

MÉTHODOLOGIE DE SUIVI DES PLANS D'EAU À L'AIDE DES PEUPELEMENTS DE MOLLUSQUES AQUATIQUES

Etude préliminaire dans le bassin Artois-Picardie



ÉTUDE PRELIMINAIRE A LA MISE AU POINT D'UNE METHODOLOGIE DE SUIVI DES PLANS D'EAU DU BASSIN ARTOIS-PICARDIE A L'AIDE DES PEUPELEMENTS DE MOLLUSQUES AQUATIQUES

COMMANDE N° 03002

SEPTEMBRE 2003

Etude réalisée par : Xavier Cucherat, étudiant DESS, Université des Sciences et des Technologies de Lille, laboratoire d'Ecologie Numérique et d'Ecotoxicologie

Référence bibliographique : Cucherat X. (2003) Etude préliminaire à la mise au point d'une méthodologie de suivi des plans d'eau du bassin Artois-Picardie à l'aide des peuplements de mollusques aquatiques. Rapport de DESS – Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai, 56 p. + annexes

Crédit photographique de la 1^{ère} de couverture : Laboratoire d'Ecologie Numérique et Ecotoxicologie. Prise de vue de l'ancien étang d'Aubry/Mare à Goriaux (Raismes).

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier JEAN PRYGIEL, chef de Mission à l'Agence de l'Eau Artois-Picardie, pour m'avoir permis de réaliser ce stage mais aussi pour son aide et ses conseils, et sa bonne humeur.

Je remercie également ALAIN LEPRETRE pour son accueil et son soutien au sein du laboratoire d'Écologie Numérique et d'Écotoxicologie de l'Université des Sciences et Technologies de Lille.

Merci également à l'équipe du laboratoire d'Écologie Numérique et d'Écotoxicologie, en particulier à SYLVAIN DEMUYNCK avec qui j'ai eu des discussions constructives et enrichissantes. Je le remercie surtout de l'aide précieuse qu'il a su m'apporter au cours de ce travail.

Merci à CAROLINE DEREGNAUCOURT, stagiaire de Maîtrise de Biologie des Populations et des Écosystèmes de Lille 1, qui a dû subir, pendant deux mois de son stage, les tris interminables de sédiments et les bêtes répugnantes y vivant (*dixit* DEREGNAUCOURT!)

Hommage à GILBERTE ROHART, talentueuse couturière, à qui je dois un grand merci pour m'avoir aidé à concevoir le filet du prototype de Surber.

Je souhaiterais, au passage, dire un grand merci à ma compagne de tous les jours, LYDIE FORTRIE, qui une fois de plus a su être patiente et accepter la priorité du travail sur les loisirs.

Enfin, je remercie l'Agence de l'Eau Artois-Picardie pour son soutien financier.

PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

Cette étude a été effectuée au sein du laboratoire d'Écologie Numérique et d'Écotoxicologie situé sur le domaine Universitaire Scientifique de Villeneuve d'Ascq (Université des Sciences et Technologies de Lille), en collaboration avec l'Agence de l'eau Artois-Picardie qui a également contribué à son financement.

Le laboratoire d'Écologie Numérique et d'Écotoxicologie, co-dirigé par ALAIN LEPRETRE et MICHEL DESCAMPS, est spécialisé dans le traitement numérique des données écologiques. Leurs recherches sont orientées sur le diagnostic de la qualité des milieux naturels et perturbés à l'aide de méthodes écologiques et écotoxicologiques, et s'appuient sur l'élaboration de stratégies d'échantillonnage spécifiques et sur l'application et/ou le développement de méthodes d'analyses statistiques de données adaptées.

Depuis les années 1990, il existe un partenariat entre le laboratoire d'Écologie Numérique et d'Écotoxicologie et l'Agence de l'Eau Artois-Picardie pour une meilleure connaissance des milieux aquatiques continentaux, mais aussi, pour la valorisation des données physico-chimiques et biologiques.

L'Agence de l'Eau Artois-Picardie est un établissement public à caractère administratif placé sous la tutelle du Ministère chargé de l'Ecologie et du Développement Durable. Cette agence a été créée en 1966 et son siège se situe à Douai (59).

Elle est chargée de mener la politique de l'eau dans le bassin Artois-Picardie qui regroupe les départements du Nord, du Pas-de-Calais, de la Somme et l'arrondissement de Saint-Quentin dans le département de l'Aisne. Elle travaille avec les industriels, les élus et les agriculteurs, et les associations pour lutter contre la pollution, préserver la ressource en eau et mettre en valeur les cours d'eau.

L'Agence de l'Eau Artois-Picardie compte aujourd'hui 183 agents et a considérablement développé ses activités, en particulier en 1992, année au cours de laquelle, elle a doublé ses travaux et ses investissements engendrant une augmentation de ses effectifs de 30 %.

L'Agence de l'Eau Artois-Picardie a investi entre 1997 et 2001, 975 millions d'euros, dans les villes, les industries et les campagnes pour préserver notre capital eau.

SOMMAIRE

I.	INTRODUCTION	1
II.	PRESENTATION DES MOLLUSQUES AQUATIQUES ET FACTEURS CONTROLANT LEUR REPARTITION	3
II.1.	PRESENTATION DES MOLLUSQUES AQUATIQUES DU BASSIN ARTOIS-PICARDIE	4
II.2.	FACTEURS CONTROLANT LA REPARTITION DES MOLLUSQUES AQUATIQUES	6
II.3.	LES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	7
II.4.	L'HABITAT ET LA RESSOURCE EN NOURRITURE	8
II.5.	LES PERTURBATIONS	11
II.6.	LA COMPETITION	11
II.7.	LA PREDATION	11
III.	MATERIEL ET METHODES	13
III.1.	DESCRIPTION DES SITES D'ETUDES	14
III.1.1.	<i>Le lac du Val-Joly</i>	14
III.1.2.	<i>La Mare à Goriaux</i>	16
III.1.3.	<i>L'étang du Vignoble</i>	18
III.2.	RECENSEMENT DES ESPECES	19
III.3.	LA MISE EN PLACE D'UNE METHODE DE SUIVI DES PEUPEMENTS DE MOLLUSQUES	19
III.4.	L'IDENTIFICATION	21
III.5.	LES ANALYSES STATISTIQUES	22
IV.	RESULTATS	23
IV.1.	LE RECENSEMENT DES ESPECES	24
IV.1.1.	<i>Analyse générale</i>	24
IV.1.2.	<i>Analyse par site</i>	24
IV.1.2.1.	<i>Lac du Val-Joly</i>	24
IV.1.2.2.	<i>Étang du Vignoble</i>	26
IV.1.2.3.	<i>La Mare à Goriaux</i>	28
IV.2.	ANALYSES MULTIVARIEES	29
IV.2.1.	<i>Caractérisation des plans d'eau par les peuplements de mollusques</i>	29
IV.3.	METHODE DE SUIVI DES PEUPEMENTS DE MOLLUSQUES	32
IV.3.1.	<i>Richesse des milieux étudiés</i>	32
IV.3.2.	<i>Analyses de la répartition des espèces étudiées</i>	33
IV.3.3.	<i>Calcul du nombre de prélèvements à effectuer pour un suivi des peuplements de mollusques</i>	35
V.	DISCUSSION	39
V.1.	LE RECENSEMENT DES ESPECES	40
V.1.1.	<i>Aspect patrimonial</i>	40
V.1.2.	<i>Diagnostic écologique et caractérisation des plans d'eau à partir des peuplements de mollusques</i>	41
V.1.2.1.	<i>Indication par rapport à la pollution</i>	41
V.1.2.2.	<i>Caractérisation des plans d'eau à partir des peuplements de mollusques</i>	43
V.1.3.	<i>Aspect méthodologique</i>	46
VI.	CONCLUSION	50
VII.	BIBLIOGRAPHIE	52
VIII.	ANNEXES	57

Annexe 1 : Liste systématique des espèces de mollusques dulcicoles du Bassin Artois-Picardie.....	58
Annexe 2a : Données habitats recueillies lors du recensement des mollusques aquatiques du Lac du Val-Joly.....	64
Annexe 2b : Données habitats recueillies lors du recensement des mollusques aquatiques de l'étang du Val-Joly.....	66
Annexe 2c : Données habitats recueillies lors du recensement des mollusques aquatiques de l'étang du Val-Joly.....	67
Annexe 3 : Matrice de présence/absence brute.....	69
Annexe 4 : Contributions absolues et relatives de l'AFC effectuées sur la matrice présence/absence.....	71
Annexe 5 : Groupes des stations ayant une composition spécifique identique.....	76
Annexe 6 : Contributions absolues et relatives issues de l'AFC sur la matrice présence/absence après les regroupements.....	77
Annexe 7 : Nombre d'individus récoltés par prélèvement et par type de substrat (espèces classées par ordre alphabétique).	81
Annexe 8 : Variables descriptives pour chaque espèce et pour chaque type de substrat.....	82
IX. GLOSSAIRE.....	83
X. PERSONNES CONTACTEES.....	85

I. INTRODUCTION

La Directive Cadre 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau a été adoptée le 23 octobre 2000 et publiée au Journal Officiel des Communautés Européennes le 22 décembre 2000 (date d'entrée en vigueur).

Cette Directive vise à établir un cadre pour la gestion et la protection des eaux par district hydrogéographique tant du point de vue qualitatif que quantitatif. Elle est appelée à jouer un rôle stratégique et fondateur en matière de politique de l'eau. Elle fixe en effet les objectifs ambitieux pour la préservation et la restauration de l'état des eaux superficielles et souterraines de la communauté européenne.

Entre autres la Directive Cadre prévoit que soit atteint en 2015 le bon état écologique des masses d'eau de surface parmi lesquelles figurent les plans d'eau d'une taille supérieure à 50 hectares. Les méthodes biologiques adaptées au suivi des plans d'eau sont quasi inexistantes en France et sont le plus souvent réservées aux grands lacs profonds (e.g Mouthon, 1987 ; 1993). Il en résulte qu'il n'existe pas à ce jour de véritables outils biologiques de suivi des plans d'eau devant faire l'objet, en Artois-Picardie, d'un suivi au titre de la Directive Cadre.

Les mollusques, en particulier les Gastéropodes aquatiques et les lamellibranches d'eau douce, constituent un ensemble d'invertébrés adaptés au suivi des plans d'eau (Mouthon, 1992a & b). Toutefois les travaux exploratoires, menés sur les peuplements de lacs naturels, ne sont malheureusement pas transposables aux plans d'eau de faible profondeur.

Dans un premier temps, il s'agira d'effectuer un recensement de l'ensemble des taxa de mollusques aquatiques vivant dans trois des quatre plans d'eau retenus au titre de la Directive Cadre, à savoir : le lac du Val-Joly, l'étang du Vignoble et la Mare à Goriaux. Le quatrième, c'est-à-dire l'étang du Romelaere et ses annexes, a été retenu en cours de l'étude. Il n'a donc pas été inclus dans ce travail. Il s'agira ensuite de mettre en évidence les caractéristiques des trois plans d'eau étudiés sur la base de leur composition malacologique. L'étape du recensement s'inscrit dans l'établissement de l'état initial des plans d'eau étudiés. Enfin, le travail comporte un aspect méthodologique consistant à la mise en place d'une méthode de récolte adaptée aux mollusques, méthode qui sera nécessaire si les peuplements de mollusques aquatiques sont ultérieurement utilisés pour le diagnostic écologique des plans d'eau et leur suivi.

**II. PRESENTATION DES MOLLUSQUES
AQUATIQUES ET FACTEURS
CONTROLANT LEUR REPARTITION**

II.1. Présentation des mollusques aquatiques du bassin Artois-Picardie.

L'embranchement des mollusques comprend deux classes : les Gastéropodes et les Bivalves. Les Gastéropodes aquatiques sont séparés en deux groupes : les Prosobranches et les Pulmonés. Les Prosobranches ont une respiration branchiale et sont munis d'un opercule qui obture l'ouverture de la coquille lorsque l'animal est rétracté (figure 1). Les Gastéropodes Pulmonés ont une respiration aérienne et sont dépourvus d'opercule (figure 2). Il existe toutefois des exceptions à ce schéma, notamment chez les Pulmonés. En effet, il existe des espèces ayant une branchie secondaire leur permettant de prélever l'O₂ dissous (par exemple, *Ancylus fluviatilis*).



Figure 1 : Exemple d'un Prosobranché : *Viviparus viviparus* LINNAEUS 1758. Camon/Somme, hauteur : 40, 60 mm [opercule non visible] (photo : EcoNum).



Figure 2 : Exemple d'un Pulmoné : *Lymnaea stagnalis* LINNAEUS 1758. Raismes/Le Prussien, hauteur : 50, 20 mm (photo : EcoNum).

Au niveau du bassin Artois-Picardie, on rencontre six familles appartenant aux Prosobranches. Il s'agit des Neritidae LAMARCK, des Viviparidae J.E. GRAY, des Bithyniidae TROSCHER, des Hydrobiidae TROSCHER, des Valvatidae J.E. GRAY et des Assimineidae H. & A. ADAMS. Quant aux Pulmonés, quatre familles sont présentes. Il s'agit des Acroloxidae THIELE, des Lymnaeidae RAFINESQUE, des Physidae FITZINGER et des Planorbidae RAFINESQUE. L'ensemble des taxa constituant ces familles comprend des espèces strictement inféodées aux milieux aquatiques d'eau douce, et d'autres, strictement inféodées aux milieux aquatiques d'eau saumâtre.

Les Bivalves (figure 3) sont des organismes filtreurs munis de deux valves calcaires tenues entre elles par un ligament. Ces organismes vivent enfouis dans les sédiments meubles.

Le cas de la Dreissene fait exception, puisqu'elle ne vit que sur des substrats durs où elle se fixe grâce à un byssus.



Figure 3 : Exemple d'un Bivalve : *Anodonta cygnea cygnea* LINNAEUS 1758, valve droite. Raismes/Mare à Goriaux, longueur : 107,50 mm. (photo : Econum).

Au niveau du bassin Artois-Picardie, quatre familles ont été observées. Il s'agit des Unionidae RAFINESQUE, des Corbiculidae J.E. GRAY, des Sphaeriidae DESHAYE et des Dreissenidae J.E. GRAY.

Si on prend en compte les travaux de Falkner *et al.* (2001a), Falkner *et al.* (2002) et Cucherat (2003), le bassin Artois-Picardie compte actuellement 38 espèces de Gastéropodes aquatiques et 27 espèces de Bivalves observées. Au niveau français, la liste est composée de 180 taxa. Le tableau 1 permet de comparer le bassin Artois-Picardie à l'ensemble du territoire français.

Tableau 1 : Familles et nombre d'espèces de mollusques aquatiques pour la France et le bassin Artois-Picardie (d'après Falkner *et al.* (2001a), Falkner *et al.* (2002) et Cucherat (2003)).

Groupe	Famille	France	Bassin Artois-Picardie
Prosobranches	Neritidae LAMARCK	1	1
	Viviparidae J.E. GRAY	3	2
	Bithyniidae TROSCHER	4	2
	Hydrobiidae TROSCHER	113	3
	Valvatidae J.E. GRAY	3	3
	Assimineidae H. & A. ADAMS	2	1
Pulmonés	Acroloxidae THIELE	1	1
	Lymnaeidae RAFINESQUE	11	7
	Physidae FITZINGER	4	3
	Planorbidae RAFINESQUE	22	13
Bivalves	Unionidae RAFINESQUE	9	6
	Corbiculidae J.E. GRAY	2	1
	Sphaeriidae DESHAYE	24	18
	Dreissenidae J.E. GRAY	2	2

La famille des Hydrobiidae regroupe pour une large part des espèces liées exclusivement aux eaux interstitielles. L'état des connaissances de cette famille est à ce jour très lacunaire, ce qui explique peut-être le peu d'espèces observées au niveau du bassin Artois-Picardie. Pour le reste des familles, l'ensemble de la faune est à peu près comparable à celle de l'ensemble de la France. Il faut également noter que le tableau n'inclut pas les espèces potentielles ou présentes jadis dans le bassin. De nouvelles prospections permettraient d'améliorer les connaissances de ces groupes faunistiques. La liste systématique des espèces observées au niveau du bassin Artois-Picardie est donnée en annexe 1.

II.2. Facteurs contrôlant la répartition des mollusques aquatiques

Les organismes benthiques présentent des degrés variables de réponse aux changements des conditions du milieu. Contrairement aux insectes qui passent leur stade adulte à l'air libre, les mollusques aquatiques sont exclusivement liés au milieu aquatique. Du fait de leur faible mobilité et de leur durée de vie (entre une année à plusieurs dizaines d'années), ils reflètent donc les conditions dans lesquelles ils vivent.

