

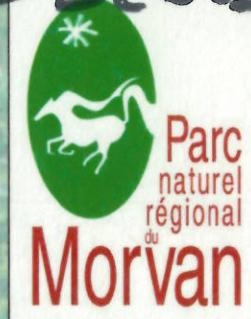


MASTER 2 Qualité, Traitement de l'eau et bassin versant

Option : Systèmes Aquatiques et bassins versants

Université de Franche Comté
Place Leclerc
25030 Besançon

BSD2625



ETUDES PREALABLES A LA REINTRODUCTION DE

L'ECREVISSES A PIEDS BLANCS, *Austropotamobius pallipes*,

PAR TRANSFERT DE POPULATIONS

MARQUIS Aurélia
Année 2005-2006

Maître de stage : Eric PESME

Tuteur et directeur de stage : François DEGIORGI

Cotuteur : Hervé DECOURCIERE

Membres du Jury :

- Mr BADOT : Professeur, directeur du M2QTEBV
- Mr DEGIORGI: Maître de conférence associé
- Mr DECOURCIERE: Ingénieur d'étude à TELEOS
- Mr BLONDE : Maître de conférence associé

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Monsieur Pascal Ribaud, Directeur du Parc Naturel Régional du Morvan, pour m'avoir accueillie au sein de sa structure.

Je remercie tout particulièrement Monsieur Eric Pesme, mon maître de stage, et Monsieur Pierre Durlet, de l'équipe de coordination du LIFE de leur aide tout au long de ma mission. Leur implication et leur motivation pour la réussite de ce projet ont été très enrichissantes.

Je remercie mes professeurs de Master 2 de l'Université de Franche Comté et plus particulièrement Monsieur François Degiorgi et Monsieur Hervé Decourcière pour leurs nombreux conseils et leur grande disponibilité pendant toute la durée de mon stage.

Mes chaleureux remerciements vont également à toutes les personnes qui m'ont aidée lors des prospections de nuit : Marc, Fabrice, Emilie, Amélie, Olivier, Jean Brice, Anne Lyse, Thomas ainsi que toutes les personnes qui ont participé aux prospections du Lizon et du Noëltant et bien sur la « pêcheuse professionnelle » d'écrevisses Alice !

Enfin, Je ne saurais oublier de remercier Maïder stagiaire au Parc, pour ses conseils, son aide et sa bonne humeur en toute occasion !

RESUME

Dans le cadre du programme européen LIFE « Ruisseaux de têtes de bassin et faune patrimoniale associée », un projet expérimental de réintroduction de l'écrevisse à pieds blancs, *Austropotamobius pallipes*, espèce en partie disparue des rivières françaises, a été entrepris sur deux cours d'eau en Bourgogne et en Franche Comté.

Depuis 2005, des études se sont succédées à la fois sur les sites pressentis pour la réintroduction mais aussi sur les populations donneuses potentielles. Ces études visent à vérifier la qualité des cours d'eau récepteurs ainsi que l'état des populations d'écrevisses des sites donneurs.

Initialement deux sites avaient été présélectionnés pour la réintroduction : le ruisseau de l'Etang Neuf situé au cœur de la Bourgogne dans le Parc Naturel du Morvan et le ruisseau des Vurpillières situé en Franche Comté dans le Haut Doubs au sein de la Réserve Naturelle de Remoray

Cependant, la découverte en 2005 de quatre écrevisses à pieds blancs sur le ruisseau de l'Etang Neuf a soulevé des interrogations importantes quant au devenir de l'action de réintroduction sur ce cours d'eau, interrogations qui se sont renforcées par les prospections réalisées durant l'été 2006 et qui ont permis de découvrir une population dense sur l'un des bras du cours d'eau.

Dès lors, la réintroduction sur ce site a été abandonnée au profit d'un autre cours d'eau situé comme les Vurpillières dans la Réserve Naturelle de Remoray : le Lhaut.

Ce travail a donc consisté à compléter les données sur les qualités physique, biologique et physico chimique de l'Etang Neuf, des Vurpillières et du Lhaut et à faire la synthèse de l'ensemble des résultats afin de dégager une qualité globale des cours d'eau récepteurs. Les potentialités d'accueil de ces sites ont donc été confirmées.

En parallèle, une recherche sur les populations donneuses a été effectuée. C'est ainsi que les populations du Lizon (39) et du Noëltant (39) ont fait l'objet d'études quantitatives par capture-marquage-recapture et leur linéaire a été précisé afin de s'assurer de la pérennité de la population après l'enlèvement de quelques uns de leurs individus.

Enfin, un protocole de réintroduction et de suivi a été proposé et validé par le Comité Scientifique et Technique durant le mois de septembre 2006. L'opération de réintroduction d'*Austropotamobius pallipes* devrait se dérouler fin septembre 2006.

ABSTRACT

In the context of the European Project LIFE "Headstreams and their associated local fauna", an experimental project of reintroduction of white-clawed crayfish, *Austropotamobius pallipes*, has been undertaken in 2 waterways in Burgundy and Franche-Comté. This species is almost extinct in French rivers.

Since 2005 several studies have been done both on potential reintroduction sites and potential donor populations. These studies aim at assessing the status of the host rivers and the status of the crayfish population in the donor sites.

Initially 2 sites had been short listed for the reintroduction of the crayfish : the stream of "Etang-neuf" located in the Morvan Natural Regional Park, at the heart of Burgundy ; and the stream of "Vurpillières" in the natural reserve of Remoray, Franche Comté.

However, the discovery in 2005 of 4 white-clawed crayfish on the stream of Etang-Neuf raised important questions as to the future of the reintroduction project. Further surveys done in 2006 resulted in the discovery of a dense population in a section of the stream. It was therefore decided not to pursue the reintroduction project any further on this site and to favour instead the natural reserve of Remoray at the site of Lhaut.

This work therefore consist in gathering and completing data on the physical, biological and physico-chemical qualities of Etang Neuf, Vurpillières and Lhaut. This data is then analyzed in order to extract the overall quality of host rivers. Their welcome potential is confirmed.

Alongside this, a study of the donor population was underway. The populations of Lizon (dpt 39) and Noëltant (dpt 39) were the subject of quantity surveys by capture/marking/recapture. The surface of their habitat was taken into consideration in order to make sure of the survival of the population after the removal of some of its members.

Finally, a reintroduction and follow-up protocol was submitted and validated by the scientific and technical comity in September 2006.

The operation of reintroduction of *Austropotamobius pallipes* will begin at the end of September 2006.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	- 1 -
CONTEXTE DE L'ETUDE ET PROBLEMATIQUE	- 2 -
I. Programme LIFE Nature.....	- 2 -
II. La disparition des écrevisses et la question de leur réintroduction	- 2 -
MATERIELS ET METHODES.....	- 4 -
I. Qualité physique des cours d'eau des sites récepteurs.....	- 4 -
1) La méthode tronçon.....	- 4 -
2) La méthode des pôles d'attraction (IAM)	- 5 -
II. Vérification de la qualité biologique des cours d'eau récepteurs (MAG20, IBGN)	- 7 -
III. Température et physicochimie des cours d'eau	- 7 -
IV. Méthodes d'étude des populations d'écrevisses à pieds blancs	- 8 -
IER SITE DE REINTRODUCTION : LE RUISSEAU DE L'ETANG NEUF DANS LE MORVAN	- 10 -
I. Présentation du site d'étude	- 10 -
1) Le Morvan	- 10 -
1.1) Géologie.....	- 10 -
1.2) Climat.....	- 10 -
1.3) Occupation du sol et population	- 10 -
1.4) Les écrevisses dans le Morvan.....	- 11 -
2) Le ruisseau de l'Etang Neuf	- 11 -
2.1) Situation géographique	- 11 -
2.2) Géologie	- 12 -
2.3) Le réseau hydrographique	- 12 -
2.4) Occupation du sol du bassin versant de l'Etang Neuf	- 13 -
2.5) Les principales perturbations	- 13 -
II. Etude du Milieu aquatique.....	- 14 -
1) Qualité biologique du cours d'eau	- 14 -
1.1) MAG20	- 14 -
1.2) Etude piscicole	- 17 -
2) Qualité physique du cours d'eau à l'échelle du tronçon	- 18 -
3) Physico-chimie du cours d'eau	- 23 -
4) Thermographie du cours d'eau.....	- 23 -

III. Gestion des populations d'écrevisses à pieds blancs de l'Etang Neuf.....	- 24 -
1) Présence d'écrevisses à pieds blancs sur le ruisseau de l'Etang Neuf	- 24 -
1.1) Résultats quantitatifs	- 24 -
a) Formule de Petersen	- 24 -
b) Formule de Schnabel ajustée par Chapman	- 25 -
1.2) Résultats qualitatifs	- 25 -
a) Structure de la population	- 25 -
b) Linéaire colonisé	- 26 -
2) Gestion et protection de la population d'écrevisses de l'Etang Neuf	- 27 -
2.1) Action sur les écrevisses Signal du ruisseau de Saint Marc	- 27 -
2.2) Protection de la population des écrevisses pieds blancs de l'Etang Neuf.....	- 28 -

2EME SITE DE REINTRODUCTION : LES VURPILLIERES ET LE LHAUT DANS LE HAUT DOUBS- 29 -

I. Présentation des sites d'étude.....	- 29 -
1) La Réserve Naturelle de Remoray	- 29 -
2) Le ruisseau des Vurpillières	- 30 -
3) La rivière Lhaut.....	- 30 -
II. Etude du milieu naturel du Lhaut et des Vurpillières.....	- 30 -
1) Qualité physique des cours d'eau.....	- 30 -
1.1) Les Vurpillières.....	- 30 -
1.2 Le Lhaut	- 33 -
a) Qualité physique à l'échelle de la station.....	- 33 -
b) Qualité physique globale.....	- 34 -
2) Qualité biologique des cours d'eau	- 34 -
2.1 Les Vurpillières	- 34 -
2.2 Le Lhaut	- 35 -
3) Physico-chimie des cours d'eau	- 36 -
3.1 Les Vurpillières	- 36 -
3.2 Le Lhaut	- 36 -
4) Thermographie des cours d'eau	- 37 -
4.1 Les Vurpillières	- 37 -
4.2 Le Lhaut	- 37 -
5) Conclusion sur la qualité globale des Vurpillières et du Lhaut.....	- 38 -
III. Gestion des populations d'écrevisses dans le Remoray	- 38 -
1) Absence d'écrevisses sur les Vurpillières et le Lhaut	- 38 -
2) Choix d'une population donneuse.....	- 39 -
2.1 Population d'écrevisses à pieds blancs du Lizon	- 39 -
a) Présentation du cours d'eau	- 39 -
b) Physico chimie du cours d'eau	- 39 -
c) Thermographie du cours d'eau.....	- 40 -
d) Caractéristiques de la population d'écrevisses à pieds blancs	- 40 -
2.2 Population d'écrevisses à pieds blancs du Noëltant.....	- 43 -

a) Présentation du cours d'eau	- 43 -
b) Thermographie du cours d'eau	- 43 -
c) Caractéristiques de la population d'écrevisses à pieds blancs du Noëltant	- 44 -
3) Proposition d'un protocole de réintroduction et de suivi pour les Vurpillieres et le Lhaut.....	- 47 -
3.1 Période.....	- 48 -
3.2 Bilan sanitaire des populations donneuses.....	- 48 -
3.3 Mode de prélèvement	- 48 -
a) Sexe ratio.....	- 48 -
b) Classes de taille prélevées.....	- 48 -
c) Méthodes de prélèvement	- 48 -
d) Réplacats.....	- 48 -
3.4 Transport	- 48 -
3.5 Déversement.....	- 49 -
a) Nombre d'individus réintroduits	- 49 -
b) Lieux de déversements.....	- 49 -
3.6 Suivi post réintroduction	- 49 -
a) Site récepteur.....	- 49 -
b) Site donneur	- 49 -
CONCLUSION	- 50 -
BIBLIOGRAPHIE	- 51 -

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Cotation des quatre composantes de la qualité physique globale	- 5 -
Tableau 2: Classes théoriques d'abondance (Degiorgi.com.pers.).....	- 9 -
Tableau 3: Superficie de l'occupation du sol (en%).....	- 13 -
Tableau 4: Caractérisation des peuplements benthiques des stations MAG20 de 2005 et 2006 sur le ruisseau de l'Etang Neuf	- 15 -
Tableau 5: Caractéristiques des peuplements piscicoles de l'Etang Neuf.....	- 18 -
Tableau 6: Scores de la qualité physique globale de l'Etang Neuf.....	- 18 -
Tableau 7: Données physico chimiques, juin 2005, août 2006 (PNRM).....	- 23 -
Tableau 8 : Suivi thermique de l'Etang Neuf en 2005 (PNRM).....	- 23 -
Tableau 9: Données de température sur l'Etang Neuf en 2006 (PNRM)	- 23 -
Tableau 10 : Résultats bruts des trois nuits de prospection.....	- 24 -
Tableau 11: Estimation de la population d'écrevisses à pieds blancs par la formule de Petersen	- 24 -
Tableau 12 : Estimation de la population d'écrevisses à pieds blancs par la formule de Schnabel	- 25 -
Tableau 13 : Scores de la qualité physique des Vurpillières.....	- 31 -
Tableau 14 : Composition et qualité de la mosaïque d'habitat du Lhaut.....	- 33 -
Tableau 15 : Données ponctuelles physico chimiques sur les Vurpillières	- 36 -
Tableau 16 : Température, Conductivité et pH sur le Lhaut (Août 2006,PNRM)	- 36 -
Tableau 17: Données physico chimiques sur le Lhaut (Teleos, 2005).....	- 36 -
Tableau 18 : Données de températures sur les Vurpillières, 2005 (PNRM)	- 37 -
Tableau 19 : Données de température du Lhaut, 2002 au niveau du pont RN.....	- 37 -
Tableau 20 : Données de température du Lhaut à 300 mètres avant la confluence avec le lac (2002, CSP Doubs).....	- 37 -
Tableau 21 : Données ponctuelles physico chimiques sur le Lizon (mai 2005,PNRM)....	- 39 -
Tableau 22 : Données de température sur le Lizon à l'aval des Sallées (2005, PNRM)	- 40 -
Tableau 23 : Données de température sur le Lizon en aval des Georges (2005, PNRM)...	- 40 -
Tableau 24 : Estimation de la population des écrevisses à pieds blancs du Lizon par la formule de Petersen.....	- 41 -
Tableau 25 : Estimation de la population des écrevisses à pieds blancs du Lizon par la formule de Schnabel	- 41 -
Tableau 26 : Données thermiques du Noëltant amont (2005,PNRM)	- 43 -
Tableau 27 : Données thermiques du Noëltant aval (2005, PNRN).....	- 43 -
Tableau 28 : Comparaison des températures des cours d'eau donneurs et récepteurs.....	- 44 -
Tableau 29 : Résultats bruts des opérations de CMR sur la population amont du Noëltant-	44 -
Tableau 30 : Estimation de la population des écrevisses à pieds blancs du Noëltant amont par la formule de Petersen	- 44 -
Tableau 31 : Estimation de la population des écrevisses à pieds blancs du Noëltant amont par la formule de Schnabel.....	- 45 -
Tableau 32 : Résultats bruts des opérations de CMR de la population aval du Noëltant ...	- 45 -
Tableau 33 : Estimation de la population des écrevisses à pieds blancs du Noëltant aval par la formule de Petersen	- 45 -
Tableau 34 : Estimation de la population des écrevisses à pieds blancs du Noëltant aval par la formule de Schnabel.....	- 46 -
Tableau 35 : Evolution entre 2005 et 2006 du linéaire colonisé des populations amont et aval du Noëltant	- 47 -

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Les différents sites du LIFE nature « Ruisseaux de têtes de bassins et faune patrimoniale associée ».....	-3-
Figure 2 : Ecrevisse à pieds blancs de l'Etang Neuf (Juillet 2006).....	-9-
Figure 3 : Localisation des ruisseaux de L'Etang Neuf, du St Marc et de Vaucorniau.....	-11-
Figure 4 : Profils longitudinaux des deux bras de l'Etang Neuf.....	-12-
Figure 5 : Occupation du sol du bassin versant de l'Etang Neuf.....	-13-
Figure 6 : Localisation des stations MAG20.....	-15-
Figure 6: Qualité physique globale de l'Etang Neuf.....	-18-
Figure 8 : Ruisseau de l'Etang Neuf (juillet 2006).....	-19-
Figure 9 : Histogrammes taille/fréquence de la population d'écrevisses à pieds blancs de l'Etang Neuf	-26-
Figure 10 : Linéaire de colonisation des écrevisses à pieds blancs de l'Etang Neuf.....	-27-
Figure 11 : Position de la population de <i>Pacifastacus leniusculus</i> par rapport aux populations d' <i>Austropotamobius pallipes</i> de l'Etang neuf et de Vaucorniau.....	-27-
Figure 12 : Les Vurpillières et le Lhaut dans la Réserve Naturelle de Remoray.....	-29-
Figure 13 : Qualité physique globale du ruisseau des Vurpillières.....	-31-
Figure 14 : Colmatage du fond des Vurpillières.....	-32-
Figure 15 : Histogrammes taille/fréquence de la population d'écrevisses à pieds blancs du Lizon... ..	-42-
Figure 16 : Linéaire colonisé par la population d'écrevisses à pieds blancs du Lizon.....	-42-
Figure 17 : Histogrammes taille/fréquence de la population aval d'écrevisses à pieds blancs du Noëltant.....	-46-
Figure 18 : Histogrammes taille/fréquence de la population amont d'écrevisses à pieds blancs du Noëltant.....	-46-
Figure 19: Limites d'extension des populations amont et aval du Noëltant en 2005.....	-47-
Figure 20 : Limites d'extension des populations amont et aval du Noëltant en 2006.....	-47-

INTRODUCTION

Symboles des eaux de bonne qualité, les écrevisses à pieds blancs *Austropotamobius pallipes* abondaient autrefois sur l'ensemble du territoire français. Sensibles aux pollutions domestiques et agricoles qui affectent la qualité chimique de l'eau mais aussi à la destruction de leur habitat, leur nombre a fortement régressé. Aujourd'hui, seules persistent des populations isolées, cantonnées pour la plupart aux petits cours d'eau et en tête de bassin.

Bien qu'*Austropotamobius pallipes* soit une espèce menacée de disparition, rares sont les tentatives de sa réimplantation et encore plus rares les réussites constatées à la suite de telles opérations.

Toutefois, la réintroduction de cette espèce peut être considérée comme un moyen de conservation si des actions de restauration sont entreprises au préalable sur le cours d'eau. En effet, si l'écrevisse à pattes blanches a une faible efficacité de reproduction, elle est capable, si les conditions sont optimales de s'étendre et de recoloniser le milieu (Gouin, Souty-Grosset, Ropiquet, Grandjean, 2002).

Dans le cadre du programme européen LIFE « Ruisseaux de tête de bassin et faune patrimoniale associée », deux sites sont pressentis pour la réintroduction : le ruisseau de l'Etang Neuf qui se trouve au cœur de la Bourgogne dans le Parc Naturel Régional du Morvan et le ruisseau des Vurpillières qui se situe en Franche Comté dans la Réserve Naturelle du Remoray.

La réintroduction ne pouvant se faire avec succès que sur des cours d'eau correspondant de manière précise aux exigences de l'espèce et exempts de perturbations anthropiques prononcées, des études préalables portant sur la qualité biologique et physique ont donc été menées sur les différents sites de réintroduction potentiels.

De la même manière que les sites récepteurs, les populations des sites donneurs doivent faire l'objet d'études tant sur le plan qualitatif que quantitatif. En effet, le prélèvement d'individus ne doit pas mettre en péril leur population, tout en leur permettant ensuite de se développer de façon satisfaisante dans leur nouveau milieu. Deux populations donneuses ont été choisies, il s'agit des écrevisses à pieds blancs des ruisseaux du Lizon et du Noëltant situés dans le département du Jura.

Après avoir brièvement rappeler le contexte dans lequel s'inscrit ce travail, les différentes méthodes employées au cours de l'étude sont détaillées. Les différents sites de réintroduction, sont ensuite analysés d'un point de vue biologique, physique, physico chimique et thermique afin de dégager une qualité globale de ces milieux. En vue de la réintroduction, les populations d'écrevisses à pieds blancs de chaque site sont étudiées afin de vérifier la comptabilité avec les sites récepteurs et leurs aptitudes à supporter un prélèvement. Enfin, un protocole de réintroduction et de suivi est établi et permet de décrire toutes les étapes à suivre lors de l'opération.

CONTEXTE DE L'ETUDE ET PROBLEMATIQUE

I. Programme LIFE Nature

Le programme LIFE (L'Instrument Financier pour L'Environnement) est un outil de mise en œuvre et d'expérimentation pour les sites Natura 2000.

En 2004 a débuté le LIFE Nature « Ruisseaux de têtes de bassins et faune patrimoniale associée » dont le programme doit s'étendre sur quatre ans sur les régions de Bourgogne et de Franche-Comté. Il permet de financer des techniques expérimentales de préservation et de restauration de la qualité de l'eau et des habitats des espèces liées aux ruisseaux de têtes de bassins. Les actions doivent favoriser quatre espèces d'intérêt communautaire liées à ces milieux et décrites dans l'Annexe II de la Directive Habitat-Faune-Flore (92/43/CEE) : Ecrevisse à pieds blancs *Austropotamobius pallipes*, Chabot *Cottus gobio*, Moule perlière *Margaritifera margaritifera*, Lamproie de Planer *Lampetra planeri*.

Ce programme comporte quatre grands axes :

- ◆ Travaux de restauration physique des milieux dégradés,
- ◆ Actions d'amélioration de la qualité physico-chimique de l'eau,
- ◆ Actions de gestion de populations d'*Austropotamobius pallipes*,
- ◆ Actions de communication.

Les actions du LIFE sont réparties sur 10 sites Natura 2000 de la Bourgogne et de la Franche Comté. Quatre d'entre eux ont été retenus pour le projet de réintroduction des écrevisses à pattes blanches :

- « Ruisseaux à écrevisses de l'Yonne Amont » : ruisseau de l'Etang Neuf (Nièvre),
- « Tourbières et lac de Remoray » : ruisseau des Vurpillières et du Lhaut (Doubs),
- « Plateau du Lizon » : ruisseau du Lizon (Jura),
- « Petite Montagne du Jura » : ruisseau du Noëltant (Jura).

II. La disparition des écrevisses et la question de leur réintroduction

Plusieurs enquêtes nationales montrent que sur le territoire français, les écrevisses autochtones (*Austropotamobius pallipes*, *Astacus astacus*, *Austropotamobius torrentium*) sont soit rares, soit en forte régression, alors que les espèces introduites (*Orconectes limosus*, *Pacifastacus leniusculus*, *Procambarus clarkii*) progressent et gagnent peu à peu les zones refuges des écrevisses françaises (Changeux, 2006).

Plusieurs mesures départementales (arrêtés préfectoraux) ont été prises pour protéger le biotope des écrevisses autochtones auxquelles s'ajoutent des mesures européennes (Convention de Berne, Directive Habitats-Faune-Flore), et d'autres actions visent à lutter contre la pollution des eaux, à limiter la création d'étang ou même à interdire l'introduction d'espèces exotiques.

Aujourd'hui, la préservation de l'espèce passe d'abord par la conservation des populations encore présentes grâce à des actions directes de restauration du milieu. La réintroduction est un moyen de conservation de l'espèce qui requiert un minimum d'études préalables et rares sont les expériences de ce type basées sur une connaissance solide du milieu d'accueil et encore plus rares les suivis scientifiques de l'efficacité de l'opération. De

ce fait, elle ne peut actuellement être choisie par les gestionnaires. Le but du programme LIFE est justement de tester des actions encore peu ou pas utilisées et qui pourront être reproductibles par la suite.

