



## **MASTER II Biologie et Environnement**

### **SPECIALITÉ :**

**Fonctionnement et Restauration des Milieux Aquatiques Continentaux**

*RAPPORT DE STAGE PRESENTE PAR:*

**LAURENCEAU Perrine**

*SUJET:*

**Evaluation de l'état écologique des têtes de bassin du Chavanon et de ses principaux affluents dans le cadre du suivi des populations d'écrevisses à pattes blanches.**

*Responsable du Stage:*

**Mme Amandine Comby**



**Septembre 2016**

## **REMERCIEMENTS**

Je remercie tout d'abord Sébastien VERSANNE-JANODET pour m'avoir accueillie au sein de sa structure et m'avoir fait confiance pour mener cette étude. Je le remercie également pour m'avoir permis de l'accompagner sur le terrain à de nombreuses reprises ce qui m'a beaucoup appris.

Je remercie ma maître de stage, Amandine COMBY, pour ses conseils et son soutien. Je remercie de plus Loïc GOUDAL pour m'avoir accompagnée le long des ruisseaux du Chavanon ainsi que tous les autres membres de la Maison de l'Eau et le Pêche et les personnes que j'ai pu rencontrer en particulier lors des pêches électriques.

Enfin je remercie mes professeurs du Master FREMAC ainsi que les étudiants de ma promotion auprès desquels j'ai appris pendant deux ans et qui m'ont permis de faire ce stage.

## **RESUME**

Le contrat territorial du Chavanon, mis en place en 2015 par le parc naturel régional de Millevaches en Limousin, comporte un projet de suivi des espèces patrimoniales sur le bassin versant. La Maison de l'Eau et de la Pêche de la Corrèze suit dans ce cadre les populations d'écrevisses à pattes blanches. Cette espèce est en forte régression et le manque de données récentes empêche la mise en place d'actions de conservation. La présente étude se propose d'étudier l'état écologique des têtes de bassin, habitat privilégié de l'écrevisse à pattes blanches, afin de déterminer leur potentiel d'accueil pour l'espèce.

Une étude des habitats, de la qualité physico-chimique des eaux, ainsi que des peuplements de macro-invertébrés benthiques ont été réalisées. Les cours d'eau du bassin versant se sont révélés adéquats pour l'accueil des écrevisses à pattes blanches mais de nombreuses pressions existent sur le territoire pouvant mettre en danger *Austropotamobius pallipes*. L'élevage bovin entraîne une destruction d'habitat qui déconnecte les zones potentielles pour les écrevisses et l'introduction d'espèces d'écrevisses invasives risque à terme de détruire les populations natives.

*Austropotamobius pallipes* – Ecrevisses – Habitats – Physico-chimie – Macro-invertébrés

## **SUMMARY**

The territorial agreement concerning the Chavanon catchment basin, set up by the Millevaches Regional Natural Park, involves a monitoring of patrimonial species. The Maison de l'Eau et de la Pêche de la Corrèze studies the white-clawed crayfish to that purpose. This species is declining quickly and the lack of data stalls any conservation attempts. This study concerns the ecological status of the headwater streams, favoured habitat of the white-clawed crayfish in order to determine their potential to accommodate this species.

The habitats, the physico-chemical quality of the water and the benthic macro-invertebrates have been studied. The headwater streams of the catchment area are suitable for the white-clawed crayfish but they are subject to a lot of pressures. Cattle farming entails habitat destruction which disconnects the potential areas suitable for the crayfish and the introduction of invasive species threatens the native species in the long term.

*Austropotamobius pallipes* – Crayfish – Habitat – Physico-chemistry – Macro-invertebrates

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

APP : *Austropotamobius pallipes*

CE : Code de l'Environnement

CPIE : Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement

EPT : Epheméroptères-Plécoptères-Trichoptères

MEP : Maison de l'eau et de la pêche

MES : Matières en suspension

OCL : *Orconectes limosus*

PFL : *Pacifastacus leniusculus*

## **SOMMAIRE**

<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>I. Synthèse bibliographique</b> .....	<b>2</b>
I. 1. Historique .....	2
I. 2. Réseau trophique .....	3
I. 3. Habitats de l'écrevisse .....	4
I. 4. Physico-chimie .....	5
I. 5. Toxiques .....	7
I. 6. Etude des macro-invertébrés benthiques .....	7
<b>II. Contexte de l'étude</b> .....	<b>10</b>
II. 1. Présentation du bassin versant .....	10
II. 2. Occupation du sol .....	10
II. 3. Etangs et impacts thermiques .....	11
II. 4. Données astacicoles .....	12
<b>III. Protocole expérimental</b> .....	<b>14</b>
II. 1. Évaluation des habitats .....	14
III. 2. Etudes des macro-invertébrés benthiques .....	16
III. 3. Physico-chimie .....	17
<b>IV. Résultats</b> .....	<b>19</b>
IV. 1. La Clidane, station amont .....	19
IV. 1. a. Évaluation de l'habitat .....	19
IV. 1. b. Physico-chimie .....	19
IV. 1. c. Étude des macro-invertébrés benthiques .....	20
IV. 2. La Clidane, station médiane .....	21
IV. 2. a. Évaluation de l'habitat .....	21
IV. 2. b. Physico-chimie .....	21
IV. 2. c. Étude des macro-invertébrés benthiques .....	22
IV. 3. La Clidane, station aval .....	22
IV. 3. a. Évaluation de l'habitat .....	22
IV. 3. b. Physico-chimie .....	23
IV. 3. c. Étude des macro-invertébrés benthiques .....	23
IV. 4. Le ruisseau de la Cluze .....	24
IV. 4. a. Évaluation de l'habitat .....	24
IV. 4. b. Physico-chimie .....	25
IV. 4. c. Étude des macro-invertébrés benthiques .....	26

IV. 5. Le ruisseau des Cornes.....	26
IV. 5. a. Évaluation des habitats .....	26
IV. 5. b. Physico-chimie .....	26
IV. 5. c. Étude des macro-invertébrés benthiques .....	27
IV. 6. Ruisseau de Prestieux .....	28
IV. 6. a. Évaluation de l'habitat.....	28
IV. 6. b. Physico-chimie .....	29
IV. 6. c. Étude des macro-invertébrés benthiques .....	29
IV. 7. L'Eau du Bourg .....	30
IV. 7. a. Évaluation de l'habitat.....	30
IV. 7. b. Physico-chimie .....	31
IV. 7. c. Étude des macro-invertébrés benthiques .....	31
IV. 8. Le ruisseau de Feyt .....	32
IV. 8. a. Évaluation de l'habitat.....	32
IV. 8. b. Physico-chimie et étude des macro-invertébrés .....	33
<b>V. Discussion.....</b>	<b>34</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>37</b>
<b>Références .....</b>	<b>38</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>42</b>

## **INTRODUCTION**

Le Chavanon est un affluent rive droite de la Dordogne situé dans la partie amont de son bassin versant. Le Chavanon est situé à cheval sur deux régions (le Limousin et l'Auvergne) et trois départements (la Corrèze, la Creuse et le Puy-de-Dôme). Afin de réunir les différents acteurs de la gestion des milieux aquatiques de ce territoire un contrat territorial a été mis en place. Ce projet, coordonné par le parc naturel régional de Millevaches en Limousin, a démarré en 2015. Ce dernier réunit vingt porteurs de projet dont des communautés de communes, fédérations de pêche, syndicats ainsi que des associations de loi 1901 telles que la Maison de l'Eau et de la Pêche (MEP) de la Corrèze.

Dans le cadre du contrat, la MEP participe aux actions de suivi et d'évaluation. Elle est chargée de suivre l'évolution de la qualité du bassin versant par des prélèvements IBGN DCE et un suivi thermique de six stations représentatives réparties sur le territoire. Le contrat Chavanon prévoit également le suivi d'espèces patrimoniales et l'association s'est proposée pour effectuer des prospections des cours d'eau afin d'identifier les populations d'écrevisses à pattes blanches, *Austropotamobius pallipes*, sur le bassin.

En effet cette espèce est gravement menacée à l'échelle nationale, étant en constante régression en France et en Europe depuis quelques dizaines d'années et se trouve maintenant sur plusieurs listes de protection. Elle fait partie de la liste rouge mondiale des espèces menacées, elle est citée dans les annexes 2 et 5 de la directive habitats et annexe 3 de la convention de Berne. Elle est également protégée au niveau national par l'arrêté ministériel du 01/07/1983.

La MEP 19 a démarré les prospections en 2015 par la Ganne et la Barricade, affluent et sous-affluent du Chavanon, car des témoignages récents sur la présence d'*Austropotamobius pallipes* existaient sur ces cours d'eau. Néanmoins aucune écrevisse n'a pu être contactée à cette occasion et les milieux semblaient dégradés et peu propices à la présence de cette espèce. Il n'existe que peu de données récentes sur la présence de l'écrevisse à pattes blanches sur le reste du territoire.

Le présent rapport se propose donc d'évaluer la qualité écologique des têtes de bassin du Chavanon afin de déterminer les cours d'eau susceptibles d'héberger cette espèce avant de procéder à leur prospection.

## **I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE**

### **I. 1. Historique**

En Europe, il existe cinq espèces d'écrevisse autochtones (Holdich *et al.* 2009) dont trois présentes en France : l'écrevisse à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*), l'écrevisse à pattes rouges (*Astacus astacus*) et l'écrevisse des torrents (*Austropotamobius torrentium*). Ces espèces étaient exploitées à des fins économiques et représentaient un intérêt commercial important pour plusieurs pays (Henttonen et Huner 1999).

En 1859 en Italie tout d'abord (Aquiloni *et al.* 2011), puis dans toute l'Europe dans les années qui suivirent, une pathologie causée par le champignon *Aphanomyces astaci* et appelée la « peste de l'écrevisse » fit des ravages dans les populations d'écrevisses. En effet une contamination résulte en général en une mortalité totale chez les populations sensibles. Si la cause de cette première contamination n'est toujours pas connue avec certitude on sait que le pathogène est originaire d'Amérique du Nord. Une dégradation des milieux et la pollution des milieux aquatiques ont également participé au déclin des populations (Henttonen et Huner 1999).

La restauration des populations en utilisant des espèces d'écrevisses natives échouèrent à cause de cas répétés de peste (Wolf 2004). Afin de soutenir l'exploitation astacicole et le rôle écologique des écrevisses dans les milieux il fut donc décidé d'introduire de nouvelles espèces afin de combler le vide laissé par les populations décimées. Ces espèces devaient être résistantes à *Aphanomyces astaci*, posséder une croissance suffisante pour être exploitées et être capables de s'adapter aux cours d'eau et plans d'eau européens, en particulier les milieux dégradés.

Une première introduction d'*Orconectes limosus* fut réalisée en 1890 (Henttonen et Huner 1999) dans un étang du village de Barnówko en Pologne et cette espèce fut introduite en France avec succès dès le début des années 1910. Des introductions eurent ainsi lieu à travers l'Europe. En 1960 une nouvelle espèce, l'écrevisse signale *Pacifastacus leniusculus*, fut introduite en Suède. Cette espèce montra des résultats bien supérieurs à ceux obtenus avec les autres espèces et elle est aujourd'hui l'espèce invasive la plus répandue en Europe (Daudey 2006).



A l'heure actuelle, au moins neuf espèces d'écrevisses exotiques sont installées dans des zones occupées par des espèces européennes dont cinq espèces en France (Holdich *et al.* 2010). Ces espèces peuvent représenter un intérêt économique (Holdich 1999), en Scandinavie et en Finlande en particulier (Wolf 2004) où les écrevisses ont toujours eu un rôle important au niveau économique et pour la pêche récréative.

Néanmoins ces introductions aggravèrent encore la situation des espèces d'écrevisses natives puisqu'elles participent depuis à la transmission de la peste de l'écrevisse en tant que porteurs sains (Holdich *et al.* 2010). Même dans le cas de populations saines exemptes du champignon, les écrevisses autochtones ne survivent généralement pas à la compétition avec ces espèces qui sont de meilleurs compétiteurs (Holdich et Sibley 2003). Par exemple, *P. leniusculus* a une meilleure tolérance aux températures élevées et à la pollution ainsi que des taux de reproduction plus élevés que chez les écrevisses européennes (Wolf 2004).

De nombreux pays européens ont mis en place des lois pour empêcher de nouvelles introductions volontaires ou accidentelles de ces espèces (Holdich *et al.* 2010). En effet, les écrevisses s'échappent souvent des aquariums dans lesquels elles sont conservées (Holdich 1999) or, si certaines introductions sont volontaires afin d'augmenter les effectifs astacicoles d'un milieu, beaucoup sont accidentelles.

En France, l'arrêté du 21 juillet 1983 interdit l'importation, le transport et la commercialisation à l'état vivant de l'écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*). La commercialisation de l'écrevisse américaine (*Orconectes limosus*) et l'écrevisse de Californie aussi appelée écrevisse signale (*Pacifastacus leniusculus*) est autorisée sous réserve d'en justifier l'origine ; le transport à l'état vivant, qui était interdit, est autorisé depuis 2006 (L 436-14 du CE).