L'appréciation de l'état écologique des plans d'eau et de l'impact des activités humaines peut donc être atteinte en s'intéressant aux facteurs régissant la répartition des mollusques dulcicoles et leur écologie, en particulier les principaux facteurs interagissant avec les espèces et les peuplements de mollusques.

II.3. Les paramètres physico-chimiques

Dans la vision traditionnelle, il est largement admis que le calcium est un facteur important dans la répartition et l'abondance des mollusques aquatiques (Boycott, 1936 ; Macan, 1950 ; Ökland, 1983). Les eaux riches en sels dissous supportent davantage d'espèces que celles en contenant peu (Hunter, 1964). De telles relations entre la richesse spécifique et la teneur en sels calciques ont été mises en évidence en Grande-Bretagne, dans le English Lake District (Boycott, 1936 ; Macan, 1950 ; Savage & Gazey, 1987) et dans la péninsule scandinave (Ökland, 1979 & 1983 ; Aho, 1984). Quoique les relations démontrées indiquent une relation positive entre la teneur en calcium dissous et la richesse spécifique des mollusques, il faut préciser que ces études ont été effectuées dans des régions géologiquement homogènes et naturellement pauvres en calcium.

Ainsi il n'est pas surprenant que la teneur en calcium dans les eaux très douces joue un rôle important dans la faible abondance et/ou l'absence des mollusques. Par ailleurs, il a été observé que certaines espèces de mollusques, en particulier des Gastéropodes, pouvaient vivre dans des milieux oligocalciques (Aho, 1966) alors que pour certains auteurs ces mêmes espèces nécessitent de fortes quantités de calcium (Boycott, 1936). Ökland (1983) a montré que la diversité spécifique des mollusques diminue de manière significative uniquement lorsque les concentrations en calcium sont extrêmement basses ($< 5,2 \text{ mg.L}^{-1}$). Selon Mouthon (1989 ; 1992a & b), la teneur en calcium est un facteur jouant davantage sur la densité des espèces que sur la richesse spécifique des mollusques des lacs. Enfin pour Lodge *et al.* (1987), lorsque la teneur en calcium est supérieure à 5 mg.L^{-1} d'autres facteurs entrent en jeu dans la répartition et l'abondance des mollusques.

McKillop (1984) montre que les concentrations en calcium, en nitrate et en nitrite sont les meilleurs prédicteurs de l'abondance des mollusques. Expérimentalement, l'addition de phosphore augmente la densité des Gastéropodes (Breen & Twich, 1978), via l'augmentation des densités du périphyton. En Grèce, Eleutheriadis & Lazaridou-Dimitriadou (1995) montrent également que la concentration en $\text{PO}_4\text{-P}$ est le paramètre hydrologique le plus significatif sur les densités de *Bithynia graeca*. En revanche, les densités de *Viviparus contectus* sont significativement influencées par l' O_2 dissous. D'autres facteurs tels que la surface du plan d'eau, l'altitude, etc. sont importants (Savage & Gazey, 1987). Par conséquent, plutôt qu'une réaction directe avec les minéraux dissous, ces relations traduisent plutôt les

effets de la productivité du milieu sur l'abondance des mollusques et la richesse des espèces. Dans cette optique, Legendre *et al.* (1984) et Costil & Clément (1996) ont étudié la relation entre la richesse nutritive du milieu et l'abondance et la richesse spécifique des mollusques.

L'eutrophisation entraîne une augmentation de la biomasse des algues et des macrophytes supportant les algues épiphytiques, source de nourriture pour les Gastéropodes (Legendre *et al.*, 1984). Indirectement cette augmentation de biomasse entraîne une diminution de la concentration en O₂ à l'interface eau-sédiment, ainsi que la transparence de l'eau. Le manque d'O₂ à ce niveau induit donc une sélection des espèces de Gastéropodes les plus tolérantes au déficit d'O₂.

Costil & Clément (1996) montrent que les mollusques aquatiques de 45 plans d'eau de Bretagne présentent une distribution le long d'un gradient trophique. Ainsi parmi les espèces observées, *Lymnaea glabra* (= *Omphiscola glabra*) est très proche des communautés végétales indiquant un milieu oligo-dystrophe ou oligotrophe alors que d'autres espèces (*Hippeutis complanatus*, *Planorbis planorbis*, *Lymnaea stagnalis* et *Planorbarius corneus*) sont essentiellement trouvées dans des communautés végétales caractérisant des milieux plus eutrophes.

Parmi les autres facteurs physico-chimiques intervenant dans la distribution des mollusques aquatiques, la température semble avoir un rôle important dans la distribution de certains taxa (Van der Schalties & Berry, 1973). Quoique l'étude montre une sous représentation des lacs de plaine, c'est-à-dire situés à une altitude inférieure à 500 m, Mouthon (1990) montre que la température surpasserait les autres facteurs précédemment évoqués et expliquerait la répartition des mollusques dans les lacs européens.

II.4. L'habitat et la ressource en nourriture

L'influence du type de substrat et sa nature joue un rôle dans la distribution des mollusques. Ainsi, Goodrich (1921) a observé que plusieurs espèces du genre *Goniobasis* étaient physiquement isolées par des substrats différents. La diversité spécifique des mollusques semble être positivement affectée par la nature et la diversité des substrats dans un milieu donné (Harman, 1972).

Mouthon (1986) montre également que la nature du sédiment influence la répartition des mollusques dans les lacs. Elle se traduit entre autres par la disparition progressive des espèces des zones profondes lorsque le sédiment se charge en matière organique. En zone littorale, l'enrichissement en matière organique des sédiments se traduit par une diminution des peuplements de Sphaeriidae alors que ceux des Gastéropodes augmentent.

Les études de terrain sur le mode de distribution des escargots aquatiques dans les plans d'eau montrent une relation spécifique entre ces organismes et les macrophytes (Pip & Paulishyn, 1971 ; Lodge, 1985 ; Pip, 1986). Mais les causes de cette association ne sont pas nécessairement liées au fait que les macrophytes soient une ressource de nourriture (Brönmark, 1989). Lodge (1985) montre que les Gastéropodes sont nettement plus abondants dans les macrophytes que dans les autres substrats. Selon lui, *Acroloxus lacustris* est abondant dans les nénuphars blancs et dans les hélrophytes. Ceci serait dû à des contraintes morphologiques. *Planorbis vortex* (= *Anisus vortex*) est quant à lui plus abondant dans les formations à hélrophytes de type graminioïde (*Glyceria maxima*) alors que *Lymnaea peregra* (= *Radix balthica*) est associé aux hydrophytes, en particulier *Elodea canadensis*.

La distribution d'*Acroloxus lacustris* est probablement déterminée par la structure physique du substrat. Celle de *Planorbis vortex* serait due à la présence et à la qualité des dépôts et de l'épiphyton sur les hélrophytes. Dans un même site, la distribution de *Planorbis vortex* et de *Lymnaea peregra* serait probablement liée au régime alimentaire de ces deux taxa (Lodge, 1986). *Lymnaea peregra* brouterait préférentiellement les filaments d'algues vertes présents dans les *Elodea canadensis*, alors que *Planorbis vortex* se nourrirait de diatomées présentes sur les hélrophytes. L'attraction de *Lymnaea peregra* vers les végétaux aquatiques serait dû à l'émission d'exudats de la part de ceux-ci (Brönmark, 1985), ces derniers broutant l'épiphyton et favorisant la croissance du végétal.

Par ailleurs, les Gastéropodes Pulmonés utilisent également les végétaux comme support pour la ponte et pour accéder à l'air atmosphérique (Thomas, 1982). La complexité des massifs de macrophytes atténuerait la prédation des poissons en augmentant le nombre de refuges et en réduisant l'efficacité de la prédation (Crowders & Cooper, 1982).

Enfin la densité en invertébrés semble être plus importante dans les massifs de végétaux que dans les substrats non végétalisés, même en l'absence de prédation (Bell & Westboby, 1986), quoique, en milieu lotique, le contraire ait été montré (Rooke, 1984). En milieu

lentique, l'affirmation de Bell & Westboby (1986) semble être applicable pour les Gastéropodes aquatiques. Ainsi, quatre des six espèces étudiées par Brown & Lodge (1993), dans deux milieux différents, montrent des abondances plus élevées par unité de surface du fond dans les massifs d'hydrophytes. Ces auteurs suggèrent que la plus grande abondance des espèces dans les massifs d'hydrophytes serait expliquée par la plus grande surface colonisable, sans que la diminution des risques de prédation soit impliquée. Les conclusions corroborent celles des travaux antérieurs stipulant que l'abondance des escargots est corrélée à la biomasse des macrophytes et les caractéristiques des massifs de végétaux (Cyr & Downing, 1988).

Par ailleurs, on pourrait croire que la forte productivité d'un habitat induirait une forte biomasse en Gastéropodes, mais pas nécessairement une forte richesse spécifique (Mouthon, 1982). Toutefois, Costil & Clément (1996) montrent qu'un milieu avec un haut niveau trophique, reflété par la présence de communautés végétales eutrophes, fournit des conditions favorables pour la coexistence de nombreuses espèces de Gastéropodes aquatiques. Cette idée, exprimée par Ökland (1990), peut se résumer ainsi : pour la plupart des espèces, les sites avec des habitats quantitativement et qualitativement plus riches en espèces végétales (type A) sont beaucoup plus favorables que ceux où seul l'aspect quantitatif est significatif (type B) ; la distinction majeure entre ces deux types est que dans le premier, des espèces des milieux eutrophes sont présentes et que dans le second il n'y en a pas.

Selon Antoine (2002) la distribution des mollusques dans deux milieux aquatiques de Suisse et de France peut être résumée ainsi :

- À plus petite échelle (microhabitat), l'occurrence et la densité des espèces prises individuellement semblent être bien expliquées par l'occupation des différentes strates de la végétation (litière, végétation rase, etc.). La répartition des grandes espèces serait expliquée par le type de structure des feuilles de végétaux.
- À l'échelle des mésohabitats (Armitage *et al.*, 1995), la connectivité semble être responsable de la différenciation des Gastéropodes, en créant une hétérogénéité entre mésohabitats. Cette hétérogénéité semble conditionner la composition et la répartition des assemblages de Gastéropodes. Ainsi chaque type de mésohabitat héberge un cortège de taxa caractéristiques.
- Au niveau régional, la spécificité de chaque étang étudié serait la variable explicative de la répartition des Gastéropodes. À ce niveau, chaque espèce

répondrait à des déterminismes distincts. Certaines espèces répondraient majoritairement à des déterminismes locaux (structure du microhabitat) et d'autres à des facteurs plus généraux (hydrologie, chimie, histoire, etc.).

II.5. Les perturbations

La micro-distribution des Gastéropodes aquatiques est fortement influencée par la stabilité des populations et la permanence des habitats (Lodge & Kelly, 1985). Lodge & Kelly (1985) montrent que les populations de *Lymnaea peregra* et de *Valvata piscinalis*, associées aux hydrophytes, sont fortement affectées par un épisode de sécheresse estivale dans une Mare située en Grande-Bretagne. 99 % et 35 % des populations respectives de *Lymnaea peregra* et de *Valvata piscinalis* disparaissent. En revanche, deux autres espèces, *Bithynia tentaculata* et *Planorbis vortex*, associées aux hélrophytes, ne le sont pas. Ces auteurs précisent que les populations de *Lymnaea peregra* et *Valvata piscinalis* recouvrent rapidement leur taille après la repousse des végétaux aquatiques dans lesquelles elles vivent. Ils suggèrent que la stabilité des populations de *Lymnaea peregra* et de *Valvata piscinalis* joue un rôle majeur dans l'association avec les habitats émergés temporaires. Ils proposent la même interprétation pour les populations de *Bithynia tentaculata* et de *Planorbis vortex* avec les hélrophytes.

II.6. La compétition

Les phénomènes de compétition sont difficilement démontrables dans la nature (*e.g.* Eisenberg, 1966) et la plupart des cas observés proviennent d'expérimentations en laboratoire (Fenchel, 1975). Lodge *et al.* (1987) pensent qu'entre plans d'eau et dans les plans d'eau, les perturbations et la prédation réduisent les populations à un seuil de densité sous lequel jouerait la compétition inter-spécifique. Ainsi selon eux, la compétition serait un facteur important dans les plans d'eau permanents où il n'existerait pas d'autres forces limitant la taille des populations et leur distribution.

II.7. La prédation

La prédation est une importante source de mortalité des mollusques d'eau douce (Eisenberg, 1966). Quoique les espèces de mollusques n'aient pas toujours coexisté avec leur

prédateur (Vermeij & Covich, 1978), les espèces ayant une coquille épaisse sont avantagées par rapport à celles qui en ont des fines (Brown & Devries, 1985).

Les mollusques aquatiques ont de nombreux prédateurs : larves de mouche Sciomizides, Odonates, etc. Toutefois, peu de données existent concernant le mode de répartition et l'impact de ces prédateurs. Lodge *et al.* (1987) suggèrent que l'impact des ces derniers est probablement à relativiser face à celui des grandes espèces, telles que les espèces de poissons. Selon ces mêmes auteurs, la prédation par les vertébrés serait un facteur déterminant de la répartition des mollusques entre et dans les plans d'eau.

III. MATERIEL ET METHODES

III.1. Description des sites d'études

La figure 4 présente une vue d'ensemble des plans d'eau retenus au titre de la Directive Cadre sur l'Eau au niveau du bassin Artois-Picardie.

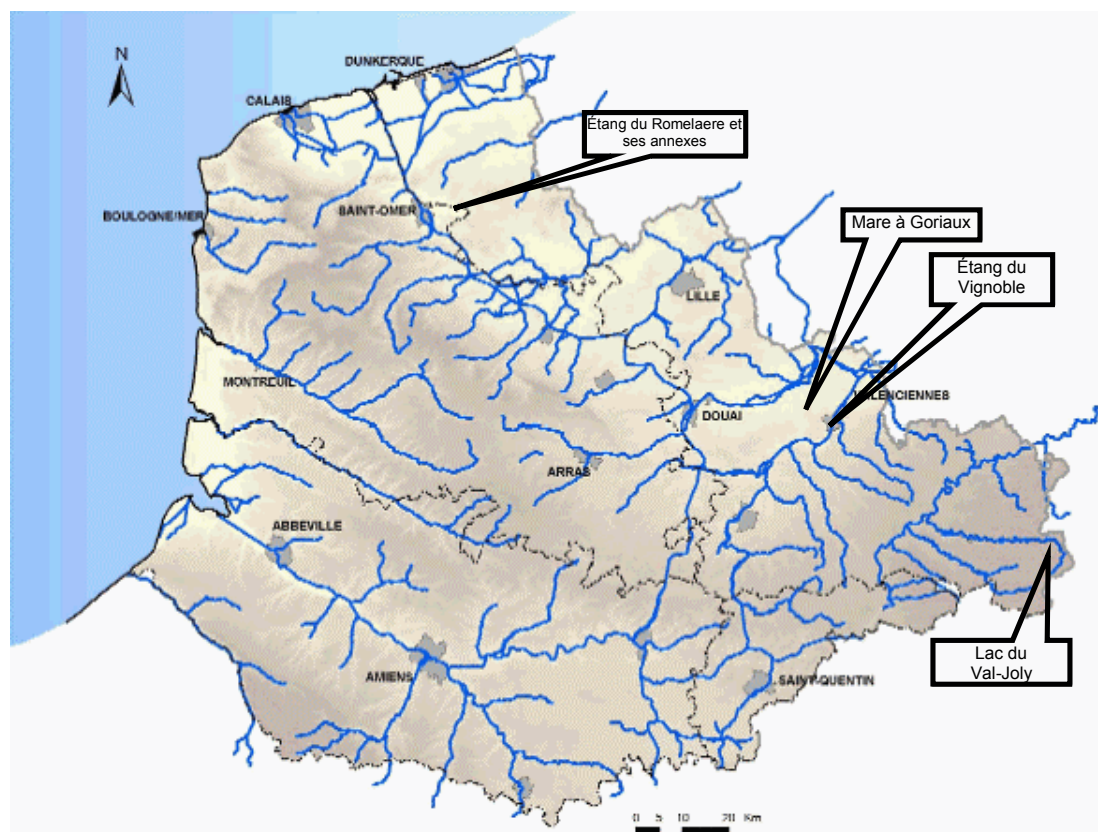


Figure 4 : Localisation des plans d'eau de la Directive Cadre au niveau du bassin Artois-Picardie.

III.1.1. Le lac du Val-Joly

Le lac du Val-Joly est une retenue d'eau de 180 hectares située au sud-est du bassin Artois-Picardie, dans le Parc Naturel Régional de l'Avesnois. Ce plan d'eau résulte de l'implantation en 1968 d'un barrage hydroélectrique sur la rivière Helpe Majeure. Sa vocation était d'assurer un débit réservé pour le refroidissement des générateurs thermiques de la centrale de Pont-sur-Sambre (figure 5).

