

« Le Villaret »
2092, route des Diacquenods
74370 SAINT-MARTIN BELLEVUE
Tel 0450468755
Fax 0450469051
Federation.peche74@wanadoo.fr

M2 "Qualité et Traitement des Eaux et des Bassin Versant" Option Systèmes Aquatiques et Bassin Versant



Recherche des causes de régression de l'écrevisse à pieds blancs (*Austropotamobius pallipes*) sur le bassin de la Morge de Crempigny (74)

- *Rapport d'étude* -



BELLANGER Julie

Jury

Mr BADOT Pierre-Marie
Mr DEGIORGI François
Mr BLONDE Jean-Louis
Mr DECOURCIERE Hervé

Professeur, Directeur de Master, Université de Franche-Comté
Co-tuteur de stage, Maître de conférence, Université de Franche-Comté
Maître de conférence, Université de Franche-Comté
Tuteur de stage, Ingénieur d'étude à Téléos

Maître de stage :

Mr HUCHET Philippe

Fédération de Pêche de Haute-Savoie.

Avril-Septembre 2006

REMERCIEMENTS

Un simple "merci" ne suffirait pas à témoigner de toute la gratitude et de la reconnaissance que je dois aux personnes qui m'ont entouré ou encadré durant ce stage de six mois. La réalisation de cette étude sur l'écrevisse à pieds blancs, particulièrement intéressante, restera une expérience très enrichissante d'un point de vue personnel comme professionnel. Le sujet, complet, m'a par ailleurs permis une alternance entre terrain et bureau, alliant pratique et réflexion.

A travers ces quelques lignes, je tiens à saluer et remercier les personnes suivantes:

- ✓ Olivier FREGOLENT, Président de la Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDP 74), pour m'avoir accueillie au sein de sa structure et mis à ma disposition tous les moyens nécessaires au bon déroulement de ce stage,
- ✓ Philippe HUCHET, chargé de mission à la FDP 74, qui a assuré mon encadrement. Merci à lui pour sa complicité, le partage et la transmission de ses connaissances sur l'écrevisse, et son grand soutien tout au long du stage, pour le terrain comme pour les aspects plus théoriques,
- ✓ Arnaud CAUDRON, chargé de mission à la FDP 74, pour sa sympathie, sa bonne humeur et ponctuellement son avis éclairé sur certains aspects,
- ✓ Hervé DECOURCIERE, ingénieur d'études à Téléos et tuteur universitaire, pour son aide, notamment dans la vérification de mes données sur le macrobenthos,
- ✓ François DEGIORGI, responsable de la formation du Master 2 "Qualité et Traitement des Eaux et Bassin Versant", co-tuteur universitaire, pour son suivi durant le stage,

Merci également aux personnes qui m'ont fourni des informations ou qui sont intervenues sur le terrain:

- ✓ Claude DEBRUILLE, agent technique de l'environnement au sein du CSP,
- ✓ Ludovic CATINAUD, technicien de l'AAPPMA de l'Albanais,
- ✓ M. Eric GUERIN, chargé de l'assainissement à la Communauté de Commune du Canton de Rumilly,
- ✓ M. DUMONT, adjoint au maire de Val de Fier en charge du volet assainissement,
- ✓ M. THOME, maire de Crempigny

Enfin, merci à tous ceux qui sont intervenus, de près ou de loin au cours de ce stage: mes camarades de promo (Laure, Aurélia, Benjamin...), Alain, Azor, Amédée et l'équipe de la brigade départementale du CSP qui partage les locaux de la Fédé.

RESUME

Le présent rapport dresse le bilan du diagnostic écologique du bassin versant de la Morge de Crempigny, couplant approche globale et stationnelle, ainsi qu'analyses chimiques, physiques et biologiques, dans le but d'identifier les perturbations mises en cause dans la régression de répartition des écrevisses à pieds blancs.

Les résultats des différentes analyses ont mis en évidence la situation critique de l'écrevisse à pieds blancs sur le bassin versant de la Morge de Crempigny. En effet, si elle colonisait autrefois l'ensemble du réseau hydrographique, elle est aujourd'hui restreinte à trois populations situées sur des affluents de la Morge et déconnectées entre elles. Les causes pouvant expliquer la régression d'*A. pallipes* sur le bassin, tout en restant difficiles à cerner de manière certaine et exhaustive, penchent en faveur de l'hypothèse d'une pollution organique massive.

L'ensemble des compartiments analysés témoigne également de multiples pressions subies par les cours d'eau. Si ces dernières ne présentent pas un caractère irréversible, elles fragilisent l'équilibre global des milieux, aggravant ainsi la situation, déjà précaire, des écrevisses à pieds blancs sur le bassin versant. De fait, des mesures de conservation et de gestion s'imposent, visant, dans un premier temps, à préserver, voire à étendre les populations encore présentes et, par le biais d'une réintroduction, à installer de nouveau une population fonctionnelle sur le cours principal de la Morge.

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES.....	7
INTRODUCTION	8
PARTIE I: PRESENTATION DU CONTEXTE DE L'ETUDE ET METHODOLOGIE D'APPROCHE.....	9
I. CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE ET OBJECTIFS.....	9
II. PRESENTATION DU SECTEUR ETUDIE: LE BASSIN VERSANT DE LA MORGE DE CREMPIGNY.....	10
A. Données générales.....	10
1. Géographie.....	10
2. Hydrologie	10
3. Réseau hydrographique.....	10
4. Géologie.....	11
B. Données historiques sur la faune aquatique de la Morge de Crempigny	12
1. Données sur l'écrevisse à pieds blancs.....	12
2. Données piscicoles	12
III. STRATEGIE DE DIAGNOSTIC MISE EN PLACE.....	13
A. Etude à l'échelle du bassin versant	13
B. Etude à l'échelle stationnelle.....	13
1. Choix des stations.....	13
2. Métabolisme thermique et typologie	14
3. Analyse de la qualité physico-chimique de l'eau	15
4. Recherche de toxiques dans les sédiments.....	16
5. Caractérisation de l'habitat	17
6. Analyse des peuplements de macroinvertébrés benthiques.....	19
C. Etat des lieux des populations d'écrevisses à pattes blanches sur le bassin versant.....	21
PARTIE II: PRESENTATION DES RESULTATS	22
I. OCCUPATION DES SOLS.....	22
A. Zones boisées.....	23
B. Zones agricoles	24
C. Zones construites	24
D. Autres points noirs.....	25
II. APPROCHE STATIONNELLE	27
A. Métabolisme thermique et typologie	27
1. Caractéristiques thermiques	27
2. Calcul du niveau typologique théorique.....	29

B.	Résultats et commentaires des analyses d'eau.....	29
1.	La température	29
2.	Le pH.....	29
3.	Les teneurs en calcium et magnésium.....	29
4.	La dureté.....	31
5.	La conductivité.....	31
6.	L'oxygène.....	31
7.	Les éléments azotés	31
8.	Les phosphates	32
C.	Résultats d'analyses des sédiments.....	32
1.	Les hydrocarbures	33
2.	Les métaux	34
3.	Les autres molécules.....	36
D.	Résultats de la cartographie de l'habitat aquatique (IAM et ISCA).....	36
E.	Données sur le macrobenthos	39
1.	La Morge	39
2.	Les Vignes	45
3.	Le Ruisseau de Belle Fontaine	48
4.	Le Ruisseau de Bonneguête	50
5.	Bilan sur les quatre cours d'eau étudiés.....	51
III.	ETUDE DES ECREVISSES	53
A.	Prospections nocturnes.....	53
B.	Etude quantitative des populations.....	54
1.	Le Ruisseau des Vignes	54
2.	Le Ruisseau de Belle Fontaine	56
3.	Le Ruisseau de Bonneguête	57
PARTIE III: DISCUSSION ET DETERMINATION DES FACTEURS EXPLIQUANT LA REPARTITION ACTUELLE D'A. PALLIPES SUR LE BASSIN DE LA MORGE		58
PARTIE IV: BILAN ET PERSPECTIVES		61
A.	Conservation des populations en place.....	61
1.	Le Ruisseau des Vignes	61
2.	Ruisseau de Belle Fontaine	61
3.	Le Ruisseau de Bonneguête	61
B.	Stratégie d'action sur la Morge de Crempigny.....	61
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>		<i>63</i>

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Liste des figures

Figure 1: Positionnement du bassin versant de la Morge de Crempigny en Haute-Savoie et sur le bassin du Fier	10
Figure 2: Carte structurale schématique des formations géologiques des Alpes occidentales françaises	11
Figure 3: Profil en long de la Morge et de ses principaux affluents – positionnement des stations d'étude	14
Figure 4: Carte des stations de prélèvement de sédiments effectués en décembre 2005 et juin 2006	17
Figure 5: Carte récapitulative des volets de l'étude menés sur le bassin de la Morge de Crempigny	21
Figure 6: Cartographie de l'occupation des sols du bassin de la Morge de Crempigny	23
Figure 7: Récapitulatif des données thermiques du bassin de la Morge de Crempigny	26
Figure 8: Niveaux typologiques théoriques des stations de la Morge de Crempigny	29
Figure 9: Résultats des campagnes d'analyses physico-chimiques	30
Figure 10: Evolution longitudinale de la concentration en HAP dans les sédiments de la Morge de Crempigny	34
Figure 11: Evolution longitudinale des hydrocarbures lourds dans les sédiments de la Morge de Crempigny	34
Figure 12: Teneurs en différents métaux dans les sédiments de la Morge de Crempigny et du ruisseau des Vignes en comparaison aux moyennes départementales	36
Figure 13: Résultats de la cartographie stationnelle	37
Figure 14: Indices biotiques obtenus pour l'ensemble des stations étudiées sur le bassin versant de la Morge de Crempigny	51
Figure 15: Evolution du linéaire colonisé par <i>A. pallipes</i> et connu de 2002 à 2006	54
Figure 16: Résultats des inventaires quantitatifs d' <i>A. pallipes</i> sur le ruisseau des Vignes, en 2005 et 2006	55
Figure 17: Résultats de l'inventaire quantitatif sur le ruisseau de Belle Fontaine	56
Figure 18: Résultats de l'inventaire quantitatif du ruisseau de Bonneguête	57

Liste des tableaux

Tableau 1: Caractéristiques des principaux affluents de la Morge de Crempigny	11
Tableau 2: Classes de densité numérique et pondérale considérées pour les écrevisses	22
Tableau 3: Répartition surfacique des modes d'occupation du sol du bassin versant de la Morge de Crempigny	23
Tableau 4: Bilan des modes de traitement retenus pour l'assainissement des eaux usées sur le bassin de la Morge de Crempigny	25
Tableau 5: Caractéristiques du peuplement macrobenthique de la station M1 de la Morge de Crempigny	40
Tableau 6: Caractéristiques du peuplement macrobenthique de la station M2 de la Morge de Crempigny	42
Tableau 7: Caractéristiques du peuplement macrobenthique de la station M3 de la Morge de Crempigny	43
Tableau 8: Caractéristiques du peuplement macrobenthique de la station M4 de la Morge de Crempigny	44
Tableau 9: Caractéristiques du peuplement macrobenthique de la station V1 du Ruisseau des Vignes	46
Tableau 10: Caractéristiques du peuplement macrobenthique de la station V2 du Ruisseau des Vignes	47
Tableau 11: Caractéristiques du peuplement macrobenthique de la station du Ruisseau de Belle Fontaine	49
Tableau 12: Caractéristiques du peuplement macrobenthique de la station du Ruisseau de Bonneguête	50

INTRODUCTION

Jusqu'en 2004, la Morge de Crempigny, petit cours d'eau haut savoyard, et ses affluents hébergeaient une des plus belles populations d'écrevisses à pieds blancs (*Austropotamobius pallipes*, LEREBOULLET, 1858) du département. Pourtant, à l'été 2005, sans raison *a priori* évidente, le crustacé avait déserté le cours principal de la Morge. Ce fait, loin d'être anecdotique, est malheureusement monnaie courante sur le territoire national. En effet, les populations autochtones d'Astacidae, réfugiées sur les têtes de bassin versant, sont fragilisées du fait de l'éloignement de leur preferendum (autrefois étendu jusqu'aux parties plus basales des cours d'eau) et de la multiplication des pressions sur les milieux qui l'hébergent. Réputée sensible, l'écrevisse pallipède se voit attribuée un statut de bioindicateur des systèmes apicaux référentiels peu perturbés (GRES et al., 2001; Téléos, 2004). Il devient donc intéressant d'assurer la gestion et la protection de ces populations déjà associées à une valeur patrimoniale.

L'étude relatée dans ce présent rapport consiste en un diagnostic précis de bassin versant, axé sur la confrontation de données biotiques et abiotiques, dans le but de déterminer les facteurs induisant des perturbations et pouvant expliquer la régression, voire la disparition de l'écrevisse à pieds blancs.

Dans une première partie seront rappelés les objectifs de l'étude, avec une présentation générale du bassin versant étudié. Nous exposerons ensuite les différents volets de la stratégie de diagnostic mis en place, aussi bien à l'échelle du bassin versant qu'à l'échelle stationnelle. Après une présentation et un commentaire des résultats en deuxième partie, nous nous attarderons sur la discussion des causes pouvant expliquer la répartition actuelle d'*A. pallipes* sur le bassin de la Morge de Crempigny. Enfin, nous aboutirons sur les perspectives de gestion et de conservation des populations d'écrevisses pallipèdes du secteur étudié.

PARTIE I: PRESENTATION DU CONTEXTE DE L'ETUDE ET METHODOLOGIE D'APPROCHE

I. CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE ET OBJECTIFS

En 2004 a été finalisé un atlas de répartition des populations d'écrevisses en Haute Savoie (HUCHET, 2004). Cet inventaire avait été initié en 2002 par un état des lieux sur les bassins versants du Fier, des Usses et du Chéran (PELLETAN, 2002).

Suite à ce premier bilan s'est mis en place le plan départemental de conservation des écrevisses autochtones qui prévoit un suivi de 2005 à 2009 des populations d'écrevisses et des milieux qui les hébergent. Les résultats de ces investigations permettront, *in fine*, de formuler sur chaque site des propositions d'actions concrètes destinées à préserver, voire à restaurer si besoin est, la qualité des milieux dans un but de conservation des populations d'écrevisses à pieds blancs du département. Ce programme implique la consultation et la concertation avec de nombreux acteurs locaux: contrats de rivières, DDAF, agriculteurs, élus, riverains...

La Morge de Crempigny est un petit cours d'eau haut-savoyard qui, avec l'un de ses affluents (le Ruisseau des Vignes) abritait jusqu'en 2004 une des plus importantes populations d'écrevisses à pieds blancs du département. Les investigations menées en 2005 sur ce secteur ont montré que l'écrevisse avait déserté le cours d'eau principal et que le linéaire colonisé sur son affluent s'était fortement réduit.

Même si ce triste constat n'est pas un fait rare dans le département, le bassin versant de la Morge de Crempigny a été sélectionné pour cette étude en raison des causes de disparition *a priori* peu évidentes. De plus, il apparaissait urgent de faire la lumière sur ce problème avant que ce qui était une des plus belles populations du département ne s'éteigne complètement.

Le but de l'étude est d'établir un diagnostic écologique le plus complet possible afin d'isoler le ou les facteurs susceptibles d'être à l'origine de la raréfaction de l'écrevisse à pieds blancs sur le bassin versant de la Morge de Crempigny. Même si une identification exhaustive des perturbations paraît ambitieuse, l'étude se devait de répondre au moins à quelques questions: les conditions du milieu sont-elles favorables au développement d'une population d'écrevisses pallipèdes? Comment a évolué la population d'*Austropotamobius pallipes* depuis les dernières prospections? Quelles sources de perturbation peuvent être pointées sur le bassin versant? La disparition des écrevisses est-elle due à un problème ponctuel ou persistant? Existe-t-il une répartition spatiale des sources de perturbations?

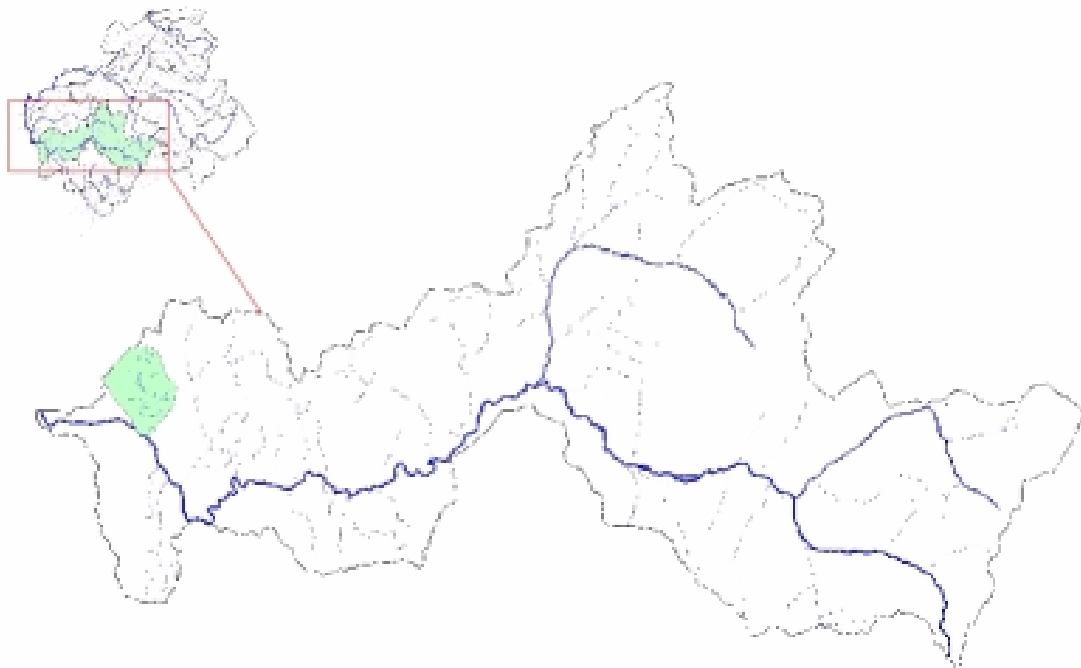


Figure 1: Positionnement du bassin versant de la Morge de Crempigny en Haute-Savoie et sur le bassin du Fier

II. PRESENTATION DU SECTEUR ETUDIE: LE BASSIN VERSANT DE LA MORGE DE CREMPIGNY

A. Données générales

1. Géographie

Le secteur étudié se situe dans le quart Sud-Ouest du département de la Haute Savoie. Avec une superficie de 1193 ha, le bassin versant de la Morge de Crempigny est une sous-unité de celui du Fier, qui, en terme d'importance surfacique, est le 2^{ème} bassin versant du département. Situé dans une zone de piémont, le bassin présente, par ailleurs, une altitude moyenne de 500 m, avec un point culminant à l'Ouest à 930 m (la Montagne des Princes) et un point bas à 300 m (à la confluence avec le Fier).

2. Hydrologie

Du fait du positionnement géographique de la Morge et de ses affluents, l'hydrologie du bassin correspond à un régime pluvial, marqué par un étiage estival, une faible influence de la fonte des neiges au printemps, et de fortes crues pouvant survenir lors d'intenses épisodes pluvieux.

3. Réseau hydrographique

Le cours d'eau principal, qui possède différentes appellations locales (ruisseau d'Essert, Morge de Crempigny ou petite Morge), correspond au dernier affluent rive droite du Fier avant sa confluence avec le Rhône.

Le long de ses 5,1 km, la Morge de Crempigny reçoit les eaux de quatre affluents principaux décrits dans le Tableau 1:

Nom de l'affluent	type de confluence	longueur (km)
Ruisseau de Belle Fontaine	rive droite	1,32

Ruisseau de Bonneguête	rive gauche	0,12
Ruisseau des Vignes	rive gauche	1,52
Ruisseau de Bévy	rive gauche	0,94

Tableau 1: Caractéristiques des principaux affluents de la Morge de Crempigny

4. Géologie

Le bassin versant de la Morge de Crempigny est situé sur une formation géologique appelée "sillon molassique péri-alpin".

Deux ensembles de formations s'opposent au sein de la géologie alpine (www.geol-alp.com):

- les domaines externes considérés comme autochtones car relativement peu déplacés par les mouvements tectoniques,
- les domaines internes soumis à des déplacements par des nappes de charriage.

Comme le montre la Figure 2, parmi les structures extra-alpines sont regroupées les chaînes du Jura méridional et les collines de la "zone molassique péri-alpine".

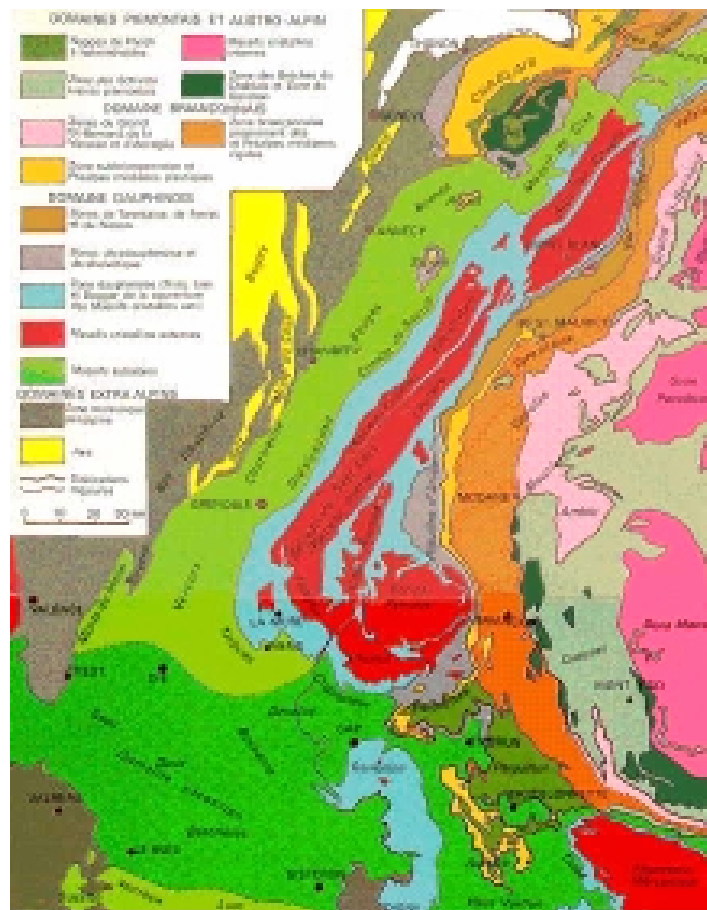


Figure 2: Carte structurale schématique des formations géologiques des Alpes occidentales françaises

(source: www.geol-alp.com)

Le Miocène (Tertiaire récent) marque l'active surrection des Alpes. La flexion de la croûte terrestre à la périphérie de la chaîne en cours de soulèvement a créé un affaissement tel qu'une invasion marine (ou transgression miocène) s'est produite. Cette dépression marginale

a reçu les matériaux constitutifs des reliefs naissants érodés par les rivières qui sillonnaient les Alpes à cette époque. Le comblement du sillon marginal des Alpes par l'accumulation de ces dépôts deltaïques marins sur 3000 m d'épaisseur constitue l'actuelle formation molassique grés-conglomératique.

Ce sillon molassique péri-alpin qui sépare le Jura, à l'ouest, des actuels massifs subalpins (les Bauges, les Bornes...), à l'est, s'étend de la basse vallée du Rhône jusqu'à Genève, puis Vienne, en Autriche. Ces secteurs ont un relief moins montagneux qui se caractérise par sa faible altitude moyenne (l'altitude moyenne du bassin versant de la Morge de Crempigny avoisine les 500 m) et par la prédominance de larges dépressions.

D'un point de vue de la nature, ces roches correspondent à des grès à ciment calcaire argileux. Ils contiennent des grains de glauconie qui leur confère une teinte verte, jaunissante en altération. La dissolution du calcaire cimentant les grains rend la roche friable après un long séjour à l'air libre. D'une telle propriété peuvent résulter des problèmes d'érosion. Cela a été constaté, particulièrement au niveau des berges, sur le bassin versant de la Morge de Crempigny.