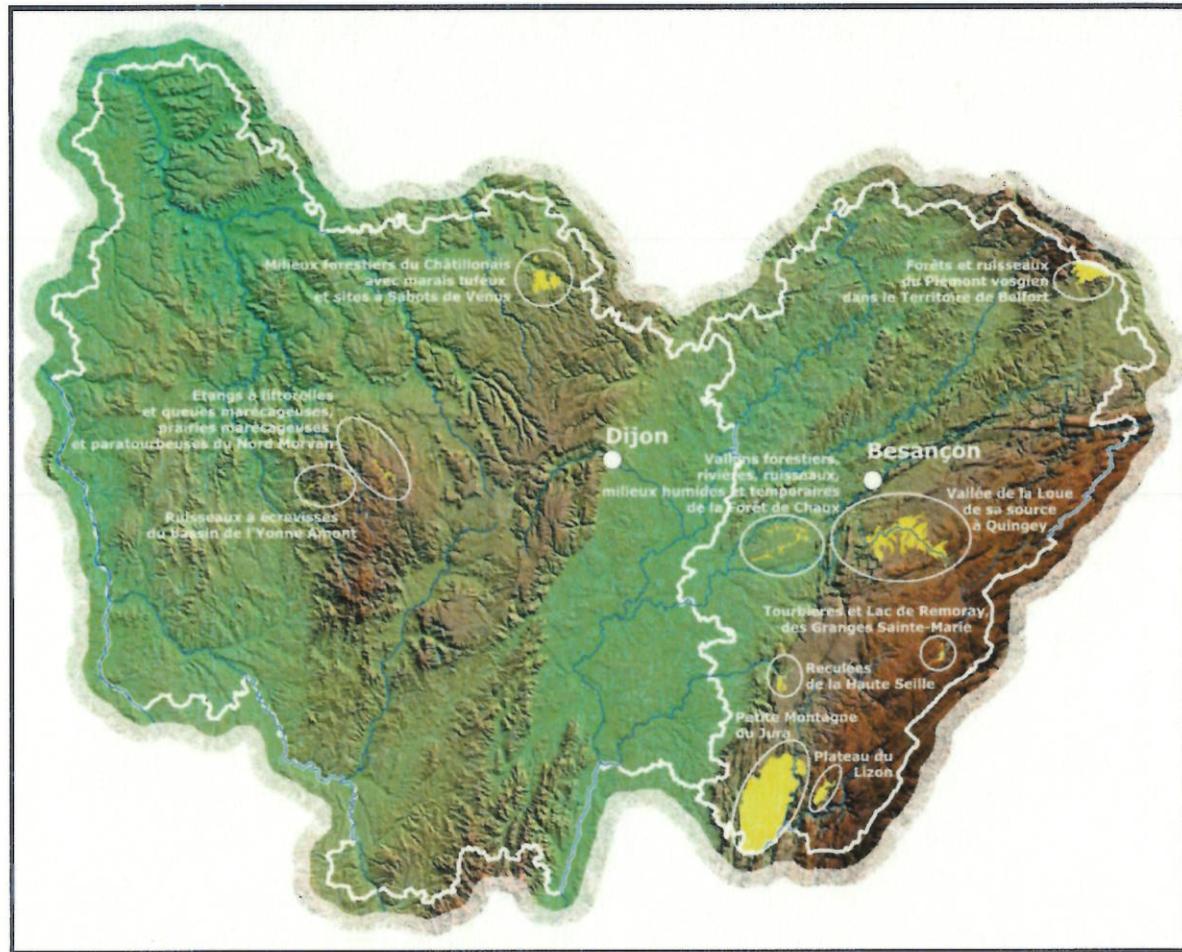


Figure 1: Les différents sites du LIFE Nature "Ruisseaux de têtes de bassins et faune patrimoniale associée"

MATERIELS ET METHODES

Les ruisseaux de l'Etang Neuf dans le Morvan, des Vurpillières et du Lhaut dans le Réserve Naturelle de Remoray ont été choisis comme sites récepteurs pour la réintroduction de l'écrevisse à pieds blancs. La qualité de ces milieux a donc été vérifiée aussi bien au niveau biologique que physique. Les différentes méthodes utilisées sont décrites.

Les populations d'écrevisses des ruisseaux du Lizon et du Noëltant dans le Jura ont été choisies comme des populations donneuses potentielles. La méthode choisie pour les étudier est également expliquée.

I. Qualité physique des cours d'eau des sites récepteurs

Il existe plusieurs méthodes pour évaluer la qualité physique d'un cours d'eau. Dans cette étude deux méthodes ont été choisies. La première, plus générale, permet d'analyser le cours d'eau sur tout le linéaire et d'avoir une vision globale des altérations subies et d'en comprendre les causes : c'est la méthode tronçon. La seconde s'effectue à une échelle plus réduite, celle de la station, et donne une image précise des combinaisons de hauteurs, vitesses d'eau et de substrats qui définissent des pôles d'attraction.

1) La méthode tronçon

Cette méthode a été mise en place par la Direction Régionale n°5 du CSP (1993) puis finalisée par le bureau d'étude TELEOS en 1999-2000 (cf. Annexe 1). Elle repose sur l'analyse des quatre descripteurs de la qualité physique : l'attractivité biogène, l'hétérogénéité du lit d'étiage, la connectivité (longitudinale et latérale) et la stabilité géomorphologique.

→ La première étape consiste à découper le cours d'eau en tronçons homogènes d'un point de vue géomorphologique (pente, forme du lit...), habitationnel (qualité des substrats, diversité des vitesses de courant et profondeurs) mais aussi selon l'état dynamique (érosion, sédimentation) et le degré d'artificialisation (aménagements, occupation du sol...). La sectorisation s'effectue grâce à la carte IGN au 1/25000 et à la prospection de l'ensemble du linéaire.

→ Chaque tronçon est ensuite sous échantillonné en plusieurs séquences, représentatives de l'ensemble du tronçon. Des mesures de terrain sont alors réalisées sur ces séquences grâce à une grille normalisée. Les relevés permettent de décrire les quatre composantes fondamentales de la qualité physique : l'hétérogénéité du lit d'étiage, son attractivité, sa stabilité et sa connectivité avec les autres compartiments du corridor fluvial. Les mesures sont effectuées en période d'étiage pour que les conditions limitantes soient mises en évidence.

→ Les données recueillies sur le terrain permettent de calculer les scores des différentes composantes de la qualité physique :

- Le score d'hétérogénéité sanctionne le degré de variété des formes, des substrats/vitesses, des vitesses de courant et des hauteurs d'eau du lit d'étiage,

- Le score d'attractivité intègre la qualité des substrats, la qualité et la quantité des caches, la nature et le nombre des frayères,

- Le score de connectivité prend en compte les hauteurs des berges, le nombre et la qualité des systèmes latéraux, le nombre et la hauteur des obstacles, la présence de zone de dissipation des crues, le linéaire de ripisylve et de franges herbacées. Il permet donc de caractériser la fréquence des contacts entre la rivière et les interfaces emboîtées que constituent la ripisylve et le lit « moyen ». Il apprécie également le degré de compartimentage longitudinal par des barrages et des seuils ainsi que les possibilité de circulation des poissons,

- Le score de stabilité des berges et du lit traduit l'importance des érosions régressives, progressives et latérales, de l'état des berges, de l'incision...

Ces composantes ne sont pas indépendantes, elles interfèrent les unes sur les autres, sans être pour autant redondantes.

Les différents scores obtenus sont traduits en 5 classes de A à E. La classe supérieure A répond, en fait, à une situation conforme pour le score étudié mais ne correspond pas nécessairement à une situation optimale.

	Hétérogénéité sur 111	Attractivité sur 90	Connectivité sur 130	Stabilité entre -60 et 40	Qualité physique sur 30600
A	>50	>45	>65	Sédimentation <10	>6500
B	40-50	34-45	49-65	Équilibre -10/10	3500-6500
C	28-40	23-34	33-49	Erosion -25/-10	1500-3500
D	14-28	11-23	16-33	Forte érosion -60/-25	400-1500
E	<14	<11	<16		<400

Tableau 1:Cotation des quatre composantes de la qualité physique globale

$$\text{Qualité physique} = (H+A) \cdot C \cdot \text{Coef. Stab}$$

avec H : hétérogénéité A : attractivité

C : connectivité

Coef Stab : coefficient de stabilité

Cette méthode a été appliquée sur les ruisseaux de l'Etang Neuf et des Vurpillières.

2) La méthode des pôles d'attraction (IAM)

Cette méthode permet de donner une image précise de l'hétérogénéité et de l'attractivité du cours d'eau à l'échelle stationnelle.

Le protocole d'analyse cartographique standard des mosaïques substrat/support, de profondeurs et de vitesses a été mis en place par la DR5 (1993-1997) puis finalisé par Teleos (1999) (cf. Annexe 2). Cette méthode initialement élaborée pour évaluer les potentiels piscicoles peut également être appliquée pour estimer les potentialités astacicoles après quelques adaptations.

La cartographie est réalisée en période d'étiage. Sur le terrain, chaque substrat est relevé et mesuré afin de le reporter sur un fond de carte. Les vitesses et les profondeurs sont

mesurées à l'aide d'un décamètre et d'un courantomètre le long de transects disposés à chaque changement de faciès. Les lignes d'isovitesses et d'isoprofondeurs sont ensuite dessinées par interpolation entre les transects selon des classes bien définies (cf. Annexe2). Les zones homogènes d'un point de vue des substrats/supports sont également définies sur l'ensemble de la station d'étude.

La superposition des trois cartes obtenues (substrat, vitesse et hauteur d'eau) permet de réaliser une cartographie des pôles d'attraction. On peut ainsi visualiser l'attractivité ou l'uniformité des mosaïques d'habitat. Chaque pôle est défini par le nom du substrat, la classe de vitesse et la classe de profondeur.

Une série d'indices permet de caractériser l'hétérogénéité et l'attractivité de l'habitat stationnel.

- Indice de diversité de la mosaïque des pôles :** il mesure la complexité et l'hétérogénéité quantitative de la répartition des surfaces entre les catégories de chaque composante de la qualité de l'habitat.

$$\text{DIV} = - \sum S_i * [\log_{10} (S_i)]$$

Où S_i : surface cumulée des placettes de la $i^{\text{ème}}$ catégorie

n : nombre de catégories (=var)

- Variété (Var) :** il donne le nombre de catégories (de substrats/supports) ou de classes (de vitesses et de profondeurs) pour chacune des composantes de la qualité des mosaïques d'habitat.
- Régularité (Reg) :** c'est le rapport entre la diversité observée et la diversité optimale pour une même variété correspondant à l'équi-répartition. Lorsque cet indice s'approche de 1 les proportions entre les différents pôles d'attraction sont proches. On considère qu'il y a un bon équilibre lorsque il est supérieur à 0,8.
- IAM : Indice d'Attractivité Morphodynamique :** il sanctionne la variété des classes de profondeur, de vitesses et de substrats/support ainsi que leur attractivité vis à vis de l'ichtyofaune.
-

$$\text{IAM} = [\sum(S_i * \text{Attract.}(subst_i))] * \text{Var}(subst) * \text{Var}(h.e) * \text{Var}(v.)$$

Où v : vitesse

he : hauteur d'eau

$subst$: substrat/support

Attract : attractivité (cf. Annexe3)

- ISCA : Indice Spécifique de Capacités Astacicole**

Cet indice est similaire au précédent mais concerne spécifiquement les écrevisses.

$$\text{ISCA} = [\sum(S_i * \text{Attract.}(subst_i))] * \text{Var}(subst) * \text{Var}(h.e) * \text{Var}(v.)$$

La méthode des pôles d'attraction a été appliquée sur une station du Lhaut dans le site Natura 2000 « Tourbières et lac de Remoray des Granges Saintes Maries ».

II. Vérification de la qualité biologique des cours d'eau récepteurs (MAG20, IBGN)

Les altérations du milieu se traduisent par l'évolution de certains facteurs écologiques qui provoquent des modifications plus ou moins marquées des communautés benthiques. En effet, les taxons possèdent des exigences particulières vis-à-vis des différents facteurs du milieu, qu'ils soient physiques, chimiques ou biologiques. Aussi, l'analyse d'un peuplement benthique permet de définir l'état du milieu.

La qualité biologique des milieux peut être évaluée grâce à l'Indice Biologique Global Normalisé (Verneaux et al, 1982, NF.T 90.350) mais cette méthode n'est pas suffisamment sensible pour mesurer de façon quantitative l'impact de plusieurs perturbations. Elle ne permet pas, par exemple, de déceler des atteintes portées sur la qualité physique, ni de quantifier les effets de contaminations toxiques insidieuses. Pour les mettre en évidence, l'étude de la macrofaune benthique a donc été poussée en augmentant l'effort d'échantillonnage et en déterminant les individus au genre. La méthode utilisée est donc l'analyse générique semi-quantitative des communautés benthiques : le MAG20 (Macrobenthos Analyse Générique 20 placettes) (TELEOS 2000) (cf. Annexe 4).

Les huit premières placettes sont prélevées suivant le protocole de l'IBGN. Elles permettent de calculer l'**IBGN** mais aussi le coefficient d'aptitude biogéne : **CB2** (Verneaux, 1982) qui permet de distinguer la qualité de l'eau et la qualité habitationnelle de la station. Le CB2 correspond à la somme de deux indices :

- In : indice « nature » de la faune, sensibilité des taxons à la qualité de l'eau
- Iv : indice de variété taxonomique, richesse taxonomique dépendant à la fois de la qualité de l'eau et celle de l'habitat.

Les 12 dernières placettes sont réalisées selon le protocole MAG20 de manière à échantillonner tous les couples substrat/vitesse de la station. Chaque couple recensé est échantillonné dans la classe de hauteur où il est le plus représenté. Dans le cas d'une variété de substrat-vitesse inférieure à 20, les prélèvements sont dupliqués pour les couples dominants dans des classes de profondeurs différentes. Cet effort de prélèvement permet de prospecter quasi systématiquement tous les habitats de la station et de tendre vers un échantillonnage exhaustif de toutes les espèces.

Préalablement aux prélèvements, une cartographie est réalisée pour chaque station. Les habitats sont désignés par le code du substrat suivi du code de la classe de vitesse et celui de la classe de hauteur d'eau. Les codifications des substrats, des classes de hauteurs d'eau et de vitesses sont présentées en Annexe 5.

Les 20 placettes sont prélevées grâce au filet Surber de surface de 1/20 de m². Les échantillons sont conditionnés séparément *in situ* et fixés au formol 10%. Les prélèvements doivent être réalisés pendant l'étiage estival afin de mieux percevoir les perturbations liées à la qualité de l'eau et le débit doit être stabilisé depuis 10 jours pour éviter les apports ou les pertes d'invertébrés par la dérive.

III. Température et physicochimie des cours d'eau

La température grâce à plusieurs sondes thermiques, positionnées en différents endroits du cours d'eau, a été enregistrée quotidiennement pendant plusieurs mois consécutifs. Elles permettent ainsi d'obtenir une image fidèle des oscillations de température et d'en sortir les grandes caractéristiques.

Dans le cadre de cette étude, seules les températures estivales ont été considérées. La période estivale correspond en effet à la période d'activité de l'écrevisse à pieds blancs.

D'autres paramètres ont été mesurés afin d'affiner les caractéristiques des ruisseaux : le taux d'oxygène dissout, la conductivité et le pH.

IV. Méthodes d'étude des populations d'écrevisses à pieds blancs

Les écrevisses ayant une activité nocturne, les prospections se sont déroulées la nuit à la lampe. La capture à la main, de nuit à la lampe torche, donne de bons résultats même si l'efficacité dépend de l'expérience du pêcheur, de la transparence et de la profondeur de l'eau (50 cm maximum). Bien qu'elle soit exigeante en temps et en nuits sur le terrain, cette technique présente de nombreux avantages : elle permet de récolter des individus de « toutes tailles » sans biais sur le sexe ratio et avec un dérangement minimum de l'animal même si un stress et un déplacement sont occasionnés lors de la remise à l'eau. Les petits individus (0+-1+) sont toutefois sous échantillonés car ils se cachent dans la litière ou les chevelus racinaires. Il en est de même les individus venant de muer qui se dissimulent sous les abris.

Les individus prélevés sont comptabilisés, mesurés *in situ* (longueur en mm de la pointe du rostre au telson) et sexés, sauf pour les plus petits individus pour lesquels les différences morphologiques liées au sexe n'étaient pas visibles et qui sont comptés en « indéterminés ». Ces mesures morphométriques permettent d'approcher la structure de la population.

La station d'étude a été choisie dans la zone qui paraissait la plus dense en individus afin d'estimer la population en place par la méthode capture-marquage-recapture.

Pour que le nombre d'individus capturés ne soit pas lié à l'efficacité des pêcheurs, il n'y a pas eu de changement de pêcheurs entre les différentes pêches. L'estimation des populations peut être calculée grâce aux méthodes de Petersen et de Schnabel (Dajet, 1971).

FORMULE DE PETERSEN

$$P = \frac{m(u+r)}{r}$$
 où
m : nb d'ind capturés au 1^{er} passage, marqués et redéversés
u : nb d'ind non marqués capturés au 2nd passage
r : nb d'ind marqués recapturés au 2nd passage

L'intervalle de confiance est déterminé grâce à l'abaque de CLOPPER et PEARSON (cf. Annexe 6).

Plusieurs conditions sont requises :

- le nombre d'individus doit être constant (pas d'émigration, immigration). La territorialité des écrevisses est encore mal connue, la population n'est pas stationnaire, il peut y avoir des migrations entre les limites fixées pour l'échantillonnage. De plus, les individus relâchés loin de leur cache originelle peuvent avoir des déplacements anormaux.
- les chances de capture doivent être identiques pour tout animal. Les individus inférieurs à 20mm sont sous échantillonés ainsi que les individus en train de muer.
- les marques ne doivent pas s'effacer, pour cela les pêches sont effectuées sur trois nuits suffisamment rapprochées dans le temps (moins d'une semaine) pour que les marques ne disparaissent pas.
- le marquage ne doit pas affecter la «capturabilité» des individus. Les premières marques au typex ont été mises sous les pinces afin de ne pas influencer la recapturabilité surtout si l'eau

est trouble et profonde. Pour le deuxième passage, le marquage sous les pinces a été abandonné, il posait des problèmes pour les petits individus (risque de coller les pinces) et pour les individus auxquels il manquait une patte déjà marquée au premier passage. Du vernis a donc été déposé sur le telson de chaque individu (cf. figure 2).



Figure 2 : Ecrevisse à pieds blancs de l'Etang Neuf (E.Pesme, Juillet 2006)

FORMULE DE SCHNABEL ajustée par CHAPMAN (1952)

$$N = \frac{\sum (C_t m_t)}{(r_t + 1)}$$

où : N : effectif de la population
 Ct : effectif du nième échantillon
 mt : nombre d'individus marqués juste avant la nième pêche
 rt : nombre total d'individus marqués recapturés au bout des n pêches successives

L'estimation de N est distribuée asymétriquement alors que l'estimée de l'inverse ($1/N$) à une distribution normale avec une variance égale à $\Sigma r_t / (c_t * m_t)^2$. Pour obtenir les limites de l'intervalle de confiance, il suffit de multiplier l'écart type par le t de la courbe normale (table de Student) correspondant à $(n-1)$ degré de liberté, n étant le nombre de pêche. On obtient ainsi deux valeurs limites pour $1/N$ d'où l'on déduit les valeurs correspondantes pour N.

Les résultats sont ensuite reportés en densité d'individus à l'hectare afin de déterminer les classes d'abondance théorique de la population (Degiorgi, com.pers.).

Classe d'abondance théorique	Densité en individu pour 10 ares
0,1	30
1	350
2	700
3	1400
4	2800

Tableau 2: Classes théoriques d'abondance (Degiorgi.com.pers.)

1ER SITE DE REINTRODUCTION : LE RUISSEAU DE L'ETANG NEUF DANS LE MORVAN

I. Présentation du site d'étude

1) Le Morvan

Le Morvan, étymologiquement « montagne noire », est une petite région montagneuse, aux reliefs arrondis, à l'extrême nord est du Massif Central, qui s'étend sur 75 km du Nord au Sud, et sur 50 km d'est en ouest. Il est né il y a 300 millions d'années du plissement hercynien.

Le Morvan chevauche les quatre départements de la Bourgogne : la Nièvre, la Côte d'Or, l'Yonne, et la Saône et Loire. Les altitudes sont comprises en 300 et 900 mètres.

1.1) Géologie

Le Morvan constitue une avancée du vieux socle du Massif Central au sein des matériaux sédimentaires du Bassin de Paris et du seuil de Bourgogne. Il appartient donc aux chaînes de montagnes hercyniennes et s'est formé pendant l'ère primaire. C'est un môle de terre cristalline au milieu de terrains sédimentaires édifié en plusieurs étapes géologiques : au Primaire, la région est affectée par le soulèvement hercynien et le socle granitique et les formations volcaniques issus du magma profond se mettent en place. Au Secondaire, la mer recouvre la région et y dépose des sédiments. Lors de la surrection des Alpes, au Tertiaire, le massif se faille et remonte. L'érosion, dorénavant, reprend son oeuvre et se poursuit jusqu'à nos jours pour aboutir au relief actuel.

1.2) Climat

Le climat du Morvan est caractérisé par la durée de la mauvaise saison, une grande irrégularité d'une année sur l'autre, une pluviométrie importante, en moyenne 1000mm/an, et des températures modérées si l'on considère la moyenne annuelle qui se situe aux alentours de 10°C, avec de fréquentes menaces de gel. Le massif subit en effet les influences atlantique (façade ouest), continentale (à l'est) et méridionale atténuée (au sud). A cela vient s'ajouter une ambiance montagnarde due à l'altitude relative et un microclimat froid de fond de vallée qui génère une tendance boréale.

1.3) Occupation du sol et population

Peu propices aux cultures, les surfaces sont essentiellement consacrées à la forêt ou à l'élevage bovin. Le massif est boisé à près de 50% de sa surface avec 60% de feuillus et 40% de résineux. Les surfaces agricoles représentent près de 127000 hectares. C'est près de 11000 ha en moins qu'en 1979, les surfaces étant progressivement délaissées au profit des friches et de la forêt. Deux tiers des exploitations sont spécialisés dans l'élevage des bovins (viande) et plus de 88% des surfaces agricoles sont consacrées aux fourrages (essentiellement sous forme de prairies permanentes).

La densité de population dans le Morvan est en moyenne de 16 habitants/km² (moyenne nationale de 106 hab/km). L'omniprésence de l'eau sur le massif a permis à l'homme de

choisir aisément où s'installer, soit quasiment partout. L'habitat dispersé est donc une des caractéristiques du Morvan et s'accentue au fur et à mesure que l'on pénètre dans le massif.

1.4) Les écrevisses dans le Morvan

Six espèces ont été dénombrées sur le territoire du Morvan. Trois espèces autochtones sont encore présentes : l'écrevisse à pieds blancs (*Austropotamobius pallipes*) (cf. Annexe 7), l'écrevisse à pieds rouges (*Astacus astacus*) et l'écrevisse à pattes grêles (*Astacus leptocactus*). Selon André (1960), l'écrevisse de torrent (*Austropotamobius torrentium*) aurait été également présente sur certains petits cours d'eau et un extrait du cinquième bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Autun (1892) fait également état d'une tentative d'acclimatation de l'écrevisse de Bavière (*Astacus torrentium*, Schranck) dans la Cure.

Parmi les écrevisses exotiques, l'écrevisse de Californie ou « signal » (*Pacifastacus leniusculus*) a été introduite dans une dizaine d'étangs dans le nord du Morvan, il y a une trentaine d'années, elle a nettement progressé depuis et colonise actuellement un grand nombre de ruisseaux et de rivières. L'écrevisse américaine (*Orconectes limosus*) est apparue en 1920 dans un plan d'eau de la région de Saint Léger Vauban quant à l'écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*), elle est très récente dans la région et n'est connue que sur un site.

2) Le ruisseau de l'Etang Neuf

2.1) Situation géographique

Le ruisseau de l'Etang Neuf, aussi appelé le ru des Hâtes, se situe en plein cœur du Parc naturel régional du Morvan sur les communes de Dun-Les-Places et de Brassy. C'est l'un des premiers affluents du ruisseau de St Marc, qui se jette dans la Cure.