Le plan d'eau s'étend sur les territoires communaux de Willies, Eppe-Sauvage et Trélon. C'est une propriété du département du Nord dont la vocation est désormais tournée vers les activités récréatives (pêche, voile, etc.). Toutefois, le niveau est géré par E.D.F. et se fait en fonction des précipitations.



Figure 5 : Carte de localisation du lac du Val-Joly (les traits noirs correspondent aux berges prospectées).

Le lac s'inscrit dans un paysage ayant un relief assez marqué (altitude comprise entre 200 et 270 m). Le contexte géologique du lac est composé de limons quaternaires plaqués sur des schistes faméniens, qui apparaissent sur les berges les plus pentues. À cela se superposent les alluvions de l'Helpe Majeure et de ses affluents. Les sédiments sont essentiellement de nature organique. Les berges sont pour la majorité en pente douce.

Le paysage est dominé par des massifs forestiers et du bocage. Ceux-ci sont exclusivement composés de feuillus (Chêne pédonculé, Charme, etc.). Du fait de la grande proportion de berges ombragées et d'un important marnage du lac (entre 1 et 1,50 m), les ceintures d'hélophytes sont très peu présentes et sont très limitées dans l'espace. Lorsque celles-ci existent, elles sont dominées par la Baldingère faux-roseaux (*Phalaris arundinacea*). Les herbiers aquatiques sont très peu représentés et sont limités aux secteurs ensoleillés et en pentes douces.

L'Helpe Majeure constitue l'apport principal en eau du lac. Secondairement, l'alimentation est fournie par les ruisseaux de l'Orbaye et du Voyon, situés respectivement au nord et au sud du lac. À cela s'ajoute l'apport en eau dû aux ruissellements.

Depuis les années 1990, le lac est le siège de blooms phytoplanctoniques. Ceux-ci sont dus à l'augmentation de l'apport en phosphore via l'Helpe Majeure rendant les eaux du plan d'eau nettement eutrophes. Les algues impliquées dans ces proliférations algales sont des cyanophycées appartenant aux espèces *Pseudanabaena tenuis*, *Aphanizomenon flos-aquae* et *Oscillatoria agardhii*. Les proliférations algales s'accompagnent d'une alcalinisation de l'eau et d'une sursaturation de l'eau en été. Il est à noter que les sédiments du lac présentent une forte concentration en phosphore (Agence-de-l'Eau-Artois-Picardie, 1994).

III.1.2. La Mare à Goriaux

La Mare à Goriaux (figure 6), inscrite dans le périmètre du PNR Scarpe-Escaut, est un étang intraforestier de 78 hectares s'étendant sur les territoires communaux de Wallers et de Raismes. L'étang, localisé dans la plaine de la Scarpe, affluent gauche du fleuve Escaut, est limité au sud par un important terril plat. La Mare représente l'essentiel de la réserve biologique domaniale du même nom (270 hectares) mise en place en 1982 au sein de la Forêt Domaniale de Saint-Amand-Les-Eaux, Raismes, Wallers. Le site est inscrit dans le site Natura 2000 FR 3100507.

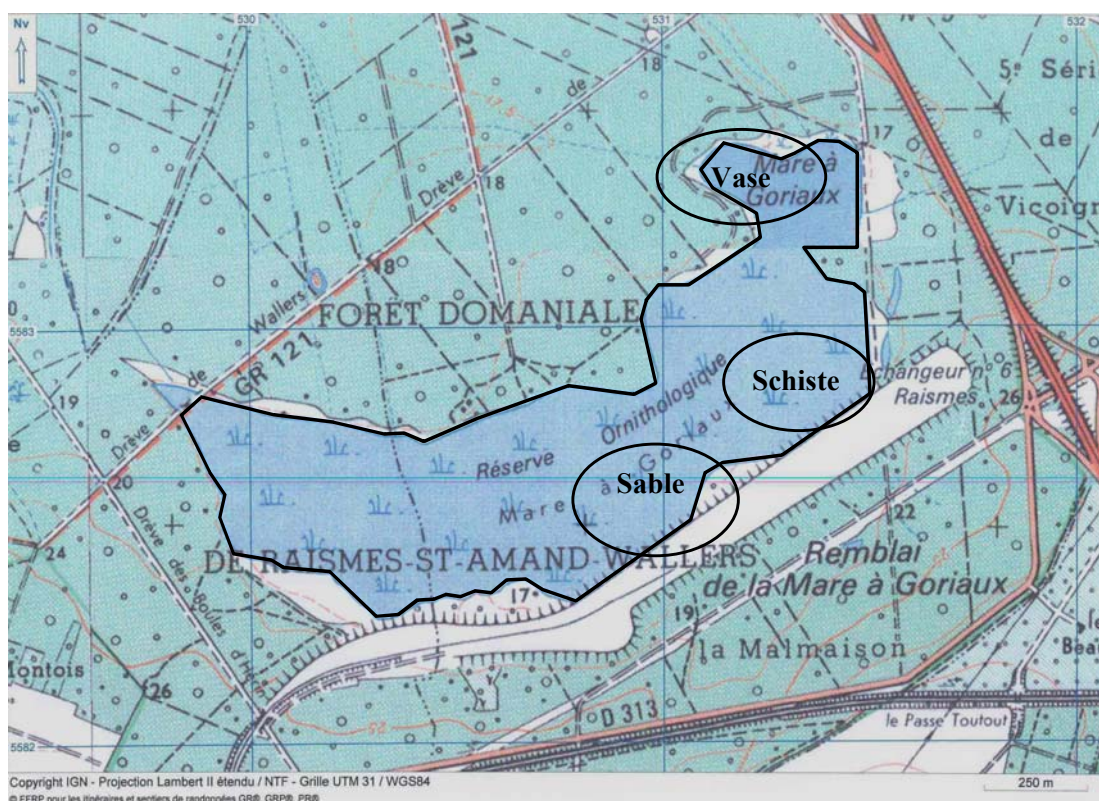


Figure 6 : Carte de localisation de la Mare à Goriaux (le trait noir correspond aux berges prospectées ; les ellipses indiquent les secteurs ayant fait l'objet de prélèvements pour la mise en oeuvre d'une méthode de suivi des peuplements de mollusques).

À l'origine le site était vraisemblablement occupé par une formation boisée hygrophile (chênaie pédonculée hygrophile). Le cadastre de 1885 ne fait aucune mention de la présence du plan d'eau. Dès 1850, l'exploitation de la mine de Vicoigne provoqua les premiers effondrements miniers, et la mise en activité de la mine d'Arenberg, en 1903, accentua les effondrements. Ceci eut pour conséquence l'affleurement de la nappe phréatique des sables landéniens. Trois étangs se formèrent : les étangs d'Aubry à l'est, de Bassy à l'ouest et la Mare à Goriaux au centre. Ces trois plans d'eau fusionnèrent vers les années 1930 et les drèves les plus élevées furent régulièrement rechargées par du schiste houiller. Celles-ci gardèrent leurs fonctions pendant un certain temps puis ont elles mêmes été submergées.

La profondeur de la Mare à Goriaux est d'environ 1,50 m. Les substrats de la Mare sont composés de schistes dans la partie sud et de sables landéniens dans les autres parties. Au niveau des ceintures d'hélophytes le substrat est de type vaseux-tourbeux. La Mare présente une importante couche de vase non répartie de façon homogène. Celle-ci, d'une épaisseur d'environ 1,50 m, est composée de matières organiques et de schlamms. Les schlamms sont issus des eaux d'exhaures de la mine d'Arenberg déversées dans la Mare jusqu'en 1989.

Le paysage de la Mare est constitué de formations boisées hygrophiles (saulaies, aulnaies, bétulaies) recouvrant une grande partie des berges. Les berges sont également colonisées par des ceintures d'hélophytes, nettement dominées par le Roseau commun (*Phragmites australis*). Il existe également des ceintures moins étendues et majoritairement composées par les Laïches des rives et acutiformes (*Carex riparia* et *C. acutiformis*), de Massette à feuilles étroites et à large feuilles (*Typha angustifolia* et *T. latifolia*). Toutes ces formations hélophytiques sont bordées par d'étroites ceintures d'Oseille aquatique (*Rumex hygrolapatum*).

L'alimentation en eaux de la Mare est à 80 % due à la nappe phréatique. Le niveau de l'étang suit de manière générale celui de la nappe phréatique de la plaine de la Scarpe. Le plan d'eau connaît un battement saisonnier d'environ 30 cm. Les eaux de la Mare sont eutrophes et ont une forte productivité, mais présentent également une forte minéralisation. Celle-ci résulte de la nappe phréatique et du lessivage du terril. L'eutrophisation des eaux s'accroît avec l'arrêt de la circulation en eau en été.

III.1.3. L'étang du Vignoble

L'étang du Vignoble (figure 7) est une ancienne gravière de 51,6 hectares située dans le lit majeur du fleuve Escaut, sur la commune de Valenciennes. Le plan d'eau est désormais voué aux activités récréatives (pêche, voile, etc.). D'un point de vue géologique, l'étang repose sur des alluvions de l'Escaut. Le fond est composé de sédiments sableux avec des apports localisés de matériaux exogènes (gravats, blocs, etc.). Les sédiments du fond sont fortement pollués par les métaux lourds (Mercure, Zinc, Cadmium) (Drumez, 1991), limitant son curage pour des raisons techniques et financières.

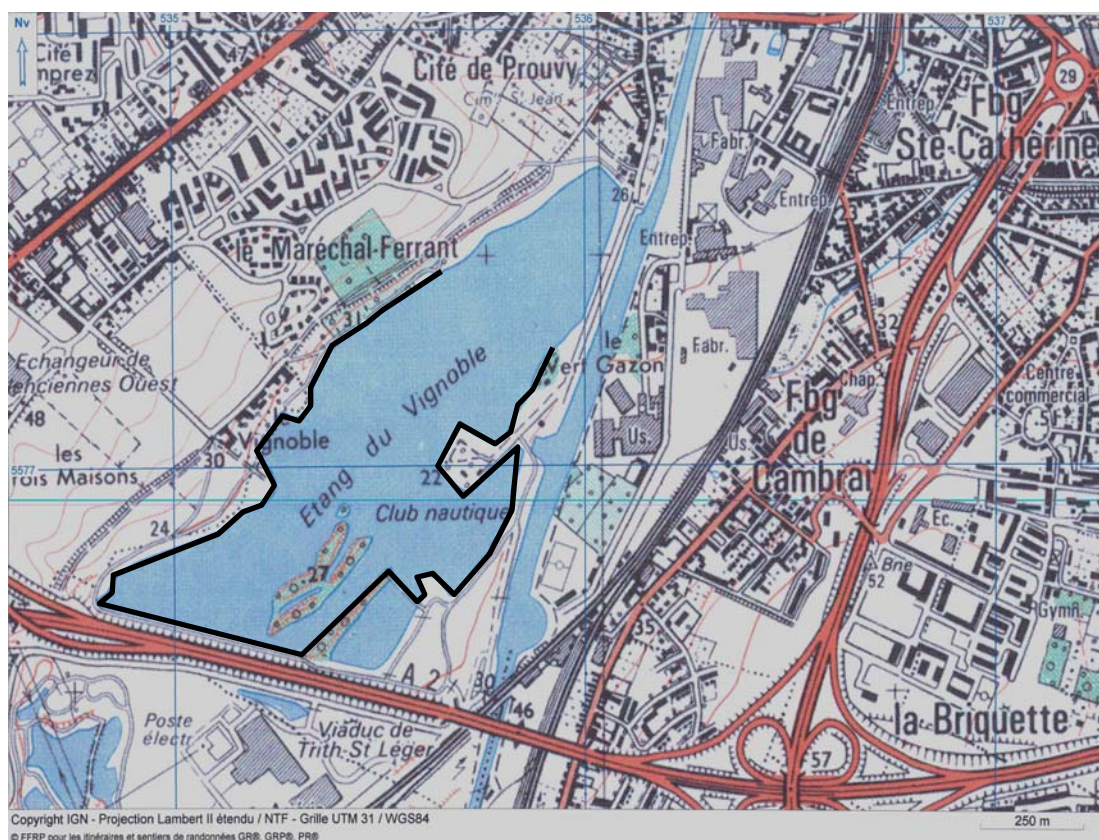


Figure 7 : Carte de localisation de l'étang du Vignoble (le trait noir correspond aux berges prospectées).

Les berges de la partie nord du site sont constituées de blocs en grillage. Les berges restantes sont également très artificialisées et très abruptes. Ainsi les formations hélophytiques sont très peu développées. Lorsqu'elles existent, elles correspondent à des typhaies à larges feuilles (*Typha latifolia*). Toutefois, dans le secteur sud, on peut trouver des berges en pente douce colonisées par des *Carex* div. sp. et le Roseau Commun (*Phragmites australis*). Les herbiers aquatiques ont une extension très limitée et se localisent principalement dans le secteur sud-ouest du site. Ils sont composés en grande majorité d'*Elodea* sp. et de *Myriophyllum* sp.

Le paysage est composé de formations boisées typiques des vallées alluviales. Celles-ci sont composées de Saule blanc (*Salix alba*), Saule cendré (*Salix cinerea*) et d'Aulne glutineux (*Alnus glutinosa*).

L'étang du Vignoble reçoit les eaux pluviales issues de la ZAC du Vignoble, d'un lotissement de la Sentinelle, d'un tronçon de l'autoroute A2 et de la rocade Ouest par l'intermédiaire d'un exutoire. Il reçoit également l'eau de la nappe de la craie, de l'Escaut et d'un certain nombre de source le long du coteau du Vignoble. Les eaux du site sont riches en nutriments et sont l'objet d'un processus d'eutrophisation. L'étang a fait l'objet d'un traitement à "l'Aquabel" pour limiter l'eutrophisation des eaux (12 tonnes en mars 2002) (Jourdan & Petit, 2003).

III.2. Recensement des espèces

Les mollusques aquatiques ont été prélevés à l'aide d'un troubleau métallique circulaire (type passette de cuisine de diamètre : 25 cm), de maille carrée de 1 mm. Les principaux types d'habitats ont été stratifiés puis prospectés. Sur chaque station de prélèvement, les éléments suivants ont été notés : type de flore, type de substrat et "paysage" environnant.

Le contenu des prélèvements a été tamisé à l'eau sur une colonne de tamis à maille décroissante (10 mm, 5 mm et 1 mm), puis trié sous loupe binoculaire. Les individus récupérés lors du tamisage et du tri ont été conservés dans l'alcool à 70°.

Cette méthode permet d'obtenir du matériel vivant et des coquilles vides, condition nécessaire pour identifier bon nombre d'espèces.

III.3. La mise en place d'une méthode de suivi des peuplements de mollusques

Le site choisi pour tester la méthode de suivi des peuplements de mollusques aquatiques a été la Mare à Goriaux. Les raisons qui ont motivé ce choix sont :

- La facilité d'accès et la quantité d'information concernant ce site
- La présence de trois grands types de substrats benthiques *a priori* uniformes et également présents dans les deux autres sites.

Les secteurs prospectés sont composés :

- De schistes et de grès houillers situés au sud du site (figure 6). Ce substrat est issu de l'éboulement du terril houiller dans la Mare. Le matériau composant le substrat est de taille très variable ; de blocs de taille variant de 20 cm à des particules de quelques millimètres de diamètre. À l'exception des algues présentes à la surface des blocs, le substrat n'est pas colonisé par les hydrophytes vasculaires.
- De sables landéniens situés au sud du site (figure 6). Ce substrat est issu de la disparition du sol forestier consécutivement à l'effondrement du site. Les éléments minéraux composant ce substrat sont fins (< au mm). S'ajoute à cela une grande proportion d'éléments organiques composés de fragments de branches d'arbre. Ça et là se trouvent des souches d'arbre dépéris par l'affleurement de la nappe d'eau. Le substrat n'est pas colonisé par les hydrophytes vasculaires.
- De vases organiques colonisées par des roselières à *Phragmites australis* situées dans la partie nord-est du site (figure 6). Les particules constituant ce substrat sont de nature organique (débris végétaux essentiellement) et de petite taille (< au mm).

Pour faire une première estimation des variables descriptives des peuplements, c'est à dire la moyenne et la variance, 15 prélèvements de benthos ont été effectués dans les trois types de substrat.

Les mollusques ont été récoltés à l'aide d'un dispositif de type Surber adapté au milieu lentique (figure 8). Ce dispositif est constitué de deux parties. La première est composée d'une armature carrée métallique formant un quadrat de 50 cm de côté (0,25 m² au sol). Perpendiculairement à ce quadrat, une autre armature rectangulaire y est fixée via des aubans. Cette partie rectangulaire, de dimension 30 x 50 cm, supporte le filet. Ce dernier d'une profondeur de 60 cm est en nylon imputrescible. Le filet a une maille carrée de 1 mm. La seconde partie du dispositif est composée d'un coffre en bois peint à trois côtés (en blanc sur la figure 8). Ce coffre est placé autour de la surface de prélèvement et évite la dispersion du substrat lors de la récolte.