## **I. 2. Réseau trophique**

En plus des conséquences sur les populations d'écrevisses à pattes blanches, ces espèces invasives ont également des effets négatifs sur le milieu et les autres espèces animales et végétales s'y trouvant. Ceci accentue la nécessité de lutte contre les écrevisses exotiques et la préservation des espèces natives. De manière générale, les écrevisses agissent à plusieurs niveaux du réseau trophique tout au long des différents stades de leur vie (Renai et Gherardi 2004), une modification de leur population va donc avoir des impacts importants.

*Austropotamobius pallipes* consomme une grande quantité de végétaux tout au long de sa vie (Scalicia et Gibertinia 2007). Une part importante du régime des juvéniles est composée de

débris organiques et inorganiques, riches en calcium nécessaire durant ces premiers stades de vie où ils vont subir de nombreuses mues. Les débris organiques et les résidus végétaux qui s'accumulent au fond des cours d'eau représentent la source d'énergie et de protéines principale des systèmes aquatiques d'eau douce.

Les invertébrés sont également consommés, principalement chez les juvéniles et les femelles adultes. De même, les mâles en période pré-reproductive consomment une plus grande part de nourriture d'origine animale. Les trichoptères, diptères et crustacés représentent la part la plus importante du compartiment animal du régime. La consommation d'œufs de poisson est également connue (Renai et Gherardi 2004), ainsi que des œufs et larves d'amphibien. La disparition des populations d'écrevisses peut donc avoir des conséquences sur le réseau trophique, au niveau de ses prédateurs tels que la loutre, la truite, le chabot ou encore certains oiseaux, ainsi qu'au niveau de ses proies et des végétaux et donc, indirectement, la production primaire (Holdich 2003, Strenroth et Nyström 2003).

Les écrevisses exotiques, dont l'écrevisse de Californie, ont des régimes alimentaires qui diffèrent des écrevisses natives et souvent un métabolisme plus important. Elles peuvent également s'installer dans des habitats non propices aux espèces natives et donc déstabiliser des écosystèmes au sein desquels les écrevisses étaient absentes. Elles vont avoir des effets négatifs sur les végétaux, macroinvertébrés, certains poissons tels que le chabot ou la loche franche, ainsi que les berges des cours d'eau de par leur activité de fousseurs (Holdich 1999, Peay *et al.* 2009).

### **I. 3. Habitats de l'écrevisse**

La pression exercée par les espèces d'écrevisses invasives est loin d'être le seul facteur affectant *Austropotamobius pallipes* à l'heure actuelle. En effet, l'écrevisse à pattes blanches a également été victime de la dégradation de ses habitats par l'anthropisation des milieux.

Les habitats présents dans le milieu et en particulier la présence de caches est fondamentale pour le maintien de l'espèce (Lerat, Paris et Baran 2006). L'écrevisse à pattes blanches étant lucifuge elle a besoin de caches et de refuges durant la journée, de tailles diverses pour accueillir ses différents stades de vie. Les galets peuvent servir de caches pour les juvéniles (Holdich 2003) qui vont se retrouver dans les interstices de ce substrat. Les adultes peuvent utiliser un large éventail de caches tant que leur taille est suffisante : pierres et blocs, sous-berges, souches et réseaux racinaires immergés pour citer les principaux.

*Austropotamobius pallipes* sera également systématiquement absente des secteurs ayant subi des altérations morphologiques récentes (Lerat, Paris et Baran 2006) tels qu'un curage, une rectification, une agriculture ou sylviculture intensive, de l'urbanisation, enrésinement, débardage, création d'étang et encore drainage des zones humides. Au moins deux populations dans le département des Deux-Sèvres (Holdich *et al.* 2009) ont disparu à la suite de la création ou de la maintenance d'un étang.

Des conditions météorologiques particulières peuvent également conduire à la perte de populations. Ainsi deux sites connus d'*Austropotamobius pallipes* dans le Poitou Charentes ont été perdues quand leurs habitats ont été asséchés lors de l'été 2003 à la suite de fortes chaleurs (Holdich *et al.* 2009). Une population a également disparu en Haute-Savoie dans le ruisseau de Copsy à la suite d'une sécheresse (Tiozzo 2004). Des températures trop basses peuvent aussi affaiblir les individus et conduire à une mortalité non négligeable pendant l'hiver (Holdich 2003).

#### **I. 4. Physico-chimie**

*Austropotamobius pallipes* a longtemps été considérée comme une espèce bioindicatrice d'une très bonne qualité de l'eau, et l'est encore aujourd'hui par un certain nombre d'auteurs. Néanmoins ce statut est aujourd'hui contesté à la suite d'observations de populations dans des milieux de qualité non optimale (Füreder et Reynolds 2003). Il est délicat de fixer des valeurs seuils sur les exigences physico-chimiques de l'espèce. En effet les valeurs varient entre les différentes études sur le sujet, la plupart de ces données ayant comme origine des observations de terrains. Dans ce contexte il est délicat de déterminer quelles valeurs sont véritablement limitatives dans chaque cas.

Ainsi, par exemple, l'écrevisse à pattes blanches a été majoritairement observée dans des cours d'eau bien oxygénés et il est communément admis qu'il s'agit d'un paramètre important pour cette espèce. Des valeurs minimales de 5 mg/L et optimales supérieures à 7 mg/L et 80% de saturation sont souvent citées (Reyjol et Roqueplo 2002). Néanmoins *Austropotamobius pallipes* est capable de survivre en situation d'hypoxie, en effet les étangs et terriers creusés dans les berges sont des habitats naturels de cette espèce et connaissent souvent des baisses du niveau d'oxygène.

Demers *et al.* (2006) ont étudié la réponse d'*Austropotamobius pallipes* à l'hypoxie et aucune mortalité n'a été observée après 12 jours à 3 mg/L O<sub>2</sub> et 30% de saturation. Ils rappellent également que des écrevisses à pattes blanches ont été observées dans de petits étangs avec

0.8 à 5 mg/L d'oxygène dissous mesurés. Néanmoins, ils ont également montré une perturbation au niveau de l'équilibre ionique de l'hémolymphe des écrevisses ce qui met en évidence le stress induit par l'hypoxie. Ainsi, associée à d'autres paramètres en dehors des optimums de l'espèce, une hypoxie pourrait avoir un impact important.

Au cours d'une table ronde (Füreder et Reynolds 2003) Andréanne Demers a par ailleurs expliqué qu'elle avait pu observer que, si des concentrations basses en oxygène ne posaient pas de problème à l'espèce, en ajoutant de faibles concentrations de NH<sub>3</sub> des effets sublétaux étaient observés. Peu d'études s'intéressent à l'effet combiné de deux facteurs ou plus mais ces synergies pourraient expliquer le déclin de certaines populations et être plus justes que des seuils proposés pour chaque paramètre séparément.

Ainsi, même si l'écrevisse à pattes blanches peut être retrouvée dans des conditions éloignées de ses optimums communément admis, il n'en est pas moins vrai qu'elle est majoritairement observée dans des habitats préservés. Cette espèce a une aire originelle de répartition à des niveaux typologiques B4 à B5 (Clerc et Launay 2009) et s'est aujourd'hui déplacée vers les têtes de bassin, à des niveaux B1 à B3, généralement moins soumis aux pressions anthropiques. Ainsi, bien qu'ayant une relative tolérance aux dégradations, les valeurs d'optimum écologique permettent de définir des milieux qui ont une plus grande probabilité d'accueillir des écrevisses à pattes blanches.

Une étude basée sur les données disponibles dans la littérature par Haddaway *et al.* (2015) a déterminé les variables qui semblent impacter la distribution d'*Austropotamobius pallipes* : de fortes valeurs d'oxygène dissous, une conductivité basse ainsi que des concentrations d'ammonium, de sodium, de phosphate et, dans une moindre mesure, des valeurs de sulfate, nitrate, nitrite et MES basses. Ces valeurs sont des marqueurs d'apports anthropiques dans le milieu.

La température de l'eau est également un des facteurs prépondérants en ce qui concerne l'écrevisse à pattes blanches. Si une survie a pu être observée sous la glace entre 1 et 4°C (Lodge et Hill 1994) et jusqu'à 30°C (Holdich 2003), l'optimal de température est de 8 à 19°C (Reyjol et Roqueplo 2002). Des températures prolongées dépassant les 21°C provoquent des perturbations comportementales et physiologiques (Trouilhé 2006) ce qui peut empêcher la survie et le maintien d'une population.

Des valeurs optimales pour l'écrevisse à pattes blanches sont proposées dans le tableau I. Il est néanmoins nécessaire de garder à l'esprit, lors de l'interprétation de mesures physico-

chimiques, que l'espèce peut parfaitement vivre en dehors de ces optimums avec des plages de tolérances beaucoup plus vastes et difficiles à définir précisément. Ces mesures en dehors de ces plages peuvent également être le marqueur de dégradations plus générales sur le milieu et être associées à une perte d'habitats par exemple.

### **I. 5. Toxiques**

*Austropotamobius pallipes* est également sensible aux contaminations, en particulier par les insecticides. Eversole, Whetstone et Seller (1995) ont compilé les valeurs de LC<sub>50</sub> en 96h de nombreux composés utilisés en agriculture et sylviculture, ces valeurs pouvant être aussi faibles que 2µg/L pour le méthoxychlore ou 2,5µg/L pour le perméthrine. Les pyrethroïdes de synthèse (Eversole et Seller 1997) semblent être le groupe le plus toxique pour les écrevisses avec une médiane des LC<sub>50</sub> en 96h de 2,5 µg/L.

Ainsi une contamination aux pyrethroïdes de synthèse a décimé les écrevisses et autres invertébrés aquatiques du ruisseau Sgithwen au Royaume-Uni en 1997 (Howells, Mererid et Slater 2004). Des pesticides, le cyanlochtrine et l'isoproturon (Holdich *et al.* 2009), ont également été impliqués dans la disparition de populations d'écrevisses à pattes blanches dans le Crochet (Vienne).

La recherche de toxiques dans les sédiments peut être envisagée mais nécessite de tester une vaste gamme de molécules ou de connaître les substances susceptibles de contaminer le milieu selon les pressions particulières présentes (Bellanger 2007). Même dans ce cas il est nécessaire de garder à l'esprit que les toxiques peuvent être présents en dessous des seuils de mesure et que certaines substances peuvent disparaître rapidement de l'environnement et qu'il peut donc être difficile de mettre en évidence une contamination ponctuelle.

### **I. 6. Etude des macro-invertébrés benthiques**

La mesure ponctuelle de paramètres physico-chimiques ne peut dans tous les cas suffire à dresser un état du milieu. Les études sur le diagnostic d'un milieu s'accompagnent le plus souvent de l'utilisation d'indices biologiques qui permettent d'intégrer un certain nombre de paramètres, selon les organismes étudiés et sur un laps de temps plus large.

Dans le cas de l'étude des écrevisses l'étude des populations de macro-invertébrés est conseillée. Ces organismes sont les plus utilisés en France et en Europe pour mettre en évidence des pressions anthropiques (Archambault et Dumont 2010). Le peuplement macro-benthique est également sensible à la qualité physico-chimique de l'eau ainsi qu'au

changement morphologique du cours d'eau. L'IBG DCE repose sur la présence ou l'absence de 345 taxons.

Ces derniers ont été sélectionnés en fonction de leur sensibilité aux pollutions organiques (Wasson *et al.* 2006) ce qui semble également être la pollution à laquelle *Austropotamobius pallipes* est la plus sensible (Trouilhe *et al.* 2003), mais ils réagissent également aux contaminations chimiques et toxiques ainsi qu'aux dégradations de l'habitat telles que le colmatage.

Les écrevisses sont elles-mêmes des invertébrés utilisant les substrats au fond des cours d'eau pour se protéger et trouver leur nourriture et font ainsi partie de l'étude du macrobenthos. Il n'est donc pas étonnant qu'un indice tel que l'IBG DCE réponde globalement aux mêmes modifications du milieu que les écrevisses et soit donc l'indice biologique privilégié pour étudier ces organismes.

De manière générale, l'IBG DCE apporte un complément d'information par rapport aux données physico-chimiques en mesurant la qualité du milieu de manière globale et les effets réels des perturbations sur les communautés en place (Agences de l'eau 2000). En effet, l'étude des perturbations par leur effet sur les communautés plutôt que par leur cause permet d'intégrer toutes les variations du milieu et ainsi de prendre en compte des phénomènes de synergies et de compensations difficiles à prévoir.

De nombreuses études (eg. Clerc et Launay 2009, FSPPMA73 2009) préconisaient d'utiliser le protocole MAG 20 (TELEOS 2000) plutôt que l'ancien protocole IBGN jugés trop peu précis pour pouvoir conclure la capacité d'un milieu à accueillir *Austropotamobius pallipes*. En effet, l'IBGN repose sur une liste de 138 taxons dont 38 indicateurs avec la famille comme unité taxonomique de base tandis que le protocole MAG 20 prévoit une identification plus poussée allant en général jusqu'au genre et préconise une identification à la famille lorsque cela est possible. Le MAG 20 propose également 92 taxons indicateurs.

