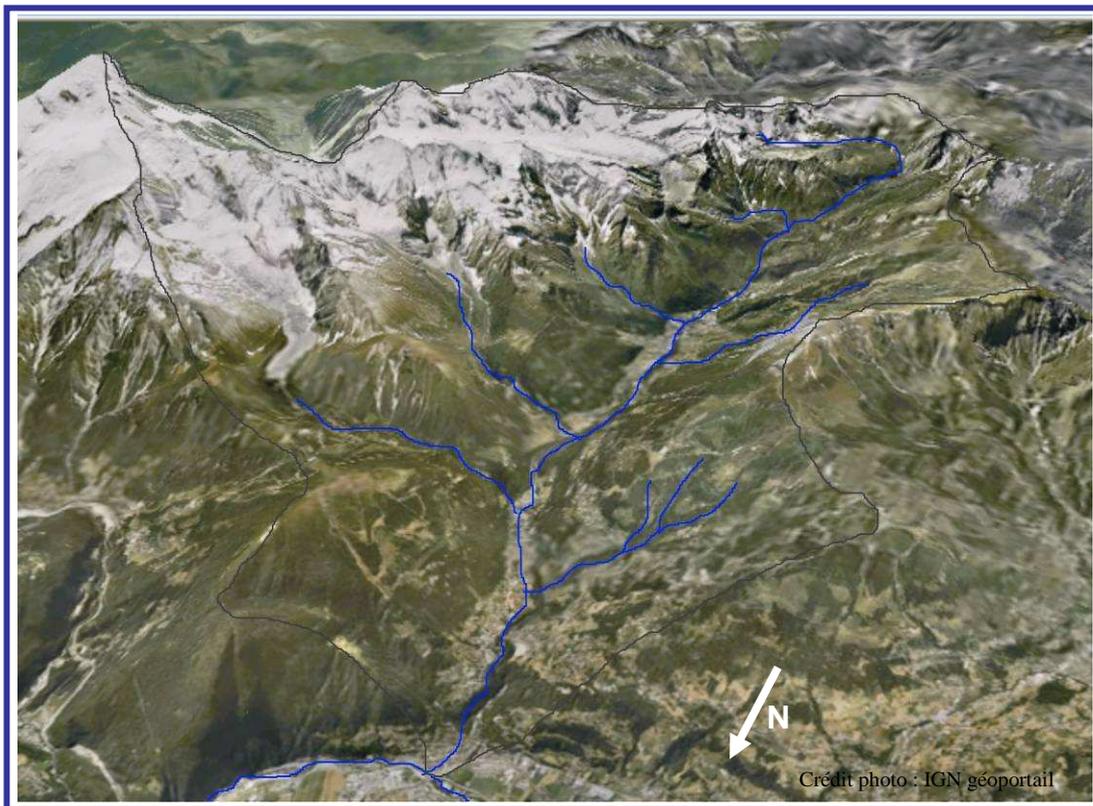




Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

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

DIAGNOSTIC DE LA QUALITE DU MILIEU AQUATIQUE ET DES PEUPELEMENTS PISCICOLES SUR LE BASSIN VERSANT DU BON NANT



Crédit photo : IGN géoportail

REDACTION : LAURE VIGIER
RAPPORT FDP74.09/04

AVRIL 2009

Etude réalisée avec la participation financière de :





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

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

DIAGNOSTIC DE LA QUALITE DU MILIEU AQUATIQUE ET DES PEUPELEMENTS PISCICOLES SUR LE BASSIN VERSANT DU BON NANT

RAPPEL DES PARTENARIATS FINANCIERS :

| Partenaires | Taux de participation (calculé sur le montant total) | Montant total |
|------------------------------|---|------------------|
| Autofinancement FDP74 | 7,6% | 3392,3 € |
| Fond FNPF | 23% | 10175,3 € |
| Fond EDF - FNPF | 7,6% | 3392,2 € |
| Agence de l'eau RMC | 33,3% | 14755,9 € |
| Conseil général 74 | 28,5% | 12647,9 € |
| TOTAL | 100 % | 44363,6 € |

Référence à citer : Vigier L., 2009. *Diagnostic de la qualité du milieu aquatique et des peuplements piscicoles sur le bassin versant du Bon Nant*. Rapport FDP74.09/04, 78p + annexes.

REMERCIEMENTS

Aux bénévoles de la société de pêche du Val Montjoie, pour leur motivation, leur disponibilité, pour l'aide qu'ils nous ont apporté sur le terrain et pour leur convivialité.

A toutes les personnes ayant participées aux différentes phases de terrains : les gardes particuliers professionnels de l'AAPPMA du Faucigny (Jean-Charles Jullin et Jean-Paul Maniglier) et au personnel technique de la fédération de pêche (Guillaume Bini, Ludovic Catinaud, Philippe Huchet et Arnaud Caudron).

SOMMAIRE

INTRODUCTION - CONTEXTE DE L'ETUDE

| | |
|---|-----------|
| PARTIE 1 : CONTEXTE GENERAL ET OBJECTIFS DE L'ETUDE | 1 |
| I - Présentation générale du bassin versant du Bon Nant..... | 1 |
| I.1 - Contexte physique : situation géographique et administrative | 1 |
| I.2 - Contexte climatologique – hydrologie | 2 |
| I.3 – Aménagements hydroélectriques | 3 |
| I.4 – Contexte géologique | 4 |
| II - Présentation de la démarche globale | 5 |
| III – Présentation des sites d'étude..... | 7 |
| PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODE | 10 |
| I - Investigations menées à l'échelle du Bassin Versant..... | 10 |
| I.1 – Analyse des caractéristiques du bassin versant | 10 |
| I.1.a – Analyse de l'occupation des sols | 10 |
| I.1.b – Analyse de la structure géologique du BV | 10 |
| I.2 – Historique de l'alevinage | 10 |
| II - Investigations menées à l'échelle du tronçon..... | 10 |
| II.1 – description de l'habitat | 10 |
| II.2 – Recensement des frayères | 11 |
| III - Investigations menées à l'échelle de la station..... | 12 |
| III.1 – Analyse de la qualité physico-chimique de l'eau | 12 |
| III.2 – Recherche d'éléments toxiques dans les sédiments | 12 |
| III.3 – Métabolisme thermique et typologie | 13 |
| III.4 – Etude du compartiment macrobenthique | 15 |
| - Les méthodes indicielles | 15 |
| - Protocole d'analyse semi-quantitative du macrobenthos | 16 |
| - Analyse des traits caractéristiques du peuplement | 16 |
| III.5 – Etude des populations de poissons | 17 |
| - Estimation du stock de poissons | 17 |
| - Analyse de la structure de la population | 17 |
| - Dosage des métaux et des PCB dans la chair et les viscères des poissons | 18 |
| - Evaluation du recrutement naturel en truite commune | 18 |
| IV – Synthèse des investigations menées et descripteurs étudiés..... | 19 |
| PARTIE 3 : RESULTATS | 21 |
| I – Evaluation de la qualité globale du milieu..... | 21 |
| I.1 – Bilan de l'occupation des sols : Evaluation des risques polluants (origines et transferts) | 21 |
| I.2 – Qualité physico-chimique du milieu | 26 |
| I.2.a – Evolution saisonnière de la physico-chimie de l'eau | 26 |
| I.2.b – Evolution longitudinale de la qualité des sédiments | 30 |
| II – Détermination du niveau typologique théorique..... | 34 |

| | |
|--|----|
| III – Evolution longitudinale du peuplement macrobenthique du Bon Nant..... | 35 |
| III.1 – Caractérisation indicielle du peuplement (8 placettes) | 35 |
| III.1.a – L’Indice Biologique Global Normalisé : IBGN | 35 |
| III.1.b – Le coefficient d’aptitude biogène : Cb2 | 36 |
| III.2 – Etude approfondie du peuplement macrobenthique (12 placettes) | 38 |
| III.2.a – Analyse des caractéristiques générales | 38 |
| III.2.b – Evolution longitudinale de quelques traits biologiques : évolution fonctionnelle du peuplement macrobenthique | 40 |
| IV – Le peuplement piscicole et son habitat..... | 47 |
| IV.1 – Qualité habitationnelle vis-à-vis du poisson à l’échelle du tronçon | 47 |
| IV.2 – Variables thermiques et potentialité piscicole | 50 |
| IV.2.a – Conditions thermiques générales | 50 |
| IV.2.b – Température extrême, amplitude et moyenne estivale | 51 |
| IV.2.c – Période de croissance et préférendum thermique | 53 |
| IV.2.d – Durée et conditions thermiques du développement embryo-larvaires | 53 |
| IV.3 – Caractérisation du peuplement piscicole du Bon Nant | 55 |
| IV.3.a – Analyse qualitative et quantitative du peuplement piscicole | 55 |
| IV.3.b – Evaluation de la contamination des truites du Bon Nant par des PCB et les métaux lourds | 59 |
| IV.3.c – Comestibilité des truites sur les secteurs échantillonnés | 61 |
| V – Synthèse des pratiques halieutiques | 62 |
| V.1 – Historique des pratiques de gestion halieutique | 62 |
| V.2 – L’activité halieutique : informations fournies par les carnets de pêches bénévoles. | 64 |

PARTIE 4 : DISCUSSION ET PERSPECTIVES **65**

| | |
|--|----|
| A - Le Bon Nant, Torrent de montagne : Un milieu aux fortes contraintes naturelles pour la vie aquatique en générale et pour le poisson en particulier | 65 |
| B - Un habitat homogène et soumis à de fortes fluctuations de débits | 66 |
| C - Un milieu très sensible aux perturbations chimiques | 67 |
| - Une contamination globale de l’écosystème par les micropolluants probablement liée aux retombées atmosphériques | 67 |
| - Une qualité d’eau soumise à de fortes variations intersaisons et une perturbation du cycle de l’azote potentiellement toxique pour la population de truite | 68 |
| D - Une population de truite fortement influencée par la gestion piscicole et l’activité halieutique | 69 |
| E - Des limites physiques naturelles et anthropiques à l’origine de capacités d’accueil piscicole variables en fonction des secteurs | 70 |

CONCLUSIONS INTERMEDIARES **73**

BIBLIOGRAPHIE **74**

ANNEXES

INTRODUCTION - CONTEXTE DE L'ETUDE

La truite commune (*Salmo trutta* L.) est une espèce importante au niveau patrimonial (grande diversité intra-spécifique) et socio-économique (halieutisme, tourisme...). La conservation et la gestion durable des populations de truite répondent donc à des enjeux multiples : écologiques et patrimoniaux, humains et sociologiques.

Dans un souci de gestion durable de ses populations salmonicoles majoritaires dans le département, la Fédération de Pêche de Haute-Savoie propose à ses AAPPMA une gestion axée sur la mise en place ou la conservation des populations fonctionnelles ainsi que sur la protection et la réhabilitation des milieux. Cette orientation de gestion nécessite une meilleure connaissance :

- des peuplements piscicoles et notamment pour les populations de truites de leur répartition et de l'efficacité de leur gestion,
- de la qualité des milieux.

Entre 2002 et 2007, la Fédération de Pêche, avec l'aide de plusieurs partenaires financiers, a réalisé, à l'échelle départementale, à la fois une évaluation de l'efficacité du repeuplement dans les rivières de Haute-Savoie et un programme d'identification, de sauvegarde et de réhabilitation des populations de truites autochtones (programme INTERREG III-A).

Les résultats de ces deux programmes ont mis en évidence la nécessité de pratiquer une gestion différenciée à travers la mise en place de stratégies adaptées aux différentes unités de gestion et de conservation définies.

La Fédération de pêche a précisée les orientations d'actions en mettant en place un Schéma Départemental de Conservation et de Réhabilitation des Populations de Truites Autochtones (Vigier et Caudron, 2007) dans lequel le bassin versant du Bon Nant a été défini comme une unité de gestion prioritaire où une étude préliminaire est nécessaire avant la proposition d'un plan de gestion.

Ce document rapporte les résultats du diagnostic mené sur le bassin versant du Bon Nant lors de l'année 2008 et intègre les données issues des études récentes le concernant.

PARTIE 1 : CONTEXTE GENERAL ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

I - Présentation générale du bassin versant du Bon Nant

I.1 - Contexte physique : situation géographique et administrative

La vallée du Bon Nant, ou Val Montjoie (figure 1), s'étend sur les communes des Contamines-Montjoie à l'amont et de Saint-Gervais-les-Bains à l'aval. Orientée selon un axe Nord-Sud, cette vallée constitue une zone de transition entre le massif subalpin des Aravis, le Beaufortin à l'ouest et le massif du Mont-Blanc à l'est.

Ainsi, son bassin versant de 147 km², est bordé à l'est par de nombreux glaciers dont les principaux sont : le glacier de Bionnassay, de Miage, de l'Armançette ou encore de Tré-la-tête. Sa partie ouest est délimitée par une ligne de crête passant notamment par l'aiguille de la Croche (2487m) ou encore le Mont Joly (2525m).

Le point culminant du bassin versant est représenté par le Mont Tondu (3191 m), situé dans la réserve naturelle des Contamines-Montjoie qui englobe la zone amont du bassin du Bon Nant.

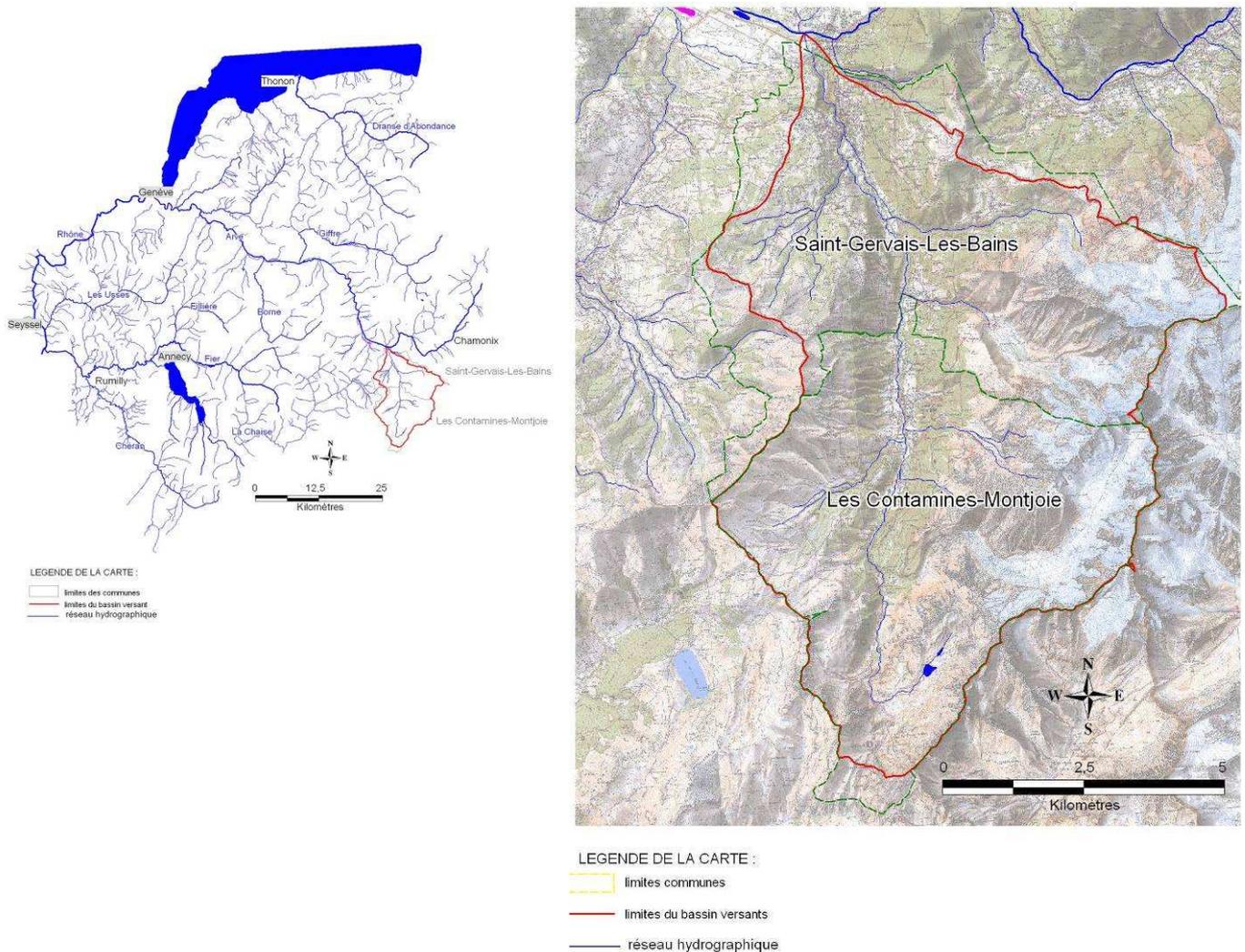


Figure 1 : localisation géographique et présentation topographique du bassin versant du Bon Nant

Sur son cours de 24 km le Bon Nant est marqué par de nombreux accidents : lacs Jovets, cascades, gorges. Il s'écoule selon une pente moyenne relativement forte de 7% (figure 2). Pour cette raison, le torrent est fortement marqué par la présence d'aménagements hydroélectriques.

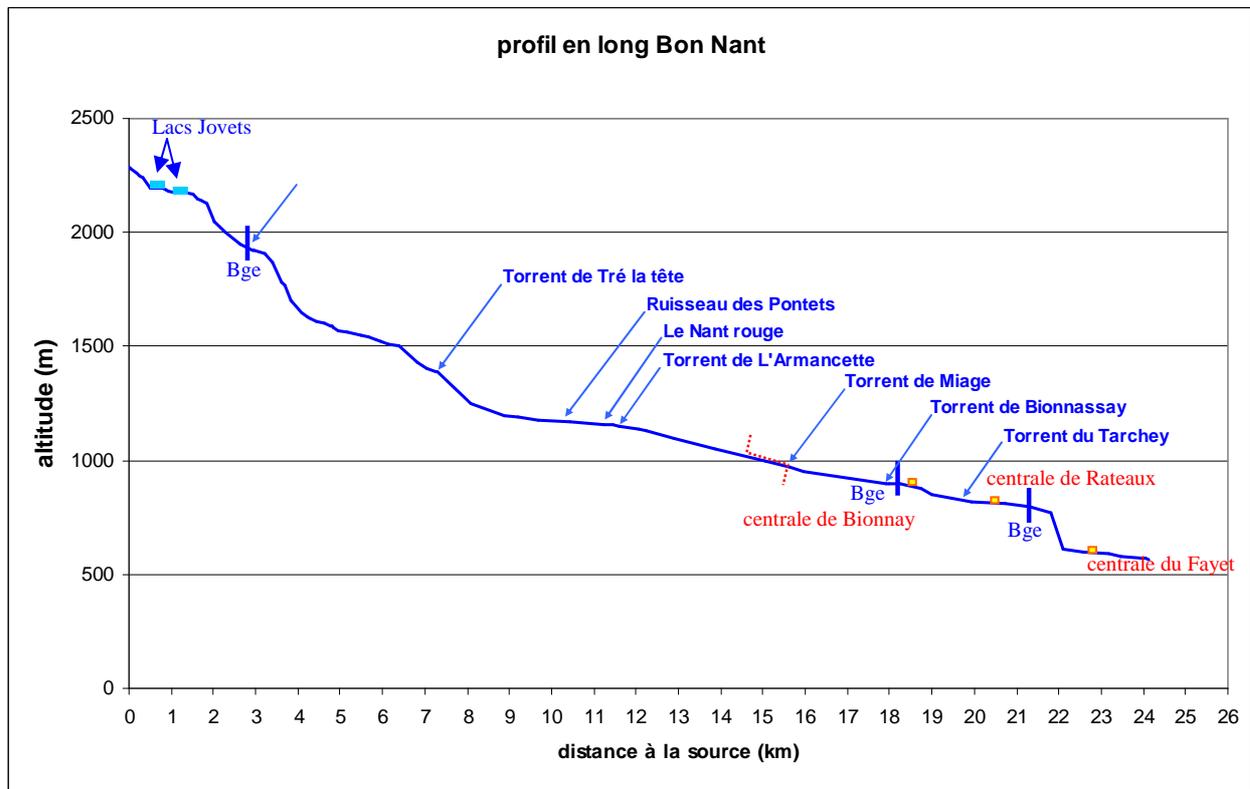


Figure 2 : profil en long du Bon Nant, localisation des affluents et des aménagements de production d'hydroélectricité.

Ses affluents principaux sont d'amont en aval : le torrent de Tré la Tête, le Nant Rouge, l'Armancette, le torrent de Miage, le torrent de Bionnassay et le Tarchey.

Le Nant Rouge et le Tarchey sont les 2 principaux affluents rive gauche, provenant de la rive ouest du Bon Nant. Ce sont des cours d'eau à régime pluvio-nival, alors que les 4 affluents rive droite : Tré la tête, l'Armancette, Miage et Bionnassay sont issus des glaciers du même nom et sont caractérisés par un régime hydrologique de type nivo-glaciaire.

Quelques sources viennent également l'alimenter sur toute sa longueur.

I.2 - Contexte climatologique - hydrologie

Le Val Montjoie bénéficie d'un climat de type continental (Thiebault, 1993). Du fait de la position intermédiaire qu'il occupe, il se montre moins arrosé par rapport aux pôles de condensation que représentent les massifs voisins du Beaufortin, des Aravis ou du Giffre.

Sur le bassin, la pluviométrie est sensiblement influencée par la topographie et l'exposition : les versants tournés vers l'ouest étant sensiblement plus arrosés. Malgré tout, les précipitations annuelles moyennes enregistrées sur la commune des Contamines-Montjoie sont de 1460 mm/an, ce qui est supérieure à la moyenne nationale. En outre, on observe 2 maximums de pluviométrie (figure 3) :

- un estival, sur la période de juillet août, où l'on enregistre 450 mm de précipitations en moyenne,
- un hivernal, de novembre à janvier, où les précipitations ont principalement lieu sous forme de neige. La hauteur moyenne des chutes de neige est de 340 mm.

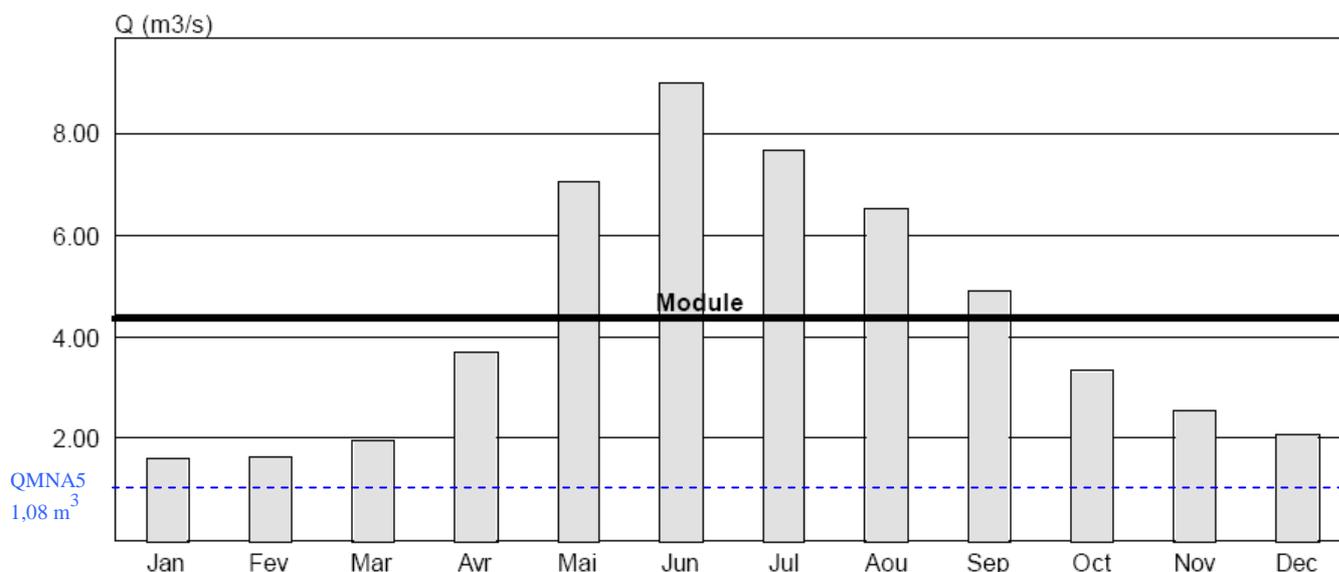


Figure 3 : Débits moyens mensuels du Bon Nant à Pont du Bon Nant (Coordonnées lambert X : 941000m, Y : 2104900 ; 16,4 km de la source, 103 km² de bassin versant), source : DIREN Rhone Alpes, mai 2005.

Ces caractéristiques climatiques atypiques : pics de précipitation estivaux et précipitations hivernales sous forme solide, associées à la présence de torrents glaciaires sur son bassin versant, attribuent des propriétés hydrologiques particulières au Bon Nant.

En effet, les débits maximums sont relevés aux mois de mai, juin, juillet et août. C'est au mois de juin que la valeur de débit la plus élevée est enregistrée, conséquence de la fonte de neige et de glace simultanées en fin de printemps et début d'été.

L'étiage intervient donc durant la période hivernale, alors que les précipitations sont stockées sous forme solide (neige, glace) sur le bassin versant.

Ce régime nivo-glaciaire à influence pluviale confère au Bon Nant les caractéristiques suivantes :

- faibles températures tout au long de l'année
- forte charge estivale en matières en suspensions
- de fortes fluctuations journalières de débits

I.3 – Aménagements hydroélectriques

Le régime hydrologique du Bon Nant est fortement impacté par les nombreux aménagements hydroélectriques, qui jalonnent son cours (*Annexe 1*).

A l'amont du bassin, les prises d'eau de Tré la Tête, du Mont Tondu et du Plan Jovet captent un débit maximum de 6 m³/s pour les dériver vers le barrage de la Girotte en Savoie. Les eaux du glacier de Tré la Tête sont préférentiellement captées, les autres prises d'eau sont utilisées pour compléter lorsque le débit à Tré la Tête n'atteint pas les 6m³/s. Ainsi, dès l'amont, le Bon Nant est court-circuité et est privé d'une partie de son débit transféré hors du bassin versant.

Les centrales de Bionnay et des Rateaux turbinent les eaux captées au barrage de Bionnay dans la limite d'un débit entrant de 9m³/s, et restituent ces eaux au Bon Nant au niveau du canal de fuite de la centrale de Bionnay (si Rateaux à l'arrêt) ou du canal de fuite de la centrale de Rateaux (si Rateaux en service).

La centrale du Fayet turbine les eaux captées au barrage de St Gervais dans la limite d'un débit entrant de $13\text{m}^3/\text{s}$ et restitue ces eaux au Bon Nant au niveau du canal de fuite de la centrale du Fayet.

L'ensemble de ses ouvrages fonctionne au fil de l'eau, malgré tout le Bon Nant se trouve en configuration court-circuitée sur la grande majorité de son cours car les débits turbinés transitent par un système de galeries et conduites forcées. Les débits réservés en vigueur sur le TCC de Bionnay rateaux est de 710 l/s ($1/10^{\circ}$ du module) et de 390 l/s ($1/20^{\circ}$ module) à la prise d'eau du Fayet (EDF, 1997a ; 1997b).

I.4 – Contexte géologique général

Du point de vue géologique, le bassin versant du Bon Nant (figure 4) est dominé :

- à l'est par la zone cristalline (socle granitique et gneiss divers) du Mont Blanc, où se déploie un très bel ensemble glaciaire dominé par le glacier de Tré la Tête qui est l'un des plus importants du massif (9 km^2). Partout, l'empreinte glaciaire reste visible dans le paysage libre de glace : roches polies ou moutonnées, moraines, bassins fermés dont celui du Jovet.

- à l'ouest par des reliefs schisteux, localement calcaires de la partie septentrionale du Beaufortin culminant au Mont Joly, qui forment une barrière avec l'Arly. Cette zone localement constituée de roches friables (schistes) présente sous le Mont Joly d'importantes ravines.

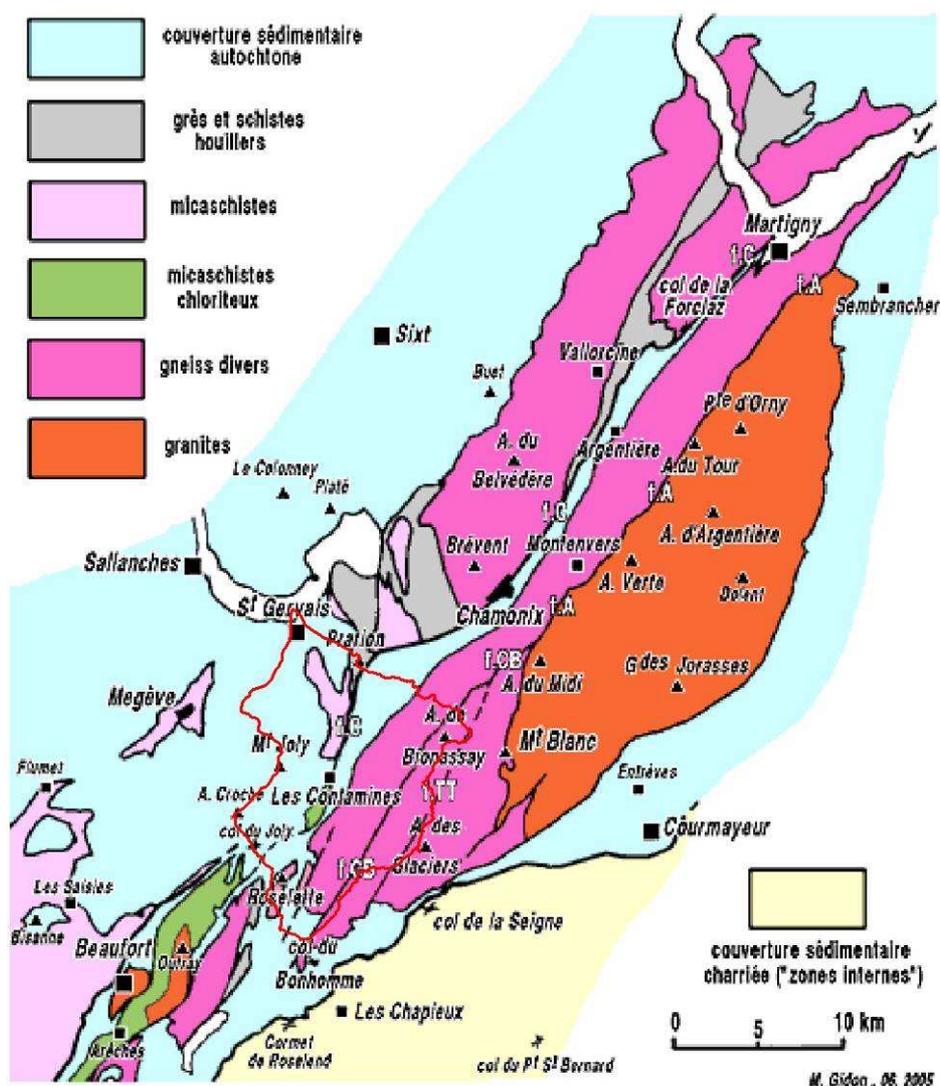


Figure 4 : Carte structurale des ensembles géologiques des massifs du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges (srce : Geol-alp.com) et localisation du bassin versant du Bon Nant (en rouge).

II - Présentation de la démarche globale

La réalisation de diagnostics écologiques de cours d'eau à l'échelle du bassin versant par l'intermédiaire de trois échelles de travail : bassin versant, tronçon et station, est largement répandue. Cette méthode de travail dite par « échelles emboîtées » est le préalable nécessaire à la mise en place d'une gestion intégrée et est notamment préconisée par les agences de l'eau.

Les objectifs de ce type d'approche sont :

- de travailler du général vers le particulier (figure 5). 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 spatiale sur une courte échelle de temps. La confrontation de données de natures diverses par le biais de la spatialisation des données permet de mettre en évidence certaines **relations causes - impacts**.

Le bassin versant 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. 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 changements importants d'occupation des sols, les modifications notable de débits (confluence, tronçon court-circuité). Les tronçons 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 et leurs taux de recouvrements soient représentatifs du tronçon considéré. Ainsi les investigations menées à l'échelle de la station sont généralisables 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 : la qualité physico-chimique de l'eau et des sédiments, la qualité physique, l'intégrité biotique par l'intermédiaire des communautés de poissons et de macroinvertébrés.

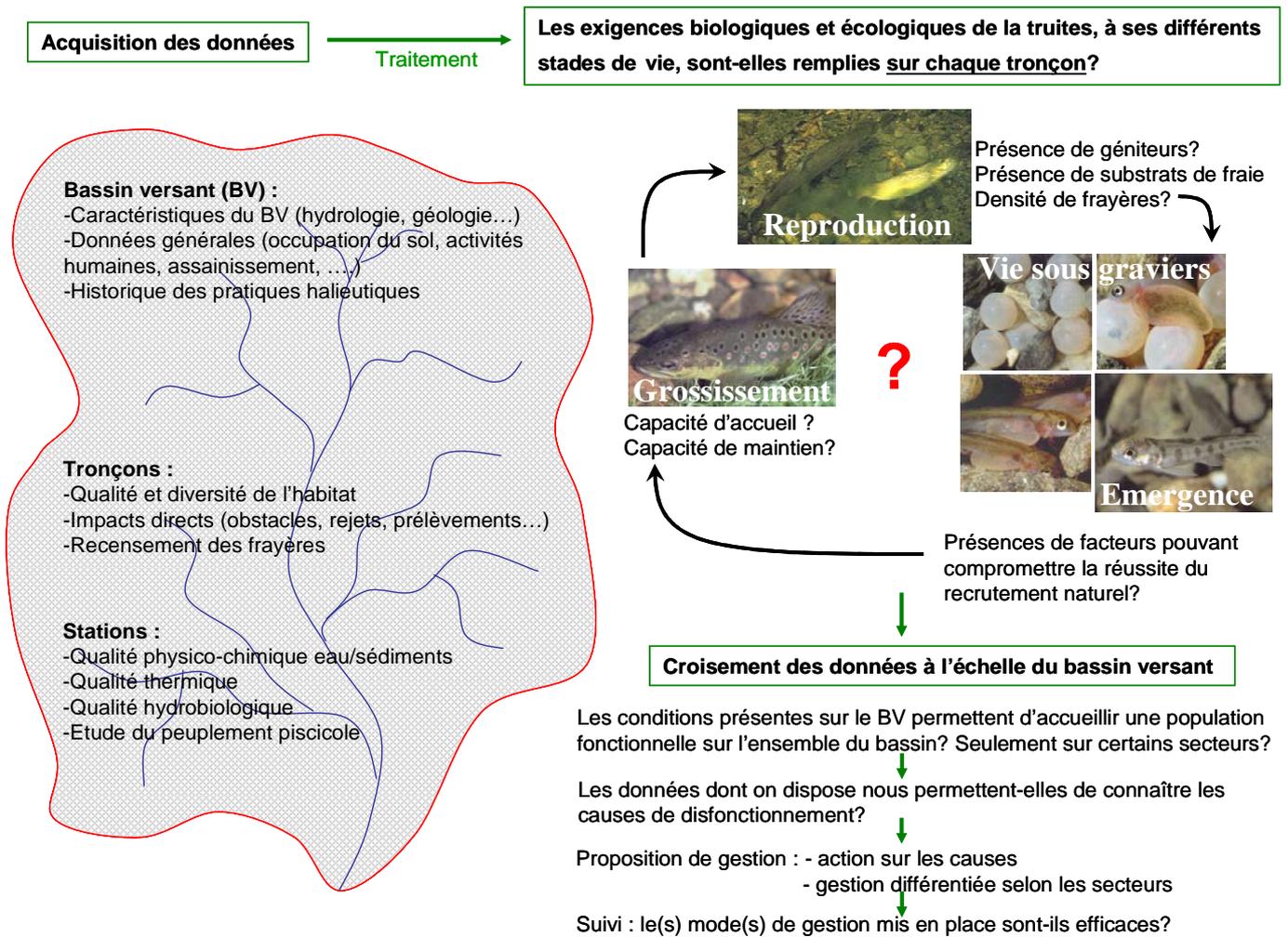


Figure 5 : illustration de l'approche par échelle emboîtée dans la démarche globale de diagnostic des peuplement piscicole (exemple de la truite fario) réalisée sur le bassin versant du Bon Nant.

III – Présentation des sites d'étude

La sectorisation en tronçons homogènes, réalisée selon la méthode décrite dans le paragraphe précédent, a déjà été effectuée dans une étude précédente (Vulliet, 2002), nous l'avons reprise ici en ajoutant quelques modifications.

Du fait de son caractère morphologique accidenté, le Bon Nant a été découpé en 16 tronçons homogènes (figure 6) dont les caractéristiques sont décrites dans le tableau 1.

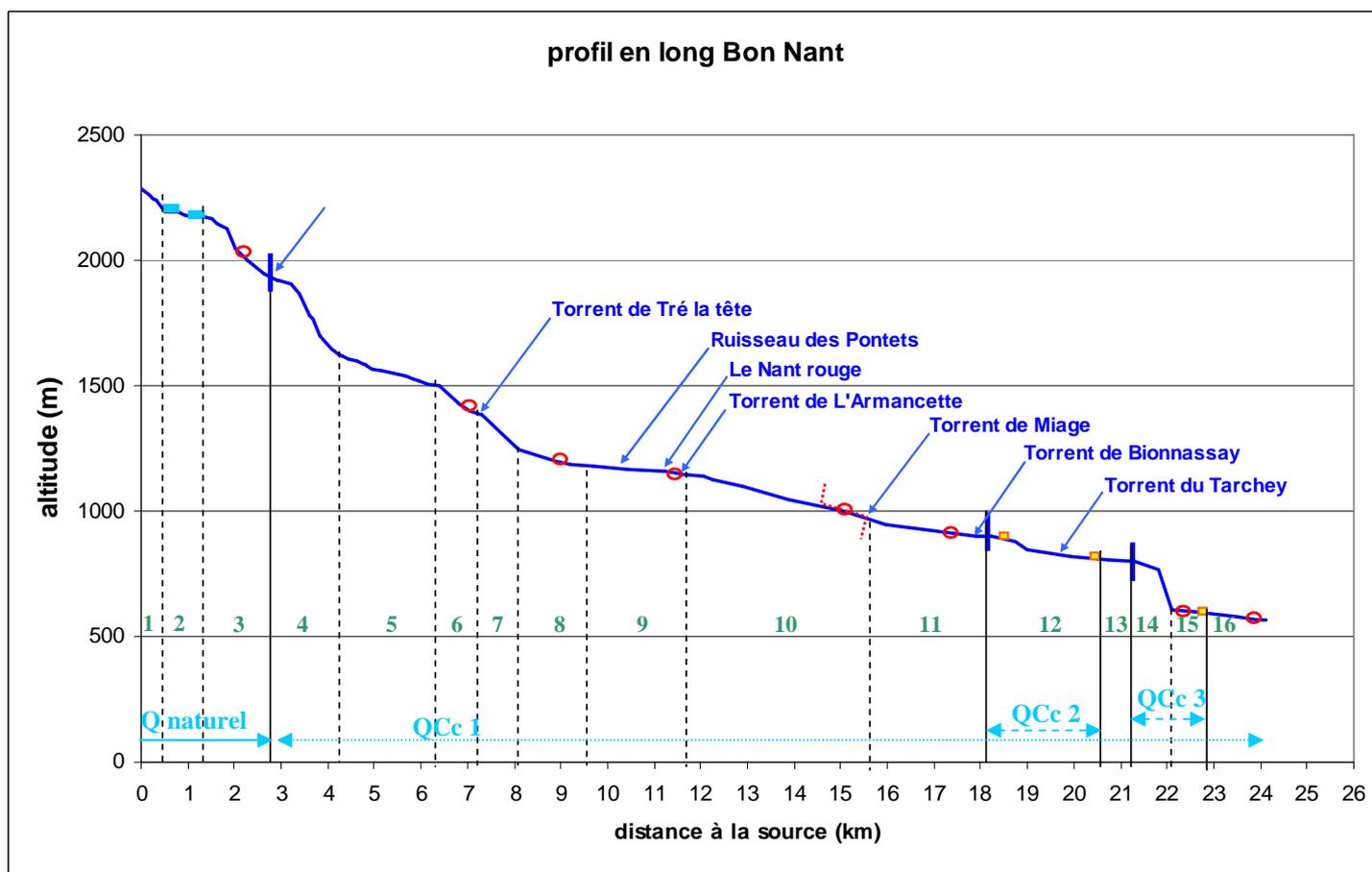


Figure 6 : Délimitation des tronçons homogènes (modifié d'après Vulliet, 2002) et position des stations d'étude sur le profil en long du cours principal du Bon Nant.

| numéro de tronçon | limites du tronçon | altitude amont | altitude aval | longueur | pente moyenne | caractéristiques |
|-------------------|--|----------------|---------------|----------|---------------|--|
| 1 | source au premier Lac Jovet | 2280 m | 2194 m | 500 m | 17,2% | très pentu et alimentation en eau diffuse |
| 2 | premier Lac Jovet à l'exutoire du deuxième Lac Jovet | 2194 m | 2180 m | 900 m | 1,5% | deux lacs de montagne encaissés; le plus à l'aval étant nettement plus grand |
| 3 | deuxième Lac Jovet à la prise d'eau de plan Jovet | 2180 m | 1920 m | 1520 m | 17,1% | succession de cascades et de replats |
| 4 | prise d'eau de plan Jovet à La Balme | 1920 m | 1650 m | 1170 m | 20,6% | zone inaccessible car fortement escarpée |
| 5 | La Balme à la source de la Rollaz | 1650 m | 1515 m | 1970 m | 6,9% | tronçon de faible pente, pouvant s'assécher jusqu'à la source de La Rollaz |
| 6 | de la source de la Rollaz à la confluence avec la Combe Noire (Tré la Tête) | 1515 m | 1380 m | 1123 m | 12,0% | faciès de type rapide |
| 7 | confluence de la Combe Noire à la passerelle Sainte Chap. | 1380 m | 1250 m | 1040 m | 12,5% | lit encaissé dans des gorges |
| 8 | Passerelle Sainte Chap. à la passerelle du parking (début du chemin de croix) | 1250 m | 1185 m | 952 m | 6,8% | cascades, rapides, radiers |
| 9 | de la passerelle du parking (début du chemin de croix) à la confluence avec l'Armançette | 1185 m | 1160 m | 2416 m | 1,0% | radiers et enrochements |
| 10 | confluence avec l'Armançette au torrent de Miage | 1160 | 980 | 3996 m | 4,5% | hétérogénéité des faciès et des vitesses de courant |
| 11 | torrent de Miage au torrent de Bionnassay | 980 m | 920 m | 2300 m | 2,5% | sédiments minéraux de grande taille mais aussi présence de sables et limons |
| 12 | torrent de Bionnassay à la centrale de Rateaux | 920 m | 815 m | 2886 m | 3,6% | faible diversité de substrat, dominance de gros blocs |
| 13 | de la centrale de rateaux au barrage de St-Gervais | 815 m | 805 m | 431 m | 2,3% | secteur en Qc2 quand centrale de Rateaux en service |
| 14 | du Barrage de Saint Gervais au pied de la cascade | 805 m | 605 m | 850 m | 23,5% | secteur inaccessible : gorges à forte pente et cascade |
| 15 | du pied de la cascade à la centrale du Fayet | 605 m | 591 m | 1203 m | 1,2% | plat courant, secteur très modifié (seuil de fond, enrochement des berges) |
| 16 | de la Centrale du Fayet à la confluence avec l'Arve | 591 m | 565 m | 956 m | 2,7% | plat courant, après restitution de débit (Qc1) |

Tableau 1 : Caractéristiques des tronçons homogènes définis sur le cours principal du Bon Nant (modifié d'après Vulliet, 2002).

Quatorze stations d'études ont été définies sur la base de cette sectorisation et des données antérieures disponibles. Neuf s'échelonnent sur le cours principal du Bon Nant de l'exutoire des lacs à la confluence avec l'Arve (Figure 7). Les 5 autres stations d'étude sont situées en clôture des bassins versants des principaux affluents qui sont de l'amont vers l'aval : le Ruisseau des Pontets, le Nant Rouge, le Torrent de Miage, le torrent de Bionnassay et le Tarchey.

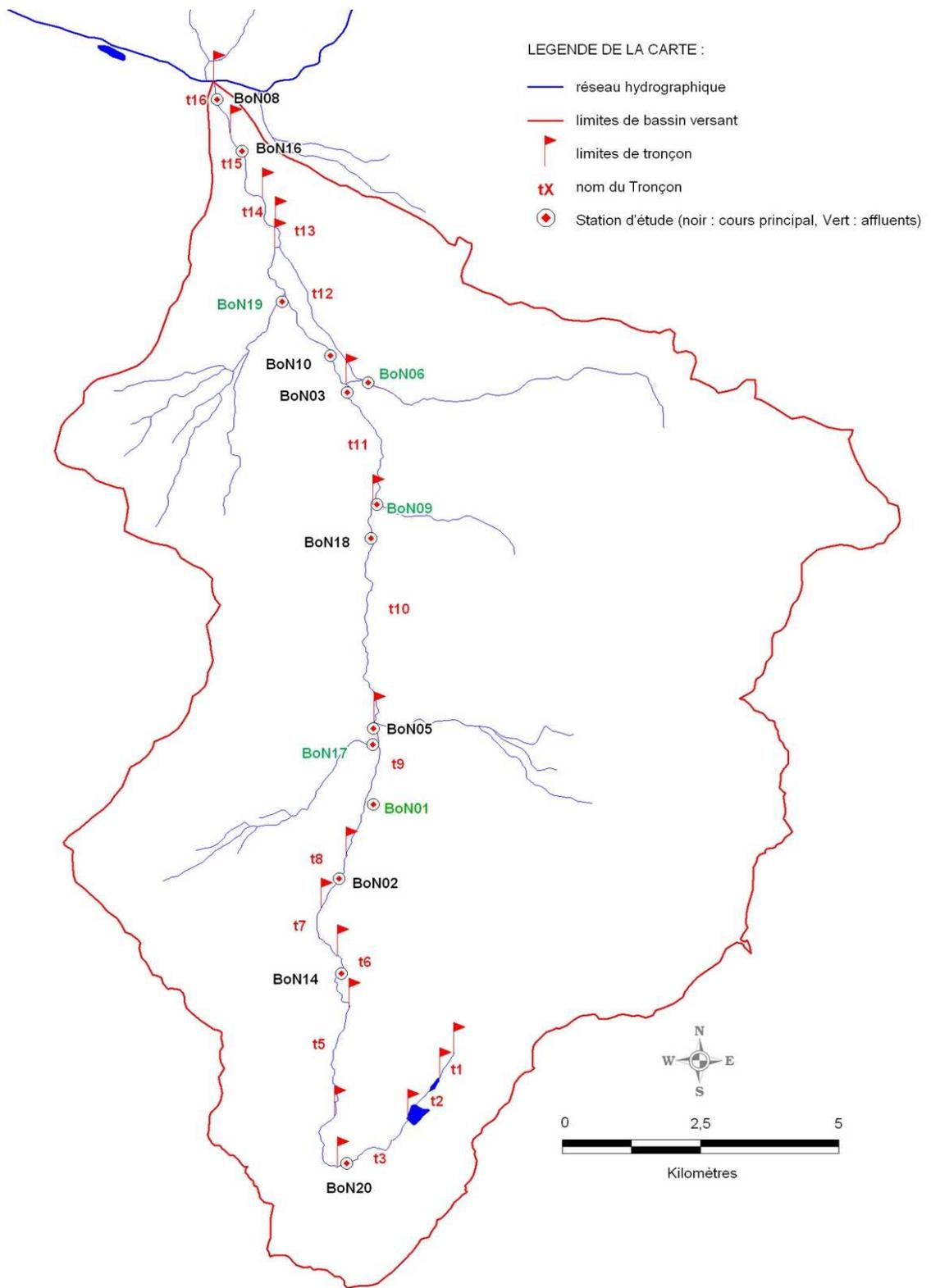


Figure 7 : Délimitations des 16 tronçons homogènes définis sur le cours principal et positions des 14 stations étudiées sur le bassin versant du Bon Nant

PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODE

I - Investigations menées à l'échelle du Bassin Versant

I.1 – Analyse des caractéristiques du bassin versant

I.1.a – Analyse de l'occupation des sols

Dans un premier temps les limites géographiques du bassin versant topographique ont été déterminées sur un fond de carte IGN au 25/1000^{ème}.