Figure 8 : Vue d'ensemble du dispositif de prélèvement.

Dans les secteurs schisteux et sableux, l'ensemble du substrat situé dans la surface du Surber a été raclé puis projeté dans le filet. Pour le substrat vaseux, une modification par rapport au protocole initial a été effectuée. Dans ce cas, le substrat situé dans la surface du Surber a été prélevé à l'aide d'une épaisseur d'un millimètre de maille. Dans tous les cas, les volumes récoltés ont ensuite été mis dans des sacs en polyéthylène. Les prélèvements ont été effectués au hasard.

Les prélèvements ont ensuite été placés dans les bacs remplis d'eau froide. Les mollusques se déplaçant à la surface du sédiment ont été prélevés. Ensuite le sédiment a été tamisé à l'eau sur une colonne de tamis (mailles : 10, 5, 2, 1 mm). Les refus de tamis ont été triés sous loupe binoculaire. Seuls les individus vivants ont été considérés et ensuite comptabilisés.

III.4. L'identification

Les petites espèces sont identifiées sous une loupe binoculaire 10 x 63. Celles nécessitant l'examen des organes génitaux pour l'identification ont été noyées puis disséquées. Les ouvrages utilisés pour l'identification des espèces sont :

- Mollusques aquatiques : Adam (1960), Falkner (1990) et Glöer & Meier-Brook (1998) ;
- Sphaeridae : Adam (1960), Piechocki (1989), Korniuschin (1994) et Korniuschin & Hackenberg (2000).

La nomenclature utilisée est celle de Falkner *et al.* (2002).

Pour des raisons de commodité, les espèces de *Pisidium* n'ont pas été identifiées jusqu'à l'espèce dans le cas de la mise au point de la méthode de suivi des peuplements de mollusques.

III.5. Les analyses statistiques

Les données obtenues lors du recensement des espèces de mollusques aquatiques des trois plans d'eau ont fait l'objet d'analyses factorielles des correspondances (AFC). Ces AFC ont été réalisées à l'aide du logiciel StatBox Pro (Grimmer-Logiciels, 1995-1999).

Les traitements statistiques des données issues des prélèvements pour la mise en place du suivi des peuplements de mollusques ont été inspirées des ouvrages de Elliott (1983) et de Southwood & Henderson (2000).

Pour estimer la variabilité des moyennes des individus récoltés en fonction du nombre de prélèvements, des simulations ont été effectuées. Pour cela, 255 tirages aléatoires avec remise de 15 prélèvements parmi 15 ont été réalisés. Puis de 14 prélèvements parmi 15, jusqu'à deux prélèvements parmi 15 ont été effectués.

Une simulation du nombre de prélèvements à effectuer en fonction de la précision a également été réalisée pour chaque type de substrat. La simulation a été effectuée sur la base de la formule donnée par Elliott (1983) pour évaluer le nombre de prélèvements en fonction de la précision :

$$n = s^2 / (D^2 \cdot x^2)$$

Avec n = nombre de prélèvements
 D = degré de précision
 x = moyenne estimée
 s² = variance estimée

IV. RESULTATS

IV.1. Le recensement des espèces

IV.1.1. Analyse générale

Sur l'ensemble des trois plans d'eau prospectés, 36 espèces de mollusques ont été observées dont 22 sont des Gastéropodes aquatiques et 13 sont des Bivalves (tableau 2). On remarque que 12 espèces ne sont pas communes aux trois plans d'eau. Ces taxa sont en caractères gras dans le tableau 2. Les espèces communes aux trois plans d'eau sont en caractères non-gras dans le tableau 2.

Tableau 2 : Listes des espèces de mollusques observées dans les trois plans d'eau (rangées par ordre alphabétique).

Lac du Val-Joly	Étang du Vignoble	Mare à Goriaux
<i>Acroloxus lacustris</i>	<i>Acroloxus lacustris</i>	<i>Acroloxus lacustris</i>
<i>Anisus vortex</i>	<i>Anisus vortex</i>	<i>Anisus spirorbis</i>
<i>Anodonta anatina anatina</i>	<i>Anodonta anatina anatina</i>	<i>Anodonta anatina anatina</i>
<i>Anodonta cygnea cygnea</i>	<i>Anodonta cygnea cygnea</i>	<i>Anodonta cygnea cygnea</i>
<i>Bithynia tentaculata</i>	<i>Bathyomphalus contortus</i>	<i>Bithynia leachii</i>
<i>Gyraulus albus</i>	<i>Bithynia tentaculata</i>	<i>Bithynia tentaculata</i>
<i>Gyraulus crista</i>	<i>Dreissena p. polymorpha</i>	<i>Ferrissia clessiniana</i>
<i>Hippeutis complanatus</i>	<i>Gyraulus albus</i>	<i>Galba truncatula</i>
<i>Lymnaea stagnalis</i>	<i>Gyraulus crista</i>	<i>Gyraulus crista</i>
<i>Musculum lacustre</i>	<i>Hippeutis complanatus</i>	<i>Hippeutis complanatus</i>
<i>Physella acuta</i>	<i>Musculum lacustre</i>	<i>Lymnaea stagnalis</i>
<i>Pisidium casertanum</i>	<i>Physella acuta</i>	<i>Musculum lacustre</i>
<i>Pisidium henslowanum</i>	<i>Pisidium milium</i>	<i>Physella acuta</i>
<i>Pisidium moitessierianum</i>	<i>Pisidium nitidum</i>	<i>Pisidium casertanum</i>
<i>Pisidium nitidum f. crassa</i>	<i>Pisidium subtruncatum</i>	<i>Pisidium henslowanum</i>
<i>Pisidium obtusale</i>	<i>Planorbarius corneus corneus</i>	<i>Pisidium milium</i>
<i>Pisidium subtruncatum</i>	<i>Planorbis carinatus</i>	<i>Pisidium nitidum</i>
<i>Pisidium supinum</i>	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	<i>Pisidium obtusale</i>
<i>Planorbis planorbis</i>	<i>Radix balthica</i>	<i>Pisidium subtruncatum</i>
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	<i>Stagnicola palustris</i>	<i>Planorbis planorbis</i>
<i>Radix auricularia auricularia</i>	<i>Unio pictorum pictorum</i>	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>
<i>Sphaerium corneum</i>	<i>Unio tumidus depressus</i>	<i>Radix balthica</i>
<i>Stagnicola cf. fuscus</i>	<i>Valvata cristata</i>	<i>Stagnicola palustris</i>
<i>Unio pictorum pictorum</i>	<i>Valvata piscinalis</i>	<i>Unio pictorum pictorum</i>
<i>Valvata piscinalis</i>		<i>Valvata piscinalis</i>

IV.1.2. Analyse par site

IV.1.2.1. Lac du Val-Joly

Parmi les 19 espèces vivantes trouvées lors du recensement, 10 espèces sont des Gastéropodes aquatiques et 9 sont des espèces de Bivalves (tableau 3). L'espèce la plus fréquemment observée est *Valvata piscinalis* (36 occurrences sur 65 prélèvements). Viennent ensuite *Bithynia tentaculata* et *Gyraulus albus*, respectivement 14 sur 65 et 9 sur 65. Les autres espèces ont des occurrences inférieures ou égales à 8 sur 65 (tableau 3).

Tableau 3 : Nombre d'occurrences des espèces de mollusques récoltées au lac du Val-Joly (n = 65 prélèvements).

Espèce	Classe	Ordre	Famille	Nombre d'occurrences
<i>Acroloxus lacustris</i>	Gastéropode	Pulmoné	Acroloxidae	1
<i>Gyraulus crista</i>	Gastéropode	Pulmoné	Planorbidae	1
<i>Pisidium supinum</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	1
<i>Pisidium nitidum</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	1
<i>Pisidium moitessierianum</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	1
<i>Planorbis planorbis</i>	Gastéropode	Pulmoné	Planorbidae	1
<i>Hippeutis complanatus</i>	Gastéropode	Vénéroïdé	Planorbidae	2
<i>Physella acuta</i>	Gastéropode	Pulmoné	Physidae	2
<i>Radix auricularia auricularia</i>	Gastéropode	Pulmoné	Lymnaeidae	2
<i>Pisidium casertanum</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	3
<i>Pisidium subtruncatum</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	4
<i>Sphaerium corneum</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	4
<i>Pisidium nitidum crassa</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	5
<i>Pisidium henslowanum</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	5
<i>Musculum lacustre</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	8
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Gastéropode	Prosobranche	Hydrobiidae	8
<i>Gyraulus albus</i>	Gastéropode	Pulmoné	Planorbidae	9
<i>Bithynia tentaculata</i>	Gastéropode	Prosobranche	Bithyniidae	14
<i>Valvata piscinalis</i>	Gastéropode	Prosobranche	Valvatidae	36

N'ayant pas été récoltées par la technique de prélèvements mise au point dans ce travail, les grands Bivalves (*Unio p. pictorum*, *Anodonta a. anatina* et *Anodonta c. cygnea*) ne figurent pas dans le tableau 3. Toutefois *Unio p. pictorum* et *Anodonta a. anatina* sont bien représentés dans le plan d'eau, à en juger par l'abondance des valves fraîches au niveau des berges. En revanche, *Anodonta c. cygnea* semble être beaucoup plus localisée que les deux précédents. Elle a essentiellement été observée au niveau des secteurs calmes de l'Orbaye et du Voyon, où s'accumule une grande quantité de matière organique.

Acroloxus lacustris, *Gyraulus crista*, *Planorbis planorbis* n'ont été rencontrés qu'une seule fois sur l'ensemble des prélèvements. Ceux-ci ont été récoltés dans des stations où s'accumule de la matière organique (feuilles et autres débris végétaux), mais également où se trouvent des hélophytes (annexe 2). Des prospections effectuées hors du cadre de l'étude montrent que ces espèces sont beaucoup plus abondantes dans les ceintures d'hélophytes situées dans les queues d'étang du lac (e.g. secteurs calmes de l'Orbaye et du Voyon). Enfin, on notera la présence du bivalve *Pisidium obtusale* et de *Lymnaea stagnalis*, *Anisus vortex* et *Stagnicola palustris*, observés hors cadre de l'étude, au niveau des cariçaias situées en queue d'étang de l'Orbaye.

Dans la majorité des prélèvements, une à deux espèces, quelquefois trois, ont été observées. Les cas où l'on rencontre plus de quatre espèces sont peu nombreux. Ils correspondent à des fonds limono-vaseux, très peu caillouteux et riches en matière organique, situés à l'embouchure de l'Helpe Majeure dans le lac (annexe 2a).

On remarque que la somme cumulée du nombre d'occurrences des Gastéropodes est de 76 contre 32 pour celle des bivalves. Toutefois cette comparaison de ces sommes cumulées de nombre d'occurrence ne prend pas en compte les grands Bivalves n'ayant pas fait l'objet de prélèvements. La somme cumulée du nombre d'occurrences des espèces des Prosobranches est nettement supérieure à celles des Pulmonés. Elle est de 58 pour les premiers et de 18 pour les seconds. La somme cumulée du nombre d'occurrences des Planorbidae est également supérieure à celles des Lymnaeidae, respectivement 13 et 2.

IV.1.2.2. Étang du Vignoble

Sur les 28 prélèvements effectués à l'étang du Vignoble, 24 espèces ont été trouvées vivantes dont 15 sont des Gastéropodes aquatiques et 9 des Bivalves.

Parmi ces 24 espèces, la plus fréquemment observée est *Gyraulus albus* (14 prélèvements sur 28). Viennent ensuite *Valvata piscinalis*, *Planorbis carinatus* et *Bithynia tentaculata* qui ont une fréquence de 12 sur 28. Quant à *Anisus vortex*, il a été observé dans 10 prélèvements sur 28. Les restantes ont été observées moins de huit fois. Celles rencontrées une seule fois sont : *Musculum lacustre*, *Pisidium nitidum*, *Pisidium subtruncatum*, *Planorbarius corneus corneus* et *Valvata cristata* (tableau 4).

N'ayant pas été récoltées par la technique de prélèvements mise au point dans ce travail, *Unio t. depressus*, *Unio p. pictorum* et *Anodonta a. anatina* ne figurent pas dans le tableau 4. Toutefois à en juger l'abondance des individus dans les banquettes de Rat musqué, ces espèces sont très bien représentées dans le plan d'eau. Il en est de même pour *Dreissena p. polymorpha*, qui a été essentiellement observée à l'état de coquilles vides.

Tableau 4 : Nombre d'occurrences des espèces de mollusques récoltées à l'étang du Vignoble (n = 28 prélèvements).

Espèces	Classe	Ordre	Famille	Nombre d'occurrences
<i>Musculum lacustre</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	1
<i>Pisidium nitidum</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	1
<i>Pisidium subtruncatum</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	1
<i>Planorbarius corneus corneus</i>	Gastéropode	Pulmoné	Planorbidae	1
<i>Valvata cristata</i>	Gastéropode	Prosobranche	Valvatidae	1
<i>Dreissena p. polymorpha</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Dreisseneidae	2
<i>Pisidium milium</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	2
<i>Bathyomphalus contortus</i>	Gastéropode	Pulmoné	Planorbidae	3
<i>Radix balthica</i>	Gastéropode	Pulmoné	Lymnaeidae	3
<i>Gyraulus crista</i>	Gastéropode	Pulmoné	Planorbidae	4
<i>Acroloxus lacustris</i>	Gastéropode	Pulmoné	Acroloxidae	5
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Gastéropode	Prosobranche	Hydrobiidae	5
<i>Stagnicola palustris</i>	Gastéropode	Pulmoné	Lymnaeidae	6
<i>Hippeutis complanatus</i>	Gastéropode	Pulmoné	Planorbidae	7
<i>Physella acuta</i>	Gastéropode	Pulmoné	Physidae	8
<i>Anisus vortex</i>	Gastéropode	Pulmoné	Planorbidae	10
<i>Bithynia tentaculata</i>	Gastéropode	Prosobranche	Bithyniidae	12
<i>Planorbis carinatus</i>	Gastéropode	Pulmoné	Planorbidae	12
<i>Valvata piscinalis</i>	Gastéropode	Prosobranche	Valvatidae	12
<i>Gyraulus albus</i>	Gastéropode	Pulmoné	Planorbidae	14

12 prélèvements sur 28 présentent un nombre inférieur ou égal à deux espèces. Ces prélèvements correspondent soit à des substrats constitués de gros blocs, soit à des secteurs vaseux nauséabonds, soit à des herbiers à *Elodea* sp. Les secteurs les plus riches sont des milieux où se trouvent des ceintures d'Hélophytes (typhaie, cariçaie, phragmitaie) (annexe 2b). Il a été observé lors du tri des récoltes que les petits bivalves (*Pisidium*) étaient très peu abondants et qu'une grande partie des coquilles étaient vides mais relativement fraîches.

La somme cumulée des nombres d'occurrences des espèces de Bivalves est nettement inférieure à celle des Gastéropodes. Elle est de 7 pour les Bivalves contre 103 pour les Gastéropodes. Toutefois cette comparaison présente peu d'intérêt puisque la somme cumulée des moules ne considère pas les grands bivalves. En revanche, la somme cumulée du nombre d'occurrence des Prosobranche est ici nettement inférieure à celle des Pulmonés (30 contre 73). On trouve également que la somme cumulée des Planorbidae est supérieure à celle des Lymnaeidae. Cette dernière est de 9 contre 51 pour les Planorbidae. On soulignera que la somme cumulée des Planorbidae est en grande partie due aux nombres d'occurrences particulièrement élevés de trois planorbes : *Planorbis carinatus*, *Gyraulus albus* et *Anisus vortex*.

IV.1.2.3. La Mare à Goriaux

56 prélèvements ont été effectués à la Mare à Goriaux. Sur les 22 espèces trouvées à la Mare à Goriaux, 14 sont des Gastéropodes et 8 des Bivalves.

L'espèce ayant le nombre d'occurrences le plus élevé est *Potamopyrgus antipodarum* (43 sur 56). Ensuite viennent *Musculum lacustre*, *Pisidium obtusale* et *Pisidium nitidum* qui ont respectivement un nombre d'occurrences de 30 sur 56, 19 sur 56 et 14 sur 56 (tableau 5).

Tableau 5 : Nombre d'occurrences des espèces de mollusques récoltées à la Mare à Goriaux (n = 56 prélèvements).