Le protocole IBG DCE étant récent il existe peu de littérature concernant son application dans le cadre de l'étude des écrevisses mais il peut proposer un compromis intéressant entre l'IBGN et le MAG 20. En effet, dans le cadre de l'IBG DCE l'identification est poussée jusqu'au genre pour de nombreux ordres tels que les plécoptères, éphéméroptères, trichoptères ou encore odonates. Douze prélèvements sont effectués contre huit dans le cadre de l'IBGN et vingt pour le MAG 20, ce qui permet une meilleure représentativité que pour l'ancien protocole IBGN mais est plus économe en temps qu'un protocole MAG 20.

De plus, les plécoptères (Grandjean *et al.* 2003) et les éphéméroptères (Grandjean *et al.* 2011) semblent être des groupes particulièrement pertinents pour prévoir la capacité d'un milieu à accueillir l'écrevisse à patte blanche et l'identification est poussée au genre pour ces ordres dans le protocole IBG DCE. Le MAG 20 reste évidemment plus précis puisqu'il prévoit un échantillonnage plus important et peut apporter des informations complémentaires précieuses en particulier dans le cas d'une surface de station importante ou d'un milieu très hétérogène. Il s'agit de choisir le meilleur compromis entre informations et temps d'analyse.

## **II. CONTEXTE DE L'ETUDE**

### **II. 1. Présentation du bassin versant**

Le bassin versant du Chavanon se situe sur le bassin hydrographique Adour-Garonne, dans la partie amont du bassin de la Dordogne (Figure 1). Ce bassin représente une superficie d'environ 472 km<sup>2</sup> correspondant à une zone de tête de bassin, avec un chevelu de cours d'eau dense et environ 914 km de linéaire de cours d'eau, et repose principalement sur un socle magmatique granitique avec un granite à biotite. Des roches métamorphiques telles que les schistes ou gneiss bordent ces formations, une carrière de gneiss est d'ailleurs toujours exploitée en bordure rive droite du Chavanon, sur la commune de Feyt.

Le Chavanon traverse la partie occidentale du Massif Central, les altitudes moyennes sont comprises entre 700 et 800 m d'altitude et des points culminants à 950 m au sud-est. Les vallées du Chavanon et de la Barricade sont encaissées surtout dans la partie aval de ses cours d'eau qui représentent des zones de gorges. La température moyenne annuelle est relativement homogène sur le secteur et comprise entre 8 et 9°C et la pluviométrie est relativement faible avec des précipitations moyennes annuelles comprises entre 700 et 800 mm. L'hiver est la saison la plus arrosée, une partie des précipitations pouvant tomber sous forme de neige.

La faible perméabilité de la roche mère entraîne la présence d'aquifères de surface, une faible capacité de rétention d'eau et une forte densité de drainage. Cela provoque des épisodes d'étiage marqués, en particulier en automne, qui peuvent être préjudiciable aux espèces en place d'autant plus que les cours d'eau sont majoritairement de faible taille avec un module faible.

### **II. 2. Occupation du sol**

Le territoire est très rural, l'activité principale étant l'agriculture et en particulier l'élevage bovin. On observe également des activités sylvicoles avec un taux de boisement du territoire d'environ 20 % d'après l'analyse SIG sur le Corine Land Cover 2012 (Tableau II). Des forêts de feuillus sont encore préservées, couvrant 11,5% du territoire alors que les forêts de résineux représentent 8,4 %.

Le boisement est plus concentré dans la partie de zone de gorges qui sont moins propices à l'agriculture. Les secteurs présentant une forte pente (>30 %), difficilement mécanisables,



représentent 10,6 % de la forêt du bassin, les peuplements de feuillus y étant plus présents. L'activité industrielle est restreinte sur le territoire. On peut tout de même citer la société laitière de Laqueuille qui impacte la Clidane. L'activité touristique est également modeste, concernant principalement les activités autour des étangs telles que la pêche ou la baignade ainsi que le balisage des sentiers.

Les activités anthropiques sur le bassin peuvent être très impactantes pour *Austropotamobius pallipes*. En effet l'agriculture engendre des dégradations de la qualité de l'eau par l'utilisation de produits phytosanitaires ou la mauvaise gestion des effluents. Les berges et sous-berges, habitats importants pour l'espèce, peuvent également être dégradées par le piétinement du bétail ou le franchissement d'engins. Ceci entraîne également une augmentation des MES dans le cours d'eau et peut colmater le reste des habitats de l'écrevisse.

Une prospection des principaux cours d'eau du bassin versant entre 2011 et 2012 (PNR Millevaches 2013) a recensé 172 piétinements de berge ou passages à gué de bétail, 25 franchissements d'engins et 17 zones d'érosion de berge, principalement sur la Méouzette, le ruisseau du Manoux et de Malpeire (Tableau III).

La sylviculture peut également conduire à l'érosion des berges, à l'ensablement du lit du cours d'eau et au colmatage, en particulier dans le cas des boisements de résineux dont le système racinaire ne permet pas une bonne stabilisation des berges (Morelle 2007). Le passage d'engins, le débardage du bois et la coupe rase en bord de cours d'eau sont autant d'opérations pouvant contribuer à la dégradation du milieu. Les produits de traitement utilisés et en particulier les insecticides sont aussi très toxiques pour les écrevisses.

### **II. 3. Étangs et impacts thermiques**

Les étangs sont nombreux sur le bassin du Chavanon, avec 216 étangs recensés, et représentent un des impacts anthropiques majeurs sur le territoire. La gestion des retenues n'est pas toujours adaptée et entraîne des phénomènes d'envasement et d'eutrophisation. Les étangs perturbent également l'écoulement des sédiments et entraînent un réchauffement des eaux de surface (Morelle 2007).

Un suivi thermique réalisé à l'aide de six sondes réparties sur le bassin met en évidence l'impact de ces étangs (Comby 2016). Ainsi les cours d'eau sur la partie amont du bassin (Quérade, Ramade et Méouzette) présentent un régime thermique perturbé tandis que les

cours d'eau de la partie aval (Chavanon, Barricade et Cornes) ont des eaux plus fraîches en lien également avec la présence de ripisylve qui apporte de l'ombre sur les cours d'eau.

Une sonde placée en aval de l'étang de Méouze montre ainsi que les températures moyennes de l'eau de la Méouzette ont dépassé 19°C pendant 33 jours en 2015 avec des températures maximales journalières dépassant les 24°C sur près de 30 jours. Sur la Quérade la température de l'eau dépasse les 19°C sur 46 jours avec des maximales supérieures à 24°C sur 37 jours tandis que sur le ruisseau de Corne la température moyenne journalière dépasse rarement les 19°C (2 jours au total) et les maximales n'excèdent 20°C que sur 2 jours.

L'impact thermique des étangs en amont du bassin présente donc un danger pour l'écrevisse à pattes blanches sur le territoire puisque son optimale de température se situe entre 8 et 19°C et que des températures prolongées dépassant les 21°C peuvent être dangereuses pour le maintien de l'espèce.

#### **II. 4. Données astaciques**

Quelques données sont également disponibles sur la répartition des écrevisses à pattes blanches et des espèces exotiques (figure 2). Ces données proviennent d'une étude sur la répartition des écrevisses en Auvergne (Duperrav 2010) et d'observations lors de pêches électriques sur le bassin.

*Orconectes limosus* et *Pacifastacus leniusculus* sont bien installées sur le bassin avec des observations récentes sur toute la partie Ouest du bassin versant où elles semblent avoir remplacé les anciennes populations d'*Austropotamobius pallipes*. L'écrevisse signal a été observée sur le Chavanon, le ruisseau de la Barricade, le ruisseau de l'Abeille, la Ramade assez haut vers l'amont de ces cours d'eau. Elle a également été retrouvée sur le ruisseau de Feyt et la Méouzette, relativement proche de la confluence avec le Chavanon.

L'écrevisse américaine est également présente sur la Ramade dès l'amont de l'étang et sur toute sa longueur ainsi que sur la Méouzette et le Chavanon. Sur la partie Ouest du bassin versant, des observations précises datant des années 60 à 80 des écrevisses à pattes blanches sont recensées sur la Ramade, le Chavanon, la Méouzette, le ruisseau de l'Abeille et le ruisseau de la Barricade. L'observation la plus récente date de 1987 sur le ruisseau de l'Abeille d'où l'hypothèse de la disparition de l'espèce au profit des espèces invasive sur cette partie du bassin.

La partie Est du bassin semble plus préservée mais *Orconectes limosus* a été retrouvée sur le ruisseau des Cornes, proche de la confluence avec le Chavanon en 2015 et a été signalée sur le Chavanon en 2009, proche entre autre de la confluence avec la Clidane et l'Eau du Bourg. Une vingtaine d'écrevisses à pattes blanches ont été pêchées lors d'une vidange sur le plan d'eau de la piscine alimenté par l'Eau du Bourg il y a une dizaine d'année (R. Gathier, comm. pers.). Mis à part cela, les observations les plus récentes d'*Austropotamobius pallipes* datent de 2003 sur la Clidane et le ruisseau de la Cluze, toutes les autres observations connues sur le bassin datent d'au moins 30 ans.

### **III. PROTOCOLE EXPERIMENTAL**

#### **II. 1. Évaluation des habitats**

Le Nord-Ouest du Chavanon se situe sur une zone de plateau ce qui permet une bonne accessibilité du territoire qui y est plus anthropisé. Les pressions sur les cours d'eau y sont plus fortes avec la présence de nombreux étangs et d'agriculture, en particulier d'élevage bovin. L'étude thermique réalisée sur le bassin (Comby 2016) a montré l'impact des étangs sur cette partie du territoire, la température des cours d'eau y semblant difficilement compatible avec la présence d'écrevisses à pattes blanches.

De plus, la présence d'espèces d'écrevisses invasives y est également une menace pour *Austropotamobius pallipes*. Les études sur le sujet (eg. Holdich *et al.* 2009, Holdich et Sibley 2003) montrent que l'écrevisse à pattes blanches est exclue des zones occupées par les espèces venant d'Amérique du Nord à cause de phénomènes de compétition et de transmission de pathogènes. Leur aire de répartition sur le bassin n'est pas connue mais, au vue des observations ponctuelles, ces espèces semblent avoir largement colonisé toute la moitié Ouest du bassin.

En effet, *Orconectes limosus* et *Pacifastacus leniusculus* ont des exigences écologiques moins restrictives qu'*Austropotamobius pallipes* ce qui leur permet d'occuper un plus grand nombre de milieux, en particulier des eaux plus chaudes (Ibbotson et Furse 1995). Ces espèces sont également plus mobiles que l'écrevisse à pattes blanches et vont activement agrandir leur aire de répartition à raison de plusieurs km par an (eg. Holdich *et al.* 2009 Bubb *et al.* 2004) jusqu'à rencontrer des infranchissables.

Pour ces raisons la partie Ouest du bassin versant semble peu propice au développement de l'écrevisse à pattes blanches. La partie Est semble plus préservée, il paraît donc pertinent de concentrer la présente étude sur ce secteur et seule une station d'étude est localisée dans la partie Ouest du bassin. Les linéaires proposés se concentrent essentiellement sur des ruisseaux de tête de bassin, dans des zones boisées et sont répartis dans les différentes masses d'eau au sens de la DCE. La masse d'eau du Ruisseau des Cornes ayant une superficie et un linéaire de cours d'eau important, deux stations y sont présentes. Le ruisseau de Malpeire se trouvant dans le camp militaire de la Courtine est écarté de l'étude.

Des observations relativement récentes d'écrevisses à pattes blanches ayant été faites sur la Clidane, proche de sa confluence avec le Chavanon, des stations ont également été placées

plus en aval sur ce cours d'eau. Les écrevisses ayant historiquement eu une répartition plus large, en dehors des zones de tête de bassin (Clerc et Launay 2009), il peut être intéressant de rechercher une information sur l'état écologique des cours d'eau en dehors de la zone de tête de bassin même si l'effort ne doit pas y être concentré. La répartition des linéaires étudiés sur les différentes masses d'eau permet d'appréhender la diversité des milieux sur le bassin versant, en particulier du pourcentage de recouvrement par de la forêt ainsi que du relief.

Huit stations au total sont définies :

- La Clidane (station amont) : 4,2 km
- La Clidane (station médiane) : 2,9 km
- La Clidane (station aval) : 2,0 km
- Ruisseau de la Cluze : 7,4 km
- Ruisseau des Cornes : 5,9 km
- Ruisseau de Prestieux : 2,9 km
- L'Eau du Bourg : 3,2 km
- Ruisseau de Feyt : 3,9 km

Soit en tout 32,4 km de cours d'eau.

Les paramètres à relever lors des observations de terrain doivent permettre d'évaluer la proportion d'habitats favorables à l'écrevisse à pattes blanches sur les cours d'eau étudiés.

