'invertébrés est adapté du protocole d'analyse semi-quantitative (adapté de Bacchi, 1994 ; Parmentier, 1994, Teleos, 2000). Ce protocole est fondé sur une prospection plus complète de l'espace fluvial (12 placettes dans ce type d'étude) et sur une détermination générique des taxons prélevés. Il balaye les trois composantes majeures de l'habitat aquatique : nature du substrat, vitesses de courant et hauteurs d'eau. Lors de l'échantillonnage des stations, chaque couple substrat/vitesse recensé est échantillonné au moins une fois dans la hauteur d'eau où il est le plus représenté. Dans le cas d'une variété de substrat/vitesse inférieure à 12, les prélèvements sont dupliqués pour les couples dominants dans les classes de profondeurs différentes.

Afin de disposer de données homogènes sur le territoire, acquises principalement à l'aide de l'application du protocole IBGN, les prélèvements sont effectués comme suit.

- phase 1 : les prélèvements sont à réaliser selon le protocole IBGN.
- phase 2 : le complément à 12 est effectué sur les combinaisons de substrat-vitesse-hauteur non échantillonnées.

Ce protocole nécessite la réalisation préalable d'une cartographie prenant en compte les trois composantes de l'habitat : substrat/support, hauteurs d'eau et vitesses de courant. Cette cartographie ainsi que l'échantillonnage doivent être réalisés durant l'étiage.

La détermination du macrobenthos est effectuée au genre pour la majorité des ordres. Ce niveau de détermination paraît être le niveau minimum indispensable pour analyser les structures semi-quantitatives des biocénoses benthiques du fait des divergences d'exigences écologiques au sein d'une même famille d'invertébrés. Ce niveau de détermination générique reste cependant insuffisamment précis mais permet toutefois une bonne approche du peuplement de la macrofaune benthique.

### IV.2 – ANALYSE DES RESULTATS

#### IV.2.1 - Les méthodes indicielles

Sur la base de la liste faunistique relative aux 8 placettes et d'une détermination à la famille, l'Indice Biologique Global Normalisé (AFNor, 1992) est particulièrement sensible aux modifications de la qualité organique de l'eau et de la nature du substrat. Ainsi le groupe indicateur renseigne principalement sur la qualité physico-chimique pour les paramètres de pollution classique à dominante organique.

Le calcul de la note IBGN est complété par le calcul de la robustesse de la note IBGN. Celle-ci, calculée en supprimant le premier groupe indicateur de la liste faunistique et en conservant la même variété taxonomique, permet ainsi de juger de la fiabilité de la note IBGN.

L'indice d'aptitude biogène, **cb2** (Verneaux, 1982), est également calculé. Cet indice plus robuste du fait de sa prise en compte de la densité des taxons ( $\geq 3$  individus) et d'un répertoire faunistique plus important (92 taxons indicateurs, *annexe 5*) a également l'avantage de distinguer deux indices : l'indice nature et l'indice variété. Leur contribution respective à la note totale apporte une information intéressante quant à la participation de la qualité physico-chimique de l'eau (**In**) ou de l'habitat (**Iv**) sur l'hospitalité du milieu.

Afin de faciliter l'interprétation du cb2, et notamment de l'**Iv**, un **coefficient morphodynamique (m)** est calculé. Il permet d'évaluer la qualité de l'habitat en fonction des couples substrat/vitesse inventoriés sur la station.

Les modalités de calcul de ces indices et la liste faunistique associée sont présentées en *annexe 6*.

Ces méthodes d'analyses simplifiées des communautés benthiques, généralement exprimées sous forme indicielle, permettent d'apprécier l'évolution dans l'espace et dans le

temps de l'aptitude biogène globale des sites d'eau courante. Toutefois, leur degré de sensibilité est insuffisant pour mesurer quantitativement l'impact de plusieurs catégories de perturbations. De plus, le niveau de détermination à la famille s'avère souvent trop imprécis pour dégager et différencier certaines causes de perturbations.

Compte tenu des limites de ces méthodes, la méthode expérimentale générique semi-quantitative des peuplements benthiques (adaptée de Bacchi, 1994) est mise en œuvre.

#### IV.2.2 - Analyse semi-quantitative

Sur la base d'une liste faunistique plus complète (12 placettes) et d'une détermination plus poussée, cette approche permet de comparer la structure de la communauté benthique sur la base de descripteurs simples : variété taxonomique (S), évolution des effectifs et/ou densités, présence/absence de taxons, évolution longitudinale de la présence et de la représentativité des taxons (ordres, familles, genres...).

La caractérisation objective de la diversité et de l'équilibre de la structure du peuplement présent sur chaque station est effectuée par les calculs :

- de l'indice de Shannon et Wiener H' (Shannon, 1948) qui permet d'appréhender à la fois l'abondance et la richesse taxonomique. Indépendant de la taille de l'échantillon, l'indice calculé informe sur la diversité à l'intérieure du peuplement : la dominance marquée d'un taxon révèle une faible diversité, alors que la codominance de plusieurs espèces révèle une grande diversité. Cet indice évolue entre 0 (diversité faible) et  $\log_2 S$  dans le cas où toutes les espèces présentes le sont avec une abondance équivalente (généralement  $H' = 4,5$  ou 5 pour les peuplements les plus diversifiés).

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \times \log_2 \frac{n_i}{N}$$

avec      s = richesse taxonomique  
             Ni = effectif du taxon i dans l'échantillon  
             N = effectif total

- de l'équitabilité E (Pielou, 1966) permet de mesurer l'équitabilité (= équirépartition, régularité) des effectifs des taxons du peuplement par rapport à une répartition théorique égale pour l'ensemble des espèces ( $H_{max}$ ). Cet indice correspond au rapport de la diversité observée dans l'échantillon ( $H'$ ) à une distribution de fréquence des taxons complètement égale (effectifs égaux). Cet indice varie entre 0 (une seule espèce domine) et 1 (toutes les espèces ont la même abondance). Insensible à la richesse spécifique, il est très utile pour comparer les dominances potentielles entre stations ou entre dates d'échantillonnage.

$$E = \frac{H'}{H_{max}}$$

avec       $H_{max} = \log_2 s$

Le calcul de ces indices fournit une indication supplémentaire et synthétique permettant de comparer la diversité et l'équilibre de la structure des peuplements observés sur les différentes stations d'étude.

### IV.2.3 - Analyse des traits caractéristiques du peuplement

Cette approche complémentaire vise à mieux comprendre les réponses des communautés benthiques face aux variations de l'environnement par l'intermédiaire du classement des organismes en groupe fonctionnels ou par rapport à leurs préférences écologiques. Les réponses des différents groupes de la communauté benthique face aux variations de l'environnement traduisent les tendances générales d'évolution du peuplement dans son ensemble. Ces tendances ne sauraient être détectées par l'étude d'une espèce particulière trop peu représentative ou des paramètres structuraux (richesse spécifique, abondance, biomasse) trop généraux (Grall et Hily, 2003).

L'analyse de l'évolution de la diversité fonctionnelle du peuplement macrobenthique est appréhendée par l'intermédiaire des Traits Biologiques, Ecologiques et Physiologiques : TBEP (Tachet *et al.*, 2003). L'approche utilisée consiste à calculer la distribution des fréquences relatives des notes d'affinités calculées pour les différentes modalités d'un trait. Cette analyse ne prend en compte que les taxons disposant du niveau de détermination requis à leur utilisation définis dans Tachet *et al.* (2003) et est réalisée à partir de la liste faunistique obtenue sur l'ensemble des 12 placettes.

Il est donc important de définir au préalable (au moment de la détermination) la finesse de l'analyse voulue afin de définir en amont le niveau de détermination des taxons autres que les EPTC (éphéméroptères, plécoptères, tricoptères, coléoptères), souvent déterminés au genre. Cette considération est notamment importante à prendre en compte dans l'étude de milieu dégradé où les peuplements peuvent être dominés par des diptères, oligochètes...

Dans le cadre de la démarche de diagnostic pratiquée, l'approche utilisée consiste à suivre l'évolution longitudinale des distributions de fréquences des notes d'affinités pour les différentes modalités d'un trait, ce qui permet de noter l'évolution des fonctions biologiques (ex : taille maximale, nombre de générations par ans, modalités de reproduction, forme de résistance, mode d'alimentation...), physiologiques (ex : respiration, températures, valeur saprobiale...) ou écologiques (préférendum des microhabitats, distribution longitudinale, mode de locomotion...). Ces évolutions perceptibles sur le peuplement informe notamment sur l'évolution des conditions du milieu.

Cette méthode d'analyse de la diversité fonctionnelle, est moins précise que l'analyse quantitative, mais elle à l'avantage d'être moins sensible aux variations saisonnières et spatiales (Bady *et al.*, 2005). En outre, l'utilisation des traits biologiques permet une comparaison des stations basée sur une approche reproductible.

→ Ces trois approches : indicielle, semi-quantitative et fonctionnelle, apportent toutes des éléments complémentaires à l'interprétation des résultats qui sont respectivement (pour les plus importants) : la possibilité d'une comparaison avec les données historiques, une approche écologique basée sur les caractéristiques individuelles des populations des divers taxons et une approche reproductible considérant les fonctions de la communauté benthique dans son ensemble.

## V - Etude du peuplement piscicole

### V.1 – RECOLTE ET TRAITEMENT DES DONNEES : PROTOCOLE D'ECHANTILLONNAGE ET BIOMETRIE

L'échantillonnage pisciaire est réalisé par pêche électrique. L'ensemble des stations retenues sont pêchées la même année selon la méthode par enlèvement successif (De Lury, 1951).

Le nombre d'anodes préconisé (Beaumont *et al.*, 2002) pour avoir une efficacité de pêche suffisante est de (exemple pour une anode de diamètre 38 cm) :

- une pour une largeur de cours d'eau inférieure ou égale à 5m,
- deux jusqu'à dix mètres de large
- trois jusqu'à quinze mètres...

Les campagnes d'inventaires piscicoles sont préférentiellement réalisées en période d'étiage estival et automnal, ce qui permet de prendre en compte les alevins de l'année (taille permettant une relativement bonne efficacité de capture en pêche à l'électricité, mais également assez petite pour pouvoir identifier sans ambiguïté leur appartenance à la classe 0+).

Relevés biométrique et renseignements collectés:

- La différenciation des captures effectuées aux différents passages (au minimum 2),
- La réalisation des mesures biométriques suivantes :
  - o chaque individu est identifié (espèce), mesuré (longueur totale en mm) et pesé (grammes) individuellement,
  - o dans le cas de fortes abondances de petites espèces (chabot, loche franche, vairon, ...) ou d'alevins d'une espèce, des lots sont réalisés par espèce et par classes de tailles homogènes. Dans ce cas ne sont relevés que la taille minimale et maximale, le poids total et le nombre d'individus constituant le lot,
  - o lorsque le nombre d'individus est trop important des tares de 100 individus sont réalisées (1 tare par espèce et classes de tailles) sur le principe des lots. Les individus restants sont triés selon le même schéma que les tares réalisées puis font l'objet d'un simple pesage.

### V.2 – ANALYSE DES RESULTATS AU NIVEAU DU PEUPEMENT PISCICOLE

#### V.2.1 - Evolution longitudinale

La première étape de traitement consiste à comparer les résultats obtenus sur les pêches d'inventaires réalisées dans le cadre du diagnostic. L'intérêt de cette analyse est renforcé par le fait que les résultats d'inventaires, tous réalisés la même année, sont affranchis des variations interannuelles des paramètres environnementaux (crues, étiages, pollutions....)

Dans un premier temps l'évolution des paramètres globaux : richesse spécifique, densité et biomasse, est privilégiée.

D'autres paramètres plus précis feront ensuite l'objet de ce type d'analyse spatiale.

#### V.2.2 - Evolution temporelle : comparaison aux données historiques

Une comparaison avec les résultats de pêches d'inventaires réalisées antérieurement permet de suivre l'évolution temporelle du peuplement sur les stations étudiées où l'on dispose d'un historique.

Dans ce cas il est important de connaître l'évolution des pratiques de gestion sur le secteur considéré, afin de les prendre en compte dans l'analyse.