Un assemblage des photographies aériennes (été 2004) extraites du site internet du RGD 73-74 (www.geoportail-des-savoies.org) a ensuite été réalisé sur cette surface afin d'obtenir une photographie aérienne de la globalité du bassin, sur laquelle est effectuée une délimitation des parcelles par types de culture, des zones construites et des zones boisées. Toutes les autres informations obtenues en mairie (recensement des exploitations agricoles, état de l'assainissement collectif et individuel...), généralement issues du PLU (plan local d'urbanisme anciennement POS plan d'occupation des sols) ont été ajoutées.

Le pourcentage de recouvrement parcellaire en est déduit, ainsi qu'une grande partie des perturbations anthropiques existantes ou envisageables sur le bassin versant ou ses sous-bassins.

I.1.b – Analyse de la structure géologique du BV

Cette analyse a pour objectif de contribuer à la compréhension des caractéristiques physico-chimiques des eaux de surfaces et de permettre, dans une certaine mesure de dissocier les phénomènes naturels, d'apports polluants d'origine anthropique.

Les caractéristiques géologiques peuvent également, dans certains cas, permettre de définir les voies de transferts polluants sur le bassin versant et de tenter d'identifier les facteurs aggravants le risque de transferts de polluants (matières organiques, micropolluants divers, matière minérale fine...) vers 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.

I.2 – Historique de l'alevinage

Un historique des pratiques de repeuplement sur 10 ans a été fourni par l'AAPPMA du Faucigny. La prise en compte de l'évolution en terme de pratique et de la répartition des repeuplements pratiqués sur le Bon Nant est un élément indispensable de l'étude des populations actuelles de truite commune.

En outre, cet antécédent est important à considérer lors de la définition des propositions de gestion consécutives à ce diagnostic.

II - Investigations menées à l'échelle du tronçon

II.1 – description de l'habitat

L'évaluation de la qualité physique des systèmes lotiques ne dispose pas, contrairement à l'évaluation physico-chimique et l'hydrobiologique, d'une méthode standard unanimement utilisée.

Aussi, après divers essais, nous avons cherché à aboutir à un protocole permettant une description précise de la qualité globale du lit et des berges ainsi qu'une bonne

reproductibilité. Le principe des relevés de terrain s'inspire de méthodes conçues précédemment (Bovee 1982, Malavoi *et al.* 1989, Csp dr5 et Teleos 1998, D'Hervé FDP 59, 2005)

En premier lieu, le cours d'eau est découpé en tronçons homogènes (CF § II, partie 1). Ensuite, l'ensemble du linéaire du cours principal est parcouru au débit d'étiage (durant l'hiver dans le cas du Bon Nant) afin de relever les caractéristiques principales des conditions d'habitat lorsque les niveaux sont les plus bas.

Ce relevé est effectué de l'aval vers l'amont, au fur et à mesure de la progression sont noté (*annexe 3*) :

- les faciès (Malavoi *et al.*, 2002) et leurs principales caractéristiques : longueur, largeur moyenne, substrats (dominant, secondaire, le plus gros), 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 sont réparties en cinq classes selon les limites suivantes (tableau 2) (d'après cartographie à l'échelle du tronçon 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 2 : 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).

Ces trois paramètres : faciès d'écoulement, vitesses de courant et hauteurs d'eau sont étudiés indépendamment. Pour chaque tronçon, la répartition des différentes classes détaillées précédemment est analysée. Les tronçons peuvent être comparés sur la base de critères simples : diversité et représentation des différentes faciès, substrats et classes de hauteur d'eau et de vitesses d'écoulement. Il est alors possible de suivre l'évolution amont-aval la diversité de l'habitat.

II.2 – Recensement des frayères

Dans le cadre de la caractérisation du recrutement naturel sur le Bon Nant, un recensement des frayères naturelles par parcours de l'ensemble du linéaire du cours d'eau (de la confluence avec l'Arve à Notre-Dame de la Gorge) a été réalisé durant l'hiver 2007-2008 entre le 11/11/2007 et le 04/01/2008 par Jullin Jean-Charles (garde pêche professionnel de l'AAPPMA du Faucigny) et Bini Guillaume (agent de développement à la Fédération départementale de pêche).

Ces données, retranscrites en densités seront utilisées dans le cadre de l'évaluation du recrutement naturel.

III.1 – Analyse de la qualité physico-chimique de l'eau

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

- Température
- Oxygène dissous et taux de saturation
- pH
- Conductivité
- Dureté calcique
- Dureté magnésienne
- Azotes (NO₂, NO₃ et NH₄)
- Orthophosphates (PO₄)

Les échantillons d'eau ont été analysés en laboratoire à l'aide du spectrophotomètre MERK spectroquant *NOVA M60* et des tests *spectroquant* MERK (1.14752.0001 Ammonium test, 1.09713.0001 Nitrat test, 1.14815.0001 Calcium test, 1.14848.0001 Phosphat test, 1.14776.0001 Nitrit test, 1.00815.0001 Magnesium cell test).

Les mesures du pH, de la conductivité et de l'oxygène ont été effectuées sur site au moment des prélèvements, à l'aide du boîtier multisonde *WMR SymPHony SP90M5* et de ses sondes conductivité/température *SymPHony 11388-372*, pH/température *SymPHony 14002-860* et oxygène/température *SymPHony 11388-374*.

Etant démontré que la forme toxique affectant les poissons est la molécule d'ammoniac non ionisé (NH₃) 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 ont été effectués sur le calculateur en ligne d'ammoniac non ionisé (<http://cobweb.ecn.purdue.edu/~piwc/w3-research/free-ammonia/nh3.html>; Alleman, 1998).

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

En outre, la relation qualité d'eau – poisson sera basée sur une synthèse bibliographique de valeurs seuils, issues de la littérature, à partir desquels des effets négatifs pour les salmonidés sont observés (Caudron *et al.*, 2006c).

III.2 – Recherche d'éléments toxiques dans les sédiments

Une campagne de mesure de la qualité des sédiments a été réalisée sur les 9 stations situées sur le cours principal du Bon Nant le 19/11/2008. Les sédiments fins sont choisis afin de rechercher les contaminations toxiques car ils constituent un substrat à mémoire chimique. Les prélèvements ont été réalisés après une période d'au moins 5 jours de débits stabilisés.

Les échantillons ont été analysés par le laboratoire départemental d'analyses de la Drome (LDA 26) suivant la méthode semi-quantitative dite des « multi-résidus », méthode permettant d'effectuer un large balayage analytique à moindre coût. L'analyse a également portée sur les métaux suivants : Arsenic (As), Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Mercure (Hg), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Zinc (Zn).

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.

Les résultats sont interprétés sur la base d'une synthèse bibliographique (Huchet, 2007). Cette synthèse reprend les valeurs seuils du SEQ lorsqu'elles existent, les concentrations ubiquitaires et les PNEC proposées par l'INERIS, ainsi que d'autres valeurs trouvées dans des publications lorsque les différentes valeurs citées précédemment faisaient défaut.

Une comparaison est effectuée entre les résultats obtenus sur le Bon Nant et les résultats obtenus sur les sites accueillants des écrevisses à pieds blancs (notés « ref ») 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 des analyses réalisées au cours de cette étude, 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.3 – Métabolisme thermique et typologie

La température est un facteur déterminant de la qualité du milieu aquatique, notamment pour les cours d'eau salmonicoles. Six stations ont bénéficié d'un suivi sur un cycle annuel complet (du 24 juin 2006 au 23 juin 2007) au pas de temps horaire à l'aide de thermographes enregistreurs *Onset HOBO*. Quatre sont situées sur le cours principal du Bon Nant au niveau des stations BoN 14 (pont de la Laya), BoN 05 (les Echenaz), BoN 04 (pont des Praz) et BoN 08 (aval autoroute) ; et 2 sur la partie aval du rui des Pontets (BoN 01) et du Torrent de Miage (BoN 09). Les sondes placées sur la partie aval de Bionnassay (BoN 06) et au niveau de la déchetterie (BoN 12) ont été perdues.

Une fois récoltées, les données sont vérifiées afin de s'affranchir d'éventuelles valeurs incorrectes causées par un dysfonctionnement ou une mise hors de l'eau de l'enregistreur (*annexe 5*).

Les données brutes permettent de caractériser sur chaque station 30 variables thermiques différentes (Caudron *et al.*, 2006c) dont neuf (tableau 3) ont été retenues dans cette étude. Parmi ces variables, la valeur de la température moyenne calculée sur les 30 jours les plus chauds (Verneaux, 1973) sera utilisée pour le calcul du niveau typologique théorique. Les autres variables sont utilisées dans le but d'évaluer les potentialités piscicoles ainsi que les conséquences biologiques potentielles pour la truite commune des caractéristiques thermiques des eaux de surface.

| Variable | description |
|------------------------|---|
| Tmax (°C) | Valeur de la température instantanée maximale relevée pendant le cycle annuel |
| Amp max (°C) | Différence entre les températures instantanées minimales et maximales relevées pendant le suivi |
| Tm30 (°C) | Valeur de la température moyenne calculée sur les 30 jours les plus chauds (Verneaux, 1973) |
| 4°C<Jr<19°C | Nombre de jours où la température est comprise entre 4°C et 19°C (préférendum thermique de la truite fario selon Elliot, 1975; Elliot et Elliot, 1995 et Crisp,1996) |
| seq (H)max >19°C | nombre d'heures de la séquence maximale où la température reste supérieure ou égale à 19°C durant le suivi annuel |
| seq (H)max >15°C | nombre d'heures de la séquence maximale où la température reste supérieure ou égale à 15°C durant le suivi annuel |
| DVSG(Jr) | Durée en jours de la période totale de développement embryon-larvaire sous graviers (de la fécondation à l'émergence) calculée à partir d'une date de ponte médiane fixée au 15 décembre (en utilisant l'équation de Crisp, 1992) |
| seq (H)max >12°C(DVSG) | Nombre d'heures de la séquence maximales durant la période de vie sous graviers (DVSG) où la température reste supérieure à 12°C |
| seq (H)max <1°C(DVSG) | Nombre d'heures de la séquence maximales durant la période de vie sous graviers (DVSG) où la température reste inférieure à 1°C |

Tableau 1: caractéristiques des 9 variables utilisées dans la présente étude pour caractériser la qualité thermique du Bon Nant vis-à-vis des exigences écologiques de la truite commune (d'après Caudron *et al.*, 2006c).

La détermination de l'appartenance typologique d'une station constitue le préalable nécessaire aux actions rationnelles de préservation, de gestion et d'aménagement des ressources aquatiques, ainsi qu'à la définition des objectifs et critères de qualité des eaux (Verneaux, 1976).

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 (θ_{max}).
- 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 :

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

Les données physico-chimiques nécessaires ont été recueillies lors d'une campagne d'analyse hivernale (période d'étiage sévère) réalisée sur les stations préalablement décrites. Les valeurs de températures ont été extraites du suivi thermique.

Ce calcul 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 avec le peuplement observé.

III.4 – Etude du compartiment macrobenthique

- Protocole d'échantillonnage du macrobenthos

L'échantillonnage des communautés macrobenthiques est adapté du protocole d'analyse semi-quantitative (adapté de Bacchi, 1994 ; Parmentier, 1994, finalisé par Teleos, 2000). Ce protocole est fondé sur une prospection plus complète de l'espace fluvial (12 placettes dans cette étude) et sur une détermination générique des taxons prélevés. Il balaye systématiquement 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 a été 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.

- Les méthodes indicielles

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 sur la qualité physico-chimique pour les paramètres de pollution classique à dominante organique. Cet outil nécessite une détermination au niveau de la famille.

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 la fiabilité de l'estimation fournie par 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 (≥ 3 individus) et d'un répertoire faunistique plus important (92 taxons indicateurs) 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.

L'analyse des résultats intègre également le calcul :

- de l'indice de Shannon et Wiener H' 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 5 (diversité optimale).
- de l'équitabilité E correspond au rapport de la diversité observée (indice de Shannon et Wiener) dans l'échantillon à une distribution de fréquence des taxons complètement égale (effectifs égaux). Cet indice varie entre 0 (1 seul taxon) et 1 (égalité complète des effectifs des taxons présents).

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

Les 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) a été mise en œuvre afin d'atteindre les objectifs de la présente étude.

- Analyse semi-quantitative du macrobenthos

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, représentativité des taxons, présence/absence de taxons.

- Analyse des traits caractéristiques du peuplement

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.

Dans le cadre de la démarche de diagnostic pratiqué sur le Bon Nant, tous les traits proposés par Tachet *et al.* (2003) sont utilisés dans l'analyse. 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...), physiologique (ex : respiration, températures, valeur saprobiale...) ou écologique (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 a l'avantage d'être moins sensible aux variations saisonnières et spatiales, de nécessiter un effort d'échantillonnage plus faible (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 la communauté benthique dans son ensemble.

III.5 – Etude des populations de poissons

L'échantillonnage pisciaire a été réalisé par pêche électrique entre le 17/09/08 et le 24/10/08. Les 21 stations sont pêchées selon la méthode par enlèvement successif De Lury (1951). L'ensemble des stations faisant l'objet d'une analyse précise (physico-chimie, invertébrés...) à l'exception de la station située au pont de la Laya (BoN 14) qui a été remplacée pour l'aspect piscicole par la station de la Rollaz (BoN 13) ainsi que 7 stations supplémentaires sur les secteurs amont des affluents ont été étudiées pour ce compartiment.

Chaque truite fario capturée a été individualisée par un numéro de référence. Des prélèvements pour analyses génétiques (dont les résultats ne sont pas présentés dans ce rapport) ainsi que des prélèvements d'écaillés (pour déterminer l'âge de poissons) ont été effectués sur tous les individus de l'espèce truite fario capturés lors des 21 pêches d'inventaires effectuées sur le bassin.

Une comparaison avec les résultats de pêches d'inventaires réalisées antérieurement permet de suivre l'évolution temporelle du peuplement sur les stations BoN 05, BoN 03 et BoN 10.

- Estimation du stock de poissons

Une estimation de la densité et de la biomasse est réalisée pour chaque espèce présente sur les 21 stations étudiées (De Lury, 1951).

La transformation de ces données en classe d'abondance (Csp dr5, 1995) pour l'espèce truite fario permet la confrontation à la population théorique, associé au niveau typologique de la station (*annexe 4*). En effet, à 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). La confrontation entre peuplement observé et peuplement théorique permet de déceler l'importance des perturbations.

- Analyse de la structure de la population

La structure de la population de truite est également étudiée par l'intermédiaire de l'histogramme fréquence/taille et complété par l'information concernant l'âge des poissons défini par la lecture des écaillés. Les cohortes déficitaires peuvent être un indice précieux dans la précision de certains mécanismes de perturbations.

En outre, nous effectuons une comparaison des fréquences de tailles relatives des populations échantillonnées à une fréquence moyenne standard 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 répartie 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 & Catinaud, 2008).

- Dosage des métaux et des PCB dans la chair et les viscères des poissons

La réalisation de ces analyses se justifie dans le cas du Bon Nant étant donné l'absence de facteurs évidents de perturbation et par l'altitude élevée d'une grande partie du Bassin versant. En effet, plusieurs études ont mis en évidence une augmentation des concentrations en métaux lourds avec l'altitude (Veysseyre *et al.*, 2001 ; Blais *et al.*, 2006 ; Caudron, 2006a). Si l'évolution la distribution des concentrations en PCB semblent plus complexes, le caractère volatile de ces molécules est connu de même que leur présence dans des milieux éloignés de toutes sources de contamination (Weiss *et al.*, 1998 ; Carrera *et al.*, 2001 ; Quiroz *et al.*, 2008).

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.

- Analyse des PCB :

Ces analyses ont été effectuées sur un échantillon de 5 truites arc-en-ciel prélevées sur la station de pêche située le plus en amont (BoN 20). Les données historiques de repeuplement nous permettant de considérer qu'elles ont été introduites au stade alevin soit dans le lac Jovet, soit dans l'exutoire du Bon Nant.

Ces analyses ont été confiées au laboratoire de l'école vétérinaire de Nantes (LABERCA) qui a également effectué les analyses des poissons du lac du Bourget, du lac d'Annecy et du Rhône.

Ces résultats sont comparés à ceux obtenus sur les truites analysées sur le Rhône et le lac Léman (agence de l'eau RMC, 2009).

-Analyse des métaux :

Ces analyses ont été réalisées sur un échantillon de 9 truites (considérées comme originaire du recrutement naturel) prélevées sur la station BoN05 (Les Echenaz). La recherche de traces de métaux dans la chair et les viscères de ces poissons a été réalisée par le laboratoire Carso (Lyon) pour 7 métaux : le Cadmium (Cd), le Chrome (Cr total), le Cuivre (Cu), le Mercure (Hg), le Nickel (Ni), le Plomb (PB) et le Zinc (Zn).

Lorsque c'est possible, une moyenne par station est calculée sur la base des individus dont les concentrations mesurées sont supérieures aux seuils de détections. Ces résultats sont comparés à ceux obtenus sur l'Arve, dont le Bon Nant est un affluent, et à 4 autres stations situées sur la Menoge, le Borne et le Foron de Reignier.

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.

- Evaluation du recrutement naturel en truite commune

La récolte de ces résultats a été effectuée dans le cadre de l'évaluation de la contribution du repeuplement et recrutement naturel, réalisée par la Fédération de pêche 74 et l'INRA de Thonon à l'échelle du département (Caudron & 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 & Champigneulle (200b).

IV – Synthèse des investigations menées et descripteurs étudiés

En conclusion à cette première partie, le tableau suivant reprend de manière synthétique les investigations menées sur l'ensemble du bassin versant (tableau 3), puis sur chaque station (tableau 4) au cours de cette étude.

| Descripteurs | BV | Tronçon | Station |
|--|--|---|--|
| Caractéristique BV | Géologie Climatologie Hydrologie | | |
| Occupation des sols | Surfaces boisées Surfaces exploitées par l'agriculture (type), activités humaines | | |
| Usages | Prélèvement Assainissement Relevé des impacts directs | | |
| Historique alevinage | Evolution historique des pratiques de repeuplement | | |
| Recensement frayères | Zonage des densité : nombre de frayères/ 100m ² | | |
| Activité halieutique, contribution du repeuplement dans la pêche | Carnet de pêche volontaire. (Taux de capture individus repeuplés-naturels) | | |
| Physico-chimie | | Recensement rejets + autres éléments notables | NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺ , PO ₄ ²⁻ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , conductivité, pH, température |
| Habitat physique | | Description de l'habitat physique par tronçon : qualité et diversité de l'habitat | Description des stations d'étude |
| Suivi thermique | | | 9 variables d'étude |
| Qualité sédiments | | | Recherche des composés organiques + métaux |
| Niveaux typologiques théoriques | | | Calcul NTT |
| Peuplement macrobenthique | | | Indices (IBGN, Cb2) Etude semi quantitative du peuplement au genre, étude de la diversité fonctionnelle de la population |
| Stock de poisson | | | estimation densité et biomasse |
| Structure population de truite | | | histogramme taille fréquence, utilisation des fréquences de taille relative |
| Dosage des métaux et PCB (TRF) | | | Chair et viscères « adultes » D'individus naturels ou introduits au stade alevin |
| Evaluation du recrutement naturel | | | Taux de marquage des alevins (repeuplement) |

Tableau 3 : Bilan des descripteurs utilisés dans l'étude du Bon Nant aux 3 échelles d'étude.

| Cours d'eau | Code station FD | Nom station | pêches électriques d'inventaires | prélèvements invertébrés aquatiques | physico-chimie eau | | | | analyses sédiments (automne) | analyses sur poissons (chair et viscères) | |
|---------------------|-----------------|--|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------|-----|---------|------------------------------|---|-------------|
| | | | | | hiver | printemps | été | automne | | PCB et dioxine | métaux |
| Bon Nant | BoN 20 | chalets Jovets | X | X | X | X | X | X | X | 5 individus | |
| Bon Nant | BoN 13 | La Rollaz | X | | | | | | | | |
| Bon Nant | BoN 14 | pont de la Laya | | X | X | X | X | X | X | | |
| Bon Nant | BoN 02 | Notre dame de la gorges | X | X | X | X | X | X | X | | |
| ruï des Pontets | BoN 01 | les Moranches | X | X | X | X | X | | | | |
| Nant Rouge | BoN 17 | aval pont D902 | X | X | X | X | X | | | | |
| Nant rouge | BoN 26 | amont barrage Colombaz | X | | | | | | | | |
| Bon Nant | BoN 05 | les Echenaz | X | X | X | X | X | X | X | | 9 individus |
| Bon Nant | BoN 18 | le Quy | X | X | X | X | X | X | X | | |
| Torrent de Miage | BoN 09 | pont des Crouets | X | X | X | X | X | | | | |
| Torrent de Miage | BoN 25 | Chalets de Miage | X | | | | | | | | |
| Bon Nant | BoN 03 | pont des Trembères | X | X | X | X | X | X | X | | |
| Torrent de Bionnass | BoN 06 | amont pont D902 | X | X | X | X | X | | | | |
| Torrent de Bionnass | BoN 24 | sur les Maures | X | | | | | | | | |
| Bon Nant | BoN 10 | amont centrale bionnay | X | X | X | X | X | X | X | | |
| Tarthey | BoN 19 | les Margagnes (part et d'autre passerelle) | X | X | X | X | X | | | | |
| Tarthey | BoN 21 | Les Ruttiaux | X | | | | | | | | |
| Tarthey | BoN 22 | les communailles | X | | | | | | | | |
| Crey du tour | BoN 23' | amont busage station | X | | | | | | | | |
| Crey du tour | BoN 23 | aval busage station | X | | | | | | | | |
| Bon Nant | BoN 16 | Thermes | X | X | X | X | X | X | X | | |
| Bon Nant | BoN 07 | amont autoroute | X | X | X | X | X | X | X | | |

Tableau 4 : Bilan des investigations menées sur les 21 stations du Bon Nant (en bleu, les stations situées sur le cours principal du Bon Nant).

PARTIE 3 : RESULTATS

I – Évaluation de la qualité globale du milieu

I.1 – Bilan de l'occupation des sols : Evaluation des risques polluants (origines et transferts).

Sur le bassin du Bon Nant (figure 8), l'occupation humaine se concentre en fond de vallée, à proximité du cours d'eau, où les terrains sont les moins pentus. Les habitations sont principalement regroupées au niveau des deux chefs-lieux de communes des Contamines-Montjoie et de Saint-Gervais-les-Bains ainsi que sur le bassin du Tarchey (Bettex, Saint-Nicolas de Véroce). L'occupation humaine sur le reste du bassin est plus éparse et peu dense, quelques hameaux ou habitations isolées sont présentes sur les sous-bassins du Nant Rouge, de Miage ou encore de Bionnassay et sur la partie amont du Bon Nant

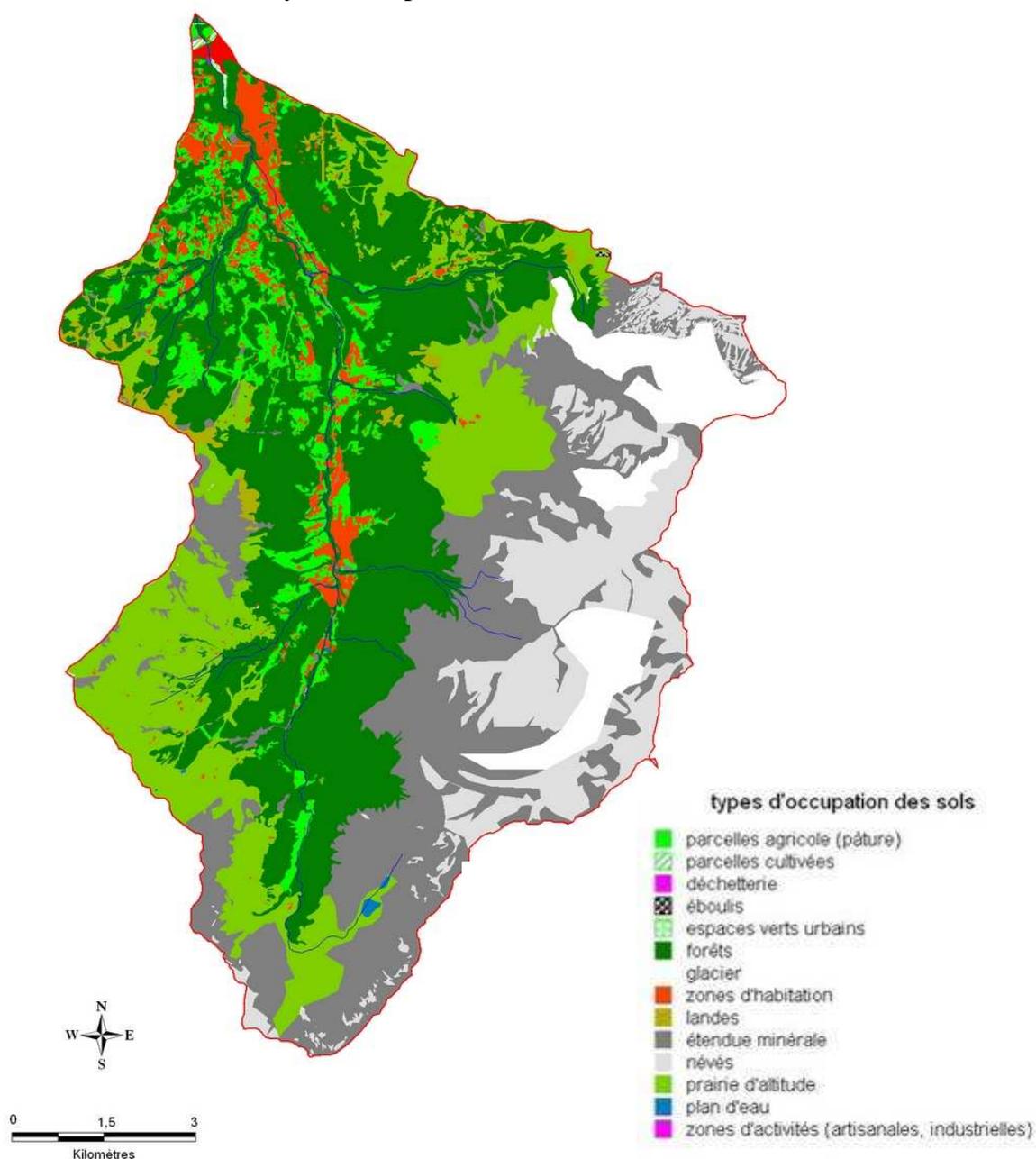


Figure 8 : Occupation du sol du bassin du Bon Nant (d'après : photos aériennes été 2004, <http://www.geoportail-des-savoie.org>)

Les activités humaines pratiquées sur le bassin du Bon Nant, leur localisation et leurs impacts potentiels sur le réseau hydrographique sont listées ci-dessous (tableau 5) :

| activités | Conséquences / usages | Contraintes | Effets sur le cours d'eau |
|---|--|---|--|
| Assainissement | Fort taux d'assainissement collectif sur le territoire. Station d'épuration cantonale Passy/St-Gervais depuis 1992 | Court-circuit des débits utilisés pour l'eau potable | Perte de débit |
| Rejets urbains | Nombreux rejets directs dans le Bon Nant (cf : PLU St-Gervais) | Origine ? | Apports de composition inconnue |
| Tourisme hivernal | Augmentation saisonnière de la population | Augmentation du besoin en eau | Augmentation du volume court-circuité au Bon Nant pendant l'étiage hivernal |
| | Augmentation des installations d'enneigement artificiel | Pompages directs sur les cours d'eau | Diminution du débit d'étiage hivernal |
| | Pistes existantes | Couloirs de ruissellement | Variation brusque du débit + apports matières en suspension |
| | Création de pistes ou aménagement des pistes | Nouveaux couloirs de ruissellement | Drainage des terrains |
| Tourisme estival | Fréquentation des refuges | Apports organiques + saisonniers sur les cours d'eau de tête de bassin | Possibilité d'une charge organique perturbante selon la nature des installations |
| Agriculture (principalement élevages bovins de production laitière) | Faible surface d'épandage + courte durée favorable | Apports organiques massifs lors d'épisodes pluvieux ou fonte | Possibilité d'une charge organique ponctuelle ou chronique perturbante selon les installations |
| | alpages | Apports organiques saisonniers | Possibilité d'une charge organique perturbante estivale |
| Artisanat filière bois | Installation à proximité des cours d'eau (héritage historique) | Possibilité de pollution accidentelles ou chroniques (lessivage bois stockés ou plate-forme de stockage) des produits de traitement du bois | Apports d'insecticides |
| Axes routiers | Salage des routes | Lessivage des routes | Apports de sels dissous |
| | Evacuation de la neige des routes | Accumulation de neige dans le cours d'eau | Apports directs de sels dissous et micropolluants (HAP...) |
| Production d'hydroélectricité | Exportation d'une partie du débit (hors BV) | | Diminution du débit en tête dès l'amont du Bon Nant |
| | Tronçons court-circuités | 1/10 (Bionnay Rateaux) 1/20 (Le Fayet) | Perte d'une partie du débit sur 4,3 km Variation brusques des débits |
| Activité thermale | Captages de sources sous terraines T = 32°C Forte minéralisation | Rejets directs | Modification température (en cours d'amélioration) et des caractéristiques physico-chimiques du Bon Nant |

Tableau 5 : Synthèse des activités humaines présentes sur le bassin versant du Bon Nant, contraintes et impacts potentiels sur le réseau hydrographique.

Ainsi, malgré un faible territoire directement impacté par la présence humaine (environ 14%), la configuration d'occupation du sol en fond de vallée, soumet le Bon Nant à diverses perturbations principalement d'ordre hydrologique (perte de débits, modification du cycle hydrologique) et physico-chimique (rejets, pollutions diffuses). Il est également remarquable que les zones amont du réseau hydrographique situées dans des milieux d'altitudes d'apparence « naturels » ne sont pas exemptes d'activités et sont également soumis à des perturbations liées au tourisme de masse hivernal et estival ainsi qu'à la production d'hydroélectricité et aux pratiques agricoles.

La géologie bassin versant du Bon Nant (Mennessier *et al.*, 1977 ; Pairis *et al.*, 1992) est marquée par 2 grands ensembles géologiques séparé selon un axe nord-est / sud-ouest

(figure 9). Ainsi, sur la partie ouest, située en bordure du massif du Massif du Mont Blanc les formations cristallophilliennes (gneiss et micaschistes) dominent. C'est aussi sur ce secteur que s'étendent les glaciers de Miage, de Bionnassay, de l'Armançette et de Tré la tête. Alors qu'à l'est de cet axe les roches d'origine sédimentaire (schistes, grès, calcaires) dominent. Les flancs du Mont Joly et du mont d'Arbois sont majoritairement constitués de schistes.

Un troisième ensemble, plus récent correspondant aux dépôts glaciaires et alluvionnaires ainsi qu'aux éboulis, concerne l'ensemble des fonds de vallées. Ces dépôts sont constitués de matériaux essentiellement cristallophilliens sur la partie est du bassin (rive droite du Bon Nant) et schisteux avec de nombreux blocs provenant du Mont Blanc sur sa partie ouest.

D'un point de vue tectonique, le bassin du Bon Nant est situé sur une zone failleuse.

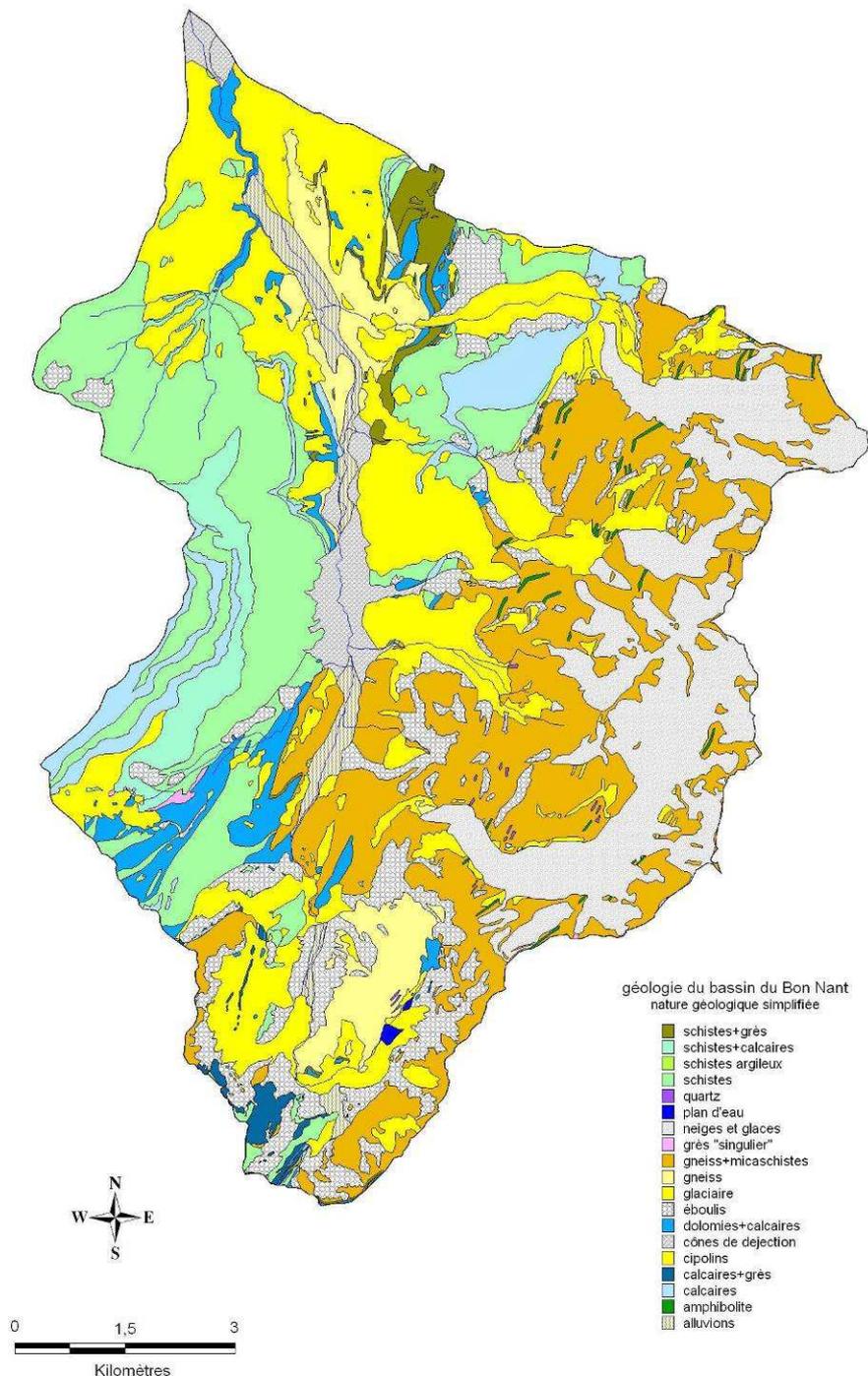


Figure 9 : Carte géologique précise du bassin versant du Bon Nant (d'après : cartes géologiques 1/50.000, Saint-Gervais et Cluses BRGM).

En ce qui concerne les écoulements souterrains, « les nappes phréatiques, en dehors de la vallée de l'Arve, n'ont pas fait l'objet d'étude : leur existence même n'est pas connue. On peut seulement noter les nombreux écoulements qui apparaissent en pieds de berge ; ceux de la rive droite peuvent probablement être associés à une nappe de versant, par contre en rive gauche leur origine est douteuses en raison des axes de drainage préférentiels que constituent les failles. Cependant, ces écoulements sont très limités et souvent diffus » (EDF, 1997a, b).

La notice de la carte géologique de Saint-Gervais fait mention de différents types de sources (issues des schistes et calcaires liasiques, des dolomies et cargneules triasiques, du houiller ou du cristallin, des grosses moraines ou de replats alluviaux) à faibles débits, dont les eaux sont plus ou moins dures selon la formation géologique sur laquelle elle se situe (généralement dure sur les schistes et calcaires et douce au niveau des massifs cristallin), mais toujours très vulnérables aux pollutions bactériologiques lorsqu'elles se situent sur des terrains couverts d'alpage ou en présence de chalets.

Cette notice apporte également quelques éléments sur les voies de transferts souterrains existantes sur la partie ouest du bassin. Le bassin d'alimentation des sources utilisées par l'établissement thermal de Saint-Gervais (Gontard de Mey et la source sulfureuse) semble être dans la partie nord occidentale du Mont Joly, les eaux se minéraliseraient lors de leur traversée des couches profondes (grès permo-triasiques et du socle ancien granitique).

Ces éléments hydrogéologie (Menessier *et al.*, 1977) mettent en évidence 2 types d'écoulements sous terrain sur le bassin du Bon Nant, concernant principalement les secteurs d'altitude :

- des écoulements superficiels correspondant à des nappes de versant, qui concernent l'ensemble du bassin. Ces sources sont directement impactées par les activités humaines proches (alpage, chalets).
- Des écoulements sous terrain profonds transitant à travers les schistes. Ce type d'écoulement ne semble concerner que la partie ouest du bassin entre le mont Joly et le mont Arbois.

Les fonds de vallées, plus particulièrement soumis aux activités humaines, reposent principalement sur des formations récentes d'origine glaciaire dont les capacités de transferts sont assez hétérogènes. Cependant la proximité des installations ainsi que les nombreuses infrastructures (rejets pluviaux, fossés des chaussées...) semblent être des éléments favorisant les transferts directs au cours d'eau. En outre les fortes pentes observées sur le bassin semblent favoriser le phénomène de ruissellement.

Ainsi, il semble que les activités humaines pratiquées sur le bassin ont un impact assez direct sur le milieu et ceci aussi bien dans les secteurs d'altitude qu'en fond de vallée.

LES TYPES D'IMPACTS QUI RESSORTENT SONT :

- l'artificialisation du régime hydrologique :

- perte d'une partie du débit sur tout ou partie du linéaire
- variation des débits en fonction de l'exploitation sur les TCC
- aggravation de l'étiage hivernale

Cette artificialisation est le fait des impacts conjoints de l'exploitation hydroélectrique et du tourisme hivernal du fait de l'augmentation de la demande en eau potable (circuit AEP/assainissement court-circuite le Bon Nant) et de la production de neige artificielle.

- 2 types de risques d'atteinte à la qualité de l'eau du Bon Nant et de ses affluents :

- sur l'amont (secteur en zone de montagne) : risque de surcharge organique durant la période estivale (alpage, fréquentation refuge)
- en fond de vallée et sur le bassin du Tarchey : risques de transferts directs de différents composés liés aux activités humaines (produits phytosanitaires divers, lessivage des axes routiers, charge organique liée à l'agriculture).

LE CONTEXTE GEOLOGIQUE APPORTE DES ELEMENTS CONCERNANT :

- les caractéristiques physicochimiques des eaux liées aux formations géologiques et aux modalités de circulation de l'eau :

- versant est (socle cristallin) : circulation de surface ou subsurface et eaux peu minéralisées
- versant ouest (socle sédimentaire schisteux) : circulation profonde possible et forte minéralisation.
- fond de vallée (formations quaternaire : moraines, alluvions...) : perméabilité et minéralisation potentiellement hétérogène.

- risque important de transfert rapide des matières polluantes de la source polluante au milieu aquatique :

- milieux d'altitude : vulnérabilité des sources de montagne avérée
- proximité et infrastructures humaines (fossé, rejets, pistes de ski) augmentent la rapidité des transferts en fond de vallée.

I.2 – Qualité physico-chimique du milieu

I.2.a – Evolution saisonnière de la physico-chimie de l'eau

Analyse des nutriments (composés azotés et phosphates)

- Hiver (figure 10.a):

D'une manière très générale, les nitrates sont la forme majoritaire de l'azote avec des concentrations comprises entre 2,3 et 5 mg/l. Ces concentrations peuvent être considérées comme relativement fortes compte tenu de la faible distance à la source (Nisbet & Vernaux, 1970).

Les autres formes de l'azote, nitrites et ammonium, ont été mesurées en relativement faible concentration sur l'ensemble du linéaire (concentration respectivement comprises entre 0,01 et 0,04 mg/l et entre 0,01 et 0,09 mg/l), sauf sur le secteur aval au niveau des thermes et en amont de l'autoroute où l'on observe de fortes concentrations d'ammonium (0,72 et 0,51 mg/l) et dans une moindre mesure de nitrites (0,04 mg/l). Ces concentrations font état d'une perturbation du cycle de l'azote qui est également visible en amont du cours principal, jusqu'au pont du Quy (BoN 18) et sur la partie aval des Torrents de Miage et de Bionnassay.

Les phosphates sont présents dans des concentrations assez faibles (concentrations comprises entre 0,01 et 0,15 mg/l) mais cependant supérieures aux concentrations attendues pour un tel milieu. Les valeurs les plus fortes sont relevées :

- au niveau du pont de la Laya BoN 14 (point le plus amont de la campagne de mesure hivernale) avec 0,15 mg/l.
- au niveau du débit réservé (BoN 10) en amont de la centrale de Bionnay avec 0,14 mg/l. Ce point de mesure a pu être influencé par un rejet domestique intermittent repéré lors de la campagne de printemps.
- en amont de l'autoroute (BoN 07) avec 0,11 mg/l, où quelques rejets actifs ont été repérés.

En ce qui concerne les affluents, la situation est assez similaire, les concentrations en nitrates évoluent entre 3 mg/l (aval Trachey BoN 19) et 4,8 mg/l (aval Bionnassay BoN 06).

- Printemps (figure 10.b):

Les nitrates sont toujours la forme d'azote majoritaire. Les concentrations varient dans la même gamme de concentrations que les valeurs hivernales entre 3,3 et 4,8 mg/l.

Les concentrations de nitrites atteignent le seuil de 0,01 mg/l indiquant une perturbation du cycle de l'azote sur tous les points de mesures que ce soit sur le cours principal ou l'aval des affluents. De même des concentrations anormalement élevées d'ammonium, comprises entre 0,17 et 0,58 mg/l, ont été mesurées au niveau de l'exutoire de lac Jovet (BoN 20), du pont du Quy (BoN 18), du pont de Trombères (BoN 03) et du torrent de Bionnassay (BoN 06). Ces valeurs font état d'une pollution sensible (Nisbet & Vernaux, 1970).

La concentration en phosphates obtenue sur la station amont (BoN 14) 0,1 mg/l, plutôt caractéristique d'un milieu de productivité moyenne, est assez étonnante vu la position de la station. Ensuite les concentrations se cantonnent à des valeurs comprises entre 0,01 et 0,03 mg/l pour la majorité des stations à l'exception du pont des Trombères (BoN 03) où la concentration atteint 0,12 mg/l et de l'aval du torrent de Bionnassay avec 0,07 mg/l. Ces concentrations correspondent à des eaux peu productives mais cependant déjà supérieures aux concentrations attendues pour un cours supérieur de réseau hydrographique pré-senti comme oligotrophe au même titre que les lacs Jovet qu'il traverse et dont le caractère oligotrophe a été évalué en 1981 (Blavey & Blavoux) et en 2000 (Winiarski).

- Eté (figure 10.c):

L'azote est majoritairement représenté sous la forme d'ammonium. Les concentrations relevées, comprises entre 0,6 et 4,2 mg/l témoignent d'une pollution sensible jusqu'à 1mg/l, à critique au-delà de cette concentration.

Les concentrations estivales en ammoniac (figure 11) varient entre 0,0107 et 0,3564 mg/l. Ainsi 2 stations BoN 14 (pont Laya) et BoN 19 (aval Tarchey) dépassent la concentration toxique minimale observée pour les salmonidés qui est de 0,2 mg/l et toutes les autres stations à l'exception de BoN 01 (rui des Pontets), dépassent le seuil de 0,025 mg/l pouvant provoquer des effets toxiques lors d'une exposition prolongée (FAO, 1971 ; Haywood, 1983).

De même, les concentrations de nitrites observées sur le cours principal du Bon Nant témoignent d'une pollution incideuse (concentration comprise entre 0,01 et 0,1 mg/l) à sensible (entre 0,1 et 1 mg/l) à partir de BoN 02 (Notre Dame de la Gorge) jusqu'à la confluence avec l'Arve. Les concentrations relevées sur les 2 stations amont du Bon Nant (BoN 20 et BoN 14) et sur le bas des 4 affluents étudiées présentent des concentrations évoluant entre 0,02 et 0,06 mg/l indiquant une perturbation du cycle de l'azote.

Les valeurs de nitrates restent très faibles sur l'ensemble des points de mesure, en effet elles évoluent entre 0 et 0,27 mg/l. Cette situation met en évidence la faiblesse de la réaction de nitrification (transformation de l'ammonium en nitrates) durant la période estivale.

Les concentrations en phosphates relevées en période estivale sur le cours principal du Bon Nant évoluent entre 0,02 mg/l à l'amont (BoN 20) et 0,65 mg/l au pont de la Laya (BoN 14) en limite de réserve. Ces valeurs correspondent respectivement à un milieu peu productif puis à des eaux nettement polluées. Ensuite la concentration diminue à 0,42 mg/l (cours d'eau pollué) en BoN 02 et se stabilise aux alentours de 0,2 mg/l (forte productivité, caractéristiques des rivières de prémontagne et de plaine) à partir de BoN 05.

Ces concentrations sont très largement supérieures aux concentrations attendues pour un cours d'eau glaciaire d'altitude et témoignent d'une forte perturbation du cycle des phosphates sur le cours principal du Bon Nant. En effet, à l'exception du torrent de Bionnassay (BoN 06) avec 0,07 mg/l, les concentrations relevées sur les affluents sont comprises entre 0 (BoN 01, rui des pontets) et 0,03 mg/l (BoN09, Miage) et caractéristiques d'eaux très peu à peu productives.

- Automne (figure 10.d):

La situation physico chimique au niveau des stations du cours principal du Bon Nant lors de la campagne de prélèvements d'automne est globalement assez proche de la situation estivale :

- fortes concentrations d'ammonium et donc d'azote ammoniacal (figure 11)
- concentration en nitrites caractéristique d'une pollution incideuse
- concentration en phosphate très variable et atteignant ponctuellement de fortes concentrations caractéristiques de perturbations locales.

Une différence majeure entre ces 2 saisons porte sur la situation observée sur l'amont du bassin (BoN 20 et BoN 14). La forme d'azote dominante sont les nitrates (respectivement 2 et 3,7 mg/l). Par conséquent, les concentrations de nitrites (0,02 mg/l) et d'ammonium (respectivement 0,05 et 0,02 mg/l) retrouvent des valeurs plus faibles mais toujours significatives d'une perturbation du cycle de l'azote.