- Le substrat majoritaire du cours d'eau
- La présence et la surface relative de caches : les caches les plus attractives pour les écrevisses adultes sont les branchages et racines immergées, blocs et hydrophytes (Holdich 2003) qui représentent souvent une faible proportion des substrats présents dans le cours d'eau.
- Le colmatage : le colmatage entraîne une banalisation des habitats benthiques et est donc préjudiciable pour de nombreux macro-invertébrés benthiques sont qui une source alimentaire pour l'écrevisse à pattes blanches. Les juvéniles d'*Austropotamobius pallipes* peuvent également se servir des interstices entre les galets comme caches, un colmatage important va donc directement les affecter.
- L'état des berges et la présence de sous-berges : les écrevisses à pattes blanches se servent également des sous-berges comme caches et peuvent creuser des terriers au niveau des berges. Le piétinement des berges, par le bétail par exemple, cause une destruction d'habitat et apporte une forte quantité de sédiments dans le cours d'eau.

- L'occupation du sol : l'occupation du sol, et en particulier son anthropisation, peut comporter des risques pour les habitats de l'écrevisse et la qualité de l'eau tels que des apports d'azote, de pesticides, d'insecticides (auxquels les écrevisses sont très sensibles) pour le traitement du bois, le piétinement, les traversés du cours d'eaux par des véhicules...etc.
- L'état de la ripisylve : la végétation rivulaire permet de stabiliser les berges, d'apporter de l'ombre sur le cours d'eau et les racines immergées représentent des habitats pour les écrevisses.
- L'ombrage : l'ombrage permet de limiter le réchauffement de l'eau en particulier en été, les écrevisses à pattes blanches étant sensibles aux températures élevées et aux variations rapides de température.
- Les altérations morphologiques sur le cours d'eau : tels que les curages ou les recalibrages, ces altérations ont tendance à banaliser les habitats présents sur les cours d'eau. De plus, de nombreuses disparitions de populations d'écrevisses à pattes blanches ont été observées après des travaux sur les cours d'eau les abritant (Lerat, Paris et Baran 2006) et les populations étant fragmentées à l'heure actuelle, une recolonisation n'est pas toujours possible naturellement, même après une longue période. La présence d'obstacle au franchissement doit également être notée car elle limite la répartition des écrevisses à pattes blanches mais peut également les protéger en les séparant des espèces invasives.
- Autres observations : assecs, affluents, rejets, indices de présence tels que les mues...

### **III. 2. Etudes des macro-invertébrés benthiques**

La première phase d'observation de terrain pour l'étude des habitats permettra de repérer les emplacements les plus pertinents pour l'étude des macro-invertébrés benthiques. Le nombre de stations sera également précisé après ces premières observations, *a priori* de huit maximum. Des portions de cours d'eau jugées trop défavorables à l'écrevisse à pattes blanches pourront être écartées dès l'étude de l'habitat.

Les stations seront placées dans des zones *a priori* favorables à *Austropotamobius pallipes* et selon l'accessibilité de la zone d'étude. Cela doit permettre de juger de la capacité du cours d'eau à abriter l'espèce, éventuellement dans des zones refuges réduites. Cela peut également

permettre de juger de l'habitabilité potentielle que le cours d'eau pourrait atteindre après une restauration de la ripisylve dans les zones les plus détériorées par exemple.

Les macro-invertébrés sont échantillonnés selon le protocole IBG-DCE. La largeur moyenne du cours d'eau est mesurée afin de calculer la longueur nécessaire pour la station, de douze fois la largeur pour un cours d'eau de 8 à 25m de large et de dix-huit fois la largeur pour un cours d'eau de moins de 8m de large. Cela permet d'obtenir une station représentative qui comporte les différents faciès d'écoulements du cours d'eau.

Douze prélèvements par station sont réalisés, répartis selon leur indice d'habitabilité ainsi que leur dominance sur la station afin d'être le plus représentatif possible de la population de macro-invertébrés présente. Les macro-invertébrés sont prélevés à l'aide d'un filet sorber ou havenau de maille 5µm puis conservés dans l'alcool à 70° et à 4°C jusqu'à leur identification au laboratoire.

Ces prélèvements ont été effectués en période de basses eaux selon les recommandations du protocole car il s'agit d'une période susceptible de présenter les plus fortes contraintes pour les macro-invertébrés. Un faible débit va par exemple concentrer les pollutions potentielles.

L'analyse au genre de la plupart des ordres de macro-invertébrés appliquée dans le protocole IBG-DCE est indispensable pour dégager une analyse pertinente par rapport à l'écologie de l'écrevisse à pattes blanches (eg. Clerc et Launay 2009).

### **III. 3. Physico-chimie**

Il est délicat de proposer des valeurs limites de tolérance pour l'écrevisse à pattes blanches, la plupart des données se basant sur des observations de terrain où de nombreux paramètres interagissent simultanément. Ainsi, alors qu'il a longtemps été considéré qu'*Austropotamobius pallipes* n'était présente que dans des eaux de très bonne qualité, de nouvelles observations dans des milieux plus ou moins pollués tendent aujourd'hui à prouver le contraire.

Les valeurs de physico-chimie ne peuvent donc dans tous les cas que donner des informations indicatives, entre autre car elles sont ponctuelles, c'est pourquoi une seule mesure par station IBG-DCE est ici proposée. Ces mesures apportent néanmoins une information complémentaire et peuvent permettre de mettre en évidence une pollution organique du cours d'eau par exemple et préciser les perturbations subies.

Ces mesures permettront principalement de comparer les différentes stations entre elles et il est envisageable d'ajouter des points de mesures si les observations de terrain mettent en évidence des risques particuliers (rejets, signes d'eutrophisation...)

Les mesures réalisées pour cette étude sont :

- L'oxygène (indispensable pour la survie des organismes)
- La température (une température trop basse limite la croissance, une température trop élevée diminue la solubilité de l'oxygène dans l'eau. Des températures prolongées dépassant les 21°C provoquent des perturbations comportementales et physiologiques (Trouilhé 2006))
- L'azote :  $\text{NH}_4$  (peut être lié à une pollution par l'agriculture (engrais) ou aux eaux usées),  $\text{NO}_3$  (lié à une pollution par l'agriculture (eaux résiduelles (élevage), engrais) ou aux sites industriels ou eaux usées) et  $\text{NO}_2$  (peu stable en rivière, on les rencontre lorsqu'il existe un déséquilibre au niveau de l'oxygénation ou de la flore bactérienne de la rivière)
- La conductivité (mesure rapide effectuée sur le terrain, elle peut indiquer une surcharge en nutriments, la présence de rejet miniers ou d'eau usées)
- Le pH



## **IV. RESULTATS**

### **IV. 1. La Clidane, station amont**

#### **IV. 1. a. Évaluation de l'habitat**

La Clidane dans sa partie amont est séparée en deux bras principaux, l'un prenant sa source dans des prés et l'autre dans une forêt de résineux. Cette portion du cours d'eau circule majoritairement dans des prés, situés en zones humides, utilisés pour l'élevage bovin et plusieurs zones de piétinements ont été recensées lors de la prospection. De plus, les résineux sont également assez présents dans les boisements du secteur et participent, avec le piétinement, à un ensablement du cours d'eau.

La ripisylve n'a pas toujours été conservée au niveau des zones de pâturage ce qui risque d'entraîner un réchauffement des eaux durant l'été. De plus la ripisylve apporte des caches pour les écrevisses au niveau des racines immergées ainsi que des branchages qui peuvent tomber dans le cours d'eau. Les caches sont globalement peu présentes dans les portions de prés sans ripisylve bien que quelques sous-berges soient présentes lorsque les berges n'ont pas été détériorées par le piétinement.

Le substrat n'est pas optimal pour l'habitat des écrevisses à pattes blanches car il reste assez fin et n'offre donc pas d'interstices suffisant pour abriter l'espèce. Des zones de pierres et de galets peuvent servir de protection pour les juvéniles mais les blocs sous lesquels sont plus souvent retrouvés les adultes sont très peu présents. La végétation aquatique est par contre bien présente sur ce secteur et peut également servir de caches (Holdich, 2003).

Des portions du cours d'eau, notamment au niveau des zones boisées, offrent des possibilités d'habitats intéressants mais elles sont réduites spatialement et déconnectées les unes des autres. Cinq buses ont également été recensées et peuvent gêner le déplacement de l'écrevisse à pattes blanches.

#### **IV. 1. b. Physico-chimie**

Les mesures à l'amont de la Clidane montrent des valeurs quasi optimales pour l'écrevisse à pattes blanches avec une température fraîche de 12,48°C et une bonne oxygénation du cours d'eau : 8,92mg/L O<sub>2</sub> et 86,35% de saturation. Les valeurs en azote sont faibles et dans la plage optimale pour l'espèce et la conductivité de 61,13µS/cm correspond aux valeurs attendues sur le bassin versant. Seul le pH de 6,38, inférieur aux mesures réalisées sur les autres stations se

trouve en dehors de l'optimal pour *Austropotamobius pallipes* qui préfère les eaux légèrement basiques et a un optimum entre 6,5 et 9,0 unités de pH (Holdich, 2010).

#### IV. 1. c. Étude des macro-invertébrés benthiques

La station se trouve à moins d'1km des sources et le cours d'eau a une largeur moyenne d'un mètre sur la station. Il se trouve sous couvert arboré de feuillus et des prés pâturés se trouvent en amont. L'eau s'est également troublée pendant la réalisation de l'IBG peut-être dû à un passage d'animaux dans le cours d'eau. Les substrats sont peu diversifiés et majoritairement minéraux et fins avec les graviers et le sable représentant respectivement 45 et 48% des substrats sur la station. Seuls deux autres substrats marginaux sont présents : la litière et les racines.

34 taxons ont été identifiés pour un total de 2565 individus dont 1667 Gammarus soit 65% de l'abondance totale sur la station. L'indice de Shanon-Weaver est donc relativement bas, égal à 2,2 avec une équitabilité de 0,44 et un indice de dominance de 0,44. De plus 9 taxons ne sont représentés que par 1 ou 2 individus soit 26% de la diversité due à des taxons peu représentés.

La note équivalent IBG est de 16 avec une robustesse de 16 également, le taxon indicateur étant Chloroperlidae ce qui classe le cours d'eau en bonne qualité. Cette note n'est cependant pas très indicative de l'état du cours d'eau car la station se trouvant très proche des sources la diversité taxonomique y est naturellement réduite ce qui va baisser la note IBGN. La qualité du peuplement de macroinvertébrés semble en effet bonne avec des taxons présents dans tous les groupes indicateurs y compris les plus polluo-sensibles. On peut également noter que les taxons les plus sensibles qui sont les taxons indicateurs pour le calcul de la note, Siphonoperla et Isoperla, sont bien représentés avec 12 et 51 individus, la note équivalent IBGN perdant tout de même un point lorsque l'on supprime les taxons peu représentés.

Le coefficient morphodynamique cb2 est égal à 15,5 avec l'indice nature égal à 9,4 et l'indice de variété de 6,2. L'Iv tombe à 4,8 lorsque l'on ne tient pas compte des taxons peu représentés. Ainsi la qualité de l'eau est très bonne, en accord avec les valeurs obtenues lors des analyses physico-chimiques et la présence de taxons polluo-sensibles. Iv est bien inférieur et met en évidence une diversité des habitats assez faible comme le laissait présager le plan d'échantillonnage (cf annexe). Le peuplement reste bien construit et équilibré avec des taxons présents dans tous les groupes indicateurs. De plus l'indice EPT dénombre 16 taxons et 300 individus soit 47% de la diversité sur la station. Ces ordres étant les plus polluo-sensibles et

les plus liés à la présence de l'écrevisse à pattes blanches, l'étude des macroinvertébrés ne révèle pas de problématique pouvant limiter la présence de l'espèce sur ce cours d'eau.

## **IV. 2. La Clidane, station médiane**

### **IV. 2. a. Évaluation de l'habitat**

Au niveau de cette station la Clidane coule dans des gorges ce qui rend le terrain difficilement exploitable et permet une bonne préservation du cours d'eau. La Clidane s'y écoule entièrement dans des zones boisées, les feuillus y étant très majoritaire. Des résineux sont présents ponctuellement sur quelques mètres au bord du cours d'eau mais restent anecdotiques.

Le substrat est favorable pour l'écrevisse à pattes blanches puisqu'il est composé majoritairement de pierres et de blocs. Quelques zones de dalles sont présentes mais restent assez limitées. De plus, de belles caches sont présentes au niveau des berges au niveau desquelles les écrevisses peuvent s'abriter dans les racines, les souches immergées et les blocs s'y trouvant.

Les écoulements et le substrat sont diversifiés ce qui permet d'assurer un bon habitat pour les différents stades de vie de l'écrevisse. De plus des affluents suffisamment importants (hauteur d'eau  $\geq 5$ cm) sont présents et peuvent leur servir de refuge en cas de pollution du cours d'eau.