#### V.2.3 - Comparaison au peuplement théorique (NTT)

A chaque niveau typologique correspond, en l'absence de perturbations d'origine anthropique, un peuplement optimal composé d'un nombre prédéfini d'espèces en abondance déterminée (Verneaux, 1981).

Les différentes étapes de la définition du cortège d'espèces constituant le peuplement théorique est le suivant :

- 1 – calcul du niveau typologique théorique (CF § III.3. p.21), arrondi au 0,5 supérieur.
- 2 – dans la colonne correspondante (tableau *annexe 8*) conserver par ordre de priorité :
  - les espèces observées lors des inventaires piscicoles
  - les espèces historiquement présentes

A titre indicatif, les variétés optimales observée et théorique sont précisées en bas du tableau.

Cette analyse nécessite la transformation des résultats d'inventaire pour chaque espèce en une classe d'abondance (*annexe 7*, Csp dr5, 1995).

Pour cela il faut, pour chaque espèce du peuplement, rechercher dans le tableau de l'*annexe 6* la classe d'abondance numérique (densité en ind/1000m<sup>2</sup>) et la classe d'abondance pondérale (biomasse en kg/ha) correspondantes à la densité et la biomasse estimées de l'espèce concernée. La classe d'abondance retenue pour l'espèce est la plus faible des deux.

L'observation de différences entre la classe d'abondance numérique et pondérale d'une espèce peut mettre en évidence un déséquilibre dans la structure de la population.

La confrontation entre peuplement observé et peuplement théorique, en terme d'espèce présente/absente et de l'abondance des différentes espèces présentes peut permettre de caractériser certaines perturbations sur la base des caractéristiques l'écologiques des espèces considérées.

### V.3 – ANALYSE DES RESULTATS AU NIVEAU DE LA POPULATION DE TRUITE COMMUNE

#### V.3.1 - Données acquises à l'échelle départementale

##### V.3.1.1 - Génétique

La récolte de ces résultats sur le département de la Haute-Savoie a été effectuée dans le cadre du programme INTERREG III-A « truites autochtones » à l'échelle départementale (Caudron, 2008).

La méthode a consistée à couvrir dans un premier temps les rivières principales de chaque bassin versant et ensuite d'étendre l'échantillonnage sur les axes secondaires (affluents, cours d'eau) présentant un intérêt particulier, 180 secteurs de rivières répartis sur l'ensemble du réseau hydrographique départemental ont été échantillonnés. L'objectif final était d'échantillonner la population d'adulte (âge  $\geq 2+$ ) en place. L'échantillonnage a couvert une large gamme de taille de poissons et de grandes longueurs de rivière afin de limiter les biais possibles (différences intersectorielles de croissance et de structure d'âge). La récolte des données s'est faite pour chaque secteur sur un échantillon aléatoire de 20 à 30 truites de taille supérieure à 18 cm (longueur totale).

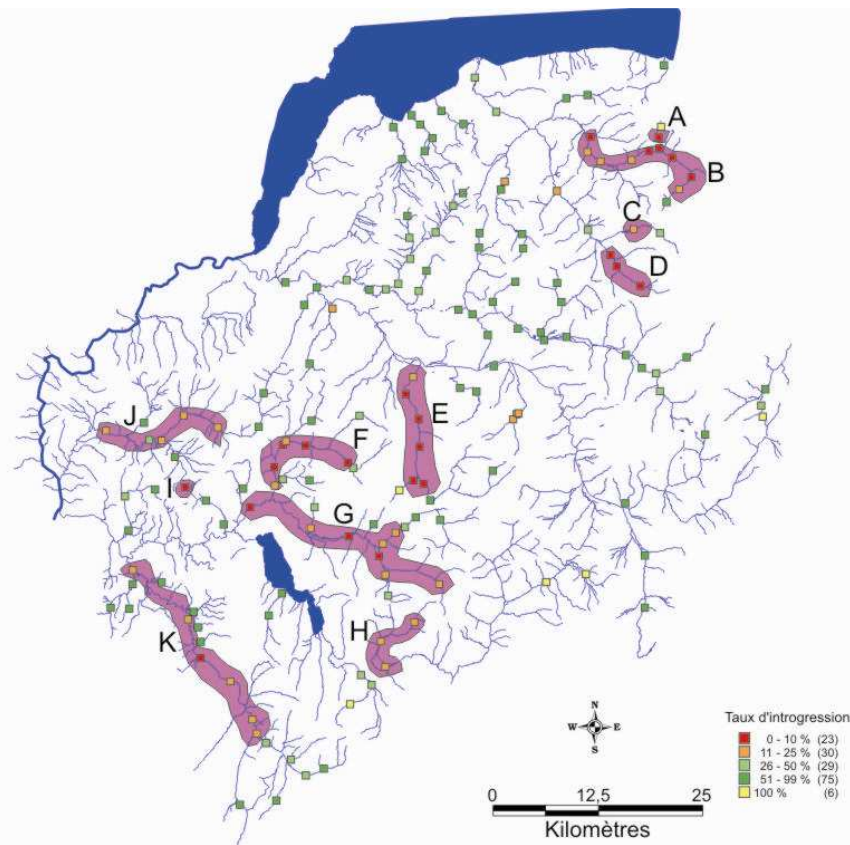
Sur chaque secteur, toutes les truites potentiellement adultes ont été identifiées par un numéro de référence unique et manipulées selon le protocole suivant :

- anesthésie dans une solution d'eugénol,
- mesure de la longueur totale (Lt en mm),
- prise d'écaillés dans la zone standardisée pour les salmonidés (Ombredane et Richard, 1990). Le traitement des écaillés a permis d'une part d'estimer l'âge des poissons et ainsi de sélectionner les poissons adultes utilisés (et d'envisager des études fines de croissance sur les populations),
- récolte des nageoires adipeuses (ou d'une fraction de nageoire pelvienne) et stockage de celle-ci en tube Eppendorf dans l'éthanol (95-96%) en vu des analyses génétiques,
- remise à l'eau des poissons vivants.

Les campagnes de terrain ont permis d'échantillonner au total 6590 poissons dont l'âge a pu être évalué par scalimétrie pour la majorité d'entre eux. Les poissons  $\leq 1+$  ont été écartés des spécimens à analyser.

Pour 163 secteurs échantillonnés (figure 15), les analyses génétiques ont été réalisées sur un sous échantillon d'au moins 10 individus répartis en 3 classes d'âges (2+, 3+ et  $\geq 4+$ ) choisis au hasard.

Ces travaux ont permis, par l'étude de l'ADN nucléaire, d'identifier 6 souches natives génétiquement différentes sur le département. Les données génétiques récoltées constituent la base de la gestion dans le département car chaque souche doit être gérée indépendamment les unes des autres, ainsi les stratégies de gestion varie d'un secteur à l'autre (Vigier et Caudron, 2007).



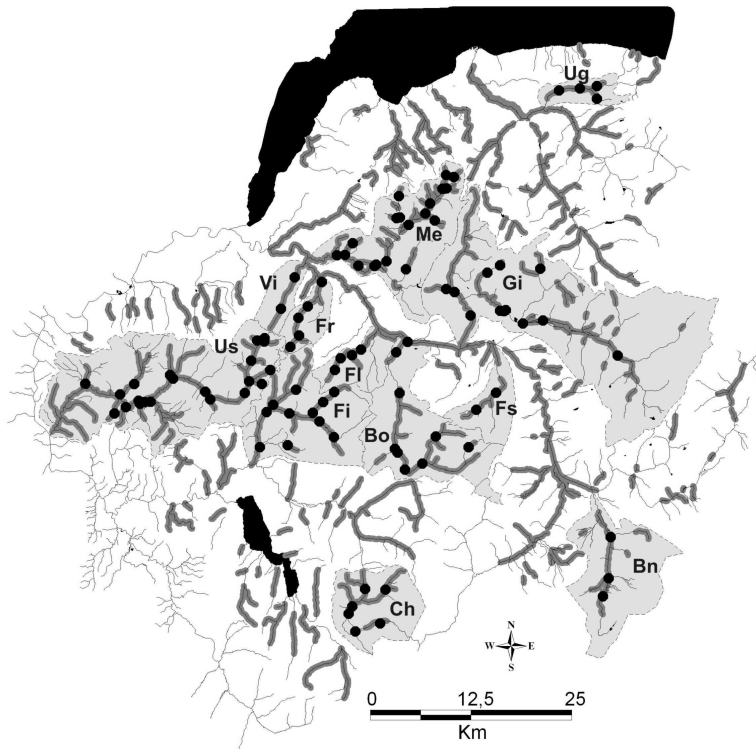
**Figure 15 :** localisation des secteurs échantillonnés et répartition des populations de truites autochtones de souche méditerranéenne en 2005 (*In*, Caudron, 2008).

### V.3.1.2 - Evaluation des contributions du repeuplement et du recrutement naturel

La récolte de ces résultats a été effectuée dans le cadre de l'évaluation de la contribution du repeuplement et du recrutement naturel, réalisée par la Fédération de pêche 74 et l'INRA de Thonon à l'échelle du département (Caudron et Champigneulle, 2007). La technique de marquage à l'alizarine red S ainsi que le protocole de traitement des otholithes (sagittae) en laboratoire pour détecter les poissons marqués est décrit par Caudron et Champigneulle (2006).

Les alevins introduits ont été marqués en pisciculture en 2002, 2003 et 2004. A l'automne de ces 3 années, des prélèvements de truites ont été pratiqués par pêche électrique de sondage sur des secteurs de rivières concernés par les pratiques de repeuplement. Afin d'obtenir un échantillon représentatif de la population en place sans mettre celle-ci en péril, chaque secteur étudié a été prospecté sur un linéaire de plusieurs centaines de mètres et des échantillons de truites ont été sacrifiés (par excès d'anesthésiant) au hasard dans des gammes de tailles susceptibles de contenir les différentes cohortes recherchées.

Durant les trois années de suivis, au total 4670 truites 0+ réparties en 99 échantillonnages différents a été récolté sur 13 bassins différents (figure 16).



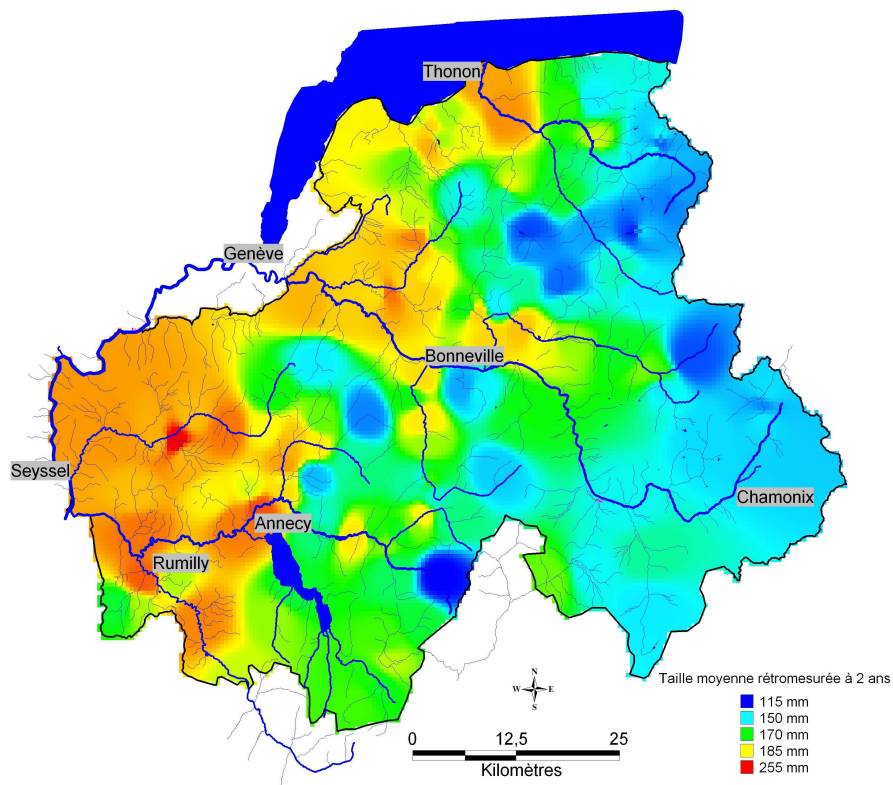
**Figure 16 :** localisation des principaux linéaires repeuplés (linéaire grisé) et des secteurs échantillonnés par bassin versant (air grise) sur le réseau hydrographique de Haute-Savoie (*In Caudron, 2008*).