Ensuite, à partir de BoN 02, la forme ammoniacal de l'azote devient majoritaire et caractéristique d'une pollution critique, ce qui engendre des concentrations en ammoniac comprises entre 0,0335 et 0,0887 mg/l supérieures au seuil de 0,025 mg/l pouvant provoquer des effets toxiques lors d'une exposition prolongée.

Les concentrations en phosphates informent d'une pollution marquée sur les stations BoN 20 (amont), BoN 14 (pont de la Laya) et BoN 03 (pont des Trombères) ; et de

perturbations locales en BoN 02 (Notre dame de la Gorge), BoN 10 (centrale de Bionnay) et BoN 07 (amont autoroute).

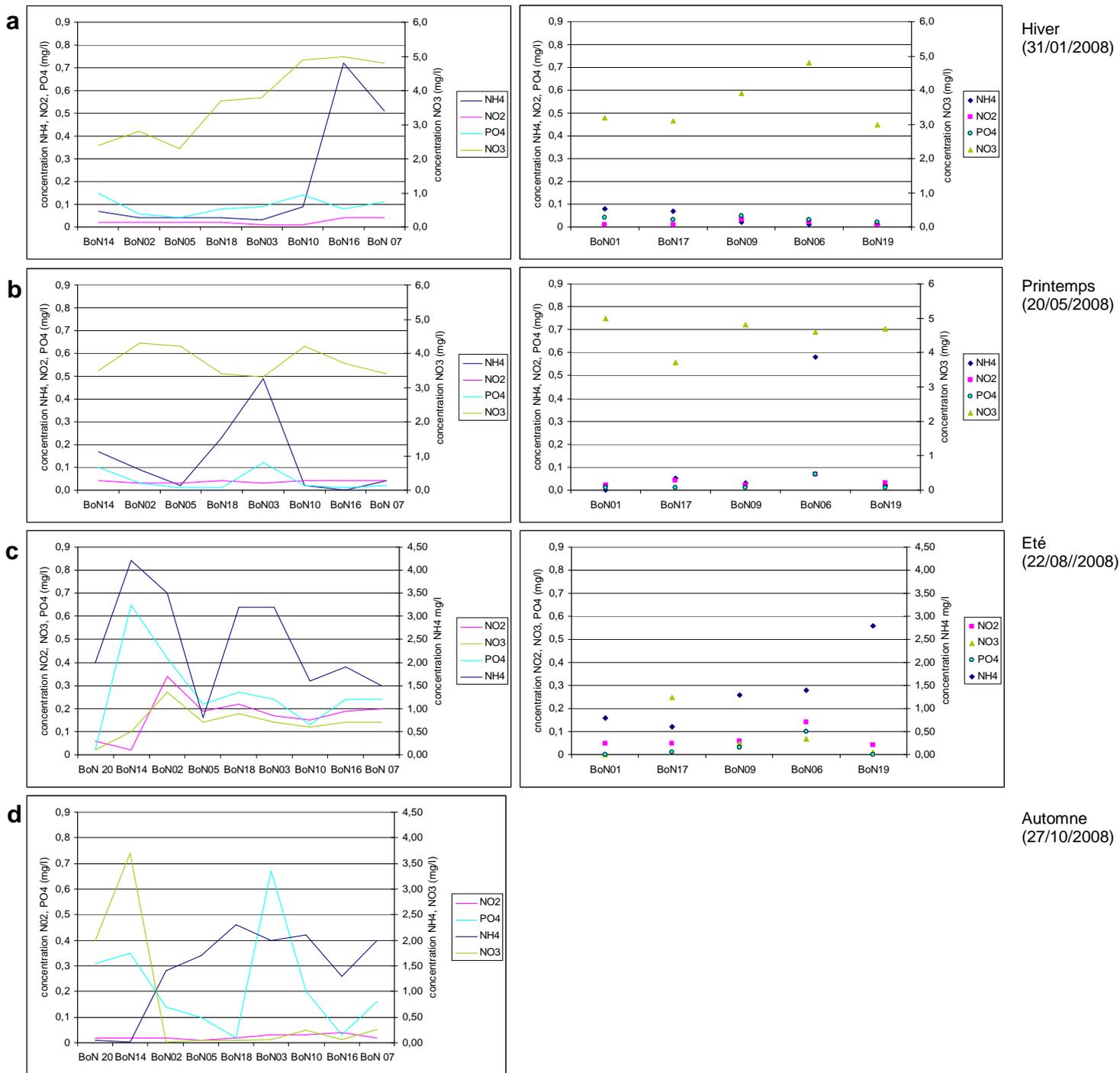


Figure 10 (de a à d): Evolution annuelle des nutriments (matières azotée et phosphates) mesurés sur les 14 stations d'étude du Bon Nant. Profil saisonnier longitudinal du cours principal (à gauche) et concentrations mesurées en fermeture des bassins des affluents principaux (à droite).

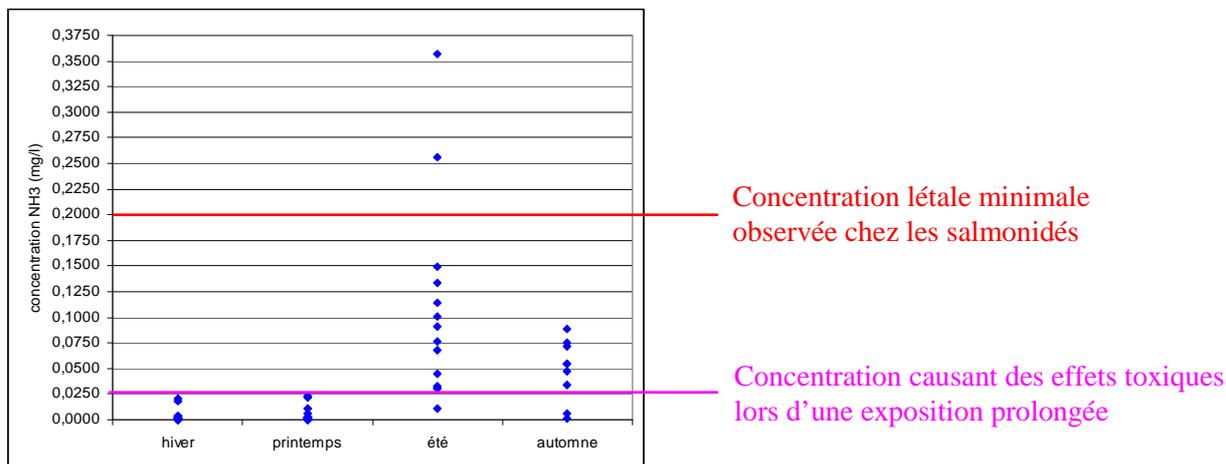


Figure 11: concentrations d'ammoniac libre estimées pour des 4 campagnes de mesures effectuées sur les 14 stations étudiées sur le bassin du Bon Nant, et seuils de toxicités pour les salmonidés.

Autres paramètres

- conductivité (figure 12) :

Les variations longitudinales de conductivité suivent un schéma identique quelque soit la saison : les valeurs de conductivités relativement stables sur les 3 stations amont sont suivi d'un pic en BoN 05 (Echenaz), puis d'une diminution progressive jusqu'en BoN 10 (amont centrale Bionnay), à laquelle succède une augmentation de conductivité en BoN 16 (Les thermes de Saint-Gervais) puis une diminution au niveau du point aval BoN 07 (amont autoroute).

Les conductivités les plus faibles sont mesurées durant l'hiver et les plus fortes durant l'automne. Les conductivités estivales et printanières présentent des valeurs intermédiaires. Toutefois, les valeurs de conductivités estivales sont supérieures aux printanières jusqu'à la station BoN 10 puis sont proches (BoN 10 et BoN 07) ou légèrement plus faible (BoN 16) sur la partie aval.

Les variations maximales intersaisons (hiver et automne) sont de l'ordre de 140 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à l'amont (BoN 14 et BoN 02) et de 440 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à partir de BoN 05.

En ce qui concerne les affluents, aucune analyse physico-chimique n'a été réalisée durant la période automnale. Nous remarquons cependant qu'à l'exception de la station aval du Nant Rouge (BoN 17), les valeurs de conductivités montrent peu de variation intersaison (hiver, printemps et été) et sont comprises entre 100 et 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Les augmentations de conductivité en BoN 05 et BoN 16 semblent être le résultats respectivement des apports du Nant Rouge très fortement minéralisés (conductivités mesurées entre 600 et 1300 μS) et des apports des sources thermales (et autres sources naturelles issues du versant du mont Joly) également très minéralisées rejetées directement dans le Bon Nant.

Les valeurs de conductivités obtenues sont globalement plus fortes que celles qu'on pourraient attendre pour des torrents nivo-glaciaires d'altitude, évoluant entre des valeurs de conductivité évoquant une minéralisation faible (50-100 $\mu\text{S}/\text{cm}$) à très forte (400-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en hiver et modérée (100-200 $\mu\text{S}/\text{cm}$) à excessive (> 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) pour toutes les autres saisons sur le cours principal, et modérée à excessive sur le bas des affluents quelque soit la saison (hiver incluse).

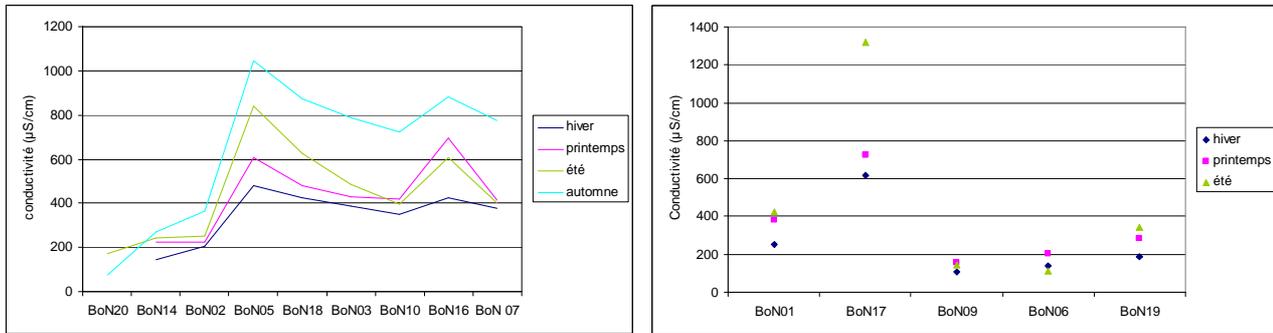


Figure 12 : évolution des conductivités mesurées sur les 14 stations d'étude du Bon Nant. Profil saisonnier longitudinal du cours principal (à gauche) et concentrations mesurées en fermeture des bassins des affluents principaux (à droite).

- évolution du pH (figure 13) :

Les valeurs de pH mesurées évoluent entre 8,24 (BoN 16) et 9 (BoN20) sur le cours principal du Bon Nant et entre 7,8 (BoN 01) et 8,86 (BoN 19) sur ses affluents. Ces valeurs sont caractéristiques de milieux à alcalinité faible (entre 7 et 8) caractéristique des eaux piscicoles des régions calcaires, à moyenne (8 à 9) plutôt caractéristique des zones inférieures des réseaux ou eaux closes. Ces fortes valeurs de pH (> 8) sont assez fréquentes dans le département.

Les variations intersaison les plus fortes (0,6) sont observées à l'amont bassin versant (BoN 20). Une influence potentielle du lac sur ce paramètre est envisageable.

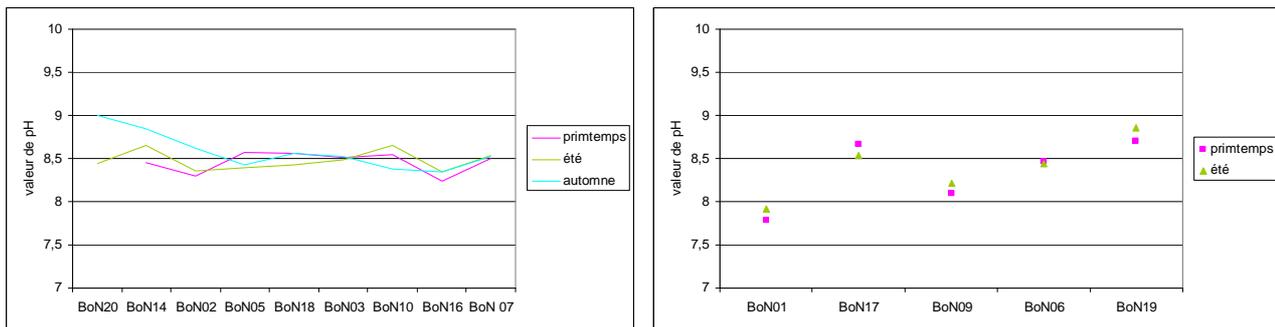


Figure 13 : évolution des valeurs de pH mesurées sur les 14 stations d'étude du Bon Nant. Profil saisonnier longitudinal du cours principal (à gauche) et concentrations mesurées en fermeture des bassins des affluents principaux (à droite).

I.2.b – Evolution longitudinale de la qualité des sédiments.

Micropolluants organiques :

L'analyse des sédiments a mis en évidence une contamination aux hydrocarbures légers (Décane, Nonane, Octane et Undecane) sur la station des Echenaz (BoN 05). L'absence de données écotoxicologiques ne nous permet pas d'évaluer le risque associé à leur présence. Nous pouvons simplement supposer qu'ils proviennent d'une fuite de cuve ou de réservoir. L'important serait de connaître l'origine de cette contamination afin de définir son caractère accidentel ou chronique.

Métaux :

L'analyse des métaux dans les sédiments a mis en évidence la présence de traces de mercure au niveau des sédiments de la station BoN 14 (pont de la Laya) et de cadmium au niveau de la station BoN 05 (Les Echenaz).

La figure 14 illustre l'évolution longitudinale des concentrations des 6 métaux analysés ainsi que la comparaison avec les valeurs de concentrations obtenues sur les sites accueillant des écrevisses autochtones (Huchet, 2007).

Cette comparaison fait ressortir deux cas de figures :

- Les concentrations mesurées sur le Bon Nant sont inférieures ou égales à la moyenne des concentrations mesurées sur les sites à écrevisses en ce qui concerne le chrome total et le nickel.
- Les concentrations mesurées sur Bon Nant sont globalement supérieures à la moyenne des concentrations mesurées sur les sites à écrevisses et appartiennent majoritairement à la gamme des valeurs mesurées sur ces sites en ce qui concerne l'Arsenic, Le Plomb, le Cuivre et le Zinc.

La grande majorité des concentrations mesurées sur les 9 stations sont inférieures aux concentrations ubiquitaires dans les sédiments (seuils INERIS) quant elles sont définies, à l'exception des concentrations de nickel obtenues sur les stations BoN 20 et BoN 14 (35 mg/l) et de Zinc sur la station BoN 05 (156 mg/l), BoN 20 (101 mg/l) et BoN 14 (79,3 mg/l).

Le profil d'évolution des concentrations des 6 métaux présents sur toutes les stations suit le schéma suivant, si l'on exclu les variations ponctuelles :

- les plus fortes concentrations sont mesurées à l'amont au niveau des stations BoN 20 et BoN 14.
- une tendance à la diminution progressive est observée jusqu'en BoN 10 ; à l'exception du plomb qui après une baisse de la concentration entre BoN 20 et BoN 14 suit une augmentation progressive jusqu'en BoN 18 et subit une nouvelle diminution de concentration jusqu'en BoN 10.
- les concentrations augmentent légèrement sur l'aval en BoN 16 et BoN 07.

Les augmentations ponctuelles notoires de concentrations en métaux dans les sédiments sont :

- l'arsenic en BoN 03 (8,2 mg/l)
- Le cuivre en BoN 16 (22,7 mg/l)
- Le zinc en BoN 05 (155,6 mg/l)

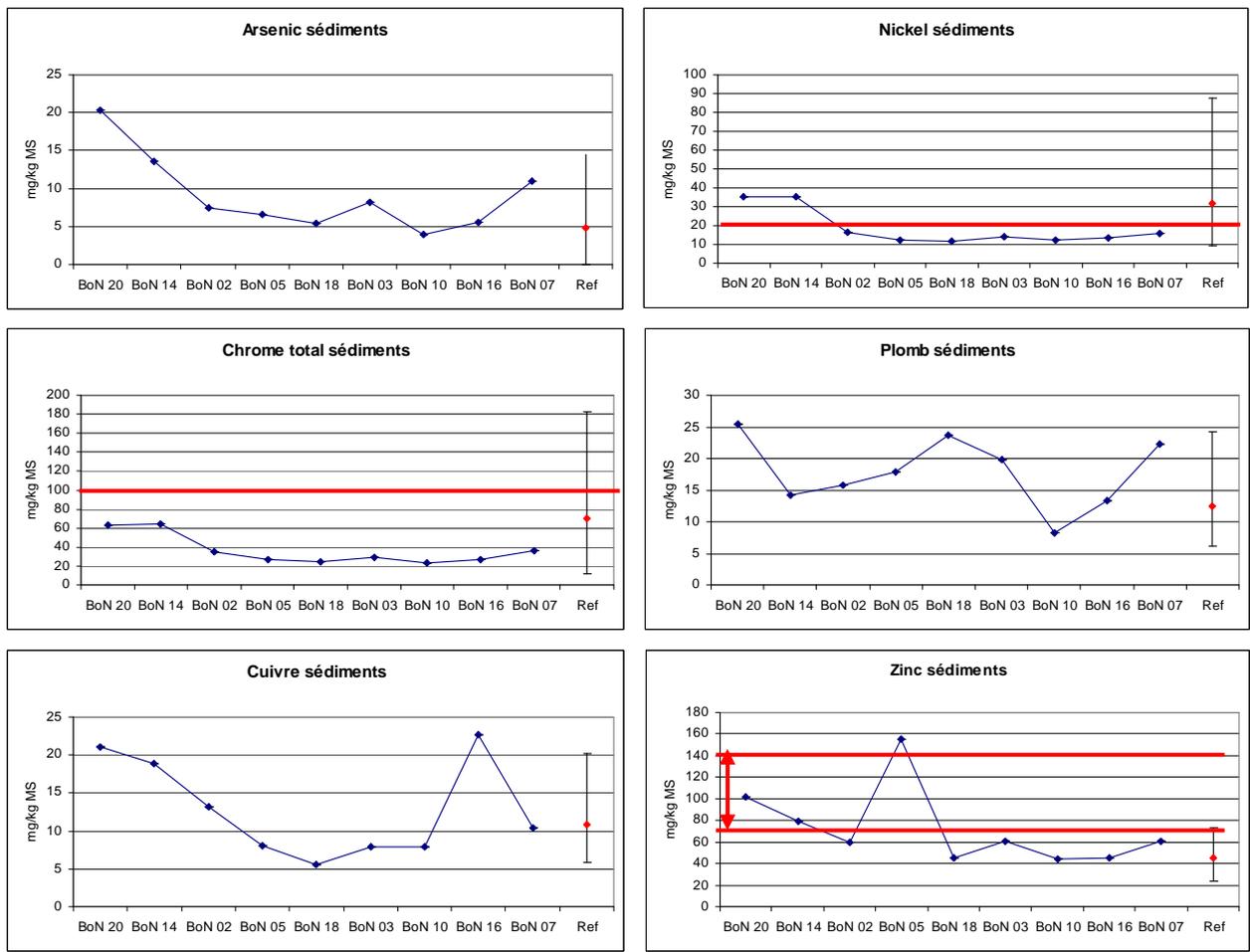


Figure 14 : profil longitudinal des concentrations en métaux dans les sédiments du cours principal du Bon Nant (19/11/2008) (en rouge : valeurs des concentrations ubiquitaires dans les sédiments (INERIS) lorsqu'elles existent et qu'elles sont dans les gammes de valeurs mesurées.)

LES RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES EFFECTUEES POUR CHAQUE SAISON METTENT EN EVIDENCE :

- une perturbation du cycle de l'azote, affectant la réaction de nitrification, sur l'ensemble du linéaire : présence en concentrations anormalement élevées en nitrites et en ammonium particulièrement en été et automne en ce qui concerne ce dernier paramètre.
- de fortes concentrations en phosphates :
 - sur l'amont du bassin versant : en BoN 14 (pont de la Laya) quelque soit la saison et en BoN 20 (chalets Jovet) en automne
 - plus ponctuellement sur le reste du linéaire : en BoN 03 (pont des Trombères) au printemps et à l'automne ainsi qu'en BoN 07 (amont autoroute) quelques soit la saison.
- une minéralisation plus forte et plus variable en fonction des saisons sur les affluents ou sources provenant des versants schisteux du Mont Joly et du Mont Arbois (Nant rouge, sources des Thermes et apports non connus). Ces apports influencent directement la conductivité du Bon Nant.
- des valeurs de pH relativement fortes sont assez caractéristiques des valeurs observées sur le département. Malgré tout les fortes valeurs observées sur le point amont pourraient évoquer une influence du lac.

→ Les résultats de physico-chimie obtenues sur les 14 points de prélèvements font états de caractéristiques assez particulières et potentiellement limitantes pour la faune piscicole sur 13 d'entre eux, notamment en ce qui concerne le secteur amont du Bon Nant. Une nouvelle campagne de mesures est à prévoir d'une part pour confirmer les valeurs obtenues et d'autres part, le cas échéants, pour cibler les origines de ces apports.

BILAN DES ANALYSES REALISEES SUR LES SEDIMENTS :

- La majorité des concentrations mesurées pour les différents métaux sur les 9 stations de prélèvements sont inférieures aux concentrations ubiquitaires dans les sédiments (ou à défaut dans le sol).
- Les concentrations les plus fortes sont généralement observées sur le secteur amont (BoN 20 et BoN 14).
- Les pics de concentrations ponctuels témoignent d'apports locaux dont l'origine n'est évidente sur aucun des points concernés.

- II - Détermination du niveau typologique théorique

Les différents paramètres utilisés pour le calcul du niveau typologique théorique pour chaque station d'étude, ainsi que les résultats des calculs intermédiaires sont présentés ci-dessous (figure15).

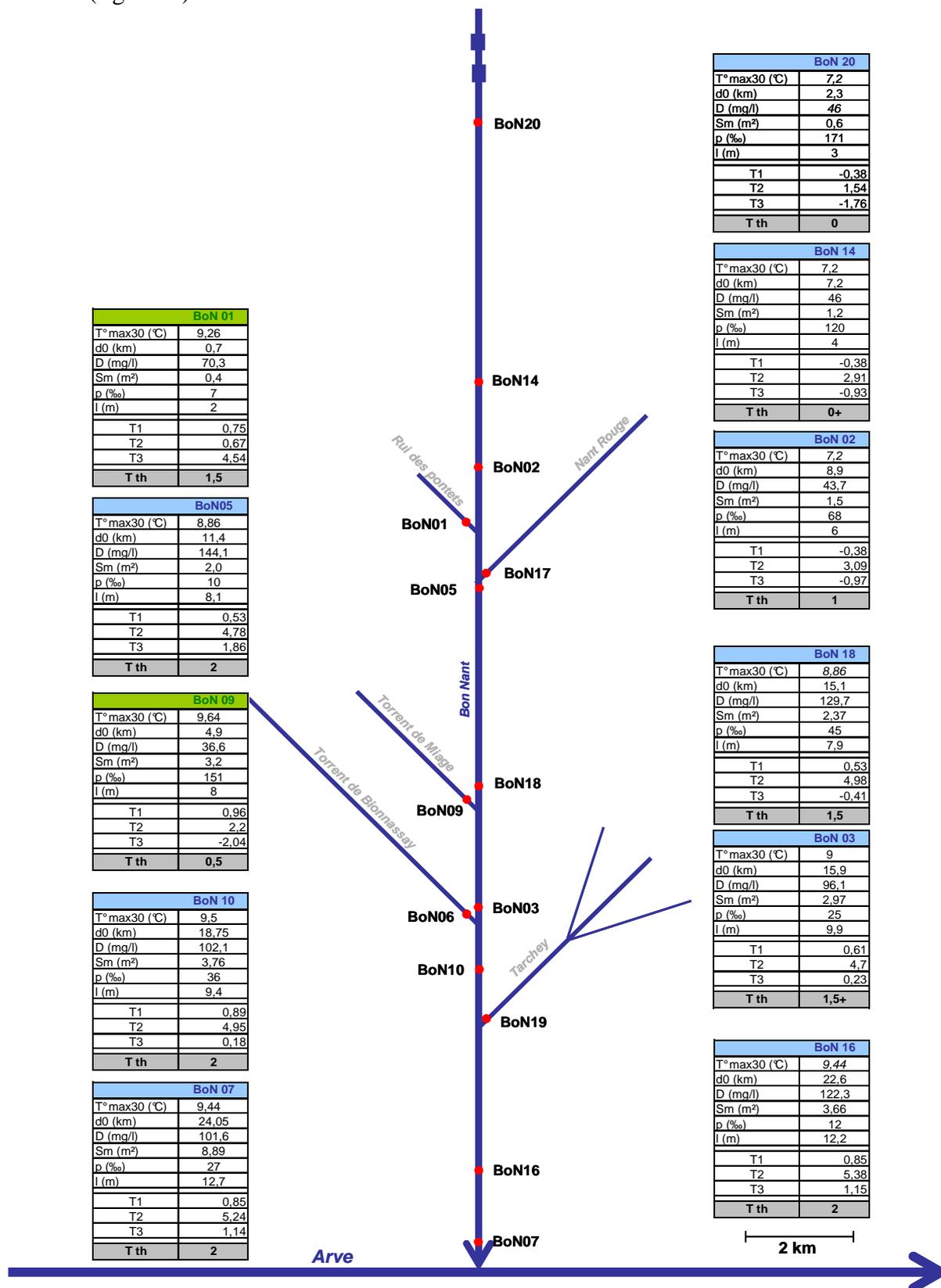


Figure 15 : résultats des calculs du niveau typologique théorique et paramètres utilisés dans le calcul pour les 11 stations disposant de données thermiques (T30) ou d'estimations fiables (en italique).

Les niveaux typologiques théoriques (NTT) calculés sur le cours principal du Bon Nant sont compris entre B0 (source et torrent glaciaire) et B2 (rivière glaciaire ou ru montagnard). Sur les 8 stations pour lesquels le NTT a pu être calculé, il semble très fortement influencé par la pente du cour d'eau. Ainsi, d'un point de vue théorique, la capacité biologique n'augmente pas progressivement de l'amont vers l'aval, mais est d'autant plus élevé que la pente est faible. Par exemple, le NTT atteint un B2 aux lieu dit les Echenaz, puis il diminue légèrement au niveau du secteur situé entre la confluence avec l'Armancette et Miage, pour retrouver une valeur de B2 (ou très proche) dans le secteur du pont de la déchetterie. D'autre secteurs, non étudiés de façon précise, par exemple le secteur situé entre l'usine de Bionnay et la confluence avec le Tarchey fait peut-être aussi l'objet d'un tel glissement typologique.

D'après la théorie du NTT, les limites naturelles d'accueil en terme de biomasse et densité de truite (TRF) sont les suivantes (d'après csp dr5, 1995) :

| TRF | B1 | B1,5 | B2 |
|----------------------------------|-------|-------|--------|
| Densité (ind/100m ²) | 0,5-5 | 5-10 | 10-20 |
| Biomasse (kg/ha) | < 25 | 25-50 | 50-100 |

En terme de zonations, le Bon Nant a les caractéristiques d'un Crénon/ épi-rhitron (Ilies & Botosaneanu, 1963). D'un point de vue typologique, il semblerait non piscicole jusqu'à Notre Dame de la Gorge et serait ensuite caractéristique d'une zone à truite (Huet, 1947).

III – Evolution longitudinale du peuplement macrobenthique du Bon Nant

III.1 – Caractérisation indicielle du peuplement (8 placettes)

III.1.a – L'Indice Biologique Global Normalisé : IBGN

Le Bon Nant a fait l'objet d'étude de sa qualité hydrobiologique, à l'occasion d'études réalisées dans le cadre des renouvellements de concession des installations de production d'hydroélectricité (1988, 1990), des campagnes d'analyses du conseil général (2003, 2007-2008) et d'une étude réalisée par la fédération de pêche en 2002. D'une manière générale, sur les stations pour lesquelles nous disposons de données antérieures, les notes ont tendance à s'améliorer légèrement avec le temps (figure 16).

En 2008, nous avons des notes comprises entre 14 et 9 sur 20, ce qui indique une qualité hydrobiologique bonne à moyenne (SEQeau). La dégradation s'effectue selon un gradient amont aval. Sur la partie amont les notes évoluent entre 14 et 13 et cette diminution est principalement liée à la diminution de la diversité des taxons présents (de 20 à 13). A partir du Pont des Trombères, la dégradation des conditions du milieu se traduit principalement par la disparition des taxons les plus polluo-sensibles. La note la plus faible (9) est relevée sur la station située dans le TCC de la centrale de Bionnay, c'est sur cette station que l'on relève la diversité taxonomique la plus faible, avec seulement 7 taxons représentés.

Les résultats d'IBGN obtenu sur les 5 principaux affluents du Bon Nant, font état d'une « bonne » qualité sur 4 d'entre eux et d'une qualité « passable » pour le Tarchey.

Comme sur les autres stations, nous avons observé une diversité taxonomique plutôt moyenne. Les 2 stations situées en aval du Nant Rouge et du Tarchey font état d'une faible densité de population en invertébrés aquatiques, avec respectivement 650 et 332 ind/m².

En outre, la robustesse de ces notes est très bonne à l'amont, ce qui signifie que les taxons polluosensibles sont bien représentés en nombre de taxons mais également en effectifs. Par contre, à partir des Echenaz (BoN05), les taxons indicateurs sont plus isolés. Ainsi, la valeur de la note est principalement portée par une seule famille d'invertébré, et le groupe indicateur obtenu ne traduit pas la sensibilité de l'ensemble de la communauté.

L'exclusion de ces taxons isolés sur les 3 stations situées en aval de la prise d'eau de Bionnay (BoN10, BoN16 et BoN07) se traduit par une perte de 4 points sur la note de l'indice, qui correspond à une qualité biotique « mauvaise ».

Pour 4 stations (BoN05, BoN18, BoN17 et BoN09), ce calcul de robustesse entraîne également un changement de classe de qualité de l'eau qui passe de « bonne » à « passable ».

En outre, l'indice de Shannon (diversité) H' et l'indice d'équitabilité E, font état d'une dégradation progressive de la structure de la population depuis l'amont vers l'aval. En effet, les communautés de l'amont sont plus diversifiées (nombre plus important de taxons présents) et plus équilibrées (aucun taxons dominant les effectifs) que celles observées à l'aval.

En ce qui concerne les affluents, la situation est assez hétérogène avec des communautés bien diversifiées et équilibrées au niveau du rui des pontets (BoN01) et du Tarchey (BoN17), moins diversifiée mais tout de même assez équilibrée en ce qui concerne la Nant rouge (BoN17) et le torrent de Bionassay (BoN06) et peu diversifié avec des effectifs dominés par quelques taxons pour le torrent de Miage (BoN09).

III.1.b – Le coefficient d'aptitude biogène : Cb2

Les notes de Cb2 suivent globalement l'évolution observée pour l'IBGN, les notes sont comprises entre 8,2 (BoN10) et 14,4 (BoN14) et, à part confirmer les observations précédentes, la note globale de cet indice n'apporte pas d'informations supplémentaires. Par contre, l'analyse des 2 sous indices est instructive.

L'indice nature (In) qui renseigne sur la qualité physico-chimique de l'eau en fonction de la nature de la faune présente, est très bon sur l'ensemble des stations d'étude. Les valeurs obtenues, comprises entre 6,7 et 10/10, témoignent d'une qualité d'eau globalement bonne.

Par contre, l'indice de variété (Iv) qui renseigne sur la diversité de l'habitat en fonction de la variété faunistique, montre des valeurs assez médiocres. Les notes d'Iv évoluent entre 1,5 et 4,6/10, témoignent d'un habitat peu attractif pour les invertébrés aquatiques. L'hospitalité médiocre du milieu physique est globalement confirmée par les valeurs de coefficient morphodynamique moyenne (10,6 à 14,2/20). En effet, Le Bon Nant est un torrent de montagne glaciaire ou l'hydrologie et la dynamique érosive ne permet pas l'implantation de substrats végétaux et limite très fortement la présence de substrats de dépôt (litière, fines). Ainsi cette hospitalité moyenne semble traduire un certain manque de diversité des substrats.

Cependant pour quelques stations (BoN05, BoN18 et BoN07), le coefficient morphodynamique montre une hospitalité du milieu supérieure que celle retranscrite par la diversité du peuplement (Iv). Ce léger décalage semble mettre en évidence une perturbation d'ordre physique sur les trois stations dont l'habitat semble être le plus hétérogène.

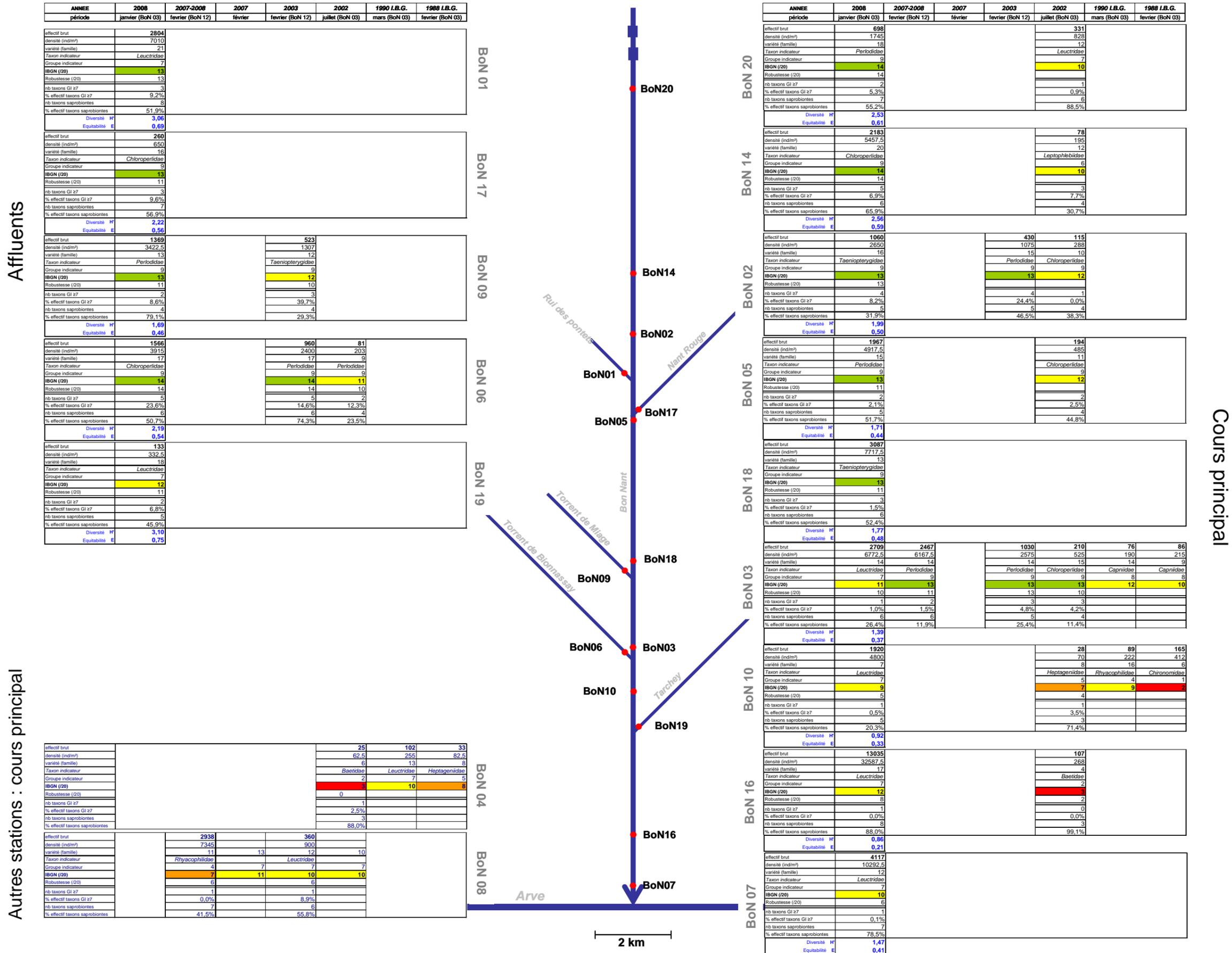


Figure 16 : synthèse de l'analyse indicelle des résultats de la campagne de prélèvements d'invertébrés 2008 et antérieurs sur les 14 stations d'étude du bassin versant du Bon Nant.

III.2 – Etude approfondie du peuplement macrobenthique (12 placettes)

Cette analyse est basée sur les listes faunistiques obtenues sur la totalité des placettes prélevées. (4 placettes supplémentaires).

III.2.a – Analyse des caractéristiques générales

L'évolution conjointe de variété taxonomique relative et des effectifs relatifs par ordre (figure 17) montre une certaine stabilité dans le nombre d'ordres représentés sur l'ensemble du réseau hydrographique malgré une diminution de la variété taxonomique de l'amont vers l'aval. L'ordre des diptères est le plus représenté, avec 9 familles identifiées, vient ensuite l'ordre des plécoptères, représenté par 6 familles différentes (parfois présentes de façon simultanément). Les autres ordres sont généralement représentés par 1 ou 2 familles simultanées selon les stations.

En ce qui concerne l'évolution des effectifs relatifs, la situation sur les cours principal du Bon Nant est relativement hétérogène, ainsi nous avons :

- une domination très relative des effectifs par les annélides (oligochètes et turbellariés) et les diptères (principalement chironomidae) sur la station la plus amont du Bon Nant (BoN20). Cette situation ne semble pas traduire de phénomène de prolifération car les effectifs restent faibles (environ 500 ind/m² pour chacun des 2 ordres pré-cités) et répartis sur plusieurs taxons (sF Orthocladiinae l.s., g. Crenobia, oligochètes).
- de même pour la station située juste en aval (BoN 14), les effectifs sont dominés par les diptères. Les chironomidae et les simuliidae étant les familles les plus représentées numériquement avec 94% de l'effectif total de diptères. Cependant, l'analyse des classes d'abondance permet de confirmer l'absence de prolifération par ces taxons dont les effectifs correspondent à la classe 4 (sur 5). En outre, la famille des Empididae, avec 37 individus sur cette station atteint cette même classe d'abondance (4/5). Sur cette station, les plécoptères sont largement représentés avec 651 individus sur l'ensemble des 12 placettes prélevées. Parmi les 6 familles représentées 3 présentent des classes d'abondances maximales (5/5) : la famille des Nemouridae représentée par les genres Nemoura et Protonemura ; des Perlodidae (g. Isoperla) et des Taeniopterygidae (g. Rhabdopteryx).
- A partir de BoN02, les trichoptères dominent globalement les effectifs. Ils sont presque exclusivement représentés par des individus de la famille des Limnaephilidae et plus particulièrement par la sous-famille des limnaephilinae. Cependant, si à Notre-Dame de la Gorge (BoN02), nous observons encore des individus de genres plus « sensibles » tels que des Drusinae (g. Drusus, g. Drusus discolor), le reste du linéaire en est dépourvu. Nous remarquons également sur cette station l'absence totale d'oligochètes dans l'échantillon.
- Des Echenaz (BoN05) à la centrale de Bionnay (BoN10), nous observons une écrasante domination des effectifs par les diptères et les Limnaephilidae dans des proportions variables d'une station à l'autre.
- A partir des thermes (BoN16) jusqu'à la confluence avec l'Arve (BoN07), les effectifs de diptères restent stables, ceux des limnaephilidae continuent leur progressive augmentation d'effectif, alors que les oligochètes, quasi absents sur le reste du réseau, font état d'une densité très forte notamment au niveau des thermes de Saint-Gervais (BoN16).

Sur les affluents, les situations sont diverses, mais l'on remarque également une domination des effectifs par les diptères (majoritairement représentés par la sF Orthocladiinae l.s.) et les Limnaephilidae (sF Limnaephilinae) sans phénomène de prolifération.

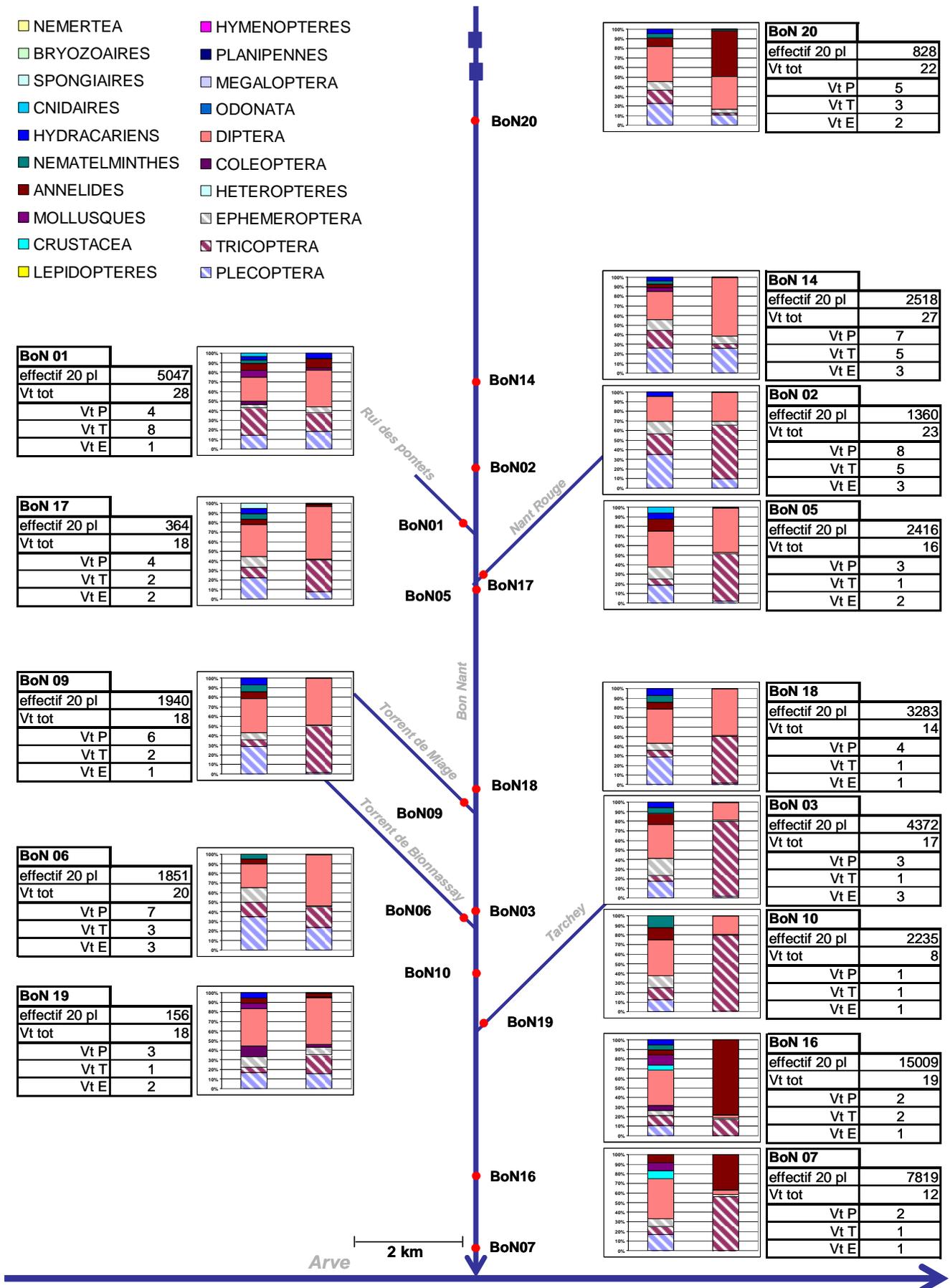


Figure 17 : synthèse de l'évolution conjointe de variété taxonomique relative (histogramme de gauche) et des effectifs relatifs par ordre (histogramme de droite) sur les 14 stations d'étude sur le bassin versant du Bon Nant.

III.2.b – Evolution longitudinale de quelques traits biologiques : évolution fonctionnelle du peuplement macrobenthique.

Sur le réseau hydrographique du Bon Nant, l'évolution de l'affinité des communautés macrobenthiques à l'ensemble des modalités des 22 traits biologiques, écologiques et physiologiques étudié met en évidence une rupture longitudinale (figures 18a, b et 19 a, b). En effet, nous observons une plus grande diversité ainsi qu'une meilleure répartition des fréquences relatives des notes d'affinités pour les modalités des traits étudiés, sur les stations amont : BoN 20, BoN 14, BoN 02, BoN 05, BoN 18 ainsi que sur les stations BoN 01, BoN 17, BoN 06, BoN 09 et BoN 19 positionnées sur les affluents. Malgré une certaine hétérogénéité des situations, on remarque que les grandes tendances concernant les affinités des communautés des 5 stations amont du cours principal sont communes.

En outre, il existe une certaine homogénéité dans les fréquences relatives d'affinités observées pour les modalités des 22 traits étudiés pour les communautés macrobenthiques des stations BoN03, BoN 10, BoN 16 et BoN 07, ceci est très probablement lié à la large domination des effectifs par les tricoptères de la sous famille des limnaephilinae.

En ce qui concerne les traits liés à la biologie, nous observons :

- une durée du cycle vital très majoritairement inférieure à une année. De même, le nombre de génération par an est majoritairement égal à 1.
- des modalités de reproduction assez diversifiées à l'amont. La modalité de reproduction principale est « pontes cimentées ou fixées ». En outre 2 autres modalités sont représentées de façon variable selon les stations, ainsi la modalité « pontes libres » est bien représentée sur les stations BoN 05 et BoN 18 et la modalité « œufs isolés fixés » domine en BoN 14. Sur la partie aval, à partir de BoN 03, la modalité « pontes cimentées ou fixées » est largement majoritaire avec des fréquences relatives d'affinité comprises entre 86% et 94% selon les stations.
- trois stades aquatiques invariablement représentés sur chacune des stations : œufs, larve et nymphe. Le stade adulte uniquement présent sur la station amont (BoN 20), semble être le résultat de la présence en grand nombre des planaires (*Crenobia alpina*).
- une augmentation de la taille maximale potentielle selon un gradient amont aval. Les fréquences relatives d'affinités sont plus fortes pour les modalités 5-10 et 10-20 mm sur l'amont (BoN 20 à BoN 18), alors que pour le secteur aval les modalités les plus représentées sont 10-20 et 20-40 mm.
- une diversité maximale des modalités de dispersions sur l'amont, une dominance de la modalité « dispersion aquatique active » sur l'aval.
- une évolution conjointe des fréquences relatives d'affinité pour les modalités « type de nourriture » et « mode d'alimentation ». Cinq modalités sur chacun de ces traits biologique sont principalement représentées sur le linéaire du Bon Nant, les valeurs d'affinités dominantes se succèdent de l'amont vers l'aval comme suit :
 - o macroinvertébrés vivants et microphytes vivants associés à une dominance des prédateurs et racleurs-brouteurs pour la station BoN 20,
 - o relative équirépartition des 5 modalités pour les stations BoN 14 et BoN 02, avec une large domination des broyeurs en BoN 14 et une codominance Broyeurs/ racleurs-brouteurs en BoN 02,
 - o microphytes vivants et débris < 1mm pour les stations BoN 05 et BoN 18, où l'on observe une dominance racleurs-brouteurs en BoN 05 et une codominance Racleur-brouteur et filtreur en BoN 18. En outre, c'est sur ces 2 stations que l'on observe les plus fortes proportions de mangeurs de sédiments fins.
 - o macrophytes vivants et débris végétaux associés à une dominance des broyeurs et pour les stations BoN 03 à BoN 07.