Espèces	Classe	Ordre	Famille	Nombre d'occurrences
<i>Ferrissia clessiniana</i>	Gastéropode	Pulmoné	Planorbidae	1
<i>Galba truncatula</i>	Gastéropode	Pulmoné	Lymnéidé	1
<i>Lymnaea stagnalis</i>	Gastéropode	Pulmoné	Lymnéidé	1
<i>Anisus spirorbis</i>	Gastéropode	Pulmoné	Planorbidae	2
<i>Hippeutis complanatus</i>	Gastéropode	Pulmoné	Planorbidae	2
<i>Planorbis planorbis</i>	Gastéropode	Pulmoné	Planorbidae	2
<i>Radix balthica</i>	Gastéropode	Pulmoné	Lymnéidé	2
<i>Bithynia leachii</i>	Gastéropode	Prosobranchie	Bithyniidae	3
<i>Gyraulus crista</i>	Gastéropode	Pulmoné	Planorbidae	3
<i>Pisidium casertanum</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	3
<i>Pisidium milium</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	3
<i>Pisidium subtruncatum</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	3
<i>Stagnicola palustris</i>	Gastéropode	Pulmoné	Lymnéidé	3
<i>Unio pictorum pictorum</i>	Bivalve	Unionoïdé	Unionidé	3
<i>Physella acuta</i>	Gastéropode	Pulmoné	Physidae	5
<i>Acroloxus lacustris</i>	Gastéropode	Pulmoné	Acroloxidae	6
<i>Pisidium henslowanum</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	7
<i>Bithynia tentaculata</i>	Gastéropode	Prosobranchie	Bithyniidae	10
<i>Pisidium nitidum</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	14
<i>Pisidium obtusale</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	19
<i>Musculum lacustre</i>	Bivalve	Vénéroïdé	Sphaeriidae	30
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Gastéropode	Prosobranchie	Hydrobiidae	43

Le reste des espèces observées représente un nombre d'occurrences inférieur ou égal à 10/56, et 3 sont présentes uniquement dans un seul prélèvement : *Ferrissia clessiniana*, *Galba truncatula*, *Lymnaea stagnalis*. 14 prélèvements ne contiennent qu'une seule espèce. Les milieux qui présentent plus de quatre espèces correspondent à des ceintures d'hélophytes (*Phalaris*, *Carex* div. sp) (annexe 2c).

La somme cumulée du nombre d'occurrences des Gastéropodes est de 84 contre 82 pour celle des Bivalves. Toutefois cette comparaison de ces sommes cumulées de nombre d'occurrences ne prend pas en compte certains Bivalves (du genre *Anodonta*). Ces derniers

n'ont pas été prélevés par la technique utilisée. La somme cumulée du nombre d'occurrences des espèces de Prosobranches est nettement supérieure à celles des Pulmonés. Elles est de 56 pour les premiers et de 28 pour les seconds. Cette supériorité est en grande partie due au grand nombre d'occurrences de *Potamopyrgus antipodarum*. Enfin la somme cumulée du nombre d'occurrences des Planorbidae est également supérieure à celles des Lymnaeidae : 10 pour les planorbes et sept pour les lymnées. On notera l'observation de *Valvata piscinalis*, non récoltée par la méthode employée pour le recensement. Cette espèce est toutefois peu commune au niveau du plan d'eau.

IV.2. Analyses multivariées

IV.2.1. Caractérisation des plans d'eau par les peuplements de mollusques

Après avoir retiré les espèces observées qu'une seule fois, une première AFC appliquée à la matrice de présence/absence (annexe 3) des taxa observés lors du recensement a été effectuée. La figures 9 et 10 présentent les projections des stations et des espèces dans le plan factoriel I et II.

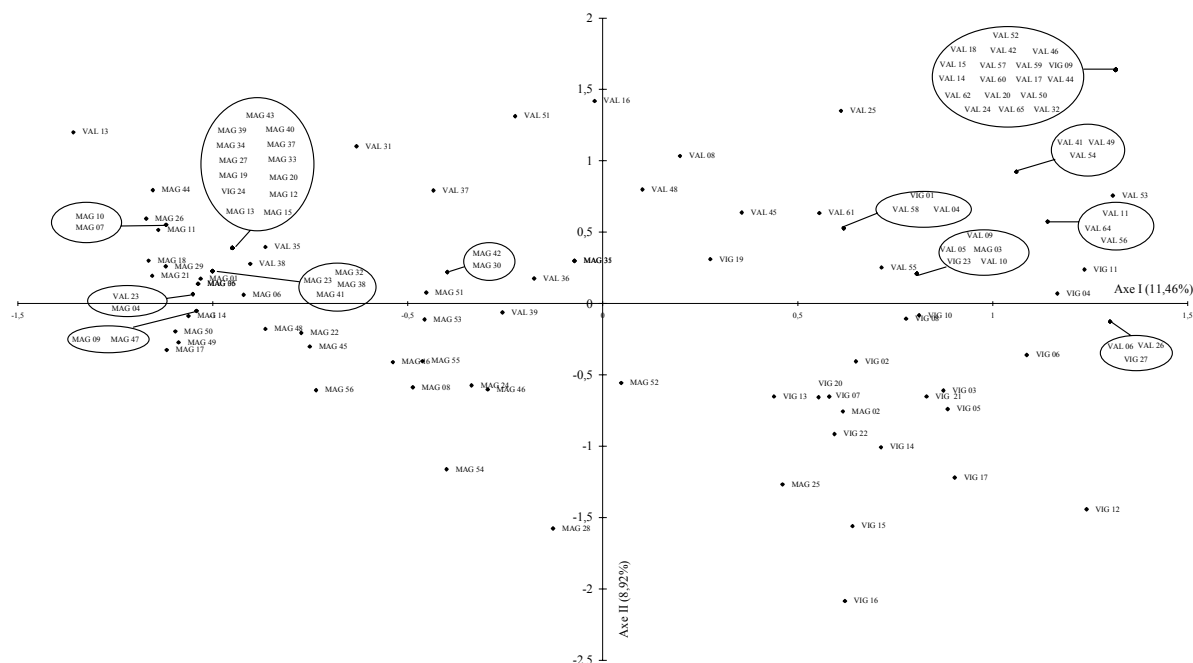


Figure 9 : Projection des stations dans le plan factoriel I et II de l'AFC appliquée à la matrice présence/absence des espèces observées lors du recensement (annexe 3).

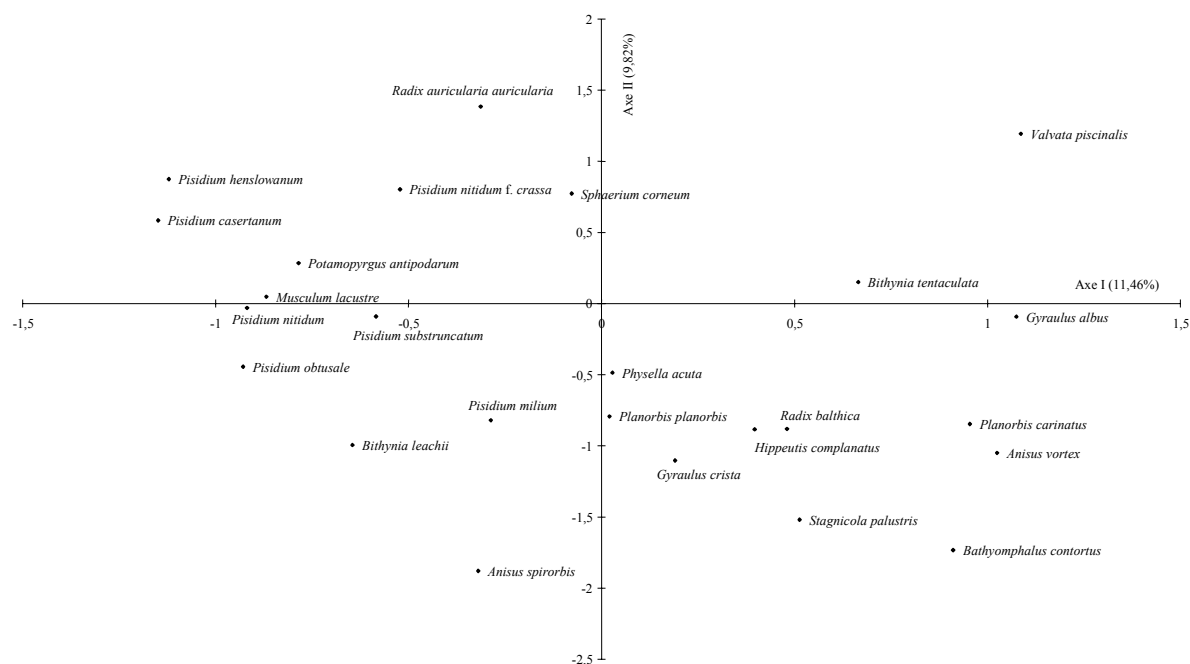


Figure 10 : Projection des espèces dans le plan factoriel I et II de l'AFC appliquée à la matrice présence/absence des espèces observées lors du recensement (annexe 3).

Les deux premiers axes présentent 21,28 % de l'inertie totale du nuage de points. Les axes I et II ont respectivement 11,46 % et 9,82 %. On constate dans la figure 9 qu'un grand nombre de stations sont projetées sur un unique point. Pour une meilleure lisibilité, ceux-ci sont développés et représentés par des ellipses. L'ensemble des contributions absolues (CA) et des contributions relatives (CR) sont présentées dans l'annexe 4.

Sur la base de cette première AFC, un regroupement des stations ayant une composition spécifique identique a été réalisée, quelque soit leur origine. Ainsi 12 groupes, constitués de stations ayant une même liste d'espèces, ont été créés (annexe 5). Ce regroupement a pour but de diminuer le poids des stations ayant une liste spécifique identique. Ainsi, on accentue les différences entre les plans d'eau. Une seconde AFC a ensuite été effectuée à partir de la nouvelle matrice ainsi créée.

L'AFC effectuée sur la nouvelle matrice de présence/absence est figurée par la figure 10. Les deux premiers axes représentent 21,54 % de l'inertie totale du nuage de points. L'axe I présente 11,88 % et l'axe II 8,66 % de l'inertie totale du nuage de points. Les CA et les CR issues de cet AFC sont données dans l'annexe 6.

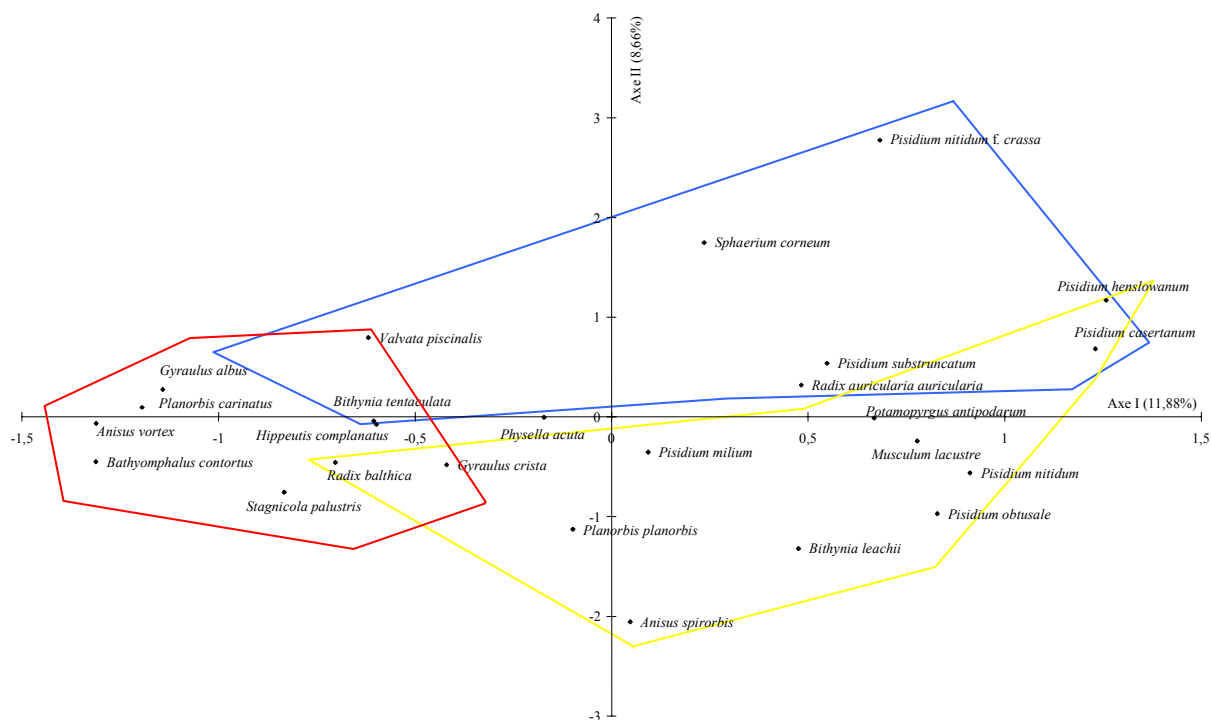


Figure 11 : Schéma simplifié de la projection des espèces et des stations dans le plan factoriel I et II de l'AFC appliquée à la nouvelle matrice présence/absence des espèces observées lors du recensement. En jaune : ensemble des stations de la Mare à Goriaux, en bleu : ensemble des stations du lac du Val-Joly, en rouge : ensemble des stations de l'étang du Vignoble.

Les espèces de mollusques contribuant le plus à la création de l'axe I sont *Gyraulus albus* et *Musculum lacustre*. Ces deux espèces ont chacune une CA respective de 11,53 et de 10,07. Leur CR est de 33,79 % et de 34,42 %. Ensuite viennent les espèces *Pisidium henslowanum*, *Anisus vortex*, *Planorbis carinatus*, *Pisidium nitidum*, *Pisidium obtusale* et *Potamopyrgus antipodarum* qui ont une CA comprise entre 6,44 et 9,07. Leurs CR à l'inertie totale de l'axe I sont comprises entre 18,17 % et 30,94 %. On constate également que des espèces ayant une CA moyennement élevée par rapport aux autres espèces non encore citées, c'est à dire *Pisidium casertanum*, *Bithynia tentaculata* et *Valvata piscinalis*, ont une contribution relative faible à l'inertie totale de l'axe I. Enfin on constate que *Gyraulus albus*, *Anisus vortex* et *Planorbis carinatus* sont opposés par rapport à l'axe II à *Pisidium henslowanum*, *Musculum lacustre* et *Potamopyrgus antipodarum*.

Les espèces *Pisidium nitidum f. crassa* (CA = 27,51 ; CR = 37,82 %), *Pisidium obtusale* (CA = 12,07 ; CR = 26,84 %) et *Valvata piscinalis* (CA = 11,26 ; CR = 22,08 %) contribuent le plus à la constitution de l'axe II. Moins contributives à la formation de l'axe II, *Anisus spirorbis*, *Bithynia leachii*, *Pisidium nitidum* et *Stagnicola palustris* ont des CA comprises entre 3,27 et 6,04. Leurs CR sont comprises entre 6,3 et 15,87 % de l'inertie totale du nuage de points. On notera que *Pisidium obtusale*, *Anisus spirorbis* et *Bithynia leachii* s'opposent à

Pisidium nitidum f. *crassa*, *Valvata piscinalis* par rapport à l'axe II. Les autres espèces ont des CA et des CR relativement faibles à la contribution de cet axe.

La figure 11 montre une séparation des stations issues de l'étang du Vignoble (en rouge) et celles provenant de la Mare à Goriaux (en jaune). Toutefois, on observe un recouvrement des stations de la Mare à Goriaux avec celles de l'étang du Vignoble. Les stations provenant du lac du Val-Joly occupent une grande partie de l'espace factoriel. Celles-ci s'étalent de part et d'autre de l'axe II, sur toute la longueur de l'axe I, mais la majorité des stations se projettent dans la partie positive de l'axe I. Enfin, la majorité des stations issues du lac du Val-Joly est projetée dans la partie positive de l'axe II.

On remarque également que, selon l'axe I :

- L'étang du Vignoble s'individualise par la forte présence d'*Anisus vortex*, *Planorbis carinatus* et *Gyraulus albus* dans les stations observées (partie négative de l'axe I),
- La Mare à Goriaux s'individualise par la forte présence de *Musculum lacustre*, *Pisidium obtusale* et de *Potamopyrgus antipodarum* dans les stations observées (partie positive de l'axe I),
- Le lac du Val-Joly ne individualise pas de manière tranchée comme les autres plans d'eau. Toutefois, il semble être caractérisé par ses peuplements de *Pisidium* div. sp. (partie positive de l'axe I).

Enfin, on remarque qu'il existe des éléments de transition entre les trois plans d'eau :

- Entre le Vignoble et le Val-Joly, par la position intermédiaire de *Valvata piscinalis*,
- Entre le Vignoble et la Mare à Goriaux par la position de *Radix balthica*,
- Entre la Mare à Goriaux et le Val-Joly par la position de *Pisidium* commun entre les deux plans d'eau.