Les résultats obtenus sur les bassins étudiés sont complémentaires aux recensements de frayères réalisés sur l'ensemble du réseau hydrographique et aux données démographiques obtenues grâce aux pêches d'inventaires.

#### V.3.1.3 - Etude de la croissance : modèles de rétrocalcul pour la Haute-Savoie

L'étude scalimétrique réalisée à l'échelle du département a permis d'aboutir à une formule de rétrocalcul commune aux différentes souches présentes en Haute-Savoie : le modèle de Fraser Lee a été validé sur un échantillon de 5670 individus sur l'ensemble du réseau hydrographique de la Haute-Savoie (Caudron, 2006a).

Une comparaison de croissance a donc pu être réalisée afin de connaître la variabilité spatiale de la croissance sur l'ensemble du réseau hydrographique. Une forte variabilité spatiale de la croissance est observable et les zones de croissance homogènes (figure 17) identifiées sur le département montrent : de fort gradient amont-aval répétés sur différents bassins versants et une relation entre la croissance et 3 principaux paramètres du milieu (figure 18) : altitude, pente du cours d'eau et distance à la source.



**Figure 17 :** représentation cartographique des différentes zones de croissance sur le département de la Haute-Savoie à partir des tailles rétromesurées à 2 ans (2+).

**MODELES DE RETROCALCULS POUR LE DEPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE**

$$LT2 = 272,30 - 3,47 \cdot \sqrt{\text{alt}} - 1,985 \cdot \text{pente} \quad (62\% \text{ de la variance expliquée, } p < 0,001)$$

$$LT3 = 351,37 - 4,704 \cdot \sqrt{\text{alt}} + 0,001 \cdot \text{dist. source} - 2,8 \cdot \text{pente} \quad (67,5\% \text{ de variance expliquée, } p < 0,001)$$

Avec LT2 (taille rétromesurée à 2 ans) et LT3 (taille rétromesurée à 3ans) en mm

Alt en m

Dist. Source en km

Pente en %

**Figure 18 :** relation entre la croissance et 3 principaux paramètres du milieu : altitude, pente du cours d'eau et distance à la source établie pour le département de la Haute-Savoie sur la base de 5670 truites d'âge 0+ à 6+.

**V.3.2 - Complément à l'estimation du stock de truite commune**

En ce qui concerne la truite commune, cette image du stock peut-être complétée par le calcul de la répartition des densités et biomasses représentées par les juvéniles (0+) de l'année, les sub-adultes et les adultes (3+).

L'identification des juvéniles (0+) est aisée dans le cas où aucun alevinage n'a été pratiqué l'année de la réalisation des pêches d'inventaires.

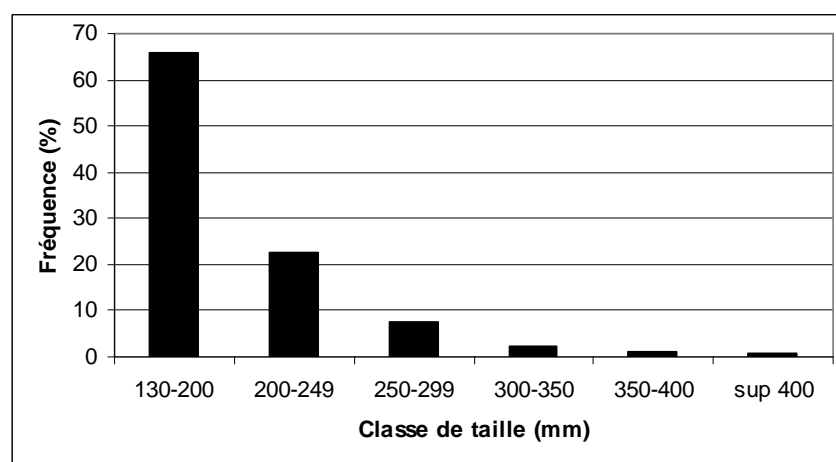
Les limites de tailles permettant l'estimation des individus juvéniles (0+) et adultes potentiellement mûres (3+) peuvent également être fixées par l'utilisation des formules de rétro-calcul mise au point sur le département de la Haute-Savoie (figure 5) (Caudron *et al.*, 2006a).

**V.3.3 - Analyse de la structure de la population de truite commune**

La structure de la population de truite est également étudiée par l'intermédiaire de l'histogramme fréquence/taille qui peut être éventuellement complété par l'information concernant l'âge des poissons défini par la scalimétrie ou par les modèles de rétro-calcul

(figure 18). Les cohortes déficitaires peuvent être un indice précieux dans la précision de certains mécanismes perturbant la population.

En outre, nous effectuons une comparaison des fréquences de tailles relatives des populations échantillonnées à une fréquence moyenne standard (figure 19) établie sur le territoire de la Haute-Savoie sur la base de 209 résultats de pêches d'inventaires entre 1995 et 2006 sur 154 stations d'études réparties sur l'ensemble du département. Cette méthode d'analyse exclue les individus juvéniles (<130 mm) qui sont soumis à de trop fortes variations interannuelles. Cette méthode comparative est intéressante à utiliser en complément des traitements précédents car elle permet de visualiser l'état de la structure de la population par rapport à un standard sur une zone d'étude préalablement définie. Elle permet de mettre en évidence certains déséquilibres d'ordres naturels (déficit de recrutement, mortalités...) ou liés à gestion halieutique (sur ou sous exploitation par la pêche) (Caudron et Catinaud, 2008).



**Figure 19** : fréquence moyenne standard pour la truite commune développée pour le département de Haute-Savoie.

### V.3.4 - Scalimétrie

L'acquisition de données scalimétriques n'est pas obligatoire pour la réalisation d'un plan de gestion. Elles peuvent cependant être utiles outre pour leur intérêt dans l'analyse de la structure de taille de la population, pour évaluer la validité de la réglementation en vigueur en ce qui concerne la taille légale de capture. L'optimisation du choix de cette dernière nécessite en outre la connaissance des relations taille-âge et maturité sexuelle.

Les résultats obtenus sur le département de la Haute-Savoie traduisent une forte variabilité de la croissance au sein du réseau hydrographique, et suggère que la croissance est fortement influencée par les facteurs simples du milieu tels que l'altitude, la pente et la distance aux sources (CF § V.3.1.3 p.28).

Des lectures d'écaillés sont pratiquées sur un échantillon d'au minimum 30 individus de tailles contrastées sur le secteur où l'on souhaite disposer de ces données, les préconisations de prélèvements et de lectures sont précisées par Ombredane et Baglinière (1992).

### V.3.5 - État sanitaire de la population en place :

#### V.3.5.1 - Dosage des métaux et des PCB dans la chair et les viscères des poissons

Ce type d'analyse est relativement coûteux n'est réalisé que s'il se justifie (présence d'activités polluantes, secteur d'altitude,...). Dans ce cas les analyses sont effectuées individuellement et la chair et les viscères sont analysés séparément par des laboratoires spécialisés.

Les molécules recherchées sont les PCB (PCB indicateurs et PCB dioxin-like) et les 7 métaux suivants : le Cadmium (Cd), le Chrome (Cr total), le Cuivre (Cu), le Mercure (Hg), le Nickel (Ni), le Plomb (Pb) et le Zinc (Zn).

Les poissons analysés peuvent être échantillonnés lors de la réalisation des pêches d'inventaires, chaque individu prélevé est :

- identifié par un numéro de référence
- mesuré (longueur totale Lt en mm)
- pesé,
- fait l'objet d'un prélèvement d'écaille dans la zone standardisée pour les salmonidés,
- sacrifié par excès d'anesthésiant.

Ces résultats sont comparés aux données géographiquement proches existantes et aux données bibliographiques disponibles.

Outre l'aspect de la comestibilité des poissons, l'analyse de ces différents micropolluants informe sur la l'état de santé des populations de poissons et de la faune aquatique en générale.

Une évaluation de la comestibilité des poissons sur les secteurs échantillonnés est également réalisée pour les composés disposant de données toxicologiques (INERIS). Dans ce cas, nous avons retenu les seuils utilisés pour la protection réglementaire et les doses journalières admissibles (DJA) les plus contraignantes (voir pour exemple : Caudron, 2006, Huchet, 2009).

#### V.3.5.2 - Recherche de la Maladie Rénale Proliférative (MRP)

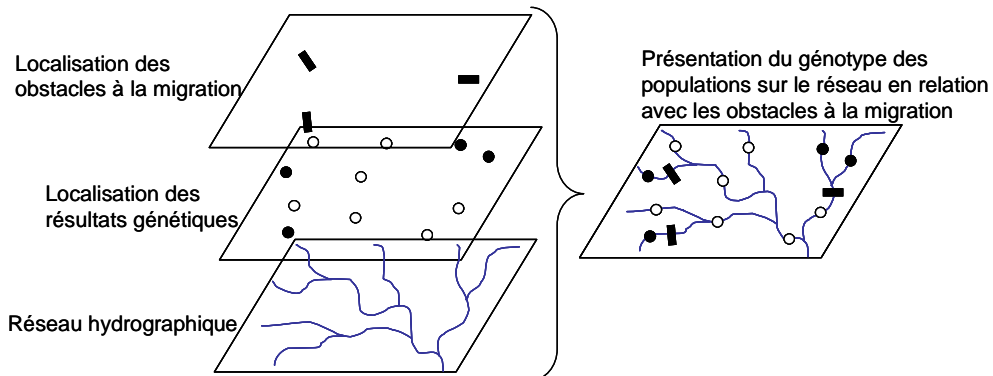
Lorsque les conditions thermiques du milieu s'avèrent favorables au développement de ce parasite (CF § III.2.2.2 p.19), la présence du parasite peut être déterminée à partir d'un échantillon de 25 individus (lot conservé dans du Formol) par secteur étudié. Par contre la confirmation de l'absence du parasite dans le milieu nécessite l'analyse de 25 individus supplémentaires (Whali, com.pers.).

## Traitement des données

### I - Intégration des données au système d'information géographique départemental

L'organisation puis le traitement croisé de l'ensemble des données récoltées puis traitées aux différentes échelles et sur les différents compartiments étudiés est réalisée par l'intermédiaire d'un SIG.

Les SIG permettent de coupler des informations diverses (figure 20) sur un large territoire et facilitent la recherche de facteurs se traduisant par des effets détectables au niveau géographique.



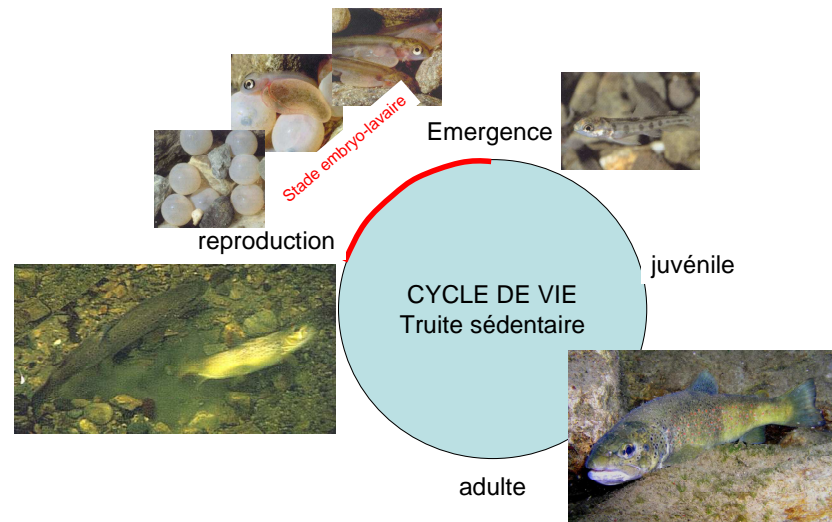
**Figure 20 :** illustration du principe de superposition des couches d'informations diverses permettant une analyse spatialisée des données SIG.