En ce qui concerne les traits physiologiques :

- une évolution d'un peuplement représentatif d'un milieu oligotrophe vers des conditions oligo-mésotrophe à partir de BoN 03, avec une plus forte tendance à la mésotrophie au niveau de la station BoN 05.
- Un peuplement reflétant une gamme de valeurs saprobiales comprises entre xénosaprobe et bêta-mésosaprobe. Nous observons cependant les plus fortes fréquences d'affinité du peuplement à l'alpha-mésosaprobie sur la partie amont et plus particulièrement sur les stations BoN 02, BoN 05 et BoN 18 avec respectivement 8, 14 et 10% d'affinité. En outre, seules 3 stations, BoN 14, BoN 05 et BoN 18, accueillent des taxons ayant une affinité pour la polysaprobie.
- Sur la majorité des stations étudiées les communautés benthiques sont exclusivement représentatives d'un milieu froid, avec des fréquences relatives d'affinités réparties de façon égale entre les modalités Sténothermes psychrophiles (organismes supportant exclusivement des températures basses <15°C) et eurytherme (plus ubiquistes). Seules les stations BoN 05 et BoN 18 abritent des taxons ayant une affinité potentielle de l'ordre de 14 à 20% des fréquences relative, pour la modalité sténothermes thermophiles (> 15 °C).
- L'analyse des fréquences relatives d'affinités en ce qui concerne la salinité sont logiquement plus fortes pour la modalité « eau douce », la modalité « eau saumâtre » bénéficie néanmoins de l'affinité d'une minorité de taxons (5% des fréquences relatives) qui peut atteindre 11% sur les stations BoN 20 et BoN 02 et jusqu'à 29% et 23% sur les stations BoN 05 et BoN 18.
- Les modalités de respiration majoritaires dans le peuplement sont principalement la respiration branchiale (61 à 80 % des fréquences relatives sur le secteur amont), la respiration tégumentaire par diffusion à travers la peau (17 et 32% sur l'amont et 44 à 48% à partir de BoN 03) et plus mineure la respiration à l'aide de stigmates (entre 0,8 et 11% des fréquences relatives).
- L'évolution des affinités pour les 6 modalités de pH met en évidence une prédominance des affinités pour des pH supérieurs à 5,5. Cette affinité pour les pH plus basique est d'autant plus marquée sur les 4 stations aval (à partir de BoN 03).

Du point de vue des traits écologiques :

- les affinités relevées pour les 3 traits « zone biogéographique », « altitude » et « distribution longitudinale » confirment l'appartenance des communautés étudiées à un écosystème alpin, d'altitude, appartenant au secteur amont du réseau hydrographique (Crénon à Rhitron).
- Les taxons présents semblent avoir une préférence pour les habitats situés (par ordre de préférences) au niveau des rives ou chenaux secondaires (de l'ordre de 30%) puis dans le chenal (de l'ordre de 25%). Toutefois nous pouvons remarquer la faiblesse de la fréquence relative d'affinité pour les habitats situés dans le chenal de la rivière pour la station BoN 05 (4%).
- Les communautés situées en amont (BoN 20 à BoN 18) semblent répondre à plus grande variété de vitesses d'écoulements. Cependant d'une manière générale, les vitesses rapides (> 50cm/s) et moyennes (25-50 cm/s) constituent les préférés des taxons présents.
- L'évolution des préférés de microhabitat montre une certaine constance en ce qui concerne les plus fortes fréquences d'affinités qui sont relevées pour la modalité « dalles, blocs, pierres, galets », et les fréquences d'affinités pour les 2 modalités « litières » et « branches, racines » (de l'ordre de 20% au total). Par contre, nous observons de plus fortes affinités pour la modalité « macrophytes ou algues filamenteuses » sur la partie amont (de 15 à 25% jusqu'à BoN 08) et une augmentation de l'affinité des communautés pour les modalités « graviers » et

- « sable » à partir de BoN 03. La présence de taxons ayant des affinités pour les dépôts de sédiments fins (type « vase ») ne concernent que les stations BoN 02, BoN 05 et BoN 18, et ceci dans des faibles proportions (entre 5 et 8 % des fréquences relatives).
- Les taxons « rampants » dominent largement (entre 63 et 93% des fréquences relatives d'affinité) le peuplement sur la majorité des stations sauf les stations BoN 05 et BoN 18 où les affinités concernant les modalités de locomotion sont mieux réparties sur les différentes modalités comme suit : « nageur en pleine eau » (16 et 14%), « rampant » (41 et 36%), « fouisseurs (épibenthique) » (8 et 6%), « interstitiel (endobenthique) » (16 et 15 %) et « fixation temporaire » (15 et 28%).

Les situations observées sur les affluents, sont relativement proches des tendances générales observées sur la partie amont du cours principal.

Tous les indices mesurés montrent :

- une dégradation selon un gradient amont-aval :
 - o une déstructuration progressive du peuplement qui se traduit par la perte progressive de diversité et la domination des effectifs par quelques taxons
 - o perte progressive de richesse taxonomique de BoN 20 à BoN 18
 - o perte des taxons polluosensibles à partir de BoN 03

La plus forte diversité des genres les plus sensibles est observée sur l'amont de BoN 20 à BoN 02. A partir de BoN 02, les tricoptères de la famille des Limnaephilidae (sF Limnaephilinae), et les diptères (sF orthocladiinae) dominent les effectifs.

Les indices calculés semblent plutôt incriminer la qualité de l'habitat que la qualité de l'eau.

La communauté macrobenthique la plus déstructurée (faible richesse, faible diversité et effectifs dominés par 1 taxon) est celle de la station BoN 10 située dans le TCC en amont de la centrale de Bionnay.

L'analyse de l'évolution des traits fonctionnels de la communauté fait ressortir la même rupture longitudinale entre l'amont BoN 20 à BoN 18 et l'aval BoN 03 à BoN 07, avec une plus forte diversité de modalités représentées à l'amont.

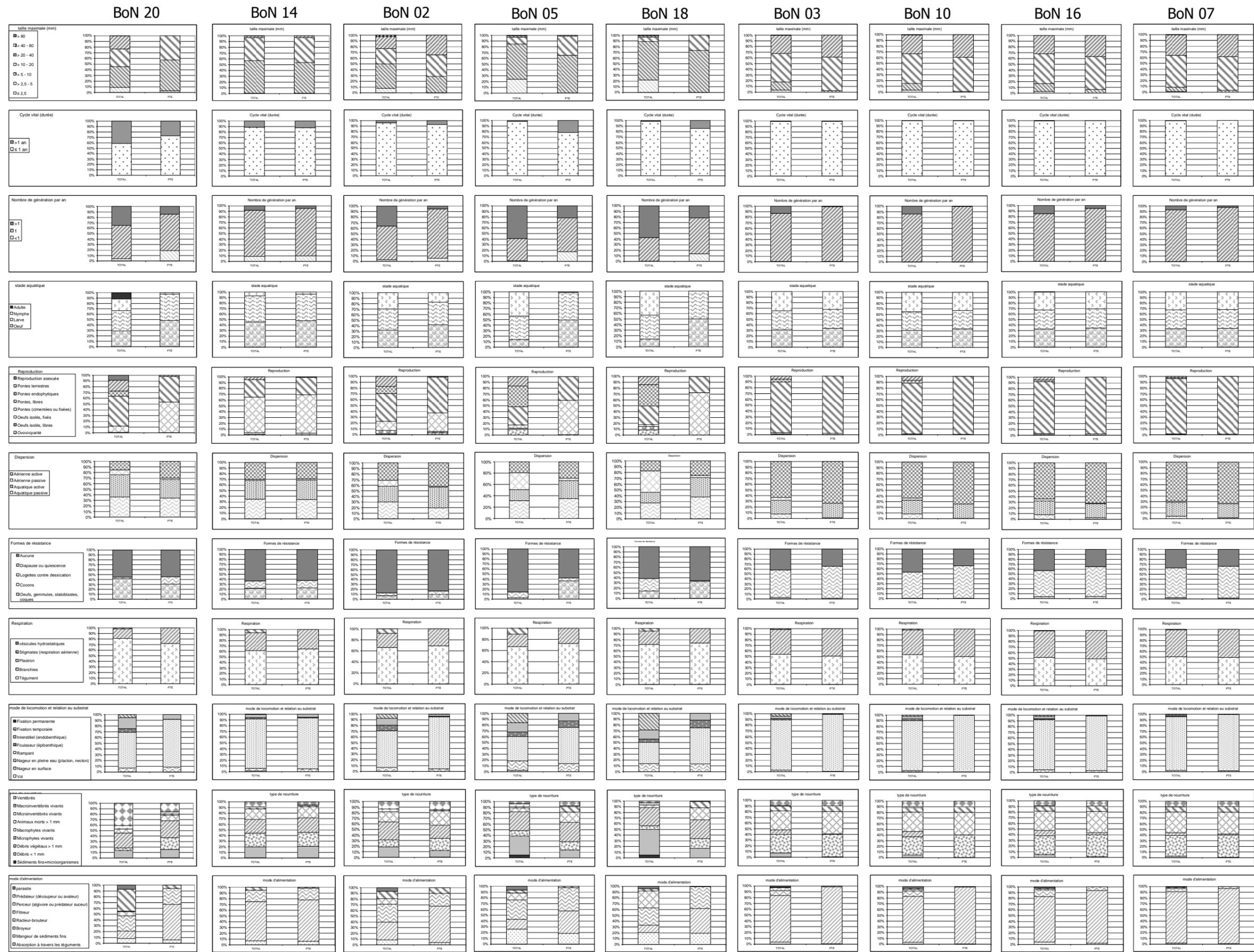


Figure 18.a : Evolution longitudinale des fréquences relatives d'affinités pour les traits 1 à 11 pour la totalité des taxons (histogramme gauche) et des PTE uniquement (histogramme droite) sur les 9 stations d'étude situées sur le cours principal du Bon Nant

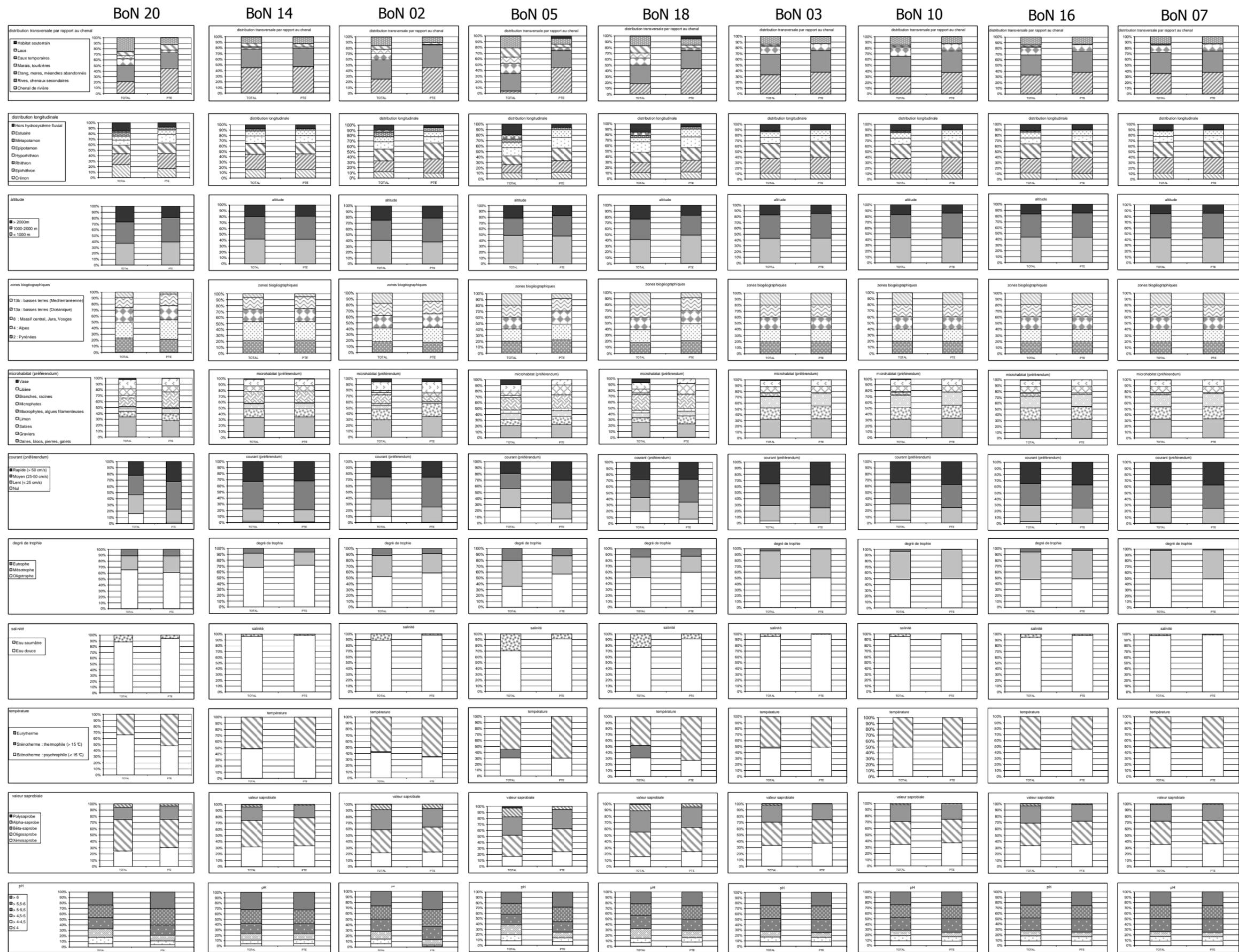


Figure 18.b : Evolution longitudinale des fréquences relatives d'affinités pour les traits 12 à 22 pour la totalité des taxons (histogramme gauche) et des PTE uniquement (histogramme droite) sur les 9 stations d'étude situées sur le cours principal du Bon Nant

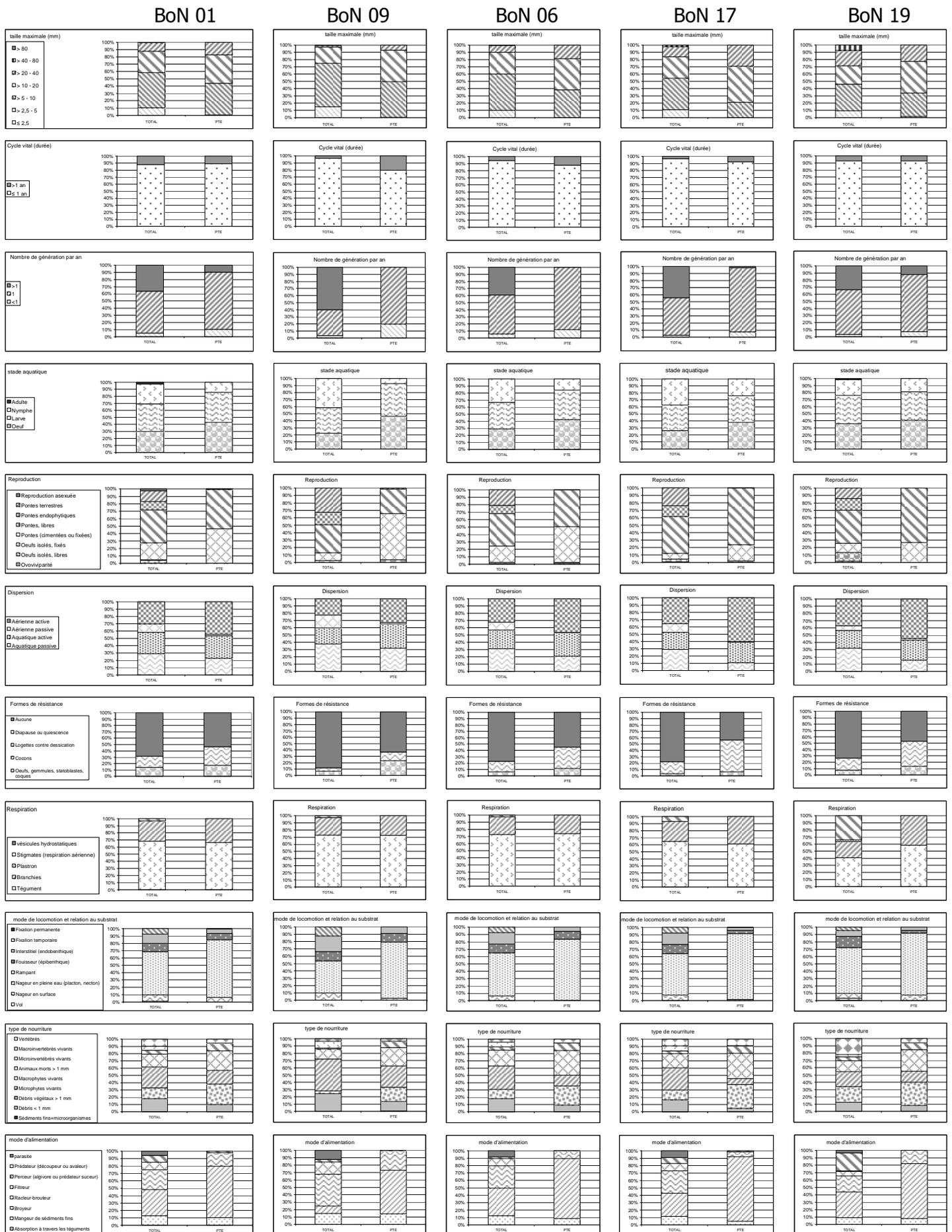


Figure 19.a : Evolution longitudinale des fréquences relatives d'affinités pour les TBEP 1 à 11 pour la totalité des taxons (histogramme gauche) et des PTE uniquement (histogramme droite) sur les 5 stations d'étude situées en clôture de bassin des affluents principaux du Bon Nant.

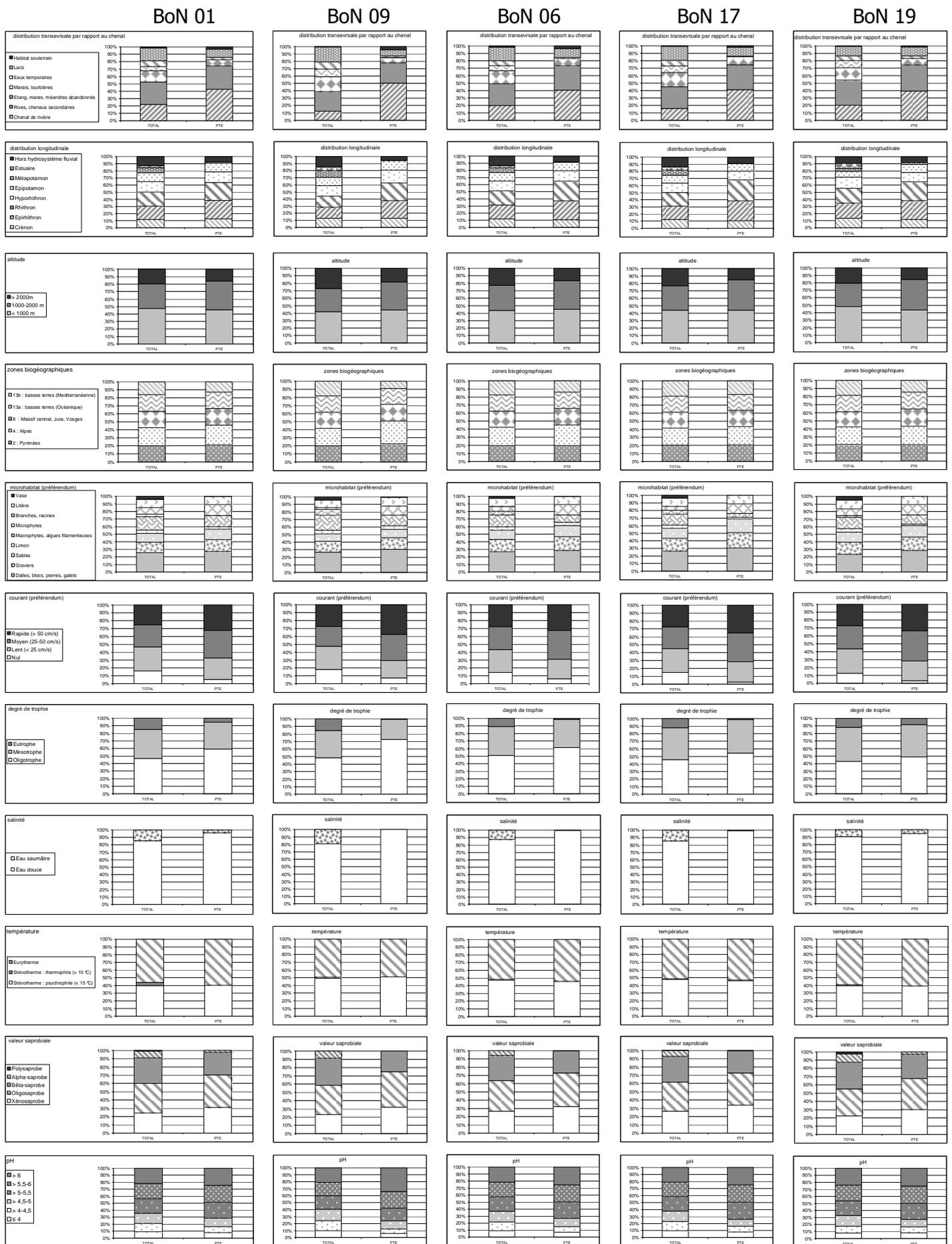


Figure 19.b : Evolution longitudinale des fréquences relatives d'affinités pour les TBEP 12 à 22 pour la totalité des taxons (histogramme gauche) et des PTE uniquement (histogramme droite) sur les 5 stations d'étude situées en clôture de bassin des affluents principaux du Bon Nant.

IV.1 – Qualité habitationnelle vis-à-vis du poisson à l'échelle du tronçon

Les différents tronçons parcourus lors des relevés d'habitat présentent globalement une bonne diversité de hauteur d'eau (4 à 5 classes représentées sur 5), de vitesses d'écoulements (5/5) et de faciès (entre 8 et 10 sur 11 types) malgré une faible diversité de substrats (entre 3 et 6 /16) (figure 20).

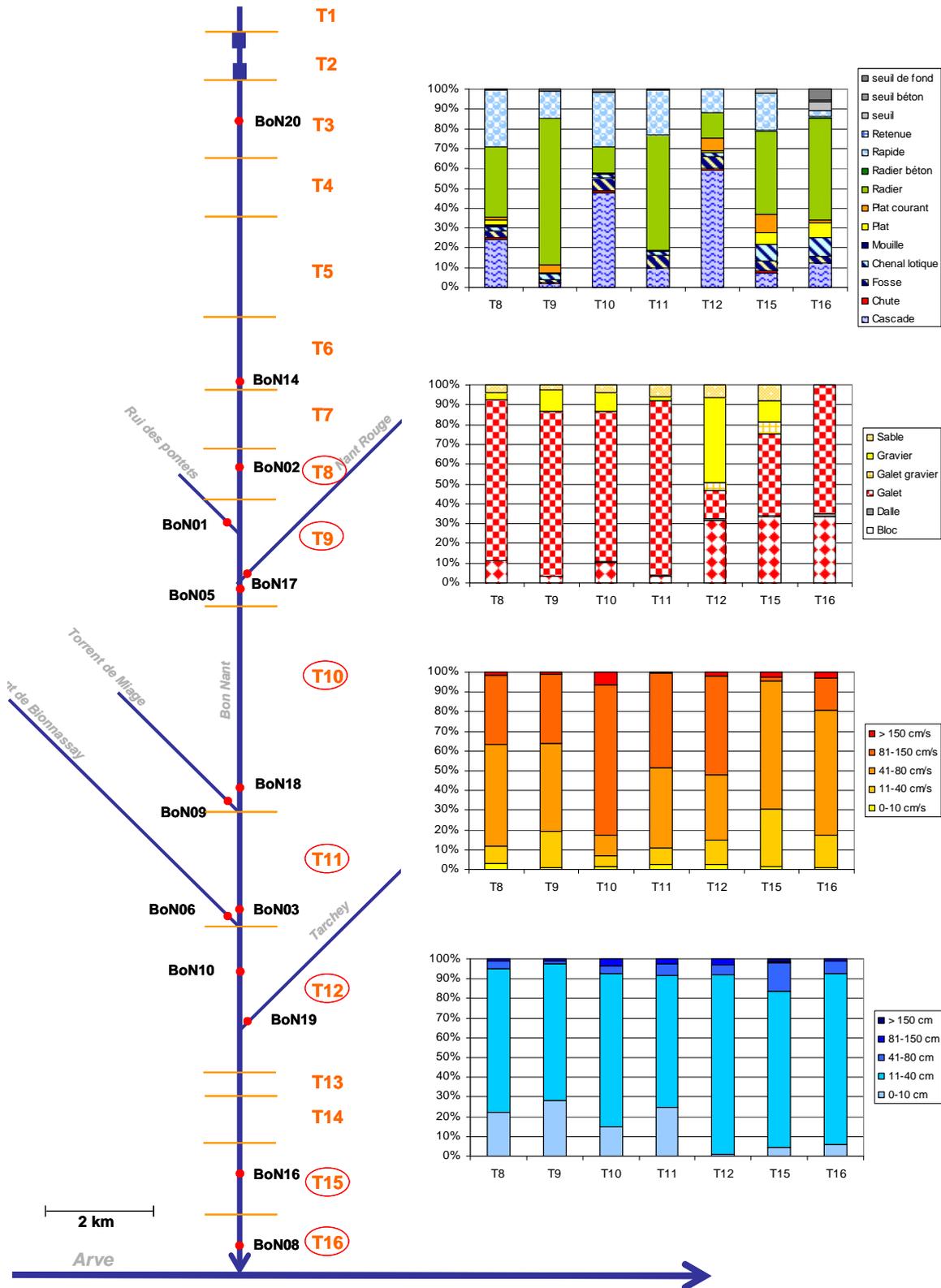


Figure 20 : synthèse de la diversité et de la répartition des paramètres d'habitat sur 7 tronçons du cours principal du Bon Nant.

Les faciès majoritairement représentés sur l'ensemble des 7 tronçons parcourus (figure 20), sont par ordre de décroissant d'importance : Radier (entre 11% et 73,8% du linéaire du tronçon respectivement en T12 et T9), Cascade (entre 1,9% et 51,6% en T9 et T12) et Rapide (entre 3,2% et 28,2% en T16 et T8). La proportion représentée par la somme de ces 3 faciès varie selon les tronçons entre 66,6% (T16) et 90,5% (T11) du linéaire, laissant peu de place aux faciès lenticulaires et profonds (entre 6,9% et 13,5% en T12 et T15).

Les substrats représentés sont exclusivement minéraux. La gamme de granulométrie s'étend du sable à la dalle. Jusqu'à la confluence avec le torrent de Bionnassay le substrat galet domine largement (entre 76% et 88% de recouvrement sur les tronçons T8, T9, T10 et T11). Ensuite, à partir de T12 nous avons un équilibrage des pourcentages de recouvrement entre les 3 substrats (de l'ordre de 30% chacun) que sont : les graviers, les galets et les blocs. Sur les 2 tronçons aval T15 et T16, la proportion de blocs reste stable (30%) alors que celle des galets augmente progressivement (respectivement 41% puis 65% de recouvrement) au détriment du substrat gravier.

Ces relevés d'habitat nous permettent également de prendre en compte d'autres éléments caractérisant la qualité physique du milieu. Ainsi, la synthèse par tronçon (tableau 6), fait ressortir l'existence de marques d'érosions (berges suspendues, déstabilisation d'embrochements de berges....) sur l'ensemble des tronçons étudiés. Ces marques sont plus ou moins présentes et concernent selon les tronçons entre 2% et 19% du linéaire en rive droite et entre 0,3% et 28,5% du linéaire rive gauche.

En outre, nous avons pu noter une forte tendance à l'artificialisation des berges par enrochement et ceci dès l'amont (Notre-Dame de la Gorges) et sur les 2 berges. En effet, 29,5% du linéaire en rive droite et 23,7% du linéaire en rive gauche sont impactés. En outre, l'usage de remblais est également répandu sur le bassin, environ 4% du linéaire est concerné par des remblais récents parfois associés à des enrochements en pieds de berges.

Ainsi, outre la dynamique érosive naturelle imputable à un cours d'eau de montagne tel que le Bon Nant, les contraintes latérales exercées par ces ouvrages empêchent le cours d'eau de déborder lors de débits de crues, ce qui tend à amplifier ce phénomène d'enfoncement du lit et de déstabilisation de berges. En effet, nous avons pu relever des hauteurs de berges anormalement fortes de l'ordre de 1 à 2 m sur les 2 berges de la majorité des tronçons prospectés. Les tronçons T11 et T12 font exception à cette règle avec des hauteurs de berges plus faibles, cependant des marques d'érosions ont pu également être relevés sur ces secteurs.

En conséquence directe des observations précédentes nous avons observé :

- très peu de caches « piscicoles » en sous berges lors de notre relevé effectué durant l'étiage hivernal. De même, malgré l'abondance de blocs, peu d'entre eux présentes une configuration favorable à la création d'infractuosités et donc de caches potentielles pour les poissons adultes.
- que la connectivité latérale est très majoritairement représentée par les affluences car le Bon Nant ne dispose pas de zones d'expansion.

En ce qui concerne la connectivité longitudinale, notre travail met en évidence une fragmentation de l'habitat liée à la fois à des obstacles naturels majoritaires et d'origine anthropiques (barrage des prises d'eau EDF). Sept obstacles ont été considérés comme infranchissables. La méthode employée pour la définition du caractère franchissable des obstacles rencontrés n'est basée sur aucune mesure précise. Ainsi, le caractère franchissable ou non d'un obstacle peut être parfois sujet à caution. Cependant sur le Bon Nant, les proportions de certains obstacles ne laissent pas de place pour le doute, ainsi nous pouvons considérer comme infranchissable à la montaison les obstacles suivant : la chute en aval des lacs Jovets, la chute suivie d'un profil très pentu en aval de la confluence avec le torrent de tré la tête, le barrage de la prise d'eau de Bionnay, le barrage de la prise d'eau de Rateau et la chute en amont des thermes de Saint-Gervais. Les tronçons T10 et T12 qui présentent des profils plus pentus dont les faciès dominants sont de type cascades peuvent localement

présenter des obstacles à la migration, cependant le caractère infranchissable de ces derniers n'est pas garanti, et peu très bien être variable en fonction des débits.

L'évolution de l'ombrage depuis Notre Dame de la Gorge traduit une augmentation progressive de la proportion de berges en présence d'une ripisylve jusqu'à la centrale de rateaux puis une forte diminution ou disparition de ce cordon rivulaire dans les 2 tronçons urbains T15 et T16.

Enfin, nous avons pu relevés quelques perturbations ponctuelles susceptibles d'affecter la qualité du milieu :

- 51 tuyaux de rejets directs. Ces derniers sont souvent les exutoires des réseaux de fossés routiers ou correspondent aux réseaux pluviaux des installations domestiques lors qu'ils sont séparatifs. Cependant, lors des prospections réalisées 2 rejets au moins ont pu être repérés comme douteux (branchement erroné ou installation non raccordée) en rive gauche au niveau du pont en amont de la centrale de Bionnay et une centaine de mètre en aval du pont des Echenaz.
- 4 dépôts d'ordures isolés : 1 au niveau du tronçon T10 et 3 sur le tronçons aval (T16).
- 8 dépôts de neige conséquents au déblaiement du réseau routier ont été recensés sur les tronçons T9 et T10.

| | | T8 | T9 | T10 | T11 | T12 | T15 | T16 | TOTAL | | | | | | | | |
|---|-------------------------|---------------|---------------|-------------|---------------|---------------|-------------|---------------|---------------|--------|----|----|------|---|------|----|------|
| linéaire total | | 1135,5 | 2608,4 | 4309 | 2393,7 | 2925,6 | 1336 | 1151,1 | 1151,1 | | | | | | | | |
| % linéaire | enroché | RD | 31,0% | 31,1% | 33,6% | 12,9% | 7,8% | 98,8% | 18,3% | 29,50% | | | | | | | |
| | | RG | 37,8% | 41,1% | 24,1% | 9,1% | 7,6% | 42,3% | 18,3% | 23,7% | | | | | | | |
| | érodé | RD | 7,4% | 19,1% | 12,2% | 2,9% | 2,0% | | 7,2% | 8,3% | | | | | | | |
| | | RG | 12,1% | 17,0% | 28,5% | 20,6% | 0,3% | | 7,2% | 15,1% | | | | | | | |
| | falaise | RD | | | | | | 1,10% | | 0,10% | | | | | | | |
| | | RG | 42,40% | | | | | 17,60% | | 4,50% | | | | | | | |
| remblais | | 1,70% | 7,40% | 13% | | | | | 4,30% | | | | | | | | |
| hauteur moyenne berge (hors falaise) | RD | 2,1 | 2,2 | 1,55 | 0,25 | 0,2 | 3,3 | 4,9 | 2,1 | | | | | | | | |
| | RG | 1,4 | 2,1 | 1,17 | 0,2 | 0,45 | 1,25 | 4,3 | 1,6 | | | | | | | | |
| perturbation | colmatage | algue | algue+MES | algue | algue | algue | algue | algue | | | | | | | | | |
| | rejets | 1 | 13 | 11 | 8 | 7 | 4 | 7 | 7 | | | | | | | | |
| | dépôts ordures | | | 1 | | | | 3 | 3 | | | | | | | | |
| | évacuation neige | | 5 | 3 | | | | | 0 | | | | | | | | |
| ombrage moyen | | 0% | 8% | 30% | 41% | 79% | 43% | 16% | 16% | | | | | | | | |
| caches | type | Nb | LC | Nb | LC | Nb | LC | Nb | LC | Nb | LC | Nb | LC | | | | |
| | BLO 1 | p | | 1 | 2 | | | 2 | 3 | | | 4 | 15 | 7 | 20 | | |
| | BLO 2 | | | 1 | 1 | 2 | 5 | | | | | 3 | 11,5 | 6 | 17,5 | | |
| | BER 1 | | | 1 | 2 | 1 | 1 | 6 | 43 | | | | | 8 | 46 | | |
| | BER 2 | | | 1 | 15 | 6 | 60,3 | 1 | 2 | | | 1 | 2 | 1 | 7 | 10 | 86,3 |
| affluences | | 2 | | 2 | | 17 | | 2 | | 2 | | 1 | | 1 | | 1 | |
| obstacles "franchissables" | ? | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | | 1 | |
| | oui | 2 | | 8 | | 14 | | 1 | | 3 | | 4 | | 2 | | 2 | |
| | non | 2 | | | | 1 | | | | 3 | | | | 1 | | 1 | |

Tableau 6 : synthèse des éléments notables relevés lors de la prospection du linéaire du Bon Nant.

L'analyse de l'habitat du Bon Nant fait ressortir :

- une homogénéité du milieu résultant de la domination de faciès lotiques et des substrats minéraux (presque exclusifs).
- un phénomène d'érosion active naturelle sur ce type de milieu et amplifié par les contraintes latérales (enrochements, remblais) d'origines anthropiques.
- une forte artificialisation des berges dès Notre Dame de la Gorge jusqu'à la confluence avec l'Arve.
- Une fragmentation de l'habitat par 5 obstacles infranchissables (3 naturels, 2 artificiels) répartis sur l'ensemble du linéaire.

IV.2 – Variables thermiques et potentialité piscicole

Six sondes sur les 9 initialement posées ont été récupérées. Les 3 sondes perdues avaient été placées au niveau des stations situées à Notre-Dame de la Gorge (BoN02), à pont Bon Nant (déchetterie) et en fermeture de bassin versant du torrent de Bionnassay (BoN06). L'observation des graphiques de données thermiques brutes (valeurs horaires) n'a pas en évidence de séquences aberrantes pouvant signifier une mise hors d'eau du matériel (*annexe 5*).

IV.2.a – Conditions thermiques générales

Les moyennes journalières annuelles évoluent entre 0,7 au minimum et 10,5°C au maximum. La période des plus faibles températures se situe entre début novembre et fin mars. Les températures estivales sont faibles, autour de 10°C (T moyenne journalière) pour la majorité des stations et même inférieure à 8°C sur la station la plus amont au pont de la Laya (BoN14). En ce qui concerne les profils des valeurs moyennes journalières sur le cycle annuel 2007-2008 sur les 4 stations étudiées sur le cours principal du Bon Nant (figure 21) nous observons des températures estivales d'autant plus fortes et des températures hivernales d'autant plus faibles que l'on va de l'amont vers l'aval du bassin.

Les courbes obtenues pour les 2 affluents (figure 22), sont globalement assez semblables, mais nous observons l'atteinte de plus faibles températures hivernales sur le torrent de Miage, plus particulièrement en fin d'hiver (de mi février à fin mars).

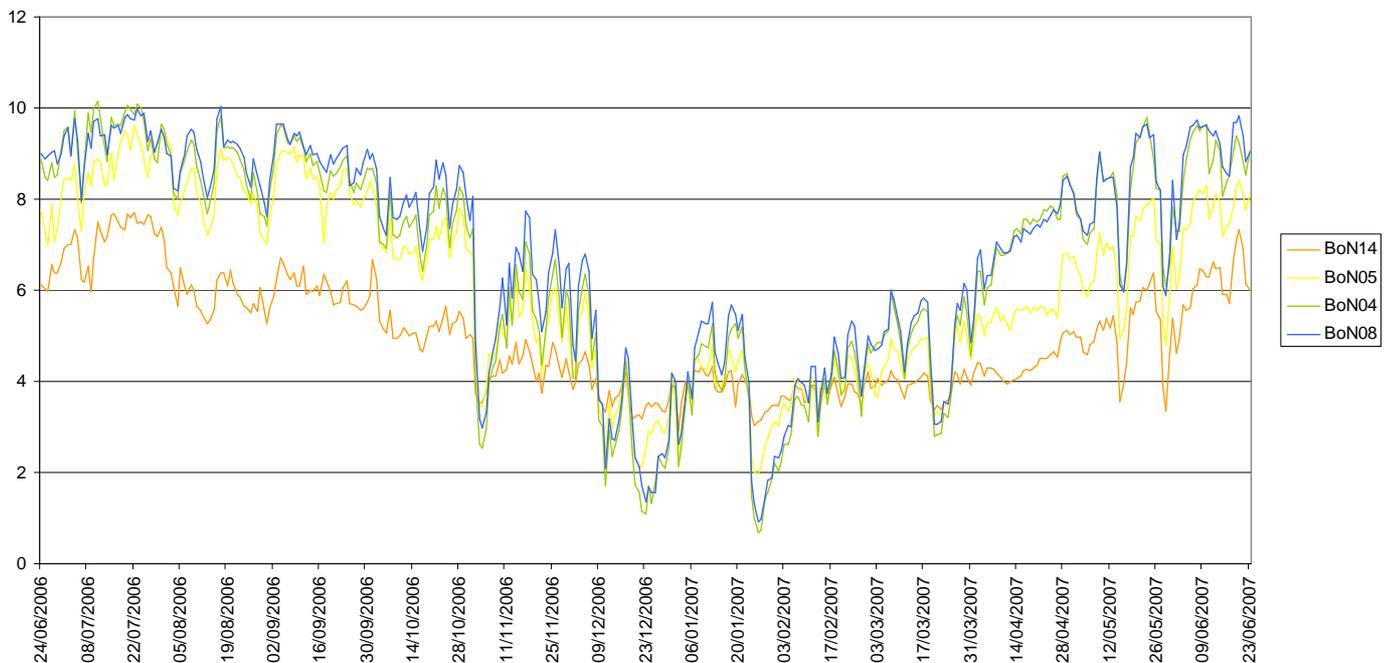


Figure 21 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 24/06/2006 au 23/06/2007 pour les 4 stations étudiées sur le cours principal du Bon Nant.

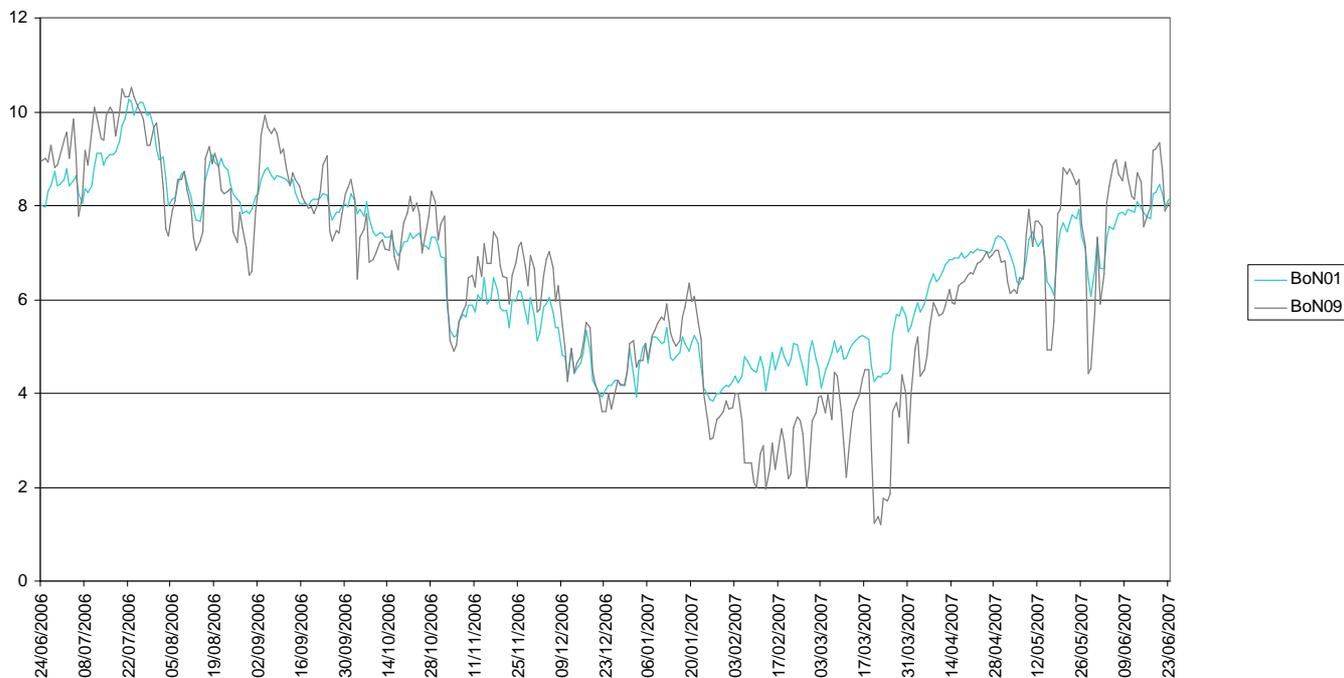


Figure 22 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 24/06/2006 au 23/06/2007 pour les 2 stations étudiées sur les affluents du Bon Nant (rui des Pontets Bon 01 et torrent de Miage BoN 09).

IV.2.b – Température extrême, amplitude et moyenne estivale

Les valeurs de températures instantanées maximales (figure 23), de l'ordre de 12°C ou 13°C sont assez similaires sur l'ensemble de 6 stations. Par contre, les valeurs d'amplitude annuelle des températures moyennes journalières minimale et maximale mettent en évidence de fortes différences entre les stations. Sur le cours principal, cette valeur d'amplitude est d'autant plus forte que l'on s'éloigne de la source. Ce résultat s'explique conjointement par une légère augmentation des températures estivales et par une nette baisse des températures hivernales de l'amont vers l'aval.

Ainsi, les stations situées au pont de la Laya (BoN 14) et sur le ruisseau des Grassenières (BoN 01) présentent toutes deux les caractéristiques d'un milieu thermiquement tamponné avec les variations annuelles des températures moyennes de 5°C et 6,5°C et surtout des minimums de températures hivernales particulièrement élevés (3 et 3,8°C). Par contre, du point de vue de l'évolution des températures instantanées journalières, la station BoN 01 présente des fluctuations moindres (de l'ordre de 2°C) sur toute l'année que celles observées sur la station BoN 14 qui peuvent atteindre jusqu'à 5°C en période estivale.

Ainsi le ruisseau des Pontets, situé en aval du lac des Pontets, est véritablement un milieu tamponné avec de faibles variations annuelles et journalières des températures, alors que la station du pont de la Laya est plus caractéristique d'un milieu d'altitude (faible débit d'étiage, couverture neigeuse durant l'hiver). De même, les autres stations, présentent des amplitudes annuelles relativement faibles mais pouvant atteindre des amplitudes journalières de 4 à 5°C durant la période estivale. Ces caractéristiques thermiques correspondent aux caractéristiques de cours d'eau glaciaires.

Les valeurs de la moyenne des températures des 30 jours consécutifs les plus chauds sont globalement faibles (entre 7,2 et 9,6°C).

Nous remarquons également la stagnation, voir même la légère diminution observée entre BoN 04 (pont des Praz, en aval de la confluence avec le Tarchey) et BoN 08 (aval du pont de l'autoroute) pour les paramètres d'amplitude thermique annuelle et moyenne des 30 jours les plus chauds.

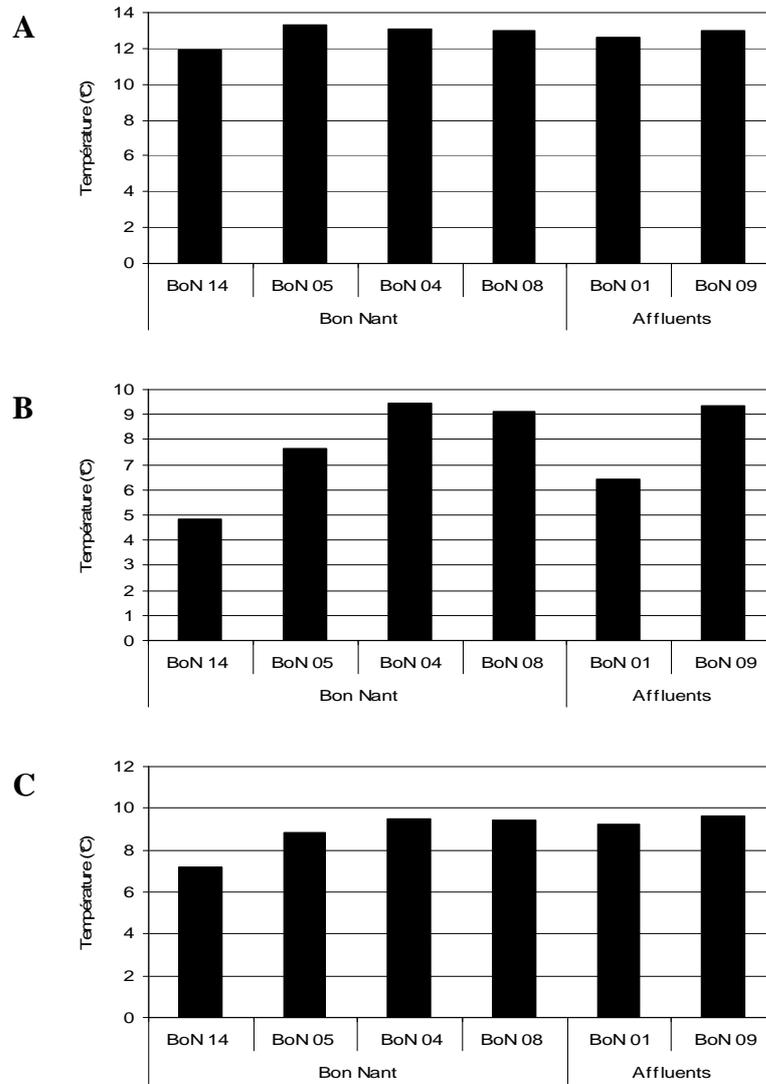


Figure 23 : Température maximal instantanée (A), amplitude des moyennes journalières B et moyennes des 30 jours les plus chauds C, obtenus sur les 6 stations concernées par le suivi thermique annuel sur le bassin versant du Bon Nant.