B. Données historiques sur la faune aquatique de la Morge de Crempigny

1. *Données sur l'écrevisse à pieds blancs*

La population d' *A. pallipes* du cours principal de la Morge est connue depuis 2001 (CSP 74 et AAPPMA Annecy Rivières) et étudiée depuis 2002. Durant l'été 2003, un assèchement du cours amont a nécessité le sauvetage en urgence des individus survivants. Leur remise dans le milieu a été suivie au cours de l'automne 2003, mais des observations nocturnes en 2004 ont montré leur disparition sur cette partie du cours d'eau. La population était toutefois encore présente sur l'aval. L'année 2005 marque, en revanche, la disparition de la population sur l'ensemble du linéaire de la Morge de Crempigny.

En ce qui concerne les affluents du cours d'eau principal, les premières observations sur les Vignes remontent à 2004. En 2003, des pêcheurs ont pu noter la présence de quelques individus sur le ruisseau de Belle Fontaine mais le fait n'a été signalé qu'en 2005. Il n'existe pas de données antérieures concernant les autres affluents de la Morge.

2. *Données piscicoles*

La Morge de Crempigny est un cours d'eau de première catégorie piscicole. Du point de vue des peuplements pisciaires, la Morge est scindée en deux secteurs situés de part et d'autre de la D14 (infranchissable de 10 m au Sud du bassin versant). Le secteur aval, sous influence du Fier, héberge, outre la truite commune (*Salmo trutta*), des populations de chabot (*Cottus gobio*), de vairon (*Phoxinus phoxinus*) et de loche franche (*Cobitis taenia*). Le secteur amont, totalement déconnecté de l'aval par l'infranchissable, abrite un peuplement monospécifique de truite commune. La population de truites de la Morge de Crempigny ayant été longtemps soutenue par les alevinages, appartient au rameau évolutif atlantique. Cependant, les alevinages ayant cessé depuis 1999 et des individus juvéniles (0+, 1+) étant régulièrement observés depuis, on peut en conclure que la truite se reproduit sur le cours d'eau. Ne disposant pas de données quantitatives, nous nous garderons de statuer sur la fonctionnalité de la population en place. Notons qu'outre la Morge de Crempigny, les ruisseaux des Vignes et de Belle Fontaine hébergent également une population de truites communes.

III. STRATEGIE DE DIAGNOSTIC MISE EN PLACE

Une diagnose consiste en une étude méthodique du milieu par l'examen d'un certain nombre de composantes abiotiques confrontées par la suite aux composantes biotiques représentées par les espèces ou leurs groupements (Nisbet et Verneaux, 1970).

A. Etude à l'échelle du bassin versant

Dans un premier temps, les limites géographiques du bassin versant étudié sont déterminées sur un fond de carte IGN au 1/25 000, puis reportées sur l'orthophotoplan du Conseil Général 74. On obtient ainsi une photographie aérienne de la globalité du bassin, sur laquelle est effectuée une délimitation des parcelles, des zones construites et des zones boisées.

Dans un second temps, la prospection de l'ensemble du linéaire du cours d'eau et du bassin versant est effectuée, afin de vérifier les informations issues de la photographie aérienne et de les préciser (modalité d'occupation des sols, limites de parcelles). Sont notés et repérés tous les facteurs ponctuels pouvant avoir une influence sur le reste du bassin versant et du cours d'eau (élevage, rejets, STEP, décharges, abreuvoirs etc....).

Enfin l'ensemble des données est retranscrit sous forme cartographique à l'aide du logiciel Canvas 9. Le pourcentage de recouvrement parcellaire en est déduit, ainsi que toutes les perturbations anthropiques existantes ou envisageables sur le bassin versant.

B. Etude à l'échelle stationnelle

1. *Choix des stations*

✓ La Morge

- **M1**: c'est la station la plus apicale de la Morge: elle est située à faible distance de la partie temporaire du cours d'eau. Jusqu'en 2003, année pendant laquelle le tronçon s'est asséché, elle hébergeait une population d'écrevisses.
- **M2**: elle appartient à la partie amont du linéaire qui n'a pas subi d'assèchement en 2003. Positionnée sous la D 351, de manière à intégrer les éventuels impacts de Crempigny et de la route, elle hébergeait jusqu'en 2005 des écrevisses pallipèdes.
- **M3**: également colonisée par les écrevisses jusqu'en 2005, cette station, en partie intermédiaire du linéaire de la Morge, a été placée à la sortie de la première zone de gorges, en aval de la confluence entre la Morge et le Ruisseau de Belle Fontaine, de manière à intégrer les éventuelles perturbations amenées par ce dernier.
- **M4**: c'est la station la plus en aval de la zone d'étude. Elle appartient en outre au tronçon qui marquait la limite aval de la répartition d'*A. pallipes* jusqu'en 2005: située dans le deuxième zone de gorges, elle a été placée en aval de la confluence avec le Ruisseau des Vignes de manière à intégrer les éventuelles perturbations amenées par ce dernier.

✓ Le Ruisseau des Vignes

- **V1:** cette station est située dans le linéaire actuellement colonisé par *Austropotamobius pallipes*, en amont du rejet de la future station d'épuration de Bonneguête.
 - **V2:** positionnée en aval du rejet de la future station d'épuration de Bonneguête, de manière à intégrer les éventuelles perturbations subies par le milieu suite aux travaux de pose de la buse, elle était colonisée par l'écrevisse à pattes blanches jusqu'en 2005.
- ✓ Station du Ruisseau de Belle Fontaine (BF)
Il s'agit d'une station supplémentaire, intégrée à la zone d'étude suite à la découverte d'une population d'écrevisses durant le stage. Elle se veut représentative du secteur colonisé.
- ✓ Station du Ruisseau de Bonneguête (BG)

Comme pour Belle Fontaine, cette station a été positionnée de façon à représenter au mieux le linéaire colonisé par les écrevisses, suite à leur découverte en juillet 2006.

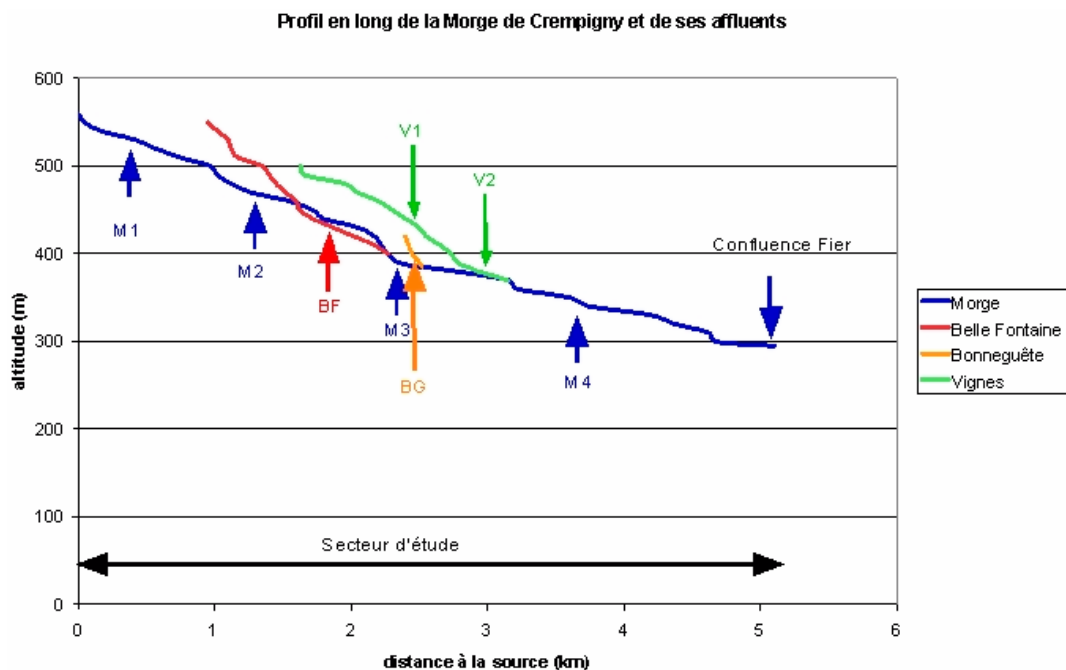


Figure 3: Profil en long de la Morge et de ses principaux affluents – positionnement des stations d'étude

2. Métabolisme thermique et typologie

La température est un paramètre physique essentiel qui peut expliquer les variations de répartition des espèces aquatiques (VERNEAUX, 1973). L'étude du régime thermique d'un site d'eau courante fournit des indications sur l'état des ressources en eau et le fonctionnement des nappes. Dans le cadre de l'étude, le métabolisme thermique a pu être approché grâce à la pose d'enregistreurs thermiques Tidbit de la marque Prosensor durant plus de 4 mois sur les stations M1, M4 et le ruisseau des Vignes. Plus tardivement, deux autres sondes thermiques ont été placées sur les ruisseaux de Belle Fontaine et de Bonneguête, suite à la découverte de

populations d'écrevisses. Les enregistrements ont ensuite été traités sous Excel pour obtenir entre autres les températures maximale et minimale ainsi que la moyenne des températures maximales sur les 30 jours consécutifs les plus chauds. Comme nous ne disposions pas de sonde pour la station M3, nous avons extrapolé les valeurs obtenues par la sonde en M4 dans la mesure où le cours d'eau a une configuration gorgée analogue sur ces deux stations. Pour la station M2, nous nous sommes appuyés sur des enregistrements antérieurs menés de novembre 2003 à novembre 2004.

Les données issues du suivi thermique d'un site constituent un facteur nécessaire à la détermination du niveau typologique théorique. Il fait référence à la bio-typologie longitudinale décrite par VERNEAUX (1973) selon laquelle toute portion morphologiquement et hydrologiquement homogène d'un cours d'eau peut être classée parmi un des 10 types écologiques qui se succèdent de la source à l'estuaire selon un modèle longitudinal abstrait. A chaque type écologique est associé un "biocénotype" ou groupe d'espèces dont l'abondance est proportionnelle à leur affinité pour le niveau considéré. Il est ainsi possible de prédire et de comparer la composition optimale du peuplement de la station à celle observée, ce qui permet de mettre en évidence certaines perturbations.

Le calcul du niveau typologique théorique se décompose suivant 3 séries de paramètres:

- ✓ la composante thermique (T1) qui prend en compte la moyenne des températures maximales des 30 jours consécutifs les plus chauds (θ max en °C)
- ✓ la composante trophique (T2) avec la distance à la source (d_0 en km) la dureté calco-magnésienne de l'eau (D en mg/L)
- ✓ la composante morphodynamique (T3) qui considère la section mouillée à l'étiage (S_m en m²), la pente du lit (p en ‰) et la largeur du lit mineur (l en m)

Le type théorique se calcule grâce à la formule suivante:

$$\mathbf{T_{th} = 0,45 T1 + 0,30 T2 + 0,25 T3}$$

Où: $\mathbf{T1 = 0,55 \theta \text{ max} - 4,34}$
 $\mathbf{T2 = 1,17 [\ln (d_0.D/100)] + 1,50}$
 $\mathbf{T3 = 1,75 [\ln (S_m/(p.l^2).100)] + 3,92}$

La réalisation de la cartographie stationnelle en conditions d'étiage a permis de déterminer la largeur du lit mineur ainsi que la section mouillée pour chaque station. Comme il n'a pas été possible d'effectuer une telle cartographie sur le ruisseau de Bonneguête, ces paramètres ont été estimés sur le terrain. La dureté calco-magnésienne est issue des analyses physico-chimiques de l'eau.

3. Analyse de la qualité physico-chimique de l'eau

La qualité de l'eau a été évaluée sur chaque station par le biais d'une analyse des paramètres physico-chimiques suivant : dureté calcique, dureté magnésienne, éléments azotés (NO₂, NO₃, NH₄) et orthophosphates (PO₄).

Une première campagne printanière de prélèvements a été réalisée le 20 avril 2006 sur les stations de la Morge (M1, M2, M3, M4) et du ruisseau de Vignes (V1 et V2). Une seconde campagne estivale a été effectuée le 23 août 2006 sur les huit stations étudiées. Au cours de cette campagne ont également été relevées les valeurs de pH et de conductivité. L'oxymétrie à

quand à elle fait l'objet d'une mesure de cycle nyctéméral réalisée les 06 et 07 septembre 2006.

Les échantillons d'eau ont été analysés en laboratoire à l'aide du spectrophotomètre MERCK *spectroquant NOVA M60* et des test *spectroquant* MERCK (1.14752.0001 Amonium test, 1.09713.0001 Nitrat test, 1.14815.0001 Calcium test, 1.14848.0001 Phosphat test, 1.14776.0001 Nitrit test, 1.00815.0001 Magnesium cell test, 1.00961.0001 Total Hardness cell test). Les mesures du pH, de la conductivité et d'oxygène ont été effectuées à l'aide du boîtier multi-sonde *WMR SymPHony SP90M5* et des sondes conductivité/température *SymPHony* 11388-372, pH/température *SymPHony* 14002-860 et oxygène *SymPHony* 11388-374.

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau ont été étudiés selon trois cribles, avec du plus discriminant au moins exigeant:

- les valeurs fixées par Synusie (2003) en fonction de la sensibilité des écrevisses à pieds blancs,
- les classes définies par Nisbet et Verneaux (1970) suite à la synthèse de nombreuses données,
- les valeurs préconisées dans le SEQ-eau.

Les valeurs mesurées ne seront commentées à travers le dernier crible que si elles s'avèrent déclassantes.

4. Recherche de toxiques dans les sédiments.

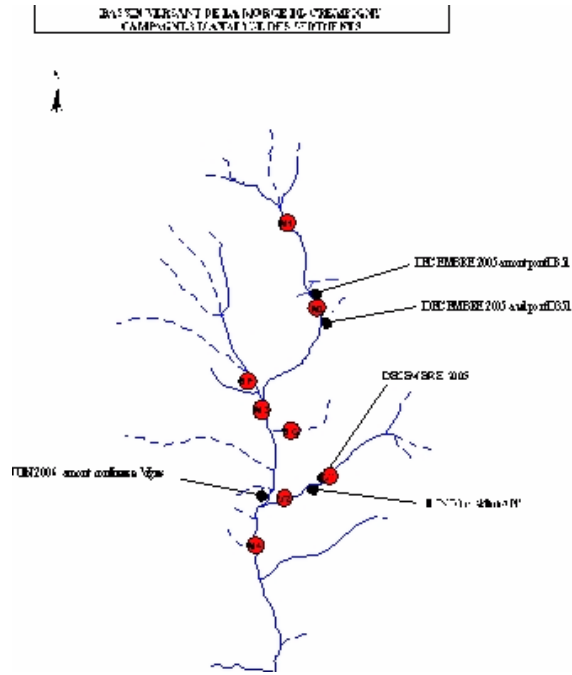


Figure 4: Carte des stations de prélèvement de sédiments effectués en décembre 2005 et juin 2006

Deux campagnes d'analyse de la qualité des sédiments ont été réalisées :

- l'une en décembre 2005 sur les stations « amont D 351 » et « aval D 351 » sur la Morge, et « amont buse futur rejet STEP » sur le ruisseau des Vignes.
- L'autre en juin 2006 sur les stations « amont confluence Ruisseau des Vignes » sur la Morge et « aval buse futur rejet STEP » sur le ruisseau des Vignes.

Les sédiments fins sont choisis afin de rechercher les contaminations toxiques car ils constituent un substrat à mémoire chimique. Les prélèvements ont été réalisés après une période d'au moins 5 jours de débits stabilisés. Les échantillons ont été analysés par le laboratoire départemental d'analyses de la Drome suivant la méthode semi-quantitative dite des « multi-résidus », méthode permettant d'effectuer un large balayage analytique à moindre coût.

5. Caractérisation de l'habitat

Sur chaque station, à l'exception de celle située sur le ruisseau de Bonneguête, a été réalisée une cartographie des habitats aquatiques selon la méthode dite des pôles d'attraction (protocole CSP DR 5/ Téléos), méthode permettant de fournir une image de l'hétérogénéité et de l'attractivité d'un cours d'eau à l'échelle stationnelle.

Sur le terrain, les vitesses et les hauteurs d'eau sont mesurées le long de transects, à l'aide d'un courantomètre, d'une jauge graduée, d'un double décimètre et d'un topofil. Dans le même temps, les différents substrats composant la station sont relevés sur un fond de carte dessiné à l'échelle. Ces données sont ensuite traitées de la façon suivante : des lignes d'isovitesses et d'isoprotondeurs sont tracées par interpolation entre les différents transects. La superposition des trois cartographies obtenues (substrats, hauteurs, vitesses) permet d'obtenir une cartographie des pôles d'attractions.

Les pôles y sont décrits par le nom du substrat suivi de la classe de hauteur et de la classe de vitesse.

Les classes de hauteurs d'eau et de vitesses, les substrats et leurs indices d'attractivités associés sont reportés dans des tableaux en annexe A5.

Une série d'indices permet de restituer de façon synthétique les résultats obtenus pour chaque station:

- **Var = variété :**

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.

- **Div = diversité :**

Mesure de la complexité et de l'hétérogénéité quantitative de la répartition des surfaces entre les catégories de chaque composante de la qualité de l'habitat :

$$DIV = - \sum_n^1 Si \times [\log_{10} (Si)]$$

Où :

n est le nombre de catégories (n = var)

Si est la proportion en surface de chaque pôle d'attraction

L'indice de diversité correspond à un indice de Shannon. Pour pouvoir l'interpréter, il est nécessaire de calculer sa valeur maximale (H'max), qui est celle qu'aurait cet indice sous l'hypothèse d'équirépartition. L'équitabilité (E), rapport entre H' et H'max, est ensuite calculé.

Il fournit une indication sur la complexité de la mosaïque des pôles. Il augmente d'autant plus que le nombre de pôles est élevé et que leur surface se rapproche de l'équirépartition.

- **IAM : Indice d'Attractivité Morphodynamique**

Cet indice sanctionne la variété des classes de hauteurs d'eau, de vitesses et de substrats/supports ainsi que l'attractivité des substrats/supports pour l'ichtyofaune.

$$IAM = \left[\sum (Si \times Attract.(subs.)) \right] \times Var(subs) \times var(h.e) \times Var(v.)$$

Où :

v.	vitesse
h.e	hauteur d'eau
subs.	Substrat/support
Attract.	Attractivité des substrats/supports
Si	proportion en surface de chaque substrat présent

Cet indice sanctionne la variété des classes de hauteur d'eau, de vitesses et de substrats/supports, ainsi que l'attractivité des substrats/supports pour l'ichtyofaune.

- **ISCA : Indice Spécifique de Capacités Astacicole**

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

$$ISCA = \left[\sum (S_i \times \text{Attract.}(\text{subs.})) \right] \times \text{Var}(\text{subs}) \times \text{var}(\text{h.e}) \times \text{Var}(v.)$$

L'effort analytique aurait pu être poursuivi en adoptant une échelle plus globale comme la méthode de description standard à l'échelle du "tronçon" mais la difficulté d'accès au cours d'eau, la progression difficile à travers les nombreux embâcles et infranchissables compliquent la mise en place d'un tel protocole.

6. Analyse des peuplements de macroinvertébrés benthiques

a) Les méthodes indicielles

Elles ont été réalisées sur les huit stations que comprend le secteur d'étude.

L'Indice Biologique Global Normalisé (**IBGN**) (norme AFNOR : NF.T. 90.350 1992, 2004) est particulièrement sensible aux modifications de la qualité organique de l'eau et de la nature du substrat. Ainsi le groupe indicateur (GI) renseigne sur la qualité physico-chimique pour les paramètres de pollution classique à dominante organique. Cet outil nécessite une détermination au niveau de la famille.

Le calcul de la note IBGN est complété par le calcul de la robustesse de la note IBGN. Celle-ci, calculée en supprimant le premier groupe indicateur de la liste faunistique, permet ainsi de juger l'estimation fournie par la note IBGN.

L'indice d'aptitude biogène, **Cb2** (VERNEAUX 1982), est également calculé. Cet indice plus robuste du fait de sa prise en compte de la densité des taxons (≥ 3 individus) et d'un répertoire faunistique plus important (92 taxons indicateurs) a également l'avantage de distinguer deux indices : l'indice nature et l'indice variété. Leur contribution respective à la note totale apporte une information intéressante quant à la participation de la qualité physico-chimique de l'eau (**In**) ou de l'habitat (**Iv**) sur l'hospitalité du milieu.

Afin de faciliter l'interprétation du Cb2, et notamment de l'**Iv**, un **coefficient morphodynamique (m)** est calculé. Il permet d'évaluer la qualité de l'habitat en fonction des couples substrat/vitesse inventoriés sur la station.

Les méthodes d'analyse simplifiées des communautés benthiques, généralement exprimées sous forme indicielle, permettent d'apprécier l'évolution dans l'espace et dans le temps de l'aptitude biogène globale des sites d'eau courante. Toutefois, leur degré de sensibilité est insuffisant pour mesurer quantitativement l'impact de plusieurs catégories de perturbations affectant le fonctionnement des milieux lotiques à des échelles plus larges ou suivant des mécanismes pernicieux.

De plus, le niveau de détermination à la famille s'avère souvent trop imprécis pour dégager et différencier certaines causes de perturbations.

Compte tenu des limites de ces méthodes, la méthode expérimentale générique semi-quantitative des peuplements benthiques (adaptée de BACCHI 1994) a été mise en œuvre afin d'atteindre les objectifs de la présente étude.

b) Protocole d'analyse semi-quantitative du macrobenthos

Le MAG20 a été réalisé sur les 4 stations de la Morge et les 2 stations du ruisseau des Vignes. Sur le ruisseau de Belle Fontaine, l'analyse s'est limitée à un MAG12.

L'échantillonnage des communautés macrobenthiques est réalisé selon le protocole d'analyse semi-quantitative (adapté de BACCHI 1994, PARMENTIER 1994) finalisé par TELEOS 2000.

Ce protocole est fondé sur une prospection beaucoup plus complète de l'espace fluvial (20 placettes) et sur une détermination générique des taxons prélevés. Il balaye systématiquement les trois composantes majeures de l'habitat aquatique : nature du substrat, vitesse de courant et hauteur d'eau. La codification de ces trois composantes est présentée dans des tableaux en annexe A.6. Si du point de vue des techniques utilisées ce protocole correspond à celui de l'IBGN, il s'en différencie par la prise en compte de la hauteur d'eau ; en outre le nombre de placettes prospectées est fixé à 20 contre 8 pour l'IBGN afin de prospecter une gamme d'habitats plus diversifiée.

Lors de l'échantillonnage des stations, chaque couple substrat/vitesse recensé a été échantillonné au moins une fois dans la hauteur d'eau où il était le plus représenté. Dans le cas d'une variété de substrat/vitesse inférieure à 20, les prélèvements ont été dupliqués pour les couples dominants dans les classes de profondeurs différentes.

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

- phase 1 : les prélèvements sont à réaliser selon le protocole IBGN.
- phase 2 : le complément à 20 ou à 12 est effectué sur les combinaisons de substrat-vitesse-hauteur non échantillonnées.