IV.3. Méthode de suivi des peuplements de mollusques

IV.3.1. Richesse des milieux étudiés

L'ensemble des résultats obtenus à la suite des 45 prélèvements effectués à la Mare à Goriaux, dans les trois types de substrat sont présentés en annexe 7. Au total 2319 individus répartis sur 15 espèces ont été récoltés sur l'ensemble des prélèvements. Dans les substrats

schisteux, sableux et vaseux, le nombre d'espèces est respectivement de sept, cinq et 14. Les richesses spécifiques moyennes observées dans les secteurs étudiés sont présentées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Richesses spécifiques moyennes observées par type de substrat.

Substrat	Moyenne estimée	Variance estimée	Minimum	Maximum	Nombre de prélèvements
Schiste	3	0,71	2	5	15
Sable	2,33	0,66	1	4	15
Vase	5,13	8,83	1	11	15

La richesse spécifique globale observée sur l'ensemble des prélèvements est de $3,49 \pm 4,71$ espèces (min = 1, max = 11). L'abondance moyenne des individus sur l'ensemble des prélèvements est de $51,73 \pm 4722,80$ individus (min=1, max = 242). L'ensemble des variables descriptives calculées est présentée dans l'annexe 8.

Cinq espèces présentent une abondance relative supérieure à 1 % sur l'ensemble des individus prélevés. Il s'agit de *Potamopyrgus antipodarum* (74,77 %), *Bithynia tentaculata* (9,96 %), *Pisidium* sp. (8,58 %), *Bithynia leachii* (1,29 %) et *Gyraulus albus* (1,03 %).

Enfin sur les 15 espèces observées, les plus fréquentes dans les prélèvements sont *Potamopyrgus antipodarum* (73 %), *Pisidium* sp. (71 %) et *Bithynia tentaculata* (53 %). Les autres espèces ont une fréquence inférieure à 25 % sur l'ensemble des 45 prélèvements. Sachant que *Potamopyrgus antipodarum*, *Pisidium* sp. et *Bithynia tentaculata* sont les espèces les plus fréquentes et les plus abondantes, ce seront sur leurs effectifs que porteront les tests statistiques sur la répartition.

IV.3.2. Analyses de la répartition des espèces étudiées

Pour les trois types de substrat, l'hypothèse d'une répartition aléatoire des espèces est rejetée au seuil de signification de 95 % ($P < 0,05$) et au seuil de 99 % ($P < 0,01$) (tableau 7). En effet, les valeurs de χ^2 observées pour les trois espèces à partir des ratio variance-moyenne sont toutes supérieures à la valeur χ^2 théorique de 26,12 ($Q = 0,025$; ddl = 14) (tableau 7). Les espèces présentent donc une répartition dans le substrat de type agrégatif. Toutefois dans le cas de *Potamopyrgus antipodarum* pour le substrat schisteux, la valeur du ratio variance-moyenne est comprise entre les valeurs χ^2 théoriques de 26,12 ($Q = 0,025$; ddl = 14) et de 5,63 ($Q = 0,975$; ddl = 14).

Tableau 7 : Valeurs des tests χ^2 du ratio moyenne/variance sur les trois espèces retenues.

Substrat	Espèce	Ratio moyenne/variance	χ^2 (ddl = 14)		Signif. à 95 %
			0,975	0,025	
Schiste	<i>Bithynia tentaculata</i>	141,39			-
	<i>Pisidium sp.</i>	34	5,63	26,12	-
	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	9			+
Sable	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	933,04	5,63	26,12	-
	<i>Pisidium sp.</i>	305,76			-
Vase	<i>Bithynia tentaculata</i>	187,50			-
	<i>Pisidium sp.</i>	95,97	5,63	26,12	-
	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	38,85			-

Sachant que la valeur du ratio variance-moyenne des effectifs de *Potamopyrgus antipodarum* pour le substrat schisteux est comprise entre les seuils de 5 % de signification, l'accord avec une série de Poisson est acceptée au seuil de probabilité de 95 % ($P > 0,05$) et l'hypothèse de la distribution au hasard des individus n'est pas réfutée. La distribution au hasard de *Potamopyrgus antipodarum* dans le substrat schisteux s'ajuste significativement à une loi de Poisson de moyenne m égale à 2 ($P < 0,05$, ddl = 3).

Pour les autres espèces de mollusques, des tests U et T ont été appliqués aux données brutes (tableau 8). Ces tests permettent de tester si le mode de distribution des espèces peut appartenir ou non à une distribution de type loi binomiale négative. Ils montrent que dans les secteurs dans les substrats sableux, vaseux et schisteux, les espèces ont une distribution significativement en accord avec une loi binomiale négative ($P > 0,05$). Seul le cas des *Pisidium sp.* du substrat vaseux n'est pas significativement en accord avec cette loi.

Tableau 8 : Valeurs des tests statistiques U et T.

Substra t	Espèces	Test U	erreur standard	signif à 95 %	Test T	erreur standard	signif à 95%
Schiste	<i>Bithynia tentaculata</i>				-1126,27	2581,99	+
	<i>Pisidium sp.</i>	0,28	0,52	+			
Sable	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>				-688459,73	?	+
	<i>Pisidium sp.</i>	2,04	2,58	+			
Vase	<i>Bithynia tentaculata</i>	24,96	25,82	+			
	<i>Pisidium sp.</i>				-653,73	826,24	-
	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	-0,09	0,90	+			

IV.3.3. Calcul du nombre de prélèvements à effectuer pour un suivi des peuplements de mollusques

Les figures 12, 13 et 14 montrent les simulations de l'évolution de la moyenne des effectifs d'individus de mollusques en fonction du nombre de prélèvements effectués pour chaque type de substrat.

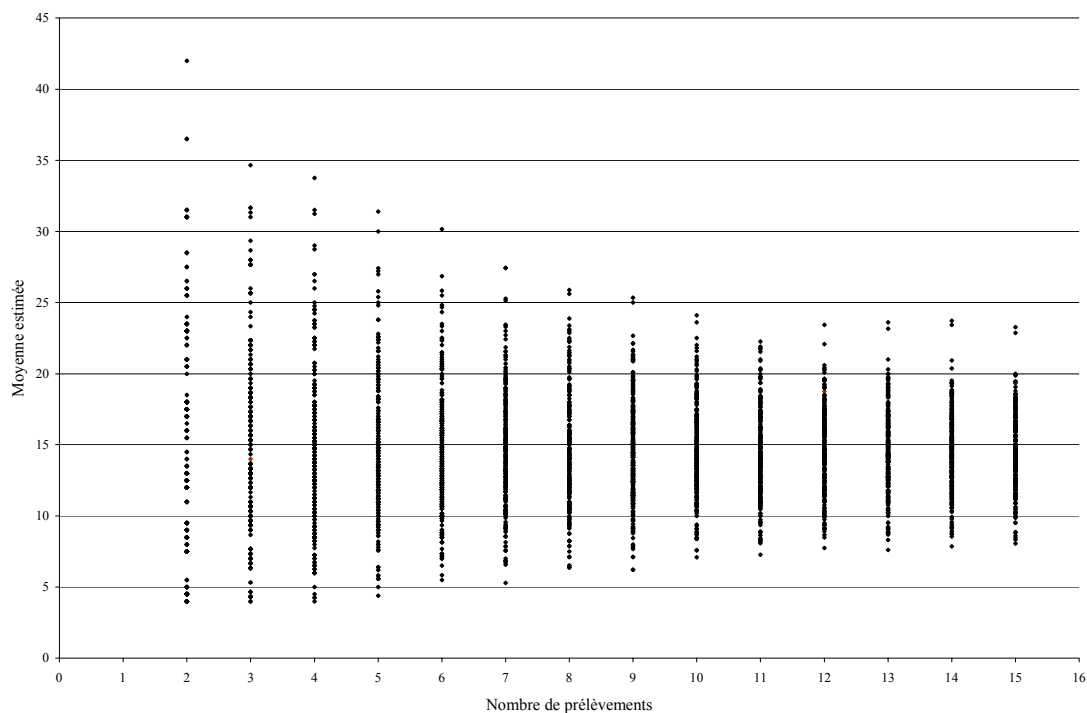


Figure 12 : Évolution de la moyenne estimée du nombre d'individus par prélèvement en fonction du nombre de prélèvements pour le substrat schisteux.

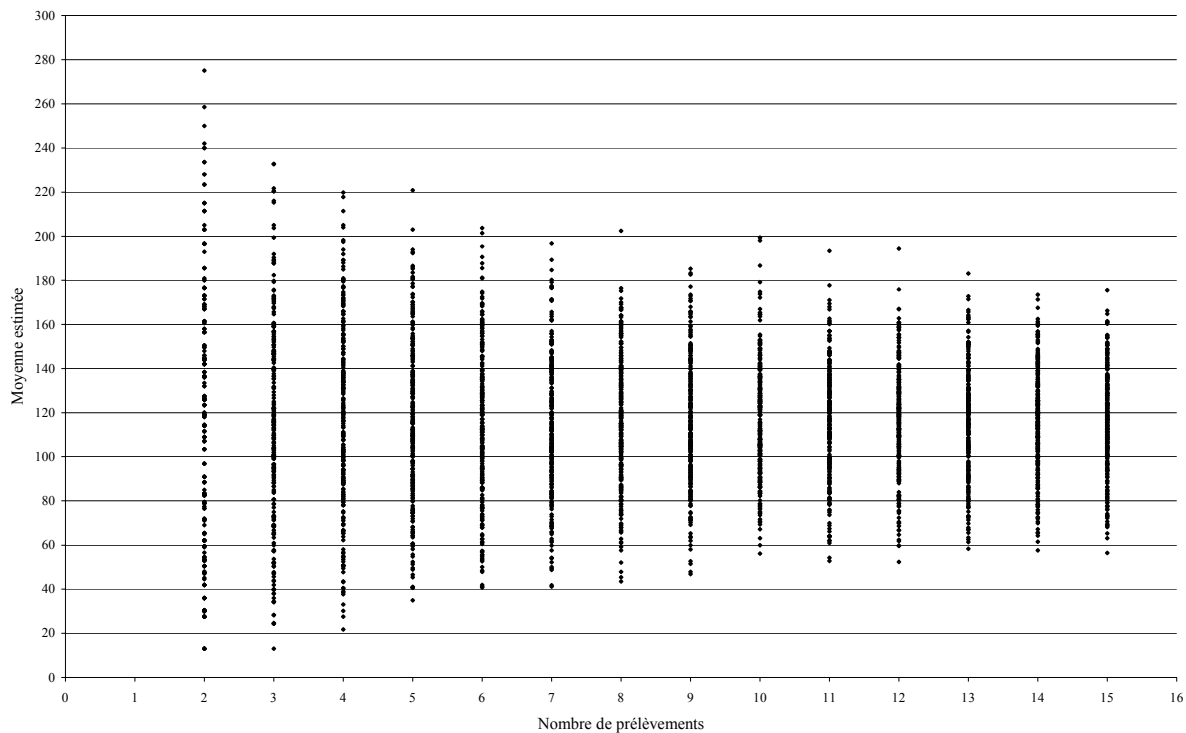


Figure 13 : Évolution de la moyenne estimée du nombre d'individus par prélèvement en fonction du nombre de prélèvements pour le substrat sableux.

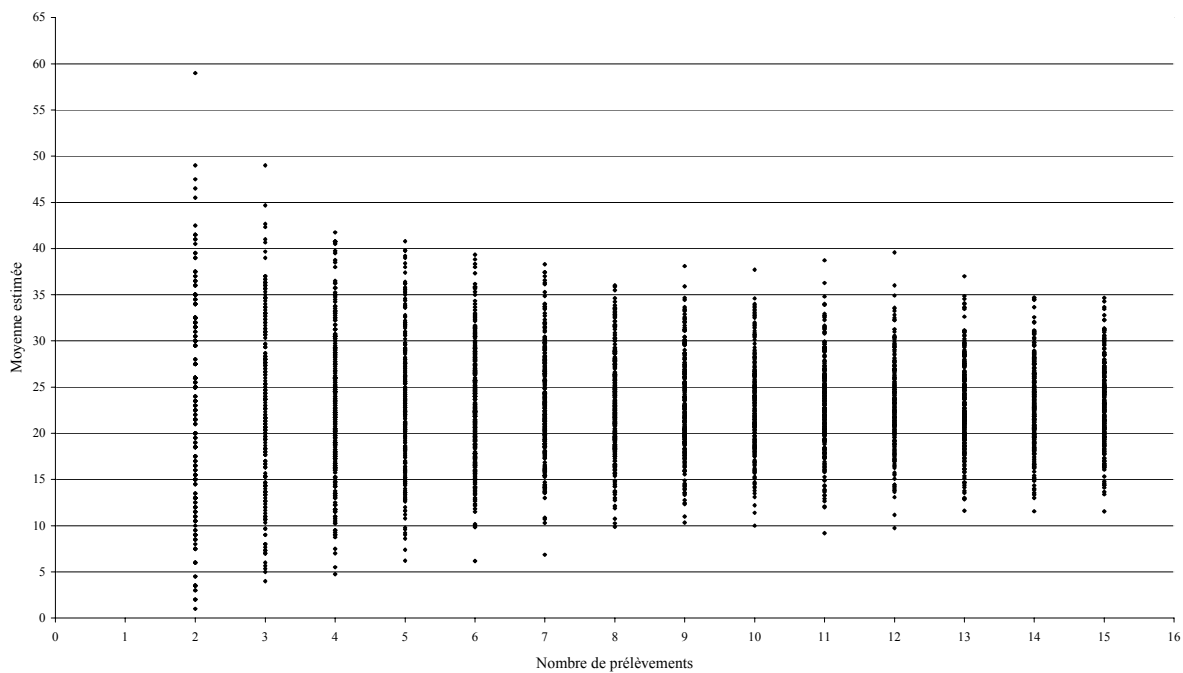


Figure 14 : Évolution de la moyenne estimée du nombre d'individus par prélèvement en fonction du nombre de prélèvements pour le substrat vaseux.

Les figures 15, 16 et 17 montrent l'évolution du nombre de prélèvements en fonction du degré de précision pour chaque type de substrat.

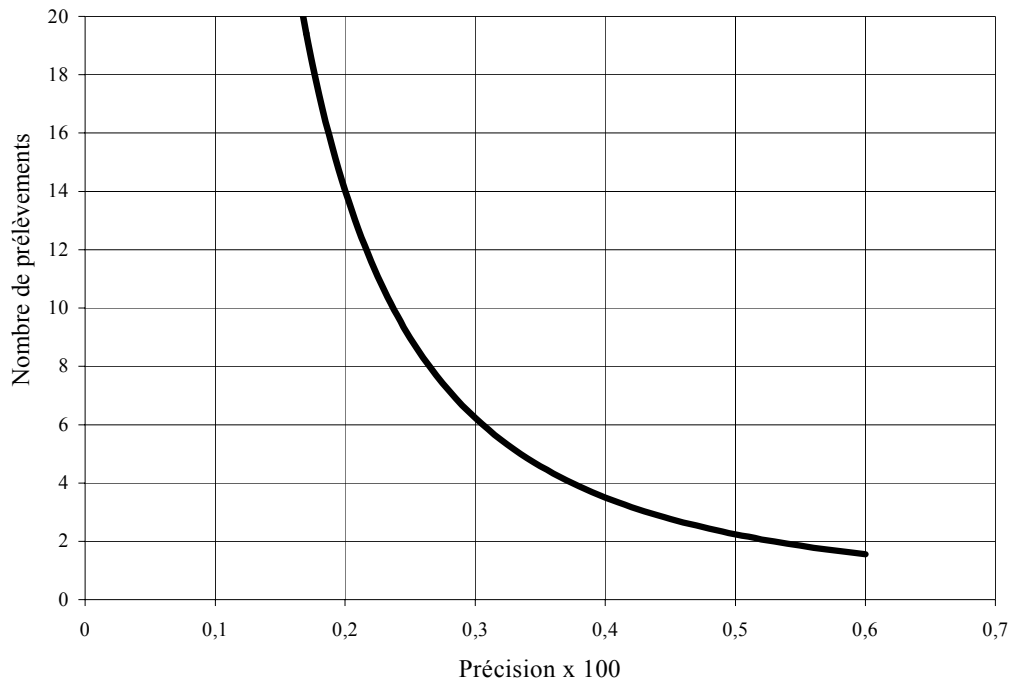


Figure 15 : Évolution du nombre de prélèvements en fonction de la précision pour le substrat schisteux.