IV.2.c – Période de croissance et préférendum thermique

Les données thermiques disponibles ont permis de calculer le temps (nombre de jours par an) où la température de l'eau était comprise dans le préférendum thermique de la truite commune. Ce préférendum peut-être défini comme la plage de température 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 & Lloyd, 1980 ; Elliott, 1981 ; Crisp, 1996 ; Elliott & Hurley, 2001), les limites basses et hautes de ce préférendum ont été fixées respectivement à 4°C et 19°C.

La figure 24, montre des durées de préférendum thermique comprises entre 264 (BoN14) et 358 (BoN 01) jours par an. Exceptée ces 2 extrêmes, les durées observées sont de l'ordre de 300 jours, ce qui est globalement élevée par rapport aux autres résultats obtenus sur le département (Caudron *et al.*, 2006). Ces résultats témoignent de conditions thermiques favorables à la truite fario et ceci d'autant plus que le seuil de confort de 19°C, le seuil léthal de 25°C et le seuil de 15°C favorable au développement de l'agent pathogène responsable de la PKD (maladie rénale rénale proliférative) présent dans le département, ne sont pas atteints même de manière ponctuelle.

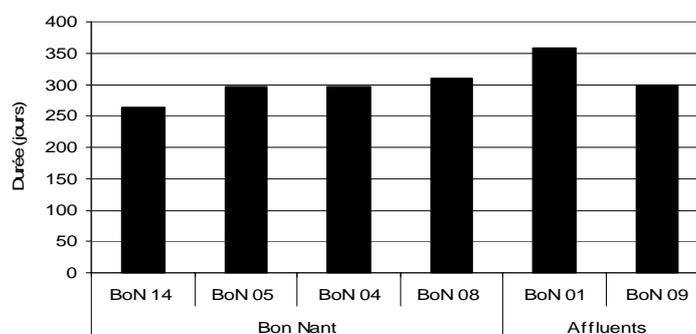


Figure 24 : durée en jours du préférendum thermique de la truite commune sur les 6 stations concernées par le suivi thermique annuel sur le bassin versant du Bon Nant.

IV.2.d – Durée et conditions thermiques du développement embryo-larvaires

Une estimation de la durée totale de vie sous-graviers des œufs et alevins vésiculés a été 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 (Champigneulle *et al.*, 1998 sur le Redon, Champigneulle *et al.*, 2003 sur le ruisseau du Chevenne ; Caudron, données non publiées sur le Fier).

Une fois la durée de la phase de développement embryo-larvaire évaluée, les conditions thermiques pendant cette phase ont été plus précisément étudiées. Ainsi, les séquences de temps où la température présente des valeurs inférieures à 1°C ou supérieures à 12°C ont été recherchées. Ces valeurs peuvent être considérées comme les limites de la plage de développement optimale pour les œufs et les embryons (Jungwirth et Winkler, 1984 ; Crisp, 1996).

L'estimation de durée de vie sous graviers est peu variable d'un site à l'autre avec des valeurs comprises entre 149 et 178 jours (figure 25.A), ce qui situe les dates médianes d'émergence (50% d'alevins émergents) entre mi-mai et mi-juin. Elles peuvent être considérées comme des durées d'incubations assez longues par rapport aux autres résultats obtenus sur le département mais malgré tout dans des gammes de durée autorisant la réussite du recrutement naturel (Caudron *et al.*, 2008). Par contre, si l'on considère indépendamment les différentes phases de développement embryo-larvaire, nous constatons que la durée de résorption est relativement longue et peut potentiellement être limitante au-delà du seuil de 50

jours après éclosion. La durée de résorption calculée sur la station BoN 14 (pont de la Laya) dépasse largement ce seuil (66 jours). Les stations BoN 05, BoN 01 et BoN 09, ont des durées de résorption égales ou légèrement supérieures à ce seuil, ce qui semble indiquer une possibilité de réussite variable en fonction des conditions thermiques annuelles.

L'atteinte du seuil inférieure de 1°C (figure 25.B), considéré comme létale à ce stade par plusieurs auteurs (Elliot, 1984 ; Humpesh, 1985 ; Crisp, 1988 et 1996), sur 3 stations BoN 04, BoN 07 et BoN 09, ne semble également pas rédhibitoire. En effet, les durées pendant lesquelles les températures sont inférieures à 1°C sont courtes, de plus nous avons eut des observations similaires sur des stations pour lesquelles nous avons connaissance de la réussite du recrutement naturel. Il semblerait que ce paramètre soit discutable du fait notamment de l'existence possible d'une différences d'environ 1°C entre la température de l'eau (mesurée dans notre cas et celle intra-gravier (Crisp, 1992).

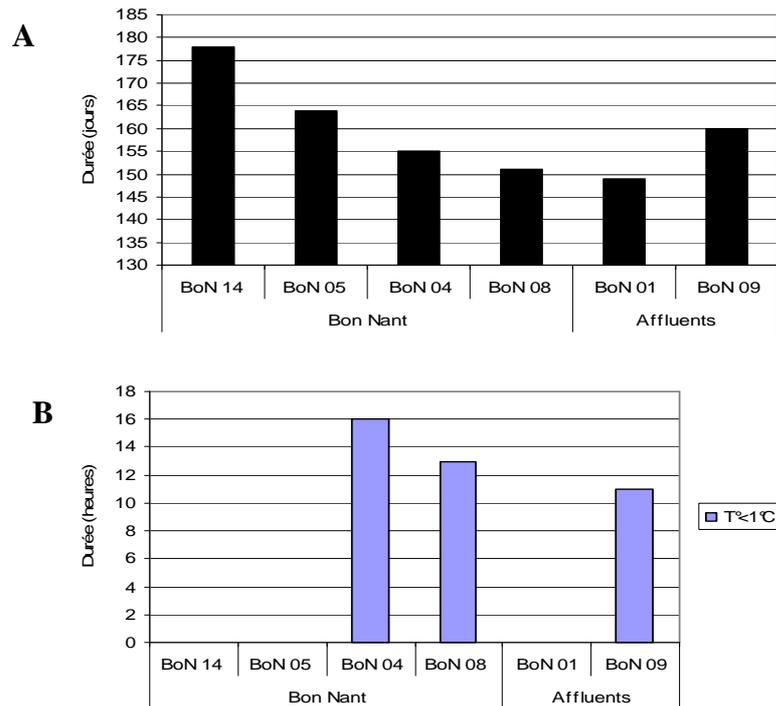


Figure 25 : Durée totale en jours de vie sous gravier (50% d'alevins émergents) A et durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessous de 1°C pendant la période du développement embryo-larvaire B,

Les variables thermiques du le Bon Nant présentent des caractéristiques thermiques favorables au développement salmonicole avec :

- des températures maximales (moyennes journalières, instantanées, ou 30 jours les plus chauds) faibles.
- une amplitude thermique annuelle globalement faible, avec cependant des amplitudes journalières assez fortes pouvant aller jusqu'à 4 ou 5 °C.
- des durées de préférendum thermique assez élevée en comparaison avec les autres données départementales, et l'absence d'atteinte des seuils de confort ou de risque pathologiques (même de manière instantannée)
- des conditions thermiques durant la phase de vie sous gravier potentiellement limitantes en ce qui concerne la durée de résorption sur la partie amont du bassin.

IV.3 – Caractérisation du peuplement piscicole du Bon Nant

IV.3.a – Analyse qualitative et quantitative du peuplement piscicole

Sur l'ensemble des 21 pêches d'inventaires réalisées sur le bassin du Bon Nant, l'observation des densités/biomasses (figure 26) et de la structure des populations (figure 27) permet de dissocier 4 cas de figures :

-Cas n°1 : la classe d'abondance observée est supérieure à la classe d'abondance théorique et les peuplements observés sur ces stations présentent des classes pondérales supérieures ou égales aux classes numériques. Les populations présentes au niveau de ces stations sont dépourvues de juvéniles et montrent de faibles densités d'individus de truites fario pour la station aval du torrent de Miage (BoN 09) ou de truite arc en ciel sur le parcours amont du Bon Nant (BoN 20 et BoN 13) de taille toujours supérieure à 170 mm.

-Cas n°2 : la classe d'abondance observée est inférieure à la classe d'abondance théorique et les peuplements observés sur ces stations présentent des classes pondérales supérieures ou égales aux classes numériques en ce qui concerne les résultats de 2008. Les populations présentes au niveau de ces stations sont dépourvues de juvéniles et montrent de faibles densités d'individus de truites fario et/ou de truite arc en ciel de taille toujours supérieure à 150 mm sur le reste du parcours du Bon Nant à partir de Notre-Dame de la Gorge à l'exception de la station située au lieu dit du Quy (BoN 18) où aucun poisson n'a été contacté.

- Cas n°3 : Il correspond au cas particulier de la station BoN01 située sur le rui des pontet (exutoire du lac des pontets). La classe d'abondance observée est très supérieure à la classe théorique du biotype, et le peuplement observé sur cette station présente une classe pondérale égale à la classe numérique. Cette station est remarquable par le fait qu'elle abrite la plus forte densité de truite fario et plus particulièrement de juvéniles issus de la reproduction naturelle, de tout le bassin.

Pour les stations dont le biotype n'est pas connu du fait de l'absence de données thermiques sur le secteur nous distinguons :

- Cas n°4 : Les populations observées présentent de faibles densités et biomasses, les classes pondérales sont supérieures ou égales aux classes numériques. Ces stations ne semblent pas abriter de juvéniles et les individus contactés (truite fario ou arc-en-ciel) ont une taille toujours supérieure à 180mm de truite fario ou de truite arc en ciel. Cette situation est observée sur le Nant Rouge (BoN 26 et BoN 17), l'amont de Miage (BoN 25) et l'aval du Tarchey (BoN 19).
- Cas n°5 : les populations observées présentes de fortes densités (43-44 ind/100m²) et biomasses, les classes numériques sont supérieures aux classes pondérales. Malgré cela, les stations situées sur le secteur amont du Tarchey (les Ruffiaux BoN et les Communailles BoN) n'abritent pas de juvéniles de l'année, les individus présents ont des tailles comprises entre 110 et 230 mm.
- Cas n° 6 : aucun poisson n'a été contacté sur les stations situées sur le torrent de Bionnassay (BoN 24-amont et BoN 06 aval), ainsi que sur les stations situées de part et d'autre de la station de télésiège au lieu-dit « le Crinet » (BoN 23/23').

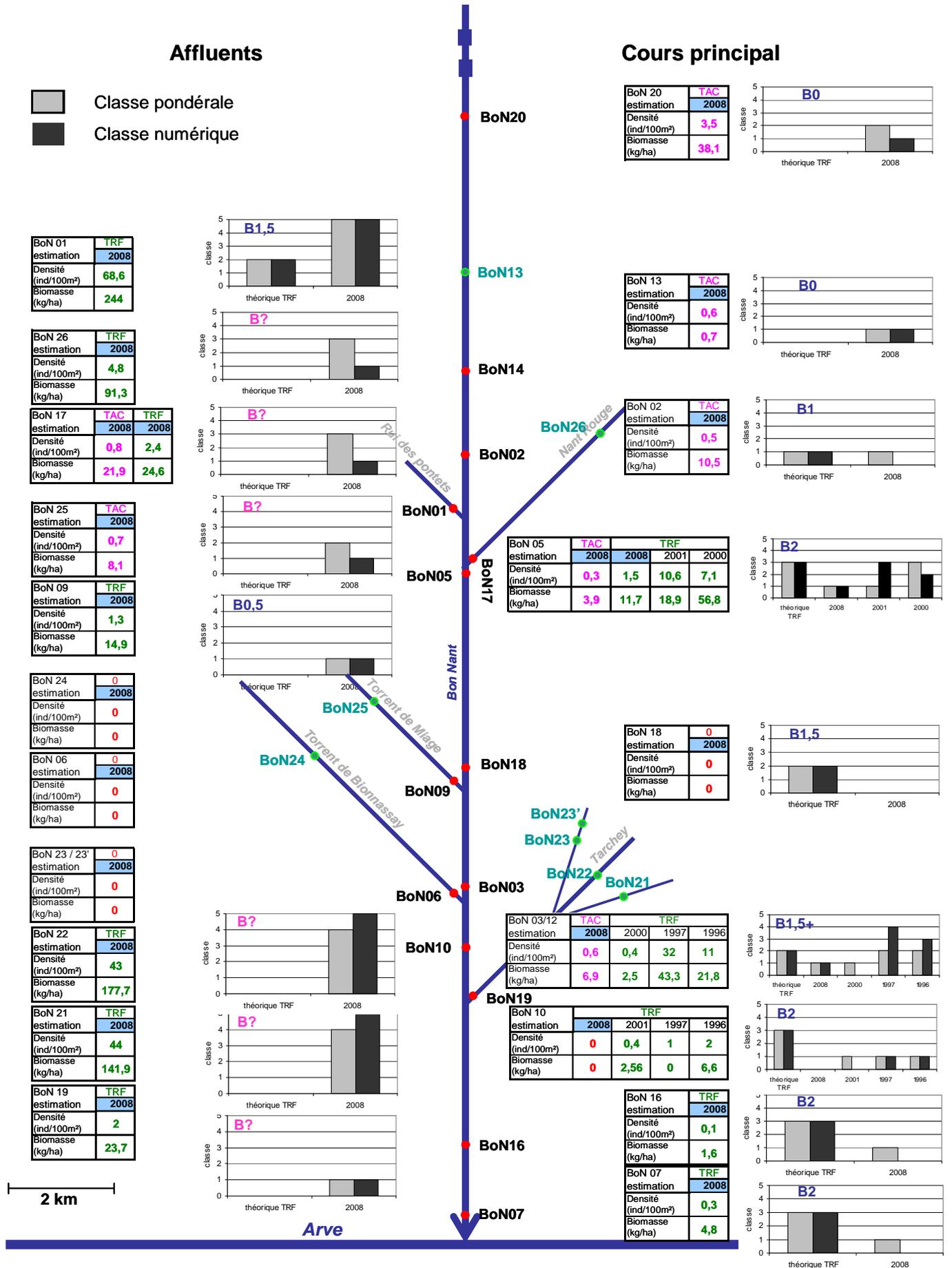


Figure 26 : Synthèse des stocks estimés de truites fario (*Salmo trutta*) et arc-en ciel (*Onchorhynchus mykiss*) lors de la campagne d'étude de 2008 et antérieurs pour les 21 stations étudiées sur le bassin versant du Bon Nant.

La comparaison des fréquences relatives aux fréquences moyennes standard du département pour les populations de truite fario uniquement, confirme la non-conformité des populations sur la majorité des stations étudiées dans le cadre de ce travail. En effet, les distributions de fréquences sont très déséquilibrées avec une absence d'individus de moyennes et de grandes tailles, à l'exception des stations BoN 07 et BoN 26, et une nette variation de la distribution pour les classes de taille plus petites.

Deux stations seulement, s'approchent de la conformité avec cependant quelques disparités :

- BoN 01 présente une fréquence plus importante pour les petites tailles, une quantité moins élevée d'individus de taille moyenne et une absence de poissons de grandes tailles.

- BoN 05 présente une fréquence plus faible pour les petites tailles, une quantité plus élevées d'individus de taille moyenne et toujours une absence de poissons de grandes tailles.

Concernant les stations pour lesquelles nous disposons d'un historique : BoN 05, BoN 03, BoN 10, nous observons un schéma dominant : la classe d'abondance théorique est supérieure ou égale à la classe d'abondance. En outre, les valeurs de densités et biomasses présentent de fortes variations interannuelles et interstations pour les résultats obtenus sur une même année. Aucune fréquence relative n'est conforme à la fréquence moyenne standard du département, à l'exception de la station BoN 05 en 2000, qui présente presque la même configuration qu'en 2008 assortie de quelques individus de grandes tailles.

Le croisement des résultats précédents avec ceux des relevés de frayères réalisés durant l'hiver 2007-2008 et d'évaluation de la contribution du repeuplement et du recrutement naturel en 2004 montre une bonne cohérence. En effet, sur les 3 secteurs échantillonnés en 2004, deux (« les Echenaz » BoN 05 et « la déchetterie » amont BoN 03) montrent un recrutement naturel majoritaire avec de faible taux de marqués (17 et 39%). Ces 2 secteurs sont situés au niveau des zones de reproduction observées en 2007-2008. La zone principale de reproduction se situe sur l'exutoire du lac des Pontets ou 48 nids actifs ont été dénombrés en 2 sorties, les secteurs présentent des densités de frayères beaucoup plus faibles (entre 1 et 8 nids) sur des surfaces beaucoup plus étendues.

Le secteur amont (Notre Dame de la Gorge, BoN 02) ne présentait aucun recrutement naturel en 2004 et la population n'était constituée que de juvéniles qui étaient donc issus de l'alevinage précédent. Lors des reconnaissances de frayères aucun signe de fraie n'a été repéré.

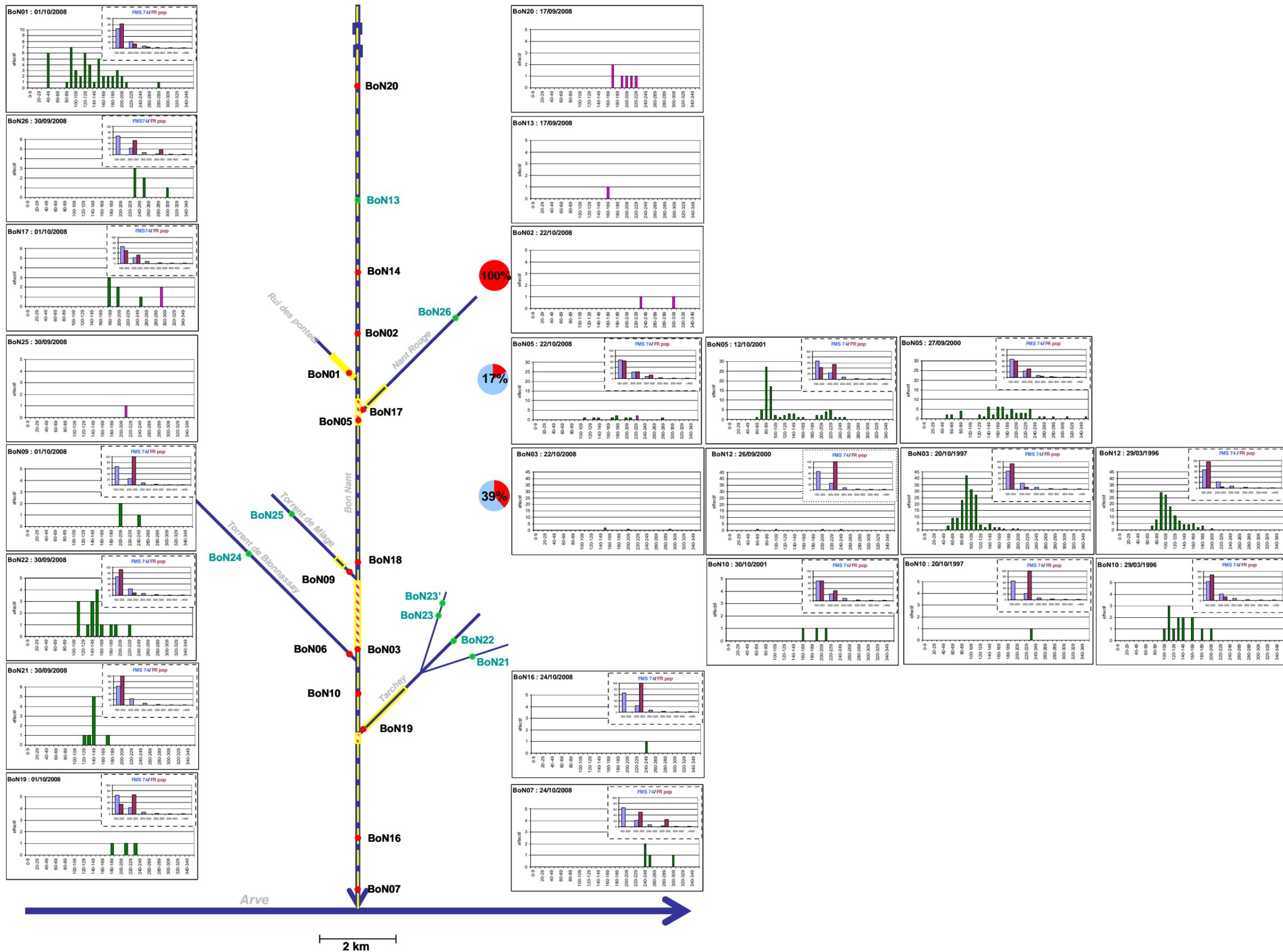


Figure 27: synthèse des résultats relatifs au peuplement piscicoles obtenus sur le bassin versant du Bon Nant (Structure de population des truite fario (vert) et des arc-en-ciel (rouge) et comparaison des fréquences de taille relatives (rose) aux fréquences moyennes standards du département (bleu) sur les 16 stations où des poissons ont été capturés au moins une fois ; localisation et densités des frayères observées en 2007-2008 et résultats de la contribution du repeuplement et du recrutement naturel sur 3 secteurs du Bon Nant en 2004).

IV.3.b – Evaluation de la contamination des truites du Bon Nant par des PCB et les métaux lourds

Les individus prélevés pour la réalisation des analyses sont selon les cas des individus déversés au stade alevins et ayant, d'après nos données, passé la majorité de leur vie dans le Bon Nant comme c'est le cas des truite arc en ciel prélevés à l'amont ou des individus issus du recrutement naturel, ce qui est une possibilité pour quelques individus prélevés aux Echenaz. Ainsi, nous pouvons considérer que les contaminations observées au moment des analyses sont directement liées à leur milieu de vie.

Les analyses de PCB effectuées sur la chair et les viscères des 5 truites arc-en-ciel capturées au niveau de la station BoN 20 mettent en évidence (figure 28) :

- la présence de PCB mais dans des concentrations inférieures au seuil réglementaire qui est de 8 pg/g de poids frais
- une contamination plus forte des viscères par rapport à la chair
- les concentrations moyennes observées dans la chair des poissons prélevés sur le Bon Nant sont inférieures aux concentrations obtenues sur la chair des poissons (truite fario et lacustres) analysés sur le Rhône amont et la lac Léman.

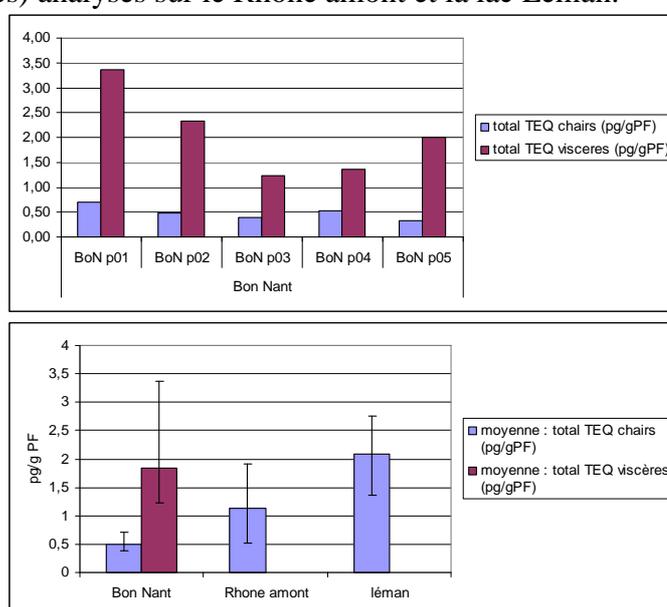


Figure 28 : Histogramme des concentrations (en équivalent dioxine (TEQ)) mesurées dans la chair et les viscères des 5 individus de truite arc en ciel prélevés en BoN20 et comparaison des teneurs moyennes par station obtenue sur 6 truites fario du Rhône amont et 3 truites lacustres du lac Léman.

Les analyses de métaux lourds effectuées sur la chair et les viscères des 9 truites fario capturées au niveau de la station BoN 05 (figure 29) mettent en évidence :

- l'absence de mercure dans la chair et les viscères des poissons analysés dans des concentrations supérieures au seuil de détection qui est de 100µg/kg.
- la présence de zinc dans la chair et les viscères de tous les individus analysés.
- un nombre plus important de concentrations supérieures aux seuils de détection dans les viscères
- des concentrations généralement plus importantes dans les viscères que dans la chair à l'exception du chrome total et du nickel pour un individu.

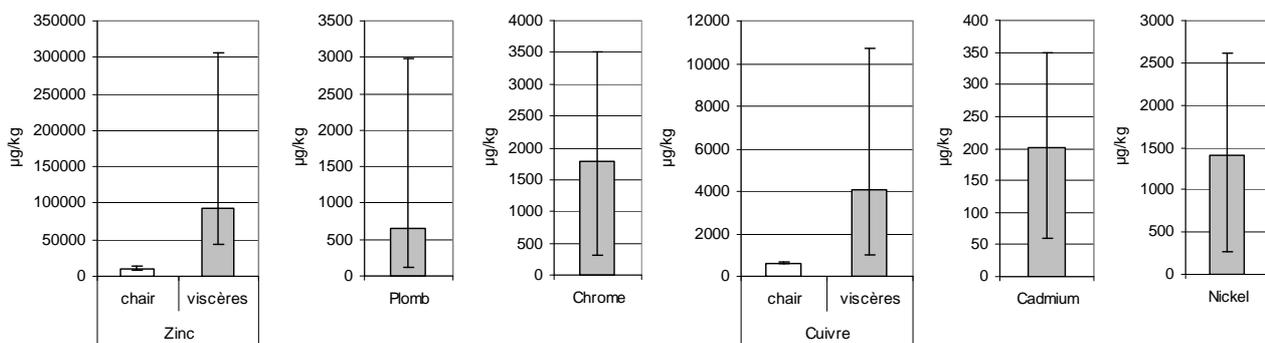


Figure 29 : Histogramme des teneurs moyennes en métaux lourds obtenues sur la chair et les viscères des individus de truite fario prélevés aux Echenaz et dont les concentrations mesurées sont supérieures aux seuils de détection.

A ce jour, le faible nombre de données écotoxicologiques ne nous permet d'évaluer les effets directs sur la santé du poisson. Nous disposons cependant d'autres données sur le département (Caudron, 2006 ; Huchet, 2009), une comparaison des concentrations moyennes et valeurs extrêmes est présentée en figure 30.

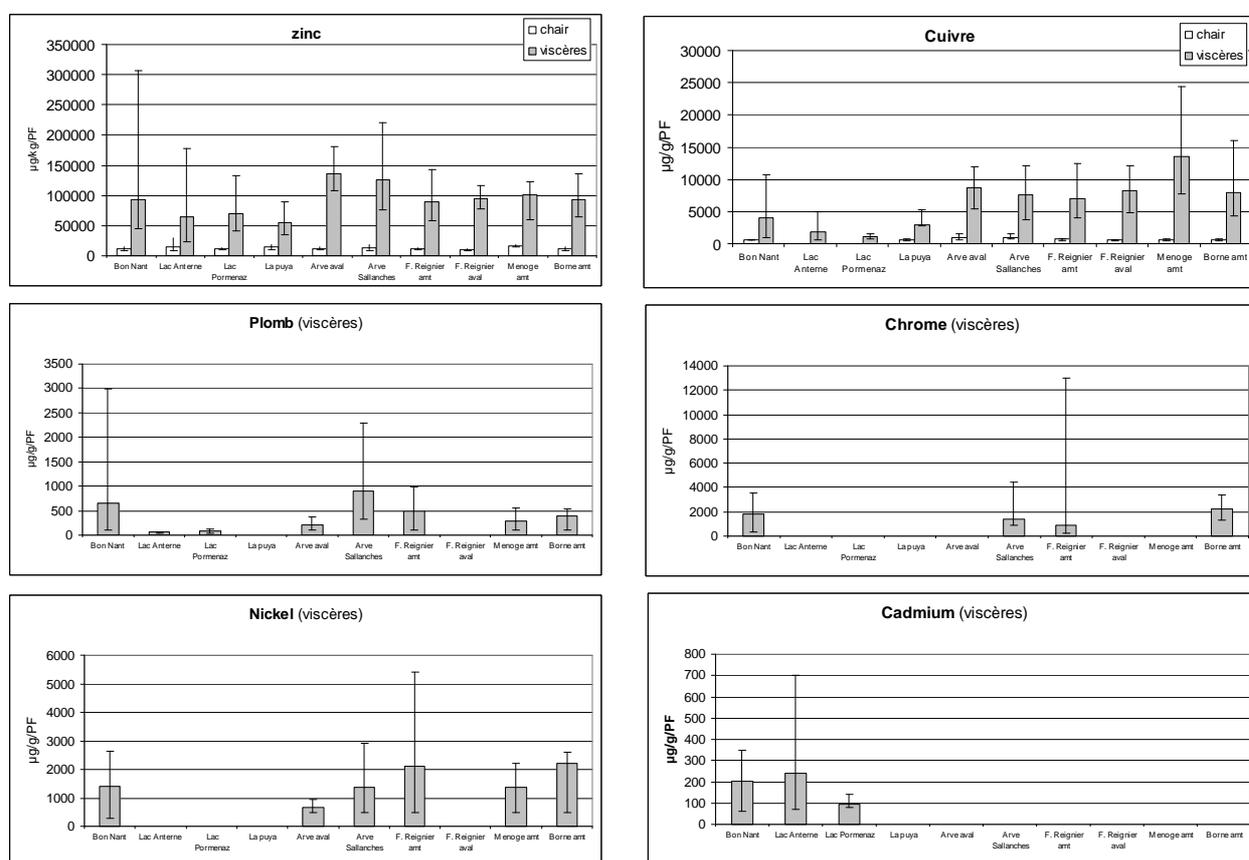


Figure 30 : Comparaison des teneurs moyennes en métaux lourds de la chair et les viscères des poissons dont les concentrations mesurées sont supérieures aux seuils de détection, obtenus sur d'autres sites de Haute-Savoie.

La comparaison des concentrations moyennes obtenues sur les Bon Nant aux autres stations met en évidence la présence dans des concentrations détectables, de tous les métaux analysés à l'exception du mercure.

Le Zinc et le Cuivre sont présents sur l'ensemble des stations d'études et les concentrations moyennes obtenues sur les poissons échantillonnés aux Echenaz appartiennent aux mêmes gammes de valeurs.

Pour le Plomb, le Nickel et le Chrome, leur présence dans la chair et les viscères des poissons sur les stations d'étude est plus disparate. Les concentrations obtenues sur le Bon Nant correspondent globalement à des valeurs hautes mais restent dans les gammes de valeurs obtenues sur les autres stations où une présence a été détectée. Pour ces 3 composés, les concentrations obtenues sur poissons des 2 lacs d'altitudes sont beaucoup plus faible.

Le Cadmium est très fréquemment retrouvé dans les viscères des poissons échantillonnés sur le Bon Nant et les Lacs de Montagnes d'Anterne et de Pormenaz contrairement à ce qui est observé sur l'ensemble des autres points d'échantillonnage où seulement quelques rares individus présentent des concentrations supérieures au seuil de détection.

IV.3.c – Comestibilité des truites sur les secteurs échantillonnés.

La quantité de poissons à ingérer pour atteindre les doses journalières admissibles selon les valeurs fournies par l'INERIS (2005) et l'OMS (2002), est calculée sur la base de la concentration moyenne obtenue sur l'ensemble des individus échantillonnés sur le Bon Nant (tableau 7).

Il semble que seules les doses journalières en Chrome et Nickel pourraient vraisemblablement être atteintes. Cependant l'atteinte de cette dose de manière ponctuelle ne présente pas de risque direct pour la santé.

| | Dose Journalière Admissible (INERIS, 2005 pour les métaux) ($\mu\text{g}/\text{Kg}/\text{J}$) (OMS, 2002 pour les PCB) ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./jour) | Dose journalière pour une pers. de 65 kg ($\mu\text{g}/\text{J}$) | Quantité moyenne présente dans la chair des poissons ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{PF}$) | Quantité nécessaire de chair (en kg) pour atteindre la DJA pour une pers. de 65 kg |
|--------------------------|---|---|--|--|
| Cadmium | 0,5 | 32,5 | 16 | 2,1 |
| Chrome | 3 | 195 | 722 | 0,3 |
| Cuivre | 140 | 9100 | 282 | 32,2 |
| Mercure | 0,3 | 19,5 | 0 | - |
| Nickel | 5 | 325 | 561 | 0,6 |
| Plomb | 3,5 | 227,5 | 8 | 29,3 |
| Zinc | 300 | 19500 | 10827 | 1,8 |
| PCB (équivalent dioxine) | 0,02 | 1,3 | 0,0005 | 2600 |

Tableau 7 : Evaluation des risques pour la consommation humaine des poissons du Bon Nant vis-à-vis de leur concentration en métaux et PCB dans la chair.

Les résultats obtenus sur le compartiment piscicole montrent :

- de faibles densités de poissons à l'exception des 3 stations situées sur le ruisseau des Pontets et sur 2 branches du Tarchey.
- une population déstructurée avec notamment l'absence de juvéniles (sauf ruisseau des Pontets) et visiblement dominée par les poissons introduits (alevins et surdensitaires).
- peu de frayères observées (sauf ruisseau des Pontets).
- la présence de micropolluants organiques (PCB) et métalliques dans tous les poissons échantillonnés.
- des concentrations globalement plus fortes dans les viscères que dans la chair et de fortes variations inter-individus que ce soit pour les PCB ou les métaux.
- pas de risque important à la consommation.

V – Synthèse des pratiques halieutiques

Depuis 2004, le territoire du Bon Nant n'est recouvert que par 2 sociétés de pêches : la société du Val Montjoie, consécutive à la fusion des sociétés de Saint-Gervais et des Contamines-Monjoie sur la grande majorité du territoire et par la société de pêche de Chedde-Passy à l'extrême aval (commune de Passy).

V.1 – Historique des pratiques de gestion halieutique

L'évolution des pratiques de repeuplement (figure 31) de 1989 à aujourd'hui, sur le territoire de la société du Val-Montjoie fait état d'une certaine hétérogénéité.

En ce qui concerne les repeuplements, 3 stades de déversements sont couramment utilisés :

- alevins déversés en juin dans le Bon Nant au niveau des Contamines Montjoie uniquement et début juillet sur les secteurs amont des affluents.
- 1+ d'automne issues du bassin de grossissement de la société déversés en octobre sur le bas des affluents et des Contamines jusqu'aux Margagnes.
- adultes surdensitaires, que ce soit pour les truites fario et arc-en-ciel déversées sur le cours principal entre début juillet et fin septembre.

Sur les 5 années où nous disposons de l'information sur l'origine des poissons, des individus de 4 origines différentes au moins ont été introduit :

- pisciculture Chauvey et pisciculture Chasez Bons (« souche » rhodanienne) : 2003
- pisciculture Lozère : 2004
- origine atlantique (pisciculture inconnue) : 2005
- pisciculture Chasez Bons (« souche » rhodanienne) et pisciculture petit : 2006
- pisciculture Chasez Bons (« souche » rhodanienne) : 2007

Le linéaire repeuplé sur le cours principal montre une certaine évolution, avec notamment, l'arrêt des repeuplements au niveau du déversoir du lac Jovet depuis 2000, et au niveau de la source de la Rollaz depuis 2004 (pas de repeuplement sur ce secteur en 2002).

La mise en charge moyenne en alevins et truitelles sur le cours principal du Bon Nant est de l'ordre de 35 individus/100m², avec des variations comprises entre 20 et 50 ind/m² (soit 1,7 à 4,7 ind/ml) selon les années.

Le nombre d'alevins, truitelles et 1+ d'automne déversé varie entre 130.000 (en 1993) et 45.000 (en 2002). Les alevins de truites fario constituent la majorité de poissons introduits (en moyenne 69 %) suivi des 1+ d'automne de truites fario (en moyenne 27%). Il n'est fait aucune mention de déversements d'1+ d'automne issus du grossissement dans l'étang de la société de pêche pour les 3 années : 2001, 2002 et 2003.

Au stade adulte, les déversements de truites arc-en-ciel sont majoritaires, que ce soit pour la pratique de concours ou pour l'alimentation du Bon Nant en surdensitaires de 1989 à 1994 et depuis 2005. Sur la période intermédiaire : 1995 à 2004, les surdensitaires de truite fario dominant largement les déversements, et l'organisation de concours paraît plus irrégulière à partir de 1996.

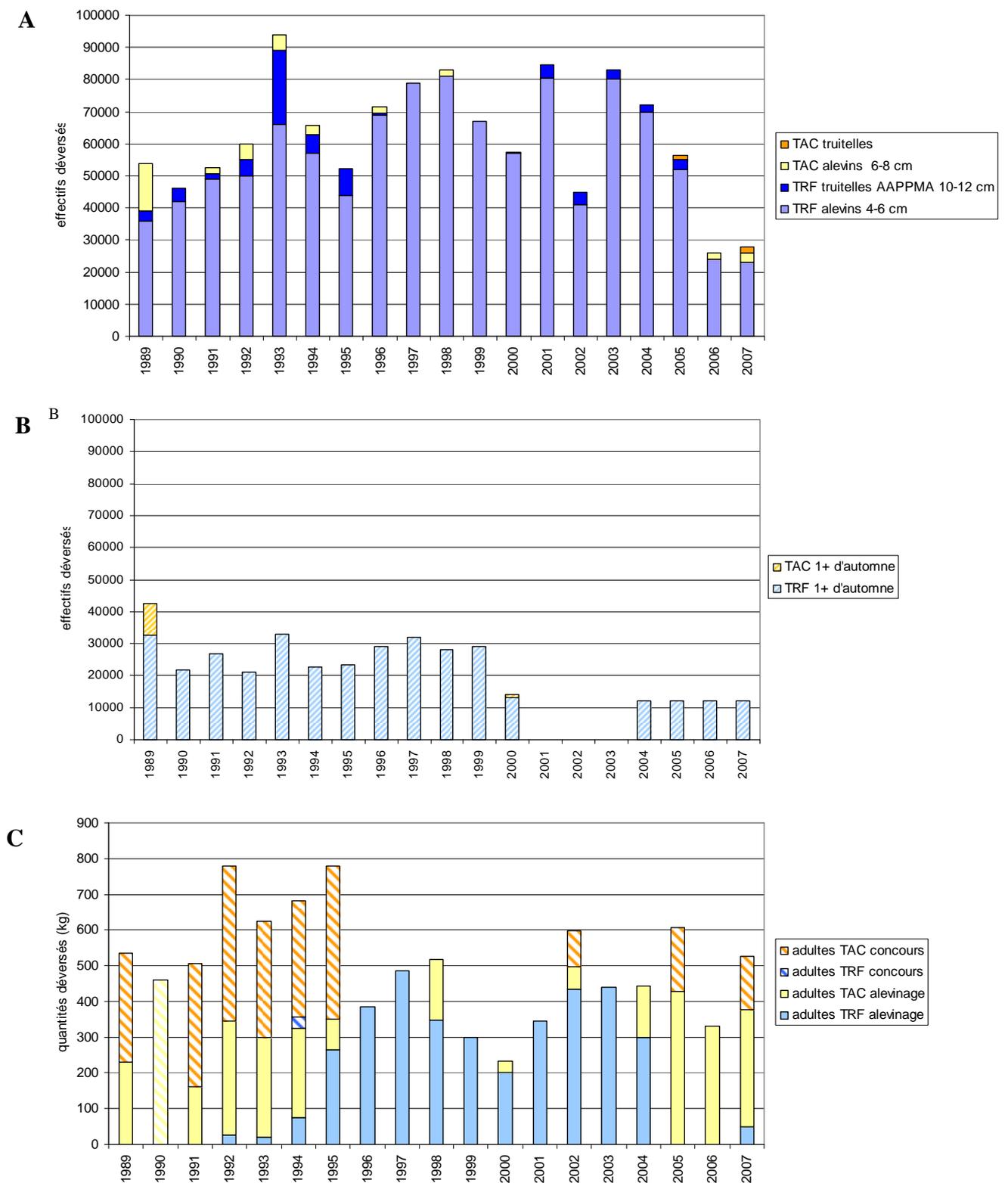


Figure 31 : Evolution des quantités repeuplées en alevins et truitelles (A), 1+ d'automne (B) et adultes surdensitaires (C) de truites fario et arc-en-ciel de 1989 à 2007 sur les bassin du Bon Nant.

V.2 – L'activité halieutique : informations fournies par les carnets de pêches bénévoles.

Les captures des 6 pêcheurs volontaires sur le bassin versant du Bon Nant lors des saisons de pêche 2004 et 2005 se répartissent comme suit (figure 32).

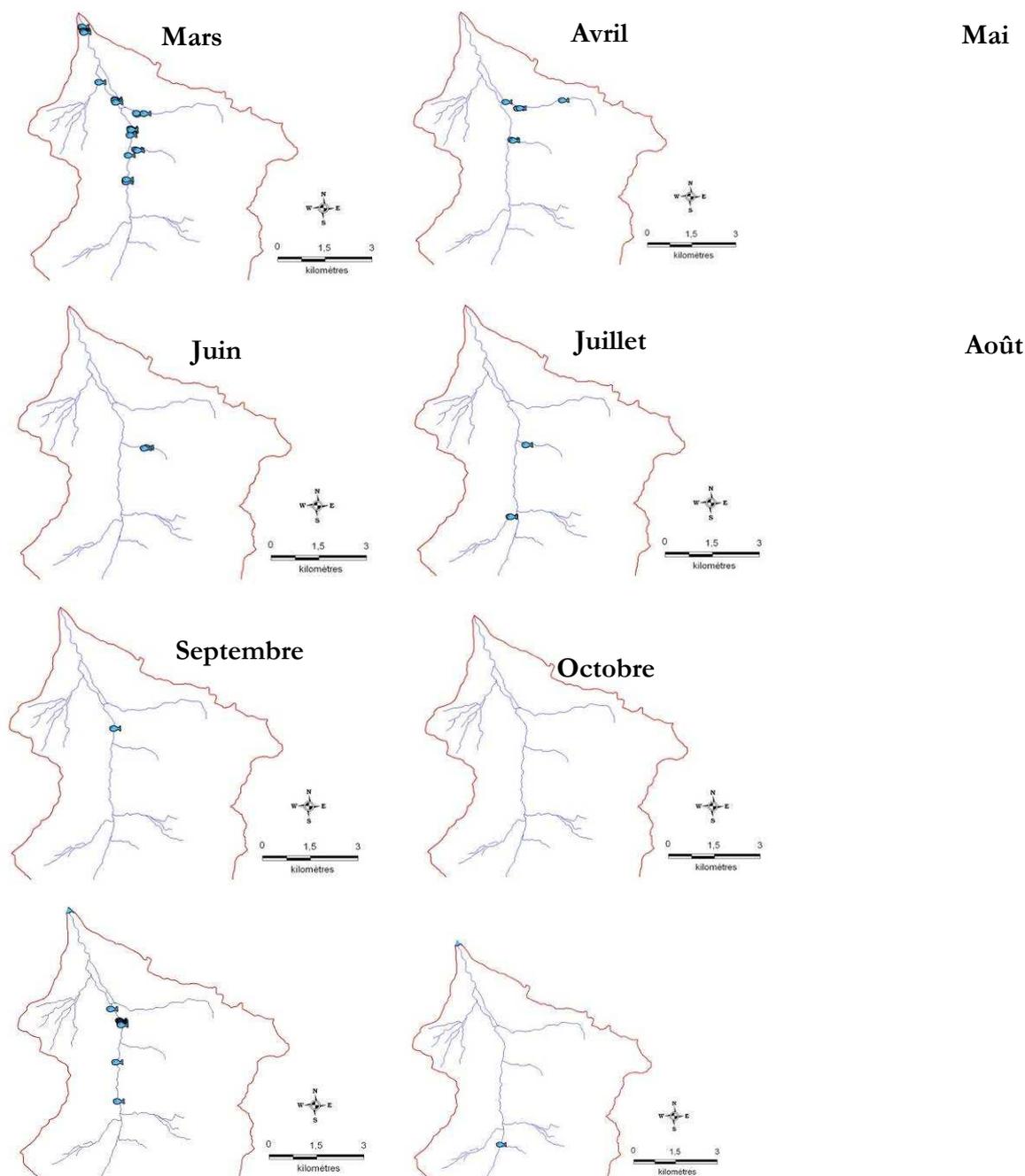


Figure 32 : Localisation des captures des pêcheurs volontaires (6) sur le bassin versant du Bon Nant durant les saisons 2004-2005.

Malgré un échantillonnage assez restreint (Six pêcheurs) il semble :

- que le cours principal du Bon Nant soit principalement pêché avant la fonte des neiges (mois de mars) et après la période de fonte des glaciers (septembre).
- Que les affluents les plus fréquemment pêchés sont les torrents de Bionnassay et de Miage.
- Que la période estivale correspond à une période de fréquentation minimale.

PARTIE 4 : DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Le Bon Nant, Torrent de montagne : Un milieu aux fortes contraintes naturelles pour la vie aquatique en générale et pour le poisson en particulier.

Le contexte du bassin versant du Bon Nant en bordure du massif du Mont-Blanc, lui offre des caractéristiques très particulières : pentes des versants abruptes, présence de glaciers, enneigement fort et durable. Ceci confère au Bon Nant une pente moyenne relativement forte (7%) et un régime hydrologique soumis à différentes influences : nivale, glaciaire et pluviale qui se traduisent par un étiage hivernal sévère, une période de fonte des neiges au printemps et une forte influence glaciaire estivale qui assure un débit d'été fort et soumis à des fluctuations journalières conséquentes au gel/dégel des glaciers.

L'influence de ces différents modes d'alimentation se traduit au niveau thermique par une faible amplitude annuelle des températures moyennes journalières qui sont comprises entre 5 et 10°C et des fluctuations journalières de températures instantanées assez fortes, de l'ordre de 4 à 5°C, durant la période estivale.

Outre les fluctuations journalières de débits et de températures, les apports glaciaires sont également responsables de la turbidité estivale des eaux provenant des farines glaciaires.

Ces observations sont conformes à ce qui a pu être observé sur d'autres cours d'eau à alimentation glaciaire en Suisse (Robinson & Uhlinger, 2001). Ce type de milieu, situé en amont du réseau hydrographique (crénon à épirhitron) est également sujet à une dynamique d'érosion naturelle. Ces éléments informent sur la prédominance des contraintes physiques dans un tel milieu.

Ainsi, pour répondre à ces contraintes estivales (fluctuations de débit, instabilité du lit, forte turbidité), les communautés vivantes associées à ce type de milieu ont développés deux types de stratégies adaptatives (Robinson & Uhlinger, 2001) :

- adaptation aux conditions abiotiques estivales extrêmes : Ex : les diptères de la sous famille des Diamésinae qui dominent les communautés glaciaires en été,
- évitement de l'été en plaçant les phases de croissance et de développement en hiver.

La seconde stratégie semble être la plus communément utilisée. En effet, l'analyse des traits fonctionnels des peuplements d'invertébrés prélevés sur le Bon Nant a mis en évidence une large dominance de cycle de développement à durée annuelle avec une seule génération par an et les faibles densités mesurées lors des prélèvements réalisés durant l'été 2002 (Vulliet, 2002) par rapport à ceux de l'hiver 2008 témoignent également de cette stratégie d'évitement de la période estivale.