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

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

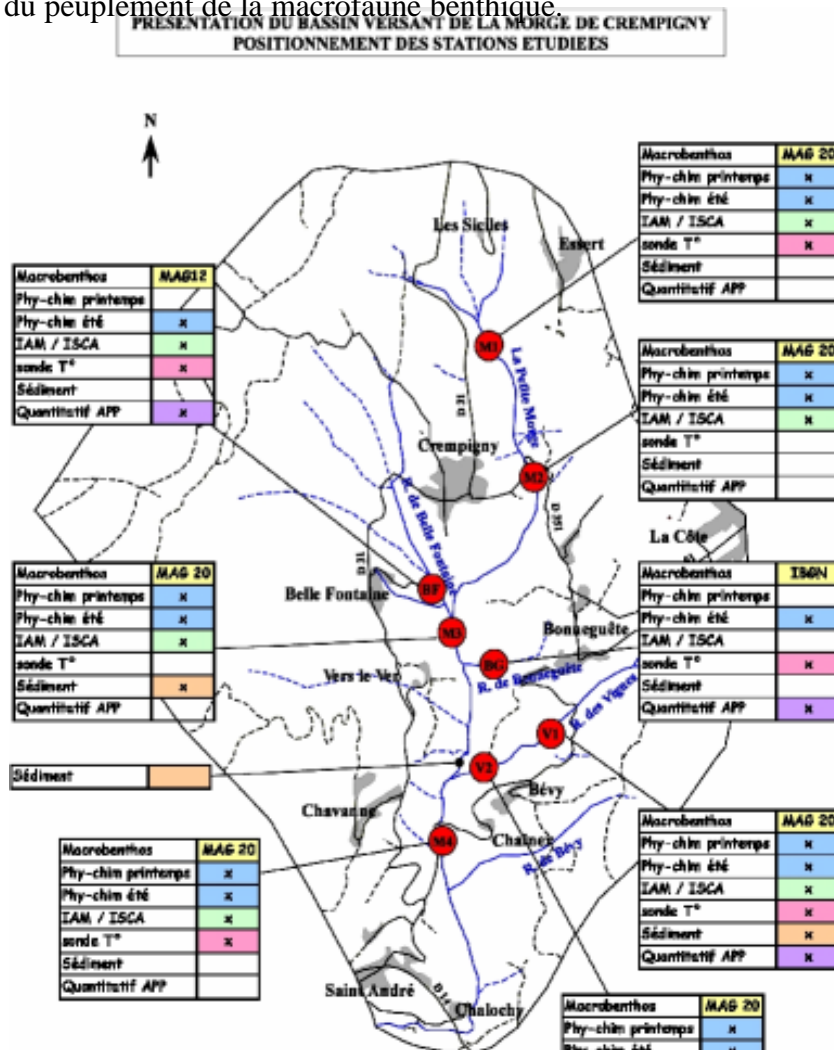


Figure 5: Carte récapitulative des volets de l'étude menés sur le bassin de la Morge de Crempigny

C. Etat des lieux des populations d'écrevisses à pattes blanches sur le bassin versant

L'étude des écrevisses du bassin versant de la Morge de Crempigny comportait deux volets:

- la prospection du cours d'eau principal et de ses affluents afin de dresser la répartition actuelle des populations d'écrevisses, et par là même de délimiter le linéaire colonisé;
- au sein du linéaire colonisé, étude qualitative et quantitative des populations dans le but d'apprécier leur abondance et leur fonctionnalité.

La prospection de la totalité du réseau hydrographique de la Morge s'est effectuée de nuit, à pied, munis de lampe torche.

L'étude quantitative des populations a été réalisée par la méthode de capture/marquage/recapture sur les ruisseaux de Belle Fontaine et de Bonneguête.

Cette technique consiste à prélever de nuit en deux passages la totalité des individus de plus de deux centimètres (Vigneux, com.pers.) observés sur la station d'étude. Chaque individu est ensuite mesuré, pesé, sexé et marqué avec du vernis à ongle, puis remis à l'eau sur la station.

Deux jours plus tard, une autre pêche en deux passages est effectuée, au cours de laquelle sont comptés le nombre d'individus marqués et non marqués prélevés, afin d'estimer l'effectif total sur la station grâce à la formule de Petersen. Les individus non marqués sont mesurés, pesés, sexés:

$$M_t / N_T = r_m / R_t$$

Avec :

- NT : effectif total de la population.
- mt : nombre d'individus marqués au premier passage.
- Rt : nombre d'individus capturés au second passage.
- rm : nombre d'individus marqués capturés au second passage.

$$\sigma^2 = N_t^2 [(N_T - M_t).(N_T - R_t)] / m_t.R_t (N_t - m_t)$$

Les conditions d'application sont les suivantes :

- La population doit être stationnaire.
- La probabilité de capture doit être la même pour tous les individus.
- La recapture doit être un échantillonnage aléatoire.

- Le marquage doit être pérenne, sans influencer la probabilité de capture.

Ces résultats une fois obtenus et rapportés en densités numériques et pondérales ramenées à l'hectare permettront de déterminer la classe théorique d'abondance de la population (DEGIORGI, com. pers.).

Classe	Abondance (nb indiv/ha)	Densité en kg/ha
classe 1	<4 000	<32
classe 2	4 000 - 7 000	32-64
classe 3	7 000 - 14 000	64-128
classe 4	14 000 - 28 000	128-256
classe 5	<28 000	>256

Tableau 2: Classes de densité numérique et pondérale considérées pour les écrevisses

Sur le ruisseau des Vignes, du fait de la turbidité constante des eaux, cette méthode ne peut être appliquée. L'échantillonnage a donc été réalisé à l'aide de nasses appâtées avec des croquettes pour chiens posées durant deux nuits consécutives. L'estimation de l'effectif est calculée à l'aide de la formule de DE LURY:

$$N = C1^2 / (C1 - C2)$$

N : effectif théorique de la population

C1 : nombre d'individus capturés la première nuit

C2 : nombre d'individus capturés la seconde nuit

$$s^2 = C1^2 \cdot C2^2 \cdot (C+C) / (C1-C2)^4$$

PARTIE II: PRESENTATION DES RESULTATS

I. OCCUPATION DES SOLS

L'ensemble des relevés effectués sur le terrain a conduit à la réalisation d'une carte synthétisant les différents modes d'occupation du sol et faisant ressortir, à l'échelle du bassin versant, les points noirs susceptibles d'induire des perturbations.

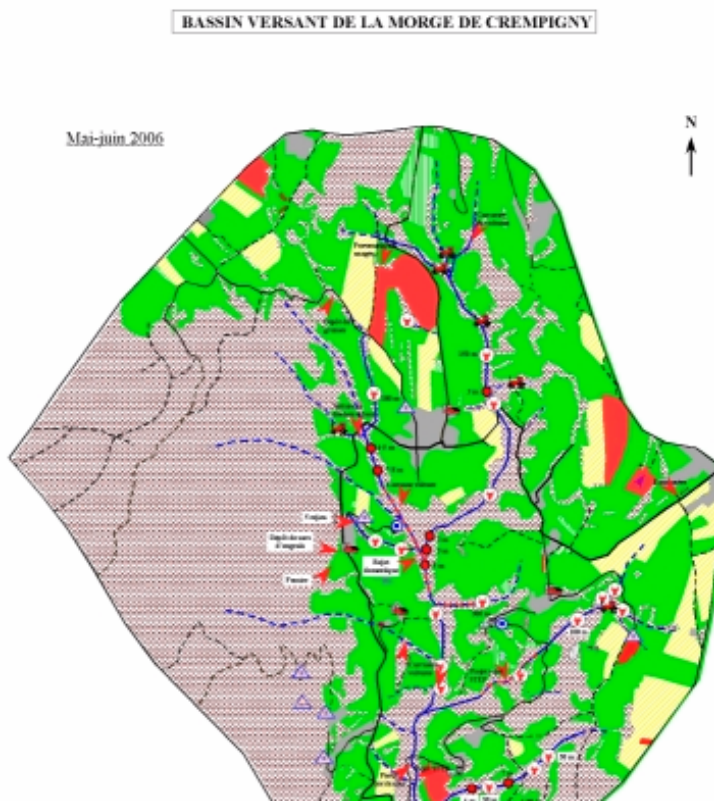


Figure 6: Cartographie de l'occupation des sols du bassin de la Morge de Crempigny

La répartition surfacique de chaque mode d'occupation du sol est présentée dans le tableau ci-dessous:

Type d'occupation du sol	Surface en ha	Représentation en %
Zones construites	37,28	3,12
Prairie, pâture	480,15	40,25
Bois, forêt	566,76	47,51
Coupe rase	0,59	0,05
Maïs	27,91	2,34
Autres cultures céréalières	70,30	5,89
Cultures maraîchères	1,93	0,16
Plantations	7,16	0,60
Vignes	0,39	0,03
Sol à nu	0,27	0,02
Zone humide	0,15	0,01
TOTAL	1192,87	100

Tableau 3: Répartition surfacique des modes d'occupation du sol du bassin versant de la Morge de Crempigny

Il apparaît que les zones boisées, principalement représentées à l'ouest du bassin et en bordure des cours d'eau, occupent une part majoritaire de la surface du bassin versant (48%), suivies de près par les prairies et pâtures (40%). Si les cultures concernent 8% du territoire, dont environ 2% de maïs et 6% d'autres cultures céréalières type blé, orge, les zones d'habitation représentent à peine plus de 3%. Ces données chiffrées attestent de la vocation essentiellement agricole du bassin versant de la Morge de Crempigny.

A. Zones boisées

Sur le bassin versant de la Morge de Crempigny, la forêt occupe, par héritage, les zones où la valorisation agricole aurait été difficile à mettre en œuvre, à savoir les secteurs les plus pentus, à l'ouest, et les bordures de cours d'eau. Mise à part la forêt communale de Crempigny (la Caille et Chambertin), les zones boisées correspondent à des propriétés privées. Pour ces raisons, l'exploitation forestière est peu intensive, comme en témoignent les surfaces de coupe évaluées à seulement 0,59 ha. Les faibles volumes de bois générés limitent

ainsi le stockage des grumes dont le traitement chimique semble *a priori* restreint, même si nous ne disposons pas d'information plus précise à ce sujet.

B. Zones agricoles

Le bassin de la Morge compte 5 exploitations agricoles de type polyculture – élevage laitier. Le mode d'exploitation est calqué sur un modèle classique: mise en pâture des troupeaux, fauche des prairies, culture céréalière (maïs, blé, orge). Parmi ces pratiques agricoles, la pression anthropique subie par les cours d'eau est principalement liée aux épandages de lisier, aux amendements et autres traitements chimiques inhérents aux cultures, ainsi qu'à la divagation du bétail dans le lit mineur des cours d'eau au niveau d'abreuvoirs (CATER Haute Normandie, 2003). De plus, la répartition uniforme des terrains agricoles sur le bassin versant fait subir aux cours d'eau des pressions dès leur source. En outre, les agriculteurs n'ayant pas recours à l'irrigation, on peut considérer que l'impact de la mise en culture n'a qu'une influence réduite sur l'hydrologie du bassin, en terme d'utilisation de la ressource.

C. Zones construites

Avec une démographie en légère augmentation, le bassin de la Morge de Crempigny héberge à ce jour près de 400 habitants, dont les zones d'habitation sont réparties de manière homogène sur le territoire. En toute logique, ces zones construites impliquent l'aménagement d'infrastructures de communication (réseau routier), de production d'eau potable et de traitement des eaux usées afin de satisfaire les besoins des riverains.

Le réseau routier du bassin versant, peu développé et relativement peu fréquenté, se limite à deux routes départementales (la D31 et la D51) qui sillonnent le bassin en desservant les différents hameaux.

La population est alimentée en eau potable par des 3 captages de source (Chavanne, la Grosse Pierre et les Grandes Vignes) dont la faible productivité (respectivement de 3 m³/j, 12 m³/j et 3 m³/j) ne suffit pas à couvrir les besoins. Pour cette raison, les apports en eau potable sont principalement fournis par 2 captages de nappe situés en dehors du bassin versant. C'est ainsi que la production d'eau potable n'entrave pas significativement l'hydrologie du bassin versant, d'autant que les volumes excédentaires des réservoirs sont restitués au milieu par surverse.

La récupération et le traitement des effluents domestiques est le deuxième aspect lié à l'aménagement des zones habitées. Le Tableau 4 récapitule les modalités qui ont été retenues pour l'assainissement des eaux usées du bassin versant de la Morge de Crempigny:

Type d'assainissement	Hameaux concernés	Rejet sur le bassin versant?	Point critique majeur?
Assainissement non collectif	Belle Fontaine	OUI	Rejets domestiques et agricoles (eaux blanches sous l'élevage laitier)
	Vers le Ver	OUI	Réhabilitation à envisager
	Chalochy	OUI	Mise en conformité prioritaire: rejets bruts dans la Morge
	Chavanne	OUI	Terrains d'infiltration peu drainants
Projet de station d'épuration ou raccordement à une STEP existente	Crempigny en 2007-2008 - 150 EH - STEP à macrophytes	OUI	Rejets domestiques diffus dans l'attente d'une STEP
	Bonneguête: en cours - 150 EH - STEP à macrophytes	OUI	Buse de rejet au niveau de la zone colonisée par les écrevisses sur le ruisseau des Vignes
	Saint André en 2008 - raccordement	NON	
	Chavanne d'ici 2016	OUI	
Station d'épuration existente	Chainex-Bévy: 80 EH - filtres à sable depuis 2003	OUI	Installation conforme et entretenue, rejet dans la Morge non problématique

Pas de perturbation majeure
 Légère perturbation
 Point critique

Tableau 4: Bilan des modes de traitement retenus pour l'assainissement des eaux usées sur le bassin de la Morge de Crempigny

D'après ces renseignements, l'assainissement autonome, en proportion plus représenté sur le bassin que les stations d'épuration, est surtout problématique dans la mesure où les traitements des effluents avant rejet font défaut. La mise en place du SPANC (Service Public d'Assainissement Non Collectif) depuis 2001 par la Communauté de Communes du Canton de Rumilly devrait permettre la mise en conformité prioritaire des installations défectueuses dans un futur proche.

En ce qui concerne l'assainissement collectif, le futur rejet de la station d'épuration de Bonneguête dans le ruisseau des Vignes, au niveau du secteur colonisé par les écrevisses est un point critique. Le dossier est actuellement suivi par les services de la Direction Départementales de l'Agriculture de Haute Savoie.

Les eaux pluviales ruisselant à travers un réseau de fossés sur le bassin ne subissent aucun traitement et sont rejetées directement dans le milieu récepteur.

Ne coupant pas à l'essor actuel des piscines privées, le bassin versant de la Morge de Crempigny compte deux piscines de particuliers: une est située sur le hameau de Belle Fontaine et une autre à proximité de la station d'épuration de Bonneguête. Le principal risque lié à ces piscines est la vidange directe dans le milieu naturel, en particulier si les substances utilisées dans la désinfection des eaux de baignade n'ont pas été neutralisées auparavant. Ces produits biocides peuvent effectivement fortement impacter les milieux aquatiques et leurs espèces.

Un document technique de la MISE de Haute-Savoie (1994) préconise trois filières d'élimination de ces eaux:

- ✓ l'infiltration dans le sol,
- ✓ le rejet dans un cours d'eau, directement ou par le biais d'un réseau pluvial,
- ✓ le rejet dans un réseau d'assainissement des eaux usées.

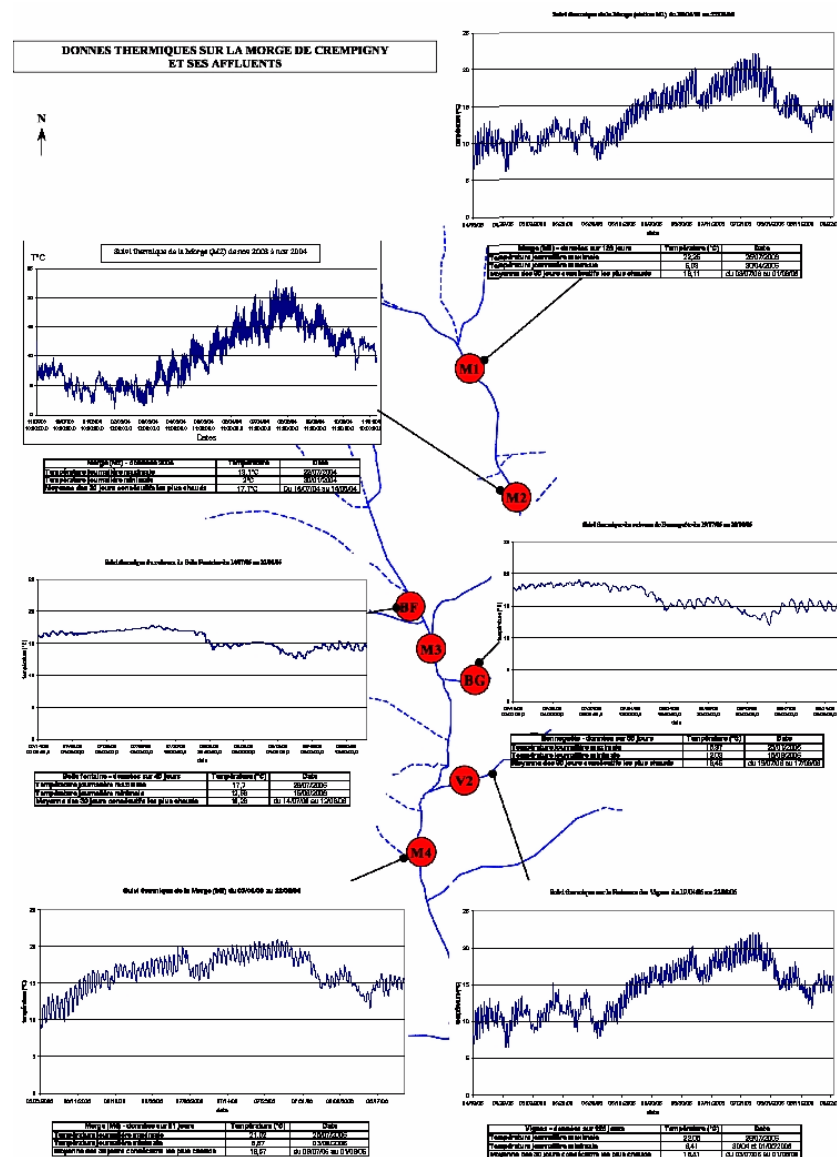
Quelque soit la solution adoptée, des dispositions particulières se doivent d'être respectées afin de minimiser les impacts pour l'environnement: information sur la toxicité des produits, étalement de la vidange, quantités déversées ne dépassant pas les capacités du milieu récepteur, notamment en terme de débit... Nous ne disposons pas d'informations précises au sujet de la vidange de ces piscines, cependant, leur présence sur le secteur, sans être un point noir majeur, reste à surveiller.

D. Autres points noirs

Outre les aspects évoqués précédemment, d'autres points critiques sur le bassin méritent d'être retenus; les passages à gué et les décharges sauvages peuvent ici être évoqués.

Bien qu'en majorité relevés sur des écoulements temporaires, les franchissements de cours d'eau sans ouvrage aménagés peuvent induire la mise en suspension de matériaux et participer, à terme, au colmatage des habitats aquatiques. De plus, le risque de fuite d'hydrocarbures n'est pas à exclure.

Plus fortement que les passages à gué, l'abandon sauvage d'ordures, en particulier dans le lit des cours d'eau, peut engendrer de sérieuses complications. Bien que le bassin de la Morge de Crempigny apparaisse visuellement comme un secteur relativement préservé, ce sont près de 10 décharges sauvages qui ont été relevées. A proximité ou en communication directe avec le cours d'eau, ces déchets sont de natures diverses et variées: carcasses de voiture, pneumatiques usagés, batteries, bidons, ferraille, matériaux de construction, gravas, électroménager... Le principal risque lié à ces concentrations de déchets est le relargage et le



lessivage de substances toxiques (métaux, hydrocarbures,...).

Figure 7: Récapitulatif des données thermiques du bassin de la Morge de Crempigny

II. APPROCHE STATIONNELLE

A. Métabolisme thermique et typologie

1. *Caractéristiques thermiques*

Le comportement thermique des différentes stations de la Morge est globalement comparable en ce qui concerne les amplitudes thermiques et les maxima. Le ruisseau des Vignes se calque sur le même modèle. En revanche, les ruisseaux de Belle Fontaine et de Bonneguête se démarquent par des écarts thermiques journaliers atténués.

En comparaison à d'autres cours d'eau haut savoyards, la Morge de Crempigny et ses affluents présentent des températures particulièrement élevées: la température de l'eau atteint plus de 22°C au plus chaud de l'été contre à peine plus de 16°C en moyenne pour la plupart des cours d'eau à écrevisses du département (HUCHET, 2004).

Avec une amplitude journalière maximum de l'ordre de 6°C et une température maximum enregistrée de 22,3°C, la station M1 de la Morge présente un métabolisme thermique perturbé. Plusieurs causes sont imputables à cette situation: de faibles niveaux d'eau couplés à un passage à gué juste en amont de la station induisent un réchauffement des eaux qu'aucun apport extérieur ne semble contre-balancer. Un probable défaut de communication avec la nappe phréatique confère un faible pouvoir tampon au cours d'eau, défaut ayant conduit à l'assèchement total de ce secteur en 2003.

Les relevés effectués en 2004 sur la station M2 témoignaient déjà d'une même perturbation: en période estivale, les températures dépassaient régulièrement les 20°C, avec une moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds avoisinant les 18°C. Sur cette station, les écarts thermiques journaliers maximum sont également proches de 6°C. Des apports phréatiques encore insuffisants et une ripisylve clairsemée peuvent expliquer ce comportement.

La sonde thermique de la station M4 s'est retrouvée exondée, ce qui a réduit la plage de données exploitables à 81 jours. Sur cette partie gorgée, la Morge présente un meilleur pouvoir tampon en comparaison à l'amont, avec une amplitude journalière maximum d'environ 4°C. L'apport des affluents ainsi qu'une ripisylve éparsée un peu plus en amont concourent à l'obtention d'une température maximale de 21°C. Ces valeurs restent donc élevées et témoignent de la déconnexion du cours d'eau et de la nappe.

Le ruisseau des Vignes, de petite dimension, connaît lui aussi un échauffement maximum de plus de 22°C. Ici encore, l'amplitude thermique journalière maximale de 5°C relevée en dépit d'une ripisylve dense, témoigne de la faiblesse des apports phréatiques sur ce cours d'eau.

Les écarts thermiques journaliers maximum du ruisseau de Belle Fontaine sont réduits à 1,3°C. Avec une température maximale de 17,7°C et minimale de 12,6°C, ce milieu bien tamponné présente une bonne relation avec la nappe phréatique.

Enfin, le ruisseau de Bonneguête présente, en dépit de sa taille restreinte, un métabolisme thermique équilibré avec des maxima relevés de 19°C et une amplitude journalière excédant rarement les 2°C. Ces valeurs témoignent de la bonne communication entre le ruisseau et une nappe de qualité.

On notera que les ruisseaux de Belle Fontaine et de Bonneguête sont mieux tamponnés et plus indépendants du métabolisme thermique de l'air que le reste des cours d'eau du bassin versant de la Morge de Crempigny. Avec des températures maximales d'environ 18°C, ils satisfont davantage aux exigences de l'écrevisse à pieds blancs (SYNUSIE-EAU, 2003). Les variations du métabolisme thermique de la Morge

trouvent deux explication principales: d'une part, la ripisylve vieillissante et donc clairsemée en dehors des parties gorgées n'assure plus un ombrage suffisant et induit donc le réchauffement des eaux; d'autre part, le cours d'eau et la nappe phréatique n'ont pas une communication satisfaisante pour tamponner les écarts de température.