## II - Etapes nécessaires à la proposition d'un plan de gestion

L'idée est de passer par un filtre de questions permettant d'aboutir à des propositions.

### 1 - Les conditions présentes sur le bassin versant permettent-elles d'avoir une population fonctionnelle sur l'ensemble du bassin? Uniquement sur certains secteurs?

Etant donnée les différents résultats obtenus aux différentes échelles d'étude et sur les divers compartiments étudiés, les exigences biologiques et écologiques de la truite, à ses différents stades de vie (figure 21), sont-elles remplies ?



**Figure 21 :** schématisation du cycle de vie de la truite commune

#### **Stade reproduction :**

- Quantité de géniteurs suffisante?
- Substrats de fraie disponible? Quantité? Qualité?
- Observation de frayères (présence/absence ; densité)?

#### **Stade embryo-larvaire (période sensible) :**

Y a t-il des facteurs pouvant compromettre la réussite du recrutement naturel?

- températures, (durée d'incubation trop longue, atteinte de températures létales?...)
- qualité de l'eau, (matière azotée, phosphates...)?
- qualité des sédiments, (présence d'éléments toxiques, colmatage...)?
- phénomène hydrologique, (crues importantes mobilisant les sédiments...)?
- ...

#### **Stade juvéniles/ adultes**

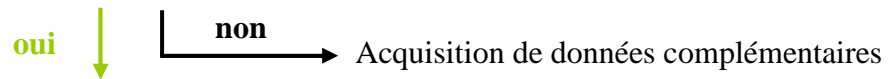
-Capacité d'accueil :

- Disponibilité des habitats : juvéniles, adultes (repos, alimentation...)?
- Disponibilité en nourriture ?

-Capacité de maintien :

- Qualité du milieu (T°, Oxygène dissous, matière en suspension, azote, phosphates...)?
- Présence de facteurs d'agression pouvant entraîner une mortalité : agents pathogènes (bactéries, parasites...), agents toxiques ... ?
- Possibilité de déplacement (montaison, dévalaison) ?...

2 - Les données dont on dispose nous permettent elles de connaître les causes de dysfonctionnements?



En fonction des problèmes soulevés, quelles possibilités pour le gestionnaire ? (tableau 6)

COMPARTIMENTS ETUDIES	STATUS	POSSIBILITE D'ACTIONS DU GESTIONNAIRE
GESTION PISCICOLE	Acune incidence	
	Impacts sur populations naturelles	Changer les pratiques
OCCUPATION DU SOL	Pression anthropique faible ou non limitante	
	Activités polluantes	Rôle d'interpellation
NATURE GEOLOGIQUE	Contexte non limitant	
	Roche meuble, éboulement,	Impasse
HABITAT PHYSIQUE	Qualité suffisante	
	Qualité naturellement insuffisante	
	Qualité dégradée	Restaurer l'habitat
PHYSICO CHIMIQUE	Aucun paramètre limitant	
	un ou plusieurs paramètres limitants	Rôle d'interpellation
HYDROBIOLOGIQUE	Qualité suffisante	
	Qualité insuffisante	Rôle d'interpellation
THERMIQUE	Pas limitant	
	Limitant	Impasse
TOXIQUES DANS LE MILIEU	Absence ou présence limitée	
	Pollution avérée	Impasse
TOXIQUES DANS LES POISSONS	Pas ou faible contamination	
	forte contamination	Impasse
PATHOLOGIE (PKD)	Absente	
	Présente	Impasse

**Tableau 6 :** synthèse des possibilités d'actions pour le gestionnaire en fonction des problématiques identifiées.

3 – Hiérarchisation et planification des actions à mettre en œuvre sur une durée de 5ans  
= **plan de gestion**

### III – Suivi du plan de gestion

L'efficacité du plan de gestion mis en place pour une durée de 5ans est évaluée au bout de 3 ans, ce qui permet d'en constater les premiers effets et donc de le confirmer ou de le réorienter.

Ce suivi porte sur le compartiment piscicole, il est réalisé par pêches électriques d'inventaires sur un certain nombre de stations d'étudiées lors du diagnostic initial.

Un bilan est effectué selon le même procédé au bout de 5 ans puis un nouveau plan de gestion est proposé.

## Bibliographie

- AFNor, 1992. Essai des eaux. Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN). Association française de normalisation, norme homologuée T 90-350, 8p.
- Alabaster & Llyod, 1980. Water quality criteria for fresh water fish, *Butter Worths Ed.*, London, 297p.
- Alleman, 1998. Free ammonia-nitrogen calculator, <http://cobweb.ecn.purdue.edu/~piwc/w3-research/free-ammonia/nh3.html>.
- Anderson, Canning et Okamura, 1999. 18S rDNA sequences indicate that PKX organism parasites bryozoa. *Bulletin of the European association of fish pathologists*, 19, 94-97.
- Bacchi, 1994. Recherche sur la macrofaune benthique de la Haute-Loue, Structuration des habitats, Evolution des peuplements macrobenthiques depuis 1973, mémoire D.E.S.S. Eaux continentales, Université Franche-Comté, 30p.
- Bady, Dolédec, Fesl, Gayraud, Bacchi et Schöll, 2005. Use of invertebrate traits for biomonitoring of european large rivers : the effects of sampling effort on genus richness and functional diversity. *Freshwater biology*, 50, 159-173.
- Baglinière et Maisse, 2002. La biologie de la truite commune (*Salmo trutta* L.) dans la rivière Scorff, Bretagne : une synthèse des études de 1972 à 1997. *INRA Production animale*, 15, 319-331. Disponible sur [http://granit.jouy.inra.fr/productions-animales/2002/Prod\\_Anim\\_2002\\_15\\_5\\_01.pdf](http://granit.jouy.inra.fr/productions-animales/2002/Prod_Anim_2002_15_5_01.pdf)
- Beaumont, Taylor, Lee et Welton, 2002. Guidelines for electric fishing best practice. Environment Agency R&D Technical report W2-054/TR. 127p.+ annexes. Disponible sur : <http://publications.environment-agency.gov.uk/pdf/sw2-054-tr-e-e.pdf>
- Bovee, 1982. A guide to stream habitat analysis using the instream Flow Incremental Methodology. Instream Flow Information Paper n°12, FWS/OBS 82/86, U.S.D.S. Fish and Wildlife Service, *Office of biological Services*, Fort Collins, Colorado.
- Burkhardt-Holm, Peter et Segner, 2002. Decline of fish catch in Switzerland. Project fishnet : a balance between analysis and synthesis. *Aquatic Sciences* 64, 36-54.
- Caudron, 2008. Etude pluridisciplinaire des populations de truite commune (*Salmo trutta* L.) des torrents haut-savoyards soumises à repeuplements : diversité intra-spécifique, évaluation de pratiques de gestion et ingénierie de la conservation de populations natives.,Thèse, 180p + annexes disponible sur [http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1\\_bis.php?categ=10](http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=10).
- Caudron et Champigneulle, 2007. Evaluation à grande échelle de l'efficacité du repeuplement et comparaison des caractéristiques des truites (*Salmo trutta* L.) sauvages et introduites dans les rivières de Haute-Savoie. Rapport final 2002-2006. Rapport SHL 274-2007 et FDP74.07/06. 68p+annexes, disponible sur [http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1\\_bis.php?categ=1](http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=1).
- Caudron et Catinaud, 2008. Utilisation des fréquences de taille relative pour évaluer les structures de tailles des populations de truites en Haute-Savoie., note technique, FDP74.2008/01, 8p. Disponible sur : [http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1\\_bis.php?categ=4](http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=4).
- Caudron et Champigneulle, 2006. Technique de fluoromarquage en masse à grande échelle des otolithes d'alevins vésiculés de la truite commune (*Salmo trutta* L.) à l'aide de l'alizarine Red S. *Cybiurn*, 30,pp. 65-72.
- Caudron, Champigneulle et Guyomard, 2006a. Identification et caractéristiques génétiques des populations de truites autochtones sur le réseau hydrographique de Haute-Savoie. pp : 39-53. in programme INTERREG III A- Identification, sauvegarde et réhabilitation des populations de truites autochtones en vallée d'Aoste et en Haute-Savoie. Rapport final. 06/02. 153p.
- Caudron, Champigneulle et Large, 2006b. Etats et caractéristiques des populations autochtones de truite commune identifiées en Haute-Savoie et qualité globale du milieu. pp : 55-118 in programme INTERREG III A- Identification, sauvegarde et réhabilitation des populations de truites autochtones en vallée d'Aoste et en Haute-Savoie. Rapport final. 06/02. 153p.
- Caudron, 2006. Première évaluation de la contamination par les métaux lourds chez la truite commune (*Salmo trutta*) sur le bassin de l'Arve, campagne 2006. Rapport FDP74.06/03, 11p. Disponible sur : [http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1\\_bis.php?categ=9](http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=9)

- Caudron et Champigneulle, 2002. Evaluation spatio-temporelle de la contribution du repeuplement en truite (*Salmo trutta* L.) réalisé à des stades précoces dans le bassin amont du Fier (74). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 365/366, 455-469.
- Champigneulle, Melhaoui, Maisse, Baglinière, Gillet et Gerdeaux, 1988. Premières observations sur la truite (*Salmo trutta* L.) dans le Redon, un petit affluent frayère du Lac Léman. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 310, 59-76.
- Champigneulle, Largiader et Caudron, 2003. Reproduction de la truite (*Salmo trutta* L.) dans le torrent de chevenne, Haute-Savoie. Un fonctionnement original ? *Bulletin Français de Pêche et Pisciculture*, 369, 41-70.
- Chasserieu, 2010. Recensement des ouvrages transversaux sur le réseau hydrographique de Haute-Savoie et continuité piscicole. Disponible prochainement sur <http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1.php>
- Canning, Curry, Feist, Longshaw et Okamura, 1999. *Tetracapsula bryosalmonae* n. sp. for PKX organism the cause of PKD in salmonid fish. *Bulletin of the European association of fish pathologists*, 19, 203-206.
- Conseil supérieur de la pêche, 1995. Limites des classes de densité numérique et pondérale estimée du stock en place.
- Crisp, 1992. Measurement of stream water temperature and biological applications to salmonid fishes, grayling and dace. *Freshwater biological association, occasional publication N°29*, 72p.
- Crisp, 1996. Environmental requirements of common riverine European salmonid fish species in fresh water with particular reference to physical and chemical aspects. *Hydrobiologia*, 323, 201-221.
- Csp dr 5 et Teleos, 1998, Méthode standard d'analyse de la qualité de l'habitat aquatique à l'échelle de la station.
- De Lury, 1951. On the planning of experiments for the estimation of fish population. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 18, 281-307.
- D'Herve (FDP59), 2005. Qualité écologique des affluents salmonicoles de l'Escault en forêt de Mormal. Rapport de stage., 48p + annexes.
- Dodson, Gibson, Cunjak, Friedland, Garcia de Leaniz, Gross, Newburym, Nielsen, Power et Roy, 1998. Elements in the developpement of conservation plans for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55, 312-323.
- Dumoutier Vigier et Caudron, 2010. Macro d'Aide au Calcul de variables thermiques appliquées aux Milieux Aquatiques Salmonicoles, MACMASalmo1.0. , 21 p. + annexes. Disponible sur [http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1\\_bis.php?categ=5](http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=5)
- Elliott, 1975. The growth rate of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on maximum rations. *Journal of Animal Ecology*, 44, 805-821.
- Elliott, 1981. Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts. pp 209-245 *In Stress and fish*, Pickering Ed. , Academic Press London.
- Elliott, Hurley, 2001. Modelling growth of brown trout, *Salmo trutta*, in terms of weight and energy units. *Freshwater Biology*, 46, 679-692.
- FAO, 1971. Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européennes. EIFAC, Technical paper n°11, 13p.
- Feist, Peeler, Gardiner, Smith et Longshaw, 2002. Proliferative kidney disease and renal myxosporidiosis in juvenile salmonids from rivers in England and Wales. *Journal of Fish Diseases*, 25, 451-458.
- Gaillard, 2009. Recensement des ouvrages transversaux sur le réseau hydrographique de Haute-Savoie et continuité piscicole, campagne 2009. 30p. + annexes.
- Gay, Okamura et De Kinkelin, 2001. Evidence that infectious stages of *Tetracapsula bryosalmonae* for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* are present throughout the year. *Diseases of Aquatic Organisms*, 46, 31-40.
- Gillet, 2001. Le déroulement de la fraie des principaux poissons lacustres. pp. 167-185 *In gestion piscicole des grands plans d'eau*, Gerdeaux Ed., INRA Paris, 241p.