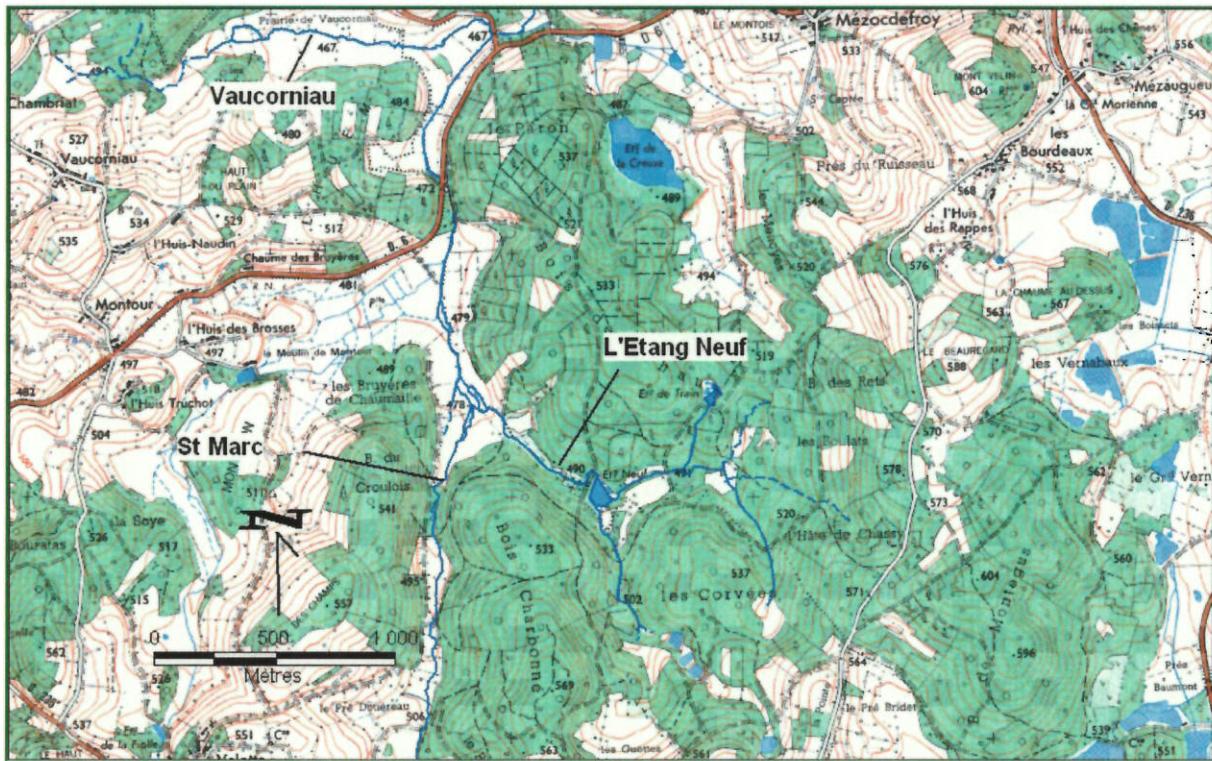


Figure 3 : Localisation des ruisseaux de l'Etang Neuf, du St Marc et de Vaucorniau

2.2) Géologie

Le bassin versant de ce ruisseau repose sur un socle granitique. Les sols issus de l'altération de la roche mère (arénisation) sont donc pauvres, acides et peu développés. Ce contexte géologique explique, en autre, la faible minéralisation des eaux et leur relative acidité.

2.3) Le réseau hydrographique

Le ruisseau, d'une longueur de 2 km environ est formé de deux bras qui se rejoignent au niveau d'un ancien étang formé autrefois par une digue détruite par les résistants lors de la Seconde Guerre Mondiale.

La surface totale de son bassin versant est de 3 km². Son dénivelé est d'environ de 40m, ce qui lui confère une pente moyenne de 28‰.

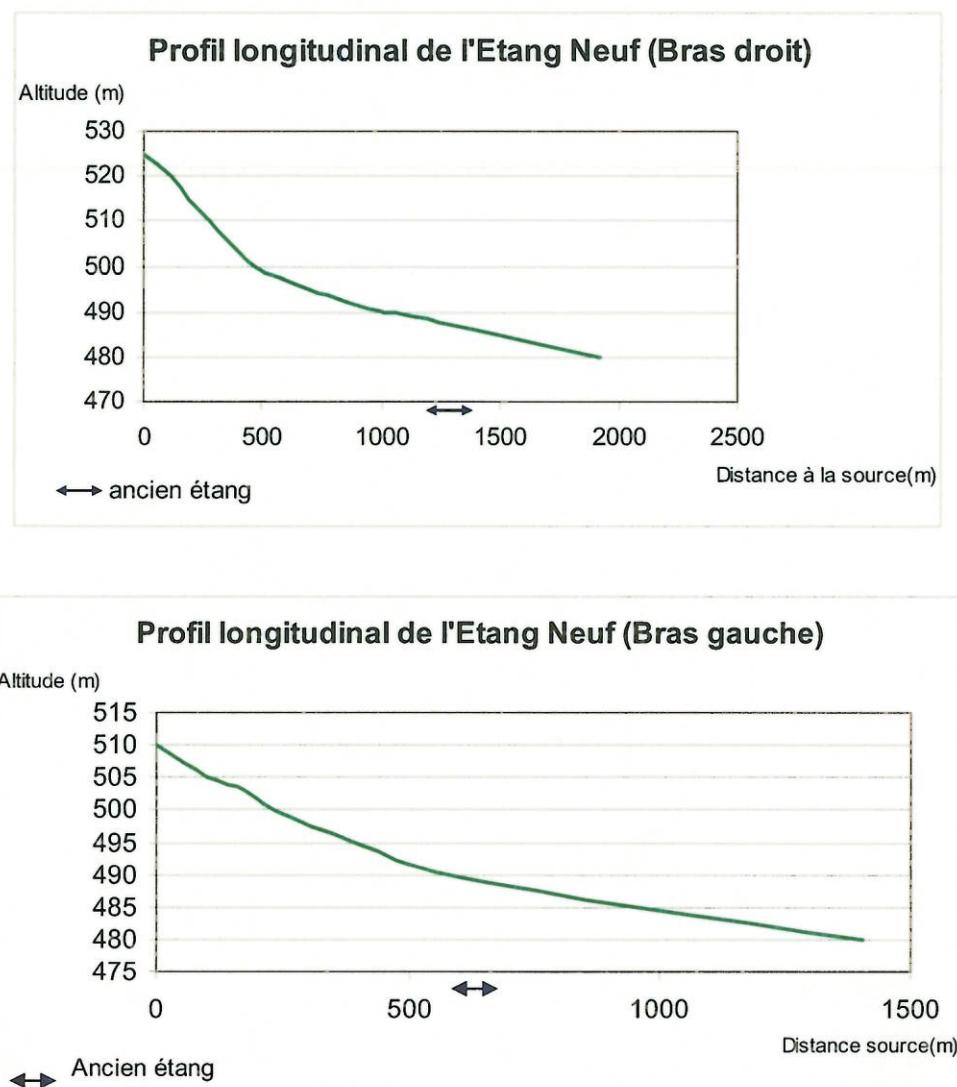


Figure 4: Profils longitudinaux des deux bras

2.4) Occupation du sol du bassin versant de l'Etang Neuf

L'analyse de la carte IGN, des orthophotoplans et la prospection de l'ensemble du linéaire du cours d'eau ont permis d'avoir un aperçu des différents facteurs pouvant influencer le cours d'eau.

Le bassin versant de l'Etang Neuf est essentiellement forestier (82%). La forêt est composée par des feuillus, principalement des hêtres et quelques chênes. La principale activité anthropique est la sylviculture : on y trouve des parcelles de résineux (culture d'épicéas et de douglas) qui se prolongent quelques fois jusqu'aux bords du cours d'eau. Le Morvan étant la première région productrice de sapins de Noël, ces cultures sont naturellement présentes sur le bassin versant de l'Etang Neuf. Elles sont localisées au sud du bassin à proximité des sources du bras gauche. Enfin, quelques prairies sont également présentes au sud aux environs du hameau de Bonin.

Types	Superficie
Feuillus	50
Résineux	32
Prairie	10
Sapins de Noël	6
Friche	2

Tableau 3: Superficie de l'occupation du sol (en %)

2.5) Les principales perturbations

Exceptées les cultures de sapins de Noël, les principales dégradations potentielles sont d'ordre physique et concernent surtout les zones de franchissement du ruisseau.

- Les cultures de sapins de Noël

Depuis les années 60, les pépinières de sapins de Noël se sont multipliées sur le massif du Morvan. Les nombreux produits chimiques utilisés durant le cycle de production, notamment pour l'entretien des parcelles (pesticides) ont des conséquences catastrophiques sur les ruisseaux et « à fortiori » sur les populations d'écrevisses. En 1996, lors d'une prospection sur l'Etang Neuf un grand nombre de cadavres d'écrevisses pieds blancs ont été découverts. Des individus encore vivants ont été envoyés dans un laboratoire des services vétérinaires spécialisés dans les pathologies astacicoles (LDA39). Les tests bactériologiques et parasitologiques s'étant révélés négatifs, les causes de mortalité d'ordre pathologique ont donc été écartées. Lors d'une prospection du bassin versant, plusieurs plantations de jeunes sapins de Noël ont été découvertes à une trentaine de mètres du ruisseau et il s'est avéré que la plantation avait subi un traitement phytosanitaire durant l'été. En l'absence d'autres sources potentielles de pollution (pas d'habitation, pas de culture, pas de bâtiment agricole), cette plantation de sapins de Noël reste l'hypothèse la plus probable pour expliquer cette mortalité anormale (Paris, Mathieu, 1998).

- Les plantations de résineux

Depuis les années 50, la surface forestière résineuse ne cesse d'augmenter au détriment des forêts de feuillus et, dans une moindre mesure, des terres agricoles.

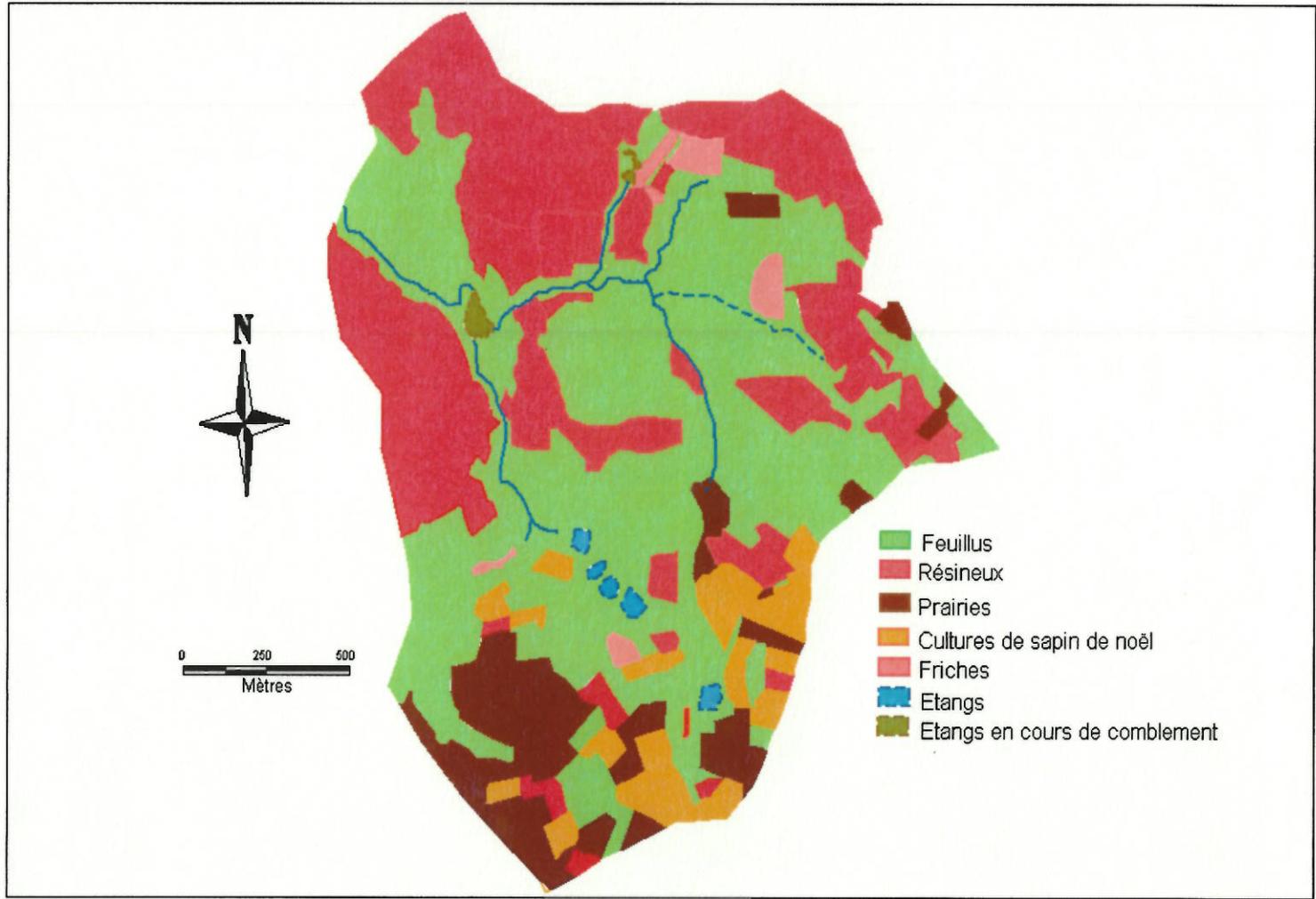


Figure 5 : Occupation du sol du bassin versant de l'Etang Neuf

Les méthodes de sylviculture ont des conséquences néfastes sur les cours d'eau et la faune, flore qu'ils abritent.

Les opérations de débardage endommagent les berges et augmentent le taux de matières en suspension. Les coupes à blanc renforcent l'ensablement et le colmatage des fonds. La présence des résineux en bordure de lit participe à la désstabilisation des berges (enracinement superficiel), à l'acidification des eaux, et à l'homogénéisation de la structure du cours d'eau qui se traduit par un élargissement du lit et à la disparition des sous berges.

Compte tenu du nombre élevé de parcelles de résineux à proximité du cours d'eau, on peut en déduire que dans les années à venir de nombreuses coupes de bois ainsi que des stockages vont avoir lieu.

- Les chemins forestiers

Le cours d'eau est traversé par des chemins forestiers au niveau de quatre passages. Mise à part la traversée par des engins forestiers lors de débardages, ce sont le plus souvent les quads qui empruntent ces passages. Ces passages récurrents ainsi que la circulation dans le lit du ruisseau entraînent des modifications de l'habitat et une destruction du cours d'eau. Ils perturbent également le cours d'eau plus en aval par la remise en suspension de particules fines.

- Les étangs

Mis à part les vestiges de l'Etang Neuf et ceux de l'Etang de Train qui constituent aujourd'hui des zones humides, les étangs du bassin versant ne se trouvent pas sur le cours d'eau. Les répercussions sur le milieu sont donc moindres. Seuls cinq petits étangs (14000 m²) sont dénombrés. Quatre sont situés à proximité du bras gauche et l'un d'eux, le dernier constitue une des sources directes de ce bras. Les étangs peuvent constituer une source directe de perturbations car ils influencent de nombreux paramètres physico chimiques à l'aval (T°, pH, MES, NH₄⁺...) et peuvent être le lieu d'introduction d'espèces exotiques provoquant des déséquilibres écologiques.

II. Etude du Milieu aquatique

1) Qualité biologique du cours d'eau

1.1) MAG20

Dans le cadre des études préalables pour la réintroduction de l'écrevisse à pieds blancs, trois MAG20 ont déjà été réalisés sur l'Etang Neuf en 2005. Entre septembre 2005 et juin 2006, ce sont au total cinq stations qui ont été échantillonnées (cf. figure 6).

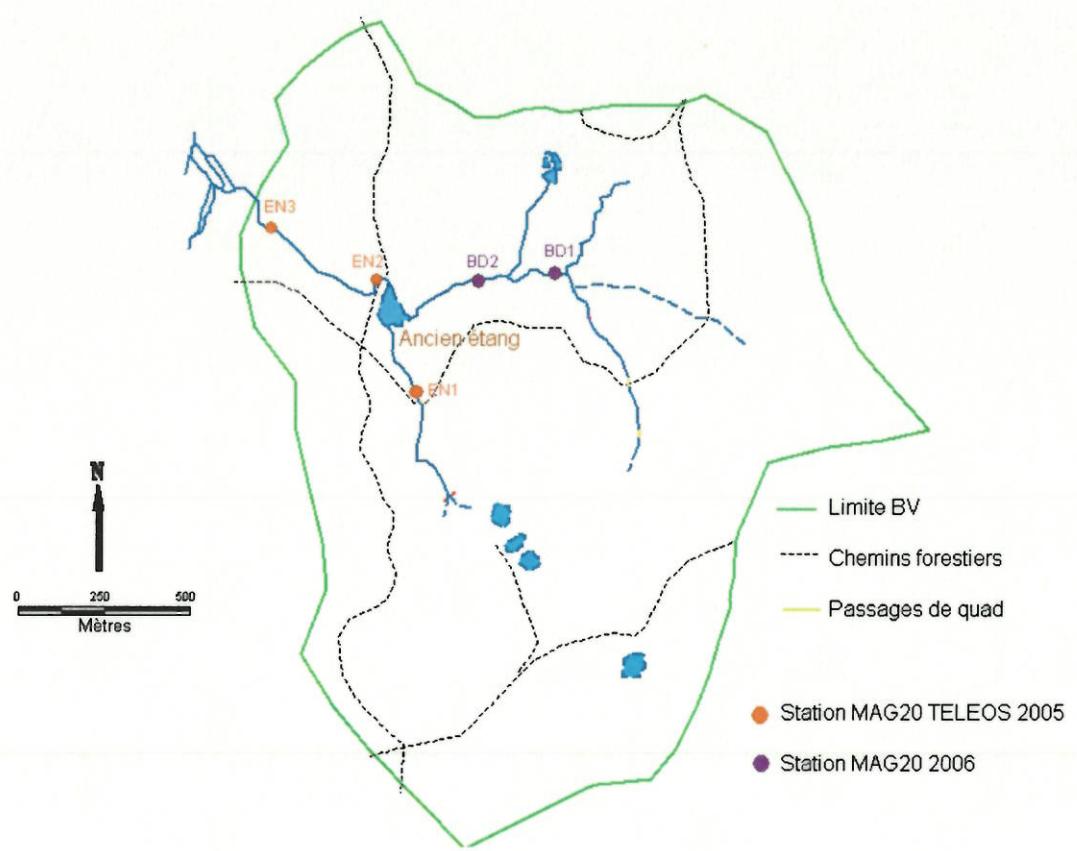


Figure 6: Localisation des stations MAG20

	Amont de l'ancien étang			Aval de l'ancien étang	
	Amont bras droit (BD1)	Aval bras droit (BD2)	Bras gauche (écrevisse) EN1	Aval Etang (EN2)	Aval lointain (EN3)
Abondance	3526	2846	7225	14368	16073
Variété générique	48	45	58	62	55
Variété familiale	42	37	46	51	44
Variété génér. Plécoptères	4	2	6	5	6
Variété génér. Ephéméroptères	6	7	8	8	8
Variété génér. Trichoptères	9	11	15	13	15
Variété génér. Coléoptères	7	8	8	11	10
IBGN	18/20	17/20	18/20	20/20	17/20
Taxon indicateur	Perlodidae (9)	Odontoceridae (8)	Perlodidae (9)	Perlodidae (9)	Odontoceridae (8)
Variété IBGN	33	34	35	41	35
Cb2	16/20	16/20	16/20	17/20	16/20
Iv	7,3	7,5	7,7	9	7,7
In	8,8	8,7	8,5	8,2	8,2
% Saprobionte	70	60	81	90	86

Tableau 4: Caractérisation des peuplements benthiques des stations MAG20 de 2005 et 2006 sur le ruisseau de l'Etang Neuf

Les prélèvements de 2005 (EN1, EN2, EN3), effectués par Teleos, concluaient sur une bonne qualité biologique du cours d'eau ce qui a depuis été confirmé par la découverte d'écrevisses à pieds blancs sur le secteur. Les échantillons présentaient des taxons sensibles mais en faible abondance.

En 2006, deux prélèvements supplémentaires ont été réalisés sur le bras droit (BD1, BD2) non échantillonné lors de la campagne de 2002. Le premier prélèvement a été effectué juste en aval de la petite zone humide. Le ruisseau est, à cet endroit, bordé de feuillus. Le second prélèvement a été réalisé plus à l'aval, juste en amont de la zone de résineux qui borde le cours d'eau en rive gauche (cf. figure 6).

Même si les notes IBGN (18,17, 18, 20, et 17/20) et les Cb2 (16, 16, 17 et 16/20) sont sensiblement similaires entre tous les prélèvements, la structure des peuplements est, elle, très dissemblable (cf. tableau 4).

- Les abondances de BD1 et de BD2 sont très faibles par rapport au bras gauche (EN1) et encore plus par rapport à la confluence (EN2, EN3) ce qui suscite des interrogations même si l'abondance augmente naturellement avec l'éloignement des zones de source. Cette différence d'abondance est surtout significative pour les organismes saprobiontes, ils constituaient près de 90% des prélèvements EN1, 2, 3 alors qu'ils ne représentent seulement que 60-70% des prélèvements du bras gauche.

- Les variétés génériques et familiales de BD1 et de BD2 sont également bien inférieures à celles rencontrées dans les prélèvements EN1, EN2, EN3 (45-48 contre 55-62) surtout pour les Plécoptères et les Trichoptères.

- L'abondance des taxons indicateurs (*Perlodidae*) est également très faible mis à part le genre *Odontocerum* qui est relativement présent par rapport à d'autres taxons polluosensibles.

- Certains taxons électifs de ce type de cours, très polluosensibles et qui sont présents dans les prélèvements 2005 font défaut dans les deux prélèvements du bras droit dont la famille des *Chloroperlidae*. Un genre (*Siphonoperla*) avait été échantillonné dans les prélèvements de 2005 mais en très faible densité (seulement trois individus). Lors des prélèvements ou/et du tri, un ou plusieurs individus ont pu être omis.

- On peut émettre des hypothèses sur l'existence d'une perturbation insidieuse sur ce bras. Cependant, les causes directes ou même indirectes ne sont pas évidentes. Les pressions anthropiques sur le bassin versant sont faibles et menacent plus directement le bras gauche. En effet, les cultures de sapin de noël, les pâturages et le hameau de Bonin se trouvent sur son secteur amont. A priori, aucune décharge ni aucun rejet direct ne se trouvent sur ce secteur. La seule « menace visible » est la présence des résineux en bordure ou très proche du cours d'eau. Ces résineux ont été plantés il y une cinquantaine d'années et n'ont à priori pas eu de traitement. De plus, le bras droit a été fortement perturbé par des opérations de débardage il y a quelques années et possède un petit étang (Etang de Train) en tête de bassin aujourd'hui en cours de comblement. Le seul point critique visible sur ce secteur est une zone de débardage en amont du bras droit (à proximité du secteur des sources) qui a été exploitée fin des années 1990 et qui a depuis été replantée en résineux. Mais aucune pollution quelconque n'a été signalée depuis.

- Cependant, en analysant la liste faunistique, une contamination toxique pourrait être à l'origine de ces résultats, en effet même une faible concentration, non létale pour les organismes pourrait affecter l'ensemble de la chaîne trophique et plus particulièrement les organismes liés à la matière organique (où se fixe les substances toxiques) comme les gammarides, les oligochètes et les chironomes ce qui pourrait expliquer leur très faible abondance dans les prélèvements BD1 et BD2. De plus, contrairement à une pollution de type organique, une pollution toxique n'entraîne pas l'augmentation des taxons résistants. Cette hypothèse ne va pas à l'encontre de la présence des plécoptères dans ces prélèvements,

puisque ces organismes sont particulièrement sensibles aux pollutions organiques et plutôt résistants vis à vis des substances toxiques.

- Il faudrait envisager des analyses poussées d'eau et de sédiments pour s'assurer de l'existence de la perturbation, d'en connaître la nature exacte et en savoir la cause. Cependant, les organismes aquatiques peuvent être sensibles à partir de teneurs dépassant à peine 0,1µg/L alors que les seuils de détection peuvent se trouver entre 20 et 100µg/L.

1.2) Etude piscicole

En septembre 2005, un diagnostic piscicole a été mené par le Conseil Supérieur de la Pêche de la DR9 sur la partie amont du bassin versant du St Marc. Au total, 8 stations ont été étudiées dont trois se situent sur le ruisseau de l'Etang Neuf (cf. Annexe 10).

Six espèces de poissons ont été répertoriées sur l'ensemble du bassin versant du St Marc, quatre espèces sont électives des milieux apicaux : la truite, le chabot, la loche et le vairon et les deux autres sont caractéristiques des eaux calmes : le gardon et la perche.