BASSIN VERSANT DE LA MORGE DE CREMPIGNY
Détermination des niveaux typologiques théoriques

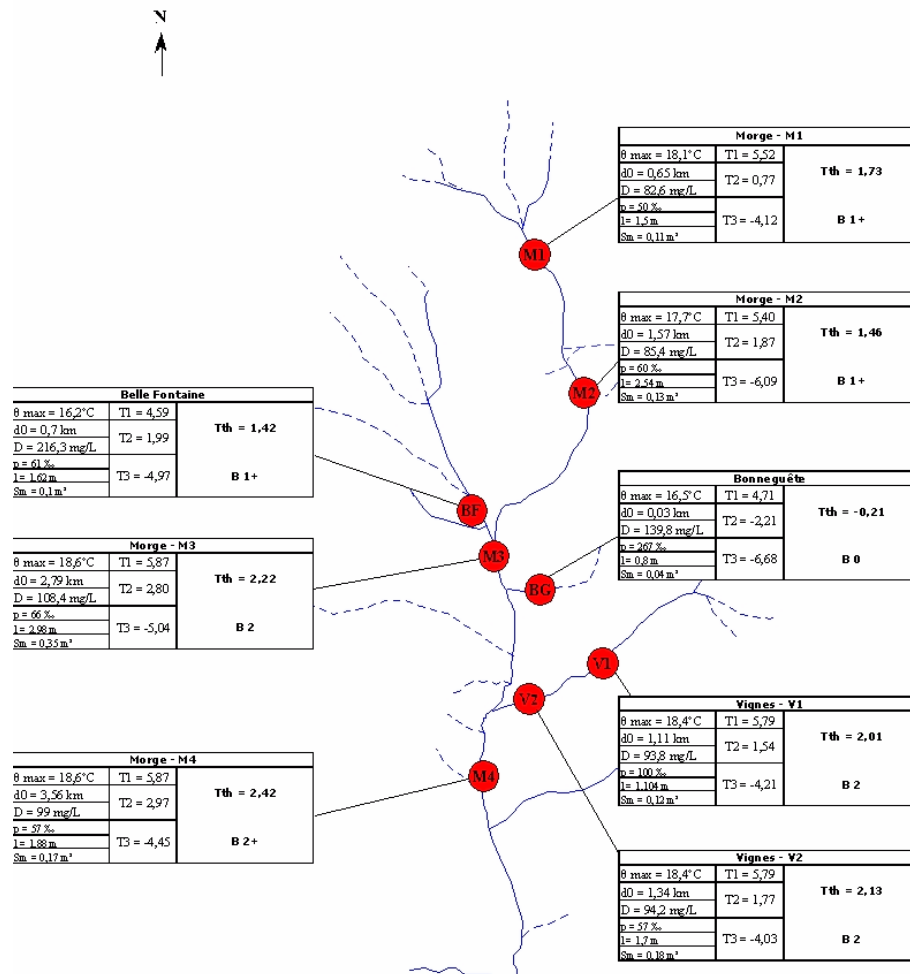


Figure 8: Niveaux typologiques théoriques des stations de la Morge de Crempigny

2. Calcul du niveau typologique théorique

Les enregistrements thermiques ont permis de calculer le niveau typologique théorique des stations étudiées. Ces résultats sont consignés dans la Figure 8. Sur le cours principal de la Morge, le biotype évolue d'un B1+ à un B2+, en suivant un gradient amont-aval. Notons que la valeur du type théorique (Tth) de la station M1 est supérieure à celle de la station M2. Ce constat trouve son explication du fait, d'une part, d'une légère rupture de pente au niveau de la station M2 et d'autre part, de données thermiques issues de campagnes réalisées sur deux années différentes. Ce dernier point met en évidence la nécessité de disposer de données interannuelles pour apprécier les températures maximales estivales comme le préconise VERNEAUX (1973).

Alors que les biocénotypes du ruisseau des Vignes et de Belle Fontaine sont respectivement de B2 et B1+, il s'agit d'un B0 pour le ruisseau de Bonneguête. La valeur du type théorique est en réalité négative, ce qui peut paraître surprenant mais s'interprète selon la conjonction de plusieurs paramètres: distance à la source, largeur et section mouillée faibles et forte pente confèrent à ce milieu un caractère extrême qui souligne le caractère réfugié de la population d'écrevisses sur cette portion de cours d'eau.

Globalement, les niveaux typologiques obtenus sur l'ensemble des stations étudiées sur le bassin versant sont en deçà ou dans la limite inférieure de la gamme typologique préférentielle d'*Austropotamobius pallipes* (TELEOS, 2004). Ce constat est le même sur la plupart des ruisseaux à écrevisses du département (HUCHET, 2004), et met en évidence la caractéristique refuge des systèmes apicaux pour cette espèce.

B. Résultats et commentaires des analyses d'eau

L'ensemble des résultats des analyses de physico-chimie des eaux de la Morge et de ses affluents est consigné dans la Figure 9.

1. La température

Comme le milieu étudié est censé assurer la survie d'une population astacicole, nous nous sommes placé dans la situation la plus pénalisante en considérant la température maximale mesurée sur chaque station. Si les ruisseaux de Belle Fontaine et de Bonneguête se situent encore dans la plage de confort d'*A. pallipes* du point de vue de la température, les autres cours d'eau du bassin excèdent le maximum admis. De plus, pour la stations M1 et le ruisseau des Vignes, la température est déclassante pour le SEQ-eau (classe jaune) puisque supérieure à 21,5 °C si on se place dans le cas d'un cours d'eau de première catégorie piscicole.

2. Le pH

Les eaux naturelles possèdent un pH compris entre 6,6 et 7,8 (Nisbet et Verneaux, 1970). Sur les cours d'eau du bassin versant de la Morge de Crempigny, le pH mesuré est légèrement supérieur à ces valeurs (de 8,1 à 8,4 pour l'ensemble des stations), ce qui s'explique par des eaux riches en éléments calcaires. Il est à noter que d'autres cours d'eau du piémont haut-savoyard présentent des valeurs de pH comparables (HUCHET, 2004).

3. Les teneurs en calcium et magnésium

Selon les valeurs moyennes proposées par Nisbet et Verneaux (1970), les teneurs en calcium des ruisseaux du bassin de la Morge de Crempigny sont conformes à celles rencontrées dans les eaux courantes: de 1 à 150 mg/L. En revanche, le magnésium est présent

en plus grande quantité que dans la majorité des cours d'eau français: les valeurs mesurées sur la Morge excèdent les 5 à 10 mg/L. Toutefois, les concentrations calciques restent supérieures aux concentrations magnésiennes.

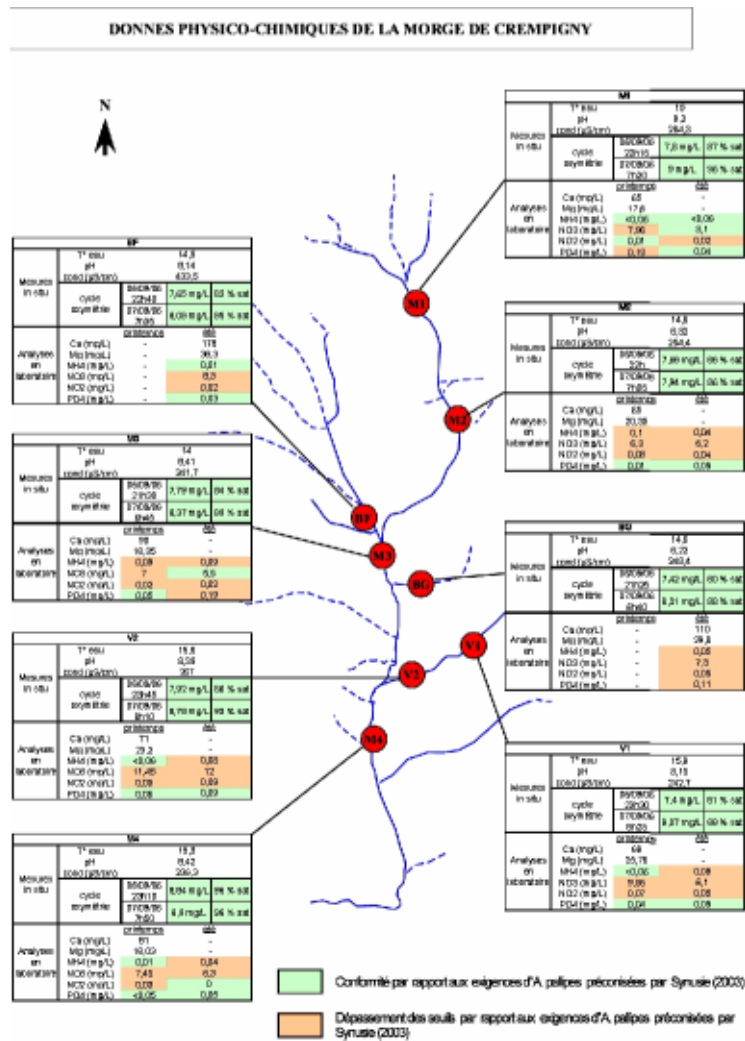


Figure 9: Résultats des campagnes d'analyses physico-chimiques

Notons que les teneurs en alcalino-terreux dépendent de la nature des terrains traversés. Ainsi, les concentrations en calcium et magnésium obtenues sont probablement imputables au fait que les terrains molassiques traversés par la Morge et ses affluents sont constitués de calcaire dolomitique.

4. La dureté

Selon le paramètre de la dureté, les eaux de la Morge et des Vignes sont classées parmi les "eaux piscicoles typiques très productives" (classe 5) tandis que les ruisseaux de Belle Fontaine et de Bonneguête correspondent à des "eaux très dures incrustantes" (classe 7), et pour cause: les valeurs mesurées sont au-delà des valeurs moyennes des eaux naturelles (5 à 150 mg/L). Selon Nisbet et Verneaux (1970), la dureté, qui va de paire avec la solubilité du carbonate de calcium, peut être augmentée par la présence de protéines et d'acides faibles issus de l'oxydation de la matière organique. Il est donc vraisemblable que ces valeurs de dureté élevées soient corrélées à la décomposition de la matière organique allochtone présente en grande quantité dans ces cours d'eau du fait de leur caractère forestier.

5. La conductivité

La conductivité, proportionnelle à la quantité de sels ionisables dissous constitue un bon indicateur du degré de minéralisation des eaux. Elle est assez forte à très forte selon les classes définies par Nisbet et Verneaux (1970), mais reste comprise entre 150 et 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme la majorité des eaux piscicoles françaises.

La conductivité est ici à rapprocher avec la dureté calco-magnésienne. En effet, le ruisseau de Belle Fontaine qui a la valeur de conductivité la plus élevée possède également la plus forte dureté calco-magnésienne. Si ce ruisseau se démarque par une conductivité particulièrement élevée (433 $\mu\text{S}/\text{cm}$), les autres cours d'eau du bassin versant possèdent des valeurs assez proches: de 236 à 284 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Des conductivités similaires ont pu être rencontrées dans d'autres cours d'eau haut savoyards hébergeant des écrevisses (HUCHET, 2004).

Remarque: pour approfondir l'explication de la conductivité de l'eau, il aurait été intéressant de mesurer le taux de chlorures et de sulfates, d'autant que des teneurs excessives sont souvent l'indice d'une pollution urbaine, au même titre que les chlorures, en particulier, permettent d'apprécier le degré de trophie du milieu.

6. L'oxygène

Les données obtenues pour ce paramètre répondent parfaitement aux exigences de l'écrevisse selon les seuils définis par Synusie (2003). En effet, le taux d'oxygène mesuré sur un cycle nyctéméral présente de faibles variations pour une même station et reste supérieur à 7 mg/L et 80 % de saturation pour l'ensemble des relevés effectués.

7. Les éléments azotés

Selon les concentrations en nitrates obtenues, le degré de trophie des eaux du bassin versant de la Morge est considéré comme assez important d'après Nisbet et Verneaux (1970). Le ruisseau des Vignes, en particulier la station V2 dénote par sa teneur en NO_3^- . Cette dernière s'avère même déclassante par rapport aux seuils du SEQ-eau, c'est-à-dire supérieure à 10 mg/L.

Les nitrites sont la forme azotée la moins stable. Leur accumulation, anormale, est donc signe d'une perturbation du cycle de l'azote. Selon Nisbet et Verneaux (1970), des teneurs inférieures à 0,01 mg/L témoignent d'une bonne auto-épuration. Or ce seuil (qui est le même que celui de Synusie) est dépassé dans la plupart des cas. Si la situation n'est pas alarmante, elle reste à surveiller, notamment pour les Vignes où le taux de NO_2^- est à relier aux teneurs en autres composés azotés.

L'ammonium est surtout présent dans les eaux riches en matière organique en décomposition avec des teneurs en oxygène insuffisante pour assurer sa transformation. Ce critère est souvent en dépassement des valeurs préconisées par Synusie (2003). De plus, d'après les données de Nisbet et Verneaux (1970), les mesures effectuées au printemps place la station M2 dans un cas de "pollution insidieuse sensible". La situation peut être considérée comme "douteuse" pour le ruisseau des Vignes, en particulier en été, et la station M3.

8. Les phosphates

Les valeurs limites mentionnées dans "Water Quality Criteria" (1968) sont de 0,3 mg/L pour les eaux courantes. Comme les analyses effectuées donnent des valeurs largement inférieures (même si les stations M1 au printemps et M3 en été se démarquent), le caractère marqué d'eutrophisation ou la pollution des eaux par des détergents peuvent être rejetés. De même ce paramètre indique qu'il semble ne pas y avoir d'utilisation excessive d'engrais phosphatés qui auraient pu être lessivés. Notons que ce paramètre respecte les exigences de l'écrevisse à pieds blancs dans la plupart des cas.

Une pollution diffuse globale observée sur le bassin versant de la Morge de Crempigny. Elle affecte principalement le compartiment azoté, les pratiques agricoles (épandage, amendement des cultures et des pâtures) étant probablement en cause. Le ruisseau des Vignes se démarque toutefois, en particulier sur la station V2, du fait de la présence marquée d'abreuvoirs dans le lit mineur du cours d'eau, au niveau desquels les déjections bovines induisent un apport ponctuel et non négligeable en nutriments.

En résumé, les valeurs seuils définies par rapport aux exigences de l'écrevisse à pieds blancs sont souvent dépassées pour l'ensemble des critères considérés. Si la situation n'est pas alarmante, elle mérite à être surveillée, notamment pour les composés azotés dont les teneurs témoignent d'une perturbation du cycle de l'azote.

C. Résultats d'analyses des sédiments

Les tableaux des résultats d'analyses des sédiments sont insérés en annexe A.2.

Différents composés ont été décelés dans les analyses de sédiments de la Morge et du ruisseau des Vignes. Des métaux et des hydrocarbures lourds ont été détectés sur toutes les stations échantillonnées, aussi bien sur la Morge de Crempigny que sur le ruisseau des Vignes. En outre, plusieurs HAP ont été quantifiés, dans des valeurs de concentrations différentes, sur les trois stations de la Morge. Sur l'une d'entre elles ("aval pont D351"), ont également été retrouvés des traces de phtalates, tandis que les sédiments de celle située en amont du pont de la D351 renferment du toluène et des pesticides (anthraquinone). Dans les sédiments du Ruisseau des Vignes, en revanche, aucune trace de HAP n'a été décelée, soit qu'ils soient absents ou soit qu'ils soient présents dans des concentrations inférieures au seuil de détection. Notons enfin que des traces de gasoil et de toluène ont été révélés par l'analyse de la station située en aval du site des travaux du prochain rejet de station d'épuration de Bonneguête.

1. Les hydrocarbures

A l'observation des Figure 10 et Figure 11, on note, sur la Morge, une tendance significative de l'évolution des concentrations en hydrocarbures dans les sédiments, et ce quelque soit leur nature:

- Sur la station en amont du pont de la D351, les HAP tout comme les hydrocarbures lourds et légers (toluène), sont présents en quantité moyenne et témoignent d'une contamination légère des sédiments. La présence de ces polluants est vraisemblablement imputable au lessivage de la plate-forme de Crempigny. En effet, en amont immédiat du site de prélèvement, la Morge reçoit, par le biais d'un affluent temporaire situé en rive droite, une importante partie du pluvial de cette commune. Le fait que la présence des hydrocarbures retrouvés dans les sédiments soit principalement liée au lessivage des routes (émissions diesel, asphalte, huiles de moteur, combustion des produits pétroliers et essence (source INERIS)) et aux usages domestiques (combustion du bois, du gaz (source INERIS)), semble corroborer cette hypothèse.
- Sur la station "aval pont D 351", la contamination semble plus importante: non seulement on retrouve les mêmes composés que sur la station amont, en concentrations beaucoup plus importantes, mais en plus, de nouvelles molécules (essentiellement des HAP) font leur apparition dans les sédiments. Les effets du lessivage de la route au droit de la station de prélèvement y semblent donc manifestes, et viennent s'ajouter à ceux du rejet pluvial de Crempigny cités précédemment. Cependant, en dépit de cette nette augmentation de la contamination par les hydrocarbures, celle-ci demeure légère au vu des concentrations mesurées.
- Enfin, sur la station "amont confluence Vignes", les concentrations en HAP et hydrocarbures se réduisent à de simples traces, tandis que certaines molécules (benzo(k)fluoranthène, chrysène, fluoranthène, phénanthrène, huiles minérales) disparaissent totalement des sédiments prélevés. Il semble probable que les molécules détectées soient issues des stations amont, véhiculées par les eaux de la Morge. Notons cependant que la présence en faible quantité de HAP peut avoir une origine naturelle, puisque ces composés sont émis par certains végétaux, algues et bactéries.

Sur la Morge de Crempigny, d'une manière générale, même pour la station la plus contaminée, les concentrations relevées restent inférieures aux concentrations ubiquitaires (INERIS) et ne dépassent jamais les seuils de pollution nette (étude inter-agences 53, 1997).

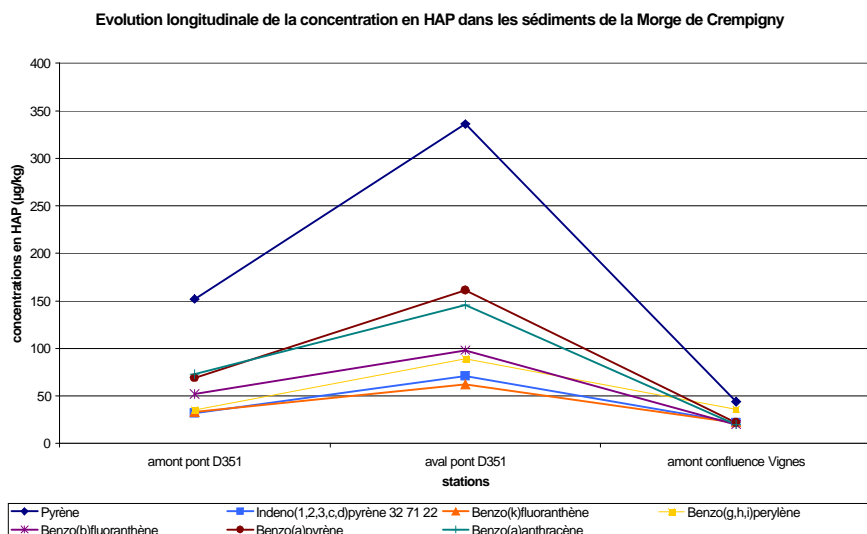


Figure 10: Evolution longitudinale de la concentration en HAP dans les sédiments de la Morge de Crempigny

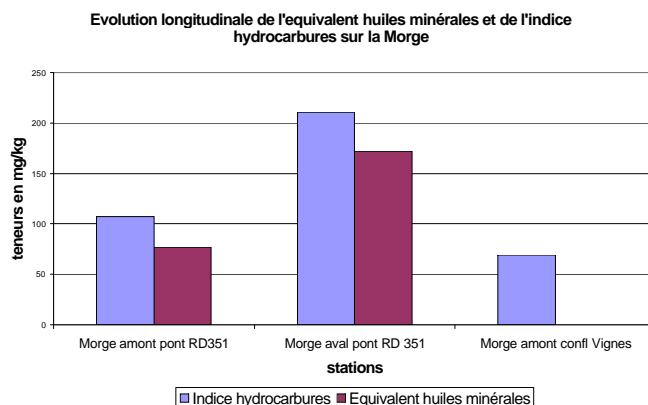


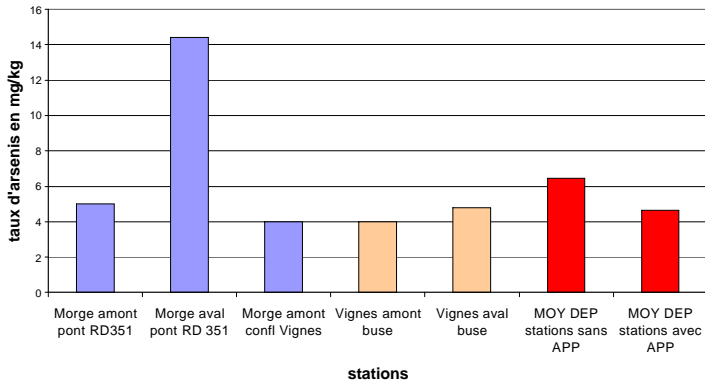
Figure 11: Evolution longitudinale des hydrocarbures lourds dans les sédiments de la Morge de Crempigny

Les deux stations du ruisseau des Vignes sur lesquelles ont été réalisés les prélèvements de sédiments, présentent des situations différentes. Les sédiments de la station située à l'amont du futur rejet de la STEP de Bonneguête recèlent du toluène, des huiles minérales et des hydrocarbures lourds. Cependant, tous ces éléments ne sont présents qu'à l'état de traces, ce qui laisse à penser que leur origine probable est le lessivage de la route communale de Bonneguête. La station en aval du futur rejet renferme, quant à elle, des huiles minérales en quantité beaucoup plus importante qu'à l'amont (facteur 7), ainsi que des traces de gasoil. Du fait de l'absence de source potentielle d'émission de ces substances entre les deux stations, l'hypothèse explicative la plus probable serait liée à l'intervention d'engins dans le cours d'eau lors des travaux de pose d'une buse de rejets de station d'épuration durant l'été 2005 (pollution accidentelle aux hydrocarbures ou vidange).

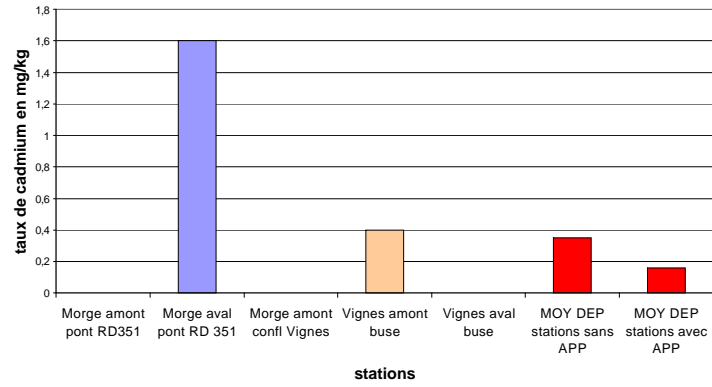
2. Les métaux

En ce qui concerne les métaux, les valeurs obtenues ont été confrontées aux valeurs moyennes des résultats d'analyses enregistrées sur les autres cours d'eau à écrevisses du département, en distinguant les stations hébergeant l'espèce et les stations non colonisées, comme le montre les histogrammes suivants (Figure 12).