La turbidité et la faible stabilité du substrat en été semblent être des facteurs limitants du développement algale durant cette période, ainsi comme il l'a été observé, la biomasse algale est maximale en automne et en hiver contrairement à ce qui est généralement observé (Robinson & Uhlinger, 2001) sur des cours d'eau plus « classiques ».

L'effet de ces contraintes estivales sur ces 2 communautés, pose la question de la possibilité du maintien et du développement d'une population salmonicole dont le cycle de développement est par définition pluriannuel, la maturité sexuelle des truites fario étant atteinte à l'âge de 2 ou 3 ans (Baglinière & Maisse, 2002).

Les stades potentiellement exposés seraient :

- le stade embryo-larvaire qui pourrait être affecter :
 - o par l'instabilité du lit lors des crues printanières étant donné l'émergence tardive des alevins (mi-mai, mi-juin). Leurs effets destructeurs est connu sur ce stade (Seegrüst & Gard, 1972 ; Cattaneo *et al.*, 2002 ; Champigneulle *et al.*, 2003).
 - o par les faibles températures printanières qui induisent une durée de résorption limitante au pont de la Laya et éventuellement limitante (selon les années) sur le torrent de Miage, le ruisseau des Pontets et le secteur des Echenaz.

- le stade juvénile et dans une moindre mesure le stade adulte, qui pourraient également être affectés par ces crues printanières mais également par les fluctuations journalières de débit et la turbidité estivale (abrasion des branchies), ainsi que par la diminution de la nourriture disponible durant la période estivale (plus faible densité du peuplement d'invertébrés) correspondant à leur période de croissance (températures supérieures à 4°C).

Cependant, outre les variables mésologiques utilisées dans le calcul du niveau typologique théorique (pente, distance à la source, température des 30 jours les plus chauds), l'influence des variables caractéristiques d'un cours d'eau glaciaire (turbidité estivale, instabilité du lit, hydrologie particulière) sur le peuplement piscicole n'est pas connue. En effet, nous avons simplement pu trouver une référence spécifiant l'absence de salmonidés dans les eaux turbides émergents des glaciers (Milner & Bailey, 1989) et des remarques sur l'influence potentiel des fluctuations de débits sur la productivité du milieu et par conséquent sur la biomasse piscicole (Flodmark *et al.*, 2006).

Un habitat homogène et soumis à de fortes fluctuations de débits

Le Bon Nant souffre d'une mauvaise connectivité latérale et longitudinale. En effet, le linéaire est fragmenté par divers obstacles infranchissables d'origine naturels et anthropiques qui découpent le linéaire en 5 secteurs. L'habitat est en outre assez homogène sur l'ensemble du linéaire, les faciès rapides (cascade, radier et rapides), associés au niveau d'étiage à des vitesses supérieures à 40 cm/s, des hauteurs d'eau comprises entre 10 et 40 cm et à des substrats grossiers.

Ce type d'habitat, hors faciès cascade, est plus particulièrement favorable aux juvéniles d'âge 1+ (Baglinière & Maisse, 2002). Par conséquent sur le Bon Nant les tronçons qui leur sont le plus favorables au niveau d'étiage hivernal sont les suivants : T9, T11, T15 et T16.

Les habitats profonds sont principalement représentés par des fosses de dissipation ou chenaux lotiques dépourvues de véritables caches couvertes offrant un abris hydraulique et ne représentent qu'une faible proportion des habitats (souvent <10%). Cette caractéristique propre à l'ensemble des tronçons étudiés semble être une conséquence à la fois de la forte pente du cours d'eau, de sa dynamique érosive et de la simplification des berges (érosion, artificialisation). De même les zones de reproduction de la truite, souvent placées au niveau de zones d'accélération marquant la transition entre une zone profonde (mouille ou plat) et un radier sont très limitées (Baglinière & Maisse, 2002). Outre la faible occurrence de mouilles sur le linéaire, les substrats graviers, généralement utilisés pour la dépose des œufs est assez anecdotique sur la grande majorité des tronçons disposant des faciès adéquates.

Ces observations, réalisées durant la période d'étiage hivernal, font état de vitesses d'écoulements globalement rapides comprises entre 40 et 150 cm/s. Par conséquent et étant donné l'hydrologie du Bon Nant, nous pouvons considérer que l'augmentation de débit estivale entraîne une augmentation des vitesses d'écoulements et doit réduire considérablement les habitats favorables aux différents stades et plus particulièrement en ce qui concerne les juvéniles. A ce propos, l'étude préalable au relèvement des débits dans le tronçon court-circuité de Bionnay fait mention de ce phénomène d'altération de l'hospitalité avec l'augmentation des débits (EDF, 1997c). Les observations effectuées sur les communautés d'invertébrés benthiques, semblent confirmer cette diminution d'hospitalité du chenal. En effet, ils occupent préférentiellement les habitats offrant une protection hydraulique (berge, zones de dépôt, ...) délaissant le centre du chenal homogène du point de vue des faciès (lotique) et des substrats (galets) et également très exposé lors des épisodes de forts débits qui sont à l'origine d'une certaine instabilité des substrats du lit. La dominance des taxons rampants ayant une relation étroite au substrat et/ou dont les pontes sont fixées ou cimentées confirme les fortes contraintes hydrauliques imposés aux communautés vivantes sur le Bon Nant et la majorité de ces affluents.

La connectivité avec les affluents est limitée du fait des fortes pentes de ces derniers, à l'exception du ruisseau des pontets. De plus, en ce qui concerne les affluents rive droite (torrents de Bionnassay et de Miage) leurs régimes nivo glaciaire les excluent des zones refuges potentiellement utilisables par les poissons du cours principal lors des événements hydrologiques liés à la fonte des neiges ou des glaciers puisqu'ils subissent le même régime. Les affluents rive droite (Nant Rouge et Tarchey) quant à eux sont uniquement soumis à la fonte des neiges mais présentent des pentes très fortes qui peuvent limiter leur accessibilité. De même le cours principal offre peu d'abris hydrauliques au sein du lit mineur : absence de blocs, embâcles ou bras secondaires ; et au niveau des berges qui sont soit affectées par l'érosion ou font l'objet de protections diverses (enrochement, remblais...) soit dans des secteurs encaissés en configuration de gorges.

Un milieu très sensible aux perturbations chimiques

Une contamination globale de l'écosystème par les micropolluants probablement liée aux retombées atmosphériques

Les différentes analyses de micropolluants organiques et métalliques pratiquées sur les sédiments et les poissons du Bon Nant semblent conforter l'hypothèse émise en 2006 par Caudron dans le cadre de l'évaluation de la contamination par les métaux lourds chez la truite commune sur le bassin de l'Arve (Caudron, 2006) selon laquelle les métaux trouvés dans les poissons proviendraient majoritairement d'une pollution industrielle globale redistribuée par les précipitations chargées en éléments chimiques.

Différents résultats étayent cette hypothèse. Tout d'abord, la présence de molécules de synthèse, obligatoirement d'origine anthropique, tels que les polychlorobiphényles (PCB) dans la chair et les viscères des poissons prélevés au niveau de l'exutoire du lac Jovet tout en amont du bassin versant témoigne de la réalité de ces retombées atmosphériques. En outre, de même que sur l'Arve et les affluents (Menoge, Borne, Foron de Reignier) étudiés en 2006 (Caudron, 2006), le lac du Bourget (Cachéra, 2005), l'Isère (Raymond, comm pers) ou les lacs de montagnes d'Anterne et de Pormenaz (Huchet, 2009), les concentrations de Zinc et de Cuivre relevées sur les poissons du Bon Nant sont importantes. D'autre part, les teneurs en micropolluants métalliques mesurées sur les sédiments du cours principal du Bon Nant montrent une tendance globale à l'augmentation des concentrations avec l'augmentation d'altitude.

A ce sujet, différents auteurs ont fait les mêmes constats de présence de métaux lourds dans la neige de secteurs a priori isolés de contaminations directes dans la vallée de Chamonix et de la Maurienne (Veysseyre *et al.*, 2001), et de croissance altitudinale des teneurs en micropolluants que ce soit dans la chair des poissons (mercure dans les lacs des Pyrénées : Blais *et al.*, 2006) et dans les sédiments (Fernandez & Grimalt, 2003) ou d'autres supports terrestres (humus des forêts autrichiennes : Weiss *et al.*, 1998). Cette accumulation en haute altitude serait le résultat d'un transport atmosphérique des contaminants puis d'un phénomène de condensation lié aux faibles températures qui règnent en altitude (Fernandez & Grimalt, 2003). Ainsi, il semble que le Bon Nant, de part sa situation en bordure du massif du Mont-Blanc et de la forte altitude de l'amont de son bassin versant est particulièrement exposé à ce type de contamination, d'autant plus qu'il est proche du bassin industriel du bassin de l'Arve et de l'axe autoroutier très fréquenté de l'A40.

Les concentrations des différents micropolluants relevées dans la chair et les viscères des poissons du Bon Nant suggèrent une contamination généralisée de la chaîne trophique et en particulier des insectes aquatiques qui constituent la majorité du régime alimentaire de la truite

arc en ciel et fario. En effet, il est convenu que l'assimilation des métaux chez la truite se fait essentiellement par voie alimentaire (Dallinger & Kautzky, 1985).

D'autre part, si les teneurs rencontrées pour les composés étudiés ne semblent pas présenter de risque pour la consommation humaine les concentrations de différents composés (PCB, métaux) dans les viscères peuvent probablement avoir un effet négatif sur l'état de santé des populations de poissons.

Ce phénomène de condensation en altitude concerne d'autres composés non recherchés dans les poissons comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ou autre composés organiques.

Une qualité d'eau soumise à de fortes variations intersaisons et une perturbation du cycle de l'azote potentiellement toxique pour la population de truite

Les paramètres physico-chimiques analysés sur l'eau du Bon Nant et ses affluents montrent des évolutions saisonnières importantes et pour certains paramètres ces évolutions se traduisent par l'atteinte de concentrations toxiques pour les salmonidés.

L'ensemble des résultats obtenus quel que soit la saison, mettent en évidence une perturbation du cycle de l'azote aboutissant à des concentrations en nitrites et ammonium légèrement à très supérieures à ce que l'on peut attendre pour un tel milieu.

En effet, en ce qui concerne **les concentrations d'ammonium et par conséquent d'ammoniac obtenues durant la période estivale sur l'ensemble des stations situées sur le cours principal et sur la majorité des affluents atteignent régulièrement le seuil de toxicité pour les salmonidés** qui est de 0,025mg/l d'ammoniac (Haywood, 1983 ; FAO, 1971) **voire parfois de létalité** qui est de 0,2 mg/l d'ammoniac (FAO, 1971). Les concentrations extrêmement fortes relevées en ammonium sur le bassin du Bon Nant demandent toutefois à être confirmées. cependant d'autres résultats (CG74, 2003 ; 2008 ; EDF, 1988 ; 1991) semblent abonder dans le sens d'une dégradation de la qualité de l'eau dès l'amont du bassin versant en mettant en évidence une perturbations du cycle de l'azote (teneur en ammonium au niveau de pont Bon Nant CG, 2003 ; Sage, 1998 ; 1991), d'un léger phénomène d'acidification sur l'ensemble du linéaire et des torrents de Miage et de Bionnassay (CG 74, 2003 ; 2008), ainsi que la présence d'*Escherichia Coli*, bactérie d'origine fécale, au niveau de Notre Dame de la Gorge (2003) déclassant la qualité de l'eau.

Les écosystèmes alpins sont naturellement peu productifs car les apports en azotées sont le fait de dépôts atmosphériques ou de la fixation de l'azote atmosphérique par les bactéries autotrophes, ainsi la faune et la flore de ces milieux sont adaptées à ces faibles apports en nutriments. Cependant, ces apports d'azote inorganiques dissous atmosphériques ont subi un accroissement récent lié aux activités humaines et notamment à la combustion des énergies fossiles (Roche & Loye-Pilot, 1989), actuellement les apports par dépôts atmosphériques secs et humides représentent entre 7 et 13 kg/ha/an dans les Alpes centrales (Battin *et al.*, 2004).

Malgré tout, ces apports ne sont pas suffisants pour expliquer les fortes concentrations en nitrates et ammonium observés sur le Bon Nant. Plusieurs autres sources potentielles d'azote sont envisageables mais leur contribution relative ne peut être discriminée sur la base de nos résultats actuels. Les différentes sources identifiées sur le secteur amont sont : les apports liés aux alpages qui s'étendent du plan des Dames au plat de la Rollaz (ovins et bovins), aux refuges qui sont sur le chemin de grande randonnée du tour du Mont Blanc très fréquenté (la Balme, Nant Borrant, ...), aux chalets d'habitation secondaire répartis sur le plat de la Rollaz et au lieu dit la Laya, ainsi qu'aux toilettes publics de la Balme dont le mode de rejet doit être précisé. A partir de Notre Dame de la Gorges les sources potentielles d'apports en nutriments sont d'ordre

plus classiques : apports diffus liés à l'activité agricole, et ponctuels du fait de rejets domestiques non raccordés.

Parallèlement, la biomasse bactérienne (hétérotrophe), dont l'activité permet l'assimilation des nutriments dans la chaîne alimentaire, est affectée par les phénomènes de fontes de la couverture neigeuse et des glaciers (Battin *et al.*, 2004 ; Roquier *et al.*, 2007). De ce fait, les différents apports estivaux ne sont pas ou peu tamponnés par le phénomène d'autoépuration, par conséquent, l'ammonium n'est pas transformé en nitrates.

Une nouvelle campagne de physico-chimie est à prévoir sur l'année 2009 afin de **confirmer** et le cas échéant de mieux **cibler les sources de pollutions**.

Les résultats obtenus sur les phosphates font état d'une productivité supérieure à celle attendue et ce dès l'amont du cours d'eau, et parfois d'une pollution nette : par exemple au niveau du pont de la Laya en été et au niveau de l'exutoire du lac, du pont de la Laya et du pont des Trombères en automne.

Ces premiers résultats font émerger différentes hypothèses quant à l'origine de ces nutriments. Les phosphates sont en conditions naturelles issus du substratum rocheux et dans le cas d'apports anthropiques ils sont majoritairement caractéristiques de rejets domestiques. Les fortes concentrations de phosphates automnales au niveau de l'exutoire du lac pourraient provenir d'un brassage des eaux du lac qui constitue un piège naturel à nutriments. Il n'est pas non plus exclu que les déversements pratiqués dans le grand lac Jovet puissent participer à l'enrichissement du milieu (Schindler *et al.*, 2001 ; Griffiths, 2006) et intervenir, par le biais de son alimentation à la remise en suspension de phosphates sédimentés. Cependant, nous ne disposons pas de données permettant de qualifier le fonctionnement du lac Jovet (fréquences et déterminisme des brassages, zone d'anoxie...). En ce qui concerne les autres stations, l'existence de rejets domestiques ponctuels est vraisemblable du fait de la présence de refuges et chalets (hameau de la Laya).

Les valeurs de conductivités sont globalement très fortes sur l'ensemble du bassin et présentent de fortes variations saisonnières qui atteignent des amplitudes de l'ordre de 450 μ S entre les valeurs hivernales (valeurs minimales) et automnales (valeurs maximale). Les valeurs de conductivités atteintes durant l'hiver à partir des Echenaz dépassent le seuil de confort pour les salmonidés qui est de 750 μ S (Caudron, 2006c), En outre, il est également précisé qu'une augmentation brusque de la conductivité peut entraîner des lésions branchiales. Nos données permettent de mettre en évidence une variation importante de ces valeurs mais ne nous permettent pas d'évaluer leur vitesse de variation. Il semble que ces fortes conductivités ont une origine naturelle d'ailleurs exploitées depuis longtemps aux thermes de Saint Gervais. L'eau se charge en minéraux lors de son infiltration au travers des roches profondes et notamment des schistes et grès du Mont Joly (Mennesier *et al.*, 1977). D'après la géologie du bassin, ces apports d'eaux fortement minéralisées proviendraient de sources profondes du versant situé en rive gauche du cours d'eau. Ces auteurs font également références à de nombreuses sources d'altitudes (nappes de versant superficielles) dont la qualité bactériologique est souvent affectée par la pratique d'alpage estival ou la présence de chalets d'alpages (Ex : flanc du mont Joly et d'Arbois, flanc ouest du Prarion, source de Miage, sources de la vallée de Bionnassay...).

D'un point de vue théorique, les concentrations en ammoniac, les valeurs et les fluctuations de la conductivité, semblent affecter plus particulièrement le peuplement piscicole que la communauté benthique (Arthur *et al.*, 1987, santé canada, 2007). Les invertébrés des communautés glaciaires quand à eux, semblent plus fortement affectés par la température, l'hydrologie et l'instabilité des substrats (Lods Crozet *et al.*, 2001, Snook & Milner, 2001 ; Petts & Bickerton, 1994 ; Milner *et al.*, 2001, Castella *et al.*, 2001). A ce propos, nous remarquons une plus forte diversité taxonomique sur les stations situées en amont de la confluence avec le torrent de Tré la Tête. En outre, les plécoptères, éphéméroptères plus particulièrement sensibles

à ces caractéristiques glaciaires (Maiolini & Lecioni, 2001 ; Brittain *et al.*, 2003) présentent une plus faible variété taxonomique et densité qui de plus décroissent avec la distance à la source. Aucun gradient longitudinal de dégradation physicochimique n'ayant été clairement identifié à travers les analyses d'eau, si ce n'est en ce qui concerne les 2 stations aval situées en contexte urbain, cette répartition semble caractéristique d'un phénomène de colonisation par dévalaison.

Une population de truite fortement influencée par la gestion piscicole et l'activité halieutique

L'étude concernant l'évaluation de l'efficacité du repeuplement (Caudron & Champigneulle, 2007) a mis en évidence en 2004 une population de truite fario peu abondante et soutenue par un faible recrutement naturel. Le taux de contribution du repeuplement était très variable spatialement : le taux d'individus juvéniles (0+) issus du repeuplement était minoritaire sur les secteurs des Echenaz (17%) et de la Déchetterie (39%) et dominant (100%) à Notre-Dame de la Gorge. A ce sujet, divers auteurs Aass 1993, Naeslund 1992, Caudron & Champigneulle, 2007, ont démontré que les secteurs où l'on constate une contribution majoritaire des individus repeuplés sont des secteurs géographiquement isolés dont le milieu est dégradé (Ex : présence d'ouvrages hydroélectriques, faible potentiel reproductif, mauvaise qualité d'eau, zone apicale).

D'autre part, l'analyse de la contribution des repeuplements dans les captures des pêcheurs réalisée entre 2004 et 2006, montre que les individus repeuplés contribuent à plus de 70% des prises, ce qui s'expliquerait par les lâchers de surdensitaires et de sujets 1+ de grande taille et à forte croissance réalisée à l'automne de chaque année. Malgré tout, ces résultats témoignent de la réussite du recrutement naturel sur certains secteurs et de la présence d'individus capturables issus du recrutement naturel. Ces résultats de 2004 font état d'une population de truite peu abondante, soutenue par un faible recrutement naturel et dont les repeuplements ne permettent pas d'augmenter le stock (Caudron & Champigneulle, 2007). Cette situation est toujours d'actualité.

Sur cette période (2002-2005), la gestion pratiquée à l'échelle du Bon Nant est caractéristique de celle pratiquée à l'échelle du territoire de l'AAPPMA du Faucigny c'est à dire :

- des quantités introduites comprises entre 3,3 et 4,1 ind/ml (pré-estivaux et 1+ d'automne).
- la majorité des repeuplements sont pratiqués avec des jeunes pré-estivaux (truitelles 4-6 cm)
- 3 stades différents sont introduits : truitelles, 1+ d'automne et surdensitaires de 2 espèces (truite fario, truite arc-en-ciel).
- les origines utilisées varient d'une année à l'autre et parfois plusieurs origines sont introduites la même année.

Il semblerait que ces incohérences de pratiques qu'elles concernent les quantités, les stades ou les origines puissent entraîner des variations de leur efficacité, compromettre l'implantation de populations viables mais également avoir des conséquences importantes sur les populations naturelles déjà en place (Caudron & Champigneulle, 2007).

Les pratiques en cours actuellement (2006-2007) sont un peu différentes :

- diminution de la mise en charge des pré-estivaux et 1+ d'automne de l'ordre de 2 ind/ml induite majoritairement par la diminution d'introduction d'alevins pré-estivaux
- introduction de quelques individus de truite arc en ciel au stade truitelle
- surdensitaires majoritairement de l'espèce truite arc en ciel *Onchorynchus mykiss* (demandé par la fédération de pêche pour les besoins de l'étude).

Malgré tout, et quel que soit le détail des pratiques, il semble indiscutable, que dans l'état actuel les pratiques de gestion influencent grandement la population de truite fario en place et soutient majoritairement l'activité de pêche. En retour, l'activité de pêche est certainement très impactante sur le stock de poissons par le biais de la capture de géniteurs potentiels (issu du repeuplement et du recrutement naturel) étant donné les faibles densités observées.



Des limites physiques naturelles et anthropiques à l'origine de capacités d'accueil piscicole variables en fonction des secteurs.

La fragmentation de l'habitat et notamment la présence de l'obstacle naturel infranchissable à la montaison qu'est la cascade du Fayet, pose la question de la présence historique d'un peuplement piscicole à son amont. Cet obstacle semble expliquer l'absence de Chabot (*Cottus Gobio*) théoriquement (théorie des niveaux typologiques théoriques) présents sur le Bon Nant à l'amont de cette cascade. La truite étant une espèce fortement manipulée par l'homme depuis des décennies, son aire de répartition a vraisemblablement été artificiellement augmentée. Le secteur amont du Bon Nant en est l'illustration. En effet, les biotypes calculés au niveau des stations situées à l'exutoire du lac et au pont de la Laya sont théoriquement caractéristiques d'un milieu apiscicole. Malgré tout, nos résultats de pêche, notamment au niveau de l'exutoire du lac, montrent que ces caractéristiques n'empêchent pas le maintien des poissons introduits. Nous ne pouvons cependant juger des potentialités de reproduction étant donné que la seule espèce retrouvée à ce niveau était de la truite arc-en-ciel.

Nous pouvons imaginer que la situation sur les parties amont des affluents est identique, malgré l'absence des données nécessaires au calcul du niveau typologique. En effet, nous avons dans certains cas capturé quelques individus introduits qui se sont maintenus dans le milieu (amont Nant Rouge, les Tarchey amont et amont de Miage) mais n'avons observé aucune trace de reproduction. Dans d'autres cas, nous n'avons retrouvé aucun poissons ou quelques individus vraisemblablement issus des surdensitaires de l'année : Torrent de Bionnassay et torrent de Miage, aval du Nant Rouge. Ces résultats montrent qu'un faible nombre d'individus semblent subsister aux conditions du milieu et à la pêche. D'autre part, les résultats obtenus par le biais des carnets de pêche volontaire font état de capture de quelques poissons capturés issus du recrutement naturel (Caudron & Champigneulle, 2007). Ces résultats prouvent la possibilité de reproduction et de maintien de poissons sur le torrent de Miage et de Bionnassay. Cependant, face aux faibles densités observées, nous pouvons supposer que ces phénomènes restent marginaux sur ces secteurs.

Ces résultats donnent l'impression d'un relatif meilleur maintien des poissons sur les secteurs amonts (Ex : Nant rouge et Tarchey et Miage) que sur l'aval. Cette hétérogénéité longitudinale peut également trouver une explication dans les pratiques de repeuplements récentes consistant à déverser les pré-estivaux sur l'amont et les 1+ d'automne sur l'aval. Ce qui induit une plus forte densité d'individus sur l'amont que sur l'aval. En outre, il est possible que les capacités de maintien de ces 2 stades ne soient pas équivalentes.

Sur le cours principal à partir de Notre Dame de la Gorge, les biotypes évoluent entre B1 et B2. Toutes les stations d'étude montrent un fort déficit des densités observées par rapport aux densités attendues qui sont souvent le fait de quelques surdensitaires déversées durant l'été. Seule la station des Echenaz semble abriter quelques individus potentiellement naturels mais pas d'alevins de l'année qui seraient obligatoirement issus de la reproduction naturelle car aucun déversement de juvénile n'a été pratiqué en 2008 pour les besoins de l'étude.

D'un point de vue strictement physique, le linéaire du Bon Nant compris entre Notre-Dame de la Gorge et la confluence avec l'Arve, nous pouvons différencier 2 secteurs distincts : le secteur amont de Notre-Dame de la Gorge à la confluence avec le torrent de Bionnassay

(secteur 1) et de la confluence avec Bionnassay à la confluence avec l'Arve (secteur 2), fortement impacté par la production d'hydroélectricité.

Le secteur 1 offre en condition d'étiage hivernal une variété d'habitats favorables à différents stades : présences de caches pour les adultes (T9, T10 et T11), d'habitat de reproduction (T9 et T11) et d'habitat favorables aux juvéniles (T9 et T11). Ces caractéristiques sont concordantes avec les résultats obtenus en 2004 qui témoignent d'un recrutement naturel dominant sur ce secteur (83% et 61%) et des pêches d'inventaires historiques qui témoignent d'un bon maintien des poissons (introduits et/ou naturels) au niveau de la déchetterie en 1996 et du pont des trombères en 1997. Les pêches plus récentes (2000 et 2008) font état d'une présence de truite en très faible densité et totalement soutenue par les lâchers de surdensitaires pour l'année 2008.

La station des Echenaz (BoN 05) pour laquelle nous disposons d'un historique plus récent (2000, 2001) témoigne également d'une population de truite plus structurée sur ces 2 années, ce qui n'est pas le cas des résultats obtenus en 2008.

Le secteur 2 est marqué par un fort impact de l'exploitation hydroélectrique, une fragmentation longitudinale et habitat et offrant peu de zones de reproduction.

La partie amont de ce secteur comprise entre la prise d'eau de Bionnay et l'usine de Rateaux, est court-circuitée d'une partie de son débit (9m³/s) et peut être soumise à des variations brutales de débits en cas de problèmes sur les aménagements de l'exploitation d'hydroélectricité.

Malgré tout, les données historiques montrent la possibilité d'un certain maintien des poissons (données 1996) mais dans des densités très faibles au niveau de la station située à l'amont du pont de Bionnay. Cela dit, les densités de repeuplement sur ce secteur étaient peut-être différentes.

Après une série d'aménagements et d'obstacles, entre l'usine de rateaux et la cascade du Fayet, le secteur compris entre les thermes de Saint-Gervais et la confluence avec l'Arve présentent exclusivement des poissons issus des lâchers de surdensitaires de l'année. La gestion piscicole de ce secteur est assurée par la société de pêche de Passy pour laquelle nous ne disposons pas du détail des déversements. Il semble cependant que les pratiques récentes sur ce secteur consistent principalement au déversement de surdensitaires.

Le rui des Pontets constitue une exception à tout point de vue que ce soit au niveau de la pente, de la morphologie, ou bien encore de la qualité physicochimique qui ne présentent que des concentrations compatibles avec la vie salmonicole et les plus faibles variations intersaisonniers pour les différents paramètres étudiés. De fait, ce secteur offre une zone de reproduction intéressante et un des seuls refuges hydrauliques du bassin versant.

Conclusions intermédiaires.

L'utilisation d'une méthodologie intégrant plusieurs échelles de travail (bassin versant, tronçon et station) et considérant un nombre important de descripteurs c'est avérée indispensable pour cibler les facteurs déterminants l'état du peuplement piscicole du Bon Nant. En effet, le contexte très particulier de son bassin versant (altitude, pentes, influence glaciaire...) lui confère des caractéristiques inhabituelles et pour certaines pouvant avoir des conséquences directes sur le peuplement piscicole.

A l'issue de cette étude, une grande incertitude subsiste en ce qui concerne les effets réels, individuels et/ou combinés des différents paramètres qui peuvent être considéré comme des facteurs limitants le maintien et/ou le développement d'une population de truite sur le Bon Nant. Quoiqu'il en soit, au vu des résultats obtenus, il n'est pas évident que la qualité globale du milieu soit apte à accueillir une population fonctionnelle de truite.

En premier lieu nous devons **confirmer les concentrations toxiques en ammonium mesurées durant la période estivale** par la mise en place d'un suivi physico-chimique durant l'été 2009. Pour cela nous allons effectuer 2 campagnes estivales de prélèvements sur les mêmes stations que celles utilisées dans le présent diagnostic. Les analyses seront effectuées par un laboratoire d'analyse indépendant. Les paramètres étudiés seront : le pH, l'oxygène dissous, la conductivité, la température, la demande biologique en oxygène (DBO) et la demande chimique en oxygène (DCO), les 4 formes de l'azote (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻ et N total) et les 2 formes des phosphates (orthophosphates et phosphate total).

En parallèle, et afin **d'évaluer la capacité de maintien des poissons sur un cycle annuel complet** et plus particulièrement durant la période estivale nous avons demandé à la société de pêche du val montjoie de réaliser leurs déversements de truite 1+ d'automne issues de leur bassin de grossissement sur un secteur plus réduit, d'en mettre une partie en réserve de pêche pour la saison 2009 et de ne pas procéder à des alevinages de pré-estivaux en 2009. Des pêches électriques d'inventaires seront de nouveau réalisées à l'automne 2009 sur ce secteur intégrant 2 stations pêchées à l'électricité en 2008 afin de préciser la réponse des poissons à l'ensemble des paramètres identifiés comme potentiellement défavorables à la truite hors pression de pêche : variation intersaison de la conductivité, hydrologie estivale, turbidité estivale. Ce suivi permettra de préciser l'effet de ces paramètres naturels sur la densité de poissons introduits.

Dans le cas où ces 2 suivis ne mettraient pas en évidence un ou des paramètres clairement limitants, les résultats obtenus ne permettront pas de répondre à toutes nos interrogations et notamment en ce qui concerne le taux de réussite du recrutement naturel ainsi que les effets des paramètres précédemment cités sur le stade de développement le plus critiques que sont les juvéniles après émergence. Les faibles densités de frayères et de juvéniles constatées en 2008 peuvent également être la simple conséquence des faibles densités de géniteurs en place. D'autre part, du fait de la multiplicité des pratiques actuelles de repeuplements, les résultats dont nous disposons ne nous permettent pas de juger de l'effet du stade de déversement sur le taux d'implantation des individus introduits jusqu'à présent.

Un complément à ce rapport intégrant les résultats des suivis de physico chimie et de pêche électrique prévus pour l'été et l'automne 2009 sera réalisé en fin d'année. Ce document proposera un premier plan de gestion piscicole pour le bassin du Bon Nant pour la période 2010-2015.

BIBLIOGRAPHIE

- Aass, 1993. Stocking strategy for the rehabilitation of a regulated brown trout (*Salmo trutta*) river. *Regulated Rivers : Research and Management*, 8 : 135-144.
- AAPPMA du Faucigny. Plan d'alevinage de 1989 à 2007.
- AFNor, 1992. Essai des eaux. Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN). Association française de normalisation, norme homologuée T 90-350, 8p.
- Agence de l'eau RMC, 2009. Pollution par les PCB. http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/milieux-continentaux/pollution_PCB/index.php
- 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>.
- Arthur, West, Allen & Hedlke, 1977. Seasonal toxicity to ammonia to five fish and nine invertebrate species. *Bulletin of environmental contamination and toxicity*, 38(2) : 324-331.
- Bacchi, 1994. Recherche sur la macrofaune benthique de la Haute-Loire, Structuration des habitats, Evolution des peuplements macrobenthiques depuis 1973, mémoire D.E.S.S. Eaux continentales, Univ. Fr-Comté, 30p.
- Bady, Dolédec, Fesl, Gayraud, Bacchi & 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 & Maise, 2002. La biologie de la truite commune (*Salmo trutta* L.) dans la rivière Scorff, Bretagne : une synthèse des études de 1972 à 1997. *INRA Prod.Anim.*, 15, 319-331.
- Battin, Wille, Psenner & Richer, 2004. Regional hydrology controls stream microbial biofilms : evidence from glacial catchment., *Biogeoscience discussions*, 1: 497-531.
- Blais, Charpentier, Pick, Kimpe, St Amand & Regnault-Roger, 2006. Mercury, polybrominated diphenyl ether, organochlorine pesticide, and polychlorinated biphenyl concentrations in fish from lakes along an elevation transect in French Pyrénées. *Ecotoxicology and environmental Safety*, 63, 91-99.
- Blavay & Blavoux, 1981. Le grand Jovet (Haute-Savoie), milieu oligotrophe de haute-montagne. *Revue de géographie alpine*, 69(3) : 421-442.
- 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.
- Brittain, Castella, Knispel, Lencioni, Lods-Crozet, Maiolini, Milner, Saltveit & Snook, 2003. Ephemeropteran and plecopteran communities in glacial rivers. *Research update on Ephemeroptera and Plecoptera*. E. Gaino, University of Perugia, Italy. 271-277
- Carrerra, Fernandez, Vilanova & Grimalt, 2001. Persistent organic pollutants in snow from European high mountain areas. *Atmospheric environment*, 35 : 245-254.
- Castella, Adalsteinsson, brittain, Gislason, Lehmann, Lencioni, Lods-Crozet, Maiolini, Milner, Olafsson, Saltveit & Snook, 2001. Macrobenthic invertebrate richness and composition along a latitudinal gradient of European glacier-fed streams. *Freshwater biology*, 46 : 1811-1831.
- Cattaneo, Lamouroux, Breil & Capra, 2002. The influence of hydrobiological and biotic processes on brown trout (*Salmo trutta*) population dynamics. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 59, 12-22.

Caudron, Vigier & Catinaud, 2008. L'utilisation des suivis thermiques annuels pour compléter les diagnostics piscicoles sur les cours d'eau à truites. <http://www.milieuxaquatiques.com/telechargement2008.htm>

Caudron & 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.

Caudron & 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.

Caudron, 2006a. Première évaluation de la contamination par les métaux lourds chez la truite commune (*Salmo trutta*) sur le bassin de l'Arve. Campagne 2006. 11p.

Caudron & Champigneulle, 2006b. 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. Cybium, 30,pp. 65-72.

Caudron, Champigneulle & Large, 2006c. 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. 12p + annexes.

Champigneulle, Melhaoui, Maisse, Baglinière, Gillet & 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 & 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.

Conseil général de Haute-Savoie, 2003. Suivi de la qualité des affluents rive gauche de l'Arve, Rapport de présentation des résultats, Hydrétudes.

Conseil général de Haute-Savoie, 2008. Suivi de la qualité des eaux des cours d'eau de Haute-Savoie : étude des affluents de l'Arve campagne 2007-2008. 94p.

Conseil supérieur de la pêche, 1995. Limites des classes de densité numérique et pondérale estimée du stock en place.

Crisp, 1988. Prediction, from water temperature, of eyeing, hatching and "swim-up" times for salmonids embryos. Freshwat. Biol., 19, 41-48.

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.

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

De Lury, 1951. On the planning of experiments for the estimation of fish population. J.Fish Res.Bd. Can., 18, 281-307.

D'Herve (FDP59), 2005. Qualité écologique des affluents salmonicoles de l'Escault en forêt de Mormal. Rapport de stage., 48p + annexes.

EDF, 1997a. Chutes de Bionnay Rateaux sur le Bonnant, affluent de l'Arve : demande de concession, étude d'impact. IRAP, 43p+ annexes.

- EDF, 1997b. Chutes du Fayet sur le Bonnant, affluent de l'Arve : demande de concession, étude d'impact. IRAP, 105p+ annexes.
- EDF, 1997c. Aménagement hydroélectrique de Bionnay. SA Gestion de l'Environnement, 28p+annexes.
- 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 A.D (ed), Academic Press London.
- Elliott, 1984. Growth, size, biomass and production of young migratory trout *Salmo trutta* in a Lake District stream; 1966-83. *J.Anim.Ecol.* 53, 979-994.
- 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.
- Fernandez & Grimalt, 2003. On the global distribution of persistent organic pollutants. *Chimia*, 57 : 514-521.
- Flodmark, Forseth, l'Abbée-Lund & Vollestad, 2006. Behaviour and growth of juvenile brown trout exposed to fluctuating flow. *Ecology of freshwater fish*, 15 : 57-65.
- Geol-apl.com, Les massifs du Mont-Blanc, des Aiguilles Rouges et du Beaufortain : http://www.geol-alp.com/h_mt_blanc/index_mt_blanc.html.
- Geoportail des Savoie, photos aériennes été 2004 : <http://pubnetris.rgd.fr/>
- Griffits, 2006. The direct contribution of fish to lake phosphorus cycles. *Ecology of freshwater fish*, 15 : 86-95.
- Haywood, 1983. Ammonia toxicity in Teleost Fishes : a review. Canadian technical report of fisheries and aquatic sciences, n°1177, 35p.
- Huchet, 2009. Echantillonnage piscicole des lacs d'Anterne et de Pormenaz : élaboration d'un plan de gestion rationnel des lacs d'altitude. Rapport FDP74. 2009/03.
- Huchet, 2007. Plans de conservation des populations d'écrevisses à pieds blancs (*Austropotamobius pallipes*) – Diagnostic et propositions de gestion. Rapport FDP74.07/07.
- Huet, 1949. Aperçu de la relation entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. *Schweiz. Z.Hydrol.* 11: 332–351.
- Humpesch, 1985. Inter-and intra-specific variation in hatching success and embryonic development of five species of salmonids and *Thymallus thymallus*. *Arch. Hydrobiol.* 104, 129-144.
- IGN, Top 25, 1998. Megève col des Aravis (3531 OT).
- IGN, Top 25, 1998. Saint-Gervais-les-Bains massif du Mont-Blanc (3531 ET).
- Illies & Botosaneanu, 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes considérées surtout du point de vue faunistique. *Int. Verh. Limnol.* 12: 1–57.
- 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.
- Jungwirth & Winkler, 1984. The temperature dependance of embryonic-development of grayling (*Thymallus thymallus*), Danube salmon (*Hucho hucho*) artic char (*Salvelinus alpinus*) and brown trout (*Salmo trutta*). *Aquaculture*, 38, 315-327.

- Lods-Crozet, Castella, Cambin, Ilg, knispel & Maoyor-Simeant, 2001. Macroinvertebrate community structure in relation to environmental variables in a Swiss glacial stream. *Freshwater Biology*, 46(12) : 1641-1661.
- Maiolini et Lencioni, 2001. Longitudinal distribution of macroinvertebrate assemblages in a glacially influenced stream system in the Italian Alps. *Freshwater Biology*, 46 (12) : 1625-1639.
- 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.
- 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.
- Menessier, Carne, Bellière, Dhellemes, Antoine, Dabrowski, Meloux & Bordet, 1977. Notice explicative de la feuille Saint-Gervais les Bains à 1/50000 (703). BRGM, 38p.
- Mission interministérielle inter-agences de l'eau, 1990, réseau des données sur l'eau (RNDE). Grille de qualité des eaux multi usages.
- Milner, Brittain, Castella & Petts, 2001. Trends of macroinvertebrate community structure in glacier-fed rivers in relation to environmental conditions : a synthesis. *Freshwater biology*, 46 : 1833-1847.
- Milner & Bailey, 1989. Salmonid colonisation of new streams in Glacier Bay National Park, Alaska. *Aquaculture research*, 20(2) : 179-192.
- Naeslund, 1998. Survival and distribution of pond and hatchery-reared 0+ brown trout (*Salmo trutta*) released in a Swedish stream. *Aquaculture and Fisheries Management*, 23 : 477-488.
- Nisbet & Verneaux, 1970. Composantes chimiques des eaux courantes, Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques, nn. *Sci-Univ. Fr-Comté*, t.6, fasc. 2, pp. 161-190.
- Pairis, Bellière & Rosset, 1992. Notice explicative de la feuille cluses à 1/50000 (679). BRGM, 83p + annexes.
- Parmentier, 1994. Etude de la biocénose benthique du Drugeon. Application d'un nouveau protocole d'échantillonnage. Bilan de la qualité habitacionnelle. Analyse biocénotique générique. Bilan de la qualité faunistique. Mém. D.U.E.H.H., Lab. Hydrobiol. Univ Fr-Comté, 69p.
- Petts & Bickerton, 1994. Influence of water abstraction on the macroinvertebrate community gradient within a glacial stream system : La Borgne d'Arolla, Valais, Switzerland. *Freshwater Biology*, 32(2) : 375-386.
- Plan Local d'Urbanisme de Saint-Gervais-les-Bains, 2006. rapport de présentation. 150p+ annexes.
- Quiroz, Popp & Barra, 2008. Analysis of PCB level in Snow from Aconcagua Mountain (Southern Andes) using the stir bar sorptive extraction. *Environmental chemistry letters*, 1610-3661 (springlink Online).
- Robinson & Uehlinger, 2001. Les cours d'eau glaciaires de Suisse : Un élément marquant des paysages alpins. *EAWAG News*, 54 : 7-9.
- Roche & Loyer-Pilot, 1989. Eutrophisation d'un lac de montagne sans occupation humaine (lac de Bastani, Corse) : conséquence d'agents atmosphériques ? *Revue des sciences de l'eau*, 2 : 681-707.
- Roquier, Reymond & Margot, 2007. Capacité d'autoépuration des eaux du Rhône amont. Rapport EPFL, 34p + annexes.
- Santé Canada, 2007. Santé de l'environnement et du milieu de travail, Liste des substances d'intérêt prioritaire – rapport d'évaluation : ammoniac dans le milieu aquatique. http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/psl2-lsp2/ammonia/ammonia_synopsis-fra.php

- Seegrism & Gard, 1972. Effects of floods on trout in Sagehen Creek, California. *Trans. Amer. fish. soc.*, 3 : 478-482.
- Schindler, Knapp & Leavitt, 2001. Alteration of nutrient cycles and algal production resulting from fish introductions into Mountain Lakes. *Ecosystems*, 5 : 308-321.
- Snook & Milner, 2001. The influence of glacial runoff on stream macroinvertebrate communities in the Tailion catchment, French Pyrénées. *Freshwater Biology*, 46(12) : 1609-1623.
- Tachet, Richoux, Bournaud & Usseglio-Polatera, 2000. *Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie*, CNRS Editions, 587p.
- Thiebault, 1993. Rapport de présentation : plan d'occupation des sols Contamines Montjoie. Révision n°2.
- 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 M.E., 1967. Water temperature and dissolved oxygen as environmental factors affecting fishes. pp 29-52 In *British freshwater fishes*, Fishing News, London.
- Verneaux, 1973. Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Thèse d'Etat. Université de Franche-Comté, Besançon, 257p.
- Verneaux, 1976. Biotypologie de l'écosystème « eau courante ». Les groupements socio-écologiques, *C.R Acad. Sc. Paris*, t. 284 (21.02.1977), série D, pp. 675-677.
- Vernaux J., 1981. Les poissons et la qualité des cours d'eau. *Annales scientifiques de l'université de Franche-Comté, Besançon, Biologie Animale*, 4^{ème} 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), *Ann. Sci-Univ. Fr-Comte, Biol. Anim*, 3 : pp. 11-22.
- Veysseyre, Moutard, Ferrarri, Van de Velde, Barbande, Cozzi, Capodaglio & Boutron, 2001. Heavy metals in fresh snow collected at different altitudes in Chamonix and Maurienne valleys, French Alps : initial results. *Atmospheric environment*, 35, 415-425.
- Vigier & 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. FDP74.2007/XX, 41p+annexes.
- Vulliet, 2002. Diagnostic hydrobiologique et piscicole du Bon Nant. FDP74.2002/06, 23p+annexes.
- Weiss, Lorbeer & Scharf, 1998. Persistent organic pollutants in remote austrian forests altitude-related results. *Environmental science and pollution research international*. 5 (suppl.) : 46-52.
- Winiarski, 2000. Les lacs montagnards : indicateurs de la qualité du milieu. Application aux lacs d'altitude des réserves de Haute-Savoie. *Revue de géographie alpine*, 88(3) : 9-22.
- Wyss, 2006. Les impacts des eaux usées des cabanes du club alpin suisse sur l'environnement. Rapport Unil, 53p + annexes.

ANNEXES

Annexe 1 : localisation des réseaux et équipement de EDF sur le bassin du Bon Nant, zones influencées par les ouvrages et zones à accès réglementé.

Annexe 2 : historiques données antérieures d'analyse physico-chimique disponibles.

Annexe 3 (1/3) : fiches de terrains pour les relevés cartographiques à l'échelle du tronçon.
Echelle granulométrique
Codification utilisée

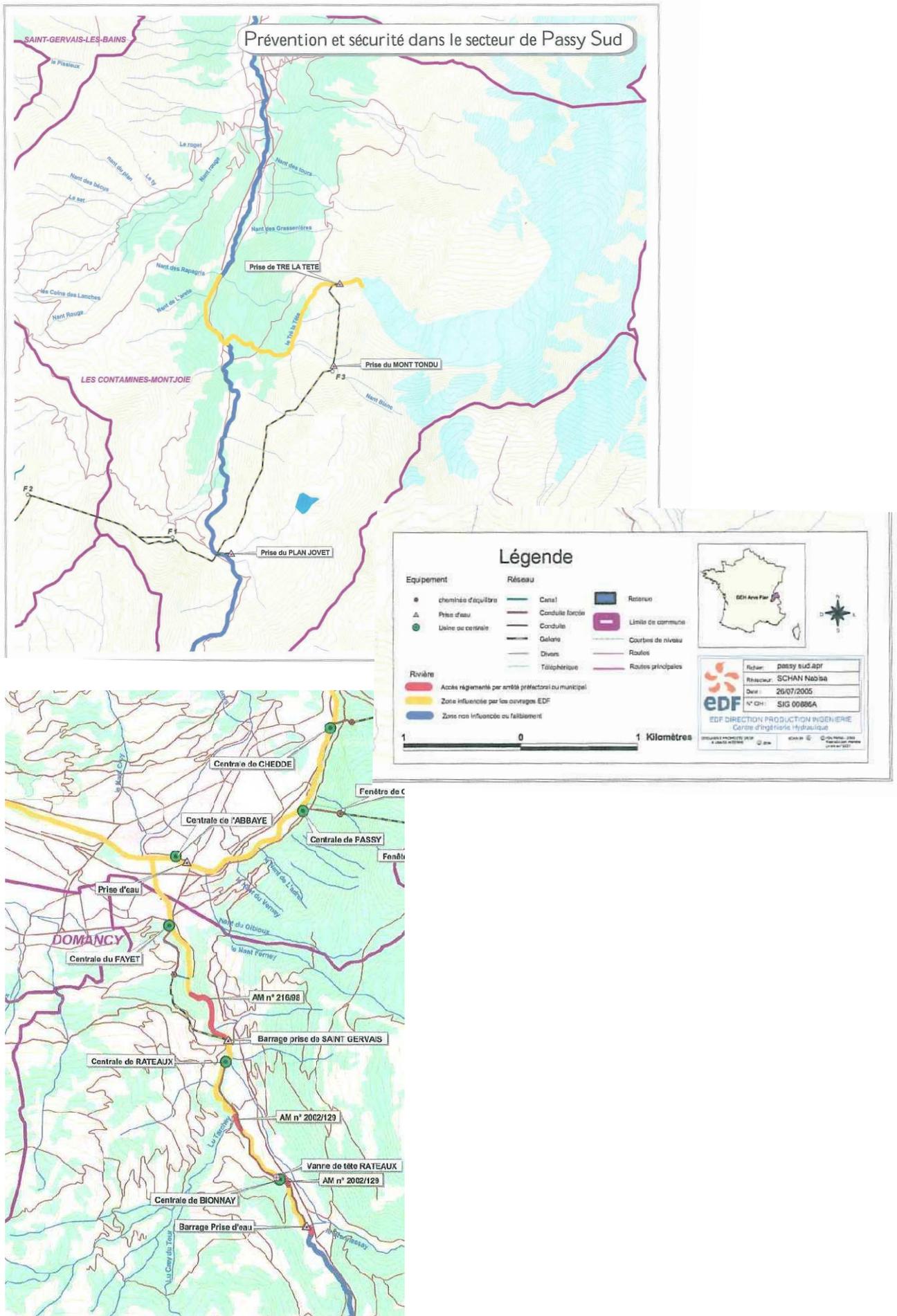
Annexe 4 : tableau des répartitions longitudinales des abondances optimales potentielles, version utilisée dans cette étude.