Pour pouvoir analyser les résultats de ces pêches, les techniciens du CSP ont comparé le peuplement réel à un peuplement théorique obtenu grâce au calcul du niveau typologique. Les cours d'eau sont découpés en biotypes ou niveaux typologiques qui correspondent à des structures particulières du peuplement piscicole (nombre d'espèce et abondance de ces espèces) (Verneaux, 1973). Le niveau typologique peut être calculé pour chaque station grâce à une formule qui regroupe 6 variables du milieu (Verneaux, 1977).

$$\text{Niveau typologique (T)} = 0.45 \times [0.55tMn - 4.34] + 0.30 \times [1.17 \ln(d_0 \times D \times 10^{-2})] + 1.50] + 0.25 \times [1.75 \ln(S_m \times 10^2 / p \times l^2)] + 3.92]$$

Où :

tMn : moyenne des températures maximales des 30 jours consécutifs les plus chauds
d₀ : distance aux sources en km
D : dureté totale de l'eau (Calcium+Magnésium) en mg/l
S_m: la section mouillée à l'étiage en m²
p : la pente de la ligne d'eau (°/oo)
l : la largeur du cours d'eau à l'étiage en mètre.

	Niveau typologique (Etang Neuf)
S1 (bras droit amont)	B1
S2 (bras gauche amont étang)	B2
S3 (aval étang)	B2+

Les niveaux typologiques qui varient de B1 à B2+ correspondent à ce type de milieu en tête de bassin.

Dans la partie la plus amont du bras droit du ruisseau de l'Etang Neuf (S1), aucun poisson n'a été pêché, or malgré le niveau très apical de la station (B1), on devrait rencontré au moins une espèce, le chabot (classe d'abondance 2). Cette absence peut être expliquée par la très faible hauteur des eaux au niveau de ce secteur et par une qualité physique médiocre juste en aval du secteur pêché. En effet, un passage de quads détériore le lit sur plusieurs mètres (20m) et deux embacles rendent la connectivité longitudinale médiocre. Les explications de cette absence sont multiples et en l'absence d'autres données sur ce bras l'hypothèse de la pollution毒ique émise grâce aux prélèvements MAG20 sur ce bras (BD1, BD2) ne peut être affirmée.

Pour les deux stations plus en aval (amont S2 et aval de l'étang S3) la totalité du peuplement est représentée par la truite et le chabot.

	Suf pêchée (m ²)	Esp	Effectif pêché	Effectif estimé	Densité ind/ha	Classe d'abondance
Amont Etang(S2)	40,6	CHA	29	45	11100	5
	40,6	TRF	20	20	4900	3
Aval Etang(S3)	102,6	CHA	44	66	6400	5
	102,6	TRF	25	25	2400	3

	Esp	BioM kg/ha	Classe abondance	Classe abondance retenue	Classe d'abondance B2
Amont Etang	CHA	49	5	5	4
	TRF	90	3	3	3
Aval Etang	CHA	30	4	4	5
	TRF	69	3	3	3

Tableau 5: Caractéristiques des peuplements piscicoles de l'Etang Neuf

En terme d'abondance, le peuplement de la station en amont de l'étang (S2) est conforme au peuplement de référence, l'abondance du chabot est même supérieure à celle de la référence.

La station en aval est presque conforme mais notons cependant l'absence de la loche franche et du vairon.

L'étude piscicole de l'Etang Neuf ne montre pas de dysfonctionnement majeur sur le cours d'eau.

Sur les différents secteurs du ruisseau de St-Marc, le peuplement est quasi conforme au référentiel typologique. Les conditions d'habitat, notamment la diversité, et la qualité des substrats de fond ainsi que les qualités des eaux paraissent donc satisfaisantes.

2) Qualité physique du cours d'eau à l'échelle du tronçon

L'analyse de la qualité physique du cours d'eau a été menée à l'échelle du tronçon sur l'ensemble du linéaire des deux bras ainsi qu'à l'aval de la confluence. Les différents scores calculés pour chaque composante de la qualité physique sont exposés dans le tableau suivant (les détails des calculs sont en Annexe 11.1). La qualité physique de chaque tronçon est décrite dans les pages suivantes.

Trç	Score hétérogénéité /111	Classe	Score Attractivité /90	Classe	Score Connectivité /130	Classe	Score stabilité -60/40	Classe	Coef stabilité 0,75/1,25	Qualité physique /30600	Classe
1	51	A	27	C	66	A	5	équilibre	1,25	6474	B
2	34	C	21	D	34	C	10	équilibre	0,85	1583	C
3	53	A	28	C	63	B	1	équilibre	1,25	6379	B
4	44	B	32	C	57	B	10	équilibre	0,85	3658	B
5	24	D	30	C	47	C	13	sédimentation	0,75	1893	C
6	37	C	38	B	59	B	14	sédimentation	0,75	3319	C
7	44	B	40	B	57	B	7	équilibre	0,85	4018	B
8	42	B	45	B	57	B	2	équilibre	0,85	4215	B
9	46	B	43	B	47	C	5	équilibre	0,85	3540	B

Tableau 6: Scores de la qualité physique globale de l'Etang Neuf

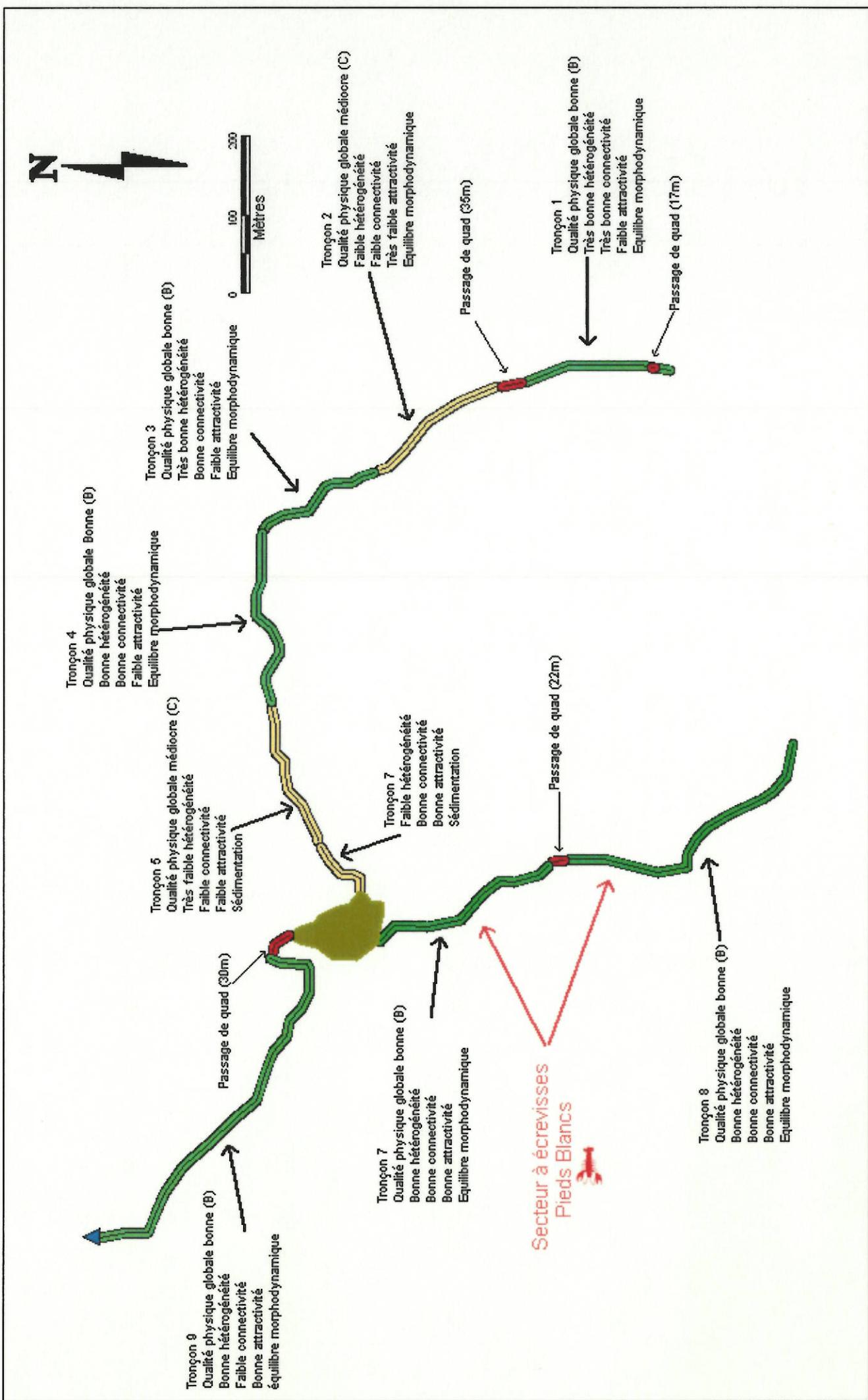


Figure 7 : Qualité physique globale de l'Etang Neuf

→ Bras droit

Le bras droit de l'Etang Neuf mesure environ 1100 mètres. Il prend sa source dans un près « Les Corvées » à 525 mètres d'altitude. Il a été découpé en 6 tronçons homogènes d'un point de vue morphologique, fonctionnel et de l'occupation du sol.

• Tronçon 1

Le premier tronçon s'étend sur le secteur des sources. Il mesure 196 mètres et il est caractérisé par une forte pente. Le ruisseau est bordé uniquement de feuillus, essentiellement des hêtres. Une récente zone de débardage est parallèle au cours d'eau sur sa rive droite et se trouve au plus près à une quarantaine de mètres du lit. A environ une vingtaine de mètre en aval de la source un passage de quads détériore le lit sur 17 mètres.

L'hétérogénéité et la connectivité sont en classe A mais les scores ne sont pas très élevés.

L'hétérogénéité est expliquée par les variétés des faciès, des vitesses et des hauteurs d'eau quoique celle des substrats reste faible.

La connectivité est optimale de par la faible hauteur des berges et le nombre important de systèmes latéraux sur ce secteur. En effet, de nombreux petits ruisselets issus de sources différentes convergent vers le cours d'eau. Ceci est typique des zones de sources. De nombreux embâcles forment de petites cascades contribuant ainsi à la diversité des écoulements mais ils constituent également des barrières naturelles à la migration des poissons.

L'attractivité est médiocre. Le lit est constitué essentiellement de galets et de graviers et n'offre que très peu de caches réelles que ce soit pour les écrevisses ou pour les poissons.

Ce tronçon est en équilibre morphodynamique. Toutefois, s'il n'y avait pas les bancs de sables, il serait qualifié d'érosif. Ces dépôts sont dus aux passages répétés de quads qui remettent en suspension des particules de sable qui se déposent plus en aval. Les impacts de ce passage sont visibles sur plus de 150 mètres de cours d'eau et s'estompent juste avant le second passage de quads du bras.

La qualité globale de ce tronçon se trouve en classe B, notamment à cause du faible score d'attractivité qui peut être expliqué par la proximité des sources.

• Tronçon 2

Après le passage de quads, le ruisseau traverse une zone de plantation de résineux sur 200 mètres, certaines zones sont composées uniquement de résineux d'autres d'un mélange de feuillus et de résineux.

L'hétérogénéité est médiocre. Les situations de ce passage sont homogènes du point de vue des faciès, des vitesses et des hauteurs d'eau.

L'attractivité est très basse. Les caches sont très peu nombreuses mise à part quelques feuillus couchés en travers du ruisseau. De nombreux résineux sont d'ailleurs déracinés (cf.figure 8) mais eux n'offrent aucune cache.

Le score de connectivité est faible même si l'on ne rencontre pas de problème majeur, très peu d'obstacles sont présents mais deux paraissent difficilement franchissables pour certains débits.

Le secteur est en équilibre morphodynamique même si là encore le passage en amont tend vers la sédimentation en augmentant les dépôts de sable.

La qualité physique global est faible (classe C), ce score est certainement dû aux résineux qui sanctionnent ce secteur surtout au niveau de l'hétérogénéité et de l'attractivité.



Figure 8 : Ruisseau de l'Etang Neuf
(A.Marquis, Juin, 2006)

- Tronçon 3

Le troisième tronçon coule dans un milieu ouvert très humide et reçoit les deux plus gros affluents du bras droit (affluents en rive droite). Il mesure 170 mètres.

C'est le tronçon le plus hétérogène, on peut trouver différents faciès (radier, plat cascade, fosse) de même que des variétés de vitesses et de hauteurs d'eau. Comme le premier tronçon c'est un secteur ouvert où le lit n'est que partiellement ombragé.

L'attractivité est moyenne, les abris et les caches sont en effet peu nombreux mais paraissent de bonne qualité et les fonds, composés principalement de graviers, permettent au secteur d'être favorable à la présence des écrevisses et des poissons électifs de ce type de cours d'eau (truite et chabot).

La connectivité latérale est très bonne grâce notamment grâce à la zone humide qui longe le cours d'eau et aux deux affluents en rive droite. Seuls deux importants embâcles rendent la connectivité longitudinale médiocre.

Là encore, le secteur est en équilibre morphodynamique, les passages de quads n'ont plus d'effet. Les figures d'érosion et de sédimentation se compensent.

La qualité physique globale de ce tronçon est assez bonne (classe B) quoique sanctionnée un score d'attractivité qui est relativement faible.

- Tronçon 4

Ce tronçon se situe entre la zone humide amont et la plantation de résineux plus en aval. Il mesure 250 mètres. Le cours d'eau est bordé de feuillus sur les deux rives mais les résineux ne sont qu'à quelques mètres en rive gauche.

L'hétérogénéité et la connectivité sont correctes, les formes, les hauteurs d'eau, les substrats et les vitesses de courant sont assez variés, et peu d'obstacles sont présents sur le linéaire mais aussi très peu de systèmes latéraux.

L'attractivité est assez faible, les sous berges sont en effet peu nombreuses et peu profondes, elles n'offrent pas de réelles caches.

Le tronçon est en équilibre morphodynamique mais il est proche de la sédimentation.

La qualité physique globale de ce tronçon est bonne (classe B) et totalise l'un des scores les plus importants.

- Tronçon 5

Ce secteur est bordé sur la rive gauche par une plantation de résineux. La rive droite est constituée par des feuillus sur une vingtaine de mètres de large, au delà, se trouve une ancienne zone de débardage, aujourd'hui plantée de jeunes résineux.

La diversité des faciès est faible, c'est le tronçon le moins hétérogène du cours d'eau. La connectivité et l'attractivité sont également basses.

Comme le tronçon précédent, les formes de dépôts sont nombreuses : pour ce secteur la tendance est à la sédimentation même si des figures d'incision (petites racines perchées) sont nombreuses et bien visibles sur l'ensemble du linéaire (en rive droite, opposée aux résineux).

La qualité physique globale du tronçon est en classe C et totalise le moins bon score avec le tronçon 2, également bordé de résineux.

- Tronçon 6

Le dernier tronçon du bras droit se situe juste en amont de la zone humide constituée par l'ancien étang. Il mesure environ 90 mètres.

Ce secteur est bordé par des feuillus ainsi que par de nombreuses petites zones humides ce qui lui confère une bonne connectivité latérale. L'attractivité est l'une des meilleures du cours d'eau et la meilleure du bras droit par le linéaire important de caches et leur bonne qualité.

L'hétérogénéité est plutôt faible, les formes sont peu variées et la qualité des substrats médiocre.

Comme le secteur précédent, la sédimentation est prédominante ce qui pénalise fortement la qualité physique globale qui se retrouve en classe C.

→ Bras gauche

Le bras gauche est nettement moins long que le bras droit, il mesure environ 570 mètres. Sa principale source est un étang situé à 510 mètres d'altitude. C'est sur ce bras que se trouve la population d'écrevisses pieds blancs. La qualité physique globale de ce bras est bonne.

- Tronçon 7

C'est l'un des tronçons les plus sinueux. L'hétérogénéité est plutôt bonne grâce aux variétés de faciès, de largeurs du lit d'étiage, de hauteurs et de vitesses de courant.

Le linéaire des caches de ce bras est le plus important du cours d'eau, de nombreuses sous berges sont présentes sur les deux rives ainsi que d'abondants chevelus racinaires. Les sous berges sont également de meilleure qualité : profondeur latérale et la hauteur d'eau plus importantes.

La connectivité latérale est également correcte : bien qu'il y est peu de systèmes latéraux le cours d'eau, proche de l'ancien étang, est bordé par des zones humides. La ripisylve est également fournie et uniquement constituée par des feuillus.

Ce secteur est en équilibre morphodynamique bien que la sédimentation soit assez importante.

Ce secteur est en classe de qualité physique B.

- Tronçon 8

Ce tronçon se situe sur le secteur amont du bras gauche et a quasiment la même qualité physique que le secteur précédent. L'attractivité est très correcte grâce notamment au linéaire de cache, à la qualité des substrats et au nombre de systèmes latéraux.

La connectivité latérale est également très bonne avec de nombreux petits affluents au niveau du secteur des sources. La connectivité longitudinale est moins importante car les embâcles sont très nombreux. Pour les écrevisses, ces obstacles ne doivent pas poser de problème, au contraire à l'aval de ces embâcles des petites fosses sont créées offrant des zones plus profondes, à courant modéré, très appréciées des écrevisses.

Le tronçon est en équilibre morphodynamique (secteur plus apical), les figures de sédimentation sont quasi inexistantes.

La qualité physique globale de ce tronçon est bonne (B).

→ Confluence des deux bras

- Tronçon 9

Le dernier tronçon est le plus long, il mesure près de 570 mètres. Il est formé par la confluence des deux bras qui se rejoignent au niveau de l'ancien étang.

Les faciès sont très diversifiés, la diversité des substrats y est également importante.

L'attractivité est également satisfaisante grâce à la qualité des substrats. Le linéaire de caches est cependant assez faible et on ne rencontre que très peu de systèmes latéraux.

La connectivité est sanctionnée par une plus grande hauteur des berges et par le faible nombre des systèmes latéraux. Là encore le nombre d'obstacles est important mais aucun ne paraît infranchissable.

Le secteur est en équilibre morphodynamique mais est pénalisé par l'incision sur au moins 300-400 mètres. Les derniers mètres sont donc de meilleure qualité et auraient mérité d'être analysés indépendamment des premiers 300-400 mètres.

Conclusion sur la qualité physique globale de l'Etang Neuf

Le score de l'attractivité est faible et pénalise fortement la qualité physique globale du cours d'eau. Dans le calcul de ce score, les amas de bois qui n'offraient pas un véritable abri hydraulique (cf. Annexe1), n'ont pas été pris en compte. Cependant, ils auraient pu être considérés comme des caches pour les écrevisses même si le couvert d'eau était très faible. L'appréciation de la qualité des caches (profondeurs latérales, hauteur de la lame d'eau) a également été sévère. Le secteur a écrevisses à néanmoins beaucoup plus de sous berges que les autres tronçons.

Le bassin versant étant totalement forestier, on y trouve beaucoup d'amas de bois qui participent à la diversité des écoulements (cascades), et à la formation de caches. Les caches sont essentiellement formées de sous berges et de branchages puisqu'il n'y a pas d'herbier et très peu de blocs même au niveau des zones de sources.

Globalement les substrats sont peu variés : on rencontre surtout des graviers, galets et sables. Le sable est prédominant dans les secteurs en amont de l'étang.

Le colmatage est anecdotique, il existe quelques bancs de sable et de vase dans le lit mais surtout à l'aval des chemins forestiers.

Globalement, le ruisseau est en équilibre morphodynamique, sauf pour les secteurs en amont de l'Etang (tronçon 5, 6, 7) où la tendance est plutôt à la sédimentation (surtout sur le bras droit) alors qu'à l'aval l'érosion est plus importante avec des points importants d'incision. On peut penser que l'ancien étang retient les particules provenant des secteurs amont. Le cours d'eau est alors obligé d'éroder de façon plus importante en aval de l'étang afin d'atteindre sa compétence d'où les marques d'incision présentes sur 300-400 mètres en aval de l'étang.

Le cours d'eau présente globalement une bonne connectivité latérale sur les deux bras, qui est expliquée par de nombreux petits ruisselets, des petites zones humides et par la faible hauteur des berges. La connectivité longitudinale est moins optimale, le bassin versant étant forestier, de nombreux amas de bois forment des embâcles de hauteur plus ou moins importante.

Le ruisseau est très ombragé, la ripisylve est donc importante ainsi que les franges herbacées mises à part sur les zones des résineux où les berges sont dépourvues de végétation herbacée et arbustive.

La qualité physique globale de l'Etang Neuf est globalement bonne, hormis les secteurs bordés de plantation de résineux.

3) Physico-chimie du cours d'eau

Des mesures ponctuelles ont été prises en différents points du ruisseau durant l'été 2005 et 2006.

	T°C	Cond. (µs/cm)	pH
Aval de l'étang (2005) T1, amont conf St Marc	15,6	43	7,11
Aval de l'étang (2005) T2, pieds ancienne digue	16,4	44	7,12
Amont l'étang (2005) T3, bras gauche (amont gué)	17,6	44	7,26
Amont l'étang (2005) T4, bras droit (amont gué)	17	45	7,14
Aval de l'étang (2006) T1, amont conf St Marc	13,2	44	7,36
Aval de l'étang (2006) T2, pieds ancienne digue	12,8	44	7,28
Amont l'étang (2006) T3, bras gauche (amont gué)	13,1	45	7,06
Amont l'étang (2006) T4, bras droit (amont gué)	13,2	44	7,31

Tableau 7: Données physico chimiques, juin 2005, août 2006 (PNRM)

L'eau de L'Etang Neuf est très peu minéralisée (44 µs/cm) et son pH avoisine la neutralité (7). Ceci peut s'expliquer par le contexte géologique, le substrat étant de nature siliceuse.

4) Thermographie du cours d'eau

La température du ruisseau est mesurée grâce à une sonde thermique, placée à 50m en aval de l'ancienne digue.

	Juin	JUILLET	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
T°C Moyenne	16,2	14,1	13,0	12,4	11,2	6,7	3,2
T°C Moyenne des maxis journaliers	17,5	15,3	14,2	13,4	12,0	7,0	3,7
T°C Moyenne des minis journaliers	14,8	12,9	11,7	11,4	10,4	5,7	2,7
Ecart journalier moyen	2,68	2,37	2,50	1,98	1,55	1,34	0,99

Tableau 8 : Suivi thermique de l'Etang Neuf en 2005 (PNRM)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	JUILLET	Août
T°C moyenne	2,9	2,8	4,9	8,2	11,0	13,3	16,2	13,0
T°C moyenne des maxi journaliers	3,6	3,4	6,1	10,1	12,4	15,1	18,0	14,0
T°C moyenne des minis journaliers	2,3	2,1	4,0	6,7	9,8	11,5	14,5	12,1
Ecart journalier moyen	1,3	1,3	2,0	3,4	2,6	3,5	3,5	1,9

Tableau 9:Données de température sur l'Etang Neuf en 2006 (PNRM)

En 2005, les températures moyennes estivales s'étaient entre 13 et 16,2°C avec des températures maximales moyennes comprises entre 13,4 et 17,5°C et des minimales entre 11 et 15°C.

En 2006, les températures moyennes estivales se trouvent dans les mêmes plages qu'en 2005 (13-16°C).

Les plus forts écarts de température se rencontrent durant les mois les plus chauds (juillet, août, septembre) mais restent faibles par rapport à d'autres sites à écrevisses suivi dans le cadre du programme LIFE (E.Pesme, comm.pers.)

III. Gestion des populations d'écrevisses à pieds blancs de l'Etang Neuf

Avant toute opération de réintroduction, le linéaire du cours d'eau doit être prospecté afin de s'assurer de l'absence d'écrevisses qu'elles soient autochtones ou allochtones.

Or, il s'avère que sur ce site pressenti pour la réintroduction, quatre individus ont été comptés, en septembre 2005, alors qu'aucune écrevisse n'avait plus été observée depuis 1996. Trois individus ont été trouvés sur le bras droit et un gros mâle a été découvert quelques mètres en aval de la digue à la confluence des deux bras. La découverte étant tardive (fin septembre), l'équipe du LIFE n'a pas pu prospecter l'ensemble du linéaire avant la fin de la période d'activité des écrevisses.

C'est donc durant le mois de juillet 2006 que l'importance de la population a pu être estimée.

La première nuit avait pour but de prospecter une grande partie du linéaire (hormis la zone de l'ancien l'étang inaccessible) afin de noter la présence ou l'absence des écrevisses. Elle a ainsi permis de localiser de manière relativement précise l'étendue de la population trouvée sur le bras gauche et la zone où elle apparaissait la plus dense. Une partie de cette zone a été choisie comme station d'étude pour les opérations de capture-marquage-recapture.