Toutefois un cadavre d'écrevisse a été vu pendant la prospection mais a été emporté par le courant avant de pouvoir être identifié. L'absence d'observation récente d'*Austropotamobius pallipes* sur la Clidane alors que l'espèce y était autrefois abondante et la présence d'espèces invasives sur le Chavanon, proche de la confluence avec la Clidane laisse envisager la présence d'*Orconectes limosus* ou de *Pacifastacus leniusculus*. Si cela était confirmé cela signifierait que l'aire de répartition des espèces invasives est plus importante que ce que les observations disponibles actuellement laissent présager, le cadavre de l'écrevisse ayant été retrouvé à plus de 10 km de la confluence avec le Chavanon et de l'observation la plus proche d'écrevisse exotique.

### **IV. 2. b. Physico-chimie**

Les valeurs de température, d'oxygène et de pH se trouvent dans les optimums pour l'écrevisse à pattes blanches avec une eau à 13,42°C et une concentration en oxygène de 9,90mg/L et 95,86% de saturation. La conductivité est basse ainsi que les valeurs de l'azote

sauf pour les nitrates légèrement supérieur à l'optimum avancé dans la littérature pour *Austropotamobius pallipes* de 5mg/L qui est ici égal à 7mg/L. L'écrevisse à pattes blanches a cependant été retrouvée dans des milieux contenant des concentrations de nitrates bien plus importantes et cette valeur ne semble donc pas compromettre la capacité du milieu à accueillir cette espèce. Cette concentration pourrait néanmoins être problématique dans le cas de synergie avec d'autres pressions potentielles.

#### IV. 2. c. Étude des macro-invertébrés benthiques

L'identification des macro-invertébrés n'a pas pu être complétée avant la date de rendu du rapport et sera effectuée ultérieurement. Il a été choisi de ne pas exploiter cette station de manière prioritaire car le peuplement de macro-invertébrés benthiques avait déjà été étudié sur deux points de la Clidane.

### **IV. 3. La Clidane, station aval**

#### IV. 3. a. Évaluation de l'habitat

La Clidane circule également dans des zones de gorges à cet endroit mais certaines portions longent des terrains qui ont un relief doux et sont exploités pour l'élevage bovin. La Clidane reste en majorité sous couvert arboré, les arbres étant uniquement des feuillus. Le substrat est diversifié et semblable à la station médiane sur le cours d'eau avec une majorité de pierres et blocs qui représentent de bonnes caches pour les espèces astacicoles.

Les écoulements sont diversifiés et de belles caches sont également présentes au niveau des berges dans les racines des arbres. Des zones de piétinements et des effondrements de berges ont été observés lors de la prospection au niveau des prés mais restent relativement peu importants sur le linéaire. Quelques résineux sont également présents mais également peu étendus.

Un des affluents de la Clidane a aussi été prospecté mais semble difficilement accessible aux écrevisses car il est enterré sur une centaine de mètres et possède une hauteur d'eau très faible ainsi qu'un colmatage organique important. L'affluent n'était pas en eau sur toute sa longueur au moment de la prospection début juillet, l'assec pouvant devenir encore plus important au cours de l'été. D'autres affluents sont néanmoins présents sur la portion aval de la Clidane et n'ont pas été prospectés et il est possible qu'ils représentent des zones d'accueil de l'écrevisse à pattes blanches.

#### IV. 3. b. Physico-chimie

Les mesures physico-chimiques sur cette station reflètent des valeurs presque optimales pour *Austropotamobius pallipes* avec une température de l'eau de 13,83°C, un taux d'oxygène de 9,96mg/L et 96,29% de saturation ainsi qu'une conductivité de 88,35  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ce qui correspond aux valeurs attendues sur le bassin versant du Chavanon qui est granitique conduisant à une eau peu minéralisée. Les mesures des différentes formes de l'azote sont toutes en dessous des seuils de détection sauf les nitrates mesurés à 7mg/L ce qui est supérieur à la valeur optimale de 5mg/L.

#### IV. 3. c. Étude des macro-invertébrés benthiques

La station IBG aval de la Clidane se situe proche d'habitations, entre deux ponts avec un seuil présent sur la station, quelques substrats artificiels étant tombés dans l'eau. Le cours d'eau est rectiligne et longe la ligne de chemin de fer, la ripisylve est entretenue en rive droite avec une ligne de résineux planté à 1m de la berge et une plaine faucardée est présente en rive gauche. Le substrat est majoritairement minéral, les pierres/galets et les blocs représentant respectivement 42 et 44% de la station.

45 taxons ont été identifiés pour un total de 1511 individus. L'indice de Shannon-Weaver est égal à 3,6, l'équitabilité à 0,66 et l'indice de dominance à 0,14 ce qui correspond à un peuplement diversifié et une bonne répartition des différents individus entre les taxons. La note équivalent IBGN est de 17, robustesse de 16 ce qui situe la station entre une très bonne et une bonne classe de qualité. Le  $cb_2$  est égal à 15,5 avec  $In$  égal à 9,1 et  $Iv$  égal à 6,4. La station possédant deux substrats majoritaires représentant 86% de la station, l'indice de variété n'est pas très élevé ce qui fait baisser la note.

23 taxons EPT sont présents représentant 567 individus c'est-à-dire 51% de la diversité et 37% de l'abondance sur la station. Des taxons représentatifs de tous les groupes indicateurs sont présents, les taxons les plus polluo-sensibles ainsi qu'une bonne diversité d'exigences écologiques étant représentés. Il faut cependant noter que 18 taxons ne sont représentés que par un ou deux individus ce qui représente 40% des taxons. En ne tenant pas compte de ces taxons la note équivalent IBGN passe à 15, robustesse 15, la note de 17 semble donc peu solide et le cours d'eau plutôt en classe de qualité bonne.

On remarque également que le genre *Gammarus* est quasiment absent de la station avec un seul individu retrouvé bien que des bryophytes aient été échantillonnées et que ce taxon soit bien représenté sur les autres stations étudiées. Les gammares sont particulièrement sensibles

aux produits phytosanitaires tels que les insecticides. Les écrevisses à pattes blanches étant également très sensibles aux insecticides une telle pollution pourrait être limitante pour leur accueil sur le cours d'eau.

Quelques résineux ont été observés le long de la Clidane, ces derniers étant souvent traités avec ce genre de produits mais ils restent assez rares le long du cours d'eau. Les lignes de chemin de fer utilisent également souvent ces produits pour traiter les planches de bois utilisées. La station se situe proche de la ligne d'Eygurande - Merlines à Clermont-Ferrand, mise en service en 1881 et ayant subi des travaux de modernisation récemment, entre 2012 et 2013. Néanmoins le tronçon entre Eygurande - Merlines et Laqueuille a été fermé en 2014 par faute d'entretien. Les produits phytosanitaires peuvent néanmoins être fortement rémanents et avoir des effets sur les organismes aquatiques des années après leur utilisation.

#### **IV. 4. Le ruisseau de la Cluze**

##### **IV. 4. a. Évaluation de l'habitat**

Le ruisseau de la Cluze ainsi qu'une partie du ruisseau de Ganne ont été prospectés. Ces deux cours d'eau se rejoignent pour former le ruisseau de la Loubière, la prospection ayant débuté environ 200m en aval de cette confluence. Une prospection de nuit dans le cadre de la recherche des écrevisses à pattes blanches avait été effectuée en 2015 sur le ruisseau de Ganne, en amont de la partie prospectée dans le cadre de ce stage, mais aucune écrevisse n'avait pu être contactée et plusieurs étangs et obstacles avaient été recensés ainsi que des problèmes de piétinements et de colmatage organique.

Au niveau du ruisseau de Ganne le substrat est diversifié et intéressant pour l'écrevisse avec la présence de gravier, pierres et blocs et quelques sous-berges sont présentes. Néanmoins le cours d'eau s'écoule au milieu de prés avec plusieurs zones de piétinements bien qu'une partie du ruisseau a été mis en défens. Un seul boisement est présent en rive droite sur environ 200m et est composé de résineux. Des arbres ont tout de même été conservés le long du cours d'eau apportant de l'ombre et des caches potentielles. Le colmatage n'a pas été observé sur cette portion.

Au niveau du bras rive gauche du ruisseau de la Cluze des piétinements sont également présents ainsi qu'une zone avec des passages de véhicules directement dans le cours d'eau. Le cours d'eau circule toujours dans des zones utilisées pour l'agriculture. Un boisement de

feuillus un peu plus important est présent en rive droite sur environ 400m. Les berges sont érodées par endroit et le cours d'eau passe plusieurs fois sous la ligne de chemin de fer ainsi que sous la route avec une buse bien que la plupart des aménagements soient des ponts ne présentant pas de difficultés de franchissement.

Le colmatage organique est présent sur ce bras du cours d'eau et la ripisylve n'est pas toujours conservée. Un rejet est également présent à l'aval immédiat du lieu-dit La Cluze. Le colmatage devient très important en amont des habitations et prend une couleur rouge typique de la présence de fer sur quelques centaines de mètres et obstrue les habitats ce qui rend le cours d'eau peu propice pour les écrevisses.

Le deuxième bras du ruisseau de la Cluze est également colmaté et le sable est plus présent. Le cours d'eau circule en bonne partie dans des forêts de résineux et le substrat est plus fin avec des alternances entre le sable et gravier et les pierres et galets, les blocs étant rares. Des racines au niveau des berges et les sous-berges peuvent servir de caches ainsi que les branchages tombés dans le cours d'eau. Les berges sont également argilo-limoneuses ce qui permet aux écrevisses de creuser des terriers. Le niveau d'eau était bas lors de la prospection et les écoulements lents ne sont pas suffisants sur tout le linéaire pour accueillir *Austropotamobius pallipes*. Plusieurs buses sont également présentes et des zones de piétinements se trouvent au niveau des prés.

#### IV. 4. b. Physico-chimie

Les mesures physico-chimiques sur la Cluze montrent les valeurs les moins bonnes sur les différentes stations étudiées par rapport aux exigences de l'écrevisse à pattes blanches mais restent majoritairement largement dans la gamme des optimums de l'espèce. La température qui y est la plus élevée avec 15°C se trouve néanmoins entre 8 et 19°C. Les valeurs en oxygène sont également assez basses par rapport aux autres stations, proches des résultats sur la Clidane amont, avec 8,74mg/L d'O<sub>2</sub> et 88,5% de saturation, supérieur aux 7mg/L optimaux. La conductivité est relativement élevée par rapport aux valeurs attendues sur le bassin versant avec 231µS/cm. Des habitations avec un rejet directement dans le cours d'eau ont été observées un peu moins de 2km en amont de la mesure. La valeur de nitrate est également la plus élevée des mesures effectuée avec 9mg/L.

#### IV. 4. c. Étude des macro-invertébrés benthiques

L'identification des macro-invertébrés n'a pas pu être complétée avant la date de rendu du rapport et sera effectuée ultérieurement. Il a été choisi de ne pas exploiter cette station de manière prioritaire car le substrat est colmaté et donc moins propice aux écrevisses à pattes blanches.

### **IV. 5. Le ruisseau des Cornes**

#### IV. 5. a. Évaluation des habitats

L'amont du ruisseau des Cornes se compose de deux bras principaux et longe ou traverse plusieurs zones boisées et de nombreux prés. 18 buses ont été recensées sur les 6km de cours d'eau prospectés, le linéaire sera donc difficile à coloniser pour l'écrevisse. Le ruisseau des Cornes possède des zones avec un substrat intéressant composé de pierres voire de blocs, néanmoins des portions importantes du cours d'eau sont également ensablées et un léger colmatage est visible, potentiellement dû aux nombreux piétinements repérés le long des berges.

De plus un étang est présent à la source de chaque bras et plusieurs se trouvent sur les affluents du ruisseau des Cornes. Ces étangs peuvent également participer aux problèmes de sédiments dans le cours d'eau et induire un réchauffement de l'eau. Quelques résineux sont présents mais la grande majorité des boisements est composée de feuillus. Lorsque le cours d'eau traverse des boisements assez denses le ruisseau des Cornes présente des habitats intéressants pour l'écrevisse avec la formation de quelques sous-berges et la présence de branchages offrant des caches. Le cours d'eau y est plus méandrique et les écoulements plus diversifiés.

Au niveau des prés la végétation rivulaire est variable, les arbres et arbustes étant entièrement absents sur un linéaire important du cours d'eau tandis que des bandes arborées ont été conservées par endroit. Cette absence de ripisylve conduit à d'importante portion de cours d'eau peu propice pour l'écrevisse à pattes blanches.

#### IV. 5. b. Physico-chimie

Les mesures effectuées sur le ruisseau des Cornes reflètent une température fraîche de l'eau à 12,8°C et une oxygénation optimale pour l'écrevisse à pattes blanches avec 9,55mg/L d'oxygène et un taux de saturation de 92,4%. La conductivité faible de 52,82µS/cm est



cohérente avec les valeurs connues sur le bassin versant. Les valeurs d'azote total et d'azote Kjeldahl sont inférieures aux seuils de détection néanmoins la mesure de nitrate est supérieure à la valeur optimale pour *Austropotamobius pallipes* avancée dans la littérature (6mg/L contre 5mg/L de valeur optimale).