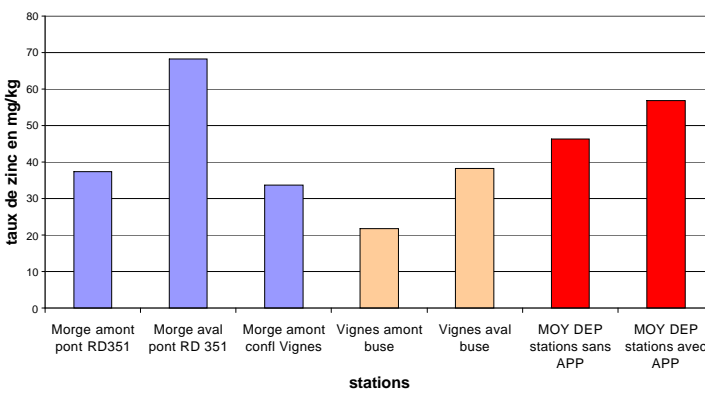
Teneurs en Arsenic sur la Morge et les Vignes



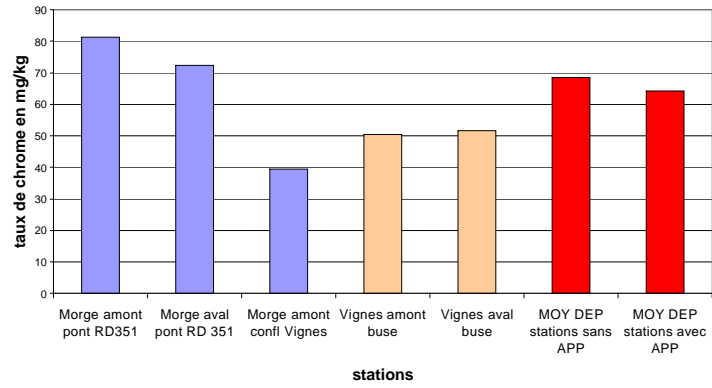
Teneurs en cadmium sur la Morge et les Vignes



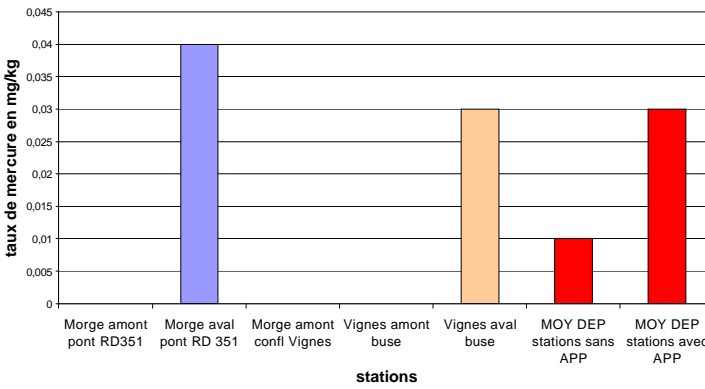
Teneur en zinc sur la Morge et les Vignes



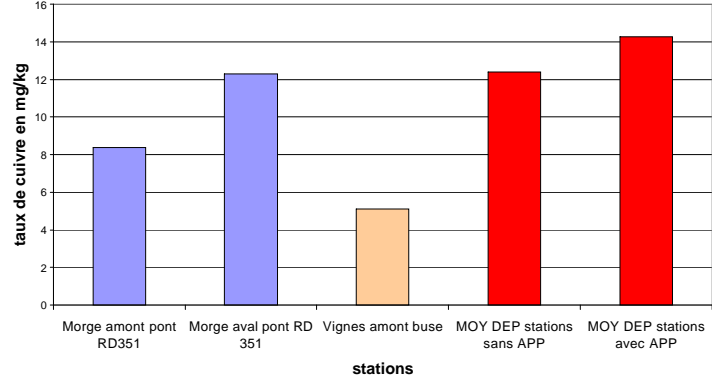
Teneurs en chrome sur la Morge et les Vignes



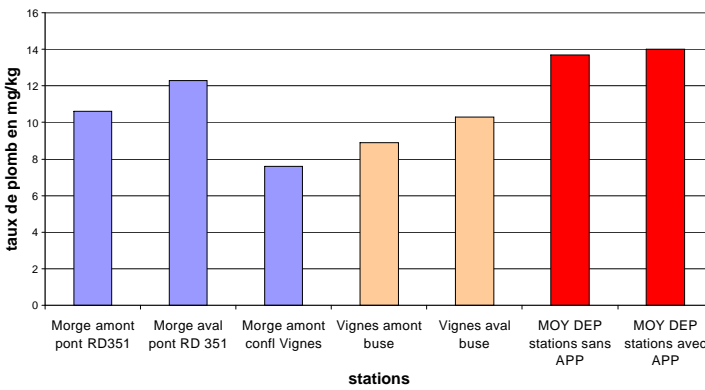
Teneur en mercure sur la Morge et les Vignes



Teneur en cuivre sur la Morge et les Vignes



Teneur en plomb sur la Morge et les Vignes



Teneur en nickel sur la Morge et les Vignes

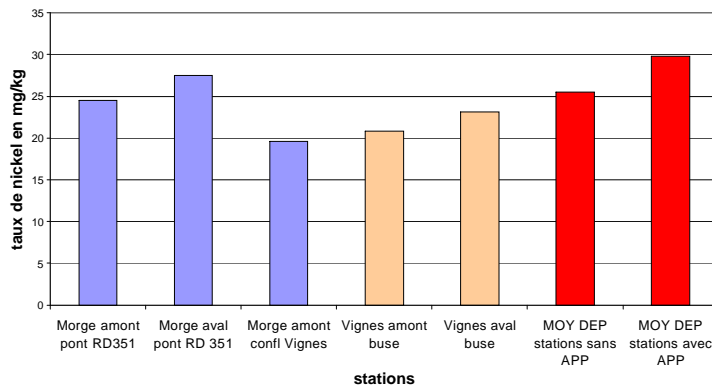


Figure 12: Teneurs en différents métaux dans les sédiments de la Morge de Crempigny et du ruisseau des Vignes en comparaison aux moyennes départementales

Pour le critère des métaux, la station "aval pont D351" se démarque encore une fois avec les taux les plus élevés dans ses sédiments (effet cumulé du pluvial de Crempigny et du lessivage de la D351), exception faite du chrome où il s'agit de la station "amont pont D351". Cette plus forte teneur peut être expliquée par la pollution domestique issue de Crempigny. De plus, notons que pour l'arsenic, le chrome, le mercure et le zinc, les teneurs sur la station en aval du pont de la D 351 dépassent les moyennes départementales, sachant que le bruit de fond pour l'arsenic se situe autour de 4-5 mg/kg (comm. pers. P. Huchet).

Le ruisseau des Vignes qui héberge une population d'écrevisses, présente des teneurs en métaux généralement inférieures à la moyenne départementale pour les sites à *Austropotamobius pallipes*, sauf dans le cas du cadmium pour la station amont étudiée.

Les métaux présents dans les fongicides et pesticides comme le cuivre, le plomb et le zinc sont représentés sur l'ensemble des stations étudiées, ce qui tend à prouver l'utilisation d'intrants agricoles sur le bassin versant de la Morge de Crempigny.

Remarque: Selon Synusie (2003), les écrevisses ne tolèrent aucune trace de composés toxique. Or à la simple vue des moyennes départementales, on constate que les valeurs enregistrées sur les sites à écrevisses pour le cuivre, le nickel, le plomb, le zinc et surtout le mercure sont supérieures à celles relevées sur les secteurs n'abritant pas de populations sur des cours d'eau à écrevisses du département. Ainsi, ces métaux ne semblent pas suffisamment discriminants pour expliquer la présence d'*A. pallipes* contrairement à l'arsenic, au cadmium, au chrome et au cuivre. Cette apparente incohérence tend à remettre en cause la pertinence de la mise en relation de la présence de métaux et l'absence d'*A. pallipes*. Toutefois, compte tenu du peu de données existantes dans la bibliographie, aussi bien en ce qui concerne des références générales que des valeurs seuils particulières à *A. pallipes*, ces données s'avèrent difficilement interprétables.

3. Les autres molécules

La présence de DEHP, sur la station aval du pont de la D 351, est à noter. Cette molécule de la famille des phtalates est un constituant des matières plastiques type PVC qui a pu être lessivée des zones construites (fermes avec les bâches en plastiques par exemple). L'absence de cette substance dans les analyses de sédiments des autres stations ne traduit pas forcément son absence du milieu. Il faut effectivement tenir compte du fait que les teneurs de ce composé peuvent se trouver en dessous du seuil de détection défini par le laboratoire d'une part; et d'autre part, les analyses portent sur un prélèvement ponctuel, sur une station, qui ne tient pas compte de la répartition spatiale des polluants.

La présence d'antraquinone, molécule constitutive de fongicides (source Agritox), dans les sédiments de la station en amont du pont de la D 351, de même qu'un rapport de la DDASS de Haute Savoie (Bilan Qualité 2005) faisant état de problèmes de glyphosate dans les eaux de consommation, confortent l'hypothèse formulée précédemment concernant l'utilisation de pesticides sur le bassin de la Morge.

D. Résultats de la cartographie de l'habitat aquatique (IAM et ISCA)

Les rendus cartographiques de chaque station, comprenant la cartographie des substrats, des hauteurs, des vitesses et des pôles résultants, sont présentés dans l'annexe A.1.

L'ensemble des descripteurs et scores associés à la qualité physique de l'habitat aquatique est reporté sous forme synthétique dans la cartographie qui suit (Fig 13).

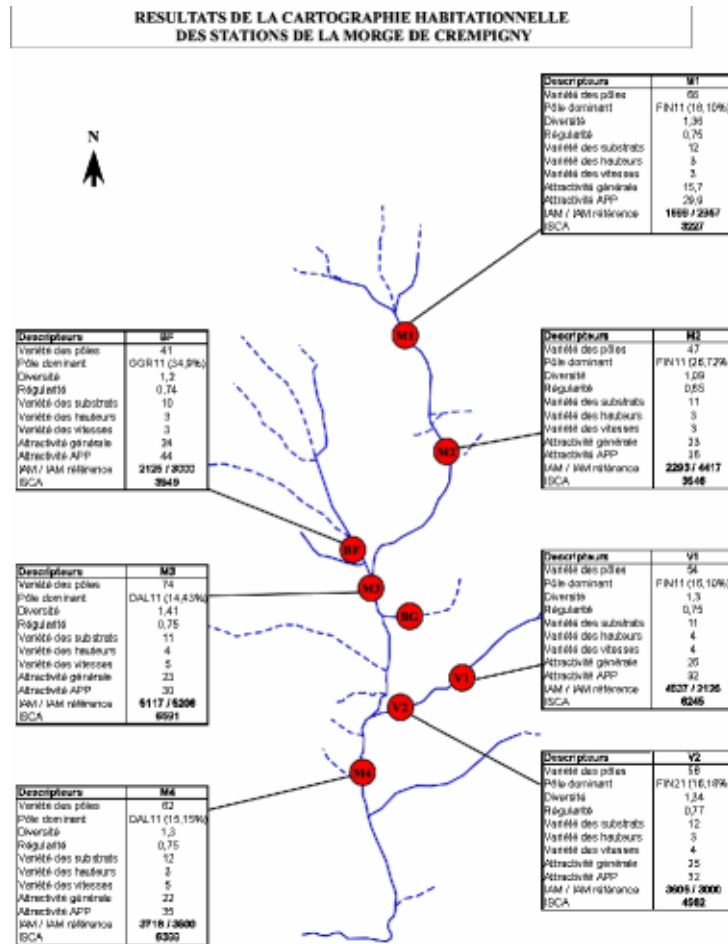


Figure 13: Résultats de la cartographie stationnelle

Avec une valeur de 1699/2957, l'IAM de la station M1 est bien inférieur à la référence pour un cours d'eau d'un tel gabarit. Il sanctionne un habitat de qualité moyenne caractérisé par une mauvaise composition quantitative des écoulements (89% des vitesses inférieures à 10 cm/s) et une faible variété des hauteurs d'eau (53% de hauteurs inférieures à 5 cm). Par ailleurs, si la mosaïque des substrats se montre assez hétérogène (12 substrats différents, diversité et régularité intéressantes), la nature de ces derniers la rend globalement peu attractive (dominance des fines et du sable à plus de 55%). Cependant, ces insuffisances habitationnelles, si elles se révèlent pénalisantes pour la faune pisciaire, le sont beaucoup moins pour les écrevisses. De plus, la présence de substrats de type bloc, galet, branchage et litière rend la station relativement attractive pour *A. pallipes*. De fait, la valeur de l'ISCA peut être qualifiée de bonne, en dépit du fait qu'elle soit la plus faible de toutes celles relevées sur les stations étudiées.

La station M2 se calque sur le même modèle que la station M1 vis-à-vis de la qualité physique globale du milieu: IAM inférieur à l'IAM de référence, 76% des hauteurs d'eau et

85% des vitesses représentées par les classes 1 et des substrats/supports peu attractifs avec une majorité de fines organiques. Cependant, ces aspects se révèlent moins pénalisant pour la faune astacicole. Il en découle un ISCA intéressant, sanctionnant un milieu relativement hospitalier vis-à-vis des écrevisses (présence de galets, branchages et blocs).

De toutes les stations cartographiées, la station M3 est sans conteste la plus attractive du point de vue de l'habitat aquatique. L'IAM est conforme à ce qu'il devrait être pour un cours d'eau de ce gabarit. La mosaïque habitationnelle est particulièrement diversifiée avec une bonne représentation des substrats les plus attractifs pour l'écrevisse (13% de branchages, 5% de sous-berges). La composition des écoulements y est, de plus, intéressante avec 4 classes de hauteurs d'eau et 5 classes de vitesses. De la même manière que l'IAM, l'ISCA décrit un habitat favorable à *A. pallipes* (présence de blocs, galets, branchages, litière, sous-berges), d'autant plus que la nature argileuse des fines, qui recouvrent 33% de la station, les rend hospitalières vis-à-vis des écrevisses puisqu'elles peuvent y creuser des galeries.

Pour ce qui est de la station M4, l'IAM correspond à ce qui est attendu pour ce type de cours d'eau, sanctionnant un habitat de bonne qualité globale même si les vitesses inférieures à 10 cm/s dominant sur la station et que seules 2 classes de hauteurs d'eau y sont relevées. De la même manière, le bon score ISCA reflète la présence non négligeable de substrats attractifs: 9,5% de branchages, 16% de galets plats même si la dalle indurée domine la surface de la station à 45%. De plus, le colmatage par les fines minérales (14% de fines, 16% de galets pavés) semble peu préjudiciable aux écrevisses, le caractère argileux des fines les rendant fouissables.

La station amont du ruisseau des Vignes (V1) possède un IAM largement supérieur à la référence. Il sanctionne une mosaïque habitationnelle au sein de laquelle les substrats les plus attractifs (13% de sous-berges, 5% de branchages et 3% de chevelus racinaires) sont bien représentés. Les 4 classes de hauteurs et de vitesses relevées sur la station n'impliquent cependant pas une hétérogénéité d'écoulement suffisante puisque les faibles hauteurs et les écoulements lents prédominent. Néanmoins, cette relative uniformité hydraulique se révèle moins pénalisante pour l'écrevisse que pour le poisson et le macrobenthos. De fait, l'hospitalité astacicole de la station se voit sanctionnée par un excellent ISCA.

Sur la station V2 des Vignes, l'IAM calculé est également meilleur que l'IAM de référence. Les sous-berges et les branchages recouvrant la station respectivement à 8,5% et 3% ne suffisent pas à rééquilibrer le caractère peu biogène des fines organiques présentes à 39% et des galets pavés (13%). Même si 3 classes de hauteurs et 4 classes de vitesses constituent la mosaïque d'écoulement de la station, ce sont les hauteurs inférieures à 5 cm et les vitesses n'excédant pas 10 cm/s qui sont les plus représentées. De même que sur les stations M3 et M4, le caractère fouissable des fines les rend peu pénalisantes vis à vis de l'écrevisse à pieds blancs, et l'ISCA, sans être excellent, demeure dans une gamme de valeurs tout à fait acceptable.

Enfin, sur le ruisseau de Belle Fontaine, l'IAM pourrait être plus élevé: il est de 2125 contre un IAM de référence de 3000. Les 3 classes de hauteurs rencontrées sont dominées à 73% par des hauteurs inférieures à 5 cm. Cette faible variété des hauteurs est aggravée par la prépondérance à 91% de vitesses inférieures à 10 cm/s. Il en résulte une certaine homogénéité hydraulique sur le cours d'eau, qui se voit tempérée par une bonne attractivité globale de la mosaïque des substrats (5% de branchages, 3% de sous-berges, 4 % de blocs avec caches). Par ailleurs, la qualité des écoulements étant moins prépondérante que celle des substrats pour

A. pallipes, l'ISCA se ressent moins de cette uniformité hydraulique que l'IAM, et sanctionne un habitat intéressant vis-à-vis de l'espèce.

Remarque: en raison des dimensions réduites du ruisseau de Bonneguête, il n'a pas été possible de mettre en œuvre une cartographie stationnelle telle qu'elle est décrite dans le protocole. On retiendra simplement la configuration en escaliers du cours d'eau, avec une forte pente et deux substrats dominants composés de fines dans les gouilles et de tuff sur les chutes. Cette succession de bassins se révèle fort attractive vis-à-vis de l'écrevisse, qui trouve abris dans les sous-berges créées par le tuff comme dans les fines dans lesquelles elle s'enterre.

Sur les cours d'eau du bassin de la Morge, l'IAM et l'ISCA décrivent deux situations disparates:- L'IAM, pour sa part, sanctionne plus sévèrement les stations les plus apicales (M1, M2 et Belle Fontaine), du fait de leur uniformité hydraulique, par le biais de valeurs indicielles moyennes inférieures aux références. Pour les autres stations (M3, M4, V1 et V2), qui présentent des écoulements et des variations de hauteurs plus diversifiés, les valeurs de l'indice sont conformes, voire dépassent largement, les références. Il est intéressant de noter que cette discrimination des stations concorde avec la présence ou l'absence d'un peuplement piscicole. En effet, seules les stations M3, M4, V1 et V2 hébergent une population de truites.

- **L'ISCA, quant à lui, s'il décrit une situation analogue, à savoir de meilleurs indices pour les stations situées le plus en aval des cours d'eau, se révèle par contre beaucoup moins sévère pour les stations apicales. En effet, d'une manière générale, les valeurs indicielles sont bonnes à très bonnes et décrivent systématiquement un habitat hospitalier vis-à-vis des écrevisses. Même les stations présentant les ISCA les plus faibles (M1, M2 et Belle Fontaine), se situent largement au dessus de la moyenne départementale des sites à écrevisses autochtones (HUCHET, 2004). Ce constat n'a rien de surprenant, attendu que toutes les stations étudiées ont hébergé ou hébergent encore à l'heure actuelle des populations d'écrevisses pallipèdes.**

E. Données sur le macrobenthos

Pour l'interprétation des résultats issus des données sur les macrofaunes benthiques, nous nous attacherons à commenter les indices biotiques dans un premier temps, puis nous inspecterons plus en détail les listes faunistiques (reportées en annexe A. 3) afin de dégager d'éventuelles perturbations que les indices synthétiques ne permettent pas de décrire.

1. *La Morge*

2.

– Station M1

Il s'agit de la station la plus apicale de la Morge. La mosaïque d'habitats qu'elle présente semble peu favorable au bon développement des synusies macrobenthiques: d'une part, les substrats qui la composent se révèlent peu biogènes puisque représentés à plus de 50% par de la dalle et des fines minérales et organiques. D'autre part, on observe une forte uniformité hydraulique sur la station: les vitesses inférieures à 10 cm/s et les hauteurs inférieures à 5 cm sont dominantes, leur recouvrement respectif étant de 89% et 53%. De plus, le caractère forestier du milieu induit un apport important de matière organique allochtone qui, du fait de la médiocrité des écoulements, se décompose principalement *in situ*, engendrant un colmatage non négligeable des substrats par les fines organiques.

Morge M1 - 20 prélèvements - 12/06/06	
IBGN	15
G1	8 (<i>Philopotamidae</i>)
Variété	27
Robustesse	13
Var substrats	8
Var vitesses	4
Cb2	13,7
Iv	5,94
In	7,74
m	13,5 hospitalité médiocre
Densité (ind/m2, sur 20 placettes)	8242
NTT = 1,7	effectif observé effectif attendu
Nb genres plécoptères	2 9
Nb genres trichoptères	7 16
Nb genres éphéméroptères	2 8
Nb genres coléoptères	7
% taxons repr. par moins de 10 individus	55%
Taxons i>7	0,28%
Taxons saprobiontes	93%

Tableau 5: Caractéristiques du peuplement macrobenthique de la station M1 de la Morge de Crempigny

Si les valeurs d'IBGN et du Cb2 paraissent acceptables (respectivement 15 et 14), elles demeurent toutefois bien inférieures à ce qu'elles devraient être sur un tel cours d'eau. De plus, l'IBGN se révèle être peu robuste, et l'observation des composantes du Cb2 (Iv et In) met en évidence des dysfonctionnements perturbant l'édifice macrobenthique. L'In moyen de 7,7 souligne la présence d'une légère pollution diffuse affectant les eaux de la Morge: l'Iv médiocre (5,9), quant à lui, témoigne du caractère fortement pénalisant vis-à-vis du macrobenthos de la mosaïque d'habitats simplifiée de la station, mosaïque sanctionnée, par ailleurs, par un coefficient morphodynamique m de 13,5 décrivant une hospitalité médiocre.

L'analyse semi-quantitative du peuplement permet d'affiner ce diagnostic. On note tout d'abord que l'abondance et la variété relevées sur 20 placettes se situent dans une gamme moyenne pour un cours d'un tel gabarit. En effet, l'échantillonnage d'1m² n'a permis de récolter que 8242 individus répartis dans 38 taxons différents. De plus, l'abondance est surtout expliquée par une majorité de taxons saprobiontes: ainsi les gammares qui représentent 65% de l'abondance totale traduisent un déséquilibre trophique dû à la richesse de la station en MO, ce qui n'a cependant rien de choquant pour ce type de cours d'eau apical forestier. Par ailleurs, le peuplement apparaît fortement instable, puisque 55% des taxons y sont représentés par moins de 10 individus. On observe également un déficit générique au sein des trichoptères, plécoptères et éphéméroptères particulièrement marqué pour ces deux derniers ordres. Ces aspects sont autant de témoignages venant confirmer les dysfonctionnements mis en évidence par les indices biotiques.

La faible représentation des taxons les plus polluo-sensibles au sein du peuplement (1 seul individu pour le genre *Isoperla*) met en évidence la présence d'une pollution diffuse des eaux de la Morge. Cependant, la présence de taxons comme *Protonemura*, *Philopatamus*, *Sericostoma* tempère le rôle pénalisant de cette pollution vis-à-vis du macrobenthos. De plus, la présence de 4 genres d'Elmidae, en dépit de leur faible abondance expliquée surtout par la simplification de l'habitat, et de gammares sur la station laisse à penser qu'il n'y a pas de pollution toxique imputable à des produits de traitement du bois. Enfin, l'hypothèse d'une pollution toxique peut être écartée du fait de la colonisation correcte des placettes à faibles courant (inférieurs à 25 cm/s): elles totalisent en effet 76% de la variété générique et 80% de l'abondance totale.

L'absence de certains taxons sensibles ou la faible représentation de ceux qui sont présents (*Isoperla*, *Protonemura*, et *Philopatamus*) tient plus au fait que la faible variété des écoulements sur la station ne permet pas de satisfaire leur caractère rhéophile. L'habitat

apparaît donc plus pénalisant que la qualité de l'eau. Les écoulements réduits induisent par ailleurs une uniformité hydraulique qui provoque un colmatage généralisé des substrats. Au final, les 7 placettes à éléments minéraux grossiers (galets, graviers) et bryophytes regroupent 76% de la variété générique pour une part d'abondance de 39% alors que les zones de dépôts organiques (fines, sables et litières) expliquent 68% de la variété générique pour une abondance de 55%. Cette situation peu contrastée fait apparaître la simplification et l'homogénéisation de l'habitat par le colmatage. De plus, ce constat se voit renforcé par le fait que les 5 placettes affranchies du colmatage, c'est-à-dire couplant des substrats de type galets, gravier et bryophytes et des vitesses moyennes rassemblent à elles seules 33% de l'abondance totale et 68% de la variété générique. Ces mêmes placettes sont d'ailleurs colonisées préférentiellement par les taxons les plus sensibles qui évitent ainsi les zones où le colmatage leur est nuisible.

La suspicion d'une pollution diffuse sur cette station ne suffit pas, à elle seule, à expliquer l'érosion du peuplement macrobenthique. Le principal problème semble imputable à l'habitat: on observe une tendance à la colonisation des habitats ne souffrant pas du colmatage organique, ces derniers étant les plus anecdotiques sur une station où les faibles écoulements induisent une majorité de zones de dépôts.

– Station M2

Sur cette station située à l'aval de la commune de Crempigny, les fonds dominés par des fines, des galets et des graviers offrent une mosaïque d'habitats plus hospitalière vis-à-vis du macrobenthos que celle proposée par la station M1. Pourtant, la diversité des écoulements y demeure restreinte avec une prédominance à plus de 80% des vitesses inférieures à 10 cm/s et une faible variété des hauteurs d'eau. Même si l'habitat est plus intéressant du point de vue des substrats sur cette station, il n'atteint tout de même pas un optimal.

Comme le montre le Tableau 6, l'IBGN médiocre (13) et peu robuste est confirmé par un Cb2 du même ordre. A la vue des indices Iv et In, la qualité de l'habitat semble manifestement plus discriminante que la qualité de l'eau: l'Iv limité à 5,3 concorde avec un coefficient morphodynamique de 13 qui sanctionne l'hospitalité médiocre du milieu. L'In, moyen, d'une valeur de 7,3, confirme l'existence d'une pollution diffuse des eaux de la Morge déjà détectée en amont.

Morge M2 - 20 prélèvements - 08/06/06		
IBGN	13	
GI	7 (Leuctridae)	
Variété	24	
Robustesse	12	
Var substrats	6	
Var vitesses	4	
Cb2	12,5	
Iv	5,28	
In	7,26	
m	13 hospitalité médiocre	
Densité (ind/m2, sur 20 placettes)	19596	
NTT = 1,5	effectif observé	effectif attendu
Nb genres plécoptères	2	9
Nb genres trichoptères	9	16
Nb genres éphéméroptères	4	8
Nb genres coléoptères	4	
% taxons repr. par moins de 10 individus	69%	
Taxons i>7	0,18%	
Taxons saprobiontes	94%	

Tableau 6: Caractéristiques du peuplement macrobenthique de la station M2 de la Morge de Crempigny

Si la forte abondance (19 596 ind./m²), paraît conforme à une référence apicale, elle se voit cependant essentiellement expliquée par la prolifération des gammares (82 % de l'effectif total). En revanche, la variété générique reste moyenne. Les 29 taxons représentés par moins de 10 individus démontrent l'instabilité de l'édifice macrobenthique. Même si on compte davantage de genres d'éphéméroptères, plécoptères et trichoptères que sur la station M1, le déficit générique pour ces trois ordres reste probant, surtout pour les plécoptères.