1) Présence d'écrevisses à pieds blancs sur le ruisseau de l'Etang Neuf

La station d'étude se situe au cœur de la population, à quelques centaines de mètres seulement de l'ancien étang. Elle mesure 67 mètres pour une surface de 88m².

1.1) Résultats quantitatifs

a). Formule de Petersen

	1 ^{ère} pêche	2 ^{ème} pêche	3 ^{ème} pêche
nb capturés	79	70	69
nb marqués	0	15	20
nb non marqués		55	49

Tableau 10 : Résultats bruts des trois nuits de prospection

Estimation	P	Intervalle de confiance	Densité numérique Ind/10ares	Classe d'abondance numérique
Entre la 1 ^{ère} et la 2 ^{ème} pêche	369	255<P<608	2898-6909	5
Entre la 2 ^{ème} et la 3 ^{ème} pêche	242	163<P<333	1852-3784	4-5

Tableau 11: Estimation de la population d'écrevisses à pieds blancs par la formule de Petersen

b) Formule de Schnabel ajustée par Chapman

Période	Ct (porcel. comptent)	Nouvelles écrevisses marquées	mt	rt	Ct mt	N
1	83	79	0	0	0	
2	70	55	79	15	5530	369
3	69	49	134	20	9246	462
Total				35	14776	422
Estimation de Schnabel ajustée par Chapman			410			
1/N ajustée par Chapman			0,00243638			

Tableau 12 : Estimation de la population d'écrevisses à pieds blancs par la formule de Schnabel

La formule modifiée de Schnabel donne une estimation de **410** individus sur la station. L'estimation de l'inverse est $1/N$: 0,0024 et t pour un degré de liberté de 2 étant égale à 2,9, les limites inférieures et supérieures de $1/N$ pour un seuil de probabilité de 5% sont égales à 0,00359 et 0,00127. Les valeurs correspondantes pour N sont donc **278** et **784** (classe d'abondance 5).

Les trois individus redécouverts en 2005 sur ce bras ne laissaient pas présager la découverte d'une population comptant plusieurs centaines d'individus.

Le nombre de captures est relativement constant : entre 70 et 80 écrevisses par nuit. L'estimation par Petersen entre la première nuit et la deuxième nuit (369) et celle obtenue par Schnabel sont assez proches (410). Cependant, la précision reste difficile car les intervalles de confiance sont assez larges, ils ne correspondent pas parfaitement d'une méthode à l'autre. Même si l'estimation est imprécise, la population peut être qualifiée de dense sur ce secteur puisque la classe d'abondance théorique numérique est de 5 et ceci pour les deux méthodes.

1.2) Résultats qualitatifs

a) Structure de la population

Les individus échantillonnés lors des trois nuits de prospection s'étaisent sur une large gamme de classe de taille (de 15 à 105 mm). Toutefois, la classe de taille la plus représentée est celle de 70-90 mm (cf. figure 9). La population n'est pas forcément dominée par des individus de grande taille car un biais existe dans l'échantillonnage : les gros individus sont en effet plus repérables et plus faciles à pêcher que les petits.

Lors des trois pêches autant de mâles que de femelles ont été pêchés.

Les individus atteints de la théloanoise représentent 7% de la population pour les deux premières pêches et 4% pour la dernière pêche. Ceci n'est pas inquiétant puisque la maladie de la porcelaine est normalement présente dans une population pérenne, à croissance normale. Cette maladie qui se propage par cannibalisme, constitue en quelque sorte un facteur naturel de régulation.

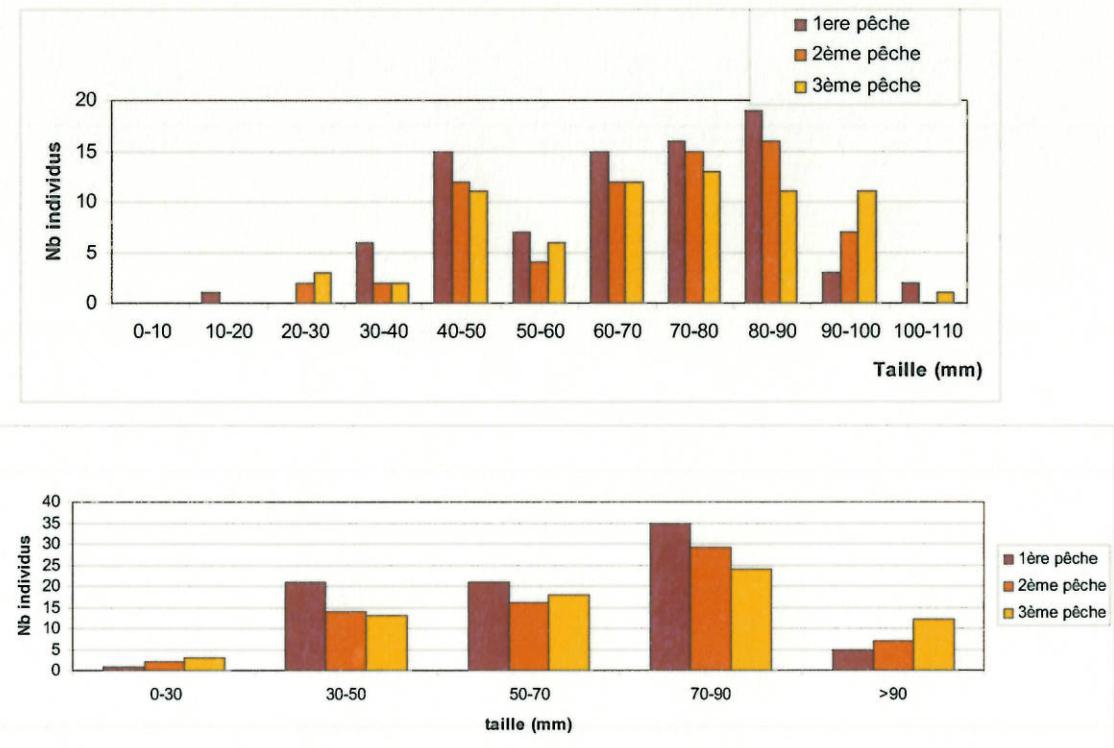


Figure 9: Histogrammes Taille/Fréquence de la population d'écrevisses de l'Etang Neuf

b) Linéaire colonisé

La population colonise le bras gauche de l'Etang Neuf, celui là même où elle avait disparu en 1996. Cette année, aucun individu n'a été retrouvé après la digue de l'étang, mais il est toujours possible que quelques gros individus cherchent à coloniser l'aval.

Aucune écrevisse n'a été observée sur le bras droit en 2005 et en 2006.

La longueur du linéaire colonisé est d'au moins 424 m, la population remonte le bras gauche presque jusqu'aux sources (cf. figure 10). La zone de forte densité se situe en aval du gué à quelques mètres seulement de l'ancien étang. La limite aval n'a cependant pas pu être précisée puisque l'ancien étang n'est pas prospectable. Il est certainement colonisé puisque des individus ont été aperçus en aval de la digue mais cela ne représente pas plus de 100 mètres supplémentaires.

La population d'écrevisses à pieds blancs de l'Etang Neuf est donc une population importante qui compte plusieurs centaines d'individus. Toutefois, c'est une population fragile de par le faible linéaire colonisé, à peine 500 mètres, mais surtout par la présence des écrevisses californiennes qui se trouvent à moins de 2 km en aval, et celle des cultures de sapins de Noël en tête de bassin.

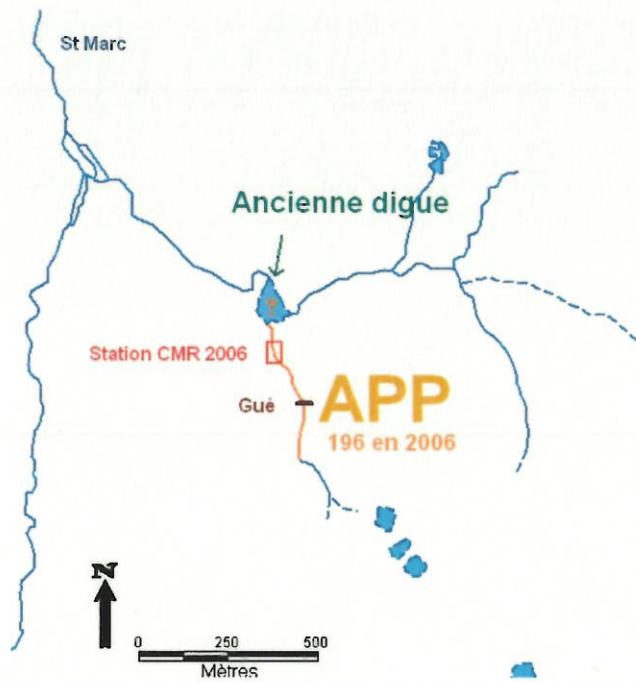


Figure 10 : Colonisation des écrevisses à pieds blancs sur le ruisseau de l'Etang Neuf

2) Gestion et protection de la population d'écrevisses de l'Etang Neuf

2.1) Action sur les écrevisses Signal du ruisseau de Saint Marc

Une population d'écrevisses Signal *Pacifastacus leniusculus* a été découverte en 2005, sur le ruisseau du Saint Marc, au niveau d'un pont situé à la confluence avec le ruisseau de Vaucorniau. Ces écrevisses qui ne sont, en fait, qu'à 1100 mètres des pieds blancs de Vaucorniau et à 2000 mètres de la population découverte cette année sur le bras gauche de l'Etang Neuf menacent directement ces populations avec pour principal danger la peste de l'écrevisse. Afin de déceler la présence éventuelle du champignon *Aphanomyces astaci*, un échantillon de la population de *Pacifastacus leniusculus* du St Marc devrait être prochainement envoyé dans un laboratoire en Allemagne.

C'est pourquoi, des destructions de Signal ont été organisées sur le St Marc en été 2005 et 2006 afin de retarder autant que possible leur progression vers l'amont.

En réalité, les Signal ne semblent pas conquérir le ruisseau de Vaucorniau, la zone de la confluence n'apparaissant pas propice à leur colonisation. Ce qui laisse en suspend les projets de renaturation du ruisseau dans sa partie basale.

Par contre, rien ne semble freiner la progression des Signal vers la zone amont du Saint Marc et les prospections de 2006 montrent que le noyau de la population se déplace très rapidement. En effet, en 2005, 25 % des écrevisses ont été capturées en amont du pont, contre 50 % en 2006. Néanmoins, au vu du faible nombre de pêches organisées cet été sur ce secteur, cette constatation doit être confirmée au cours de l'automne.

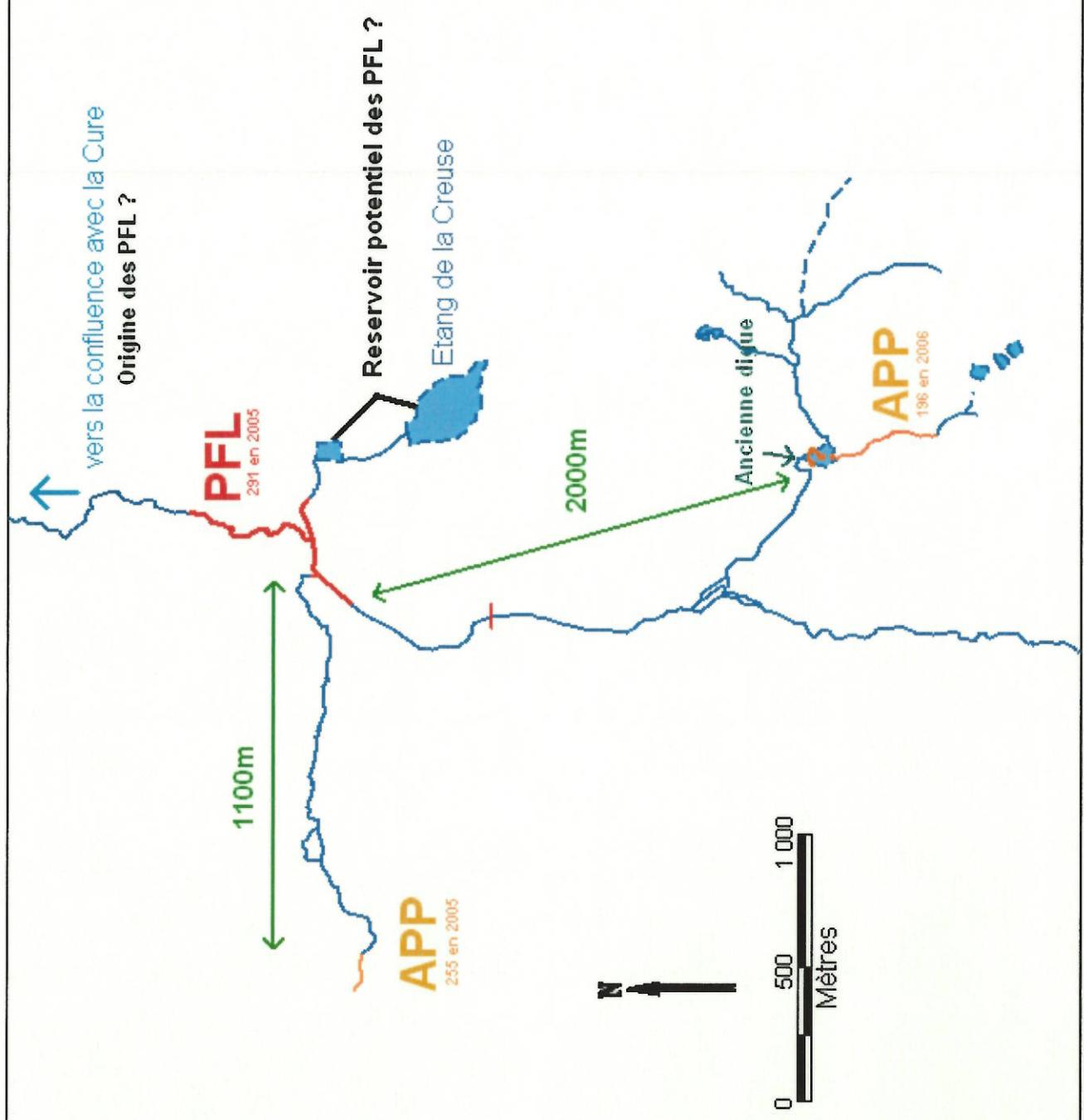


Figure 11 : Position de la population de *Pacifastacus Leniusculus* du Saint Marc par rapport aux populations d'*Austropotamobius pallipes* de l'Etang Neuf et de Vaucorniau

2.2) Protection de la population des écrevisses pieds blancs de l'Etang Neuf

Des actions de protection des pieds blancs sont prévues dans le cadre du programme LIFE Nature sur le ruisseau de l'Etang Neuf :

- ◆ Remplacement progressif des résineux (épicéas et de douglas) plantés en bordure du lit par des feuillus (aulnes, frênes, bouleaux).
- ◆ Mise en place de panneaux au niveau de chaque passage à gué qui rappellent la réglementation interdisant la circulation des véhicules motorisés en dehors des pistes carrossables. Des franchissements permanents vont également être mis en place sur certains passages.
- ◆ Contrôle des intrants des cultures de sapins de Noël qui se trouvent en amont et qui menacent directement le bras abritant les écrevisses à pieds blancs. Ces cultures avaient d'ailleurs été la cause majeure de l'importante mortalité des écrevisses en 1996. Les producteurs de sapins de Noël, constitués en association, collaborent déjà avec le Parc et sont intéressés par des expériences de méthodes alternatives à l'emploi des produits phytosanitaires. Cette collaboration permet de sensibiliser les propriétaires aux pratiques à risques, de valoriser les outils mécaniques et thermiques pour le désherbage des jeunes pieds et de mettre en place des contrats agri environnementaux comme c'est le cas pour certaines parcelles sur les prairies de Montour (BV du St Marc) et de Vaucorniau afin d'assurer la préservation des ruisseaux et des prairies paratourbeuses.

2EME SITE DE REINTRODUCTION : LES VURPILLIERES ET LE LHAUT DANS LE HAUT DOUBS

I. Présentation des sites d'étude

1) La Réserve Naturelle de Remoray

La Réserve Naturelle de Remoray a été créée en 1980. Elle regroupe le lac de Remoray (95 ha) et les vastes zones humides qui l'entourent. Sa surface totale est d'environ 3 km².

Située dans le Haut Doubs à proximité de la source du Doubs sur la Haute-Chaine Jurassienne, elle occupe une dépression synclinale calcaire tapissée de dépôt morainique.

L'ensemble des milieux aquatiques se trouve à une altitude d'environ 850 mètres.

Le lac de Remoray est alimenté par deux affluents : le Lhaut et la Drésine. Ces ruisseaux collectent les eaux de petits bassins versants dont celui des Vurpillières petit affluent de la Drésine.

L'émissaire unique du lac, la Taverne rejoint le Doubs 400 mètres en aval avant que celui-ci n'alimente le lac de Saint Point.

Le bassin versant de ces milieux aquatiques est couvert de forêt et de prairie mais aussi de tourbières et de bas marais. Sa délimitation est très complexe. En effet, le milieu étant de nature karstique, le bassin versant topographique qui correspond aux lignes de partage des eaux ne peut, dans ce cas, être défini.

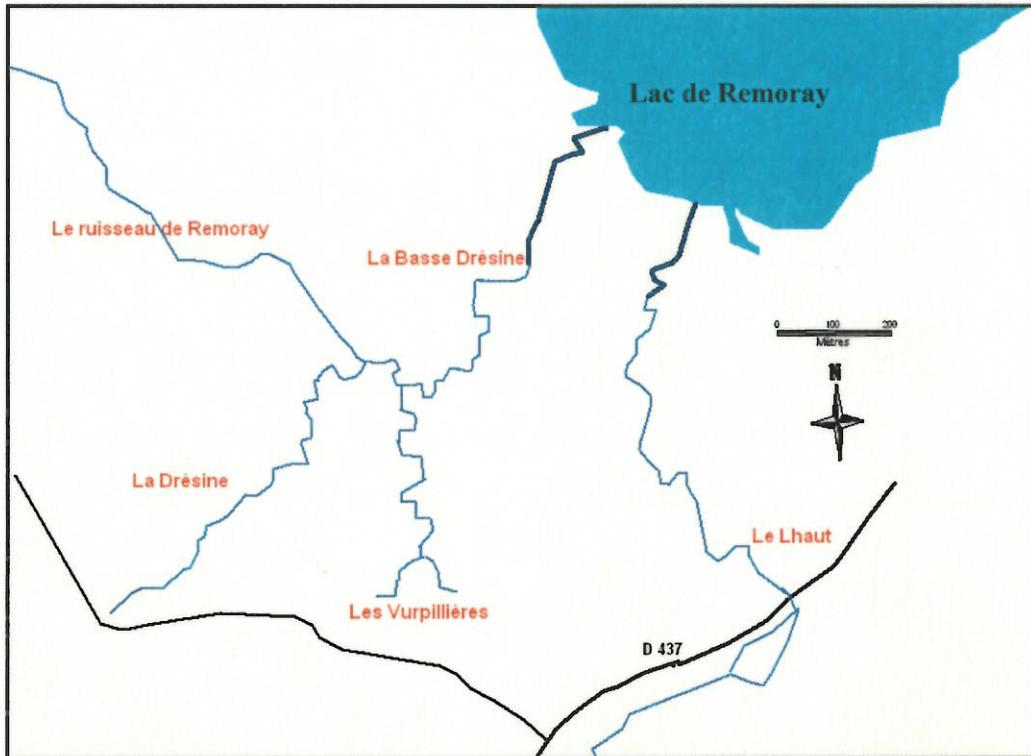


Figure 12 : Les Vurpillières et le Lhaut dans la Réserve Naturelle de Remoray

2) Le ruisseau des Vurpillières

Le ruisseau des Vurpillières est un petit ruisseau qui coule en amont du lac de Remoray au sein d'une vaste prairie humide de très haut intérêt écologique notamment au niveau botanique, ornithologique et entomologique. Le linéaire se trouve totalement dans la Réserve Naturelle du Remoray ainsi que dans la zone de Natura 2000 « Tourbières et lac de Remoray des Granges Sainte Marie».

Il prend sa source au pied d'un massif forestier (forêt des Buclés) d'où jaillissent de multiples sources et se jette 1100 mètres plus loin dans la Drésine. Il coule au sein d'un milieu ouvert sur une ancienne tourbière (Reding, 1999).

En 1967, le ruisseau a été transformé en un fossé rectiligne dans l'espoir de gagner des terrains agricoles afin d'améliorer la production d'épicéas. Il fut dès lors appelé Drain du Marais. Le marais avoisinant fut asséché mais aucune terre n'a été gagnée. Creusé dans la marne, le fossé n'a cessé de creuser depuis 30 ans et s'est enfoncé entraînant avec lui le niveau de la nappe. Les cortèges floristiques et les associations faunistiques caractéristiques des milieux humides se sont peu à peu banalisés.

En 1990, plusieurs études écologiques ont montré l'intérêt majeur de réhabiliter l'ancien lit du ruisseau et c'est ainsi que durant les mois de janvier et de février 1997, les méandres furent réalimentés. Le linéaire a presque doublé passant de 550 à 1100 mètres.

Cette restauration a fait l'objet d'un programme de suivi scientifique important. Les variations du niveau de la nappe ont été étudiées, des relevés botaniques ont été effectués, des analyses de l'évolution des peuplements piscicoles, macrobenthiques (trichoptères, éphéméroptères et plécoptères) et odonatologiques ont également été suivies.

A l'inverse des Vurpillières, la Drésine n'a pas de problème de qualité physique. Quelques seuils ont été créés pour diversifier les faciès et sa partie aval a été reméandrée dans les années 1999-2000 juste avant sa confluence avec le lac. Les problèmes rencontrés aujourd'hui concernent la qualité de l'eau qui est affectée principalement par une scierie installée plus en amont.

3) La rivière Lhaut

Le Lhaut est une petite rivière proche des Vurpillières. Il prend sa source en dehors de la Réserve Naturelle, plus au sud sur la commune de Brey et s'écoule sur 4,5 kilomètres.

Il est alimenté par plusieurs sources karstiques dont la source des Capucins, située à quelques mètres en aval du pont du Lhaut.

En 2004-2005 plusieurs études sur le Lhaut ont été menées par TELEOS dans le cadre d'un diagnostic écologique du lac et de ses affluents. Des prélèvements physico chimiques et biologiques ainsi que des recherches de toxiques ont été réalisées.

II. Etude du milieu naturel du Lhaut et des Vurpillières

1) Qualité physique des cours d'eau

1.1) Les Vurpillières

Sur les Vurpillières, la qualité physique a été analysée à l'échelle du tronçon. Pour cela, le cours d'eau a été découpé en trois tronçons :

- la zone de sources qui commence à l'affleurement du massif forestier et qui se termine à la confluence des deux bras,

- le tronçon du milieu, le plus long des trois, qui se trouve entre la zone des sources et à une quarantaine de mètres de la confluence,
- enfin le dernier tronçon caractérise la zone de confluence avec la Drésine

Le tableau si dessous présente les différents scores des quatre composantes de la qualité physique calculés pour les différents tronçons (le détail des calculs est en annexe 11.2).

Trç	Score Hétérogénéité /111	C I a s s e	Score Attractivité /90	C I a s s e	Score Connectivité /130	C I a s s e	Score Stabilité -60/40	C I a s s e	Coef Stabilité 0,75/1,25	Qualité Physique /30600	Classe
1	29	C	58	A	91	A	23	sédimentation	0,75	5938	B
2	35	C	64	A	96	A	34	sédimentation	0,75	7128	A
3	10	E	48	A	93	A	19	sédimentation	0,75	4046	B

Tableau 13 : Scores de la qualité physique des Vurpillières

• Tronçon 1

Les ruisselets issus des nombreuses sources se rejoignent au niveau de deux bras qui serpentent pendant environ 20 mètres avant de confluer.

Ce premier tronçon se caractérise par une attractivité et une connectivité de bonne qualité mais par une mauvaise hétérogénéité.

Il n'y a en effet que très peu de diversité dans les faciès où l'on ne rencontre qu'une alternance de radiers et de plats. De même, les hauteurs d'eau et les vitesses d'eau sont très peu variées. Seules les largeurs du lit d'étiage sont assez diverses.

Par contre, l'attractivité est très bonne grâce notamment au linéaire de cache qui est très important. Ce sont majoritairement des herbiers qui ont envahi le lit. Le linéaire de sous berges est plus faible par rapport aux herbiers et leur qualité est médiocre : profondeur latérale et profondeur de couvert, faibles.