#### IV. 5. c. Etude des macro-invertébrés benthiques

La station IBG-DCE pour le ruisseau des Cornes a été placée au niveau d'un boisement de feuillus, des prairies pâturées se trouvant en amont et en aval. Un étang se situe également 600m en amont de la station. A cet endroit de très nombreuses racines sont présentes représentant le substrat majoritaire sur la station.

Le peuplement de macro-invertébrés est diversifié avec 50 taxons identifiés. Le nombre d'individus est important dû principalement à un très grand nombre de Chironomidae et Simuliidae qui peut être expliqué par l'échantillonnage des racines qui abritent souvent une quantité importante de diptères. Ainsi l'équitabilité de 0,42 et l'indice de dominance de 0,33 indiquent un peuplement moins équilibré que sur les autres stations, néanmoins les ordres autres que les diptères ont des abondances du même ordre de grandeur à ce que l'on retrouve sur le reste du bassin.

La note équivalent IBGN est de 18, robustesse de 18, ce qui classe le cours d'eau en très bonne qualité. In est égal à 9,3 et Iv à 7,7 pour un coefficient d'aptitude biogène total de 17,0. La qualité de l'eau semble donc très bonne, en accord avec les valeurs physico-chimiques mesurées, et un habitat également de bonne qualité bien que faisant un peu baisser la note. La station possède en effet un substrat largement majoritaire par rapport aux autres et le sable, assez peu biogène représente 20% de la station.

L'indice EPT, considérant les genres les plus polluo-sensibles et les plus liés à la présence de l'écrevisse à pattes blanches, dénombre 24 taxons et 1040 individus ce qui en fait la station la plus riche de cette étude. On remarque tout de même l'absence de Siphonoperla et Chloroperla deux genres de plécoptères appartenant à la famille des Chloroperlidae (groupe indicateur de 9) qui sont présents sur d'autres stations du bassin versant. Des taxons représentatifs de tous les groupes indicateurs sont néanmoins présents la station est donc capable d'accueillir des taxons très polluo-sensibles et l'absence d'un taxon peut être due à une distance trop élevée à parcourir pour les individus pour coloniser les différents ruisseaux de têtes de bassin du territoire.

A noter cependant que 11 taxons sont peu représentés (nombre d'individus  $\leq 2$ ) dont *Isoperla* appartenant à la famille des Perlodidae, groupe indicateur de 9. En ne tenant pas compte de ces taxons la note équivalent IBGN passe à 17 et l'indice de variété à 6,6 ce qui relativise un peu ces indices.

Dans l'ensemble le peuplement de macro-invertébrés est de très bonne qualité et diversifié, des taxons très différents, répartis sur l'ensemble des groupes indicateurs étant présents, le milieu offrant donc les conditions nécessaires au développement d'espèces avec des exigences variées.

#### **IV. 6. Ruisseau de Prestieux**

##### **IV. 6. a. Évaluation de l'habitat**

Le ruisseau de Prestieux dans sa partie amont se trouve principalement dans des zones agricoles utilisées pour l'élevage bovin. Il s'agit d'un cours d'eau de faible calibre, d'environ 1m de large en moyenne et se resserrant jusqu'à 20cm par endroit. Le cours d'eau présente des problèmes d'ensablement qui peuvent être dû au piétinement. Un étang est également présent sur le linéaire prospecté ainsi qu'une exploitation de résineux mais ces pressions semblent moins importantes que l'élevage.

L'ombrage sur le cours d'eau est variable, la ripisylve ayant été plus ou moins conservée dans les prés. Le substrat est assez fin, les graviers et le sable dominant sur la majorité du linéaire et du colmatage est visible. Quelques zones de pierres et galets sont néanmoins toujours présentes et peuvent présenter des habitats intéressants pour l'écrevisse lorsqu'elle se trouve dans des secteurs boisés qui vont également apporter des racines, branchages et de l'ombrage au cours d'eau et éviter le piétinement par les bovins. Ces zones boisées sont malheureusement minoritaires.

Des zones avec une turbidité importante de l'eau et des effondrements de berges attestent des problèmes de piétinements de ces berges qui ne permettent pas de conserver les habitats nécessaires aux populations d'*Austropotamobius pallipes* sur la majorité du linéaire. Sept buzes ont également été recensées et le cours d'eau semble avoir été linéarisé au niveau de certains champs avec une incision du lit. Une exploitation de résineux est également présente.

#### IV. 6. b. Physico-chimie

La température de l'eau sur le ruisseau de Prestieux a été mesurée à 13,04°C ce qui correspond à une température optimale pour l'écrevisse à pattes blanches. L'eau est également bien oxygénée avec 9,54mg/L d'O<sub>2</sub> et 92,15% de saturation. La conductivité est faible, dans la moyenne du bassin versant. Le pH quant à lui est en-dessous de la moyenne des mesures effectuées, à 6,66. L'optimum de pH pour l'écrevisse se trouve entre 6,5 et 9,0, le ruisseau de Prestieux reste donc dans cette gamme mais cette acidification devra être surveillée dans le cadre du suivi de l'écrevisse à pattes blanches et pourrait être due à l'exploitation de résineux. Les mesures de l'azote sont en-dessous des seuils de détection sauf pour les nitrates à 9 mg/L.

#### IV. 6. c. Étude des macro-invertébrés benthiques

La station se trouve sous couvert arboré de feuillus en amont immédiat de prés pâturés. Les restes d'une clôture qui n'est plus entretenue se trouvent en rive droite et des traces de passage de vaches ont été observées proche du cours d'eau au niveau de la station. La ripisylve étant maintenue et non entretenue le pâturage n'est cependant sans doute pas important.

41 taxons ont été recensés pour un total de 1944 individus. L'indice de Shannon-Weaver est égal à 3,6, l'équitabilité à 0,68 et l'indice de dominance à 0,13 le peuplement est donc diversifié et équilibré. À noter tout de même que les Chironomidae et Simuliidae représentent à eux seuls 694 individus dont 557 (28,7% du total d'individus dénombrés) dans les substrats marginaux qui sont pour cette station la litière et les racines.

La note équivalent IBGN est de 17, robustesse de 17 avec Chloroperlidae comme taxon indicateur. Des taxons sont présents dans tous les groupes indicateurs mais sont plus nombreux dans les groupes peu polluo-sensibles avec 3 taxons présents dans les groupes 1 et 3 et 6 taxons pour le groupe 2 contre 1 ou 2 taxons dans les autres groupes. Les nombres d'individus restent néanmoins assez hauts dans les taxons les plus polluo-sensibles avec 33 individus dans le groupe 1 et 176 individus dans le groupe 3. Huit taxons sont peu représentés et le calcul de la note sans tenir compte de ces individus la fait baisser d'un point.

Le cb2 est égal à 15,1 avec In=8,5 et Iv=6,6. Comme pour le reste des ruisseaux étudiés l'indice variété est plus faible que l'indice nature ce qui indique que la diversité habitacionnelle est principalement limitante. Néanmoins l'indice nature est plus bas que sur les autres stations où il est toujours supérieur à 9. La qualité de l'eau est donc peut-être moins

bonne que sur le reste des stations mais sa valeur de 8,5 reste bonne et proche des autres valeurs calculées.

Les taxons EPT représentent 16 taxons et 555 individus soit 39% de la diversité et 28,5% de l'abondance sur la station. La diversité en éphéméroptères est parmi les plus basses des stations étudiées avec seulement 3 taxons mais a un nombre relativement important d'individus puisque 160 Baetis ont été dénombrés. Une diversité plus importante en éphéméroptère a été retrouvée sur le ruisseau des Cornes et la station aval de la Clidane qui sont des stations très différentes. La station amont de la Clidane ainsi que l'Eau du Bourg qui sont plus comparables avec le ruisseau de Prestieux ont 2 et 4 taxons dans l'ordre des éphéméroptères les résultats semblent donc cohérents.

## **IV. 7. L'Eau du Bourg**

### **IV. 7. a. Évaluation de l'habitat**

L'eau du Bourg, dans sa partie amont, est un petit cours d'eau ne dépassant pas 2 ou 3m de large, avec une largeur inférieure à 50cm sur certains portions. Le ruisseau se trouve majoritairement dans des zones humides et sous couvert forestier, sous une forêt de feuillus dans sa partie plus aval et une exploitation de résineux dans sa partie amont. L'Eau du Bourg suit l'autoroute A89, un bassin d'orage se situant proche du cours d'eau lorsqu'il croise l'autoroute proche de ses sources.

Le cours d'eau subit peu de pression agricole par rapport par rapport à la majorité des autres cours d'eau du bassin versant et une ripisylve arborée est présente sur presque tout le linéaire prospecté. Celle-ci est généralement conservée sur au moins une dizaine de mètres lorsqu'un pâturage est proche du cours d'eau. L'Eau du Bourg est presque entièrement ombragée.

Le substrat est variable et est fin par endroit avec une dominance de sable mais des zones de pierres et galets apportent de la diversité et quelques secteurs présentent des blocs pouvant servir de caches. La végétation assure également la présence de souches et racines immergées et les berges argilo-limoneuses peuvent être creusées par les écrevisses. Les écoulements sont diversifiés et de nombreuses petites chutes de quelques dizaines de cm de hauteur apportent de l'oxygénation.

Plusieurs étangs sont néanmoins présents directement sur le linéaires et peuvent poser des problèmes de transfert de sédiments, de réchauffement de l'eau, de modification de la

physico-chimie de l'eau ainsi que de franchissabilité. Des résineux sont également présents jusqu'aux abords du cours d'eau. Lors de la prospection une coupe raisonnée était visible au niveau de l'exploitation en amont ce qui permet de limiter l'impact par rapport à une coupe à blanc. Quelques caches sont conservées même dans ce secteur, néanmoins cette portion du cours d'eau est visiblement ensablée. La partie la plus apicale, après avoir traversé l'autoroute, est également linéarisée et incisée sans caches.

#### IV. 7. b. Physico-chimie

L'eau du Bourg a une eau fraîche à 12,75°C et une bonne oxygénation (9,47mg/L d'O<sub>2</sub> et 90,70% de saturation). Les valeurs en azote sont également faibles, en dessous des seuils de détection sauf pour les nitrates mesurés à 3mg/L c'est-à-dire une valeur optimale pour l'écrevisse à pattes blanches. Néanmoins la valeur de conductivité est de 245µS/cm c'est-à-dire trois à quatre fois plus élevée que sur les autres stations. Aucun rejet n'a été observé lors de la prospection du cours d'eau. Cette augmentation de la conductivité pourrait être due aux écoulements provenant de l'autoroute A89.

#### IV. 7. c. Étude des macro-invertébrés benthiques

La station se situe sous couvert arboré de feuillus en amont des étangs. Aucune altération morphologique n'est visible. Le substrat est majoritairement minéral avec les pierres/galets et le sable représentant 40 et 38% de la station respectivement.

40 taxons ont été identifiés sur 1441 individus. L'indice de Shannon-Weaver est de 3,0, l'équitabilité est égale à 0,57 et l'indice de dominance à 0,22 le peuplement est donc relativement bien équilibré bien que 15 taxons ne soient représentés que par 1 ou 2 individus soit 37,5% des taxons. Trois taxons sont majoritaires : les gammares (560 individus), les Chironomidae (336 individus) et les Simulidae (133 individus) ce qui explique que la note d'équitabilité ne soit pas plus haute.

La note équivalent IBGN est égale à 17 avec une robustesse de 17 mais tombe à 15 si l'on supprime les taxons peu représentés ; cette note est donc potentiellement surestimée. L'indice In est égal à 9,7 et l'indice Iv à 6,8 soit un cb2 égal à 16,5. Comme sur le reste des stations, l'indice nature est très élevé et l'indice de variété plus faible ce qui correspond à une eau de bonne qualité mais une diversité habitationnelle non optimale.

L'indice EPT dénombre 16 taxons et 279 individus ce qui est plus faible de d'autres stations du bassin versant. Ces valeurs se rapprochent néanmoins de la station amont de la Clidane qui

est une station d'une taille proche. Les taxons EPT représentent ici 40% de la diversité ce qui est plus faible que les sur les autres stations où elle représente 47 à 51% de la diversité totale. Cependant, des taxons de tous les groupes indicateurs sont présents dont des taxons très poluo-sensibles tels que Siphonoperla et Isoperla ce qui assure le potentiel de la station à héberger ces taxons les plus sensibles et ce malgré la pollution potentielle associée à une conductivité augmentée de l'eau.

#### **IV. 8. Le ruisseau de Feyt**

##### **IV. 8. a. Évaluation de l'habitat**

Le ruisseau de Feyt se situe dans la partie Nord-Ouest du bassin versant du Chavanon, proche de la limite Nord du département de la Corrèze. Le cours d'eau ne dépasse pas les trois mètres de large et a une largeur moyenne d'environ un mètre avec des zones très resserrées jusqu'à 20 cm de large. Le cours d'eau traverse de nombreux prés sans mise en défens et des zones de piétinements sont présentes. De longues portions du linéaire sont dépourvues de ripisylve et donc d'ombrage.