Annexe 5 : données thermiques brutes : graphiques des données instantanée sur un cycle annuel complet.

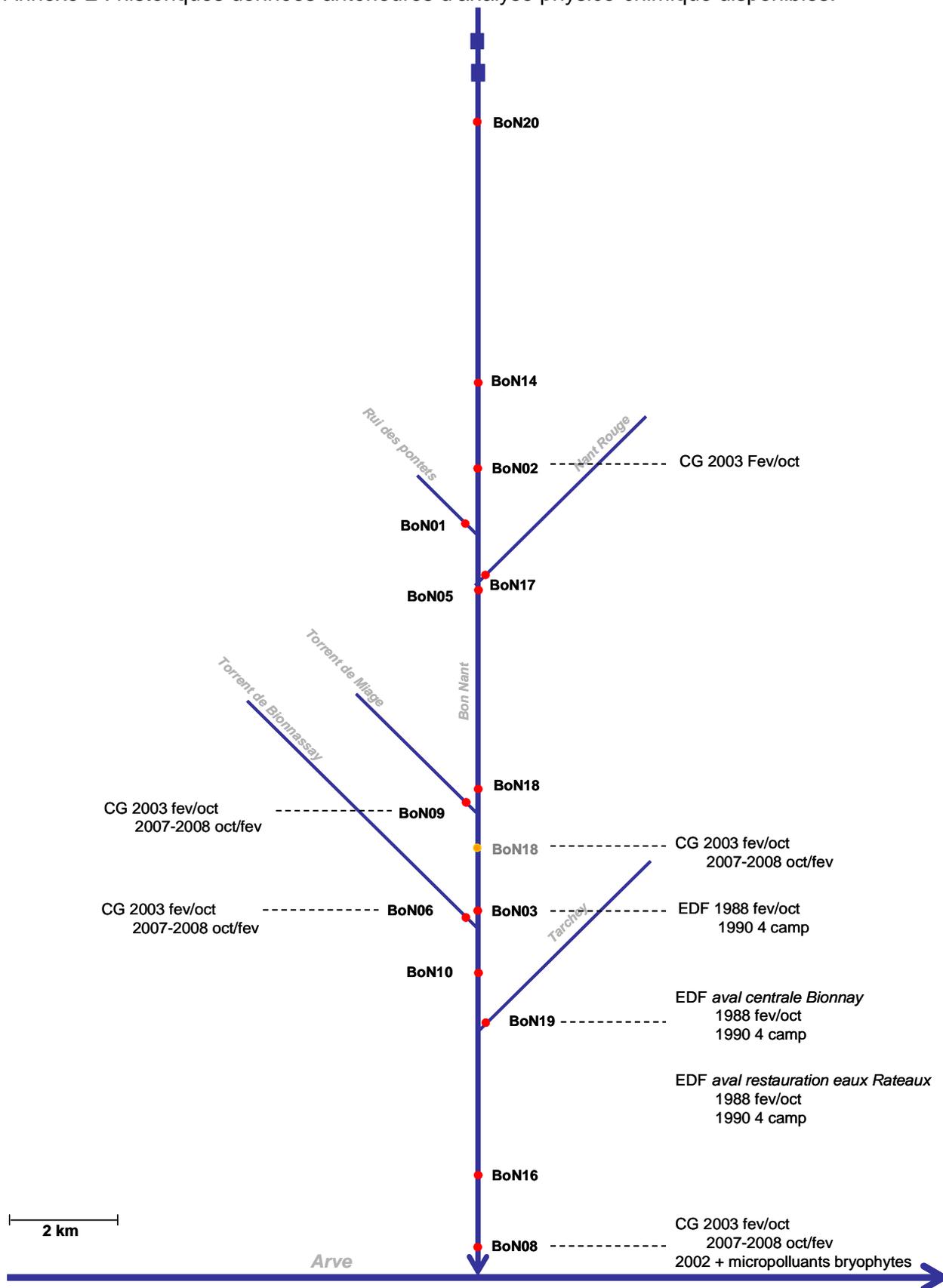
Annexe 6 : caractéristiques des poissons ayant fait l'objet d'analyses.

Annexe 7 : listes faunistiques 2008.

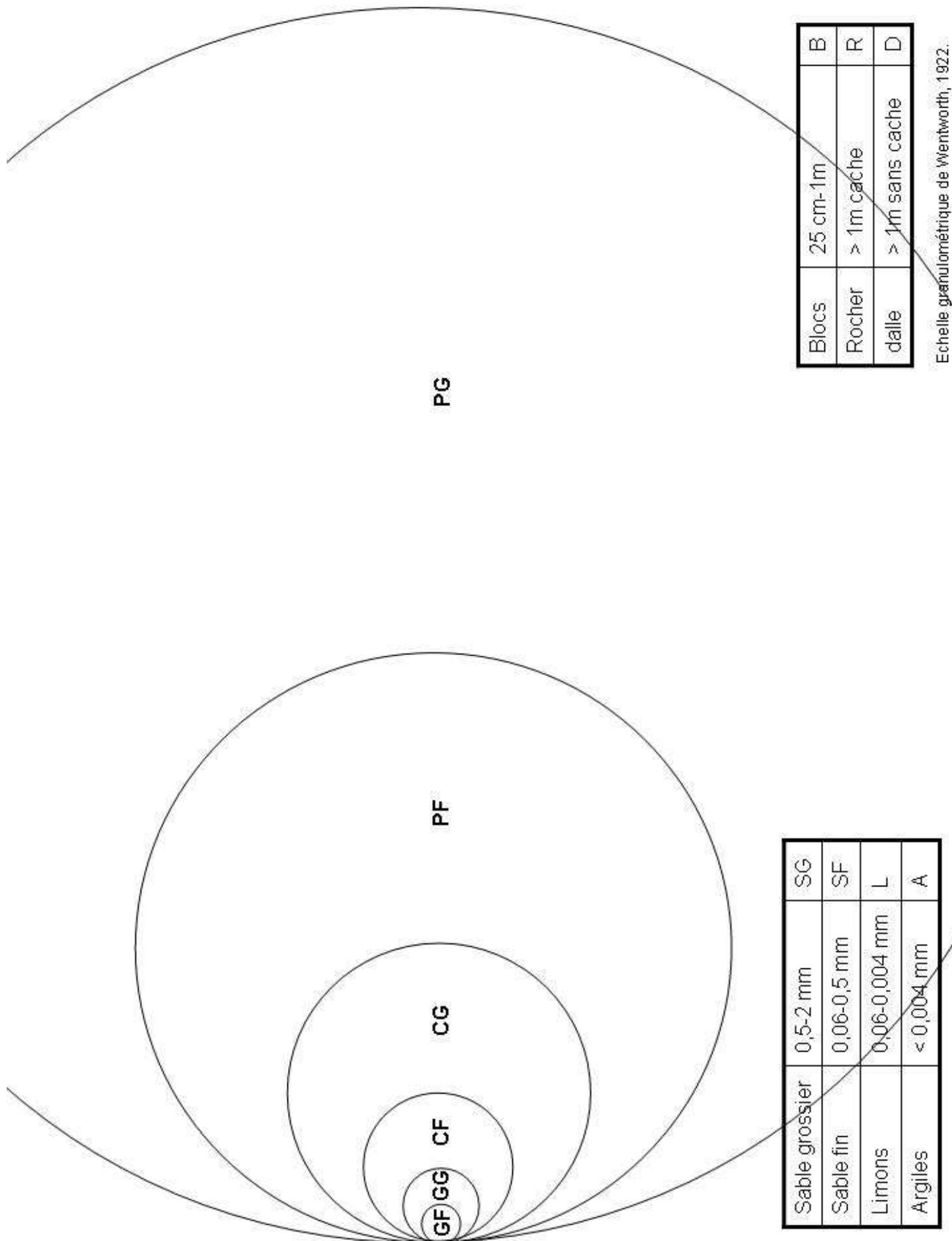
Annexe 1 : localisation des réseaux et équipement de EDF sur le bassin du Bon Nant, zones influencées par les ouvrages et zones à accès réglementé.



Annexe 2 : historiques données antérieures d'analyse physico-chimique disponibles.



Annexe 3 (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 3 (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 | HYI |
| Branchages immergés | Amas de branchages, arbres tombés ou s'avancant dans l'eau ou réseaux de racine de gros diamètres. | BRA |
| Végétation aquatique rase | Réseaux de petits végétaux : racines de petites tailles, bryophytes, ou autres petits végétaux. | CHV |
| Hydrophytes à feuilles flottantes | Végétaux aquatiques noyés à feuilles flottantes (nénuphars, potamots...) formant un couvert horizontal | HYF |
| Hélophytes | Végétaux à tige ligneuse, immergés en partie | HEL |

| Colmatage | |
|------------|-----------------------|
| ALG | algues |
| VAS | vase organique |
| FIN | sable et limon argile |
| TUF | concrétion calcaire |

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

| Obstacles | |
|--------------|----------|
| BA | Barrage |
| BU | Busage |
| SE | Seuil |
| PO | Pont |
| EM | Embâcles |
| autre | |

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

| érosion | |
|------------|----------------------------|
| SER | seuil d'érosion régressive |
| ERB | érosion de bancs |
| FAF | fosse d'affouillement |

| Syst latéral | |
|--------------|-------------------------|
| AFF | affluents |
| BRC | bras secondaire courant |
| BRM | bras mort |

| Artificialisation | |
|-------------------|----------------|
| RE | Recalibrage |
| CU | Curage |
| G | Gabion |
| EN | Enrochement |
| PP | Palplanche |
| TB | Tunage bois |
| B | Béton |
| F | Fascinage |
| V | végétalisation |
| autre | |

| Connectivité | |
|--------------|------------|
| TEMP | temporaire |
| PERM | permanente |

| Ombrage | |
|----------|-----------|
| 0 | Nul |
| 1 | Moyen |
| 2 | Important |

| Environnement proche | |
|----------------------|----------------------|
| CUL | Culture |
| PRC | Prairie clôturée |
| PNC | Prairie non clôturée |
| FOR | Forestier |
| URB | Urbanisé |
| IND | Industriel |

| Ripisylve | |
|-----------|-----------------------|
| 0 | Pas de végétation |
| 1 | Végétation sans arbre |
| 2 | Végétation avec arbre |

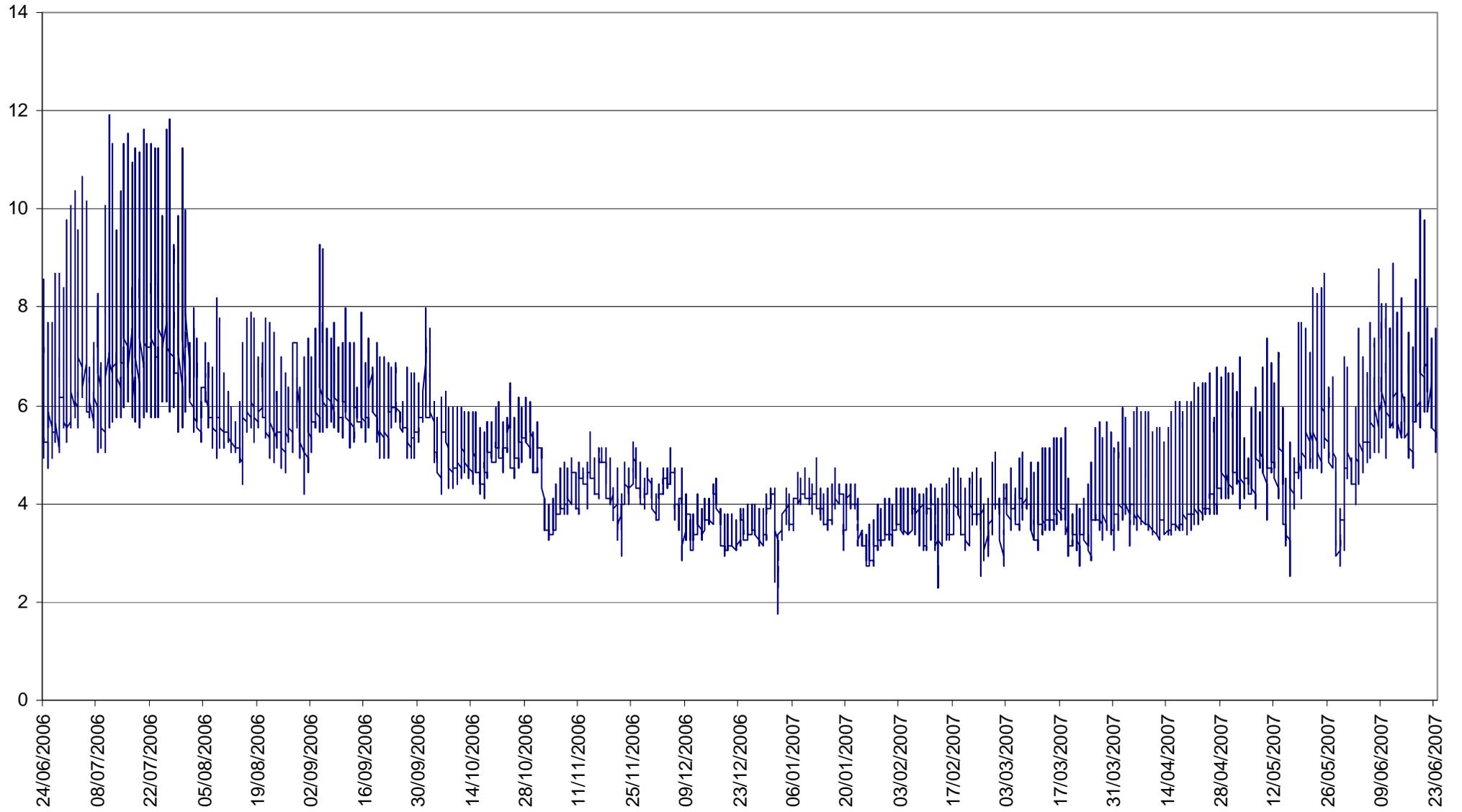
Annexe 4 : tableau des répartitions longitudinales des abondances optimales potentielles, version utilisée dans cette étude.

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

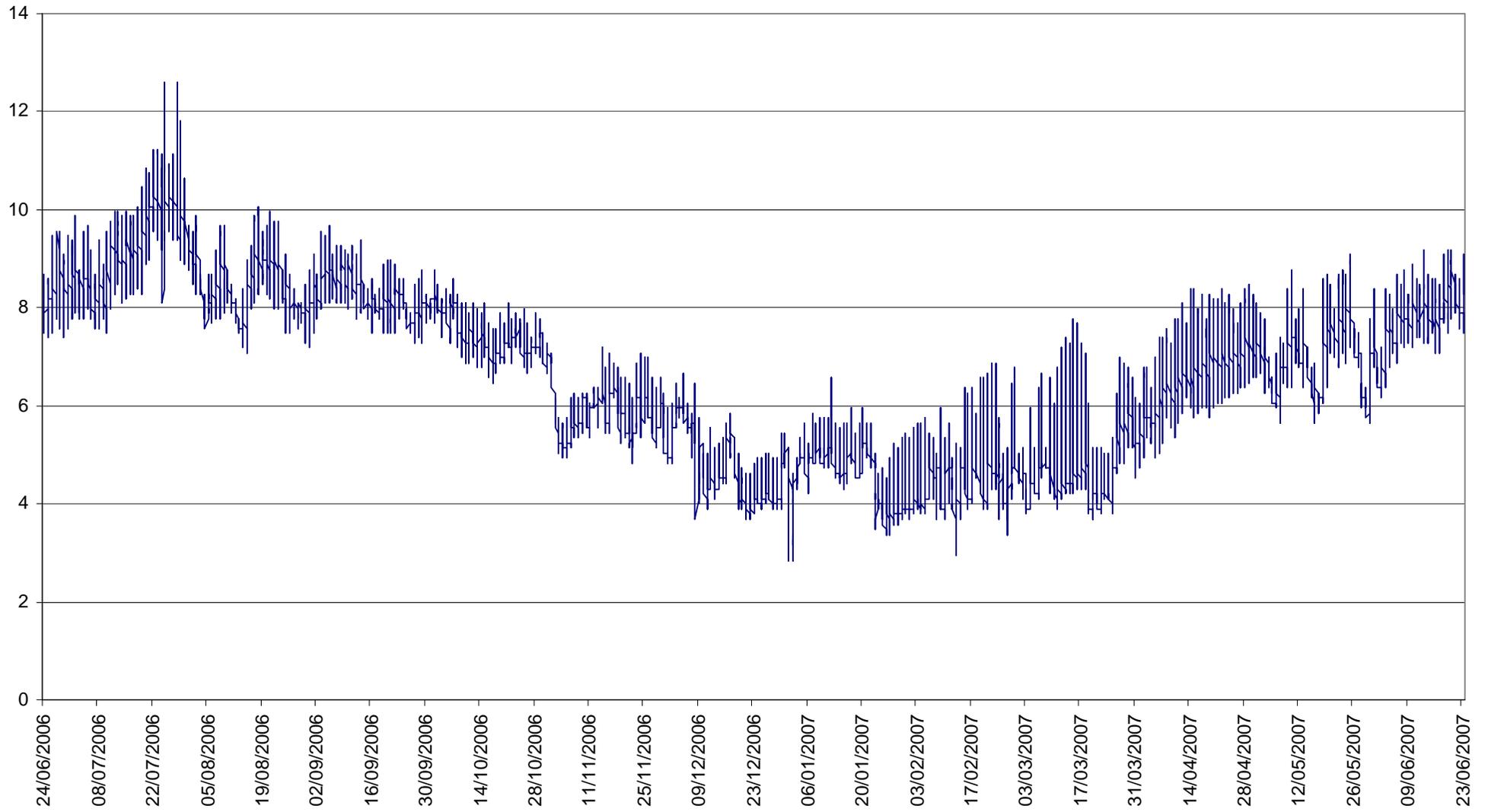
| APP | DISP | AMPL | Ordre | ESP | IS | IH | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | |
|----------------------------|------|------|-------|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 4,0 | 4 | 1 | SDF | 70 | 88 | 2 | 3 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 1,5 | 7,0 | 7 | 2 | CHA | 70 | 91 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,1 | | | |
| 1,5 | 8,0 | 8 | 3 | TRF | 45 | 88 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 2 | 7,5 | 6 | 4 | LPP | 75 | 85 | | | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | | |
| 2 | 8,0 | 7 | 5 | VAL | 55 | 77 | | | 0,1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 2,5 | 7,0 | 5 | 6 | BAM | 70 | 88 | | | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 2,5 | 8,5 | 7 | 7 | LOF | 30 | 85 | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 2,5 | 1,0 | 6 | 8 | OBR | 70 | 88 | | | 0,1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 3 | 9,0 | 7 | 9 | EPI | 25 | 45 | | | | 0,1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | |
| 3,5 | 8,0 | 5 | 10 | BLN | 60 | 79 | | | | | 0,1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 3,5 | 8,0 | 6 | 11 | CHE | 30 | 38 | | | | 0,1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | |
| 3,5 | 9,0 | 6 | 12 | GOU | 45 | 74 | | | | 0,1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | |
| 3,5 | 9,0 | 5 | 13 | APR | 85 | 95 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 1 | 1 | 1 | | |
| 3,5 | 8,0 | 5 | 14 | BLE | 45 | 75 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | | |
| 4,5 | 8,5 | 5 | 15 | HOT | 40 | 83 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 4,5 | 8,5 | 5 | 16 | TOX | 40 | 82 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 4,5 | 9,0 | 5 | 17 | BAF | 50 | 85 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | | |
| 4,5 | 8,5 | 5 | 18 | LOT | 80 | 95 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | | |
| 4,5 | 9,0 | 5 | 19 | SPI | 50 | 74 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | | 0,1 |
| 4,5 | 9,0 | 5 | 20 | VAN | 55 | 63 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | | |
| 5 | 9,0 | 5 | 21 | EPT | 26 | 45 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | | |
| 5,5 | 9,0 | 4 | 22 | BOU | 45 | 86 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | | |
| 5,5 | 9,0 | 4 | 23 | BRO | 45 | 95 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | | |
| 5,5 | 9,0 | 4 | 24 | PER | 50 | 76 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | | |
| 5,5 | 9,0 | 4 | 25 | GAR | 20 | 46 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | | |
| 5,5 | 9,0 | 4 | 26 | TAN | 35 | 81 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | | |
| 6,5 | 9,0 | 4 | 27 | ABL | 25 | 46 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | | |
| 6 | 9,0 | 4 | 28 | CAR | 40 | 81 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| 6 | 9,0 | 4 | 29 | PSR | 15 | 35 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| 6,5 | 9,0 | 3 | 30 | CCO | 40 | 84 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| 6,5 | 9,0 | 3 | 31 | SAN | 30 | 73 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | | |
| 6,5 | 9,0 | 3 | 32 | BRB | 25 | 71 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | | |
| 6,5 | 9,0 | 3 | 33 | BRE | 30 | 74 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | | |
| 7 | 9,0 | 3 | 34 | GRE | 30 | 54 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| 7 | 9,0 | 3 | 35 | PES | 45 | 70 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | | |
| 7 | 9,0 | 3 | 36 | ROT | 40 | 89 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | | |
| 7,5 | 9,0 | 3 | 37 | BBG | 55 | 95 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| 7,5 | 9,0 | 2 | 38 | PCH | 35 | 80 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| 7,5 | 9,0 | 2 | 39 | SIL | 30 | 80 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| 4 | 9,0 | 6 | 40 | ANG | 31 | 55 | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | |
| | | | | | | | 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 | 3 | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 |
| VARIÉTÉ OPTIMALE THÉORIQUE | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 7 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 23 | 25 | 23 | 17 | 28 |
| 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 | 6739 | 6358 | 5411 |

Annexe 5 :
données thermiques brutes : graphiques des données instantanée
sur un cycle annuel complet.

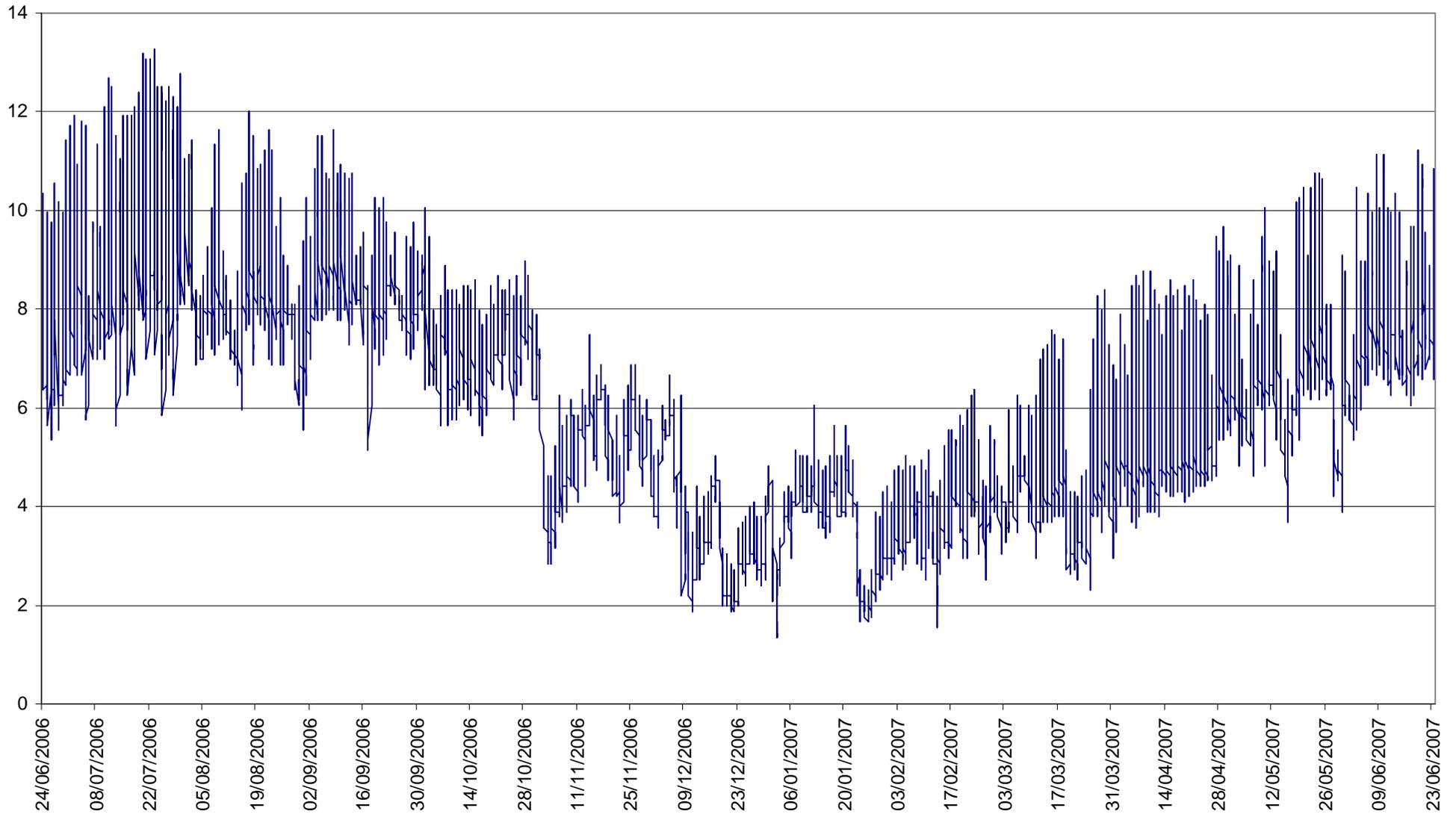
BoN 14 : pont de la Laya



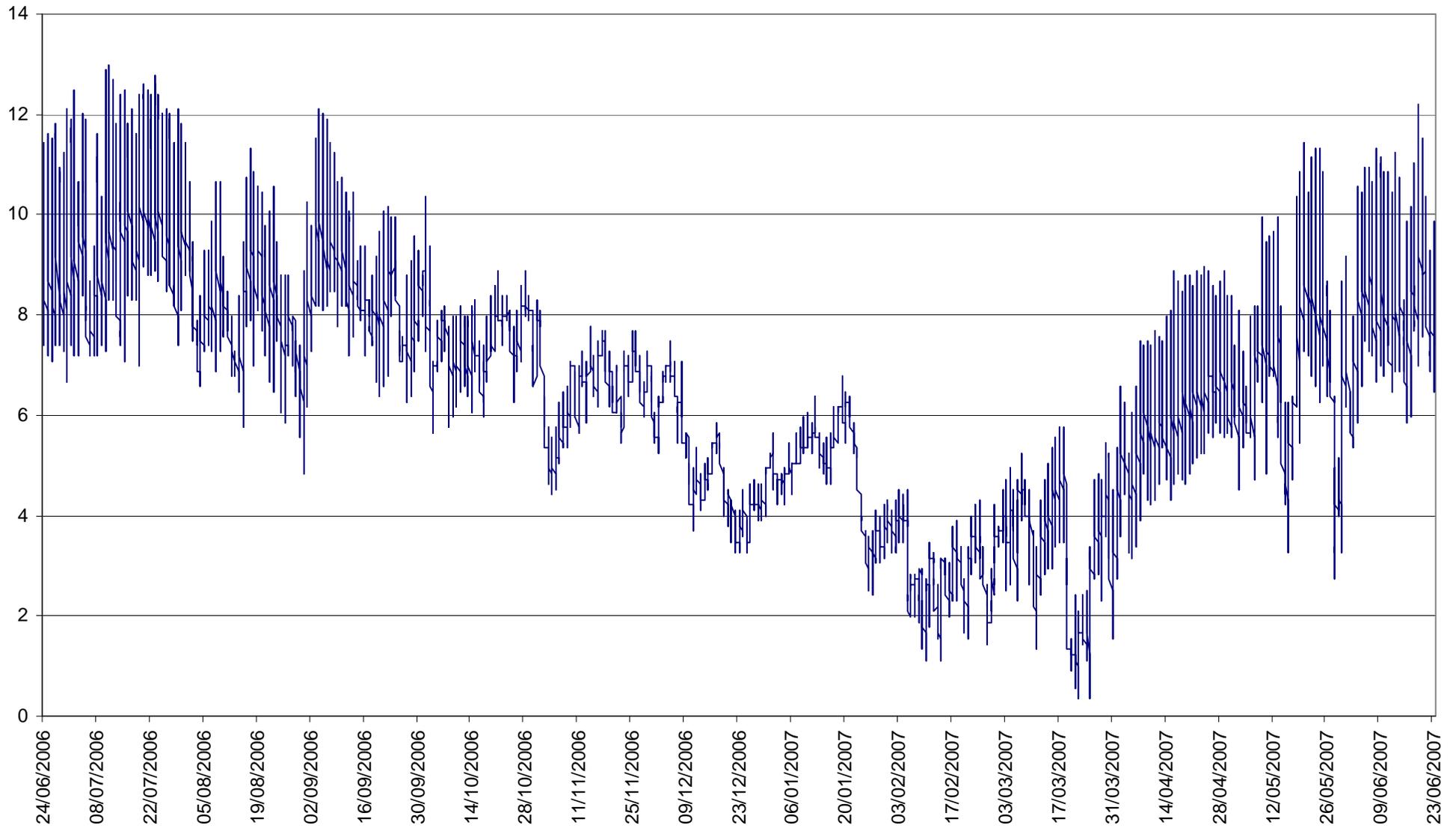
BoN 01 : rui des Pontets



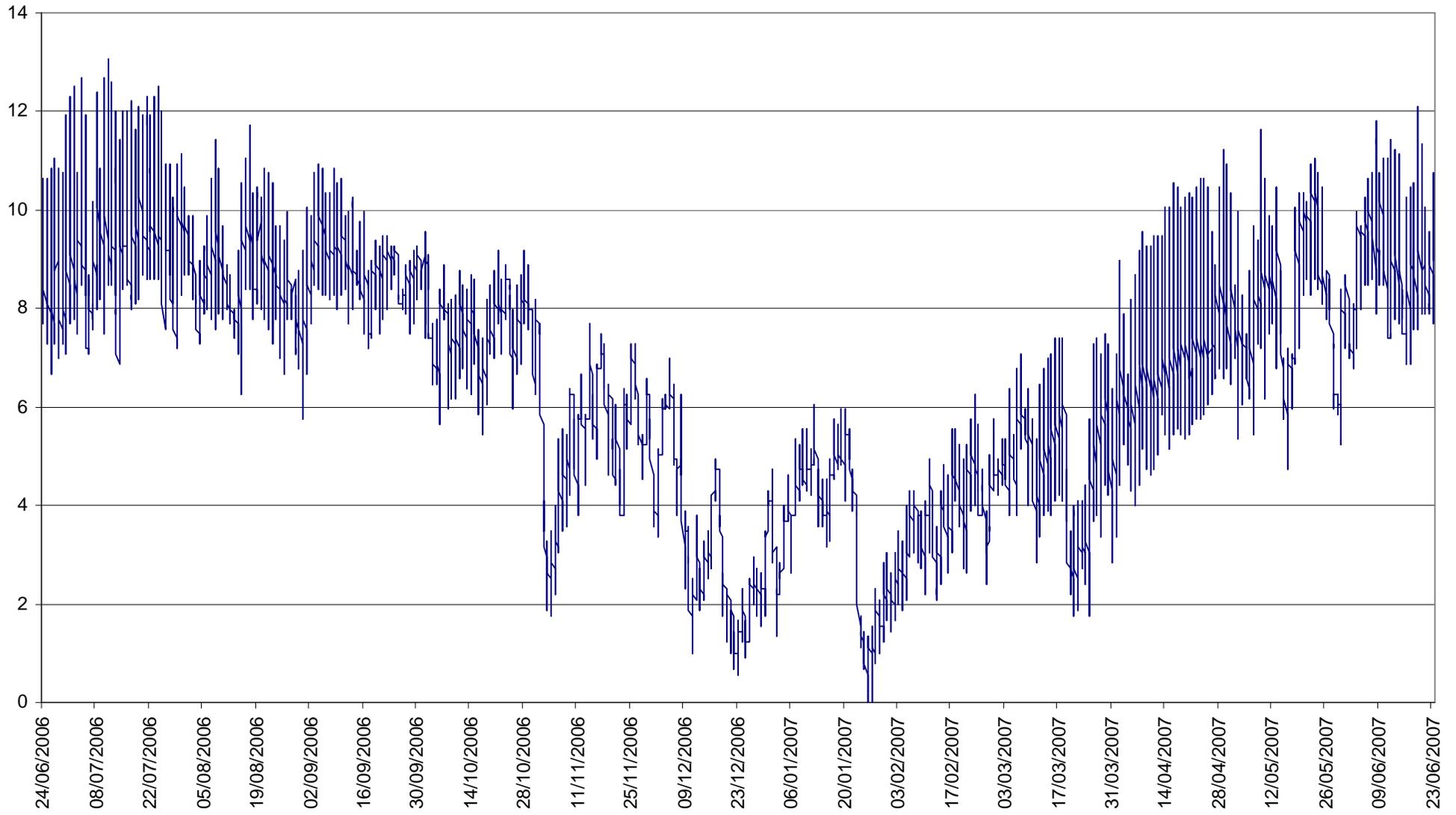
BoN05 : Les Echenaz



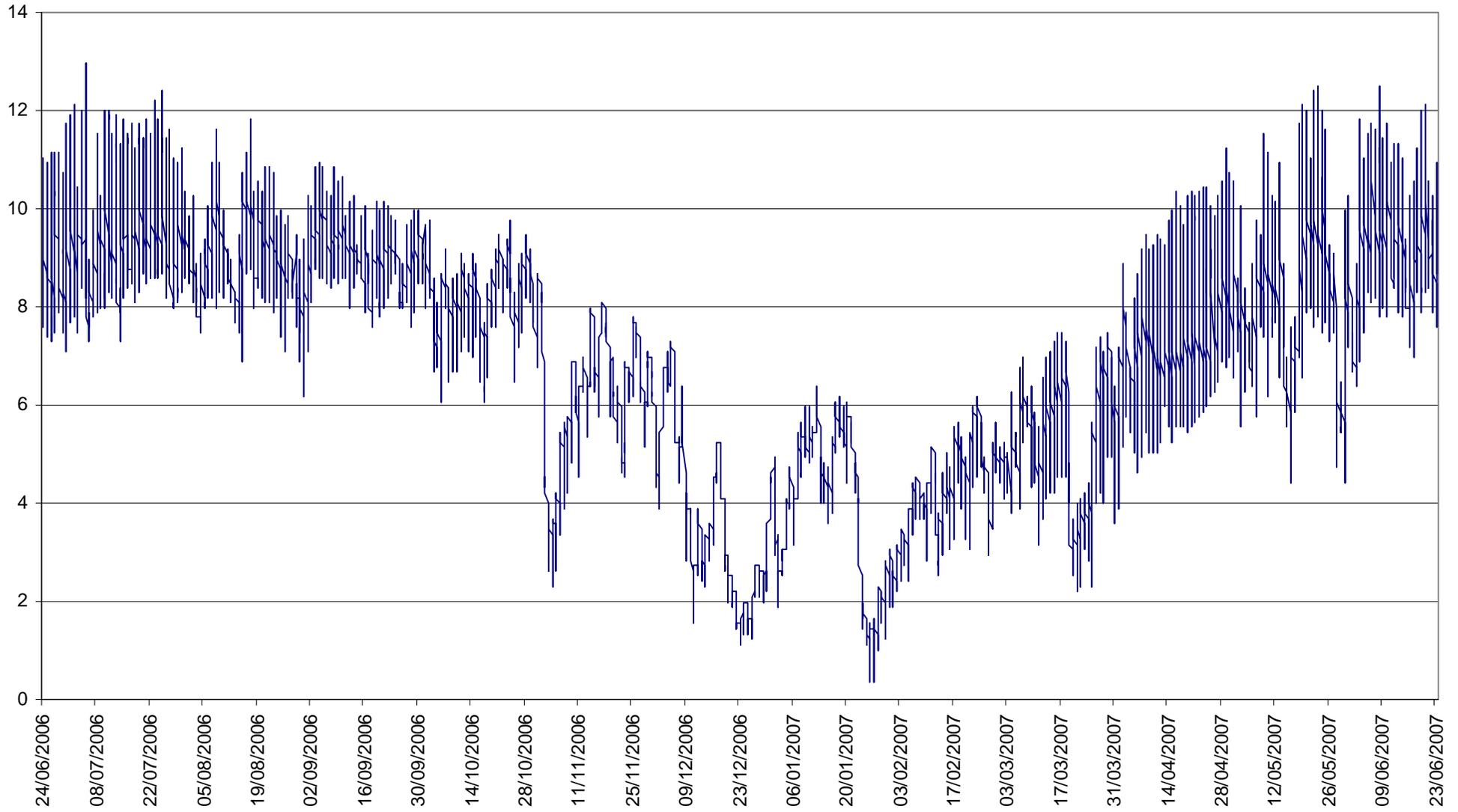
BoN09 : torrent de Miage



BoN04 : les Margagnes



BoN08 : aval autoroute



Annexe 6 : caractéristiques des poissons ayant fait l'objet d'analyses.

| Code station | DATE | Station | Nsachet ecaille | espèces | N° sachet/analyse poisson | LT | poids | Ecail | type d'analyse |
|--------------|------------|---------------|-----------------|---------|---------------------------|-----|-------|-------|---|
| BoN05 | 22/10/2008 | Echenaz | E701 | TRF | BoN p 06 | 185 | 73,6 | oui | recherche de métaux dans la chair et les viscères |
| BoN05 | 22/10/2008 | Echenaz | E702 | TRF | BoN p 07 | 117 | 16,5 | oui | |
| BoN05 | 22/10/2008 | Echenaz | E703 | TRF | BoN p 08 | 284 | 260 | oui | |
| BoN05 | 22/10/2008 | Echenaz | E704 | TRF | BoN p 09 | 212 | 90,2 | oui | |
| BoN05 | 22/10/2008 | Echenaz | E705 | TRF | BoN p 10 | 188 | 83,2 | oui | |
| BoN05 | 22/10/2008 | Echenaz | E706 | TRF | BoN p 11 | 201 | 83,4 | oui | |
| BoN05 | 22/10/2008 | Echenaz | E707 | TRF | BoN p 12 | 140 | 28,9 | oui | |
| BoN05 | 22/10/2008 | Echenaz | E708 | TRF | BoN p 13 | 132 | 24 | oui | |
| BoN05 | 22/10/2008 | Echenaz | E709 | TRF | BoN p 14 | 175 | 60 | oui | |
| BoN20 | 17/09/2008 | chalets jovet | BoN p 01 | TAC | BoN p 01 | 216 | 117 | oui | recherche de PCB dans la chair et les viscères |
| BoN20 | 17/09/2008 | chalets jovet | BoN p 02 | TAC | BoN p 02 | 229 | 164 | oui | |
| BoN20 | 17/09/2008 | chalets jovet | BoN p 03 | TAC | BoN p 03 | 204 | 125 | oui | |
| BoN20 | 17/09/2008 | chalets jovet | BoN p 04 | TAC | BoN p 04 | 196 | 114,6 | oui | |
| BoN20 | 17/09/2008 | chalets jovet | BoN p 05 | TAC | BoN p 05 | 176 | 69,5 | oui | |

Annexe 7 : listes faunistiques 2008

Station : BoN 20
 Date de prélèvement : 17/08/2008

| n° de prélèvement | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------------|---------|-------|---------|------------|
| Couple substrat/vitesse | | | IBGN | 4 suppl | Total | Tot Fam | Fam 8 prlv |
| PLECOPTERA | | | ORDRE | | | | |
| Leuctridae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Leuctridae | <i>Leuctra</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| Nemouridae | | Famille | | | 43 | 43 | 32 |
| Nemouridae | <i>Nemoura</i> | Genre | 12 | 4 | 16 | | |
| Nemouridae | <i>Protonemura</i> | Genre | 20 | 7 | 27 | | |
| Perlodidae | | Famille | | | 34 | 34 | 29 |
| Perlodidae | <i>Isoperla</i> | Genre | 29 | 5 | 34 | | |
| Taeniopterygidae | | Famille | | | 10 | 10 | 8 |
| Taeniopterygidae | <i>Rhabdiopteryx</i> | Genre | 8 | 2 | 10 | | |
| TRICHOPTERA | | | ORDRE | | | | |
| Limnephilidae | | Famille | | | 16 | 16 | 11 |
| Limnephilidae | | Genre non identifié | 2 | 2 | 4 | | |
| Limnephilidae | sF. Drusinae | Sous-famille | 1 | | 12 | | |
| Limnephilidae | <i>Drusus discolor</i> | Genre | 4 | | 4 | | |
| Limnephilidae | <i>Metanoea</i> | Genre | 4 | 3 | 7 | | |
| Rhyacophilidae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Rhyacophilidae | <i>Rhyacophila</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| EPHEMEROPTERA | | | ORDRE | | | | |
| Baetidae | | Famille | | | 29 | 29 | 24 |
| Baetidae | <i>Baetis</i> | Genre | 24 | 5 | 29 | | |
| Heptageniidae | | Famille | | | 4 | 4 | 4 |
| Heptageniidae | | Genre non identifié | 3 | | 3 | | |
| Heptageniidae | <i>Ecdyonurus</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| DIPTERA | | | ORDRE | | | | |
| Athericidae | | Famille | | | 8 | 8 | 4 |
| Athericidae | <i>Atherix</i> | Genre | 4 | 4 | 8 | | |
| Chironomidae | | Famille | | | 262 | 262 | 200 |
| Chironomidae | Orthoclaadiinae lato sensus | sous famille | 200 | 62 | 262 | | |
| Empididae | | Famille | | | 2 | 2 | 2 |
| Empididae | Hemerodromiinae | sous famille | 1 | | 1 | | |
| Empididae | Clinocerinae | sous famille | 1 | | 1 | | |
| Limoniidae | | Famille | | | 7 | 7 | 3 |
| Limoniidae | <i>Pediciini</i> | Tribu | 3 | 4 | 7 | | |
| Psychodidae | | Famille | 2 | | 2 | 2 | 2 |
| Simuliidae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Simuliidae | <i>Simuliini</i> | Tribu | 1 | | 1 | | |
| Tipulidae | | Famille | 1 | | 1 | 1 | 1 |
| ANNELIDES = VERS | | | EMBRANCHEMENT | | | | |
| TURBELLARIA | | | CLASSE | | | | |
| | | | | | 223 | | |
| TRICLADES | | | ORDRE | | | | |
| | | | | | 223 | | |
| Planariidae | | Famille | | | 223 | 223 | 219 |
| Planariidae | <i>Crenobia</i> | Genre | 219 | 4 | 223 | | |
| OLIGOCHETES | | | CLASSE | | | | |
| | | | 150 | 21 | 171 | 171 | 150 |
| NEMATHELMINTHES | | | EMBRANCHEMENT | | | | |
| NEMATODES | | | CLASSE | | | | |
| | | | 6 | 6 | 12 | 12 | |
| HYDRACARIENS | | | ORDRE | | | | |
| | | | | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Effectif | | | 698 | 130 | 828 | 828 | 698 |
| Effectif Relatif 20 placettes (%) | | | 84,3 | 15,7 | 100,0 | | 84,3 |