La connectivité est également très bonne. La continuité longitudinale est assurée par l'absence d'obstacle sur le tronçon et la faible hauteur des berges ainsi que par la vaste zone humide qui permet au ruisseau d'avoir de fréquents contacts avec les corridors annexes.

Enfin, la très faible pente ne permet pas aux particules fines d'être exportées ce qui est accentué par les herbiers qui jalonnent le lit.

La qualité globale physique de ce tronçon est donc bonne (classe B), grâce notamment aux scores d'attractivité et de connectivité.

• Tronçon 2

Le secteur médian est le plus long tronçon, il mesure environ 120 mètres.

Son hétérogénéité est médiocre mais légèrement meilleure que pour le premier tronçon. Les hauteurs y sont plus variées et les substrats de meilleure qualité.

L'attractivité y est également plus élevée grâce aux caches qui sont composées d'herbiers et aux sous berges qui sont plus nombreuses et de meilleure qualité que celles du premier tronçon. Il existe deux types de frayères : les herbiers et les galets lorsque ceux-ci ne sont pas colmatés par les particules fines.

Là encore la connectivité est excellente, accentuée par la présence d'un petit affluent (ancien drain) en rive gauche.

Les figures de sédimentation sont bien supérieures aux figures d'érosion pour les mêmes raisons que celles évoquées pour le premier tronçon.

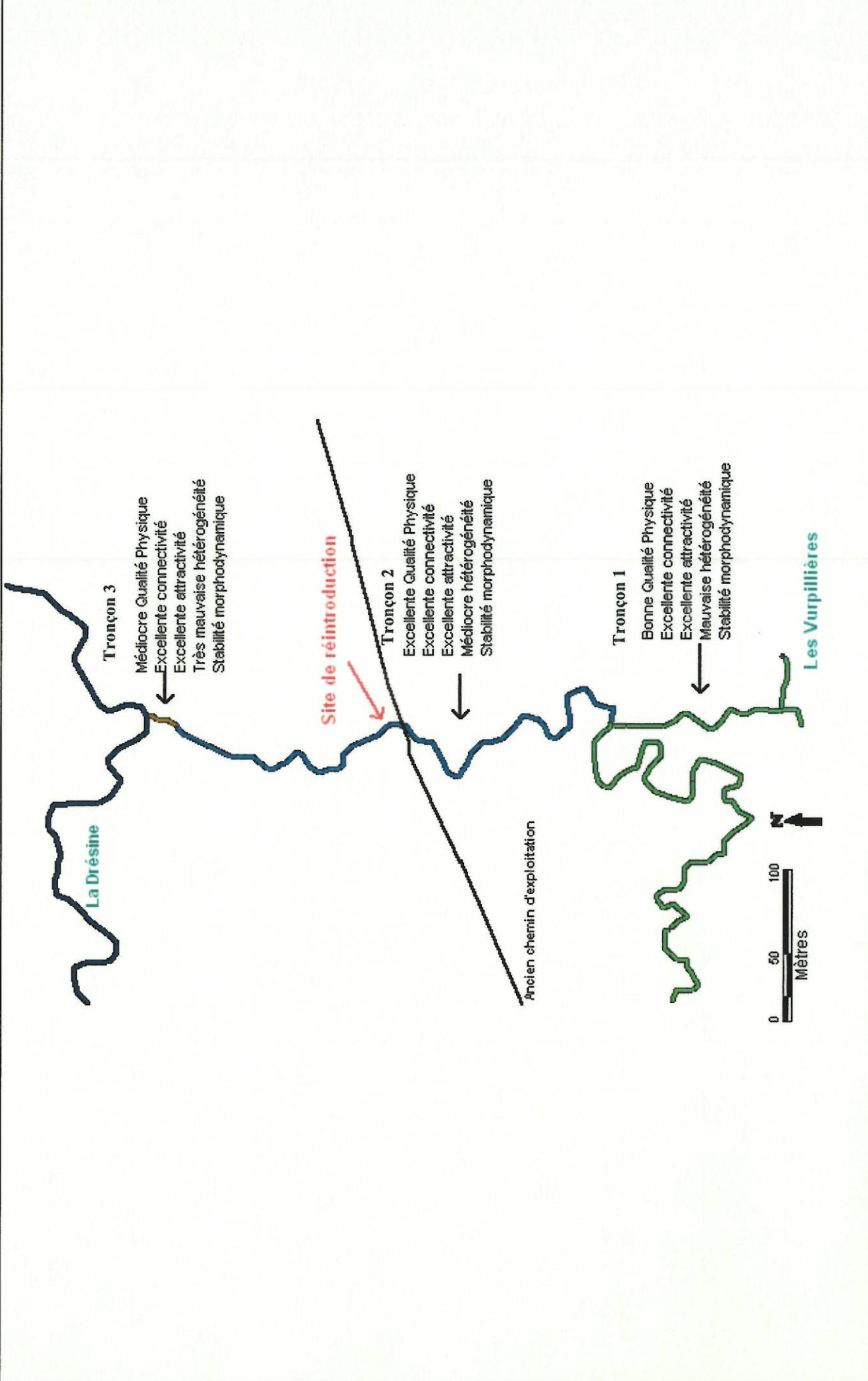


Figure 13 : Qualité physique globale du ruisseau des Vurpillières

La qualité physique globale de ce deuxième tronçon est donc très bonne (classe A). Il est susceptible d'accueillir des écrevisses.

- **Tronçon 3**

Le dernier secteur s'étend sur 36 mètres et correspond au secteur de confluence caractérisée par un élargissement du lit.

L'hétérogénéité y est très mauvaise, les formes sont peu diverses. On ne rencontre que du plat et les vitesses, les hauteurs, les largeurs et les substrats sont presque uniformes.

Le score de l'attractivité, même s'il est moins élevé que celui des précédents tronçons, reste élevée et figure en catégorie A. De même que le premier tronçon, les caches sont nombreuses mais constituées uniquement par les herbiers.

La connectivité est excellente de par la faible hauteur des berges et la présence d'une ripisylve en rive gauche qui est la seule notable sur le cours d'eau.

Enfin, comme pour les précédents tronçons, celui-ci est marqué par des dépôts de particules fines qui colmatent les fonds mais aussi par la présence de quelques bancs de sable.

La qualité physique globale de ce dernier tronçon est donc médiocre sanctionnée principalement par le manque d'hétérogénéité. Il obtient le score le moins élevé du cours d'eau.

Conclusion sur la qualité physique globale des Vurpillières

Le ruisseau des Vurpillières est très attractif grâce à sa richesse en caches. Les herbiers et les sous berges jalonnent de bout en bout le cours d'eau. Les zones de frayères à hydrophytes sont importantes bien que peut être trop envahissantes. Les zones de gravières sont également importantes mais leur attractivité est pénalisée car elles sont souvent colmatées par des particules fines.

Les connectivités latérales et longitudinales sont excellentes. Aucun obstacle ne compartimente le cours d'eau. De plus, les faibles hauteurs de berges ainsi que la présence du marais alentour et de nombreuses petites gouilles permettent de fréquents contacts entre le lit et les différents corridors.

L'hétérogénéité est mauvaise voire très mauvaise sur certains secteurs : ceci peut s'expliquer par la très faible diversité de faciès. Le cours d'eau s'étale en pente douce, sans chutes, ni rapides et les hauteurs d'eau, les vitesses de courant et les substrats sont peu aussi variés.

D'autre part, le manque de végétation arbustive ne permet pas l'accumulation d'amas de bois qui pourraient diversifier les écoulements.

Enfin, conséquence de la très faible énergie du cours d'eau (faible pente), l'érosion hydrique est trop faible pour dégager le substrat colmaté par les particules fines qui se déposent (cf figure 14) et les herbiers qui se développent en grande quantité. Il reste tout de même des zones où le substrat à un aspect pierreux.

On peut noter également que, bien qu'il n'y ait pas de ripisylve sur les berges des Vurpillières, l'eau y est très fraîche même en période estivale, et les herbiers permettent aux organismes aquatiques d'être à l'ombre.

Rappelons enfin que les Vurpillières est un cours d'eau qui coule de sa source jusqu'à sa confluence dans une zone de marais. Les valeurs d'hétérogénéité, la forte sédimentation et l'absence de ripisylve paraissent donc tout à fait naturelles.



Figure 14 : Colmatage des fonds

Les travaux de reméandrement ont également permis de remonter le niveau de la nappe de manière à la mettre en contact direct avec le cours d'eau ce qui régule la température de celui-ci.

En fait, d'après Reding (1997), la qualité physique globale des Vurpillières a complètement changé depuis le reméandrement car avant celui-ci, la végétation aquatique était peu abondante, le courant assez fort et très uniforme et il n'y avait pas de zones lentiques.

Aujourd'hui, la qualité physique globale de l'ensemble du cours d'eau est donc redevenue très bonne, l'habitat est optimal pour abriter des écrevisses à pieds blancs.

1.2 Le Lhaut

a) Qualité physique à l'échelle de la station

Les cartographies des profondeurs, des vitesses de courant, des substrats ainsi que de leurs combinaisons, les pôles d'attraction, apparaissent en Annexe 12.

Le tableau suivant donne les différents descripteurs de la qualité habitationnelle à l'échelle de la station.

Superficie de la station (m ²)	194
Nombre de pôle d'attraction	49
Pôle dominant	BLO 22 (10%)
Indice de diversité	1,4
Régularité	0,8
Indice d'Attractivité Morphodynamique IAM	6056/6200
Indice Spécifique de Capacité Astacicole ISCA	8587/6200

Classes de profondeurs	<5cm	16,3%
	6 à 20cm	57,2%
	21 à 70 cm	25,4%
	71 à 150 cm	1,2%
Classes de vitesses	<10 cm/s	27,2%
	10-40 cm/s	48,5%
	40-80 cm/s	24,3%

Substrat	
BLO	42,9%
GAL	26,7%
GGR	11,4%
CHV	8,8%
TUF	3,70%
BER	3,4%
BRA	1,5%
GRA	0,9%
HEL	0,5%
SAB	0,30%

Tableau 14 : Composition et qualité de la mosaïque d'habitat du Lhaut

La morphologie de la station donne au Lhaut une bonne capacité biogène et une très bonne capacité astacicole. En effet, on trouve sur la station, de nombreux substrats (10) dont certains sont très attractifs comme des sous berges de près de 1 mètre de large, de larges blocs et des bryophytes parsemés sur des galets et des blocs. La station présente également quatre classes de hauteur d'eau et trois classes de vitesse d'eau ce qui traduit la diversité des écoulements.

L'indice de régularité est égal à 0,8, l'indice de diversité de la mosaïque des pôles est lui aussi élevé (1,4) ce qui signifie que le nombre de pôles est élevé et que leur surface est proche de l'équirépartition.

b) Qualité physique globale

La méthode tronçon n'a pas été appliquée au Lhaut mais des remarques sur sa qualité physique ont été faites lors de différentes études sur ce cours d'eau. JP Reding en 1997, avait noté la grande variété des faciès. En effet, de nombreuses chutes et cascades alternent avec des vasques d'un mètre et demi de profondeur et sont suivies de rapides d'une dizaine de centimètres seulement. Les substrats sont également très diverses : galets, blocs, bryophytes en grande quantité....

La rivière est bordée par une forêt assez dense qui empêche un réchauffement en été, l'eau reste donc fraîche tout au long de l'année.

En 1995, des travaux de débroussaillage ont eu lieu, des saules ont été coupés et des embâcles évacués. Plus libre de sa dynamique le cours d'eau a changé plusieurs fois de tracé et a retrouvé un lit de gravier typique d'une belle rivière à truites. Sa connectivité longitudinale a été retrouvée mais aussi sa connectivité latérale puisque le cours d'eau s'adjoint aussi de nombreuses zones inondables.

Dans les années à venir, des travaux de reméandrement sont prévus dans la partie la plus basale du ruisseau où il avait, lui aussi, été rectifié.

2) Qualité biologique des cours d'eau

Les ruisseaux du Lhaut et des Vurpillières sont deux cours d'eau très étudiés sur le plan biologique depuis plus de dix ans.

2.1 Les Vurpillières

Depuis le début des années 1990, un suivi de la qualité biologique des Vurpillières est effectué par JP Reding (Société entomologique de Neuchâtel) afin de suivre les effets du reméandrement sur les insectes aquatiques.

L'échantillonnage est considéré comme qualitatif car la surface très exiguë du biotope interdit tout échantillonnage quantitatif afin d'éviter une défaunation. Les aspects quantitatifs ont donc été enregistrés par observation directe.

L'échantillonnage s'effectue sur la faune benthique (larves d'éphéméroptères, de plécoptères et de trichoptères) ainsi que des spécimens ailés.

Lors de l'inventaire initial effectué en 1993, avant les travaux, la faune inventoriée apparaissait alors assez banale et peu diversifiée. Seule, une courte partie du cours d'eau (dizaine de mètres), restée à l'état naturel présentait quelques espèces rares, toutes sténothermes d'eau froide (*Siphlonurus aestivialis*, *Ephemera vulgata*) (Reding, 1997).

Le second inventaire de 1998 effectué un an seulement après les travaux a permis de mettre en évidence les premiers effets du reméandrement. C'est ainsi que de nouvelles espèces ont fait leur apparition surtout chez les trichoptères et des éphéméroptères eurythermes, conséquence du ralentissement du courant qui a permis, dans un premier temps, d'augmenter la température de l'eau (Reding, 1999).

En 2002, le ruisseau semble avoir trouvé son équilibre (Reding, 2003). Il s'avère donc qu'après une phase de transition correspondant à la mise en place du système renaturé, les peuplements de macro benthos ont évolué vers un peuplement typique des ruisseaux aux eaux toujours froides.

En effet, grâce à la remontée du niveau de la nappe, les Vurpillières est redevenu un ruisseau froid en été (en dessous de 14°C de façon constante), ce qui a permis la recolonisation d'espèces rares sténothermes d'eau froide qui ont remplacé les espèces eurythermes installées juste après le reméandrement, et observées en 1998.

De manière générale, les espèces rares présentes en 1993 ont toutes été préservées. Toutefois, ce sont les trichoptères qui sont les plus représentés, car les plécoptères ne trouvent pas dans ce milieu, pauvre en zones de sous écoulement (le ruisseau coule sur une ancienne tourbière), leur biotope optimal.

Le nombre d'espèces carnivores est important ce qui dénote la présence d'une faune aquatique diversifiée et abondante, sans laquelle ils ne pourraient subsister.

En 2002, c'est au total pas moins de 36 espèces qui ont été identifiées dont 17 espèces trichoptères, 10 espèces plécoptères et 9 espèces d'éphéméroptères.

La dernière campagne d'échantillonnage qui s'est déroulée début juin 2006 a montré que, hormis deux nouvelles espèces, la faune est identique aux campagnes antérieures et tend vers une continuité assez nette entre les différents secteurs (Reding, 2006).

D'autres observations, ont permis de constater la recolonisation progressive de la grenouille rousse, de la bergeronnette des ruisseaux ainsi que quatre espèces de libellules dont deux observées pour la première fois.

Le conservatoire botanique a également mentionné des impacts positifs sur les végétaux ainsi que sur les Lépidoptères.

Au niveau du peuplement piscicole, trois stations ont été choisies pour des pêches électriques. L'essentiel des effectifs concerne la truite de rivière (plus de 90% des effectifs totaux). Par rapport à la situation de 1997, on observe une diminution de la densité mais une augmentation de la biomasse, qui est multipliée par deux. Les travaux de renaturation de 1997 ont permis l'installation d'une population structurée. Le ruisseau qui n'abritait que de jeunes individus, du fait de manque de caches, héberge désormais aussi des truites de classe de taille supérieure.

L'ensemble des études et des résultats obtenus à ce jour montrent que la renaturation du ruisseau a eu de nombreux impacts positifs sur le site des Vurpillières qui se revitalise peu à peu depuis 1997.

2.2 Le Lhaut

JP Reding a choisi le Lhaut comme rivière de référence pour son suivi sur les Vurpillières. Nous disposons donc de quelques données depuis 1993.

Dans son inventaire initial de 1993, on y trouvait déjà une faune très variée et diversifiée, comprenant un éventail d'espèces considérable dont quelques unes sont considérées comme rarissimes (*Beatis nubecularis*).

En 2002, le nombre d'espèces observées s'est élargi par rapport aux précédents inventaires de 1993 et 1998. A la station régulièrement prospectée (à l'aval du pont du Lhaut, au niveau de la source des capucins) 35 espèces ont été inventorierées dont 12 espèces de trichoptères, 12 espèces de plécoptères et 11 espèces d'éphéméroptères (Reding, 2003).

En fait, le Lhaut et les Vurpillières possèdent beaucoup d'espèces communes et la majeure partie des espèces tentant de s'implanter aux Vurpillières provient du Lhaut grâce aux imagos femelles en ponte (Reding, 1999).

L'étude de Teleos en 2004, confirme les bons résultats obtenus par JP Reding. L'abondance est très élevée (27 483) (MAG20) ainsi que la variété puisque il a été dénombré près de 50 genres. Des taxons très polluo-sensibles ont été échantillonnés dont les plécoptères *Isoperla* et *Perlodes* de même que des genres moins sensibles mais restant exigeant comme *Odontocerum* ou *Leuctra*. L'absence de familles électives de la zone à truite comme les

Perlidae et les *Chloroperlidae* et la forte proportion des taxons saprobiontes (91%) indiquent un excès de matière organique.

Néanmoins, si l'on compare les résultats des prélèvements antérieurs (REDING, 1993 ; DIREN, 1991, 1996 et BOUCHARD, 1993) à ceux effectués par JP Reding en 2002 et Teleos en 2004, on constate une augmentation des taxons. La qualité du peuplement semble donc avoir augmenté ce qui peut refléter de l'arrêt ou de la meilleure épuration des activités polluantes du bassin versant.

3) Physico-chimie des cours d'eau

3.1 Les Vurpillières

Station	Date	T°c	C µs/cm	pH	O2	% O2
aval, 10m amont conf.Drésine	01-juin-05	11,2	376	8,13	9,72	
intermédiaire, 20 m en amont passage à gué		12	374	8,06	10,12	
fossé affluent RG, 20 m en amont de la confluence		9,1	417	7,77	7,9	
amont, 10m en aval de la mare,ex-étang		13	371	7,9	10,16	
aval, 10m amont conf.Drésine	28-août-05	10,8	387	8,13	8,62	85
intermédiaire, 20 m en amont passage à gué		10	384	8,1	8,63	83,3
fossé affluent RG, 20 m en amont de la confluence		9,3	424	7,69	6,74	64

Tableau 15 : Données ponctuelles physico chimiques sur les Vurpillières (Juin Aout 2005,PNRM)

Les valeurs de conductivité, de pH sont similaires à celles du Lhaut. Le taux d'oxygène dissous est également élevé mais légèrement inférieur aux taux mesurés sur le Lhaut.

Le pH est plus proche de la neutralité à proximité des sources (7,2) : le milieu est en effet plus acide de par la proximité de la forêt de résineux (Reding, 2002).

3.2 Le Lhaut

	T(c°)	Cond. (µs/cm)	pH
Amont source des Capucins	11,6	390	8,41
Aval source des capucins	10,6	392	8,17
Source des Capucins	7,7	404	8
100m amont pont	10,8	390	8,2
100m aval pont	11,8	386	8,38
Aval (Réserve)	11,5	379	8,43

Tableau 16 : Température, Conductivité et pH sur le Lhaut (Août 2006,PNRM)

Date	T°c	O2 (mg/L)	O2 (%)	Cond (µs/cm)	pH
25/05/04	8,7	12,5	118	144	8,8
26/07/04	13	13,7	143	323	8,8
25/11/04	9,1	12,7	109	185	8,4
21/03/05	5,6	14	110	191	8,4

Tableau 17: Données physico chimiques sur le Lhaut (2005,Teleos)

Les eaux du Lhaut sont fortement minéralisées avec également un pH très basique. Ces valeurs sont tout à fait normales et caractéristiques d'un cours d'eau s'écoulant sur un massif calcaire. Les valeurs en oxygène sont supérieures à la saturation et témoignent d'une situation tout à fait normale, la rivière n'a donc pas de problème de désoxygénéation.

Des analyses d'eau et de sédiments plus poussées ont été effectuées en 2004 et en 2005. Tous les paramètres ont un niveau tout à fait acceptable mis à part quelques pics d'azote et de carbone périodiques, peu dégradables et une légère contamination des sédiments aux HPA.

4) Thermographie des cours d'eau

4.1 *Les Vurpillières*

	Juin	Juillet	Août	Septembre
T°C Moyenne	10,0	9,9	9,3	9,0
T°C Moyenne des maxis journaliers	13,7	12,8	11,9	11,0
T°C Moyenne des minis journaliers	7,6	8,1	7,7	7,7
Ecart journalier (moyen)	6,1	4,7	4,2	3,3

Tableau 18 : Données de températures sur les Vurpillières, 2005 (PNRM)

En 2005, la température moyenne en période estivale variait entre 10°C en juin et 9°C en septembre. La température moyenne des maximales du mois le plus chaud était de 13,7°C. Les températures sont donc plutôt fraîches mais d'après G.Périat le seuil minimal pour la survie des écrevisses à pieds blancs est atteint lorsque la température moyenne des maximales du mois le plus chaud passerait en dessous des 11°C. La température de 13,7°C n'est donc pas un facteur limitant.

Au niveau des sources, la température est continuellement basse : entre 6 et 8°C.

4.2 *Le Lhaut*

Le CSP du Doubs a posé deux sondes thermiques entre juillet et décembre 2002 sur le Lhaut au niveau du pont du Lhaut sur la D437 et à 300mètres de la confluence avec le lac de Remoray.

	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
T°C Moyenne	12,09	10,26	9,59	7,70	7,03	6,59
T°C Moyenne des maxis journaliers	14,48	11,67	10,80	8,49	7,40	6,79
T°C Moyenne des minis journaliers	10,16	9,10	8,40	6,96	6,71	6,33
Ecart journalier moyen	4,32	2,57	2,40	1,53	0,69	0,46

Tableau 19 : Données de température du Lhaut, 2002 au niveau du pont RN (2002 , CSP Doubs)

	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
T°C Moyenne	13,03	10,89	10,22	8,11	6,86	5,01
T°C Moyenne des maxis journaliers	15,83	12,30	11,42	9,04	7,36	5,51
T°C Moyenne des minis journaliers	10,96	9,77	9,19	7,34	6,37	4,42
Ecart journalier moyen	4,87	2,52	2,23	1,70	0,99	1,09

Tableau 20 : Données de température du Lhaut à 300mètres avant la confluence avec le lac (2002, CSP Doubs)

En période estivale, les températures restent fraîches, elles varient globalement entre 10 et 13°C. La moyenne des températures maximales varie de 15 à 16°C en juillet et diminue assez nettement en août (12°C). Les températures minimales tournent autour de 10°C. Même si les températures sont fraîches en été, les moyennes des maximales du mois le plus chaud (15,8-14,5°C) ne descendent pas en dessous du seuil minimal de 11°C.

Au début de l'hiver, la température est d'environ 7°C et les écarts journaliers diminuent (1°C) par rapport à la saison estivale (4-5°C).

5) Conclusion sur la qualité globale des Vurpillières et du Lhaut

Suite aux travaux de restauration physique, le ruisseau des Vurpillières présente actuellement une qualité chimique de l'eau, des habitats et une faune associée favorables à la présence d'*Austropotamobius pallipes*.

Le Lhaut est lui depuis toujours considéré comme une petite rivière de référence d'un point de vue physique, chimique et biologique et les récentes études biologiques ainsi que l'analyse de la mosaïque d'habitat tendent à le confirmer.

Les températures sont fraîches surtout celles des Vurpillières mais les températures moyennes des maximales du mois le plus chaud (14°C, 16°C) ne descendent jamais en dessous du seuil de 11°C. L'écrevisse est une espèce d'eau plutôt froide, seule la croissance risque d'être ralenti.

La réintroduction de l'écrevisse à pieds blancs sur ces deux ruisseaux devrait permettre une recolonisation rapide.

III. Gestion des populations d'écrevisses dans le Remoray

1) Absence d'écrevisses sur les Vurpillières et le Lhaut

De la même façon que pour le ruisseau de l'Etang Neuf, il faut s'assurer de l'absence d'écrevisses allochtones et autochtones sur les deux sites de réintroduction. En 2005, des prospections de nuit, à la lampe ont donc eu lieu sur la partie basse des Vurpillières et de la Drésine sur environ 400 mètres en aval de la confluence. Aucune écrevisse n'a été observée.