- Grall et Hily , 2003. Traitement des données stationnelles (faune), 10p.  
[http://www.rebent.org/medias/documents/www/contenu/pdf/document/Fiches\\_techniques/FT10-2003-01.pdf](http://www.rebent.org/medias/documents/www/contenu/pdf/document/Fiches_techniques/FT10-2003-01.pdf)
- Haywood, 1983. Ammonia toxicity in Teleost Fishes : a review. *Canadian technical report of fisheries and aquatic sciences*, n°1177, 35p.
- Huchet, 2009. Etude complémentaire au diagnostic DCE sur le lac de référence d'Anterne. Etude de la contamination toxique dans les poissons de deux lacs d'altitude, comparaison avec les grands lacs alpins. Rapport FDP74.09/05, 15 p. + annexes. Disponible sur :  
[http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1\\_bis.php?categ=9](http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=9)
- Huchet, 2007. Plan de conservation des populations d'écrevisses à pieds blancs (*Austropotamobius pallipes*) du bassin versant des Ussets (Haute Savoie) : diagnostic et proposition de gestion). Rapport FDP74.07/07, 202p + annexes. Disponible sur [http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1\\_bis.php?categ=2](http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=2)
- Humpesch, 1985. Inter-and intra-specific variation in hatching success and embryonic development of five species of salmonids and *Thymallus thymallus*. *Archiv für Hydrobiologie*. 104, 129-144.
- INERIS, 2005. Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques.  
[http://www.ineris.fr/index.php?module=cms&action=getContent&id\\_heading\\_object=3](http://www.ineris.fr/index.php?module=cms&action=getContent&id_heading_object=3).
- Laikre, Antunes, Apostolidis, Berrebi, Duguid, Ferguson, Garcia-Marin, Guyomard, Hansen, Hindar, Koljonen, Lardiadèr, Martinez, Nielsen, Palm, Ruzzante, Ryman et Triantaphyllidis, 1999. Conservation genetic management of Brown trout (*Salmo trutta*) in Europe. Report by the concerted action on identification, management and exploitation of genetic resources in the Brown trout (*Salmo trutta*). ("Troutconcert"; EU FAIR CT97-3882). 91p.
- Malavoi, 2002. Note technique : Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques. *Bulletin français de la pêche et de la pisciculture*, 365/366 : 357-372.
- Malavoi, 1989. Typologie des faciès d'écoulement ou unités morphodynamiques des cours d'eau à haute énergie. *Bulletin français de la Pêche et de la Pisciculture* 315 : 189-210.
- Massa, 2000. Sédiments, physico-chimie du compartiment interstitiel et développement embryolaire de la truite commune (*Salmo trutta* L.) : Etude en milieu naturel anthropisée et en conditions contrôlées. Thèse de doctorat, université de Paris VI, 179p.
- Meed et Agence de l'eau RMC, 2003. Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau, grilles d'évaluation SEQ-EAU version2. 40p.
- Mission interministérielle inter-agences de l'eau, 1990, réseau des données sur l'eau (RNDE). Grille de qualité des eaux multi usages.
- Nisbet et Verneaux, 1970. Composantes chimiques des eaux courantes, Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques, annales université Franche-Comté, t.6, fasc. 2, pp. 161-190.
- Ombredane et Baglinière, 1992. Les écailles et leur utilisation en écologie aquatique. In : Baglinière, Castanet, Conand, Meunier (Eds.), Tissus durs et âge individuel des vertébrés, 151-192, Colloques et Séminaires ORSTOM-INRA.
- Ombredane et Richard, 1990. Détermination de la zone optimale de prélèvement d'écailles chez les smolts de truites de mer (*Salmo trutta* L.). *Bulletin français de la pêche et de la pisciculture*, 319, 224-238.
- Ovidio, Capra et Philippart, 2007. Field protocol for assessing small obstacles to migration of brown trout *Salmo trutta*, and European grayling *Thymallus thymallus* : a contribution of free movement in rivers. *Fisheries Management and Ecology*, 14, 41-50.
- Parmentier, 1994. Etude de la biocénose benthique du Drugeon. Application d'un nouveau protocole d'échantillonnage. Bilan de la qualité habitationale. Analyse biocénologique générique. Bilan de la qualité faunistique. Mémoire D.U.E.H.H., laboratoire d'hydrobiologie université de franche-comté, 69p.
- Pielou, 1966. The measurement of diversity indifferent types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology* 13,131-144.
- Shannon, 1948. A mathematical theory for communication. *Bell Labs Technical Journal* 27 379-423 et 623-656.

Tachet, Richoux, Bournaud et Usseglio-Polatera, 2003. Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie, CNRS Editions, 587p.

Trussell, 1972. The percent Un-ionised ammonia in aqueous ammonia solutions at different pH levels and temperature. *Journal Fisheries Research Board of Canada*, 29 (10) : 1505-1507.

Varley, 1967. Water temperature and dissolved oxygen as environmental factors affecting fishes. pp 29-52 *In* British freshwater fishes, Fishing News, London.

Verneaux, 1976. Biotypologie de l'écosystème « eau courante ». Les groupements socio-écologiques, *Compte rendu de l'académie des sciences*, tome 284 (21.02.1977), série D, pp. 675-677.

Vernaux, 1981. Les poissons et la qualité des cours d'eau. *Annales scientifiques de l'université de Franche-Comté, Besançon, Biologie Animale*, 4<sup>ème</sup> série, fascicule 2, p 33-41.

Verneaux, 1982. Une nouvelle méthode pratique d'évaluation de la qualité des eaux courantes. Un indice biologique de la qualité générale (IBG), *Annales scientifiques de l'université de Franche-Comté, Besançon, Biologie Animale*, 3 : pp. 11-22.

Vigier et Caudron, 2007. Schéma départemental de conservation et de réhabilitation des populations de truites autochtones 2007-2013 : Evolution des connaissances depuis 2002 et propositions d'actions. 41p+annexes, disponible sur [http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1\\_bis.php?categ=4](http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=4).

Vigier, 2006. Diagnose écologique et recherche des causes de perturbations du peuplement piscicole du Foron de Reignier. Rapport FDP74.06/04, 51p + annexes, disponible sur [http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1\\_bis.php?categ=4](http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=4).

Wahli, Knuesel, Bernet, Segner, Pugovkin, Burkhardt-Holm, Escher et Schmidt-Posthaus, 2002. Proliferative kidney diseases in Switzerland: current state of knowledge. *Journal of Fish Diseases*, 25, 491-500.

Wentworth, 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geologie*, 30,377-392.

Ressources informatiques :

[www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr)

<http://hydro.eaufrance.fr/>

<http://www.rdbmrc.com/hydroreel2/>

[www.geoportail.org](http://www.geoportail.org)

<http://pubnetris.rgd.fr/>

<http://chimie.ineris.fr/fr/index.php>

<http://www.ineris.fr/>

<http://basol.ecologie.gouv.fr/>

<http://installationsclassees.ecologie.gouv.fr/>

# ANNEXES

Annexe 1 : fiches de description « ouvrages transversaux » recto /verso

Annexe 2 : fiches de terrains pour les relevés cartographiques à l'échelle du tronçon (3 pages)

Annexe3 : valeurs seuils utilisées pour les différents paramètres physico-chimiques de l'eau pris en compte à partir desquels des effets négatifs apparaissent pour les salmonidés (d'après Caudron, 2006a)

Annexe 4 : caractéristiques de quelques micropolluants trouvés dans les sédiments des cours d'eau : HAP, métaux, phtalates, pesticides (3 pages)

Annexe 5 : répertoire des 92 indicateurs classés selon i et par ordre alphabétique (protocole Cb2 ; Verneaux, 1982)

Annexe 6 : mode de calcul coefficient d'aptitude biogène (Verneaux 1982) et coefficient morphodynamique (Verneaux, 1983)

Annexe 7 : limite des classes d'abondance numériques et pondérales estimées du stock en place obtenues par pêche par enlèvement successif (CSP DR5, 1995)

Annexe 8 : tableau des répartitions longitudinales des abondances optimales potentielles, version utilisée (CSP DR5, 1995)

Annexe 9 : estimation moyenne de l'investissement en temps par type d'investigation

ANNEXE 1 (1/2) : fiches de description « ouvrages transversaux » recto

Base AREA oui non    Base FD oui non    ouvrage non répertorié    ouvrage n'existant plus

<b>Photo(s) n°:</b>		<b>Relevé GPS n°:</b>	
<b>Date :</b> .../.../....	<b>Débit :</b>	étiage    < module    module    > module	
<b>Rapporteur(s) :</b>	- organisme : <input type="checkbox"/> ONEMA <input type="checkbox"/> Autre(s) :		
- Nom(s):			

<b>Cours d'eau :</b>	<b>Nom de l'ouvrage :</b>	<b>Lieu dit :</b>
<b>Département :</b>	<b>Commune :</b>	<b>Rive d'accès :</b> RD    RG
<b>Coordonnées (Lambert I II III) :</b>	<b>X :</b>	<b>Y :</b>

Ouvrage Principal	
Buse, cadre	
seuil à paroi verticale	
seuil à paroi inclinée	
seuil enrochements liaisonnés	
seuil enrochements libres	
Barrage à vannes mobiles	
Radier de pont	
Autre : .....	

Usages actuels	1	2	3
Production hydroélectrique (instal. en état de fonctionner)			
Navigation			
Prise d'eau AEP ou soutien nappe pour AEP			
Pisciculture			
Lutte contre les inondations			
Prise d'eau irrigation			
Stabilité du profil en long (lutte contre l'érosion)			
Franchissement infrastructure (route, rail...)			
Agrément, loisirs			
AUCUN USAGE avéré actuellement			
Autre(s) : .....			