Les taxons polluosensibles (*Isoperla*, *Odontocerum*, *Sericostoma* et *Leuctra*), présents en faibles effectifs à l'exception de ce dernier, révèlent une légère pollution diffuse de l'eau. En outre, sur la station M2, *Ephemera* est présente en faible quantité et a tendance à désert ses habitats préférentiels (sables et fines). Or, de part son activité fouisseuse (TACHET et al., 2003), elle est une bonne indicatrice de la qualité des sédiments. Ce caractère met donc en évidence un problème au niveau des sédiments. Ce constat vient corroborer la présence d'une contamination toxique sur cette station révélée par l'analyse des sédiments (présence d'un fongicide et de HAP en fortes concentrations). Par contre, la forte abondance des gammares et la présence de 4 genres d'Elmidae permettent d'écarter l'hypothèse d'une contamination liée aux produits de traitement du bois. Cependant, l'ampleur des déficits observés ne peut être expliquée par cette seule pollution. De fait, comme sur M1, on est ici confronté à un problème d'habitat. Le colmatage qui induit une certaine uniformité n'offre pas la possibilité à des taxons comme les *Leptophlebiidae* de se développer. De plus, l'absence de taxons rhéophiles, pourtant moins polluo-sensibles, marque le caractère plus discriminant de l'habitat.

L'approche plus fine de la liste faunistique met en évidence le peu de contraste qu'il existe entre la colonisation des supports grossiers et les supports correspondant à des dépôts puisque les 8 placettes de galets et graviers regroupent 74% de la variété générique et 51% de l'abondance totale tandis que les 9 placettes de litière, fines et sables correspondent à 72% de la variété et à 48% de l'abondance. Comme précédemment, les placettes de galets et graviers baignées par des vitesses moyennes hébergent la majorité des taxons sensibles.

Finalement, trois problèmes peuvent être énumérés sur la station M2:

- ✓ une légère pollution diffuse, mais constante par rapport à la station la plus amont de la Morge,
- ✓ des problèmes de toxiques dans les sédiments, certainement dus aux rejets de Crempigny et au lessivage de la route,
- ✓ un habitat peu attractif pour le macrobenthos en raison de faibles débits qui induisent un colmatage.

– Station M3

Cette station se situe à la sortie de la première zone de gorges rencontrée sur la Morge. En terme de substrats, les fines et la dalle qui recouvrent environ 70% de la surface procurent aux macroinvertébrés un habitat peu attractif. De plus, des MES issues de l'érosion de la molasse dans les gorges induisent un colmatage minéral important. En revanche, une intéressante variété de hauteurs d'eau et de vitesses crée une mosaïque d'écoulements plus complexe que celles rencontrées sur les deux stations apicales de la Morge. Notons la présence de branchages dans le lit mineur du cours d'eau, dans la partie médiane de la station. Ces houppiers, issus d'une coupe à blanc, ont pour effet de contraindre les écoulements sur la moitié du lit. Leur présence implique celle d'un important banc de litière, améliorant ainsi de façon artificielle l'hospitalité de la mosaïque de substrats vis-à-vis du macrobenthos.

Morge M3 - 20 prélèvements - 08/06/06		
IBGN	15	
GI	8 (<i>Philopotamidae</i>)	
Variété	25	
Robustesse	14	
Var substrats	6	
Var vitesses	4	
Cb2	13,5	
Iv	5,5	
In	7,99	
m	13 hospitalité médiocre	
Densité (ind/m2, sur 20 placettes)	7863	
NTT = 2,2	effectif observé	effectif attendu
Nb genres plécoptères	2	11
Nb genres trichoptères	7	21
Nb genres éphéméroptères	3	10
Nb genres coléoptères	5	
% taxons repr. par moins de 10 individus	64%	
Taxons i>7	1,30%	
Taxons saprobiontes	86%	

Tableau 7: Caractéristiques du peuplement macrobenthique de la station M3 de la Morge de Crempigny

Les valeurs d'indices biotiques se rapprochent de celles de la station M1 (15 pour l'IBGN et 14 pour le Cb2), si ce n'est la robustesse de l'IBGN qui se voit augmentée (14 sur M3 contre 13 sur M1). Les valeurs d'Iv et d'In, respectivement de 5,3 et 7,3 sanctionnent à la fois des problèmes de qualité d'eau et d'habitat, ce dernier compartiment semblant encore une fois être le plus discriminant pour les macroinvertébrés.

Par ailleurs, l'abondance et la variété sont largement inférieures à ce qu'on est en droit d'attendre sur un cours d'eau de ce niveau typologique, à savoir 40 000 ind/m² pour une variété de 50 à 70 taxons (Téléos, 2004). L'instabilité du peuplement est toujours très marquée avec 64% de taxons dont l'effectif est inférieur à 10 individus. Les variétés génériques au sein des ordres d'éphéméroptères, plécoptères et trichoptères montrent un sérieux fléchissement par rapport aux stations amont. Comme pour les stations précédentes, le déséquilibre trophique est manifeste: les prélèvements réalisés sur la station comportent 86% de taxons saprobiontes (*Chironomidae*, *Gammaridae*, *Baetis* et *Pisidium*), avec toutefois une diminution de la proportion de gammares au profit des chironomes (respectivement 46 et 35 %). Cette tendance s'explique par une augmentation de la matière fine minérale au détriment de la matière organique plus grossière dont les *Gammaridae* sont friands.

Les taxons polluosensibles (*Isoperla*, *Philopotamus* et *Sericostoma*) sont encore sous-représentés, aussi bien en variété qu'en effectif, à l'exception de *Leuctra* et d'*Ephemera* dont l'abondance, sans être optimale, est normale. Notons par ailleurs la meilleure tolérance de ces deux derniers taxons aux fines minérales. A l'inverse de la station M2, *Ephemera* recolonise ses habitats de prédilection, mettant en évidence un certain recouvrement de la qualité des sédiments qui apparaît d'ailleurs dans les analyses de sédiments effectuées sur une station située légèrement en aval. De même la contamination par des pyréthrinoïdes semble pouvoir être écartée du fait de la présence de gammares en nombre et de différents genres d'*Elmidae*. Enfin, la colonisation des placettes à faible courant par 88 % des taxons de la station, soit 86% de l'effectif total vient étayer l'hypothèse de l'absence de pollution toxique sur M3.

Le contraste de colonisation des placettes met en évidence le problème du colmatage des substrats. Et pour preuve, les supports généralement les plus biogènes (galets, graviers) sont délaissés au profit des fines, litières et sables qui regroupent 91% du peuplement en variété et 90% en abondance contre respectivement 70% et seulement 9% pour les galets et

graviers. Sur M3 du fait du caractère minéral argileux des fines induisant le colmatage des substrats, on observe l'apparition d'un phénomène de pavage absent des stations précédentes. Les effets de cette simplification de l'habitat se voient tamponnés par la forte occurrence des tâches de litière sur la station, du fait de la présence des branchages évoquée précédemment. Ce substrat habituellement bien colonisé explique en effet 51% de l'abondance totale et 70% de la variété.

Les indices calculés pour M3 font apparaître une station d'une qualité acceptable, affranchie de problèmes majeurs de qualité de l'eau et des sédiments. Cela dit, la note IBGN semble avoir été sur-estimée: la prospection d'une seule placette de litière baignée de vitesses de courant intéressantes (dans la gamme 25-75 cm/s) a permis de récupérer le seul *Isoperla* de la station et des individus appartenant au groupe indicateur retenu pour le calcul de l'IBGN, à savoir *Philopotamus*. Or rappelons que le caractère artificiel et temporaire de cette placette n'est dû qu'à la présence des branchages issus de la coupe à blanc. De plus, les 12 placettes supplémentaires du MAG 20 n'apportent que peu de variété taxonomique supplémentaire aux 8 premiers prélèvements: 25/28 familles apparaissent déjà dans l'IBGN. En définitive, seule l'analyse semi-quantitative du peuplement macrobenthique permet d'affiner le diagnostic en mettant clairement en évidence l'impact du pavage des substrats de la station M3 sur l'édifice macrobenthique.

– Station M4

M4 est la station étudiée la plus basale de la Morge. Les substrats majoritaires de cette station gorgée sont les fines et la dalle (60%). Comme sur M3, les profondeurs et les vitesses sont assez variées et permettent au cours d'eau de présenter une intéressante hétérogénéité hydraulique.

Morge M4 - 20 prélèvements - 09/06/06		
IBGN	11	
GI	6 (Epheméridae)	
Variété	18	
Robustesse	8	
Var substrats	6	
Var vitesses	4	
Cb2	10,8	
Iv	3,96	
In	6,9	
m	11,5 mauvaise hospitalité	
Densité (ind/m ² , sur 20 placettes)	7267	
NTT = 2,4	effectif observé	effectif attendu
Nb genres plécoptères	1	11
Nb genres trichoptères	7	22
Nb genres éphéméroptères	3	10
Nb genres coléoptères	5	
% taxons repr. par moins de 10 individus	53%	
Taxons i>7	1,30%	
Taxons saprobiontes	88%	

Tableau 8: Caractéristiques du peuplement macrobenthique de la station M4 de la Morge de Crempigny

L'IBGN, médiocre du fait du groupe indicateur de niveau 6, se révèle en outre très peu robuste. Le Cb2, médiocre également, sanctionne des problèmes de qualité d'eau, et de manière plus marquée, d'habitat (d'où une mauvaise hospitalité du milieu caractérisée par le coefficient morphodynamique). Les diminutions simultanées de l'Iv et de l'In pointent l'amplification de l'érosion du peuplement benthique déjà rencontrée sur les autres stations de

la Morge, à savoir la dégradation plus prononcée de l'habitat par le pavage induit par le colmatage dû aux fines minérales.

La variété générique est peu élevée, au même titre que l'abondance. Bien que légèrement atténuée, probablement du fait de la disparition des taxons les plus sensibles, l'instabilité de l'édifice macrobenthique est toujours soutenue (53% de taxons comptant moins de 10 individus). Le peuplement est toujours dominé par les taxons saprobiontes même si les gammares, friands de matière organique grossière, voient leur part se réduire au profit des taxons supportant les surcharges en MES comme les chironomes, oligochètes, *Pisidium* et *Baetis*. C'est sur cette station que le déficit en genre d'éphéméroptères, plécoptères et trichoptères est le plus criant. Les taxons polluo-sensibles se voient réduits comme peau de chagrin: *Leuctra*, *Odontocerum*, *Philopotamus*, *Ephemera* et *Sericostoma* ne sont plus représentés que par de rares individus. Pourtant, la qualité de l'eau ne semble pas avoir subi de dégradations significatives depuis M3 comme le prouvent les analyses physico-chimiques. Quant à *Ephemera*, elle est présente en proportion plus importante et occupe ses substrats préférentiels, attestant d'une bonne qualité des sédiments. De même, la forte occurrence des gammares et la présence de quatre genres d'*Elmidae*, qui présentent par ailleurs sur cette station, la plus forte abondance rencontrée sur la Morge, semblent mettre hors de cause une pollution par les produits de traitement du bois. Dans ce sens, les pollutions toxiques majeures semblent pouvoir être écartées d'autant plus que les placettes baignées par des faibles vitesses hébergent 96% de l'abondance et 93% de la variété générique totale.

Encore une fois, les déficits observés sur cette station semblent donc davantage imputables à la qualité de l'habitat qu'à celle de l'eau. En effet, la dissemblance entre les placettes de galets, graviers et litière, fines et sables est encore sensible. Les 7 placettes occupées par des galets et graviers expliquent seulement 63% de la variété et 20% de l'abondance.

En revanche, les 9 placettes de litière, fines et sables représentent 80% de la variété générique et 78% de l'effectif total. Cette répartition traduit clairement les effets du colmatage sur les placettes *a priori* les plus biogènes.

Aucune dégradation majeure de la qualité de l'eau ou des sédiments n'apparaît sur la station M4 par rapport aux stations plus apicales de la Morge. De fait, il semble que la fragilité de l'édifice macrobenthique soit principalement et directement corrélée à l'aggravation du problème de colmatage des substrats par les fines argileuses, lié au caractère plus basal du site.

3. Les Vignes

– Station V1

Sur cette station apicale du ruisseau des Vignes qui héberge une population d'écrevisses pallipèdes, le cours d'eau présente un petit gabarit où les écoulements sont peu variés. A ce faible intérêt morphodynamique s'ajoute une prédominance des substrats de type fine et dalle. Il en résulte un habitat peu attractif vis à vis du macrobenthos, d'autant que des problèmes de piétinement par les bovins impactent le lit mineur.

Ces problèmes sont reflétés par des indices moyens, traduisant, en particulier au niveau du Cb2, une richesse taxonomique grevée par un habitat pénalisant. En effet si l'In de 9 reflète un peuplement apparemment affranchi de problèmes de qualité d'eau, l'Iv est par contre très médiocre et stigmatise un réel problème d'hospitalité de l'habitat vis-à-vis du macrobenthos.

Remarque: le Cb2 qui est généralement plus sévère que l'IBGN est ici supérieur. Cela s'explique par le fait que la variété familiale de l'IBGN, de 24, se situe en limite supérieure de classe: l'ajout d'un taxon suffirait à faire passer l'IBGN de 14 à 15.

Vignes V1 - 20 prélèvements - 12/06/06		
IBGN	14	
GI	8 (<i>Philopotamidae</i>)	
Variété	24	
Robustesse	13	
Var substrats	6	
Var vitesses	5	
Cb2	14,2	
lv	5,28	
ln	8,95	
m	11,5 mauvaise hospitalité	
Densité (ind/m2, sur 20 placettes)	6361	
NTT = 2	effectif observé	effectif attendu
Nb genres plécoptères	3	10
Nb genres trichoptères	9	21
Nb genres éphéméroptères	4	9
Nb genres coléoptères	5	
% taxons repr. par moins de 10 individus	51%	
Taxons i>7	1,90%	
Taxons saprobiontes	88%	

Tableau 9: Caractéristiques du peuplement macrobenthique de la station V1 du Ruisseau des Vignes

Les variétés et abondances de 24 genres et de 6361 ind/m² pourraient être supérieures à ce qu'elles sont pour un tel cours d'eau. Avec un pourcentage de taxons regroupant moins de 10 individus supérieur à 50%, le peuplement peut être qualifié d'instable. Le déficit générique en éphéméroptères et trichoptères est moins alarmant que celui des plécoptères mais non négligeable pour autant. Ce constat se voit vérifié par l'analyse semi-quantitative du peuplement macrobenthique. La forte occurrence des Chironomidae comme des *Gammaridae* fait apparaître un déséquilibre trophique marqué. Certains genres polluosensibles comme *Isoptera* et *Odontocerum* sont représentés en très faible abondance alors que d'autres présentent des effectifs plus intéressants: *Philopotamus*, *Sericostoma*, *Leuctra*, *Protonemura* et *Ephemera*. Ainsi, aucun problème grave de qualité de l'eau ne semble être à déplorer, d'autant que cette station abrite une population d'*Austropotamobius pallipes* réputée sensible (GRES et al., 2001; Téléos, 2004). De manière analogue, la présence d'*Ephemera*, de différents genres de coléoptères et de gammares, ainsi que la colonisation correcte des zones de dépôt (qui totalisent 84% de la variété et 77% de l'abondance) laisse supposer l'absence de pollution toxique majeure des sédiments de la station. Les analyses portant sur les sédiments le confirment d'ailleurs.

En l'absence de signe de pollution, il semble, encore une fois, que l'habitat joue un rôle limitant pour le développement du macrobenthos. Tout d'abord, il existe peu de contraste dans la colonisation des substrats/supports: les 8 placettes couvertes de galets et graviers dénombrent 40% de l'effectif total pour une représentation de 78% des genres alors que le même nombre de placettes correspondant aux litières, sables et fines comptent 54% de l'abondance et 65% de la variété générique. Cette simplification de l'habitat due au colmatage est également mise en évidence par un léger évitement des placettes *a priori* les plus biogènes: sur les 6 placettes à vitesses moyennes que représentent les bryophytes, galets et graviers, 76% de la variété générique est représentée avec seulement 32% de l'effectif total. Les taxons les plus sensibles sont les premiers acteurs de cette désertion. La faible représentation des taxons rhéophiles sur cette station traduit la prédominance des écoulements lents.

Si les indices sont acceptables, l'étude de l'édifice macrobenthique fait apparaître sur cette station un problème habitationnel en raison d'une part, d'une uniformité hydraulique inhérente au caractère apical du cours d'eau, et, d'autre part, d'un problème de colmatage découlant de ces faibles débits (pas ou peu d'exportation des fines organiques) aggravé par le piétinement du lit mineur par les bovins au niveau des nombreux abreuvoirs présent sur ce secteur du cours d'eau.

– Station V2

Cette deuxième station positionnée sur le Ruisseau des Vignes présente un habitat dont l'attractivité est limitée par la prédominance des fines et de la dalle. Les écoulements y sont, de plus, peu variés et lents. La présence de quelques mouilles confère une hétérogénéité moyenne vis-à-vis des profondeurs. Sur ce secteur, l'apport de MES provoqué par le piétinement des bovins au niveau d'abreuvoirs situés dans le lit mineur du cours d'eau est accentuée par le passage du ruisseau dans une zone marneuse fortement érodée.

Vignes V2 - 20 prélèvements - 09/06/06		
IBGN	12	
GI	7 (Leuctridae)	
Variété	17	
Robustesse	11	
Var substrats	5	
Var vitesses	3	
Cb2	11,3	
Iv	3,74	
In	7,6	
m	10 mauvaise hospitalité	
Densité (ind/m2, sur 20 placettes)	3751	
NTT = 2,1	effectif observé	effectif attendu
Nb genres plécoptères	2	10
Nb genres trichoptères	5	21
Nb genres éphéméroptères	3	10
Nb genres coléoptères	2	
% taxons repr. par moins de 10 individus	52%	
Taxons i>7	5,50%	
Taxons saprobiontes	79%	

Tableau 10: Caractéristiques du peuplement macrobenthique de la station V2 du Ruisseau des Vignes

La station se voit attribuée une note IBGN médiocre et peu robuste. Il en va de même pour le Cb2 qui accuse une diminution de l'In et surtout de l'Iv, traduisant à la fois des problèmes de qualité d'eau et d'habitat. La diminution plus significative de l'attractivité de l'habitat par rapport à la station V1 est due à l'accumulation des abreuvoirs dans le lit mineur du cours d'eau. Il en résulte une augmentation de la charge en MES et une pollution azotée notable que les analyses physico-chimiques font ressortir.

Ces problèmes transparaissent clairement à travers l'analyse semi-quantitative du peuplement. En effet, la variété et surtout la densité particulièrement faibles, démarquent cette station de toutes les autres du bassin versant. L'édifice biologique se révèle, de plus, très instable avec 52% des taxons représentés par moins de 10 individus.

Les problèmes de qualité de l'eau et une accentuation des problèmes de qualité de l'habitat par rapport à V1 érodent la variété des taxons polluo-sensibles, à l'image de celle des ordres d'éphéméroptères, plécoptères et trichoptères, désormais représentés par *Sericostoma*, *Leuctra*, *Protonemura* et *Ephemera*. Toutefois, *Leuctra* et en particulier *Ephemera*, certes moins sensibles aux MES, sont représentés par des abondances correctes. La forte abondance d'*Ephemera* indique par ailleurs une bonne qualité des sédiments. On notera toutefois la

disparition des taxons particulièrement exigeants comme *Isoperla* d'une part, et la faible abondance (inférieure à l'abondance moyenne sur les autres placettes) et la variété restreinte (18%) sur les placettes à plus fort courant d'autre part, qui témoignent de l'évitement d'un flux polluant continu. Les problèmes de pollution azotée sont ici en cause.

Conjointement à ces problèmes de qualité d'eau, l'évidence des problèmes de colmatage, dus à la fois au piétinement par les bovins et à la traversée d'une zone marneuse par le ruisseau, apparaît à l'observation de la désertion des 8 placettes de galets et graviers (67% de la variété générique et seulement 28% de l'abondance) au profit des fines, litières et sables (89% de la variété et 71% de l'effectif total).

Par rapport aux autres stations, il apparaît que ce sont ici à la fois la qualité de l'eau et celle de l'habitat qui soient touchées. Cependant, l'intensité des perturbations affectant ces deux compartiments ne semble pas suffisante pour expliquer l'ampleur des déficits observés. En effet, la réduction drastique de l'abondance et de la variété par rapport à V1, laisse supposer qu'une perturbation majeure et ponctuelle a été subie par le cours d'eau. Des travaux ont eu lieu dans le lit du cours d'eau lors de l'été 2005 (mise en place du futur rejet de la station d'épuration de Bonneguête). Outre la mise en suspension massive de MES, induite par le creusement du lit, la présence de gazoil dans les sédiments en aval de la zone de travaux laisse suspecter qu'une pollution ponctuelle aux hydrocarbures a eu lieu durant la réalisation de ces travaux.

4. Le Ruisseau de Belle Fontaine

Située sur le linéaire colonisé par *A. pallipes*, cette station propose des substrats plutôt favorables au macrobenthos puisque composés majoritairement de galets et graviers. Par contre, on note la présence d'un phénomène de colmatage dans les zones à faible vitesse puisque les fines recouvrent la station à 23%. On note également une certaine uniformité morphodynamique: à l'exception de deux mouilles situées aux extrémités de la station, celle-ci se limite à un radier n'offrant pas de variations de hauteurs intéressantes. En plus de cette faible lame d'eau, les écoulements sont homogènes, du fait d'une forte proportion de vitesses inférieures à 10 cm/s (plus de 45% des écoulements). On retiendra donc la faible attractivité de la mosaïque d'habitats vis-à-vis du macrobenthos en raison de son uniformité globale.

Belle Fontaine - 12 prélèvements - 03/07/06		
IBGN	12	
GI	6 (<i>Sericostomatidae</i>)	
Variété	21	
Robustesse	10	
Var substrats	6	
Var vitesses	2	
Cb2	11,6	
Iv	4,6	
In	7	
m	10 mauvaise hospitalité	
Densité (ind/m ² , sur 12 placettes)	8250	
NTT = 1,4	effectif observé	effectif attendu
Nb genres plécoptères	0	8
Nb genres trichoptères	5	14
Nb genres éphéméroptères	2	5
Nb genres coléoptères	5	
% taxons repr. par moins de 10 individus	65%	
Taxons i>7	0,14%	
Taxons saprobiontes	91%	

Tableau 11: Caractéristiques du peuplement macrobenthique de la station du Ruisseau de Belle Fontaine

L'IBGN, s'élevant seulement à 12, est peu robuste. Le Cb2, du même ordre se décompose en un indice nature médiocre et un indice de variété particulièrement faible, avec des valeurs respectives de 7 et 4,6. L'hospitalité du milieu sanctionnée par le coefficient morphodynamique de 10 peut être qualifiée de très mauvaise. Ces résultats concourent à la mise en évidence d'un problème concomitant de qualité d'eau et d'habitat.

La pertinence de l'analyse semi-quantitative de la macrofaune benthique paraît ici plus limitée du fait du nombre plus restreint des placettes prospectées: par manque de temps, les prélèvements ont été limités à 12 contre 20 pour les autres stations du bassin de la Morge. Elle permet toutefois d'affiner le diagnostic des indices biotiques.

Sur cette station au caractère apical, la prospection de 0,6 m² n'a permis de récolter que 4950 individus et 26 genres. En plus de sa faiblesse, l'abondance est surtout expliquée par une dominance des taxons saprobiontes (Chironomidae, Gammaridae, *Sialis* et oligochètes) parmi lesquels les gammars représentent 56% de l'effectif total. La prédominance de ces taxons (91% de l'effectif total) ne s'explique toutefois pas par leur prolifération mais par la sous-représentation relative des taxons les moins tolérants aux perturbations affectant le cours d'eau. L'absence totale de plécoptères sur cette station en est la preuve, au même titre que le déficit marqué en trichoptères et en éphéméroptères. L'érosion de l'édifice macrobenthique est également traduite par une instabilité élevée du peuplement: 65% des taxons comptent moins de 10 individus.