En Juillet 2006, 8 nasses ont été posées pour une nuit : quatre sur la Drésine au niveau de la confluence avec les Vurpillières et quatre sur le Lhaut en amont et en aval du pont. Aucune écrevisse n'a été capturée.

En Août 2006, pour une ultime vérification les huit nasses ont été mises sur le Lhaut durant une semaine. Elles ont été relevées tous les matins. Aucune écrevisse n'a été pêchée.

Néanmoins, *Austropotamobius pallipes* était autrefois présente sur le bassin versant de la Drésine où un livre sur l'histoire locale signalait leur présence « dans la queue du lac de Remoray ». Sur le Lhaut elle y a été encore observée il y a quelques dizaines années dans sa partie la plus aval. Elle avait depuis disparu de cette zone.

Il est à noter cependant, que des écrevisses américaines *Orconectes limosus* sont présentes dans le lac de Remoray et que quelques gros individus ont été aperçus dans la Drésine entre la confluence avec le lac et celle de la Drésine. Mais *Orconectes limosus* ne semble pas remonter ni la Drésine ni le Lhaut ce qui peut s'expliquer par la différence de température entre la rivière et le lac ainsi que par la pollution toxique de la Drésine.

2) Choix d'une population donneuse

La recherche d'une population donneuse est l'une des étapes les plus difficiles dans un programme de réintroduction car il existe peu de populations à la fois abondantes, stables et en bonne santé.

Les populations donneuses doivent être étudiées et sélectionnées de manière précise afin de ne pas mettre en péril leur survie suite au prélèvement d'un certain nombre de leurs individus.

Dans le projet de réintroduction de la Réserve Naturelle de Remoray, deux populations d'*Austropotamobius pallipes* ont été choisies pour des études complémentaires : celles du Lizon et du Noëltant. En effet, alors que d'une manière générale peu d'études sont menées sur les populations d'écrevisses à pieds blancs celles-ci ont été étudiées au cours de ces dernières années. La population du Lizon a fait l'objet d'une étude en 2002 et celle du Noëltant a été prospectée chaque année depuis 2004.

2.1 Population d'écrevisses à pieds blancs du Lizon

a) Présentation du cours d'eau

Ce cours d'eau est situé au cœur du massif du Jura à une altitude variant entre 950 et 600 mètres. S'écoulant sur près de 6 km, il se jette dans la Bienne après avoir traversé un petit village : Les Crozets.

Son bassin versant est essentiellement forestier (82%), les essences rencontrées sont principalement résineuses. Des prairies extensives sont aussi très présentes puisqu'elles représentent 15% de la surface. Le reste du bassin versant est occupé par des marais, des tourbières (2%) et quelques secteurs urbanisés (1%)

b) Physico chimie du cours d'eau

station	T(°c)	C(µs/cm)	pH	O2 (mg/L)
Amont des Crozets juste après la source du Lizon	15,2	285	8,08	
Pont des salées	15,2	355	8,58	9,75
Lizon - amont restitution de l'étang	15,9	357	8,53	9,77
Etang	15,1	355	8,25	7,8
Lizon - aval restitution de l'étang	15,8	356	8,49	9,8
juste en amont affluent rive droite	15,5	355	8,52	10,75
Lizon amont confluence Ruisseau des gorges	15,2	335	8,5	
Ruisseau des gorges - 15 m amont conf.	13,1	287	8,48	
Lizon aval confluence Ruisseau des gorges	14,4	316	8,47	
Lizon amont confluence Combe Noire	14,2	317	8,49	9,82
Ruisseau de combe noire - 10 m amont conf	13,4	298	8,23	9,94
Lizon aval confluence Combe Noire	14,2	315	8,49	9,5
Amont Etang Raviole	13,7	313	8,53	10,6

Tableau 21 : Données ponctuelles physico chimiques sur le Lizon (mai 2005,PNRM)

Les caractéristiques physico chimiques du Lizon sont typiques d'un cours d'eau calcaire : forte conductivité ($>300\mu\text{s}/\text{cm}$), pH très basique (>8). L'oxygène dissout est aussi très proche de la saturation. Ces caractéristiques sont aussi très proches de celles mesurées sur le Lhaut (pH >8 ; Cond $>300\mu\text{s}/\text{cm}$; O2 $>100\%$).

c) Thermographie du cours d'eau

Une sonde a été placée à l'aval des Sallées, les données enregistrées lors de l'été 2005 sont présentées dans les tableaux 22 et 23.

	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
T °c Moyenne	14,21	13,55	12,21	11,80	9,54
T°C Moyenne des maxis journaliers	16,03	15,18	13,69	13,01	10,79
T°C Moyenne des minis journaliers	12,28	12,13	10,80	10,57	8,48
Ecart journalier moyen	3,75	3,05	2,89	2,44	2,31

Tableau 22 : Données de température sur le Lizon à l'aval des Sallées (2005, PNRM)

	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
T°C Moyenne	14,3	13,5	12,1	11,3	8,6
T°C Moyenne des maxis journaliers	16,1	15,0	13,4	12,3	9,4
T°C Moyenne des minis journaliers	12,6	12,3	11,0	10,4	7,9
Ecart journalier moyen	3,5	2,7	2,4	1,9	1,5

Tableau 23 : Données de température sur le Lizon en aval des Gorges (2005, PNRM)

Les températures moyennes durant l'été 2005 varient entre 12 et 14°C, ces valeurs sont légèrement plus élevées que celles enregistrées sur le Lhaut (10-13°C) et surtout sur les Vurpillières (6-10°C) à la même époque. Les températures maximales sont proches des 16°C ce qui correspond à l'optimum de température de l'écrevisse à pieds blancs en période estivale. En 2002, des sondes avaient également enregistré des températures estivales maximales autour de 16°C (Téléos, 2002).

d) Caractéristiques de la population d'écrevisses à pieds blancs

La partie du Lizon située en aval de la commune des Crozets abrite l'une des quatre dernières populations d'écrevisses à pieds blancs du département du Jura encore considérées "en bon état" (densité et étendue).

Les prospections que nous avons menées début juillet pour des opérations de capture marquage recapture se sont déroulées en amont immédiat du bief des fourmis sur une longueur de 58 mètres et une surface de 95 m².

L'estimation de la population a été calculée grâce à la méthode de Petersen et de Schnabel. Les résultats des pêches sont présentés dans les tableaux 24 et 25.

Résultats quantitatifs

- Méthode de Petersen

	1ère pêche	2ème pêche	3ème pêche
n capturés (m)	122	168	179
n marqués (r)		15	49
n non marqués (u)		153	130

Méthode Petersen		Nb individus (95m ²)	Densité (ind/10a)	Classe d'abondance
Entre la 1 ^{ère} et la 2 ^{ème} nuit	N Intervalles	1366 813-2440	8557-25684	5
Entre la 2 ^{ème} et la 3 ^{ème} nuit	N Intervalles	614 494-800	5200-8421	5

Tableau 24 : Estimation de la population des écrevisses à pieds blancs du Lizon par la formule de Petersen

- Méthode de Schnabel ajustée par Chapman

Méthode Schnabel	Nb individus (95m ²)	Densité (ind/10a)	Classe d'abondance
N Intervalles	1073 800-1670	8421-17578	5

Tableau 25 : Estimation de la population des écrevisses à pieds blancs du Lizon par la formule de Schnabel

Au total sur les trois nuits de prospection, 405 individus différents ont été échantillonnés soit près de 4,2 individus par m² ce qui place déjà la population en classe d'abondance 5.

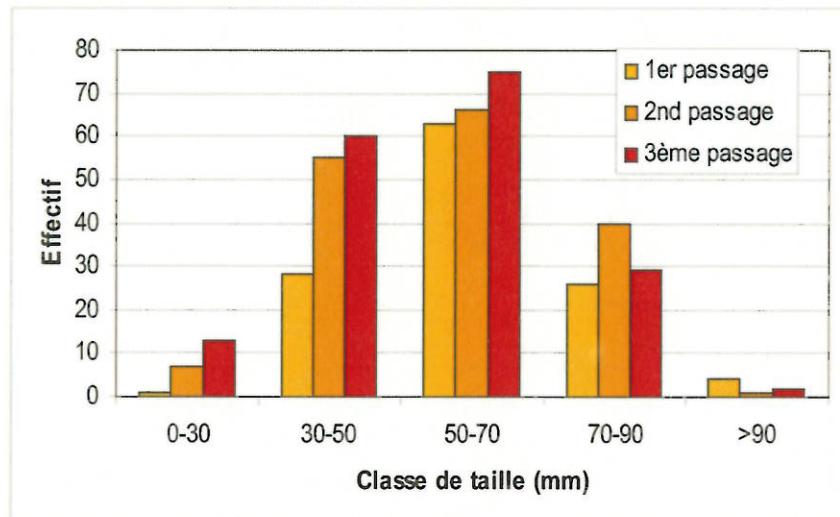
Le nombre d'écrevisses estimé sur la station varie de 614 à 1366 individus. L'estimation par la formule de Schnabel donne un chiffre moyen de 1073 individus soit 10,5 ind/m².

Les deux méthodes placent la population du Lizon en classe numérique d'abondance 5.

En 1986, Martin avait estimé la population à 1,1 ind/m², les pêches électriques de 2001, effectuées sur la même station indiquent une densité à peu près similaire à celle de 1986 : 1,3 ind/m² soit huit fois moins que l'estimation de cette année.

Résultats qualitatifs

- Structure de la population



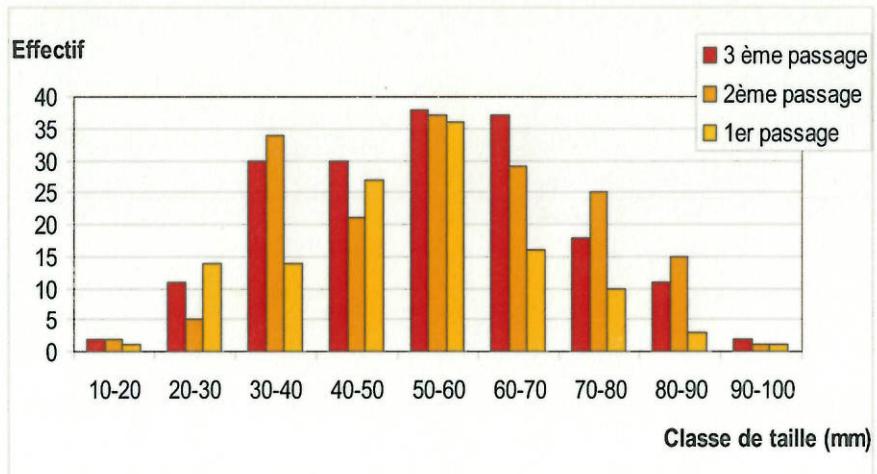


Figure 15 : Histogrammes taille/ fréquence de la population d'écrevisses à pieds blancs sur le Lizon

Toutes les classes de taille sont représentées, et la répartition entre les classes est assez homogène. La population échantillonnée se trouve dans une gamme de taille entre 30 et 90mm. Les individus de la classe de taille 50-70 mm (40-50%) sont les plus échantillonnés et cela pour les trois nuits. Les individus les moins représentés se trouvent dans la plus petite classe (10-30mm) et dans la plus grande (>90mm), mais la classe 0-30 est largement sous échantillonnée.

• Linéaire colonisé

Des prospections de nuit ont été effectuées au début du mois de juillet 2006 sur tout le linéaire afin de déterminer les limites de la population (cf. figure 16). Celles-ci semblent être quasiment les mêmes que celles observées en 2001 :

- ▲ A l'amont et à l'aval immédiat du village des Crozets : pas d'écrevisse Pieds Blancs
- ▲ La limite amont de la population des Pieds Blancs se trouve à 900 mètres en aval des Crozets et la limite aval se situe à 100mètres en amont de l'Etang de Raviolle. La zone de forte densité est limitée entre le chemin du Coupet (500 mètres à l'aval des Sallées) et la confluence avec la Combe Noire. Elle mesure environ 1km.
Des écrevisses ont également été trouvées dans le bief des Grandes Cordes et dans la Combe Noire. Au total les écrevisses à pieds blancs colonisent 2,6 km du ruisseau.
- ▲ Dans l'étang de Raviolle et à l'aval de celui ci : pas d'écrevisse à pieds blancs.

Aux dires d'anciens, des écrevisses à pieds blancs étaient présentes dans le bourg des Crozets et en amont du village. Les limites de la population (surtout la limite amont) semblent se resserrer depuis plusieurs années. En 2002, une étude a également permis de mettre en évidence les principales causes de régression. C'est ainsi qu'une contamination toxique a été mise en évidence puisque des HPA et des métaux lourds ont été détectés dans les sédiments fins (Teleos, 2002).

De plus, la présence en amont d'un village (Les Crozets), actuellement sans assainissement, et susceptible d'être équipé d'un système non adapté aux impératifs écologiques d'un ruisseau de tête de bassin, reste un important danger pour la population.

L'action du programme LIFE sur ce site est d'aider à mettre en place un système d'assainissement adapté à ce type de milieu.

Enfin, des écrevisses exotiques *Orconectes limosus* sont en progression depuis l'aval. Elles ont été observées en aval et dans l'Etang de Raviolle à moins d'un kilomètre du cœur de la population des écrevisses à pieds blancs.

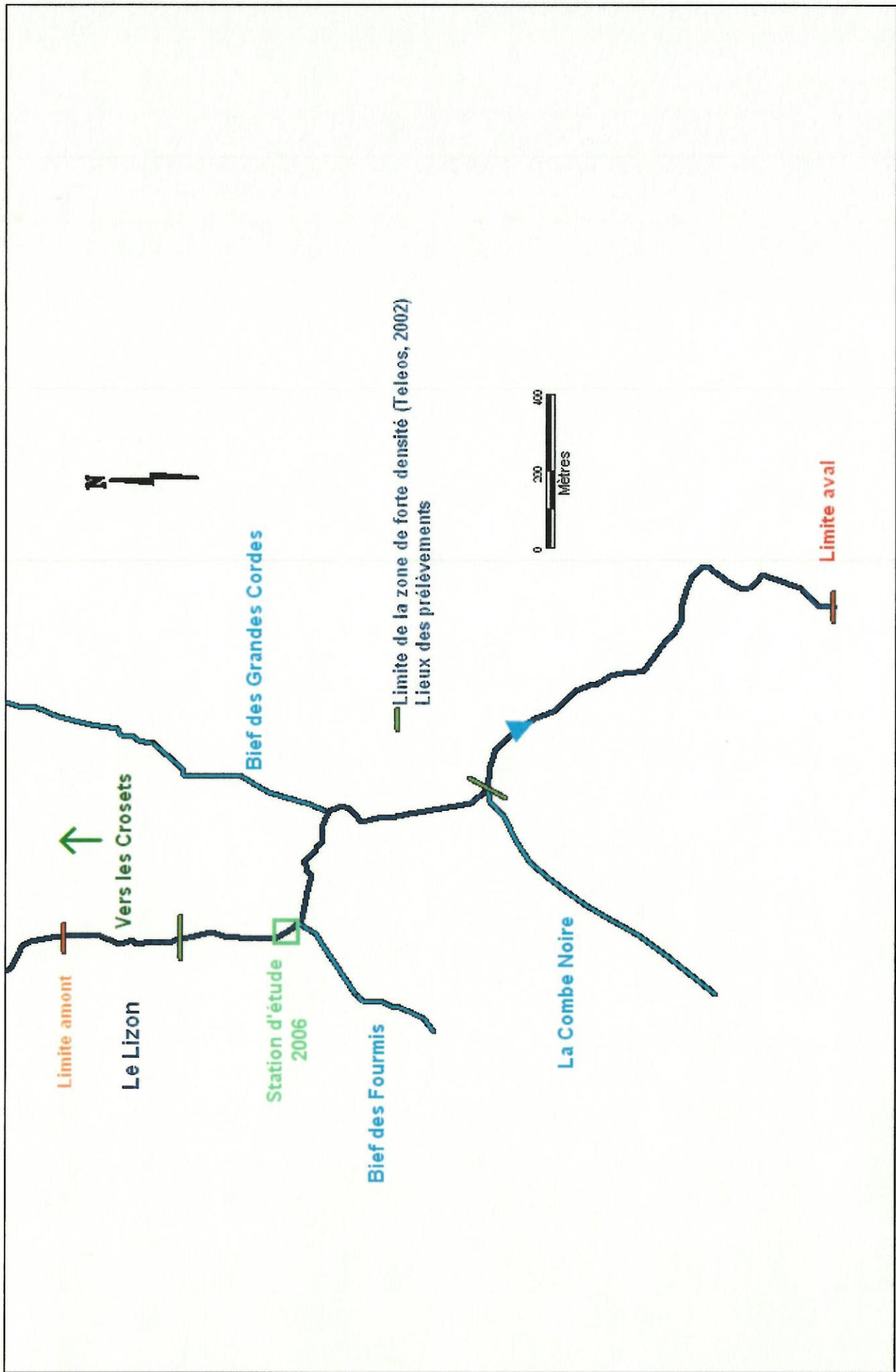


Figure 16 : Linéaire colonisé par la population d'écrevisses à pieds blancs du Lizon

2.2 Population d'écrevisses à pieds blancs du Noëltant

a). Présentation du cours d'eau

Comme le Lizon, le Noëltant est un petit ruisseau qui se trouve dans le département du Jura.

Il fait également partie des dix sites du programme LIFE Nature, dans la zone Natura 2000 de la « Petite Montagne du Jura ».

Située au cœur du massif jurassien, la Petite Montagne se trouve entre le Revermont, le département de l'Ain au sud et le massif du Haut Jura à l'est. L'altitude varie entre 400 et 600 mètres et la pluviométrie annuelle entre 1200 et 1500 mm avec des risques importants de sécheresse au mois de mars et avril et en période estivale.

Le site de la Petite Montagne du Jura est particulièrement important pour la faune patrimoniale aquatique à l'échelle des régions Bourgogne et Franche-Comté. Il abrite un quart des populations d'*Austropotamobius pallipes* du Jura avec 2 populations parmi les 4 plus importantes du département.

Le Noëltant s'écoule sur environ 10 kilomètres avant de confluer dans le Suran.

b). Thermographie du cours d'eau

	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
T moyenne	14,01	14,11	13,04	12,39	9,89
T moyenne des maxis journaliers	15,59	14,91	13,93	13,14	10,36
T moyenne des minis journaliers	12,54	13,24	12,12	11,57	9,31
Ecart journalier moyen	3,04	1,67	1,81	1,57	1,04

Tableau 26 : Données thermiques du Noëltant amont (2005,PNRM)

	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
T°C Moyenne	16,6	17,6	15,2	14,2	10,4
T°C Moyenne des maxis journaliers	19,1	20,4	19,2	17,6	12,8
T°C Moyenne des minis journaliers	14,2	15,1	11,6	11,0	8,1
Ecart journalier moyen	4,9	5,3	7,7	6,6	4,7

Tableau 27 : Données thermiques du Noëltant aval (2005, PNRM)

Les températures moyennes estivales de la zone amont varient entre 13 et 14 °C, elles sont plus élevées dans la partie aval (16-17°C). Cette différence peut être expliquée par les fréquents à secs estivaux que subit le ruisseau dans sa partie basale. Dans la zone amont, la moyenne des maximales est de 15°C en juin-juillet et les minimales ne descendent pas en dessous de 12,5°C ce qui correspond parfaitement à la plage de confort de l'écrevisse qui se trouve entre 13 et 19°C.

Comparaison de la thermie des cours d'eau donneurs et récepteurs

Cours d'eau	T°C moyenne	T°C moy des maxis journaliers	T°C moy des minis journaliers	Moyenne des écarts journaliers
Vurpillières	9-10	11-14	7,5-8	5-6°C
Lhaut	10-13	11-16	8,5-11	2-3 °C
Noëltant	12-17	13-20	11-14	2-6 °C
Lizon	12-14	12-16	10,5-12	3 °C

Tableau 28 : Comparaison des températures des cours d'eau donneurs et récepteurs

Les températures moyennes des sites récepteurs (9-13°C) sont moins élevées que les températures moyennes des sites donneurs (12-17°C). Le site des Vurpillières est particulièrement froid par rapport au Lizon et surtout par rapport au Noëltant. Il présente aussi les plus gros écarts journaliers de température (en moyenne 5-6°C). Les températures du Lhaut, plus chaudes, se rapprochent plus de celles du Lizon et du Noëltant et les écarts journaliers sont également similaires aux sites donneurs. Cependant, sur les sites récepteurs les températures moyennes des maximales du mois le plus chaud (14°C et 16°C) ne descendent pas en dessous de 11°C qui paraît être le seuil minimal pour la survie des écrevisses.

Les températures fraîches de ces cours d'eau permettent aux eaux de contenir une quantité d'oxygène dissout plus importante tandis que le métabolisme de l'écrevisse est ralenti. Le seul « inconvénient » est donc une diminution de la vitesse de croissance.

c). Caractéristiques de la population d'écrevisses à pieds blancs du Noëltant

La population d'écrevisses à pieds blancs du Noëltant a été prospectée fin juin 2005 après la découverte de deux importants noyaux de population en août 2004.

Les opérations de captures-marquages-recaptures du 24, 25, 26 août 2006 ont été menées sur les deux noyaux de population.

Résultats quantitatifs

* Population amont		Nuit 1	Nuit 2	Nuit 3
	Total Effectif	140	158	103
	Total non marqué		117	49
	Total marqué		41	54

Tableau 29 : Résultats bruts des opérations de CMR sur la population amont du Noëltant

• Méthode de Petersen

Méthode Petersen		Nb individus (207m ²)	Densité (ind/10a)	Classe d'abondance
Entre la 1 ^{ère} et la 2 ^{ème} nuit	N Intervalles	540 412-778	1990-3758	4-5
Entre la 2 ^{ème} et la 3 ^{ème} nuit	N Intervalles	301 255-376	1086-1816	3-4

Tableau 30 : Estimation de la population des écrevisses à pieds blancs du Noëltant amont par la formule de Petersen

- Méthode de Schnabel ajustée par Chapman

Méthode Schnabel	Nb individus (207m ²)	Densité (ind/10a)	Classe d'abondance
N	506		
Intervalles	391-717	1888-3463	4-5

Tableau 31 : Estimation de la population des écrevisses à pieds blancs du Noëltant amont par la formule de Schnabel

La formule de Petersen donne des estimations de la population qui varient entre 540 et 301 individus. Lors de la troisième nuit seulement 103 individus ont été capturés alors que les deux précédentes avaient permis de prélever plus de 140 écrevisses par nuit. Cette différence peut s'expliquer par :

- des conditions de prospection difficiles : un orage ayant eu lieu dans l'après midi, l'eau du ruisseau était trouble,

- un temps de prospection écourté. En effet, les deux premières nuits sont consacrées à la capture et au marquage alors que la dernière nuit est consacrée seulement aux captures. Il aurait fallu chronométrier le temps passé sur la station lors des deux premières nuits et le rééditer lors de la dernière afin de ne pas biaiser les résultats,

- le changement climatique qui s'est opéré dans l'après midi a pu avoir un effet sur le comportement des écrevisses (changement de pression atmosphérique...).

Par la formule de Schnabel, on obtient une estimation de 506 écrevisses sur la station ce qui se rapproche de l'estimation entre la première et la deuxième nuit.

L'estimation la plus probable de la station amont doit se trouver entre 500 et 540 écrevisses soit une densité entre 2,4 et 2,6 individus par m². La classe théorique d'abondance correspondante est de 4.

* Population aval

	Nuit 1	Nuit 2	Nuit 3
Total Effectif	60	61	34
Total non marqué		46	22
Total marqué		15	12

Tableau 32 : Résultats bruts des opérations de CMR de la population aval du Noëltant

- Méthode de Petersen

Méthode Petersen		Nb individus (136m ²)	Densité (ind/10a)	Classe d'abondance
Entre la 1 ^{ère} et la 2 ^{ème} nuit	N Intervalles	244 154-400	1132-2941	3-5
Entre la 2 ^{ème} et la 3 ^{ème} nuit	N Intervalles	173 111-407	816-2992	3-5

Tableau 33 : Estimation de la population des écrevisses à pieds blancs du Noëltant aval par la formule de Petersen

- Méthode de Schnabel ajustée par Chapman

Méthode Schnabel	Nb individus (136m ²)	Densité (ind/10a)	Classe d'abondance
N	259		
Intervalles	169-562	1242-4132	3-5

Tableau 34 : Estimation de la population des écrevisses à pieds blancs du Noëltant aval par la formule de Schnabel

Le problème de capture lors de la troisième nuit se retrouve également sur la population de la zone aval. En effet, seulement 30 individus ont été capturés alors que les deux premières nuits avaient comptabilisé chacune 60 écrevisses.