**Présence d'une rehausse :**    oui    non    H :

<b>Profondeur de la fosse d'appel</b> ..... m (NP* : non pertinent)		P < 0,5
		0,5 < P < 1,0
		P > 1,0
		NP*

**Hauteur de chute mesurée (jour visite) :**    .... m  
**Hauteur de chute max (étiage ; estimée) :**    .... m  
**Largeur de l'ouvrage (au point haut) :** ..... m    estimé    mesuré

*Commentaire :*

<b>Existence de passe(s) à poissons :</b>	0	1	2	<b>Précisions (RG, RD, espèces ciblées) :</b>
<b>Année(s) construction :</b>				
<b>Type(s) :</b>				
<b>Efficacité supposée :</b>	Nulle	Possible	Certaine	
<b>Efficacité vérifiée :</b>	Nulle	Possible	Certaine	
<b>Entretien :</b>	Ne sait pas	Nul	Rare	Régulier    Irrégulier

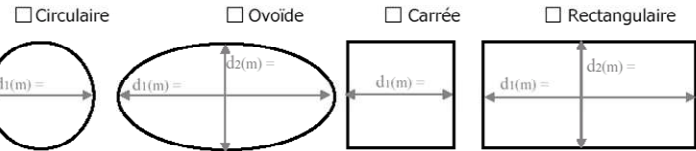
*Commentaire :*

Espèces	+ <span style="font-size: 1.2em;">→</span> - <i>Franchissabilité</i>							Commentaires
	NP*	0	1	2	3	4	5	
<b>I</b> <b>Salmonidés (TRF, SDF)</b>								
<b>II</b> <b>Ombre commun (OBR)</b>								
<b>III</b> <b>Cyprinidés eaux vives</b>								
<b>IV</b> <b>Cyprinidés eaux calmes</b>								
<b>V</b> <b>Petites espèces benthiques</b>								
<b>Espèces migratrices</b>	<b>Anguille</b>							
	<b>Alose feinte</b>							
	<b>Lamproie marine</b>							
<b>Autre(s)</b>								

NP\* : Non Pertinent

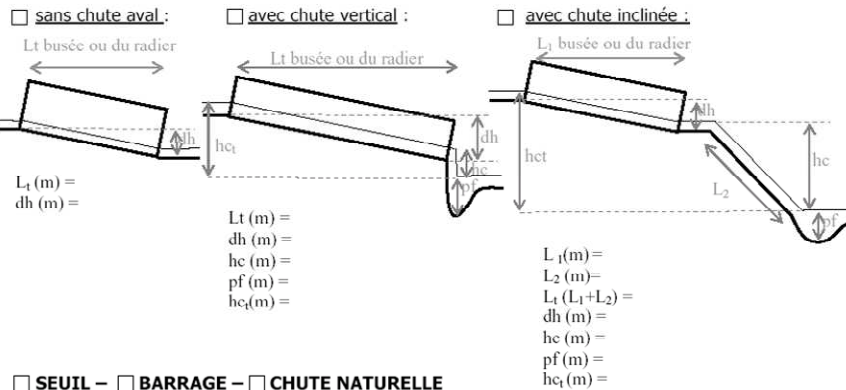
ANNEXE 1 (2/2) : fiches de description « ouvrages transversaux » verso

BUSE –  PONT CADRE



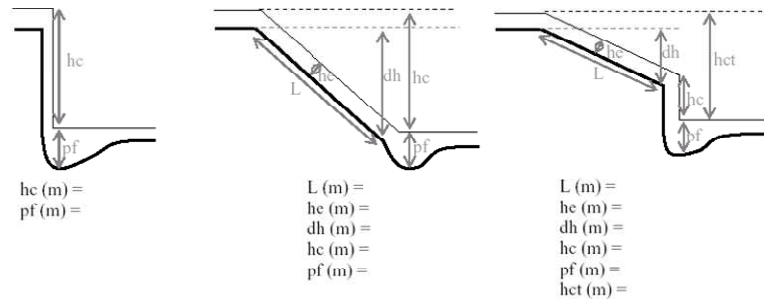
Type : Armco   
Béton

Mesure en sortie de buse :  
- Vitesse du courant (m/s) =  
- Hauteur d'eau (m) =



SEUIL –  BARRAGE –  CHUTE NATURELLE

Chute verticale       Chute inclinée       Chute inclinée + verticale



**Préconisations de travaux à effectuer sur l'ouvrage pour améliorer la continuité :**

Passe à poisons : entretien    travaux légers d'amélioration ou d'aménagement    travaux importants

Commentaires :

Effacement : non préconisé    souhaitable    a priori possible    paraît difficile    impossible

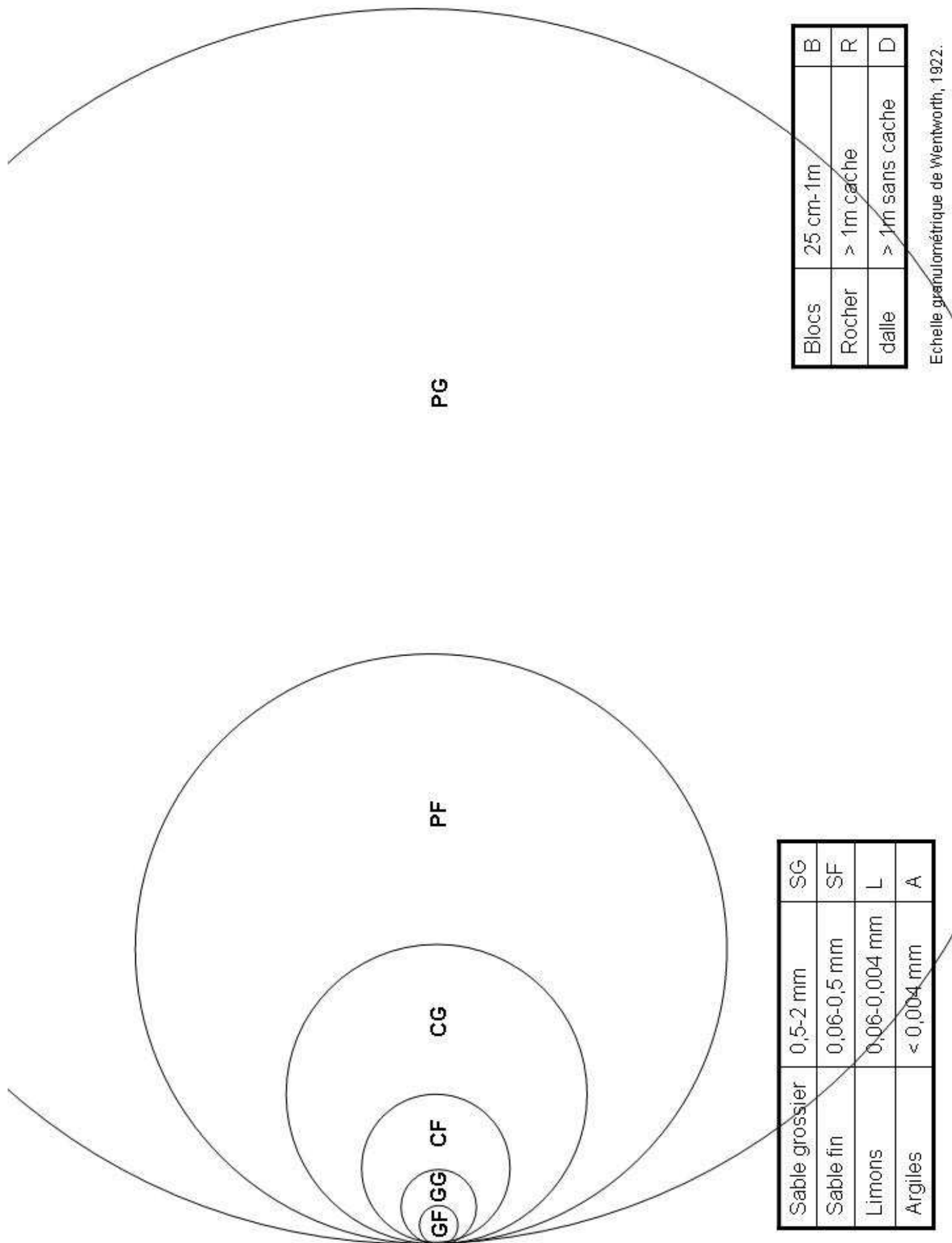
Commentaires :

Autres solutions (par exemple autre solution pour une prise d'eau, arrêt possible de l'usage, priorité aménagement dévalaison ....)

Signification des abréviations : d<sub>1</sub> : largeur ouvrage ; d<sub>2</sub> : hauteur ouvrage ; dh : dénivelé de l'ouvrage ; hc : hauteur de chute ; hct : hauteur de chute totale ; hc : hauteur d'eau ; L : longueur de l'ouvrage ; pf : profondeur maximum de la fosse de dissipation.



Annexe 2 (2/3) : fiches de terrains pour les relevés cartographiques à l'échelle du tronçon.  
Echelle granulométrique



Sable grossier	0,5-2 mm	SG
Sable fin	0,06-0,5 mm	SF
Limons	0,06-0,004 mm	L
Argiles	< 0,004 mm	A

Blocs	25 cm-1m	B
Rocher	> 1m cache	R
dalle	> 1m sans cache	D

Echelle granulométrique de Wentworth, 1922.

Annexe 2 (3/3) : fiches de terrains pour les relevés cartographiques à l'échelle du tronçon.

Codification utilisée

He (cm) / V (cm/s)
0-10
11-40
41-80
81-150
> 150

Substrats végétaux		
Hydrophytes immergés	Végétaux aquatiques ou amphiphytes noyés à tige souple	<b>HYI</b>
Branchages immergés	Amas de branchages, arbres tombés ou s'avancant dans l'eau ou réseaux de racine de gros diamètres.	<b>BRA</b>
Végétation aquatique rase	Réseaux de petits végétaux : racines de petites tailles, bryophytes, ou autres petits végétaux.	<b>CHV</b>
Hydrophytes à feuilles flottantes	Végétaux aquatiques noyés à feuilles flottantes (nénuphars, potamots...)	<b>HYF</b>
Hélophytes	Végétaux à tige ligneuse, immergés en partie	<b>HEL</b>

Colmatage	
<b>ALG</b>	algues
<b>VAS</b>	vase organique
<b>FIN</b>	sable et limon argile
<b>TUF</b>	concrétion calcaire

Caches		Qualité	
<b>BLO</b>	blocs	+ 1	zone profonde (>40cm)
<b>EMB</b>	embâcles	+ 1	baignée de turbulence, proximité d'un contre-courant
<b>BER</b>	sous berges	+ 1	proximité d'un herbier, CHV
<b>BRA</b>	branchages, racines	+ 1	profondeur latérale 30 cm

Obstacles	
<b>BA</b>	Barrage
<b>BU</b>	Busage
<b>SE</b>	Seuil
<b>PO</b>	Pont
<b>EM</b>	Embâcles
<b>autre</b>	

Perturbation+/- ponctuelle	
<b>REJ</b>	Rejet
<b>PREL</b>	Prélèvement
<b>PIET</b>	piétinement
<b>GL</b>	Affleurement glaiseux
<b>EB</b>	Eboulement de versant
<b>autre</b>	

érosion	
<b>SER</b>	seuil d'érosion régressive
<b>ERB</b>	érosion de bancs
<b>FAF</b>	fosse d'affouillement

Syst latéral	
<b>AFF</b>	affluents
<b>BRC</b>	bras secondaire courant
<b>BRM</b>	bras mort

Artificialisation	
<b>RE</b>	Recalibrage
<b>CU</b>	Curage
<b>G</b>	Gabion
<b>EN</b>	Enrochement
<b>PP</b>	Palplanche
<b>TB</b>	Tunage bois
<b>B</b>	Béton
<b>F</b>	Fascinage
<b>V</b>	végétalisation
<b>autre</b>	

Connectivité	
<b>TEMP</b>	temporaire
<b>PERM</b>	permanente

Ombrage	
<b>0</b>	Nul
<b>1</b>	Moyen
<b>2</b>	Important

Environnement proche	
<b>CUL</b>	Culture
<b>PRC</b>	Prairie clôturée
<b>PNC</b>	Prairie non clôturée
<b>FOR</b>	Forestier
<b>URB</b>	Urbanisé
<b>IND</b>	Industriel

Ripisylve	
<b>0</b>	Pas de végétation
<b>1</b>	Végétation sans arbre
<b>2</b>	Végétation avec arbre

Annexe3 : valeurs seuils utilisées pour les différents paramètres physico-chimiques de l'eau pris en compte à partir desquels des effets négatifs apparaissent pour les salmonidés (d'après Caudron, 2006a)