La composition du peuplement macrobenthique témoigne d'un problème majeur de qualité de l'eau: les taxons les plus polluo-sensibles sont absents et le seul taxon à polluo-sensibilité moyenne présent sur la station (*Sericostoma*), ne compte que 7 représentants. De ce fait, l'hypothèse d'une pollution insidieuse, peut ici être envisagée. Effectivement, la présence de décharges sauvages (bidons, batteries, électro-ménager...) dans le lit mineur en amont du site prospecté peut laisser supposer l'existence d'une contamination toxique, les analyses physico-chimiques n'ayant pas mis en évidence de pollution nutrimentielle des eaux. De plus, les 8 placettes sur 12 qui sont baignées de faibles vitesses de courant ne regroupent que 56% de l'abondance. Cet évitement des zones de dépôt par le macrobenthos vient étayer cette suspicion de pollution. L'intensité de cette perturbation est à modérer par l'abondante présence de gammars, de plusieurs genres d'*Elmidae* et d'*Austropotamobius pallipes* sur la station.

Si une pollution insidieuse semble affecter la station, l'analyse du macrobenthos met en évidence la faible hospitalité de l'habitat. Elle transparaît à l'observation du faible contraste entre la colonisation des placettes de galets/graviers et celle des fines, sables et litières. En effet, avec 6 placettes prospectées, les galets et graviers regroupent 88% de la variété pour une abondance de 49%, alors que les zones de dépôts (4 placettes) présentent une variété de 65% et 45% de l'abondance totale. Par ailleurs, les faibles vitesses d'écoulement qui baignent la station induisent le dépôts de MES qui finissent par colmater les substrats. L'effet du colmatage est mis en évidence par le fait que les deux placettes de galets, graviers baignées de vitesses moyennes regroupent à elles seules 30% de l'effectif total et 56% de la variété.

Les problèmes dont souffre le cours d'eau sur cette station, qu'ils concernent la qualité de l'habitat ou celle de l'eau, sont manifestes. Le colmatage, du fait de l'uniformité hydraulique du site, est fortement pénalisant pour l'installation des communautés benthiques. D'autre part, une pollution insidieuse semble affecter le ruisseau. Des analyses complémentaires, notamment sur les sédiments, permettraient d'en déterminer la nature et l'intensité.

5. Le Ruisseau de Bonneguête

Sur ce cours d'eau aux dimensions restreintes, le protocole IBGN se trouvant déjà en limite d'application, la réalisation d'un MAG 12 et a fortiori d'un MAG 20 n'a pas semblé pertinente. L'analyse des communautés benthiques se limitera donc à un commentaire des valeurs indicielles obtenues.

Le linéaire du Ruisseau de Bonneguête, colonisé dans son intégralité par les écrevisses à pieds blancs, se limite à 80 m. La station, représentative du reste du cours d'eau, présente une configuration en escaliers, au sein de laquelle se succèdent des gouilles de faible profondeur tapissées de fines organiques et des radiers lents courant sur un substrat de type dalle. La faiblesse du débit du cours d'eau confère à ce dernier une forte uniformité hydraulique.

Bonneguête - 8 prélèvements - 18/07/06		
IBGN	13	
GI	7 (Leuctridae)	
Variété	23	
Robustesse	12	
Var substrats	5	
Var vitesses	2	
Cb2	11,7	
Iv	5,1	
In	6,7	
m	9,5 très mauvaise hospitalité	
Densité (ind/m ² , sur 8 placettes)	8770	
NTT = 0	effectif observé	effectif attendu
Nb genres plécoptères	2	5
Nb genres trichoptères	3	12
Nb genres éphéméroptères	2	3
Nb genres coléoptères	2	
% taxons repr. par moins de 10 individus	68%	
Taxons i>7	0,03%	
Taxons saprobiontes	94%	

Tableau 12: Caractéristiques du peuplement macrobenthique de la station du Ruisseau de Bonneguête

L'IBGN moyen (13) et peu robuste est confirmé par un Cb2 légèrement plus sévère du fait d'Iv et In faibles, respectivement de 5,1 et 6,7. De plus, la faible valeur du coefficient morphodynamique m (9,5) traduit la très mauvaise hospitalité du milieu vis-à-vis du macrobenthos.

La densité qui s'élève à 8770 ind/m² est plutôt faible, tout comme la variété (23 genres). Par ailleurs, le peuplement est marqué par une forte instabilité puisque 68% des taxons comptent moins de 10 individus. Le déficit générique au sein des ordres d'éphéméroptères, plécoptères et trichoptères est surtout marqué chez ce dernier. Cela n'empêche pas la présence de quelques taxons polluo-sensibles intéressants comme *Leuctra*, *Nemoura* et *Odontocerum*, ces derniers restant toutefois faiblement représentés. On note également l'absence totale des taxons les plus sensibles du groupe indicateur 9. Cependant, ces constats semblent plus imputables à la nature du cours d'eau qu'à une éventuelle pollution de ses eaux.

Par ailleurs, les gammars regroupent près de 90% de l'effectif, ce qui traduit un déséquilibre trophique, en faveur des taxons présentant la plus forte affinité pour la matière organique. On tempérera ce déséquilibre par le fait qu'il s'agit d'un cours d'eau forestier où les

apports de MO allochtone ne sont pas négligeables. Enfin la simple présence d'une population d'écrevisses à pattes blanches sur ce secteur tend à prouver la qualité globale du milieu.

Les indices dégagés de l'étude du macrobenthos ne décrivent donc pas une situation alarmante sur ce milieu pouvant être considéré comme atypique. La présence d'abreuvoirs sur le cours d'eau ainsi qu'une légère pollution diffuse peuvent expliquer, pour une part, les déficits observés au sein de l'édifice macrobenthique. Cependant, la principale explication de la faiblesse de ce peuplement tient sans conteste à la nature atypique du milieu.

6. Bilan sur les quatre cours d'eau étudiés

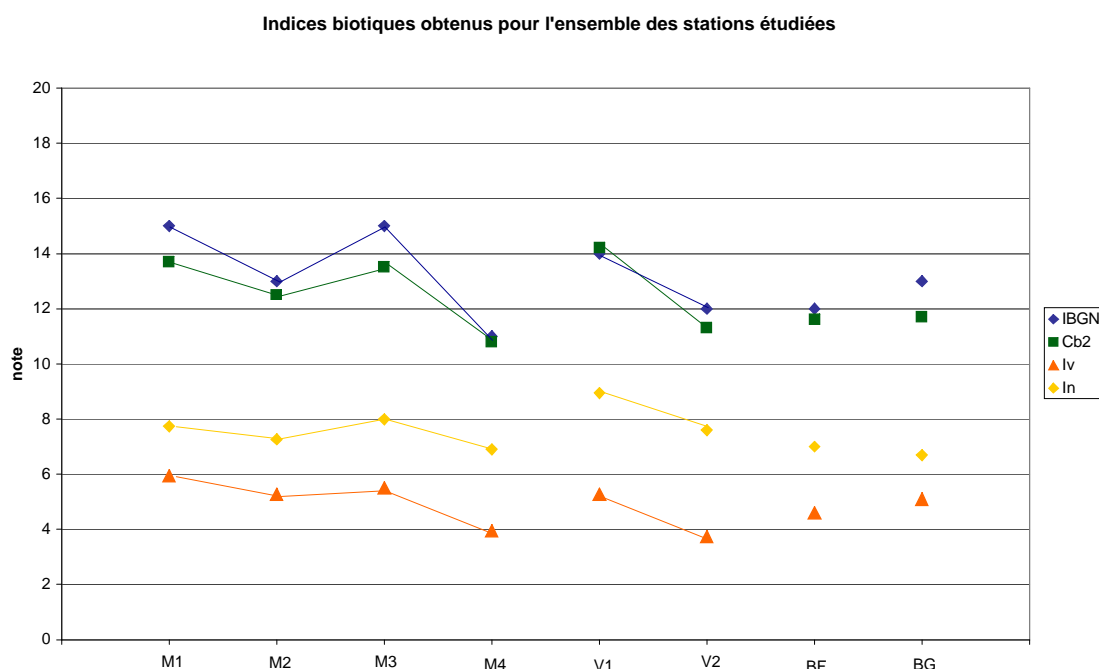


Figure 14: Indices biotiques obtenus pour l'ensemble des stations étudiées sur le bassin versant de la Morge de Crempigny

La situation sur le bassin versant de la Morge de Crempigny est globalement homogène. Comme le montre Figure 14, les indices biotiques qui s'échelonnent de 11 à 15 pour l'IBGN, sont relativement proches. Sur la Morge et les Vignes on observe une chute indicielle de l'amont vers l'aval.

S'ils traduisent tous des problèmes de qualité de l'eau et de l'habitat, la nature et l'origine des ces dysfonctionnements sont cependant variées. La Morge présente, dès l'amont, un problème de pollution diffuse sans dommages majeurs pour les synusies benthiques, probablement lié aux pratiques agricoles menées sur le bassin versant. Que ce soit à l'amont ou à l'aval, les problèmes d'habitat lié au colmatage sont sensibles. Cependant, les stations M1 et M2 sont à rapprocher de part l'origine similaire de ce colmatage: le caractère forestier du cours d'eau induit un apport de matière organique allochtone, qui, du fait des faibles débits, se décompose sur place. Pour les stations M3 et M4, le colmatage est lui aussi dû à des causes naturelles, mais s'explique par l'érosion de la molasse dans les secteurs gorgés. Le colmatage par des fines minérales argileuses qui en résulte provoque à terme un pavage des substrats particulièrement pénalisant pour le macrobenthos. Pour les affluents de la Morge, la situation est plus contrastée. Sur le ruisseau des Vignes, la présence d'abreuvoirs dans le lit du cours

d'eau apparaît comme la perturbation majeure. La présence des bovins dans le lit du cours d'eau provoque une exportation de MES induisant un colmatage des habitats ainsi qu'une nette pollution azotée, ces phénomènes s'amplifiant à mesure que l'on va vers l'aval. En ce qui concerne le ruisseau de Belle Fontaine, l'érosion de l'édifice macrobenthique semble imputable à une pollution dont l'origine et la nature précises restent à confirmer. Le ruisseau de Bonneguête est, quant à lui, un milieu atypique et ne semble pas présenter de graves dysfonctionnements écologiques.

Les prélèvements de macroinvertébrés benthiques auront permis de récolter en tout 71 unités taxonomiques. Ces taxons sont répartis de manière homogène sur le territoire prospecté, seulement 16 de ces taxons n'ayant été échantillonnés que sur une seule station. Dans l'ensemble, les édifices macrobenthiques sont instables, nombre de taxons n'étant souvent représentés que par moins de 10 individus sur une même station. Par ailleurs, le déficit générique en éphéméroptères, plécoptères et trichoptères est flagrant sur toutes les stations. Ces constats sont autant de témoignages de la richesse et de la fragilité des systèmes apicaux tels que ceux rencontrés sur le bassin versant de la Morge de Crempigny.

L'analyse fine des compositions faunistiques stationnelles et l'absence de certains taxons ayant des exigences écologiques particulières permettent d'orienter la recherche des causes de perturbation ou de réduction des peuplements.

Tout d'abord, le déficit généralisé en plécoptères se traduit d'une part par une sous-représentation des taxons de la super-famille des PERLOIDEA considérés comme les plus sensibles. Un seul genre appartenant à ce sous-ordre (*Isoperla*) a été récolté sur le bassin, et dans des effectifs très faibles. On note en outre l'absence alarmante des Capnidae et Chloroperlidae pourtant habituellement électifs de ces systèmes apicaux. D'autre part, même si la super-famille des NEMOUROIDEA est mieux représentée par les genres *Leuctra*, *Nemoura* et *Protonemura*, leurs abondances respectives restent insatisfaisantes.

Chez les éphéméroptères, les taxons typiquement rhéophiles, comme les Heptageniidae, et interstitiels comme les Leptophlebiidae font totalement défaut sur les stations. Cela met en évidence des écoulements souvent lenticques et des problèmes de colmatage des fonds. De plus cet ordre est représenté par des taxons ubiquistes (*Baetis* et *Centroptilum*), exception faite d'*Ephemera*, témoin privilégié de la qualité des sédiments.

Les trichoptères, bien que représentés par 11 genres différents, accusent de faibles abondances. La polluo-sensibilité de certains taxons présents (*Philopotamus*, *Odontocerum albicorne*, *Sericostoma*) est intéressante, et fait ressortir le fait que, d'une manière générale sur le bassin de la Morge, la qualité de l'habitat est plus discriminante que celle de l'eau.

En ce qui concerne les coléoptères, parmi les 10 taxons dénombrés, les 4 genres d'Elmidae, à savoir *Esolus*, *Elmis*, *Limnius* et *Riolus* sont présents sur quasiment toutes les stations, exception faite du ruisseau de Bonneguête. De part leur sensibilité aux produits de traitement du bois type pyrétrinoïdes, la présence de ces taxons tend à disculper la présence d'une telle contamination sur le bassin versant, leur faible abondance semblant plutôt imputable à la simplicité de l'habitat.

On compte seulement 10 taxons différents parmi les diptères. La famille des Chironomidae est la plus représentée, suivie de près par les Limoniidae, Ptychopteridae et Ceratopogonidae. A ces individus peu sensibles s'ajoutent quelques taxons dont la répartition hétérogène est liée à la variété des hauteurs d'eau et d'écoulements. En effet, si les diptères n'ont pas de véritable valeur de polluo-sensibilité, leur variété est, en revanche, conditionnée par la diversité de l'habitat. La sous-représentation des diptères sur l'ensemble des cours d'eau étudiés met donc également en évidence le caractère limitant de l'habitat.

Il est à noter que les Gammaridae présentent des effectifs particulièrement élevés, ils expliquent d'ailleurs une grosse part de l'abondance sur chaque station. Cela n'a toutefois rien

de choquant dans la mesure où les cours d'eau du bassin versant ont un caractère majoritairement forestier qui induit un apport de matière organique grossière dont ce crustacé est friand. Par ailleurs, la présence des gammares, comme celle des Elmidae, est indicatrice d'une absence de pollution par les produits de traitement du bois.

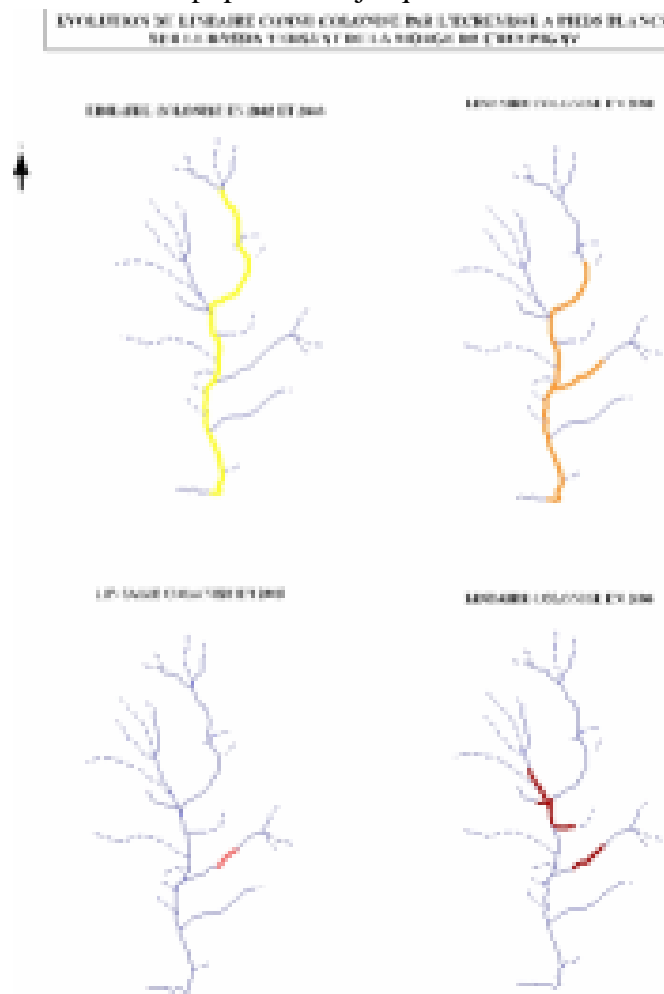
Pour conclure, l'apparente similarité des situations décrites par les indices biotiques ne permet pas de distinguer les différentes perturbations subies par les cours d'eau étudiés. Il apparaît en effet que seule l'analyse semi-quantitative des synusies macrobenthiques permet la mise en évidence des disparités des situations rencontrées sur le bassin versant et d'affiner ainsi le diagnostic.

III. ETUDE DES ECREVISSES

A. Prospections nocturnes

Les commentaires et observations formulés à la suite des prospections nocturnes sont consignés dans des fiches en annexe A.4. En tout, il aura fallu près d'une dizaine de nuits pour parcourir la totalité du réseau hydrographique en raison de la difficulté d'accès à certains sites et de la progression difficile à travers les nombreux embâcles jalonnant le cours de la Morge et de ces affluents.

Ces prospections nocturnes ont permis de confirmer la disparition de l'écrevisse sur le cours principal de la Morge de Crempigny. Elles ont également révélé sur le Ruisseau des Vignes une recolonisation lente de la partie située en aval du futur rejet de la station d'épuration de Bonneguête depuis l'amont, les observations réalisées en 2005 ayant, à l'époque, mis en évidence la disparition de l'écrevisse de ce secteur. Enfin, les prospections ont permis de découvrir deux populations jusqu'alors non référencées, l'une située sur le



Ruisseau de Belle Fontaine et l'autre sur le Ruisseau de Bonneguête.

Figure 15: Evolution du linéaire colonisé par *A. pallipes* et connu de 2002 à 2006

La Figure 15 indique l'évolution du linéaire colonisé par les écrevisses depuis 2002. Notons que les ruisseaux de Belle Fontaine et de Bonneguête, sur lesquels ont effectivement été observées des écrevisses cette année, ne sont pas cartographiés en tant que linéaire colonisé dans les années précédentes. En effet, même si la pré-existence des ces populations ne fait aucun doute, il apparaissait délicat d'extrapoler la distance sur laquelle les individus étaient présents puisque nous ne disposions pas de données antérieures suffisamment précises. La confrontation des cartes de répartition des différentes années met en évidence la réduction drastique du linéaire colonisé par *A. pallipes* sur le bassin versant de la Morge de Crempigny.

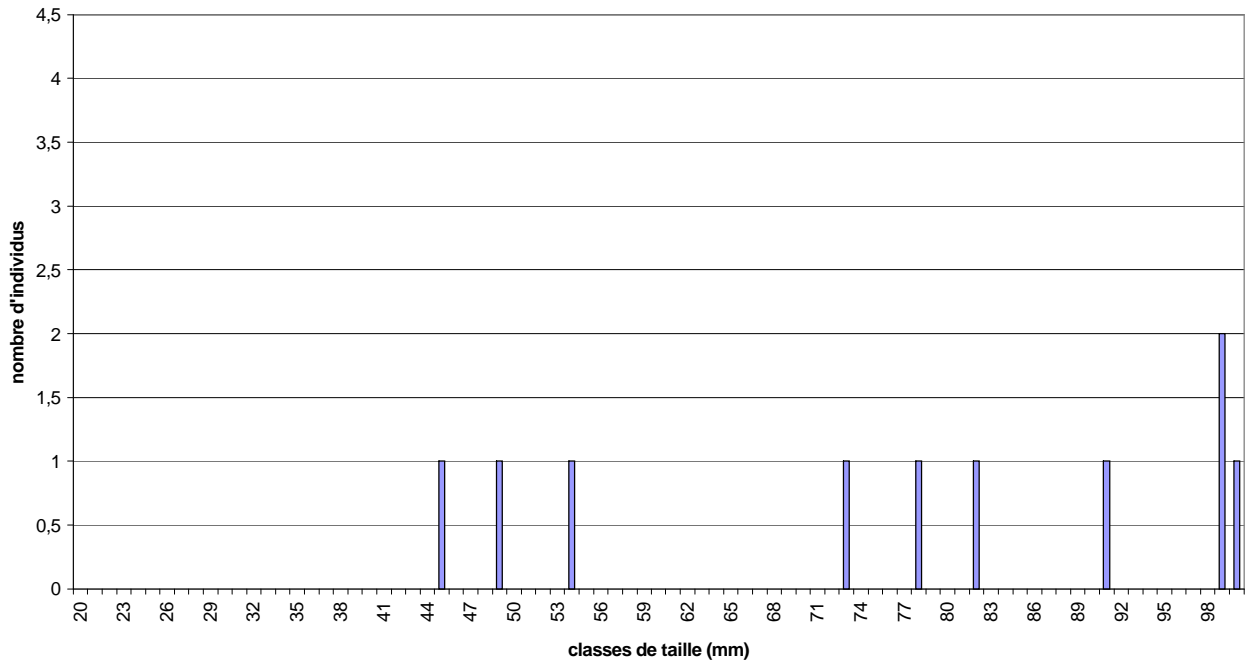
B. Etude quantitative des populations

1. *Le Ruisseau des Vignes*

Parmi les sites étudiés, seul le Ruisseau des Vignes a fait l'objet d'un échantillonnage en 2005, et ce sur la même station échantillonnée en 2006. Comme l'indique les fiches de prospection nocturne (annexe A.4), les principaux facteurs limitants sur ce cours d'eau concernent la mise en suspension de MES du fait du piétinement du lit mineur par les bovins, ce qui rend la progression à la lampe limitée. L'étude quantitative sur cette station, positionnée à l'amont de la buse de rejet de la future station d'épuration de Bonneguête, s'est donc effectuée par la pose de nasses. Les résultats ont été traités en De Lury (1951).

		Ruisseau des Vignes			
		2005 - 13 m ²		2006 - 16 m ²	
stock estimé		6667 ind/ha +/-18,5%	120,2 kg/ha +/- 1,4%	30625 ind/ha +/- 7,6%	459 kg/ha +/- 3,3 %
classe d'abondance		2	3	5	5
sex ratio		0,7		0,7	

Structure de la population d'*A. pallipes* en 2005 sur le ruisseau des Vignes en fonction des classes de taille



Structure de la population d'*A. pallipes* en 2006 sur le ruisseau des Vignes en fonction des classes de taille

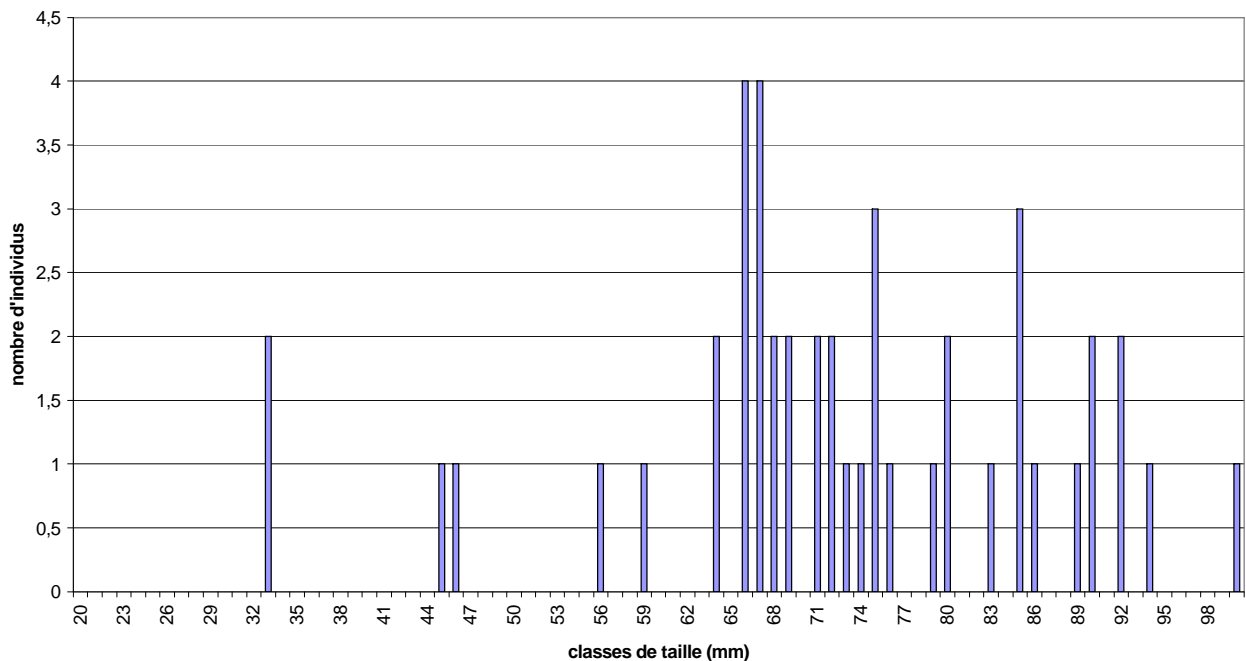


Figure 16: Résultats des inventaires quantitatifs d'*A. pallipes* sur le ruisseau des Vignes, en 2005 et 2006

D'après les résultats de l'analyse quantitative, la population d'écrevisses du ruisseau des Vignes présente de fortes densités numériques et pondérales puisque l'estimation du stock s'élève à 30 625 ind/ha, soit 459 kg/ha, ce qui permet d'atteindre les classes maximales. En ce qui concerne la structure de la population, le sex-ratio est équilibré avec 1 mâle pour 1,5

femelle. De plus, la répartition des classes de taille est équilibrée et homogène, la faible représentation des individus de taille inférieure à 50 mm résultant plutôt d'un biais lié à la méthode d'échantillonnage que de leur sous-représentation de la population. En effet, lors des prospections nocturnes, de nombreux individus ont pu être observés. De fait la population du ruisseau des Vignes paraît fonctionnelle.