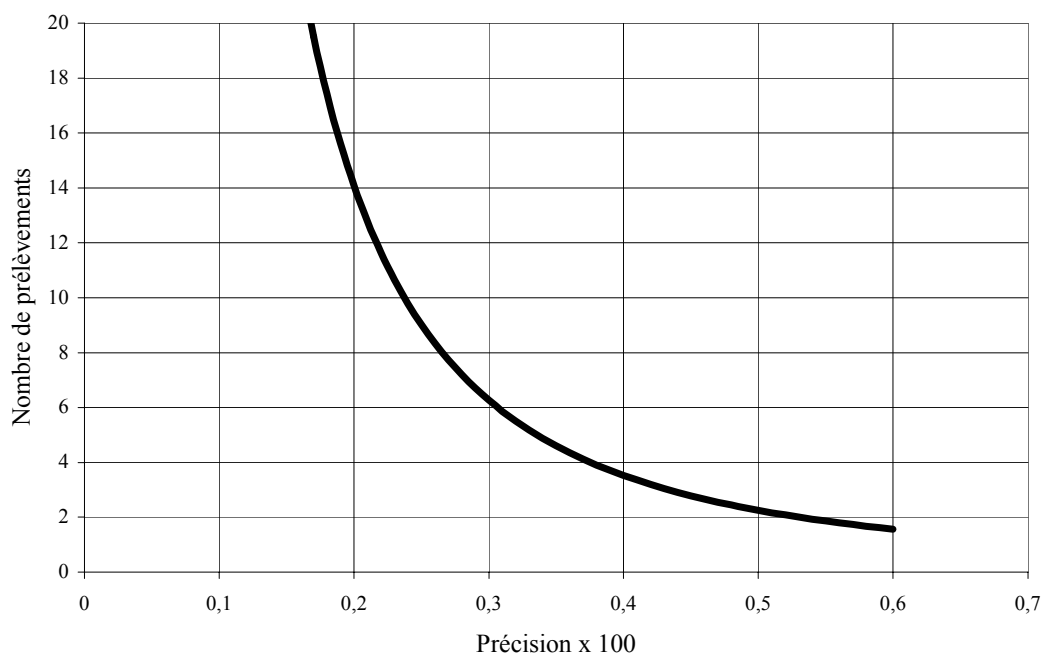


Figure 16 : Évolution du nombre de prélèvements en fonction de la précision pour le substrat sableux.

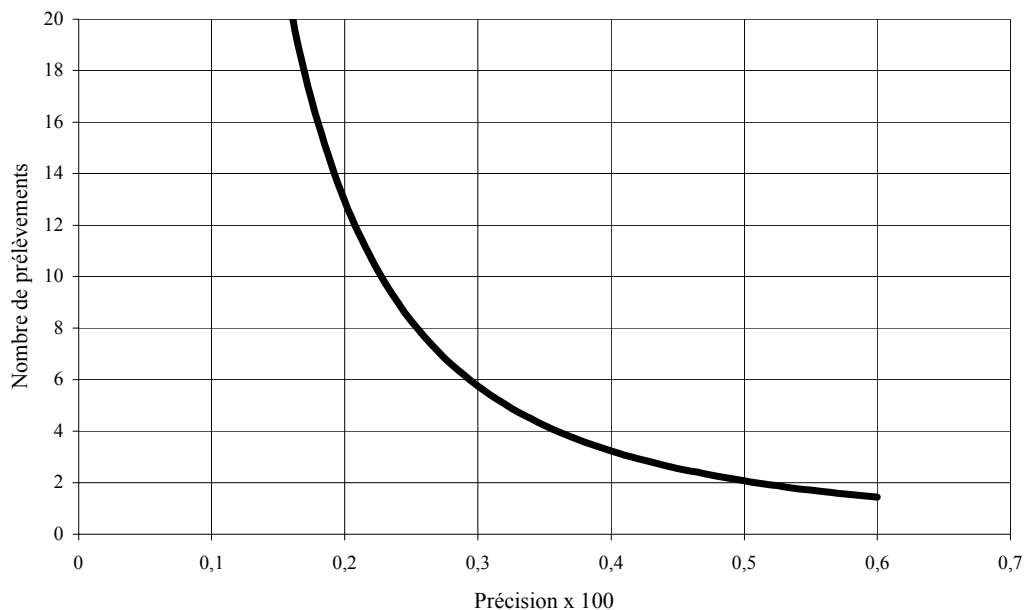


Figure 17 : Évolution du nombre de prélèvements en fonction de la précision pour le substrat vaseux.

Dans le cas d'une précision de 20 %, le nombre de prélèvements à effectuer est compris entre 12 et 14 selon le substrat. Ce nombre se rapproche beaucoup de celui effectué lors de l'étude. Par ailleurs sur la base d'une précision de 30 %, on remarque que le nombre de prélèvements à effectuer tombe à six pour chaque type de substrat. Donc pour une perte de 10 %, on a un nombre de prélèvements qui diminue de 6 environ. Dans le cadre d'un suivi, ce nombre de prélèvements à effectuer paraît plus approprié techniquement que celui donnant une précision de 20 %.

Ainsi à partir des figures 18, 19 et 20, pour une précision de 30 %, on peut s'attendre à ce que la moyenne des individus par quadrat varie en moyenne entre :

- 5 et 32 individus par prélèvement lorsque six prélèvements sont effectués dans le substrat schisteux,
- 40 et 210 individus par prélèvement lorsque six prélèvements sont effectués dans le substrat sableux,
- 5 et 40 individus par prélèvement lorsque six prélèvements sont effectués dans le substrat vaseux.

V. DISCUSSION

V.1. Le recensement des espèces

V.1.1. Aspect patrimonial

Avec 36 espèces de mollusques aquatiques observées au sein des trois plans d'eau, ceux-ci présentent à eux seuls environ 60 % des espèces des Gastéropodes et bivalves dulçaquicoles présentes au niveau de la région Nord-Pas-de-Calais (Cucherat, 2003). La malacofaune dulciquole de la partie picarde du bassin étant sous prospectée, il n'est pas encore possible ici d'estimer l'importance en terme spécifique des trois plans d'eau étudiés. Aucune de ces 36 espèces ne présente un statut particulier de protection ou de rareté au niveau français ou européen. Toutefois, on peut souligner la présence de deux espèces assez peu observées au niveau du bassin Artois-Picardie. Il s'agit d'*Unio tumidus depressus* (figure 18) et de *Ferrissia clessiniana* (figure 19).



Figure 18 : Valves gauche et droite d'*Unio tumidus* ssp. (d'après Glöer & Meier-Brook, 1998).

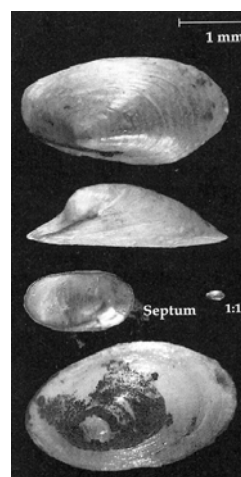


Figure 19 : *Ferrissia clessiniana* (d'après Glöer & Meier-Brook, 1998).

Selon Falkner *et al.* (2002), *Ferrissia clessiniana* est une espèce cryptogène. Considérée comme typique des cariçaias en Suisse (Antoine, 2002), elle peut être également observée dans des formations hélophytiques à feuilles larges (*e.g.* Massette à feuilles larges, Rubanier, Grande Douve, etc.) (Preece & Wilmot, 1979) (Decocq, 2000). Elle est moyennement sensible à la pollution des eaux (Mouthon, 2001) et vit de préférence dans des eaux eutrophes à mésotrophes (Falkner *et al.*, 2001b).

Très récemment observé en Belgique (Decocq, 2000), ce Gastéropode a été trouvé dans une mare temporaire de la Forêt Domaniale de Marchiennes (Cucherat, 2003). À ce jour, la

Mare à Goriaux est la deuxième localité où l'espèce a été observée. Les observations effectuées sur ce site montrent que l'espèce est y bien implantée.

Unio tumidus ssp. est une espèce très sensible aux pollutions biodégradables (Mouthon, 2001). Elle a rarement été observée vivante au niveau du bassin Artois-Picardie, les seuls milieux où elle est connue sont des étangs traversés par des cours d'eau (étangs de la Sensée) (Cucherat, inédit) ou dans des rivières. Espèce vivant dans les fleuves et les rivières (Germain, 1931), il est donc étonnant de la rencontrer dans un étang. Sa présence suggère que le fonctionnement hydrologique du Vignoble soit favorable à cette moule. D'autre part, la présence de cette moule est également à mettre en relation avec la proximité immédiate du canal de l'Escaut où des valves y ont été trouvées (Cucherat, inédit). Quoique le sédiment de l'étang soit pollué par les métaux lourds (Drumez, 1991), ses couches supérieures doivent toutefois être de bonne qualité pour accueillir les populations présentes.

V.1.2. Diagnostic écologique et caractérisation des plans d'eau à partir des peuplements de mollusques

V.1.2.1. Indication par rapport à la pollution

Quoique les espèces observées dans les trois plans d'eau étudiés appartiennent toutes globalement au milieu lentique, la composition spécifique pourrait servir de base à un premier diagnostic écologique de chaque site.

D'un point de vue général, le plus grand nombre d'occurrences des Gastéropodes Prosobranches indiquerait un dysfonctionnement du lac Val-Joly par rapport à la teneur en O₂. En effet, dans quelques lacs, les Prosobranches, et spécifiquement les *Valvata* et les *Bithynia*, survivent après la disparition des Pulmonés (Morgan, 1970 ; Mason & Bryant, 1975 ; Lamarche *et al.*, 1982). La plus grande capacité des Prosobranches à survivre résulterait de leur plus grande résistance aux basses valeurs estivales d'oxygène, mais aussi de leur capacité à exploiter d'autres ressources alimentaires que l'épiphyton. Alors que les Pulmonés ont une cavité pulmonaire vascularisée (toutefois certains en ont une branchie secondaire), les Prosobranches ont une vraie branchie. Berg (1961) montre que *Valvata* répond aux basses valeurs d'oxygène en régulant sa consommation d'oxygène indépendamment de son environnement. Par ailleurs, il a été également montré que les lymnées n'étaient pas capables d'une telle régulation (McMahon, 1983). En outre, les Prosobranches ici concernés, à la différence des Pulmonés, sont capables de se nourrir en filtrant l'eau, à l'aide de leurs

branchies (Tsikhon-Lakunina, 1961 ; Tashiro & Colman, 1982). Ces caractéristiques d'alimentation et de respiration confèreraient aux Prosobranches un avantage relatif sur les Pulmonés dans des conditions hypoxiques où il n'existe pas d'herbiers aquatiques leur permettant d'atteindre l'air atmosphérique et de leur fournir le périphyton nécessaire.

Sachant que le Val-Joly est sujet à des blooms phytoplanctoniques (Agence-de-l'Eau-Artois-Picardie, 1994), image d'une eutrophisation, et sachant que les communautés d'hydrophytes sont très peu développées, les avantages physiologiques et comportementaux des Prosobranches expliqueraient leur grand nombre d'occurrences par rapport aux Pulmonés.

On peut suspecter le même phénomène au niveau de la Mare à Goriaux, où là aussi la somme cumulée des occurrences des Prosobranches est supérieure à celle des Pulmonés. Mais il faut préciser que la valeur de cette somme est nettement influencée par le nombre d'occurrence de *Potamopyrgus antipodarum*. Le caractère plus ou moins saumâtre de la Mare à Goriaux, dû au lessivage du terri, semble être favorable à cette espèce. Introduite à la fin du XIX^e siècle en Europe et ayant un potentiel de dispersion important (Falkner, 1990), elle trouve ici des conditions écologiques très semblables à son milieu d'origine, les eaux estuariennes. Il a été, par ailleurs, observé que la croissance de cette espèce était plus rapide dans les lacs eutrophes (Dorgelo, 1988). Formant ainsi de fortes populations, *Potamopyrgus antipodarum* constitue très probablement une ressource alimentaire non négligeable pour les Anatidés et les Poissons de la Mare à Goriaux. Sur cette base les fortes populations de cet Hydrobiidae illustreraient une eutrophisation marquée du site.

Quoique *Bathymphalus contortus* soit une espèce des milieux oligotrophes (Costil & Clément, 1996) ou mésotrophes (Falkner *et al.*, 2001b), son faible nombre d'occurrences au sein du Vignoble ne permet pas de le prendre comme élément fiable pour caractériser la qualité du plan d'eau. En revanche, les autres espèces de planorbes indiquent plutôt des conditions eutrophes. *Anisus vortex* étant généralement associé au massifs d'hélophytes (Lodge, 1985), son plus grand nombre d'occurrences dans ce plan d'eau serait dû à une meilleure représentation de son habitat.

D'une manière générale, dans les trois sites, la somme cumulée du nombre d'occurrences des Lymnaeidae est nettement inférieure à celle des Planorbidaes. Même si les représentants des Planorbidaes sont plus saprophiles et réagissent mieux à la pollution organique que les lymnées (Mouthon, 1987), leur dominance n'est certainement pas due à de

tels phénomènes. Elle serait en partie dû au fait que la liste des espèces de lymnées présentes au niveau du bassin est moins importante que celle des planorbes (Cucherat, 2003). Toutefois, il a été montré que pour certaines espèces de planorbes, il y avait une corrélation positive entre la distribution de celles-ci et la teneur en nitrate, mais également une relation négative avec le phosphate (Dussart, 1976).

Le caractère eutrophe et très stagnant des eaux de la Mare à Goriaux semble être favorable aux bivalves, eu égard au nombre d'espèces présentes et à leur fréquence d'observation. L'abondance de certaines espèces de ces bivalves (*e.g. Anodonta cygnea cygnea, Musculum lacustre*) illustre en effet un enrichissement en matière organique.

Enfin, selon Legendre *et al.* (1984), quelques espèces sont de bons indicateurs du stade eutrophe des plans d'eau. Ces auteurs notent que quelques espèces sont limitées aux eaux eutrophes, et que la plupart des espèces tolérantes aux eaux oligotrophes peuvent également vivre dans des conditions riches en nutriment.

V.1.2.2. Caractérisation des plans d'eau à partir des peuplements de mollusques

L'utilisation de l'AFC sur des données qualitatives (présence/absence) permet de distinguer les trois plans d'eau sur la base de leur peuplement de mollusques aquatiques. Une telle analyse a été utilisée par Obrdlik *et al.* (1995) pour caractériser les peuplements de mollusques terrestres et aquatiques des vallées alluviales européennes. Dans le cadre de ce travail, l'analyse se base sur un nombre relativement important de points d'observation. Cette condition paraît nécessaire pour pouvoir détecter des différences entre sites ayant des compositions spécifiques très similaires. Toutefois, ce nombre de points aurait pu être davantage plus important car les berges du Val-Joly et l'étang du Vignoble n'ont pas été prospectées en totalité.

Concernant l'étang du Vignoble, une grande partie des berges était constituée de blocs en grillage ne facilitant pas la récolte. Dans le cas du lac du Val-Joly, le temps particulièrement limité de l'étude et la longueur particulièrement importante des berges à prospecter font que la totalité de celles-ci n'a pu être visitée. On met donc en évidence un dilemme entre une campagne approfondie et un temps limité pour réaliser l'étude.

L'analyse ne prend pas en compte les peuplements de bivalves vivant dans le substrat, ce qui aurait pu être un élément supplémentaire de discrimination des plans d'eau. L'étude ne

concerne que les secteurs littoraux accessibles en bottes. Enfin, le fait de ne prendre que l'aspect qualitatif a un pouvoir discriminant moindre que l'aspect semi-quantitatif ou quantitatif. Il est à noter également que cette caractérisation correspond à celle de l'époque où a été effectuée les récoltes. Il est tout a fait possible que cette image change au cours du temps avec la succession des peuplements de mollusques. Néanmoins, sur la base des résultats obtenus, il est possible de mettre en évidence quelques caractéristiques de chaque plan d'eau.

L'étang du Vignoble semble être caractérisé par des peuplements dominés par *Anisus vortex*, *Planorbis carinatus* et *Bathyomphalus contortus* et *Gyraulus albus*. Quoique non considéré dans l'AFC, la présence *Valvata cristata* est également caractéristique du plan d'eau. *Anisus vortex*, *Planorbis carinatus* et *Valvata cristata* sont des espèces caractéristiques des eaux légèrement courantes et stagnantes, riches en oxygène mais qui peuvent subir des périodes d'assèchements de courtes durées (Foeckler *et al.*, 1991). Selon Foeckler *et al.* (1991), *Hippeutis complanatus* fait également partie de ce cortège d'espèces. Il faut préciser le fait que ce taxon est également présent dans les deux autres plans d'eau. Ainsi sa position dans le plan factoriel ne nous permet pas de le considérer comme caractéristique du plan d'eau.