Composant	Origine	Effets sur les salmonidés	Valeur
Matières en Suspension (MES)	Particules solides fines minérales ou organiques. Proviennent de l'érosion du sol et des berges, surtout abondantes en période de crue. Peut être induite par une pollution mécanique ou organique	Impact limité en période de crue. Par contre les fortes teneurs anormales en période d'étiage peuvent provoquer une irritation branchiale et sont source d'infection bactérienne. En hiver, elles sont également responsables d'un colmatage des frayères pouvant entraîner une asphyxie des oeufs.	< à 30 mg/l en période d'étiage hivernal, < 75 mg/l pour les autres saisons hors période de crue
pH	Dépend de l'origine géologique du sous-sol et de la couverture pédologique. Pollution d'origine industrielle	Le caractère trop acide ou basique d'une eau entraîne un effet direct d'irritation provoquant des hémorragies cutanées pouvant aller jusqu'à la mort. Un pH élevé accroît la toxicité de l'ammoniaque.	Impérativement comprise entre 6 et 9
Conductivité électrique	Proportionnelle à la quantité des sels ionisables dissous. Dépend du degré de minéralisation d'une eau. Les valeurs anormales sont signes de pollutions	Les sels dissous exercent une pression osmotique sur les organismes. De fortes variations entraînent une migration voire des mortalités. Une brusque augmentation peut entraîner des lésions cellulaires branchiales.	recommandé entre 150 $\mu$ S/cm et 750 $\mu$ S/cm
DBO 5	Permet de considérer la charge organique en estimant la quantité d'oxygène demandée. Une surcharge en matières organiques diminue la quantité d'oxygène dissous	La principale nuisance induite est la baisse de la teneur en oxygène dissous.	< à 3 mg/l souhaitable
Dureté totale	Dépend de la nature des terrains traversés et de l'origine des substrats géologiques. Une forte pollution organique augmente la teneur en calcium suite à l'oxydation des matières organiques qui met en solution du carbonate de calcium.	La teneur en calcium agit directement sur la productivité et la valeur nutritive des eaux.	> à 20 mg/l pour assurer une productivité minimale
Saturation en oxygène dissous	Varie selon de nombreux facteurs naturels ou anthropiques: saison, climat, sous-sol, température, turbidité, matières organiques	Le manque d'oxygène se traduit par l'asphyxie ou des baisses de performances (croissance). Une sous oxygénation est également un facteur important de stress.	Impérativement > à 70% de saturation
NH3	Constitue un maillon du cycle de l'azote dont la concentration varie en fonction du pH et de la température. Peut traduire des pollutions d'origines humaines, industrielles ou agricoles	La présence d'azote ammoniacal sous sa forme non ionisée est très toxique pour les poissons. Les pathologies branchiales entraînent très rapidement la mort.	Impérativement < à 0,025 mg/l
NO2	Forme instable de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates, les nitrites résultent soit de l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit de la réduction des nitrates.	De fortes teneurs en nitrites provoquent des lésions branchiales et une transformation de l'hémoglobine en méthémoglobine. Induit une gêne respiratoire pouvant aller jusqu'à l'asphyxie.	Effets toxiques à partir de 0,1 mg/l
NH4	Présent dans les eaux riches en matières organiques en décomposition. Signe évident de pollution		Néfaste dès 0,3 mg/l et létal à 1 mg/l
PO4	Présent naturellement à de faibles concentrations (décomposition de matières vivantes, altération de minéraux). Indique plutôt une pollution (terres fertilisées, eaux usées, industrie chimique)	Favorise les proliférations algales et donc l'eutrophisation des milieux pouvant avoir des effets directs sur les organismes (mortalités des œufs) ou indirects sur l'habitat (colmatage du substrat)	Nuisance à partir de 0,3 mg/l

Annexe 4 (1/3) : caractéristiques de quelques micropolluants trouvés dans les sédiments des cours d'eau (HAP)

Molécule	Famille	Formule brute	origine naturelle	origine anthropique	Concentration ubiquitaire sédiments	Proposition INERIS de PNEC	Seuil de pollution légère	Seuil de pollution nette
Pyrène	HAPs	C16H10		combustion produits pétroliers, revêtement routier, huiles de moteurs, fonderie	< 500 µg/Kg	PNECsed = 60 µg/Kg de poids sec PNECaqua = 0,012 µg/L	50 µg/Kg/ms	500 µg/Kg/ms
Benzo(a)pyrène	HAPs	C20H12	feux, volcans	revêtement routier, combustibles fossiles, trafic routier, huiles moteurs, graisses alimentaires, raffinerie		PNECaqua = 0,05 µg/L	5 µg/Kg/ms	50 µg/Kg/ms
Acénaphthène	HAPs	C12H10	feux, volcans	raffinage pétrole, combustion charbon, échappement diesel, fongicide et insecticide	< 500 µg/Kg	PNECsed = 44,4 µg/Kg de poids sec PNECaqua = 3,7 µg/L		
Anthracène	HAPs	C14H10		essence, fioul, asphalte, pneumatiquediluant des produits de traitement du bois, insecticide, fongicide.		PNECsed = 81,1 µg/Kg de poids sec		
Benzo(a)anthracène	HAPs	C18H12	feux, volcans	trafic routier, fonderie, asphalte, décharge		Ontario Ministry of Environment FreshwaterSediment Guidelines, 1993. Lowest effectlevel: 320 µg/kg dry weight.		
Dibenzo(a,h)anthracène	HAPs	C22H14		trafic routier, charbon, huiles, goudron			50 µg/Kg/ms	500 µg/Kg/ms
Phénanthrène	HAPs	C14H10		combustibles fossiles, bois, trafic routier, huiles de moteur	< 10 µg/Kg	PNECsed = 3,68 µg/Kg de poids sec PNECaqua = 1,34µg/L	50 µg/Kg/ms	500 µg/Kg/ms
Indeno(1,2,3,c,d)pyrène	HAPs	C22H12	feux, volcans, végétation	combustibles fossiles, bois, incinérateurs, fumées industrielles		PNECaqua = 2,7 ng/L	50 µg/Kg/ms	500 µg/Kg/ms
Benzo(g,h,i)pérylène	HAPs	C22H12	feux, volcans	trafic routier, combustibles fossiles et bois, incinérateurs, déchets hospitaliers, boues de step	< 500 µg/Kg		50 µg/Kg/ms	500 µg/Kg/ms
Fluoranthène	HAPs	C16H10	feux, volcans	chauffage domestique (bois), incinérateurs, goudrons et asphalte trafic routier	< 1 mg/Kg	PNECsed = 2,3 µg/Kg de poids sec PNECaqua = 0,1 µg/L	50 µg/Kg/ms	500 µg/Kg/ms
Fluorène	HAPs	C13H10		Combustion huile, essence, fioul, charbon de bois. Goudron, incinérateurs ordures ménagères, raffinerie de pétrole	< 500 µg/Kg	PNECsed = 125 µg/Kg de poids sec PNECaqua = 0,25 µg/L		
Chrysène	HAPs	C18H12		huile brute, lignite, incinérateurs, gazinière, chauffage domestique (bois)	< 500 µg/Kg		50 µg/Kg/ms	500 µg/Kg/ms
Benzo(b)fluoranthène	HAPs	C20H12		trafic routier, asphalte, raffineries			50 µg/Kg/ms	500 µg/Kg/ms
Benzo(k)fluoranthène	HAPs	C20H12		combustibles fossiles, lessivage des routes, huiles moteur		PNECsed = 1800 µg/Kg de poids sec PNECaqua = 0,036 µg/L	50 µg/Kg/ms	500 µg/Kg/ms
2 Méthylfluoranthène	HAPs	C17H12						
Toluène	alkylbenzène	C6H5CH3	feux, volcans	essence, raffineries, industrie		PNECsed = 488,3 µg/Kg de poids sec PNECaqua = 74 µg/L		
Naphtalène	HAPs	C10H8		combustion (principalement bois), fabrication de colorants, de peintures, de boules de naphtaline, créosote	< 2 µg/Kg	PNECsed = 770,4 µg/Kg de poids sec		
2 méthylnaphtalène	HAPs	C11H10		essence, raffinerie, industrie				

Annexe 4 (2/3) : caractéristiques de quelques micropolluants trouvés dans les sédiments des cours d'eau (métaux/phtalates)

Nom	Symbole	origine	Concentration ubiquitaire sédiments	Proposition INERIS de PNEC	Classement	Seuil de pollution légère	Seuil de pollution nette
Arsenic	As	naturelle, batteries, traitement bois, peinture, plombs de chasse, pesticides	non déterminée ; < 40 mg/Kg (sols)	non déterminée	substance très toxique pour l'environnement aquatique, arrêté du 02/02/1998 relatifs aux installations classées	0,7 mg/Kg/ms	7 mg/Kg/ms
Chrome total	Cr	naturelle, trafic routier, rejets d'eaux usées, retombées atmosphériques, rejets industriels	< 100 mg/Kg	non déterminée	Cr 3 et Cr 6 : "très toxique pour les organismes aquatiques et pouvant entraîner des effets néfastes à long terme sur l'environnement aquatique" (CEE)	5,2 mg/Kg/ms	52 mg/Kg/ms
Cuivre	Cu	combustion charbon, huile, trafic routier, boues de step, fongicides, érosion des sols (qui reçoit 97% du Cu libéré dans l'environnement(ATSDR, 1990))	< 50mg/Kg	0,8 mg/Kg m.s.		1,9 mg/Kg/ms	19 mg/Kg/ms
Mercuré	Hg	naturelle (traces), combustibles fossiles, jus de décharge, rejets industriels	< 0,4 mg/Kg m.s.	9,3 mg/Kg m.s.	substance dangereuse prioritaire (directive européenne 2000/60/CE) "très toxique pour les organismes aquatiques et pouvant entraîner des effets néfastes à long terme sur l'environnement aquatique" (CEE)	0,13 mg/Kg/ms	0,7 mg/Kg/ms
Cadmium	Cd	usure des pneumatiques (lessivage), rejets industriels, jus de décharges, rejets industriels	non déterminée ; < 0,2 mg/Kg (sols)	non déterminée	substance dangereuse prioritaire (directive européenne 2000/60/CE)	0,7 mg/Kg/ms	4,2 mg/Kg/ms
Nickel	Ni	combustion charbon fuel, boues de step, incinération des déchets, rejets industriels	< 20 Mg/Kg	4 mg/Kg m.s.	substance prioritaire (directive européenne 2000/60/CE)	0,7 mg/Kg/ms	0,7 mg/Kg/ms
Plomb	Pb	trafic routier, pesticides, imprimerie, métallurgie, batteries	non déterminée ; 71 mg/Kg sols calcaire)	6,8 mg/Kg m.s.	substance prioritaire actuellement en examen (directive européenne 2000/60/CE)	4,1 mg/Kg/ms	41 mg/Kg/ms
Zinc	Zn	trafic routier, épandages agricoles, érosion gouttières et toitures imprimerie, métallurgie, insecticides, peintures	70 à 140 mg/Kg	non déterminée		124 mg/Kg/ms	271 mg/Kg/ms
DEHP	Phtalates	C24H38O4	aucune	matières plastiques (PVC), cosmétiques		100 mg/Kg/ps (CSTEE)	780 mg/Kg/ps (CSTEE)

Annexe 4 (3/3) : caractéristiques de quelques micropolluants trouvés dans les sédiments des cours d'eau (pesticides)

Molécule	Formule brute	origine naturelle	origine anthropique	Toxicité aigue
Anthraquinone	C <sub>14</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	aucune	fongicides, répulsifs pour l'avifaune, colorants, peinture, médicaments	CE50 > 10 mg/l (Daphnia magna/48 h) CL50 = 72 mg/L (Salmo sp;/96 h) INRA, agritox
Diflufénicanil	C <sub>19</sub> H <sub>11</sub> F <sub>5</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	aucune	herbicide	Oncorhynchus mykiss (ex Salmo gairdneri) - CL50 : >0.109 mg/l - Durée d'exposition : 96 heures (Source de l'information : RPA 1998) Daphnia magna - CE50 : >10 mg/l - Durée d'exposition : 48 heures (Source de l'information : Rhone Poulenc Agrochimie)
Dibenzofuranne	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> O	feux de forêt	Insecticide, incinération des plastiques, feux de forêt, émission d'échappement.	
Carbendazime	C <sub>9</sub> H <sub>9</sub> N <sub>3</sub> O <sub>2</sub>		Fongicide systémique (agricole et domestique)Produit de la dégradation du thiophanate-méthyl (fongicide)	CE50 = 891,3 mg/l (Daphnia magna/96 h) CL50 = 0,83 mg/L (Salmo sp;/96 h) PNEC eau = 0,15 µg/L (INRA, agritox)