La comparaison de ces résultats avec ceux obtenus en 2005 met en évidence l'évolution favorable de la population sur ce ruisseau puisque les abondances numériques et pondérales ont été multipliées par 5. Il est intéressant de rapprocher ce constat au fait que la station échantillonnée se trouve au niveau de la zone ayant subi les travaux lors de la mise en place du rejet de la future STEP de Bonneguête, et que l'échantillonnage de 2005 a été réalisé dans le mois qui a suivi les travaux. De fait, il paraît vraisemblable que la faiblesse des résultats obtenus en 2005 et l'écart important avec ceux de 2006, soient essentiellement dus au dérangement de la population occasionné par l'intervention subie par le cours d'eau.

2. Le Ruisseau de Belle Fontaine

Ruisseau de Belle Fontaine - 2006 - 51m ²		
stock estimé	8072 ind/ha +/- 33,8%	120,9 kg/ha +/- 8,6 %
classe d'abondance	3	3
sex ratio	1,25	

Structure de la population d'*A. pallipes* du ruisseau de Belle Fontaine en fonction des classes de taille

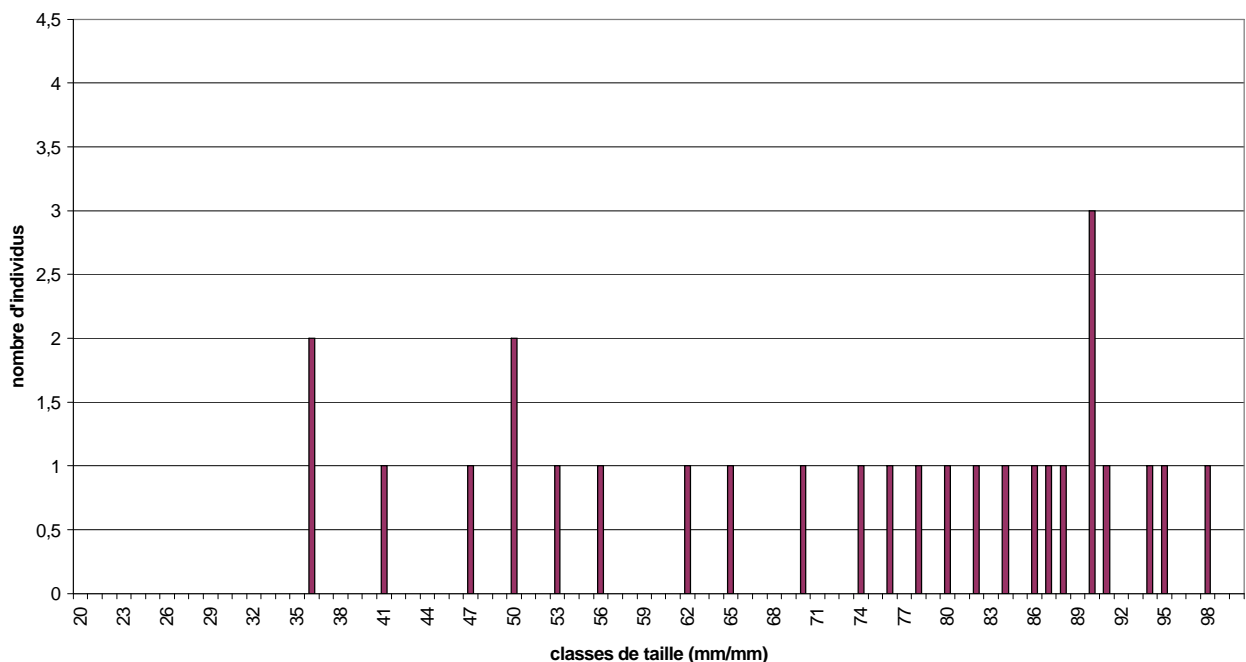


Figure 17: Résultats de l'inventaire quantitatif sur le ruisseau de Belle Fontaine

La population d'écrevisses du Ruisseau de Belle Fontaine présente des abondances numériques et pondérales moyennes (8702 ind/ha pour 129 kg/ha). Le sex-ratio de 1,25

développer outre mesure, et , en l'absence d'un autre refuge possible, toute perturbation affectant l'intégrité du milieu peut lui être fatale.

Au vu des différents résultats, la situation de l'écrevisse pallipède sur la Morge de Crempigny semble globalement précaire. En effet, les trois populations dénombrées sur le bassin, outre le fait qu'elles colonisent des linéaires restreints, voient toutes leur développement limité, soit par le fait qu'elles aient à souffrir de perturbations d'origine diverse (les Vignes, Belle Fontaine), soit par la taille du milieu qui les héberge (Bonneguête).

PARTIE III: DISCUSSION ET DETERMINATION DES FACTEURS EXPLIQUANT LA REPARTITION ACTUELLE D'A. PALLIPES SUR LE BASSIN DE LA MORGE

Les investigations menées au cours de cette étude ont permis de constater que le réseau hydrographique de la Morge de Crempigny colonisé par l'écrevisses à pieds blancs sur la quasi-totalité jusqu'en 2004 n'héberge aujourd'hui que trois populations déconnectées et, réparties sur trois des affluents de la Morge, à savoir:

- le Ruisseau des Vignes, dont la population s'étend actuellement sur 500 m sur la partie médiane de son cours,
- le Ruisseau de Belle Fontaine, colonisé sur sa moitié avale. On note également la présence de quelques individus erratiques dans la Morge, au niveau de la confluence des deux cours d'eau
- le Ruisseau de Bonneguête, zone refuge colonisée sur la totalité de son linéaire pérenne (80 m). L'existence de pertes sur son l'extrême aval le déconnecte de la Morge.

La confrontation entre les données biotiques et abiotiques recueillies sur les stations des cours d'eau hébergeant des écrevisses et celles obtenues sur les stations de la Morge de Crempigny vont nous permettre de dégager des hypothèses pouvant expliquer la disparition de l'écrevisse sur la Morge.

Tout d'abord, le relevé de l'occupation des sols ne semble pas mettre clairement en évidence des perturbations majeures qui affecteraient spécifiquement la Morge. En effet, le bassin versant montre une certaine homogénéité quant aux modalités d'occupation des sols, et l'intensité des pressions anthropiques subies par la Morge et par ses affluents est identique. De même, aucune discrimination ne semble pouvoir être faite entre la Morge et ses affluents pour ce qui est des sources de perturbations ponctuelles (rejets, abreuvoirs...).

En ce qui concerne la typologie, la gamme couverte par l'ensemble des cours d'eau du bassin versant (B0 à B2+) se situe hors du preferendum d'*A. pallipes* (B2 à B7, Téléos, 2004). Si ce constat témoigne clairement du caractère refuge des cours d'eau du bassin de la Morge vis-à-vis de l'écrevisse, il inscrit également ce dernier dans la tendance générale actuelle,

puisque la quasi-totalité des populations d'écrevisses du département colonisent des cours d'eau apicaux du même type (HUCHET, 2004). De plus, parmi toutes les stations étudiées, ce sont les deux stations situées sur le cours aval de la Morge qui se rapprochent le plus du type électif de l'écrevisse à pieds blancs. Il ne semble donc pas que la typologie soit un facteur explicatif de l'absence d'*A. pallipes* du cours de la Morge.

En lien direct avec la détermination du niveau typologique théorique, le métabolisme thermique d'un site d'eau courante joue un rôle capital pour les espèces aquatiques, notamment pour l'écrevisse qui est spécialement exigeante en ce qui concerne la température de son milieu (ARRIGNON, 1996). Or il apparaît que le métabolisme thermique de la Morge est perturbé, avec notamment des valeurs de températures maximales élevées, rendant le critère de la température déclassant vis à vis de l'écrevisse. Nonobstant, le Ruisseau des Vignes présente un métabolisme thermique similaire à celui de la Morge, et accueille pourtant une population d'écrevisses, les ruisseaux de Belle Fontaine et de Bonneguête faisant, quant à eux, exception à ce constat. Par ailleurs, les relevés thermiques réalisés en 2004 sur la station M2 faisaient déjà état d'une perturbation du métabolisme thermique de la Morge. Pourtant, à cette époque, ce secteur hébergeait encore une importante population d'écrevisses. De fait, si la thermie perturbée de la Morge peut constituer, dans une certaine mesure, un frein au bon développement d'une population d'écrevisses pallipèdes, elle ne semble toutefois pas suffisamment altérée pour pouvoir expliquer la disparition de l'espèce.

Pour ce qui est de la chimie des eaux, il apparaît que le bassin versant de la Morge de Crempigny souffre d'une pollution diffuse généralisée, qui affecte principalement le compartiment azoté et en particulier les nitrates. Or, du fait de son gabarit et des capacités auto-épuratrices qui en découlent, la Morge est le cours d'eau du bassin versant souffrant le moins de cette pollution. On notera en particulier que le Ruisseau des Vignes présente, même sur la station hébergeant des écrevisses, les plus fortes valeurs en nitrates mesurées sur le bassin. Par ailleurs, les concentrations en NO_3^- relevées sur la Morge restent toujours inférieures à 13 mg/L, seuil de tolérance défini par ROQUEPLO et al. (1984). Aussi peut-on conclure que les concentrations en éléments minéraux des eaux de la Morge ne constituent pas un frein majeur à la colonisation de cette dernière par *A. pallipes*.

Plus encore qu'aux surcharges nutritives, l'écrevisse à pieds blancs est sensible aux pollutions toxiques. En ce qui concerne ce compartiment, seule la Morge et le ruisseau des Vignes ayant fait l'objet d'analyses de sédiments, la comparaison se limitera à ces deux cours d'eau.

A l'inverse des composantes abiotiques précédentes, on observe effectivement une disparité entre les résultats des analyses réalisées sur la Morge et ceux obtenus sur le Ruisseau des Vignes. En effet, la contamination toxique, tant en ce qui concerne le nombre de polluants que leurs concentrations, apparaît plus importante dans les échantillons issus de la Morge. Cependant, ce constat est à tempérer par le fait que l'emplacement de deux des trois stations étudiées sur la Morge ait été effectué de manière à mettre en lumière une perturbation ponctuelle, à savoir l'impact des rejets de Crempigny et du lessivage de la D351. La troisième de ces stations (amont confluence Vignes), ayant servi de témoin, est plus représentative de l'ensemble du linéaire du cours d'eau. Or il s'avère que sur cette station, la contamination toxique des sédiments se révèle peu discriminante et se rapproche des valeurs mesurées sur le Ruisseau des Vignes. En outre, nombre de cours d'eau haut-savoyards, hébergeant des populations apparemment fonctionnelles d'écrevisses à pieds blancs, présentent des concentrations en toxiques égales, sinon supérieures à celles mesurées sur la station la plus impactée de la Morge (aval pont D351) (HUCHET, 2004). En conclusion, il semble que si la présence ponctuelle, sur la Morge, de toxiques dans les sédiments peut localement constituer un frein au développement optimal d'une population d'écrevisses, les concentrations en

micropolluants mesurées sur le cours d'eau ne paraissent toutefois pas suffire à expliquer l'extinction totale de la population qu'il hébergeait.

En ce qui concerne l'habitat, il n'existe pas de disparité notable entre les stations: la discrimination ne se fait pas en fonction de la présence ou absence de l'écrevisse mais en fonction du caractère plus ou moins apical du cours d'eau. Notons par ailleurs qu'aucune modification notable de l'habitat n'est apparue sur la Morge entre la période durant laquelle le cours d'eau abritait *A. pallipes* et celle à laquelle l'étude a été réalisée (comm. pers. HUCHET), ce qui tend à mettre en évidence que la qualité habitationnelle de la Morge n'explique en rien l'absence de l'écrevisse à pieds blancs.

L'étude des synusies macrobenthiques se révèle particulièrement intéressante, du fait de leur caractère intégrateur, pour mesurer l'intensité et la pérennité d'une perturbation. Or l'analyse des peuplements de macroinvertébrés benthiques de la Morge de Crempigny révèle que ces derniers ne semblent actuellement pas souffrir de perturbations majeures d'origine anthropiques. En effet, les facteurs limitant leur bon développement, à l'exception du problème ponctuel de toxiques de la station M2, ont des origines essentiellement naturelles liées aux caractéristiques du cours d'eau (homogénéité hydraulique et colmatage par les fines organiques sur l'amont, colmatage/pavage par les fines minérales argileuses sur l'aval). Ce constat tend à prouver le caractère temporel ponctuel de la perturbation ayant entraîné l'extinction de la population d'écrevisses. De plus, et toujours compte tenu du caractère intégrateur du macrobenthos, ce dernier décrit une situation globalement homogène quant à l'impact de perturbations d'origine anthropique sur l'ensemble du bassin versant, la légère disparité des situations observées n'étant pas corrélée à la présence ou à l'absence d'*A. pallipes*.

Ainsi, l'ensemble des résultats obtenus pour les différents compartiments biotiques et abiotiques étudiés semble plaider en faveur de l'hypothèse selon laquelle la perturbation ayant entraîné l'extinction de la population d'écrevisses de la Morge de Crempigny ait été un phénomène ponctuel. L'éventualité d'une pollution toxique massive paraît hors de cause dans la mesure où l'analyse des sédiments n'a permis de révéler qu'une perturbation ponctuelle mineure d'origine connue au niveau de la station M2. De plus, un flux toxique massif n'aurait pas été létal que pour l'écrevisse. Or, la présence actuelle d'une population de truites dans la Morge en l'absence de tout alevinage depuis 1999, permet d'écartier définitivement cette hypothèse.

Une autre hypothèse envisageable est celle d'une épidémie de type peste. En effet, au moment de la sécheresse de 2003, l'extrême amont de la Morge s'étant asséchée, les écrevisses survivantes ont été transférées à la pisciculture de l'AAPPMA d'Annecy Rivière dont les bassins sont alimentés par les eaux du lac d'Annecy. Or il s'avère que le lac héberge *Pacifastacus leniusculus* et *Orconectes limosus*, autres espèces d'écrevisses connues comme étant porteuses saines d'*Aphanomyces astacii*, le champignon responsable de la peste de l'écrevisse. Il était donc envisageable que les écrevisses de la Morge aient été contaminées durant leur séjour à la pisciculture et, qu'une fois remises à l'eau, elles aient contaminé le reste de la population. Cependant, en plus de la population de la Morge, deux autres populations ont été sauvées à la même période. Bien que stockées dans des bassins séparés, l'eau qui les alimentait était la même, et aucune extinction massive incriminant cette pathologie n'a été observée, ce qui tend à mettre hors de cause cette hypothèse.

In fine, le scénario le plus vraisemblable reste celui d'une pollution organique d'origine agricole ou domestique. L'historique de la population d'écrevisses de la Morge de Crempigny permet de préciser la localisation d'origine de cette pollution. En effet, suite à l'assèchement en 2003 du secteur en amont de l'infranchissable de 3 m situé à l'aplomb de Crempigny, le tronçon concerné n'hébergeait plus d'écrevisses en 2004. La limite amont de la répartition de

l'espèce sur la Morge était alors cet infranchissable. Le fait que la perturbation ait décimé l'intégralité de la population d'écrevisses, implique que l'émission du flux polluant soit forcément localisé au plus bas au niveau de l'infranchissable. Or, c'est à cet endroit même que conflue avec la Morge un cours d'eau temporaire drainant les eaux issues de la plate-forme de Crempigny. Entre ce cours d'eau et la limite amont de pérennité de la Morge, aucun autre accident majeur n'apparaît à l'étude de l'occupation des sols. Aussi, l'hypothèse selon laquelle le flux polluant aurait transité par ce cours d'eau temporaire semble plus que probable.

PARTIE IV: BILAN ET PERSPECTIVES

A. Conservation des populations en place

1. Le Ruisseau des Vignes

Sur ce cours d'eau, la limite amont de colonisation par l'écrevisse semble imposée par la faiblesse des débits qui confèrent en période critique, un caractère temporaire au cours d'eau. Sur l'aval, si la limite aval a été imposée en 2005 par les travaux au niveau de la buse de rejet, on observe actuellement une lente recolonisation vers l'aval, dont la progression est freinée par le piétinement du lit mineur par les bovins. Ainsi, la stratégie de conservation à mettre en place sur ce cours d'eau commence par la création d'abreuvoirs aménagés (CATER, 2004).

2. Ruisseau de Belle Fontaine

Si la limite aval du linéaire colonisé sur le ruisseau de Belle Fontaine est bien connue et correspond à la confluence avec la Morge, la limite amont, quant à elle, suscite des interrogations. L'hypothèse d'une pollution toxique liée à la présence d'une décharge sauvage sur l'amont du cours d'eau pourrait expliquer cette limite de répartition: la progression vers l'amont de la population d'écrevisses serait entravée par une barrière liée à un effet seuil de la contamination des sédiments. Des investigations supplémentaires (analyses de sédiments) permettraient d'éclaircir la situation. Quelqu'en soit le résultat, il serait judicieux d'intervenir au plus vite sur la décharge.

3. Le Ruisseau de Bonneguête

Colonisé sur l'intégralité de son cours pérenne, le ruisseau de Bonneguête subit le piétinement du bétail au niveau d'abreuvoirs. Un aménagement de ces derniers permettrait de garantir l'intégrité de la population d'écrevisses en place.

B. Stratégie d'action sur la Morge de Crempigny

Au vu des analyses menées durant cette étude, la Morge apparaît comme un milieu apte à recevoir une population d'*A. pallipes*. Les populations d'écrevisses du bassin versant ne constituant pas des stocks suffisants pour envisager une recolonisation naturelle, une réintroduction est nécessaire pour remettre en place une population d'Astacidae sur le cours principal de la Morge. Or le ruisseau des Courbes, autre cours d'eau du département héberge une des plus belles populations de Haute-Savoie, avec une densité de 54 286 ind/ha, soit 754,8 kg/ha. Le stock, estimé à 22 800 individus est réparti sur 2,1 km de linéaire et peut faire

l'objet de prélèvement d'individus sans dommage pour la population. De plus, la population des Courbes a pour origine un transfert arbitraire, réalisé il y a une vingtaine d'années, d'une trentaine d'individus de la Morge. De fait, en réintroduisant des individus provenant des Courbes sur la Morge, aucun risque de pollution génétique des populations présentes sur le bassin de Crempigny ne sera pris.

BIBLIOGRAPHIE

Agences de l'Eau, 1996. *Seuils de qualité pour les micropolluants*. Etude interagences.

Agritox, base de données de l'INRA des substances actives: <http://www.inra.fr/agritox/>

ARRIGNON J., 1996. *La pisciculture française d'eau vive et d'étang saumâtre et marine*, 123,34 p.

BACCHI, 1993. *Recherche sur la macrofaune benthique de la Haute-Loire - Structuration des habitats - Evolution des peuplements macrobenthiques depuis 1973*. Mémoire de DESS Eaux Continentales, Univ. F. Comte, 30 p.

CATER Basse Normandie, 2004. *Cours d'eau et élevage*.

CATER Haute Normandie, 2003. *Suivi des impacts bactériologiques et physico-chimiques d'aménagement de protection contre la divagation du bétail dans un cours d'eau*, 15 p.

DAGUET J., 1971. *Echantillonnage des peuplements de poissons d'eau douce*. Echantillonnage en milieu aquatique, MASSON et Cie Ed., , p 85-108.

DE LURY DB, 1951. *On the planning of experiments for the estimation of fish population*, 18, p 281-307.

DEGIORGI F., MORILLAS N., RAYMOND JC., 1995. *Protocole préliminaire des cartographies d'habitats en rivière selon la logique des pôles d'attraction*, Rapport CSP DR5, 8 p.

GRES P., BROCHARD P., DESCHAMPS E., FALATAS Y., KOLODZEJCZYK P., MALRAT D., PERROT JM., PURAVET S., SALAND P., e. *Sites à écrevisses (pieds blancs et californiennes) dans le département de la Loire*. mise à jour janvier 2001, FLPPMA/Brigade CSP Loire, 142 p + 13 p d'annexes.

HUCHET P., 2004. *Situation des populations d'écrevisses autochtones en Haute-Savoie*. Fédération de la Haute Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, 50 p.

INERIS, Fiche de données toxicologiques et environnementales: <http://ineris.fr>

MISE de Haute Savoie, 1994. *Vidange des piscines et protection de l'environnement*. Note techniques n°1, 2 p.

NISBET M., VERNEAUX J., 1970. *Composantes chimiques des eaux courantes - Discussion et proposition de classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques*. mn. Sci-Uni. F. Comte, t.6, fasc. 2, p 161-190.

PELLETAN D., 2002. *Atlas de répartition de populations d'écrevisses autochtones sur les bassins du Fier, du Chéran et des Usses en Haute Savoie*. rapport de MST IMACOF, Université de Tours, 65 p. + annexes.

ROQUEPLO C., AMATO G., ARRIGNON J., ATTARD J., CHAISEMARTIN C., CHARTIER L., CLEMENT J.L., DURECU A., DAGUERRE DE HUREAUX N., FARGES G., LAURENT P.J., VEY A., VIGNEUX D., VIGNEUX E., 1984. *Austropotamobius pallipes* ou l'écrevisse à pattes blanches. Etude de l'association Française de Limnologie, Science, Technique et Aménagement.

SYNUSIE-EAU, 2003. *L'écrevisse et la qualité de l'eau en Franche-Comté*, 17 p.

TACHET H., RICHOUX P., BOURNAUD M., USSEGLIO-POLATERA P., 2003. *Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie*. 587 p.

TELEOS (DEGIORGI F., DECOURCIERE H.), CSP, Fédération de Pêche 70, 2004. *Diagnose et gestion des têtes de bassins versants de l'Ognon. L'écrevisse pieds blancs, indicateur patrimonial*. Etude complémentaire du contrat de rivière Ognon, 110 p.

TELEOS (DEGIORGI F., DECOURCIERE H.), CSP, Fédération de Pêche 70, 2004. *Diagnose et gestion des têtes de bassins versants de l'Ognon. L'écrevisse pieds blancs, indicateur patrimonial*. Etude complémentaire du contrat de rivière Ognon, 110 p.

TELEOS, Fédération de Pêche 39, Brigade CSP 39, 2004. *Contribution à la recherche des causes de régression de l'écrevisse "Pieds Blancs" (Austropotamobius pallipes)* 97 p.

VERNEAUX J., 1973. *Cours d'eau de Franche Comté. Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs - Essai de biotypologie*. Mém. Thèse Doct. d'Etat, Univ. Besançon, 260 p.

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

Sites internet: geol-alp.com