Dans les zones boisées traversées le ruisseau est plus méandriforme mais la présence de résineux est importante ce qui limite la présence de racines au niveau des berges et apporte peu de caches pour les écrevisses. Des étangs sont également présents, dès l'amont de certains bras et tous ces paramètres associés provoquent un ensablement important du cours d'eau. En effet, le sable est le substrat majoritaire sur le cours d'eau et il colmate les zones de granulats plus grossiers lorsque les pierres et les galets sont présents. Quelques zones de blocs sont présentes et peuvent alors être de bonnes caches mais elles restent très restreintes et déconnectées les unes des autres.

Les caches sont donc rares sur le linéaire prospecté, seules quelques zones conservant une végétation arborée de feuillus permettant d'apporter des souches et racines immergées. Bien que le substrat y soit généralement toujours fin, ces caches peuvent suffire à abriter des écrevisses. Néanmoins le cadavre d'une écrevisse signal a été retrouvé sur la berge à moins d'1km des sources. De nombreux étangs étant présents et les écrevisses exotiques y étant souvent introduites illégalement il est possible que l'écrevisse signal soit présente sur tout le

linéaire de ce cours d'eau, sa présence étant également avérée sur des cours d'eau proches de cette partie du bassin versant.

#### IV. 8. b. Physico-chimie et étude des macro-invertébrés

La prospection le long du cours d'eau ayant mis en évidence un fort ensablement du cours d'eau, un habitat dégradé peu propice aux populations d'*Austropotamobius pallipes* et la présence d'écrevisses exotiques, il a été choisi de ne pas poursuivre l'étude de cette station jugée non adéquate pour l'écrevisse à pattes blanches.

## V. DISCUSSION

Le bassin versant du Chavanon subit de nombreuses pressions pouvant porter atteintes aux populations d'écrevisses à pattes blanches et expliquer l'absence d'observations récentes de l'espèce qui colonisait pourtant initialement une large aire de répartition. La partie Ouest du bassin versant est particulièrement impactée avec une forte densité d'étangs qui est plus importante que sur l'Est du bassin. Ces étangs sont particulièrement problématiques pour le maintien des populations d'*Austropotamobius pallipes* car, en plus d'induire des problèmes de réchauffement de l'eau, de franchissabilité et de transfert de sédiments, des espèces invasives d'écrevisses exotiques y sont souvent introduites illégalement. En effet ces espèces se reproduisant plus rapidement et ayant une croissance plus importante que les espèces autochtones elles peuvent être appréciées par les pêcheurs.

La partie Ouest du bassin versant se trouve également sur une zone de plateau très largement occupée par l'élevage bovin. Cette activité est également présente sur la partie Est du bassin mais une partie des cours d'eau, en particulier la Clidane y circule dans des zones de gorge ce qui leur permet d'être plus préservées. La prospection du ruisseau de Feyt sur la partie de plateau a mis en évidence tous les impacts attendus sur un cours d'eau de cette partie du bassin versant. De nombreux étangs y sont présents et le cours d'eau circule dans des prés sans mise en défens avec du piétinement entraînant un ensablement du cours d'eau. Le cours d'eau est souvent linéarisé au niveau des prés et la ripisylve est peu conservée. La présence d'un cadavre d'écrevisse signal confirme également la présence d'espèces invasives.

L'étude thermique sur les cours d'eau du bassin versant a également mis en évidence des températures problématiques pour l'écrevisse à pattes blanches sur toute cette partie du territoire qui semble donc peu propice à l'accueil de population d'*Austropotamobius pallipes*.

La prospection de 28,5km de cours d'eau sur la partie Est du bassin versant a également mis en évidence une forte pression agricole. En effet, une partie de la Clidane circule dans des gorges et est assez préservée mais le reste des cours d'eau de tête de bassin circulent majoritairement dans des prés utilisés pour le pâturage. La Clidane possède un habitat potentiel pour l'écrevisse à pattes blanches intéressant avec de nombreuses caches, des écoulements diversifiés et un substrat de tailles variées assurant des refuges pour les différentes classes d'âge des écrevisses. Néanmoins l'absence de gammares sur l'IBG-DCE réalisé à l'aval de la Clidane peut laisser envisager une pollution par des produits tels que les



insecticides. Une telle pollution pourrait expliquer la disparition des écrevisses à pattes blanches sur ce cours d'eau qui abritait une belle population jusqu'au début des années 2000. Néanmoins aucune cause évidente n'a été observée et cette hypothèse ne peut être confirmée sans analyses complémentaires de recherches de toxiques.

Au niveau des têtes de bassin l'élevage bovin entraîne une destruction des berges et un ensablement plus ou moins marqué des cours d'eau, souvent accompagné d'une linéarisation et d'une perte de la ripisylve. Les mesures physico-chimiques montrent des valeurs en nitrates supérieures à la valeur optimale de 5mg/L sur presque tous les points d'analyse mise à part l'Eau du Bourg (3mg/L) et l'amont de la Clidane (5mg/L). Néanmoins les valeurs restent basses, presque toujours en-dessous les seuils de détection pour l'ammonium, l'azote Kjeldahl et les nitrites. Il faut cependant garder à l'esprit qu'il s'agit de mesures ponctuelles et que des pics de concentration d'azote peuvent survenir en particulier après des précipitations qui vont lessiver les sols.

Au niveau des zones boisées les cours d'eau sont beaucoup plus méandriformes et les substrats plus diversifiés. Les souches et les racines étant des caches utilisées par les écrevisses, ces zones présentent des habitats beaucoup plus intéressants pour *Austopotamobius pallipes*. L'étude des macro-invertébrés benthiques a été réalisée sur ces zones propices aux écrevisses et met en évidence des peuplements de bonne qualité avec une diversité importante bien que les stations aient été placées assez proches des sources. De plus des taxons très poluo-sensibles sont présents et les ordres de plécoptères, trichoptères et éphéméroptères représentent entre 39 et 51 % de la diversité et 12 et 37% de l'abondance retrouvées. Ces résultats semblent donc refléter des zones adaptées aux exigences de l'écrevisse à pattes blanches.

Les mesures physico-chimiques montrent également des températures de l'eau fraîches entre 12,48 et 15,0°C. Le mois de juillet 2016 ayant eu des températures correspondant globalement à la moyenne historique, voire un peu plus chaud en fin de mois ces données sont une bonne indication de la température de l'eau sur les cours d'eau du Chavanon durant les mois chauds d'été. L'eau est également bien oxygénée entre 8,74 et 9,96mg/L d'O<sub>2</sub>. A noter tout de même que l'amont de la Clidane et le ruisseau de Prestieux ont des valeurs de pH basses par rapport aux exigences de l'écrevisse à pattes blanches (respectivement 6,38 et 6,66) et que la conductivité semble anormalement élevée sur la Cluze et l'Eau du Bourg (respectivement 231 et 245µS/cm contre 70µS/cm de moyenne sur les autres stations).

Les zones boisées sont malheureusement relativement restreintes et déconnectées les unes des autres. Les larges zones dépourvues de caches ainsi que les nombreuses buses présentes, en particulier au niveau des prés, vont poser des problèmes pour le déplacement des écrevisses. *Austopotamobius pallipes* n'ayant pas été observée récemment, ses populations sont probablement peu abondantes et limitées à des zones refuges. La déconnexion des zones favorables à l'espèce va participer à la fragmentation des populations et rendre les individus particulièrement sensibles à des pollutions ponctuelles car elles ne pourront pas trouver refuge dans des zones annexes. Cette fragmentation risque également d'appauvrir la diversité génétique de l'espèce et donc la rendre plus vulnérable.

Les ruisseaux des têtes de bassin du Chavanon ont donc le potentiel tant au niveau habitationnel qu'au niveau de la qualité de l'eau pour abriter des populations d'écrevisses à pattes blanches néanmoins la déconnexion des habitats favorables par les zones agricoles ainsi que la menace représentée par les espèces allochtones présentes sur le bassin versant représentent des risques importants pour le maintien d' *Austopotamobius pallipes* sur les cours d'eau du territoire. Les populations sont probablement présentes sur des linéaires restreints ce qui rend leur détection difficile qui est pourtant nécessaire à toute action de préservation. Le contrôle des espèces invasives doit également être une priorité.

## **CONCLUSION**

L'étude et la préservation des écrevisses autochtones sur le bassin du Chavanon s'inscrit dans une volonté nationale, ces espèces étant en régression dans tout l'hexagone ainsi qu'en Europe. Les principales raisons derrière ce déclin sont l'introduction d'espèces invasives porteuses de maladies et entrant en compétition avec les espèces natives, ainsi que la diminution de la qualité des cours d'eau qui poussent les écrevisses à se retrancher dans des zones refuges en tête de bassin.

Les causes exactes de la régression de l'écrevisse à pattes blanches varient selon les bassins versant et selon les cours d'eau. La présente étude a mis en évidence plusieurs pressions sur le bassin versant du Chavanon, agissant probablement en synergie et ayant entraîné la chute des populations sur ses cours d'eau. La forte densité d'étangs présents sur le territoire, l'élevage bovin ainsi que la propagation des écrevisses américaines sont les principales.

La partie Ouest du bassin est particulièrement touchée et la préservation de l'écrevisse à pattes blanches à long terme, si toutefois des populations subsistent aujourd'hui, y semble impossible. Les ruisseaux de la partie Est ont quand à eux une bonne qualité physico-chimiques des eaux ainsi que des zones à bonnes potentialités habitationnelles avec des populations de macro-invertébrés benthiques en bonne santé attestant de la qualité globale des cours d'eau.

Néanmoins, ces zones doivent être étendues à de plus vastes linéaires pour permettre l'agrandissement de l'aire de répartition de l'écrevisse à pattes blanches et la reconnexion des sous-populations. Cette étude ayant démontré que les ruisseaux de tête de bassin du Chavanon ont un potentiel intéressant, un travail avec les acteurs locaux pourrait être envisagé pour protéger les cours d'eau avec des mises en défens afin de limiter le piétinement et donc la destruction des berges et l'ensablement, ainsi qu'une meilleure conservation de la ripisylve qui apporte caches pour les écrevisses et de l'ombre sur les ruisseaux. D'autres mesures devront évidemment être prises au cas par cas si des populations sont découvertes afin de traiter en priorité les cours d'eau concernés.

Un effort de prospection doit également être mené pour localiser les populations d'écrevisses à pattes blanches et délimiter leur aire de répartition avant que toute action puisse être entreprise.

## **REFERENCES**

- Agences de l'eau. 2000. Indice Biologique Global Normalisé I.B.G.N NF-T 90-350. Guide Technique. 2<sup>ème</sup> édition. Les études agences de l'eau n°00.
- L. Aquiloni, M. P. Martín, F. Gherardi and J. Diéguez-Uribeondo. 2011. The North American crayfish *Procambarus clarkia* is the carrier of the oomycete *Aphanomyces astaci* in Italy. *Biol Invasions*. 13: 359–367.
- V. Archaimbault et B. Bumont. 2010. L'indice biologique global normalisé (IBGN), principes et évolution dans le cadre de la directive cadre européenne sur l'eau. *Sciences Eaux & Territoires*. 1 : 36-39.
- J. Bellanger. 2007. Cahier des charges standard pour l'étude méthodologique des populations d'écrevisses autochtones en Rhône-Alpes. Comité des Fédérations de Pêche Rhône-Alpes.
- E. Clerc et B. Launay. 2009. Etude hydroécologique et astacicole du Gland et de ses affluents. Rapport d'étude AAPPMA 01.
- A. Comby. 2016. Suivi de la qualité des masses d'eau du Chavanon. Etude du régime thermique. PNR Millevaches, MEP 19, 19 p.
- T. Daudey. 2006. Ecrevisses autochtones et écrevisses invasives : entre conservation et éradication. Rapport de stage Master 2<sup>ème</sup> année Qualité et Traitement des eaux et Bassins Versants Option Systèmes Aquatiques et Bassins Versants.
- F. Degiorgi, N. Morillas and J. P. Grandlottet. 2002. Méthode standard d'analyse de la qualité de l'habitat aquatique à l'échelle de la station : l'IAM. Synthèse TELEOS.
- A. Demers, C. Souty-Grosset, M.C. Trouilhé, L. Füreder, B. Renai and F. Gherardi. 2006. Tolerance of three European native species of crayfish to hypoxia. *Hydrobiologia*. 560:425–432.
- T. Duperrav. 2010. Etat de l'art sur l'Ecrevisse à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*). Saules et eaux. Dans le cadre de l'élaboration des sites Natura 2000 « Rivières à Moules

perlières » (FR83301094), « Lacs et rivières à Loutres » (FR8301095) et « Rivières à Ecrevisse à pattes blanches » (8301096).

A.G. Eversole and B.C. Seller. 1997. Comparison of relative crayfish toxicity values. *Freshwater Crayfish*. 11: 274-285.

A. G. Eversole, J. M. Whetstone and B. C. Sellers. Charleston, S.C. Sea Grant Consortium. *Handbook of relative acute toxicity values for crayfish*. 1995. 8p.