Annexe 5 : répertoire des 92 indicateurs classés selon i et par ordre alphabétique (protocole Cb2 ; Verneaux, 1982)

macrofaune benthique -protocole Cb2

répertoire des 92 indicateurs classés selon i et par ordre alphabétique

<p style="text-align: center;"><b>i = 9</b></p> <p>Astacidae (except. A. leptodactylus et P. leniusculus) Beraeidae Chloroperlidae Perlodidae Thremmatidae</p>	<p style="text-align: center;"><b>i=5</b></p> <p>Aeschnidae Blephariceridae Bythinellidae Ceratopogonidae Cordulegasteridae Ecnomidae Elmidae Gomphidae Hydraenidae Leptoceridae Libellulidae Limoniidae Planariidae Sialidae Stratiomyidae Tipulidae</p>	<p style="text-align: center;"><b>i=2</b></p> <p>Ancylidae Atyidae Baetidae Bithynidae Cambaridae Glossiphoniidae Planorbidae Valvatidae</p>
<p style="text-align: center;"><b>i = 8</b></p> <p>Brachycentridae Capniidae Goeridae Oligoneuriidae Perlidae Philopotamidae Siphonuridae Taeniopterygidae</p>	<p style="text-align: center;"><b>i=1</b></p> <p>Asellidae Chironomidae Dreissenidae Erpobdellidae Oligochètes</p>	
<p style="text-align: center;"><b>i = 7</b></p> <p>Empididae Ephemeridae Glossosomatidae Helophoridae Heptageniidae Lepidostomatidae Molannidae Odontoceridae Polymitarcidae Potamanthidae Sericostomatidae</p>	<p style="text-align: center;"><b>i=4</b></p> <p>Aphelocheridae Calopterygidae Coenagrionidae Dugesiidae Dyticidae Ephemerellidae Gyrinidae Limnebiidae Limnephilidae Platycnemididae Simuliidae Sphaeriidae Tabanidae Unionidae</p>	
<p style="text-align: center;"><b>i=6</b></p> <p>Athericidae Dryopidae Haliplidae Helodidae/Scirtidae Hydroptilidae Leptophlebiidae Leuctridae Nemouridae Osmylidae Phryganeidae Polycentropodidae Psychodidae Psychomyidae Rhyacophilidae</p>	<p style="text-align: center;"><b>i=3</b></p> <p>Caenidae Corixidae Dendrocelidae Gammaridae Hydrobiidae Hydropsychidae Limnaeidae Neritidae Physidae Piscicolidae Vivipardidae</p>	

Annexe 6 : mode de calcul coefficient d'aptitude biogène (Verneaux 1982) et coefficient morphodynamique (Verneaux, 1983)

### COEFFICIENT D'APTITUDE BIOGENE

A partir de la liste faunistique obtenue sur les 8 placettes prélevées pour l'IBGN et à l'aide du répertoire des 92 taxons et indices (Annexe 3), rechercher les éléments de base N, n, K et i :

N = nombre total de taxons présents dans l'échantillon global,  
n = nombre de taxons indicateurs représentatifs (nombre d'individus  $\geq 3$ ),  
K = variable, fonction du rapport  $n / 4$ , rapprochée à l'entier par excès,  
 $\Sigma i$  équivaut à la somme des K indices (i) les plus élevés,

$$\mathbf{Cb2 = In + Iv}$$
$$\mathbf{(+/- 0,25)}$$

Avec Indice variété  $Iv = 0.22 \times N$   
Indice nature  $In = 1.21 \times (\Sigma i \text{ max.} / K)$

### CAPACITE D'ACCUEIL DU MACROBENTHOS

(Coefficient morphodynamique de Verneaux, 1983)

n : Nombre de supports inventoriés (1 à 8 au max. sur 10 possible)  
n' : Nombre de classes de vitesse inventoriées (1 à 5 au max.)  
N = n x n' : hospitalité globale de la station (de 0 à 40)

Cs : Support dominant  
Cv : Classe de vitesse associée au substrat dominant  
H = Cs x Cv : le couple dominant sur la station (de 0 à 45)

C's : Support le plus biogène  
C'v : classe de vitesse associée au substrat le plus biogène  
H' = C's x C'v : le couple le plus élevé inventorié sur la station (de 0 à 45)

$$\mathbf{m = \sqrt{N} + \sqrt{H} + \sqrt{H'} : Coefficient morphodynamique (de 0 à 20)}$$

$m \geq 16$  : hospitalité très bonne  
 $16 > m \geq 14$  : hospitalité bonne  
 $14 > m \geq 12$  : hospitalité médiocre  
 $12 > m \geq 10$  : hospitalité mauvaise  
 $m < 10$  : hospitalité très mauvaise

Annexe 7 : limite des classes d'abondance numériques et pondérales estimées du stock en place obtenues par pêche par enlèvement successif (CSP DR5, 1995)

Classes de densités estimées : nb ind/ 10 ares (soit 1000 m2)						Classes de biomasses estimées : kg/ha					
	C1	C2	C3	C4	C5		C1	C2	C3	C4	C5
ABL	25	500	1000	2000	4000	ABL	7,88	15,75	31,50	63,00	126,00
ANG	0,5	1	3	5	10	ANG	2,50	5	10	20	40
BAF	3	13	25	50	100	BAF	8,75	17,50	35,00	70,00	140,00
BAM	1	10	20	39	78	BAM	2,38	4,75	9,50	19,00	38,00
BBG	0,5	2	4	8	16	BBG	0,63	1,25	2,50	5,00	10,00
BLE	2	10	20	40	80	BLE	0,08	0,16	0,32	0,64	1,28
BLN	6	38	76	152	304	BLN	2,00	4,00	8,00	16,00	32,00
BOU	3	18	35	70	140	BOU	0,20	0,40	0,80	1,60	3,20
BRB	5	30	60	120	240	BRB	1,38	2,75	5,50	11,00	22,00
BRE	1	5	9	18	36	BRE	2,25	4,50	9,00	18,00	36,00
BRO	0,5	2	5	9	18	BRO	3,75	7,50	15,00	30,00	60,00
CAR	0,5	2	4	8	16	CAR	1,25	2,50	5,00	10,00	20,00
CCO	0,5	2	5	9	18	CCO	3,13	6,25	12,50	25,00	50,00
CHA	8	75	150	300	600	CHA	2,50	5,00	10,00	20,00	40,00
CHE	5	28	55	110	220	CHE	9,50	19,00	38,00	76,00	152,00
EPI	4	23	46	92	184	EPI	0,15	0,30	0,60	1,20	2,40
EPT	2	8	15	30	60	EPT	0,05	0,10	0,20	0,40	0,80
GAR	15	170	340	680	1360	GAR	13,75	27,50	55,00	110,00	220,00
GOU	6	58	115	230	460	GOU	2,50	5,00	10,00	20,00	40,00
GRE	6	63	125	250	500	GRE	1,63	3,25	6,50	13,00	26,00
HOT	10	96	193	385	770	HOT	12,50	25,00	50,00	100,00	200,00
LOF	20	200	400	800	1600	LOF	4,00	8,00	16,00	32,00	64,00
LOT	0,5	2	4	8	16	LOT	3,13	6,25	12,50	25,00	50,00
LPP	2	10	20	40	80	LPP	0,07	0,13	0,25	0,50	1,00
OBR	2	6	13	25	50	OBR	4,13	8,25	16,50	33,00	66,00
PCH	1	4	8	15	30	PCH	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00
PER	1	3	6	12	24	PER	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00
PES	1	3	6	12	24	PES	0,13	0,25	0,5	1	2
PSR	5	25	50	100	200	PSR	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24
ROT	1	4	8	15	30	ROT	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00
SAN	0,5	2	5	9	18	SAN	1,88	3,75	7,50	15,00	30,00
SDF	3	15	30	60	120	SDF	7,75	15,50	31,00	62,00	124,00
SPI	2	6	13	25	50	SPI	0,15	0,3	0,6	1,2	2,4
TAC	1	3	5	10	20	TAC	1,38	2,75	5,50	11,00	22,00
TAN	0,5	3	5	10	20	TAN	1,88	3,75	7,50	15,00	30,00
TOX	3	17	35	69	138	TOX	6,25	12,50	25,00	50,00	100,00
TRF	5	50	100	200	400	TRF	12,75	25,5	51	102	204
VAI	15	175	350	700	1400	VAI	2,25	4,50	9,00	18,00	36,00
VAN	5	28	55	110	220	VAN	5,00	10,00	20,00	40,00	80,00

Annexe 8 : tableau des répartitions longitudinales des abondances optimales potentielles, (version CSP DR5, 1995)

Tableau XXXII : répartition longitudinale (au sens biotypologique) des abondances optimales potentielles de 40 espèces.

APP	DISP	AMPL	Ordre	ESP	IS	IH	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	
1	4,0	4	1	SDF	70	88																		
1,5	7,0	7	2	CHA	70	91						1												
1,5	8,0	8	3	TRF	45	88					5													
2	7,5	6	4	LPP	75	85					5													
2	8,0	7	5	VAI	55	77					3													
2,5	7,0	5	6	BAM	70	88					3													
2,5	8,5	7	7	LOF	30	85					2													
2,5	1,0	6	8	OBR	70	88					1													
3	9,0	7	9	EPI	25	45					0,1													
3,5	8,0	5	10	BLN	60	79					1													
3,5	8,0	6	11	CHE	30	38					0,1													
3,5	9,0	6	12	GOU	45	74					0,1													
3,5	9,0	5	13	APR	85	96					0,1													
3,5	8,0	5	14	BLE	45	75					0,1													
4,5	8,5	5	15	HOT	40	83					0,1													
4,5	9,0	5	16	TOX	40	82					0,1													
4,5	9,0	5	17	BAF	50	86					0,1													
4,5	8,5	5	18	LOT	80	95					0,1													
4,5	9,0	5	19	SPI	50	74					0,1													
4,5	9,0	5	20	VAN	55	63					0,1													
5	9,0	5	21	EPT	25	45					0,1													
5,5	9,0	4	22	BOU	45	86					0,1													
5,5	9,0	4	23	BRO	45	96					0,1													
5,5	9,0	4	24	PER	50	76					0,1													
5,5	9,0	4	25	GAR	20	46					0,1													
5,5	9,0	4	26	TAN	35	81					0,1													
6,5	9,0	4	27	ABL	25	46					0,1													
6	9,0	4	28	CAR	40	81					0,1													
6	9,0	4	29	PSR	15	35					0,1													
6,5	9,0	3	30	CCO	40	84					0,1													
6,5	9,0	3	31	SAN	30	73					0,1													
6,5	9,0	3	32	BRB	25	71					0,1													
6,5	9,0	3	33	BRE	30	74					0,1													
7	9,0	3	34	GRE	30	54					0,1													
7	9,0	3	35	PES	45	70					0,1													
7	9,0	3	36	ROT	40	89					0,1													
7,5	9,0	3	37	BBG	55	95					0,1													
7,5	9,0	2	38	PCH	35	80					0,1													
7,5	9,0	2	39	SIL	30	80					0,1													
4	9,0	6	40	ANG	31	55					0,1													
							1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	
SCORE D'ABONDANCE OPTIMAL								2	5	8	12	14	16	20	22	24	36	48	56	60	76	84	80	76
VARIÉTÉ OPTIMALE OBSERVÉE							+/-	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	4	6	6	6
VARIÉTÉ OPTIMALE THÉORIQUE								1	1	2	3	4	5	7	9	12	15	18	21	23	25	23	17	17
le max								140	220	415	635	695	815	1040	1180	1420	1975	2290	2640	2750	2920	3495	3145	2590
lh max								175	358	628	889	1038	1367	1702	1871	2146	3099	3763	4291	4529	5380	6799	6358	5411

ANNEXE 9 : estimation moyenne de l'investissement en temps par type d'investigation

descripteurs		temps terrain	temps traitement
caractéristique BV			selon la taille du bassin/ accessibilité des données 1-?mois
occupation du sol			
synthèse des usages			
historique repeuplement			
recensement frayères		15-20 km /jours	NP
recensement ouvrages		15-20 km/jours	NP
mesure des ouvrages		15-20 ouvrages/jours	NP
description habitat physique faciès		4-6 km/jours	NP
physico-chimie		1 jours/campagne de mesure	NP
qualité sédiment			NP
suivi thermique	pose/relève	15-20 enregistreurs/jours	NP
macrobenthos	8+4 déter au genre	6-8 stations/jours	2-3 jours par stations
pêche électrique	cours d'eau <5m	6-8 stations/jours	NP
	cours d'eau 5-15 m	3-4 stations/jours	NP
	cours d'eau > 15 m	2 stations /jours	NP

NP : non précisé