L'estimation par la méthode de Petersen donne une estimation de 244 écrevisses entre la 1^{ère} et la deuxième nuit et de 173 entre la deuxième et la troisième. L'estimation par la formule de Schnabel donne une valeur proche de 244 : 259.

L'estimation la plus probable de la population d'écrevisse de la station aval se trouve donc entre 240 et 260 individus soit une densité entre 1,8 et 1,9 ind/m². La classe théorique correspondante est de 4.

Résultats qualitatifs

- Structure de la population

- * Population Aval

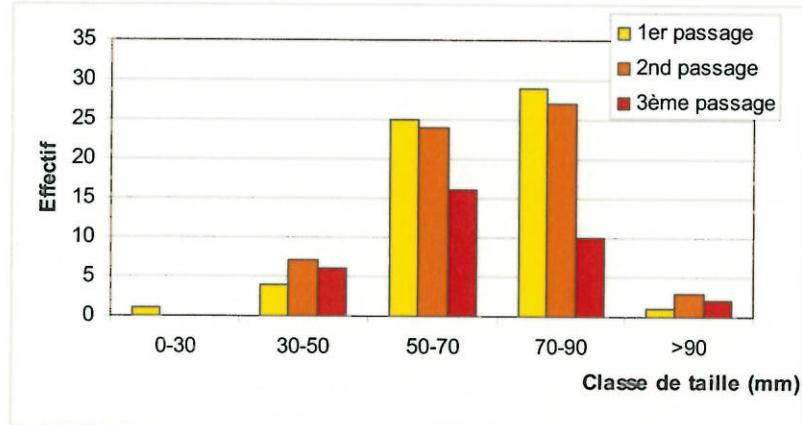
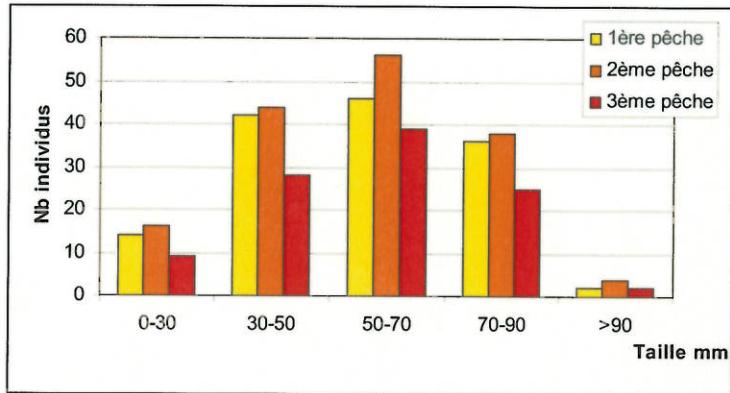


Figure 17 : Histogramme taille/fréquence de la population aval

Les classes de taille les plus représentées sont 50-70 et 70-90mm. Lors des deux premières pêches, la classe dominante est 70-90mm (48-44%). La tendance s'est inversée lors de dernière prospection où la majorité des individus appartenait à la classe 50-70mm (47%).

- * Population Amont

Figure 18 : Histogramme taille/fréquence de la population amont



La classe de taille la plus représentée est celle de 50-70mm pour les trois pêches (33-35-38%). Des individus de petites tailles ont été pêchés en plus grand nombre sur la station amont, cela vaut pour la classe 0-30mm mais aussi pour la classe supérieure : 30-50mm. Cette différence peut être due à l'expérience des pêcheurs.

- Linéaire colonisé

La population amont est distante de la population aval d'environ 2 kilomètres. Cette séparation peut être due aux problèmes d'assèchement estival. Les prospections de 2005, ont estimé l'extension totale de la population à 2,4 kilomètres (cf. figure 19). Entre les deux populations quelques individus ont été trouvés, essentiellement des gros mâles. La population amont s'étend sur environ 1,7 kilomètres, l'estimation des limites de forte densité est également de 1,7 kilomètres. La population aval se trouve au pied du Mont Buclé et s'étend sur environ 700 mètres, la forte densité est moins étendue que la population amont puisqu'elle s'étale sur 600 mètres.

En 2006, une nouvelle prospection sur tout le linéaire a été menée, les limites de la population aval sont restées les mêmes par rapport à 2005 de même que l'extension de la population amont. Le linéaire totale est donc toujours de 2,4 km. Cependant, la limite de forte densité de la population amont est revue à la baisse, elle serait aujourd'hui de 715 mètres. De plus, aucun individu n'a été observé entre les deux noyaux de population. Les prospections de 2005 et 2006 sont difficilement comparables, les conditions sont en effet différentes entre les deux prospections (changement température, à sec estival plus important, heures et périodes différentes...). Notons également que contrairement à 2006, la prospection de 2005 n'avait pas comptabilisé les écrevisses, les observations étaient seulement visuelles. Pour avoir de meilleures précisions, l'opération devrait être reconduite sur plusieurs nuits, des nasses peuvent être posées aux limites suspectées afin de les vérifier.

	Population amont		Population aval		Linéaire Total
	Linéaire	Linéaire forte densité (km)	Linéaire	Linéaire forte densité	
2005	1,7 km	1,7 km	700 m	600 m	2,4 km
2006	1,7 km	715 m	700 m	600 m	2,4 km

Tableau 35 : Evolution entre 2005 et 2006 du linéaire colonisé des populations amont et aval du Noëltant

3) Proposition d'un protocole de réintroduction et de suivi pour les Vurpillieres et le Lhaut

Le protocole de réintroduction présenté ci après a été élaboré à partir de la synthèse de toutes les expériences réalisées et de toutes les recommandations en matière de réintroduction et des réflexions menées localement lors de diverses réunions. Il a été validé par le Comité Scientifique le 11 septembre 2006.

Dans ce protocole est pris en compte un certain nombre de facteurs comme la saison de réintroduction, la structure d'âge de la population à introduire, son sexe ratio, le nombre d'individus à réintroduire, les techniques de capture, les modes de transports spécifiques ainsi que les suivis des populations donneuses et réintroduites.

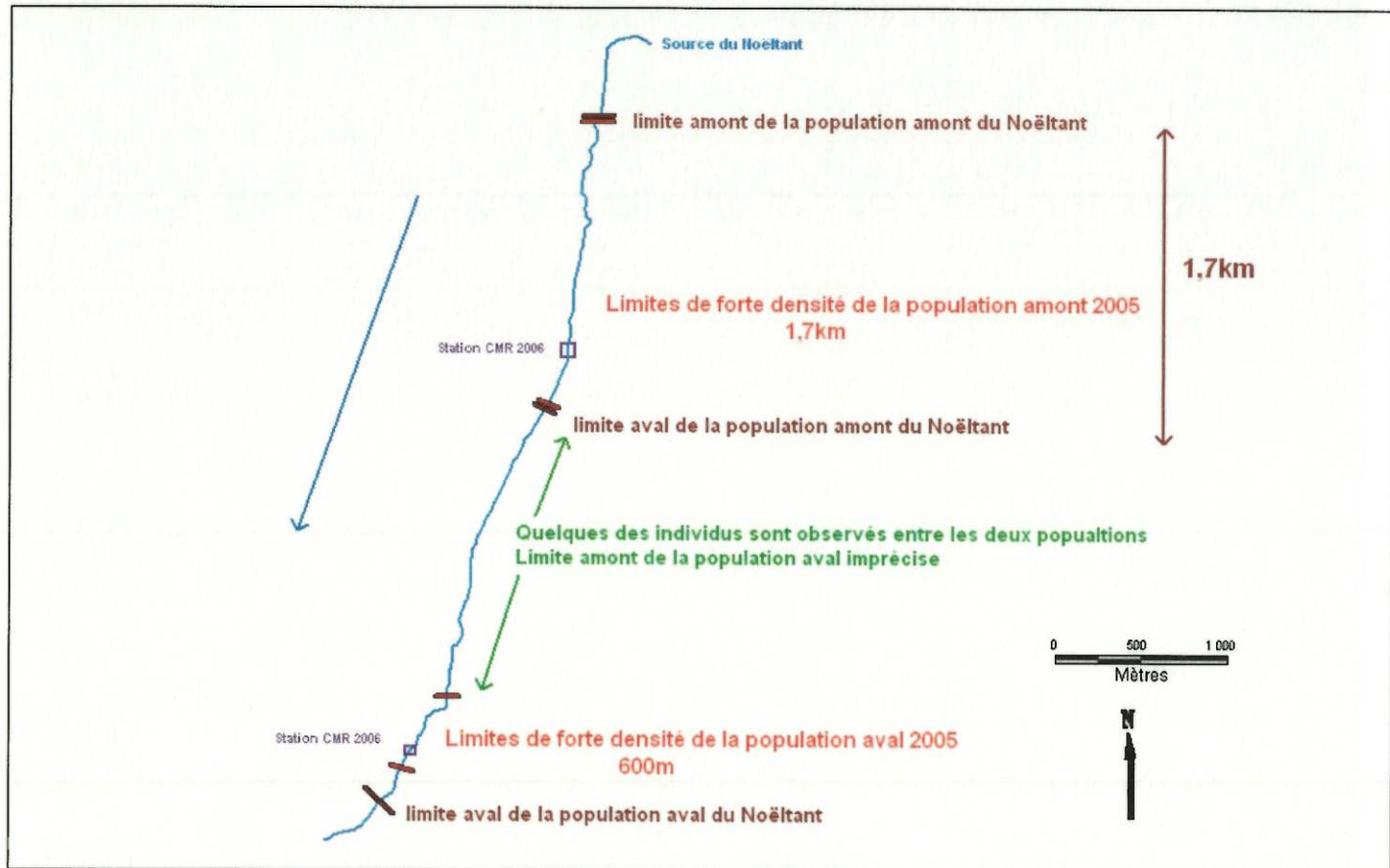


Figure 19 : Limites d'extension des populations amont et aval du Noëltant en 2005

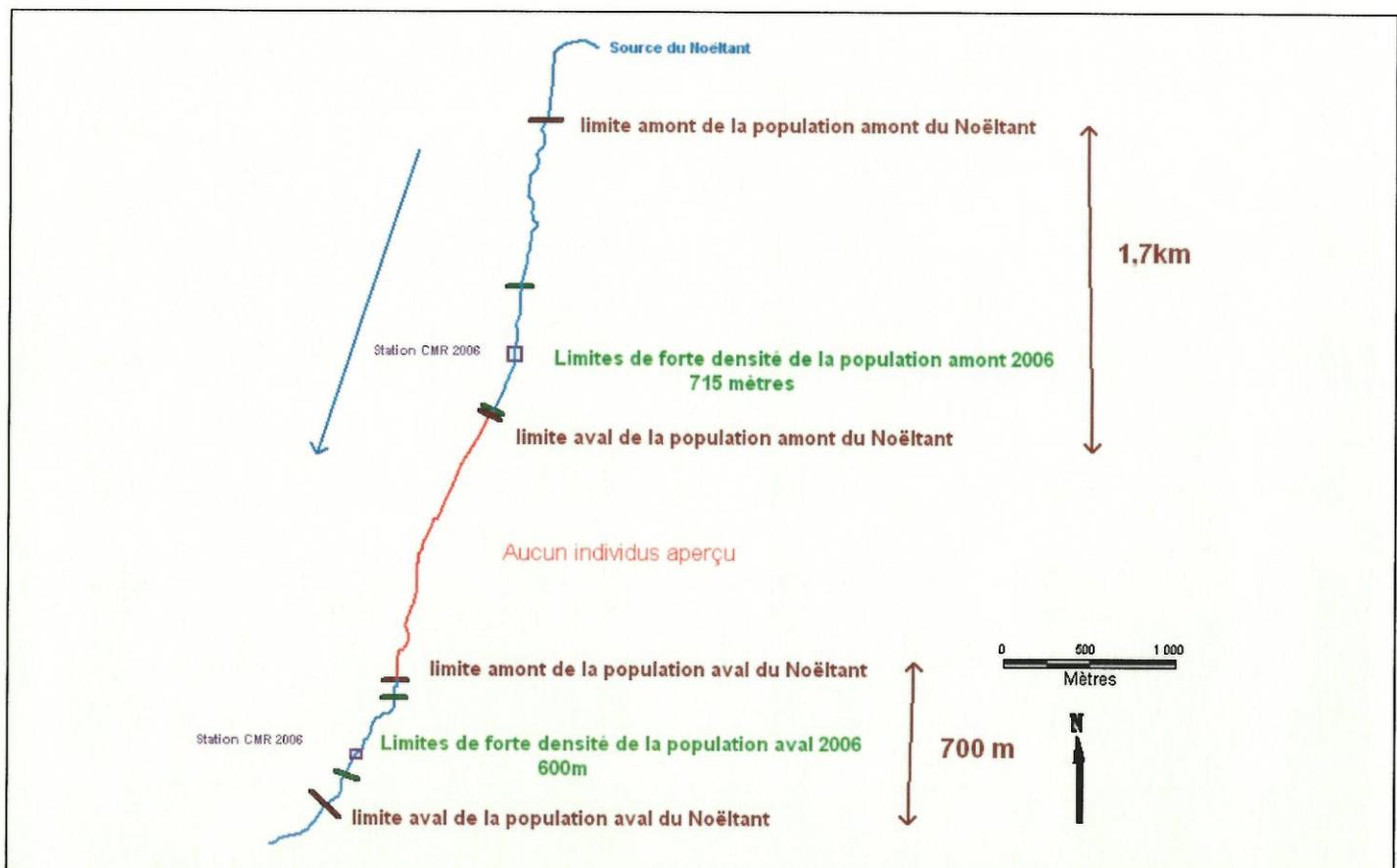


Figure 20 : Limites d'extension des populations amont et aval du Noëltant en 2006

3.1 Période

Les mâles et les femelles peuvent être immergés en automne, après les mues et avant la reproduction qui débute en octobre. Les prélèvements pourront donc s'effectuer de **fin-septembre à mi-octobre**.

3.2 Bilan sanitaire des populations donneuses

Avant chaque réintroduction, quelques individus de la population donneuse devront passer un bilan sanitaire.

3.3 Mode de prélèvement

a) Sexe ratio.

Il est préférable de suivre les conditions naturelles, il faut donc adopter la même proportion entre les sexes. Le sexe ratio est de **1/1 soit un mâle pour une femelle**.

b) Classes de taille prélevées

La taille des individus prélevés devra être comprise entre **50 et 70mm**. En effet, les individus de cette taille ont un taux de mortalité moins élevé que pour les tailles inférieures, étant plus malléable, le transfert les fragilisera moins. Ils seront aussi porteurs d'une promesse de fertilité maximale pour les années à venir. Ils auront également un fort potentiel de dispersion l'année suivant la réintroduction ce qui permettra une rapide recolonisation du milieu.

Etant difficilement capturables et fragiles, les juvéniles ne seront pas prélevés, ni les individus venant de muer et ni ceux qui sont dans un état sanitaire douteux.

c) Méthodes de prélèvement

Les prélèvements se feront de **nuit, à la main**. La taille et le sexe des individus prélevés seront notés sur une fiche récapitulative.

d) Répliquats

L'opération devra être conduite sur trois ans (2006, 2007, 2008) en suivant le même protocole. Toutefois, le nombre d'individus à réintroduire devra être fonction des résultats issus des prospections post réintroduction.

3.4 Transport

Les écrevisses devront être capturées avec précaution, et être tenues horizontalement lorsqu'on les retire de l'eau (l'eau contenue dans la cavité branchiale y reste enfermée). Elles seront alors placées dans des glacières rafraîchies contenant des mousses ou des sphagnes pour que l'air soit saturé d'eau.

Pour minimiser les agressions, les écrevisses devront être séparées en différents groupes de taille et la température devra se situer entre 8 et 12°C afin de réduire leur activité. En fonction du temps on pourra disposer des packs de glace en veillant à isoler les individus d'un contact direct avec la glace au moyen de tissus ou autres.

3.5 Déversement

a) Nombre d'individus réintroduits

→ Lhaut : **175 individus** sur une station de **50m** (équivalent à 7000ind/ha sur 500m²).

En prélevant 175 individus sur le Lizon, la part prélevée sur la population totale est de 0,83% et de 1,84% sur la classe 50-70mm en considérant une abondance moyenne de 1000 individus sur 95m².

→ Vurpillières : **100 individus** sur une station de **50m** (équivalent à 7000ind/ha sur 500m²).

Si on prélève 100 individus sur la population amont du Noëltant cela revient à prélever 0,68% de la population totale et 2% sur la classe 50-70mm.

b) Lieux de déversements

Le site pressenti pour les Vurpillières se situe en amont et en aval de l'ancien gué. Pour le Lhaut, la réintroduction s'effectuera à quelques centaines de mètres du pont (voir carte p : 2).

Le déversement devra se faire la **nuit même du prélèvement** dans les heures qui le suivent.

Les animaux devront être mis **directement à l'eau** à proximité d'abris. Ils seront répartis sur environ 50 mètres.

3.6 Suivi post réintroduction

Le suivi post réintroduction concernera à la fois les **sites récepteurs et les sites donneurs**.

a) Site récepteur

La première observation sur le site récepteur peut se faire les nuits suivant le déversement pour constater une mortalité éventuelle ou une migration de la population. Les observations seront visuelles et s'effectueront de nuit, à la lampe.

Les deux premières années, les prospections devront déterminer si les écrevisses se sont bien adaptées (survie, reproduction). Pour cela, des nasses devront être posées sur les lieux de déversement mais aussi plus en amont et en aval pour évaluer d'éventuelles migrations. On peut, dès la troisième année, évaluer de façon semi-quantitative la population en place à l'aide des méthodes de capture/marquage/recapture (Petersen) ou par enlèvements successifs (De Lury).

b) Site donneur

Enfin d'éviter une manipulation excessive des écrevisses des populations donneuses, le premier bilan quantitatif s'effectuera au bout de trois ans. Toutefois, des observations visuelles devront être effectuées.

CONCLUSION

Les études préalables en vue de la réintroduction de l'écrevisse à pieds blancs ont été menées sur le ruisseau de l'Etang Neuf, sur les Vurpillières et sur le Lhaut. Elles ont permis d'effectuer un diagnostic de leur qualité globale afin de juger leur aptitude à accueillir des écrevisses à pieds blancs.

Le ruisseau de l'Etang Neuf, ne semble pas connaître de perturbation majeure néanmoins des doutes persistent sur la qualité de l'eau et/ou des sédiments du bras droit.

De plus, la découverte d'une belle population d'écrevisses à pieds blancs sur le bras gauche confirme l'amélioration de la qualité de l'eau sur ce bras depuis la pollution de 1996. A la suite de cette découverte, la réintroduction sur ce site a été abandonnée. Sur ce ruisseau, la préservation de l'espèce ne va donc pas passer par un transfert d'individus mais par une amélioration du milieu naturel. Dans ce but, plusieurs projets sont en effet prévus, notamment au niveau des passages à gué où des franchissements vont être aménagés, et au niveau des résineux plantés en bordure de cours d'eau qui vont peu à peu être remplacés par des feuillus. La protection de ce site va aussi passer par des actions de communication, essentiellement au niveau des producteurs de sapins de Noël. La lutte contre la progression des écrevisses Signal va également se poursuivre.

Les Vurpillières et le Lhaut sont les deux ruisseaux retenus pour la réintroduction. En effet, leur qualité globale s'est améliorée au cours de ces dernières années : à la suite du reméandrement, le ruisseau des Vurpillières a retrouvé une bonne qualité physique qui s'est ensuite accompagnée par une amélioration de sa qualité biologique. Le Lhaut n'a, lui, jamais subi de pollution anthropique prononcée mais sa qualité biologique s'est, elle aussi, améliorée depuis l'arrêt ou la meilleure épuration des activités polluantes de son bassin versant.

La richesse biologique de ces deux cours d'eau qui abritent aujourd'hui plusieurs espèces rares ne fait que confirmer leur très bonne qualité globale aussi bien au niveau de la qualité de l'eau qu'au niveau de la qualité habitationnelle. Tout semble correspondre aux exigences d'*Austropotamobius pallipes*. Enfin, la recolonisation naturelle étant impossible, la préservation de l'espèce passe donc par une réintroduction.

Les populations donneuses ne se trouvent pas dans le Haut Doubs mais dans le massif jurassien. C'est ainsi que le Lizon et le Noëltant abritent de très belles populations d'écrevisses à pieds blancs. Celle du Lizon est la plus dense et la plus étendue, c'est l'une des populations les plus abondantes de l'Est de la France. La population amont du Noëltant est moins dense mais elle est assez abondante pour que l'enlèvement d'une centaine d'écrevisses ne lui porte pas préjudice.

Le protocole de réintroduction et de suivi a été validé par le Comité Scientifique et Technique. Dès cet automne, 275 écrevisses vont être transférées du Jura dans le site Natura 2000 « Tourbières et lac de Remoray, des Granges Sainte-Marie », incluant la Réserve Naturelle de Remoray. 175 prélevées sur le Lizon seront relâchées dans le Lhaut, et 100, en provenance de la population amont du Noëltant seront déposées dans les Vurpillières. Un suivi des populations réintroduites et des populations donneuses sera effectué et cette opération sera renouvelée sur deux années supplémentaires.

BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR, Norme française, 1992. Détermination de l'indice biotique global normalisé, 9P.
- ANDRE, 1960. Les écrevisses françaises, 286p.
- ARRIGNON (J), 1996. L'écrevisse et son élevage. Technique et documentation. Lavoisier 3^{ème} édition. Paris. 230p.
- BARAN, P.CSP DR9, 2005. Réintroduction de l'écrevisse à pieds blancs dans le ruisseau de St Marc, diagnostic piscicole. 19p.
- BOUCHARD S et al.1993. Etude des biocénoses benthiques des affluents du Doubs, des lacs de Remoray et de Saint Point. Mém. de DESS. Sciences : Besançon : 98p.
- CSP DR 5/ Téléos, 1998, Méthode standard d'analyse de la qualité de l'habitat aquatique à l'échelle de la station.
- DAJET J., 1971. Echantillonnage en milieu aquatique.
- GOUIN N., SOUTY-GROSSET C., ROPIQUET A., GRANDJEAN F., 2002. High dispersal hability of *Austropotamobius Pallipes* revelead by microsatellite markers in French brook. *Bull;fr;Pêche piscic.n°681-690*, 9p.
- MATHIEU (S.), PARIS (L), 1997. Les écrevisses du Morvan. Ecologie, répartition, causes de raréfaction. Cahiers scientifiques du PNR du Morvan. 68 p.
- PITOIS, Dr., 1892. Extrait du bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Autun, 5.
- REDING, JP, 1997. Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères de deux cours d'eau (Drain, Lhaut) de la Réserve Naturelle de Remoray (Doubs, France). Bulletin Romand d'entomologie 15. 1-15.
- REDING., JP, 1999. L'évolution de la faune aquatique (Ephéméroptères, Plécoptères et Tricoptères) du ruisseau des Vurpillières et de la réserve naturelle du Lac de Remoray (Doubs, France) après sa remise en méandres. Bulletin Romand d'entomologie 17. 39-71.
- REDING., JP, 2003. Ephéméroptères, Trichoptères et Plécoptères du ruisseau des Vurpillières (Réserve naturelle du Lac de Remoray, 25). Bilan et évolution des espèces depuis le reméandrement jusqu'en 2002.
- REDING., JP, 2006. Rapport de la campagne d'échantillonnage du site des Vurpillières, réserve Naturelle de Remoray, du 31.5.2006. 8p.
- TACHET H., RICHOUX P., BOURNAUD M., USSEGLIO-POLATERA (P.), 2003. Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie.587p

TELEOS, 2005. Diagnose écologique du lac de Remoray et de ses affluents. Etat initial dans le cadre du suivi de la dépollution du bassin versant. 86p.

TELEOS, 2000, DECOURCIERE H., ET DEGIORGI F. Note technique interne. Protocole d'analyse semi-quantitative des communautés benthiques. MAG 20

VERNEAUX J., 1977. Biotypologie de l'écosystème « eaux courantes ». Déterminisme approché de la structure biotypologique .C.R.Acad.Sc.Paris, t. 284.

VERNEAUX J., 1982. Calcul de l'indice de capacité biogénique secondaire (Cb2).