Fédération de Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique de Savoie. 2009. Bilan astacicole sur le bassin versant du Lac du Bourget. Rapport d'étude.

L. Füreder and J. D. Reynolds. 2003. Is *Austropotamobius pallipes* a good bioindicator? *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 370-371 : 157-163.

F. Grandjean , J. Jandry, E. Bardon, A. Coignet, M.C. Trouilhe, B. Parinet, C. Souty-Grosset and M. Brulin. 2011. Use of Ephemeroptera as bioindicators of the occurrence of white-clawed crayfish (*Austropotamobius pallipes*). *Hydrobiologia*. 671:253–258.

F. Grandjean, J. Momon and M. Bramard. 2003. Biological water quality assessment of the whiteclawed crayfish habitat based on macroinvertebrate communities: usefulness for its conservation. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 370-371 : 115-125.

N.R. Haddaway, R.J.G. Mortimer, M. Christmas and A.M. Dunn. 2015. Water chemistry and endangered white-clawed Crayfish: a literature review and field study of water chemistry association in *Austropotamobius pallipes*. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 416, 01.

P. Henttonen and J. V. Huner. The introduction of alien species of crayfish in Europe: a historical introduction. *Crustacean Issues 11: Crayfish in Europe as Alien Species*. 13-22.

D.M. Holdich. 1999. The negative effects of established crayfish introductions. *Crustacean Issues 11: Crayfish in Europe as Alien Species*. 31-48

D.M. Holdich. 2003. Ecology of the White-clawed Crayfish. *Conserving Natura 2000 Rivers Ecology Series No. 1. English Nature, Peterborough*.

P.D. Hiley. « The slow quiet invasion of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in England – prospects for the white clawed crayfish (*Austropotamobius pallipes*) ». in D.M. Holdich and P. J. Sibley (eds) *Management & Conservation of Crayfish. Proceedings of a conference held on 7th November 2002*, Bristol, Environment Agency, 2003, 217 pp. 127-138p.

D.M. Holdich, J.D. Reynolds, C. Souty-Grosset and P.J. Sibley. 2009. A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 11: 394-395.

Howells, Mererid and Slater, Frederick Maurice 2004. Remnant populations of *Austropotamobius pallipes* in Wales, UK: counts, causes, cures and consequences. *Freshwater Crayfish* 14 , pp. 140-146.

P. Huchet. 2007. Plan de conservation des populations d'écrevisses à pieds blancs (*Austropotamobius pallipes*) du bassin versant du Rhône (74) – Diagnostic et propositions de gestion – Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, 24p. + annexes.

D. Lerat, L. Paris and P. Baran. 2006. Statut de l'écrevisse à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes* LEREBOULLET, 1858) en Bourbonnais : bilan de 5 années de prospection. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 380-381 : 867-882.

S. Morelle. 2007. La gestion des ruisseaux des têtes de bassin dans le Parc Naturel Régional des Vosges du Nord « l'exemple des cours d'eau sur grès Natura 2000 ». Rencontres nationales techniques Gestion des ruisseaux de tête de bassin et zones humides associées du 3 au 5 avril 2007 Maison du Parc Parc naturel régional du Morvan Saint-Brisson (Nièvre).

S. Peay, N. Guthrie, J. Spees, E. Nilsson, P. Bradley. 2009. The impact of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) on the recruitment of salmonid fish in a headwater stream in Yorkshire, England. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 12: 394-395.

PNR Millevaches. 2013. Diagnostic général – Animations d'actions sur le bassin du Chavanon et ses affluents.

B. Renai and F. Gherardi. 2004. Predatory efficiency of crayfish: comparison between indigenous and non-indigenous species. *Biological Invasions* 6: 89–99, 2004.

- Y. Reyjol and C. Roquelo. 2002. Répartition des écrevisses à pattes blanches *Austropotamobius pallipes* (LEREBoullet, 1858) dans trois ruisseaux de Corrèze : observation particulière des juvéniles. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 367 : 741-759.
- M. Scalicia and G. Gibertinia. 2007. Feeding habits of the crayfish *Austropotamobius pallipes* (Decapoda, Astacidae) in a brook in Latium (central Italy). *Italian Journal of Zoology* Volume 74, 2: 157-168.
- C. Souty-Grosset. 2005. Introduction: the EU-network craynet – impacts on fundamental questions. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* (2005) 376-377: 495-503.
- P. Stenroth and P. Nyström. 2003. Exotic crayfish in a brown water stream: effects on juvenile trout, invertebrates and algae. *Freshwater Biology.* 48: 466–475.
- J. Tiozzo. 2004. Faisabilité de réintroduction de l'écrevisse pieds blancs (*Austropotamobius pallipes*) en Haute-Savoie. - Etude de sites potentiels. Rapport de stage DESS "Qualité et traitement des eaux" Option Systèmes aquatiques et Bassin Versant.
- M.C. Trouilhé. 2006. Etude biotique et abiotique de l'habitat préférentiel de l'écrevisse à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*) dans l'ouest de la France. Implications pour sa gestion et sa conservation. Ecologie, Environnement. Thèse de l'Université de Poitiers.
- M.C. Trouilhe, F. Ricard, B. Parinet, F. Grandjean and C. Souty-Grosset. 2003. Management of the white-clawed crayfish (*Austropotamobius pallipes*) in western France: abiotic and biotic factors study. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 370-371 : 97-114.
- J.G. Wasson, B. Villeneuve, N. Mengin, H. Pella and A. Chandesris. 2006. Quelle limite de "bon état écologique" pour les invertébrés benthiques en rivières ? Apport des modèles d'extrapolation spatiale reliant l'indice biologique global normalisé à l'occupation du sol. Ingénieries - E A T. 3-15p.
- Y. S. Wolf. 2004. Growth and macronutritional requirements of signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana) in aquaculture. Thèse de l'Université de mathématiques et de sciences naturelles de Kiel.

## ANNEXES

Nature du substrat	% de recouvrement	Domin./ Margin.	N5 26 à 75 cm/s Moyenne		N3 6 à 25 cm/s Lente	
			% estimé	n° prélèv	% estimé	n° prélèv
Déchets organiques grossiers (litières)	4%	M	10%		90%	B11 - B13
Chevelus racinaires, supports ligneux	3%	M	50%	B12	50%	B14
Granulats grossiers (gravier) (2,5 à 25mm)	45%	D	90%	B21 – B23 - B32	10%	B34
Sables et limons (<2mm)	48%	D	70%	B22 – B24 - B33	30%	B31

Annexe 1. Plan d'échantillonnage des macro-invertébrés benthiques sur la station amont de la Clidane.

Nature du substrat	% de recouvrement	Domin./ Margin.	N5 26 à 75 cm/s Moyenne		N3 6 à 25 cm/s Lente		N1 0 à 5cm/s Nulle	
			% estimé	n° prélèv	% estimé	n° prélèv	% estimé	n° prélèv
Bryophytes	3%	M	80%	B11	20%			
Chevelus racinaires, supports ligneux	2%	M	60%	B12	40%			
Pierres, galets (plus gde dimens. 25 à 250 mm) – [Sub min gde taille]	4%	M	80%	B13	20%			
Blocs (>250 mm sur au moins une dim.) facilement déplaçable	50%	D	80%	B21 – B31 – B32 - B34	20%	B24		
Granulats grossiers (gravier) (2,5 à 25mm)	12%	D	40%		60%	B22		
Sables et limons (<2mm)	25%	D	40%	B33	50%	B23	10%	
Surf dures nat. et artif. (roches, dalles, marnes et argiles compactes)- >250 mm non déplaçables	4%	M	80%	B14	20%			

Annexe 2. Plan d'échantillonnage des macro-invertébrés benthiques sur la station médiane de la Clidane.



Nature du substrat	% de recouvrement	Domin./ Margin.	N5 26 à 75 cm/s Moyenne		N3 6 à 25 cm/s Lente		N1 0 à 5cm/s Nulle	
			% estimé	n° prélèv	% estimé	n° prélèv	% estimé	n° prélèv
Bryophytes	1%	M	40%		60%	B11		
Chevelus racinaires, supports ligneux	5%	D	20%		80%	B21 - B24		
Pierres, galets (plus gde dimens. 25 à 250 mm) – [Sub min gde taille]	42%	D	60%	B22 - B34	40%	B32		
Blocs (>250 mm sur au moins une dim.) facilement déplaçable	44%	D	80%	B23 - B31	20%	B33		
Granulats grossiers (graviers) (2,5 à 25mm)	1%	M			90%	B12	10%	
Sables et limons (<2mm)	3%	M			90%	B13	10%	
Surf dures nat. et artif. (roches, dalles, marnes et argiles compactes)- >250 mm non déplaçables	4%	M	60%	B14	40%			

Annexe 3. Plan d'échantillonnage des macro-invertébrés benthiques sur la station aval de la Clidane.

Nature du substrat	% de recouvrement	Domin./ Margin.	N5 26 à 75 cm/s Moyenne		N3 6 à 25 cm/s Lente	
			% estimé	n° prélèv	% estimé	n° prélèv
Bryophytes	1%	M	90%	B11	10%	
Déchets organiques grossiers (litières)	3%	M	10%		90%	B12
Chevelus racinaires, supports ligneux	4%	M	20%		80%	B13
Pierres, galets (plus gde dimens. 25 à 250 mm) – [Sub min gde taille]	65%	D	30%	B32 - B33	70%	B21 – B24 - B31 - B34
Blocs (>250 mm sur au moins une dim.) facilement déplaçable	15%	D	60%	B22	40%	
Granulats grossiers (graviers) (2,5 à 25mm)	2%	M	10%		90%	B14
Sables et limons (<2mm)	10%	D	10%		90%	B23
Surf dures nat. et artif. (roches, dalles, marnes et argiles compactes)- >250 mm non déplaçables	/	P				

Annexe 4. Plan d'échantillonnage des macro-invertébrés benthiques sur le ruisseau de la Cluze.

Nature du substrat	% de recouvrement	Domin./ Margin.	N5 26 à 75 cm/s Moyenne		N3 6 à 25 cm/s Lente	
			% estimé	n° prélèv	% estimé	n° prélèv
Bryophytes	2%	M	90%	B11 - B14	10%	
Débris organiques grossiers (litières)	1%	M			100%	B12
Chevelus racinaires, supports ligneux	60%	D	75%	B21 – B31 - B32	25%	B33 - B34
Pierres, galets (plus gde dimens. 25 à 250 mm) – [Sub min gde taille]	9%	D	90%	B22	10%	
Blocs (>250 mm sur au moins une dim.) facilement déplaçable	1%	M	100%	B13		
Granulats grossiers (graviers) (2,5 à 25mm)	7%	D	40%		60%	B23
Sables et limons (<2mm)	10%	D	20%		80%	B24
Surf dures nat. et artif. (roches, dalles, marnes et argiles compactes)- >250 mm non déplaçables	/	P				

Annexe 5. Plan d'échantillonnage des macro-invertébrés benthiques sur le ruisseau des Cornes.

Nature du substrat	% de recouvrement	Domin./ Margin.	N5 26 à 75 cm/s Moyenne		N3 6 à 25 cm/s Lente		N1 0 à 5cm/s Nulle	
			% estimé	n° prélèv	% estimé	n° prélèv	% estimé	n° prélèv
Débris organiques grossiers (litières)	3%	M	40%	B13	60%	B11		
Chevelus racinaires, supports ligneux	4%	M	80%	B12 - B14	20%			
Pierres, galets (plus gde dimens. 25 à 250 mm) – [Sub min gde taille]	7%	D	100%	B21 - B24				
Granulats grossiers (graviers) (2,5 à 25mm)	50%	D	80%	B22 – B31 - B32	20%	B34		
Sables et limons (<2mm)	36%	D	60%	B23			40%	B33

Annexe 6. Plan d'échantillonnage des macro-invertébrés benthiques sur le ruisseau de Prestieux.

Nature du substrat	% de recouvrement	Domin./ Margin.	N5 26 à 75 cm/s Moyenne		N3 6 à 25 cm/s Lente		N1 0 à 5cm/s Nulle	
			% estimé	n° prélèv	% estimé	n° prélèv	% estimé	n° prélèv
Bryophytes	1%	M	90%	B11 - B14	10%			
Chevelus racinaires, supports ligneux	2%	M	75%	B12	15%		10%	
Pierres, galets (plus gde dimens. 25 à 250 mm) – [Sub min gde taille]	40%	D	90%	B21 – B31 - B33	10%			
Blocs (>250 mm sur au moins une dim.) facilement déplaçable	7%	D	80%	B22	20%			
Granulats grossiers (graviers) (2,5 à 25mm)	9%	D	60%	B23	25%		15%	
Vases : sédiments fins (<0,1mm) avec débris organiques fins	3%	M			30%		70%	B13
Sables et limons (<2mm)	38%	D	70%	B24 - B32	20%	B34	10%	

Annexe 7. Plan d'échantillonnage des macro-invertébrés benthiques sur l'Eau du Bourg.