Station : BoN14
 Date de prélèvement : 31/01/2008

| | | | IBGN | 4 suppl | Total | Tot Fam | Fam 8 privt |
|-------------------------|--|----------------------|------|---------|-------|---------|-------------|
| PLECOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Capniidae | | Famille | | | 2 | 2 | 2 |
| Capniidae | <i>Capnia</i> | Genre | 2 | | 2 | | |
| Chloroperlidae | | Famille | | | 16 | 16 | 14 |
| Chloroperlidae | <i>Chloroperla</i> | Genre | 14 | 2 | 16 | | |
| Leuctridae | | Famille | | | 44 | 44 | 15 |
| Leuctridae | <i>Leuctra</i> | Genre | 15 | 29 | 44 | | |
| Nemouridae | | Famille | | | 368 | 368 | 356 |
| Nemouridae | | Genre non identifié | 14 | 2 | 16 | | |
| Nemouridae | <i>Nemoura</i> | Genre | 16 | 2 | 18 | | |
| Nemouridae | <i>Protonemura</i> | Genre | 326 | 8 | 334 | | |
| Perlodidae | | Famille | | | 64 | 64 | 34 |
| Perlodidae | | Genre non identifié | 6 | | 6 | | |
| Perlodidae | <i>Isoperla</i> | Genre | 28 | 30 | 58 | | |
| Taeniopterygidae | | Famille | | | 157 | 157 | 86 |
| Taeniopterygidae | <i>Rhabdiopteryx</i> | Genre | 86 | 71 | 157 | | |
| TRICHOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Limnephilidae | | Famille | | | 118 | 118 | 105 |
| Limnephilidae | <i>sF. Drusinae</i> | Sous-famille | 10 | 1 | 46 | | |
| Limnephilidae | <i>Cryptothrix nebulicola</i> | Genre | 5 | 1 | 6 | | |
| Limnephilidae | <i>Drusus</i> | Genre | 5 | | 5 | | |
| Limnephilidae | <i>Drusus discolor</i> | Genre | 8 | | 8 | | |
| Limnephilidae | <i>Metanoea</i> | Genre | 5 | 11 | 16 | | |
| Limnephilidae | <i>sF. Limnephilinae</i> | Sous-famille | | | 72 | | |
| Limnephilidae | <i>Tr.Stenophylacini et Tr.Chaetopterygini</i> | Tribu | | | 72 | | |
| Limnephilidae | Autres Limnaephilinae à 1 filit branchial/faisceau | | 72 | | 72 | | |
| EPHEMEROPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Baetidae | | Famille | | | 71 | 71 | 55 |
| Baetidae | <i>Baetis</i> | Genre | 55 | 16 | 71 | | |
| Heptageniidae | | Famille | | | 130 | 130 | 57 |
| Heptageniidae | | Genre non identifié | 1 | | 1 | | |
| Heptageniidae | <i>Ecdyonurus</i> | Genre | 4 | 13 | 17 | | |
| Heptageniidae | <i>Rhithrogena</i> | Genre | 52 | 60 | 112 | | |
| DIPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Athericidae | | Famille | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| Blephariceridae | | Famille | | | 5 | 5 | 5 |
| Blephariceridae | <i>Haplothrix</i> | Genre | 5 | | 5 | | |
| Chironomidae | | Famille | 452 | 48 | 500 | 500 | 452 |
| Empididae | | Famille | | | 38 | 38 | 25 |
| Empididae | <i>Hemerodromiinae</i> | sous famille | 1 | | 1 | | |
| Empididae | <i>Clinocerinae</i> | sous famille | 24 | 13 | 37 | | |
| Limoniidae | | Famille | 9 | | 9 | 9 | 9 |
| Psychodidae | | Famille | 36 | 1 | 37 | 37 | 36 |
| Simuliidae | | Famille | 920 | 20 | 940 | 940 | 920 |
| Tipulidae | | Famille | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 |
| MOLLUSQUES | | EMBRANCHEMENT | | | | | |
| BIVALVES | | CLASSE | | | | | |
| Sphaeriidae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Sphaeriidae | | Genre non identifié | 1 | | 1 | | |
| ANNELIDES = VERS | | EMBRANCHEMENT | | | | | |
| TURBELLARIA | | CLASSE | | | | | |
| TRICLADES | | ORDRE | 3 | | | | 3 |
| OLIGOCHETES | | CLASSE | | 1 | 1 | 1 | 0 |
| NEMATHELMINTHES | | EMBRANCHEMENT | | | | | 0 |
| NEMATODES | | CLASSE | | 2 | 2 | 2 | |
| HYDRACARIENS | | ORDRE | 5 | 1 | 6 | 6 | 5 |
| | Effectif | | 2183 | 335 | 2518 | 2518 | 2183 |
| | Effectif Relatif 20 placettes (%) | | 86,7 | 13,3 | 100,0 | | |

| | |
|-----------------------|------------|
| Station : | BoN02 |
| Date de prélèvement : | 29/01/2008 |

| | | | IBGN | 4 suppl | Total | Tot Fam | Fam 8 privt |
|-----------------------------------|--|---------------------|------|---------|-------|---------|-------------|
| PLECOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Capniidae | | Famille | | | 17 | 17 | 17 |
| Capniidae | <i>Capnia</i> | Genre | 17 | | 17 | | |
| Chloroperlidae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Chloroperlidae | <i>Chloroperla</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| Leuctridae | | Famille | | | 9 | 9 | 0 |
| Leuctridae | <i>Leuctra</i> | Genre | | 9 | 9 | | |
| Nemouridae | | Famille | | | 12 | 12 | 1 |
| Nemouridae | <i>Nemoura</i> | Genre | 1 | 2 | 3 | | |
| Nemouridae | <i>Protonemura</i> | Genre | | 9 | 9 | | |
| Perlodidae | | Famille | | | 14 | 14 | 11 |
| Perlodidae | <i>Isoperla</i> | Genre | 10 | 3 | 13 | | |
| Perlodidae | <i>Perloides</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| Taeniopterygidae | | Famille | | | 81 | 81 | 58 |
| Taeniopterygidae | <i>Rhabdiopteryx</i> | Genre | 58 | 23 | 81 | | |
| TRICHOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Limnephilidae | | Famille | | | 751 | 751 | 600 |
| Limnephilidae | | Genre non identifié | 407 | | 407 | | |
| Limnephilidae | <i>Sf. Drusinae</i> | Sous-famille | | | 14 | | |
| Limnephilidae | <i>Drusus</i> | Genre | 11 | 2 | 13 | | |
| Limnephilidae | <i>Drusus discolor</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| Limnephilidae | <i>Sf. Limnephilinae</i> | Sous-famille | | 149 | 330 | | |
| Limnephilidae | <i>Tr. Stenophylacini et Tr. Chaetopterygini</i> | Tribu | | | 181 | | |
| Limnephilidae | Autres Limnaephilinae à 1 filit branchial/faisceau | | 12 | | 12 | | |
| Limnephilidae | <i>Allogamus</i> | Genre | 169 | | 169 | | 7 |
| Rhyacophilidae | | Famille | | | 8 | 8 | |
| Rhyacophilidae | <i>Rhyacophila</i> | Genre | 3 | 1 | 8 | | |
| Rhyacophilidae | <i>Hyporhyacophila</i> | sous-genre | 4 | | 4 | | |
| EPHEMEROPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Baetidae | | Famille | | | 34 | 34 | 17 |
| Baetidae | <i>Baetis</i> | Genre | 17 | 17 | 34 | | |
| Heptageniidae | | Famille | | | 20 | 20 | 17 |
| Heptageniidae | | Genre non identifié | | 1 | 1 | | |
| Heptageniidae | <i>Ecdyonurus</i> | Genre | | 2 | 2 | | |
| Heptageniidae | <i>Rhithrogena</i> | Genre | 17 | | 17 | | |
| DIPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Chironomidae | | Famille | 1 | | 307 | 307 | 253 |
| Chironomidae | <i>Orthocladiinae lato sensus</i> | sous famille | 252 | 54 | 306 | | |
| Empididae | | Famille | | | 5 | 5 | 5 |
| Empididae | <i>Clinocerinae</i> | sous famille | 5 | | 5 | | |
| Limoniidae | | Famille | | | 59 | 59 | 57 |
| Limoniidae | <i>Eriopterini</i> | Tribu | | 1 | 1 | | |
| Limoniidae | <i>Pediciini</i> | Tribu | 57 | 1 | 58 | | |
| Psychodidae | | Famille | 2 | | 2 | 2 | 2 |
| Simuliidae | | Famille | | | 36 | 36 | 8 |
| Simuliidae | <i>Prosimuliini</i> | Tribu | 8 | 28 | 36 | 36 | |
| Tipulidae | | Famille | 3 | | 3 | 3 | 3 |
| HYDRACARIENS | | ORDRE | 3 | | 3 | 3 | 3 |
| Effectif | | | 1060 | 302 | 1362 | 1362 | 1060 |
| Effectif Relatif 20 placettes (%) | | | 77,8 | 22,2 | 100,0 | | 77,8 |

Station : BoN01
Date de prélèvement : 29/01/2008

| | | | | IBGN | 4 suppl | Total | Tot Fam | Fam 8 privt |
|-------------------------|--|-----------------------------------|-------------|------|---------|-------|---------|-------------|
| PLECOPTERA | | ORDRE | 1 | | | | | |
| Leuctridae | | Famille | 66 | | | 712 | 712 | 252 |
| Leuctridae | <i>Leuctra</i> | Genre | 69 | 252 | 460 | 712 | | |
| Nemouridae | | Famille | 20 | | | 219 | 219 | 83 |
| Nemouridae | | Genre non identifié | | 7 | 32 | 39 | | |
| Nemouridae | <i>Nemoura</i> | Genre | 26 | 37 | 14 | 51 | | |
| Nemouridae | <i>Protonemura</i> | Genre | 46 | 39 | 90 | 129 | | |
| Perlodidae | | Famille | 127 | | | 5 | 5 | 1 |
| Perlodidae | | Genre non identifié | | 1 | 1 | 2 | | |
| Perlodidae | <i>Isoperla</i> | Genre | 140 | | 3 | 3 | | |
| TRICHOPTERA | | ORDRE | 181 | | | | | |
| Goeridae | | Famille | 286 | | | 9 | 9 | 5 |
| Goeridae | | Genre non identifié | | 5 | 4 | 9 | | |
| Limnephilidae | | Famille | 276 | | | 886 | 886 | 583 |
| Limnephilidae | <i>sF. Apataniinae (g. Apatania)</i> | Sous-famille | 3136 | 2 | 1 | 3 | | |
| Limnephilidae | <i>sF. Drusinae</i> | Sous-famille | 3120 | | 4 | 9 | | |
| Limnephilidae | <i>Drusus</i> | Genre | 3120 | 1 | 4 | 5 | | |
| Limnephilidae | <i>sF. Limnephilinae</i> | Sous-famille | 3163 | 22 | | 874 | | |
| Limnephilidae | <i>Tr. Stenophylacini et Tr. Chaetopterygini</i> | Tribu | 3146 | | | 852 | | |
| Limnephilidae | Autres Limnaephilinae à 1 filit branchial/faisceau | | 3146 | 540 | 294 | 834 | | |
| Limnephilidae | <i>Allogamus</i> | Genre | 3146 | 6 | | 6 | | |
| Limnephilidae | <i>Halesus</i> | Genre | 3146 | 11 | | 11 | | |
| Limnephilidae | <i>Parachiona picicornis</i> | Genre | 3146 | 1 | | 1 | | |
| Polycentropodidae | | Famille | 223 | | | 8 | 8 | 7 |
| Polycentropodidae | | Genre non identifié | | | 1 | 1 | | |
| Polycentropodidae | <i>Plectrocnemia</i> | Genre | 228 | 7 | | 7 | | |
| Rhyacophilidae | | Famille | 182 | | | 59 | 59 | 32 |
| Rhyacophilidae | <i>Rhyacophila</i> | Genre | 183 | 3 | 21 | 59 | | |
| Rhyacophilidae | <i>Rhyacophila s.s.</i> | sous-genre | 183 | 29 | 6 | 35 | | |
| Sericostomatidae | | Famille | 321 | | | 7 | 7 | 5 |
| Sericostomatidae | | Genre non identifié | | | 1 | 1 | | |
| Sericostomatidae | <i>Sericostoma</i> | Genre | 322 | 5 | 1 | 6 | | |
| EPHEMEROPTERA | | ORDRE | 348 | | | | | |
| Baetidae | | Famille | 363 | | | 314 | 314 | 241 |
| Baetidae | <i>Baetis</i> | Genre | 364 | 241 | 73 | 314 | | |
| COLEOPTERA | | ORDRE | 511 | | | | | |
| Elmidae | | Famille | 614 | | | 4 | 4 | 1 |
| Elmidae | <i>Stenelmis l.</i> | Genre | 617 | 1 | 3 | 4 | | |
| DIPTERA | | ORDRE | 746 | | | | | |
| Ceratopogonidae | | Famille | 819 | | | 2 | 2 | 0 |
| Ceratopogonidae | <i>Ceratopogoninae</i> | sous famille | 819 | | 2 | 2 | | |
| Chironomidae | | Famille | 807 | | | 1723 | 1723 | 907 |
| Chironomidae | Chironomini | Tribu | 807 | 104 | 2 | 106 | | |
| Chironomidae | Tanytarsini | Tribu | 807 | 138 | 6 | 144 | | |
| Chironomidae | <i>Orthoclaadiinae lato sensus</i> | sous famille | 807 | 628 | 807 | 1435 | | |
| Chironomidae | <i>Tanypodinae</i> | sous famille | 807 | 37 | 1 | 38 | | |
| Dolichopodidae | | Famille | 836 | | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Empididae | | Famille | 831 | | | 41 | 41 | 17 |
| Empididae | <i>Hemerodromiinae</i> | sous famille | 831 | 16 | 15 | 31 | | |
| Empididae | <i>Clinocerinae</i> | sous famille | 831 | 1 | 9 | 10 | | |
| Limoniidae | | Famille | 757 | | | 60 | 60 | 26 |
| Limoniidae | <i>Hexatomini</i> | Tribu | 757 | 8 | 18 | 26 | | |
| Limoniidae | <i>Pediciini</i> | Tribu | 757 | 18 | 16 | 34 | | |
| Psychodidae | | Famille | 783 | 8 | 30 | 38 | 38 | 8 |
| Simuliidae | | Famille | 801 | | | 71 | 71 | 61 |
| Simuliidae | <i>Prosimuliini</i> | Tribu | 801 | 1 | 2 | 3 | 3 | |
| Simuliidae | <i>Simuliini</i> | Tribu | 801 | 60 | 8 | 68 | | |
| MOLLUSQUES | | EMBRANCHEMENT | 965 | | | 112 | 112 | |
| BIVALVES | | CLASSE | 5125 | | | 110 | | |
| Sphaeriidae | | Famille | 1042 | | | 110 | 110 | 104 |
| Sphaeriidae | <i>Pisidium</i> | Genre | 1043 | 104 | 6 | 110 | | |
| GASTEROPODES | | CLASSE | 5123 | | | 2 | 2 | |
| Lymnaeidae | | Famille | 998 | | | 2 | 2 | 2 |
| Lymnaeidae | | Genre non identifié | | 2 | | 2 | | |
| ANNELIDES = VERS | | EMBRANCHEMENT | 3327 | | | | | |
| TURBELLARIA | | CLASSE | 3326 | | | 214 | | 56 |
| TRICLADES | | ORDRE | 1054 | | | 214 | | |
| Dugesidae | | Famille | 1055 | | | 214 | 214 | 56 |
| Dugesidae | <i>Dugesia</i> | Genre | 1056 | 56 | 158 | 214 | | |
| OLIGOCHETES | | CLASSE | 933 | 110 | 153 | 263 | 263 | 110 |
| NEMATHELMINTHES | | EMBRANCHEMENT | 3111 | | | | | 5 |
| NEMATODES | | CLASSE | 1089 | 5 | 12 | 17 | 17 | |
| HYDRACARIENS | | ORDRE | 906 | 242 | 39 | 281 | 281 | 242 |
| CNIDAIRES | | EMBRANCHEMENT | 1075 | | | | | |
| HYDROZOAIES | | SUPER CLASSE | 3166 | | | | | 0 |
| Hydridae | | Famille | 1076 | | | 1 | 1 | |
| Hydridae | <i>Hydra</i> | Genre | 1077 | | 1 | 1 | | |
| | | Effectif | | 2748 | 2299 | 5047 | 5047 | 2804 |
| | | Effectif Relatif 20 placettes (%) | | 54,4 | 45,6 | 100,0 | | 55,6 |

Station : BoN17
 Date de prélèvement : 29/01/2008

| | | | IBGN | 4 suppl | Total | Tot Fam | Fam 8 privt |
|-------------------------|--|----------------------|------|---------|-------|---------|-------------|
| PLECOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Capniidae | | Famille | | | 2 | 2 | 2 |
| Capniidae | <i>Capnia</i> | Genre | 2 | | 2 | | |
| Chloroperlidae | | Famille | | | 3 | 3 | 3 |
| Chloroperlidae | <i>Chloroperla</i> | Genre | 3 | | 3 | | |
| Leuctridae | | Famille | | | 20 | 20 | 20 |
| Leuctridae | <i>Leuctra</i> | Genre | 20 | | 20 | | |
| Nemouridae | | Famille | | | 3 | 3 | 1 |
| Nemouridae | | Genre non identifié | | 2 | 2 | | |
| Nemouridae | <i>Nemoura</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| TRICHOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Limnephilidae | | Famille | | | 119 | 119 | 80 |
| Limnephilidae | | Genre non identifié | | 39 | 39 | | |
| Limnephilidae | <i>sf. Limnephilinae</i> | Sous-famille | | | 80 | | |
| Limnephilidae | <i>Tr.Stenophylacini et Tr.Chaetopterygini</i> | Tribu | | | 80 | | |
| Limnephilidae | Autres Limnaephilinae à 1 filit branchial/faisceau | | 80 | | 80 | | |
| Rhyacophilidae | | Famille | | | 1 | 1 | 0 |
| Rhyacophilidae | <i>Rhyacophila s.s.</i> | sous-genre | | 1 | 1 | | |
| EPHEMEROPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Baetidae | | Famille | | | 3 | 3 | 2 |
| Baetidae | <i>Baetis</i> | Genre | 2 | 1 | 3 | | |
| Heptageniidae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Heptageniidae | <i>Ecdyonurus</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| DIPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Athericidae | | Famille | | | 1 | 1 | 0 |
| Athericidae | <i>Atherix</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| Chironomidae | | Famille | | | 171 | 171 | 120 |
| Chironomidae | Chironomini | Tribu | | 1 | 1 | | |
| Chironomidae | Tanytarsini | Tribu | 1 | | 1 | | |
| Chironomidae | <i>Orthoclaadiinae lato sensus</i> | sous famille | 119 | 50 | 169 | | |
| Empididae | | Famille | | | 5 | 5 | 3 |
| Empididae | <i>Clinocerinae</i> | sous famille | 3 | 2 | 5 | | |
| Limoniidae | | Famille | | | 18 | 18 | 12 |
| Limoniidae | <i>Eriopterini</i> | Tribu | 1 | | 1 | | |
| Limoniidae | <i>Pediciini</i> | Tribu | 11 | 6 | 17 | | |
| Simuliidae | | Famille | | | 3 | 3 | 3 |
| Simuliidae | <i>Prosimuliini</i> | Tribu | 3 | | 3 | | |
| Tipulidae | | Famille | | | 2 | 2 | 2 |
| ANNELIDES = VERS | | EMBRANCHEMENT | | | | | |
| OLIGOCHETES | | CLASSE | 8 | | 8 | 8 | 8 |
| NEMATHELMINTHES | | EMBRANCHEMENT | | | | | |
| NEMATODES | | CLASSE | 1 | | 1 | 1 | |
| HYDRACARIENS | | ORDRE | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| SPONGIAIRES | | EMBRANCHEMENT | | | | | |
| Spongillidae | | Famille | 1 | | 1 | 1 | 1 |
| | Effectif | | 261 | 103 | 364 | 364 | 260 |
| | Effectif Relatif 20 placettes (%) | | 71,7 | 28,3 | 100,0 | | 71,4 |

Station : BoN05
 Date de prélèvement : 29/01/2008

| | | | IBGN | 4 suppl | Total | Tot Fam | Fam 8 privt |
|-------------------------|---|----------------------|------|---------|-------|---------|-------------|
| PLECOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Leuctridae | | Famille | | | 36 | 36 | 33 |
| Leuctridae | <i>Leuctra</i> | Genre | 33 | 3 | 36 | | |
| Nemouridae | | Famille | | | 2 | 2 | 1 |
| Nemouridae | | Genre non identifié | 1 | | 1 | | |
| Nemouridae | <i>Nemoura</i> | Genre | | 1 | 1 | | |
| Perlodidae | | Famille | | | 10 | 10 | 9 |
| Perlodidae | <i>Isoperla</i> | Genre | 9 | 1 | 10 | | |
| TRICHOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Limnephilidae | | Famille | | | 1192 | 1192 | 796 |
| Limnephilidae | | Genre non identifié | 793 | 396 | 1189 | | |
| Limnephilidae | sF. Limnephilinae | Sous-famille | | | 3 | | |
| Limnephilidae | Tr.Stenophylacini et Tr.Chaetopterygini | Tribu | | | 3 | | |
| Limnephilidae | Autres Limnaephilinae à 1 filt branchial/faisceau | | 3 | | 3 | | |
| EPHEMEROPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Baetidae | | Famille | | | 29 | 29 | 28 |
| Baetidae | <i>Baetis</i> | Genre | 28 | 1 | 29 | | |
| Heptageniidae | | Famille | | | 3 | 3 | |
| Heptageniidae | | Genre non identifié | | 1 | 1 | | |
| Heptageniidae | <i>Rhithrogena</i> | Genre | | 2 | 2 | | |
| DIPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Blephariceridae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Blephariceridae | <i>Haplothrix</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| Chironomidae | | Famille | | | 977 | 977 | 945 |
| Chironomidae | Chironomini | Tribu | 31 | | 31 | | |
| Chironomidae | Tanytarsini | Tribu | 483 | 4 | 487 | | |
| Chironomidae | Ortopterae <i>Ortopterae lato</i> | sous famille | 425 | 28 | 453 | | |
| Chironomidae | Tanypodinae | sous famille | 6 | | 6 | | |
| Empididae | | Famille | | | 11 | 11 | 11 |
| Empididae | Hemerodromiinae | sous famille | 1 | | 1 | | |
| Empididae | Clinocerinae | sous famille | 10 | | 10 | | |
| Limoniidae | | Famille | | | 37 | 37 | 27 |
| Limoniidae | <i>Eriopterini</i> | Tribu | | 1 | 1 | | |
| Limoniidae | <i>Pediciini</i> | Tribu | 27 | 9 | 36 | | |
| Psychodidae | | Famille | 87 | | 87 | 87 | 87 |
| Simuliidae | | Famille | | | 6 | 6 | 6 |
| Simuliidae | <i>Prosimuliini</i> | Tribu | 5 | | 5 | 5 | |
| Simuliidae | <i>Simuliini</i> | Tribu | 1 | | 1 | | |
| ANNELIDES = VERS | | EMBRANCHEMENT | | | | | 2 |
| TURBELLARIA | | CLASSE | | | 2 | | |
| TRICLADES | | ORDRE | 2 | | 2 | | 2 |
| OLIGOCHETES | | CLASSE | 11 | 1 | 12 | 12 | 11 |
| HYDRACARIENS | | ORDRE | 3 | 1 | 4 | 4 | 3 |
| CNIDAIRES | | EMBRANCHEMENT | | | | | |
| HYDROZOAIRE | | SUPER CLASSE | | | | | 7 |
| Hydridae | | Famille | | | 7 | 7 | |
| Hydridae | <i>Hydra</i> | Genre | 7 | | 7 | | |
| | Effectif | | 1967 | 449 | 2416 | 2416 | 1967 |
| | Effectif Relatif 20 placettes (%) | | 81,4 | 18,6 | 100,0 | | 81,4 |

| | |
|-----------------------|------------|
| Station : | BoN18 |
| Date de prélèvement : | 29/01/2008 |

| | | | IBGN | 4 suppl | Total | Tot Fam | Fam 8 privt |
|-------------------------|-----------------------------------|----------------------------|------|---------|-------|---------|-------------|
| PLECOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Leuctridae | | Famille | | | 37 | 37 | 37 |
| Leuctridae | <i>Leuctra</i> | Genre | 37 | | 37 | | |
| Nemouridae | | Famille | | | 5 | 5 | 5 |
| Nemouridae | | <i>Genre non identifié</i> | 1 | | 1 | | |
| Nemouridae | <i>Protonemura</i> | Genre | 4 | | 4 | | |
| Perlodidae | | Famille | | | 1 | 1 | |
| Perlodidae | <i>Isoperla</i> | Genre | | 1 | 1 | | |
| Taeniopterygidae | | Famille | | | 3 | 3 | 3 |
| Taeniopterygidae | <i>Rhabdiopteryx</i> | Genre | 3 | | 3 | | |
| TRICHOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Limnephilidae | | Famille | | | 1602 | 1602 | 1412 |
| Limnephilidae | | <i>Genre non identifié</i> | 1412 | 190 | 1602 | | |
| EPHEMEROPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Baetidae | | Famille | | | 25 | 25 | 25 |
| Baetidae | <i>Baetis</i> | Genre | 25 | | 25 | | |
| DIPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Chironomidae | | Famille | | | 1099 | 1099 | 1096 |
| Chironomidae | Chironomini | Tribu | 46 | | 46 | | |
| Chironomidae | Tanytarsini | Tribu | 668 | | 668 | | |
| Chironomidae | <i>Orthocladiinae lato sensus</i> | sous famille | 382 | 3 | 385 | | |
| Empididae | | Famille | | | 7 | 7 | 7 |
| Empididae | <i>Hemerodromiinae</i> | sous famille | 1 | | 1 | | |
| Empididae | <i>Clinocerinae</i> | sous famille | 6 | | 6 | | |
| Limoniidae | | Famille | | | 52 | 52 | 51 |
| Limoniidae | <i>Pediciini</i> | Tribu | 51 | 1 | 52 | | |
| Psychodidae | | Famille | 4 | | 4 | 4 | 4 |
| Simuliidae | | Famille | | | 437 | 437 | 436 |
| Simuliidae | <i>Prosimuliini</i> | Tribu | 391 | 1 | 392 | 392 | |
| Simuliidae | <i>Simuliini</i> | Tribu | 45 | | 45 | | |
| ANNELIDES = VERS | | EMBRANCHEMENT | | | | | |
| OLIGOCHETES | | CLASSE | 4 | | 4 | 4 | 4 |
| NEMATHELMINTHES | | EMBRANCHEMENT | | | | | 6 |
| NEMATODES | | CLASSE | 6 | | 6 | 6 | |
| HYDRACARIENS | | ORDRE | 1 | | 1 | 1 | 1 |
| | Effectif | | 3087 | 196 | 3283 | 3283 | 3087 |
| | Effectif Relatif 20 placettes (%) | | 94,0 | 6,0 | 100,0 | | 94,0 |

Station : BoN09
 Date de prélèvement : 29/01/2008

| | | | IBGN | 4 suppl | Total | Tot Fam | Fam 8 privt |
|-------------------------|---|----------------------|------|---------|-------|---------|-------------|
| PLECOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Chloroperlidae | | Famille | | | 1 | 1 | |
| Chloroperlidae | <i>Chloroperla</i> | Genre | | 1 | 1 | | |
| Leuctridae | | Famille | | | 153 | 153 | 114 |
| Leuctridae | <i>Leuctra</i> | Genre | 114 | 39 | 153 | | |
| Nemouridae | | Famille | | | 37 | 37 | 34 |
| Nemouridae | | Genre non identifié | 1 | 2 | 3 | | |
| Nemouridae | <i>Nemoura</i> | Genre | 9 | | 9 | | |
| Nemouridae | <i>Protonemura</i> | Genre | 24 | 1 | 25 | | |
| Perlodidae | | Famille | | | 8 | 8 | 4 |
| Perlodidae | | Genre non identifié | 3 | 2 | 5 | | |
| Perlodidae | <i>Isoperla</i> | Genre | | 2 | 2 | | |
| Perlodidae | <i>Perlodes</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| TRICHOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Limnephilidae | | Famille | | | 70 | 70 | 63 |
| Limnephilidae | <i>sF. Drusinae</i> | Sous-famille | | | 16 | | |
| Limnephilidae | <i>Drusus</i> | Genre | 13 | 3 | 16 | | |
| Limnephilidae | <i>sF. Limnephilinae</i> | Sous-famille | | | 54 | | |
| Limnephilidae | <i>Tr. Stenophylacini et Tr. Chaetopterygini</i> | Tribu | | | 54 | | |
| Limnephilidae | Autres Limnaephilinae à 1 filt branchial/faisceau | | 50 | 4 | 54 | | |
| EPHEMEROPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Heptageniidae | | Famille | | | 60 | 60 | 42 |
| Heptageniidae | | Genre non identifié | 1 | | 1 | | |
| Heptageniidae | <i>Rhithrogena</i> | Genre | 41 | 18 | 59 | | |
| DIPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Blephariceridae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Chironomidae | | Famille | | | 1437 | 1437 | 960 |
| Chironomidae | Tanytarsini | Tribu | 2 | | 2 | | |
| Chironomidae | <i>Orthocladinae lato sensus</i> | sous famille | 958 | 477 | 1435 | | |
| Empididae | | Famille | | | 30 | 30 | 25 |
| Empididae | <i>Clinocerinae</i> | sous famille | 25 | 5 | 30 | | |
| Limoniidae | | Famille | | | 34 | 34 | 24 |
| Limoniidae | <i>Eriopterini</i> | Tribu | | 1 | 1 | | |
| Limoniidae | <i>Pediciini</i> | Tribu | 24 | 9 | 33 | | |
| Psychodidae | | Famille | 2 | | 2 | 2 | 2 |
| Simuliidae | | Famille | | | 102 | 102 | 97 |
| Simuliidae | <i>Prosimuliini</i> | Tribu | 97 | 5 | 102 | 102 | |
| ANNELIDES = VERS | | EMBRANCHEMENT | | | | | |
| OLIGOCHETES | | CLASSE | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 |
| NEMATHELMINTHES | | EMBRANCHEMENT | | | | | |
| NEMATODES | | CLASSE | | 1 | 1 | 1 | |
| HYDRACARIENS | | ORDRE | 1 | | 1 | 1 | 1 |
| | Effectif | | 1369 | 571 | 1940 | 1940 | 1369 |
| | Effectif Relatif 20 placettes (%) | | 70,6 | 29,4 | 100,0 | | 70,6 |

Station : BoN03
Date de prélèvement : 30/01/2008

| | | | IBGN | 4 suppl | Total | Tot Fam | Fam 8 privt |
|-----------------------------------|--|----------------------|------|---------|-------|---------|-------------|
| PLECOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Leuctridae | | Famille | | | 64 | 64 | 27 |
| Leuctridae | <i>Leuctra</i> | Genre | 27 | 37 | 64 | | |
| Nemouridae | | Famille | | | 9 | 9 | 8 |
| Nemouridae | | Genre non identifié | 2 | | 2 | | |
| Nemouridae | <i>Nemoura</i> | Genre | 4 | | 4 | | |
| Nemouridae | <i>Protonemura</i> | Genre | 2 | 1 | 3 | | |
| TRICHOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Limnephilidae | | Famille | | | 3413 | 3413 | 1923 |
| Limnephilidae | | Genre non identifié | 1 | | 1 | | |
| Limnephilidae | <i>sF. Limnephilinae</i> | Sous-famille | | | 3412 | | |
| Limnephilidae | <i>Tr.Stenophylacini et Tr.Chaetopterygini</i> | Tribu | | | 3412 | | |
| Limnephilidae | Autres Limnaephilinae à 1 filit branchial/faisceau | | 1922 | 1490 | 3412 | | |
| EPHEMEROPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Baetidae | | Famille | | | 55 | 55 | 27 |
| Baetidae | <i>Baetis</i> | Genre | 27 | 28 | 55 | | |
| Heptageniidae | | Famille | | | 2 | 2 | 0 |
| Heptageniidae | <i>Ecdyonurus</i> | Genre | | 1 | 1 | | |
| Heptageniidae | <i>Rhithrogena</i> | Genre | | 1 | 1 | | |
| DIPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Athericidae | | Famille | 1 | | 1 | 1 | 1 |
| Chironomidae | | Famille | | | 578 | 578 | 493 |
| Chironomidae | Chironomini | Tribu | 12 | | 12 | | |
| Chironomidae | Tanytarsini | Tribu | 76 | 31 | 107 | | |
| Chironomidae | <i>Orthocladiinae lato sensus</i> | sous famille | 404 | 54 | 458 | | |
| Chironomidae | <i>Tanypodinae</i> | sous famille | 1 | | 1 | | |
| Empididae | | Famille | | | 18 | 18 | 15 |
| Empididae | <i>Hemerodromiinae</i> | sous famille | | 1 | 1 | | |
| Empididae | <i>Clinocerinae</i> | sous famille | 15 | 2 | 17 | | |
| Limoniidae | | Famille | | | 32 | 32 | 19 |
| Limoniidae | <i>Eriopterini</i> | Tribu | | 1 | 1 | | |
| Limoniidae | <i>Pediciini</i> | Tribu | 19 | 12 | 31 | | |
| Psychodidae | | Famille | 17 | 1 | 18 | 18 | 17 |
| Simuliidae | | Famille | | | 166 | 166 | 164 |
| Simuliidae | <i>Prosimuliini</i> | Tribu | 136 | 2 | 138 | 138 | |
| Simuliidae | <i>Simuliini</i> | Tribu | 28 | | 28 | | |
| ANNELIDES = VERS | | EMBRANCHEMENT | | | | | |
| TURBELLARIA | | CLASSE | | | 3 | | 2 |
| TRICLADES | | ORDRE | 2 | | 3 | | |
| Dugesidae | | Famille | | | 1 | 1 | 0 |
| Dugesidae | <i>Dugesia</i> | Genre | | 1 | 1 | | |
| OLIGOCHETES | | CLASSE | 4 | | 4 | 4 | 4 |
| NEMATHELMINTHES | | EMBRANCHEMENT | | | | | 7 |
| NEMATODES | | CLASSE | 7 | | 7 | 7 | |
| HYDRACARIENS | | ORDRE | 2 | | 2 | 2 | 2 |
| Effectif | | | 2709 | 1663 | 4372 | 4372 | 2709 |
| Effectif Relatif 20 placettes (%) | | | 62,0 | 38,0 | 100,0 | | 62,0 |

| | |
|-----------------------|------------|
| Station : | BoN06 |
| Date de prélèvement : | 30/01/2008 |

| | | | IBGN | 4 suppl | Total | Tot Fam | Fam 8 privt |
|-------------------------|---|----------------------|------|---------|-------|---------|-------------|
| PLECOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Capniidae | | Famille | | | 17 | 17 | 14 |
| Capniidae | <i>Capnia</i> | Genre | 14 | 3 | 17 | | |
| Chloroperlidae | | Famille | | | 4 | 4 | 4 |
| Chloroperlidae | <i>Chloroperla</i> | Genre | 4 | | 4 | | |
| Leuctridae | | Famille | | | 339 | 339 | 313 |
| Leuctridae | <i>Leuctra</i> | Genre | 313 | 26 | 339 | | |
| Nemouridae | | Famille | | | 37 | 37 | 31 |
| Nemouridae | | Genre non identifié | 7 | | 7 | | |
| Nemouridae | <i>Nemoura</i> | Genre | 11 | 3 | 14 | | |
| Nemouridae | <i>Protonemura</i> | Genre | 13 | 3 | 16 | | |
| Perlodidae | | Famille | | | 11 | 11 | 11 |
| Perlodidae | | Genre non identifié | 10 | | 10 | | |
| Perlodidae | <i>Perloides</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| Taeniopterygidae | | Famille | | | 29 | 29 | 28 |
| Taeniopterygidae | <i>Rhabdiopteryx</i> | Genre | 28 | 1 | 29 | | |
| TRICHOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Limnephilidae | | Famille | | | 399 | 399 | 353 |
| Limnephilidae | <i>sF. Drusinae</i> | Sous-famille | | | 11 | | |
| Limnephilidae | <i>Drusus</i> | Genre | 9 | 2 | 11 | | |
| Limnephilidae | <i>sF. Limnephilinae</i> | Sous-famille | | | 388 | | |
| Limnephilidae | <i>Tr.Stenophylacini et Tr.Chaetopterygini</i> | Tribu | | | 388 | | |
| Limnephilidae | <i>Autres Limnaephilinae à 1 filit branchial/faisceau</i> | | 344 | 44 | 388 | | |
| Rhyacophilidae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Rhyacophilidae | <i>Rhyacophila</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| EPHEMEROPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Baetidae | | Famille | | | 3 | 3 | 3 |
| Baetidae | <i>Baetis</i> | Genre | 3 | | 3 | | |
| Heptageniidae | | Famille | | | 14 | 14 | 11 |
| Heptageniidae | <i>Ecdyonurus</i> | Genre | 5 | 1 | 6 | | |
| Heptageniidae | <i>Rhithrogena</i> | Genre | 6 | 2 | 8 | | |
| DIPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Chironomidae | | Famille | | | 911 | 911 | 720 |
| Chironomidae | <i>Tanytarsini</i> | Tribu | 3 | | 3 | | |
| Chironomidae | <i>Orthocladiinae lato sensus</i> | sous famille | 717 | 191 | 908 | | |
| Empididae | | Famille | | | 6 | 6 | 5 |
| Empididae | <i>Clinocerinae</i> | sous famille | 5 | 1 | 6 | | |
| Limoniidae | | Famille | | | 36 | 36 | 31 |
| Limoniidae | <i>Eriopterini</i> | Tribu | 3 | | 3 | | |
| Limoniidae | <i>Pediciini</i> | Tribu | 28 | 5 | 33 | | |
| Psychodidae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Simuliidae | | Famille | | | 36 | 36 | 34 |
| Simuliidae | <i>Prosimuliini</i> | Tribu | 34 | 2 | 36 | 36 | |
| ANNELIDES = VERS | | EMBRANCHEMENT | | | | | |
| OLIGOCHETES | | CLASSE | 4 | | 4 | 4 | 4 |
| NEMATHELMINTHES | | EMBRANCHEMENT | | | | | |
| NEMATODES | | CLASSE | 2 | 1 | 3 | 3 | |
| | Effectif | | 1566 | 285 | 1851 | 1851 | 1566 |
| | Effectif Relatif 20 placettes (%) | | 84,6 | 15,4 | 100,0 | | 84,6 |

Station : BoN10
 Date de prélèvement : 30/01/2008

| | | | IBGN | 4 suppl | Total | Tot Fam | Fam 8 privt |
|-------------------------|---|----------------------|------|---------|-------|---------|-------------|
| PLECOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Leuctridae | | Famille | | | 13 | 13 | 10 |
| Leuctridae | <i>Leuctra</i> | Genre | 10 | 3 | 13 | | |
| TRICHOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Limnephilidae | | Famille | | | 1768 | 1768 | 1521 |
| Limnephilidae | <i>sF. Limnephilinae</i> | Sous-famille | | | 1768 | | |
| Limnephilidae | <i>Tr.Stenophylacini et Tr.Chaetopterygini</i> | Tribu | | | 1768 | | |
| Limnephilidae | Autres Limnaephilinae à 1 filt branchial/faisceau | | 1521 | 247 | 1768 | | |
| EPHEMEROPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Baetidae | | Famille | | | 18 | 18 | 15 |
| Baetidae | <i>Baetis</i> | Genre | 15 | 3 | 18 | | |
| DIPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Chironomidae | | Famille | | | 388 | 388 | 339 |
| Chironomidae | Tanytarsini | Tribu | 1 | | 1 | | |
| Chironomidae | <i>Orthoclaadiinae lato sensus</i> | sous famille | 338 | 49 | 387 | | |
| Limoniidae | | Famille | | | 43 | 43 | 32 |
| Limoniidae | <i>Eriopterini</i> | Tribu | 1 | 1 | 2 | | |
| Limoniidae | <i>Pediciini</i> | Tribu | 31 | 10 | 41 | | |
| Simuliidae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Simuliidae | <i>Simuliini</i> | Tribu | 1 | | 1 | | |
| ANNELIDES = VERS | | EMBRANCHEMENT | | | | | |
| OLIGOCHETES | | CLASSE | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 |
| NEMATHELMINTHES | | EMBRANCHEMENT | | | | | 0 |
| NEMATODES | | CLASSE | | 1 | 1 | 1 | |
| | Effectif | | 1920 | 315 | 2235 | 2235 | 1920 |
| | Effectif Relatif 20 placettes (%) | | 85,9 | 14,1 | 100,0 | | 85,9 |

Station : BoN19
 Date de prélèvement : 30/01/2008

| | | | IBGN | 4 suppl | Total | Tot Fam | Fam 8 privt |
|-------------------------|--|----------------------|------|---------|-------|---------|-------------|
| PLECOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Leuctridae | | Famille | | | 11 | 11 | 8 |
| Leuctridae | | Genre non identifié | 3 | | 3 | | |
| Leuctridae | <i>Leuctra</i> | Genre | 5 | 3 | 8 | | |
| Nemouridae | | Famille | | | 12 | 12 | 3 |
| Nemouridae | | Genre non identifié | | 8 | 8 | | |
| Nemouridae | <i>Nemoura</i> | Genre | 3 | 1 | 4 | | |
| Taeniopterygidae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Taeniopterygidae | <i>Rhabdiopteryx</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| TRICHOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Limnephilidae | | Famille | | | 31 | 31 | 31 |
| Limnephilidae | <i>sF. Limnephilinae</i> | Sous-famille | | | 31 | | |
| Limnephilidae | <i>Tr.Stenophylacini et Tr.Chaetopterygini</i> | Tribu | | | 31 | | |
| Limnephilidae | Autres Limnaephilinae à 1 filit branchial/faisceau | | 31 | | 31 | | |
| EPHEMEROPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Baetidae | | Famille | | | 11 | 11 | 8 |
| Baetidae | <i>Baetis</i> | Genre | 8 | 3 | 11 | | |
| Heptageniidae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Heptageniidae | | Genre non identifié | 1 | | 1 | | |
| COLEOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Elmidae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Elmidae | <i>Limnius l.</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| Hydraenidae | | Famille | | | 4 | 4 | 4 |
| Hydraenidae | <i>Hydraena ad.</i> | Genre | 4 | | 4 | | |
| DIPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Athericidae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Athericidae | <i>Atherix</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| Chironomidae | | Famille | | | 26 | 26 | 26 |
| Chironomidae | <i>Orthoclaadiinae lato sensus</i> | sous famille | 26 | | 26 | | |
| Empididae | | Famille | | | 3 | 3 | 1 |
| Empididae | <i>Clinocerinae</i> | sous famille | 1 | 2 | 3 | | |
| Limoniidae | | Famille | | | 30 | 30 | 29 |
| Limoniidae | <i>Pediciini</i> | Tribu | 29 | 1 | 30 | | |
| Psychodidae | | Famille | 10 | | 10 | 10 | 10 |
| Simuliidae | | Famille | | | 5 | 5 | 4 |
| Simuliidae | <i>Simuliini</i> | Tribu | 4 | 1 | 5 | | |
| Stratiomyidae | | Famille | 1 | | 1 | 1 | 1 |
| MOLLUSQUES | | EMBRANCHEMENT | 1 | | 1 | | 1 |
| ANNELIDES = VERS | | EMBRANCHEMENT | | | | | |
| OLIGOCHETES | | CLASSE | 2 | 4 | 6 | 6 | 2 |
| HYDRACARIENS | | ORDRE | 1 | | 1 | 1 | 1 |
| | Effectif | | 133 | 23 | 156 | 156 | 133 |
| | Effectif Relatif 20 placettes (%) | | 85,3 | 14,7 | 100,0 | | 85,3 |

Station : BoN16
Date de prélèvement : 30/01/2008

| | | | IBGN | 4 suppl | Total | Tot Fam | Fam 8 privt |
|-------------------------|--|----------------------|-------|---------|-------|---------|-------------|
| PLECOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Leuctridae | | Famille | | | 3 | 3 | 3 |
| Leuctridae | <i>Leuctra</i> | Genre | 3 | | 3 | | |
| Nemouridae | | Famille | | | 2 | 2 | 2 |
| Nemouridae | <i>Nemoura</i> | Genre | 2 | | 2 | | |
| TRICHOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Limnephilidae | | Famille | | | 2534 | 2534 | 1541 |
| Limnephilidae | <i>sF. Limnephilinae</i> | Sous-famille | | | 2534 | | |
| Limnephilidae | <i>Tr.Stenophylacini et Tr.Chaetopterygini</i> | Tribu | | | 2534 | | |
| Limnephilidae | Autres Limnaephilinae à 1 filit branchial/faisceau | | 1541 | 993 | 2534 | | |
| Rhyacophilidae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Rhyacophilidae | <i>Rhyacophila</i> | Genre | | | 1 | | |
| Rhyacophilidae | <i>Hyporhyacophila</i> | sous-genre | 1 | | 1 | | |
| EPHEMEROPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Baetidae | | Famille | | | 233 | 233 | 192 |
| Baetidae | <i>Baetis</i> | Genre | 192 | 41 | 233 | | |
| COLEOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Hydrophilidae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Hydrophilidae | <i>sF. Hydrophilinae</i> | sous famille | | | 1 | | |
| Hydrophilidae | <i>Hydrochara = hydrophilus L.</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| DIPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Chironomidae | | Famille | | | 399 | 399 | 324 |
| Chironomidae | Chironomini | Tribu | 10 | | 10 | | |
| Chironomidae | Tanytarsini | Tribu | 4 | | 4 | | |
| Chironomidae | <i>Orthoclaadiinae lato sensus</i> | sous famille | 310 | 75 | 385 | | |
| Empididae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Empididae | <i>Clinocerinae</i> | sous famille | 1 | | 1 | | |
| Limoniidae | | Famille | | 28 | 40 | 40 | 12 |
| Limoniidae | <i>Pediciini</i> | Tribu | 12 | | 12 | | |
| Psychodidae | | Famille | 10 | | 10 | 10 | 10 |
| Simuliidae | | Famille | | | 20 | 20 | 20 |
| Simuliidae | <i>Prosimuliini</i> | Tribu | 14 | | 14 | 14 | |
| Simuliidae | <i>Simuliini</i> | Tribu | 6 | | 6 | | |
| Stratiomyidae | | Famille | 1 | | 1 | 1 | 1 |
| Tipulidae | | Famille | | 1 | 1 | 1 | |
| CRUSTACEA | | CLASSE | | | | | |
| MALACOSTRACES | | SOUS CLASSE | | | | | |
| AMPHIPODES | | ORDRE | | | | | |
| Gammaridae | | Famille | | | 4 | 4 | 4 |
| Gammaridae | <i>Gammarus</i> | Genre | 4 | | 4 | | |
| MOLLUSQUES | | EMBRANCHEMENT | | | 14 | 14 | |
| GASTEROPODES | | CLASSE | | | 14 | 14 | |
| Hydrobiidae | | Famille | | | 14 | 14 | 14 |
| Hydrobiidae | <i>Potamopyrgus</i> | Genre | 14 | | 14 | | |
| ANNELIDES = VERS | | EMBRANCHEMENT | | | | | |
| OLIGOCHETES | | CLASSE | 10907 | 834 | 11741 | 11741 | 10907 |
| NEMATHELMINTHES | | EMBRANCHEMENT | | | | | 1 |
| NEMATODES | | CLASSE | 1 | 2 | 3 | 3 | |
| HYDRACARIENS | | ORDRE | 1 | | 1 | 1 | 1 |
| | Effectif | | 13035 | 1974 | 15009 | 15009 | 13035 |
| | Effectif Relatif 20 placettes (%) | | 86,8 | 13,2 | 100,0 | | 86,8 |

| | |
|-----------------------|------------|
| Station : | BoN07 |
| Date de prélèvement : | 30/01/2008 |

| | | | IBGN | 4 suppl | Total | Tot Fam | Fam 8 privt |
|-------------------------|---|----------------------|------|---------|-------|---------|-------------|
| PLECOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Leuctridae | | Famille | | | 4 | 4 | 3 |
| Leuctridae | <i>Leuctra</i> | Genre | 3 | 1 | 4 | | |
| Nemouridae | | Famille | | | 2 | 2 | 2 |
| Nemouridae | <i>Nemoura</i> | Genre | 2 | | 2 | | |
| TRICHOPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Limnephilidae | | Famille | | | 4384 | 4384 | 872 |
| Limnephilidae | <i>sf. Limnephilinae</i> | Sous-famille | | | 4384 | | |
| Limnephilidae | <i>Tr.Stenophylacini et Tr.Chaetopterygini</i> | Tribu | | | 4384 | | |
| Limnephilidae | <i>Autres Limnaephilinae à 1 filit branchial/faisceau</i> | | 872 | 3512 | 4384 | | |
| EPHEMEROPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Baetidae | | Famille | | | 197 | 197 | 191 |
| Baetidae | <i>Baetis</i> | Genre | 191 | 6 | 197 | | |
| DIPTERA | | ORDRE | | | | | |
| Chironomidae | | Famille | | | 244 | 244 | 230 |
| Chironomidae | Chironomini | Tribu | 1 | | 1 | | |
| Chironomidae | <i>Orthoclaadiinae lato sensus</i> | sous famille | 229 | 14 | 243 | | |
| Empididae | | Famille | | | 7 | 7 | 5 |
| Empididae | <i>Hemerodromiinae</i> | sous famille | 1 | | 1 | | |
| Empididae | <i>Clinocerinae</i> | sous famille | 4 | 2 | 6 | | |
| Limoniidae | | Famille | | | 29 | 29 | 17 |
| Limoniidae | <i>Eriopterini</i> | Tribu | 1 | | 1 | | |
| Limoniidae | <i>Pediciini</i> | Tribu | 16 | 12 | 28 | | |
| Psychodidae | | Famille | 3 | | 3 | 3 | 3 |
| Simuliidae | | Famille | | | 64 | 64 | 63 |
| Simuliidae | <i>Prosimuliini</i> | Tribu | 54 | 1 | 55 | 55 | |
| Simuliidae | <i>Simuliini</i> | Tribu | 9 | | 9 | | |
| CRUSTACEA | | CLASSE | | | | | |
| MALACOSTRACES | | SOUS CLASSE | | | | | |
| AMPHIPODES | | ORDRE | | | | | |
| Gammaridae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Gammaridae | <i>Gammarus</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| MOLLUSQUES | | EMBRANCHEMENT | | | 1 | 1 | |
| GASTEROPODES | | CLASSE | | | 1 | 1 | |
| Hydrobiidae | | Famille | | | 1 | 1 | 1 |
| Hydrobiidae | <i>Potamopyrgus</i> | Genre | 1 | | 1 | | |
| ANNELIDES = VERS | | EMBRANCHEMENT | | | | | |
| OLIGOCHETES | | CLASSE | 2729 | 154 | 2883 | 2883 | 2729 |
| | Effectif | | 4117 | 3702 | 7819 | 7819 | 4117 |
| | Effectif Relatif 20 placettes (%) | | 52,7 | 47,3 | 100,0 | | 52,7 |