Comme toutes les annexes fluviales, l'étang du Vignoble est alimenté par des eaux souterraines, liées elles-mêmes à la nappe de l'Escaut (Jourdan & Petit, 2003). Il présente très probablement une conductivité élevée et a très probablement des variations de températures saisonnières atténuées. Ces facteurs physico-chimiques sont favorables à la présence de *Planorbis carinatus* et de *Bathyomphalus contortus*. Ces deux espèces de planorbes sont considérées par Foeckler, (1991) et Foeckler *et al.* (1991) comme des taxa typiques des plans d'eau alimentés par des eaux souterraines. Les observations sur le terrain montre qu'ils sont surtout présents dans les typhaies. Dans ce sens, on rejoint les observations de Lodge (1985) sur les préférences en habitat d'*Anisus vortex*, qui sont la présence d'hélophytes. Enfin, le Vignoble se distingue des deux autres plans d'eau par la présence d'*Unio tumidus depressus* et de *Dreissena polymorpha polymorpha*. Ces deux espèces sont plutôt liées aux larges cours d'eau à écoulement assez lent (Adam, 1960 ; Cucherat, 2003).

La Mare à Goriaux semble être caractérisée par des peuplements en Sphaeriidae et en Hydrobiidae. En effet, les résultats obtenus lors des AFC montrent une forte contribution de *Musculum lacustre* (Sphaeriidae) et de *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae). Ceci est dû au fait que ces deux espèces ont des nombres d'occurrences très élevés au sein du plan d'eau. *Musculum lacustre* est un bivalve ayant une écologie assez large mais est

exclusivement trouvé dans des milieux où le sédiment est riche en matière organique (Mouthon & Kuiper, 1987). Il en est de même pour *Potamopyrgus antipodarum* qui voit ses populations favorisées lorsque le milieu s'enrichit en matière organique (Dorgelo, 1988 ; Falkner *et al.*, 2001b) et peut former d'importantes colonies (Adam, 1960).

Par ailleurs, la position de *Pisidium obtusale*, espèce élective des faciès riches en matière organique (Mouthon, 1992a) vient renforcer la caractéristique eutrophe des sédiments de la Mare à Goriaux. En effet cette espèce est capable de supporter des conditions extrêmes de pH et de température, contrairement à d'autres espèces de *Pisidium* (Meier-Brook, 1975). En ce qui concerne les espèces de Gastéropodes, *Bithynia leachii* caractérise elle aussi des conditions eutrophes et des sédiments composés de débris végétaux (Falkner *et al.*, 2001b). Au niveau du bassin Artois-Picardie, cette espèce est exclusivement observée dans des secteurs à héliophytes où se trouve beaucoup de matière organique (Cucherat, 2003). *Anisus spirorbis* et *Galba truncatula* (non considérée dans l'AFC), espèces des milieux temporaires (Falkner *et al.*, 2001b), indiquent le caractère particulièrement temporaire de certains secteurs de la Mare. D'une manière générale, les peuplements de mollusques caractérisant la Mare à Goriaux se rapprochent beaucoup des peuplements d'espèces des mares et des marais du bassin (observations personnelles). Enfin, il faut noter que *Valvata piscinalis*, non rencontrée lors du recensement, aurait contribué certainement à tirer la Mare à Goriaux vers les stations du Vignoble et du Val-Joly. Au même titre que la présence de quelques populations de *Pisidium henslowanum*, cette espèce indiquerait des apports actifs d'eau (sortie de fossé par exemple).

La caractérisation du Val-Joly est assez délicate, puisque la projection des points d'observation de ce plan d'eau s'étale de part et d'autre de l'axe II du plan factoriel. Ceci est dû à la surface du plan d'eau. En effet, étant donné sa taille, le lac du Val-Joly présente des habitats correspondant aussi bien à ceux de la Mare à Goriaux qu'à ceux que l'on trouve dans le Vignoble. Il existe des secteurs calmes où le sédiment est riche en matière organique ; ce sont ceux qui se projettent dans la même partie du plan factoriel que ceux de la Mare à Goriaux. Il existe aussi des secteurs ayant des habitats proches des caractéristiques d'annexes alluviales. Ces points d'observation sont proches de ceux du Vignoble.

Toutefois, le lac du Val-Joly se distingue des deux autres plans d'eau dans la mesure où le peuplement faunistique des points d'observation est constituée d'espèces vivant exclusivement dans des milieux aquatiques permanents. Les espèces principalement

concernées sont *Valvata piscinalis*, *Pisidium nitidum* f. *crassa* (espèce des grands lacs (Mouthon & Kuiper, 1987)) et *Sphaerium corneum*. Il est à noter que cette dernière est une forme de rivière de l'espèce et sa position indique un passage entre les habitats de type lentique à des habitats à affinité plus lotique. On retrouve cela dans l'analyse des substrats où ces espèces caractérisent des sédiments plutôt pauvres en matière organique et riches en limon.

Enfin, il faut souligner que le Val-Joly connaît de fortes variations de niveau, ce qui altère très certainement les peuplements de mollusques. En effet, ce facteur de perturbation provoque une baisse de diversité spécifique, surtout lorsqu'elle est très fréquente comme cela a été observé chez les peuplements de poissons (Jourdan, communication personnelle). Par ailleurs, au moment du recensement, les secteurs à hélrophytes généralement en eau étaient exondés. Ceci n'a pas permis d'inclure des points d'observation issus de ces secteurs.

En résumé :

- L'étang du Vignoble est caractérisé par des espèces typiques des annexes alluviales,
- La Mare à Goriaux est caractérisée par des espèces typiques des milieux stagnants riches en matière organique,
- Le lac du Val-Joly est caractérisé par des espèces de milieux permanents. Mais selon le secteur considéré, il peut être caractérisé par des espèces ayant des affinités pour les annexes fluviales et d'autres pour des secteurs stagnants riches en matière organique.

V.1.3. Aspect méthodologique

Mouthon (1987) a proposé une méthode de suivi de la qualité des sédiments des plans d'eau à partir de l'examen des peuplements de mollusques benthiques. Cette méthode est basée sur le principe de présence/absence des espèces et sur un nombre de prélèvements effectués selon les isobathes du plan d'eau. Le principe de l'indice repose sur la disparition progressive des espèces des zones les plus profondes lorsqu'il y a un enrichissement en matière organique des sédiments. Sa méthode, nommée IMOL, est surtout applicable pour les lacs profonds et est très peu applicable dans les plans d'eau de plaine. La profondeur des plans d'eau ne dépasse guère les 10 m de profondeur et ceux-ci se situent tous dans la zone littorale. La méthode proposée par Mouthon (1987) n'est donc pas applicable aux plans d'eau du bassin

Artois-Picardie. C'est la raison pour laquelle nous avons exploré deux méthodes, celle utilisée pour le recensement et une autre prenant un aspect quantitatif des individus des peuplements. Toutefois, l'étude n'a pas pu explorer le caractère bioindicateur des mollusques par rapport à l'aspect physico-chimique.

La méthode utilisée dans le recensement des taxa de mollusques aquatiques avait pour but principal d'essayer de tendre vers la richesse spécifique vraie des plans d'eau. Ce but était basé sur un nombre élevé de points d'observation stratifiés par type d'habitat. D'un point de vue général, la méthode utilisée semble être efficace quoique certaines espèces n'aient pas été systématiquement récoltées. En ce sens, la méthode permet de récolter aisément la majorité des Gastéropodes et des petits bivalves vivant dans la zone littorale accessible en botte. En revanche, elle ne permet pas de prélever les grands bivalves vivant à des profondeurs non accessibles en bottes. Enfin, cette méthode n'est pas adaptée en l'état pour les secteurs rocheux ou lorsque les berges sont empierrées.

L'efficacité de la méthode réside plus sur le nombre de prélèvements effectués que sur le type de matériel utilisé. Mais nous avons remarqué que la technique pouvait présenter des failles notamment au niveau de la Mare à Goriaux où elle n'a pas permis d'observer *Valvata piscinalis*. Le nombre de prélèvements n'était-il pas assez important par rapport au nombre d'habitats ? Toutefois dans le cas de cette espèce, son abondance est relativement faible au niveau de la Mare à Goriaux, alors que dans les autres plans d'eau elle est davantage représentée.

Un autre point qui n'est pas lié à la technique de prélèvement est la période de prospection. En effet, si la liste faunistique de chaque plan d'eau présente des espèces qui n'ont pas été incluses dans les analyses, c'est que ces taxa n'étaient pas vivants au moment de la récolte. En effet, beaucoup d'espèces de mollusques commencent à se développer avec le développement des massifs de végétaux ou ont un cycle qui débute au début des épisodes chauds (Mouthon, 1982). Or la période de récolte qui s'est étalée d'avril à mai est relativement peu favorable. Les grandes espèces de lymnées sont mourantes à cette époque. Elles ont passé l'hiver, puis dès le printemps elle pondent et meurent peu après. Par conséquent, la période la plus favorable pour réaliser les prélèvements se situe entre le mois de juin et juillet, où il est possible de récolter les jeunes cohortes.

Cette technique a été utilisée et proposée dans le cadre d'un suivi des fossés en Angleterre (Killeen, 1998). Toutefois, la technique utilisée ici diffère de celle utilisée en Angleterre. En effet, ici, seul l'aspect qualitatif a été pris en compte. De plus l'analyse s'est basée sur le nombre d'occurrences des espèces par rapport au nombre total de prélèvements. Il est donc possible pour le gestionnaire d'utiliser cette méthode pour effectuer un suivi global des peuplements des plans d'eau retenus au titre de la Directive Cadre sur l'Eau. La méthode peut être étendue à d'autres plans d'eau.

Dans le cadre de l'utilisation du filet Surber, la surface de 0,25 m² est souvent utilisée pour les études des mollusques des milieux terrestres (Devriese, 1989 ; Falkner *et al.*, 2001b) mais l'est beaucoup moins pour les mollusques aquatiques (*e.g.* Antoine, 2002). L'adaptation d'un dispositif de type Surber, généralement utilisé pour les milieux lotiques, utilisé ici pour les milieux lenticules est assez novatrice. En effet, le filet Surber est plutôt employé pour les milieux fluviaux pour la réalisation d'indices biotiques (*e.g.* I.B.G.N.).

Le dispositif semble être bien adapté pour les substrats sableux et schisteux, dans la mesure où les éléments constituant ces substrats sont plus denses que l'eau. Ils sont donc facilement projetés dans le filet. En revanche, le dispositif tel qu'il est n'est pas très adapté au milieu vaseux. Les éléments qui constituent le substrat sont moins denses que l'eau et il est particulièrement difficile de projeter le substrat dans le filet. Ceci est dû au fait que les mouvements de l'eau situés dans le caisson remettent systématiquement le substrat entraîné en suspension. Dans ce cas il a donc été nécessaire de prélever le substrat à l'aide d'une époussette, le cadre n'ayant plus aucune utilité.

On peut donc proposer une amélioration au dispositif, notamment au niveau du coffre. Au lieu d'avoir des panneaux pleins, le coffre pourrait avoir des parois en filet de mêmes dimensions que le filet. Ainsi, les mouvements d'eau sont facilités et les éléments mis en suspension peuvent être récupérés au niveau des parois. On soulignera enfin que le dispositif n'est pas du tout adapté aux plans d'eau ayant des berges abruptes. Le filet n'est adapté qu'aux milieux de faible profondeur. Un autre dispositif doit être mis en place pour ces milieux.

Les résultats obtenus montrent que pour les trois sites étudiés la technique permet de détecter une distribution de type agrégatif. Toutefois ce n'est pas le cas de *Potamopyrgus antipodarum* dans le substrat schisteux. La surface choisie semble être donc adéquate pour la récolte.

Dans le cas de *Potamopyrgus antipodarum*, l'accord avec une loi de Poisson signifie simplement que l'hypothèse d'une répartition aléatoire ne peut pas être démontrée. Bien que la distribution de cette espèce dans le substrat schisteux peut être attribuable à une loi de Poisson, il est toujours possible que la répartition non-aléatoire existe mais qu'elle n'ait pas pu être démontrée. Selon Elliott (1983), un point important dans la non détection de la distribution agrégée des espèces benthiques, est l'effet de la surface de prélèvement. Ainsi, si la surface de prélèvement est plus grande ou plus petite que la taille moyenne des agrégats d'individus, et que les agrégats sont répartis de manière aléatoire ou régulière, alors la répartition de la population est apparemment aléatoire et les agrégats ne sont pas détectés. Cela semble être le cas dans le substrat schisteux, pour *Potamopyrgus antipodarum*. Sachant que sur les autres substrats, cette espèce a une répartition de type agrégative, il n'y a pas de raison qu'il en soit différemment dans les schistes. La taille des agrégats, en revanche, doit y être de plus grande taille et la surface utilisée pour les récolter n'est pas adaptée.

Enfin, les résultats obtenus illustrent l'état des variables descriptives au moment où ont été effectués les prélèvements, c'est-à-dire au cours du mois de juillet. La variabilité temporelle de ces variables n'a pas pu être estimée. Dans le cadre d'un suivi des peuplements par cette méthode, il serait souhaitable d'estimer la variabilité saisonnière de ces variables.

VI. CONCLUSION

L'objectif du travail était de faire une étude préliminaire des peuplements de mollusques aquatiques de quatre plans d'eau du bassin Artois-Picardie retenus au titre de la Directive-Cadre sur l'Eau, dont trois ont été étudiés. Il s'agissait d'une part d'effectuer un recensement des espèces de mollusques aquatiques de la Mare à Goriaux, de l'étang du Vignoble et du lac du Val-Joly. Il s'agissait d'autre part de contribuer à la mise en place d'une méthode de suivi des peuplements de ce groupe faunistique.

36 espèces ont été observées dans les plans d'eau, ce qui représente 60 % environ de la malacofaune aquatique observée dans le bassin Artois-Picardie. On note la présence d'importantes populations de grand bivalves, dont *Unio tumidus depressus* au niveau de l'étang du Vignoble. Enfin, la Mare à Goriaux est la deuxième localité au niveau du bassin pour *Ferrissia clessiniana*.

La caractérisation des plans d'eau à partir des peuplements de mollusques aquatiques est possible. Elle montre que l'étang du Vignoble est composé d'espèces typiques des annexes alluviales. La Mare à Goriaux est caractérisée par des peuplements de mollusques très proches de ceux des milieux marécageux, typiques des eaux stagnantes et riches en matière organique. Enfin le lac du Val-Joly présente des peuplements ressemblant à ceux précédemment évoqués. Toutefois il se caractérise par des espèces typiques des plans d'eau de grande taille.

La méthode utilisée pour le recensement peut être utilisée pour un suivi global des peuplements de mollusques. Elle sera d'autant plus robuste que le nombre de prélèvements sera important. Il sera donc possible de suivre l'évolution des occurrences de chaque espèce. La méthode quantitative est bien adaptée pour les substrats sableux et schisteux. Dans le cas du secteur vaseux, elle doit subir quelques modifications. Pour une précision de 30 %, le nombre de prélèvements à effectuer par type de substrat est de six. Ce nombre est un compromis entre la précision à apporter et le travail à fournir pour la récolte, et pourrait être un point de départ pour effectuer un suivi d'un milieu sableux, schisteux ou vaseux.

Toutefois avant d'utiliser les mollusques aquatiques en tant qu'indicateur, il est nécessaire de connaître la variabilité temporelle des variables descriptives (moyenne-variance). Ceci devrait être couplé à des variables physico-chimiques. Il est également indispensable d'augmenter l'échelle d'application pour valider le caractère bioindicateur de ce groupe faunistique pour qu'il soit compatible avec les exigences de la Directive-Cadre.

VII. BIBLIOGRAPHIE

- Adam, W. (1960) Faune de Belgique. Mollusques 1 - Mollusques terrestres et dulcicoles. - 402 pp. Bruxelles. (Institut royal des Sciences naturelles de Belgique).
- Agence de l'Eau-Artois-Picardie (1994) Etude sur la qualité du lac Val Joly. Récapitulatif de trois années de campagnes:1990-1992. Agence de l'Eau Artois Picardie, Mission Ecologie du Milieu. 41 pp. Douai.
- Aho, J. (1966) Ecological basis of the distribution of littoral freshwater molluscs in the vicinity of Tampere, South Finland. - *Ann. Zool. Fen.*, **3** : 283-322.
- Aho, J. (1984) Relative importance of hydrochemical and equilibrial variables on the diversity of freshwater gastropods in Finland. - In : Solem, A. & Van Bruggen, A.C., *World Wide Snail - Biogeographical studies on non-marine Mollusca*, : 198-206. Leiden. (Backhuys).
- Antoine, C. (2002) Déterminisme des assemblages de Gastéropodes aquatiques en zones alluviales (rive sud du Lac de Neuchâtel -CH et basse plaine de l'Ain-F). Faculté des sciences de l'Université de Genève. 173 pp. Genève.
- Armitage, P.D., Pardo, I. & Brown, A. (1995) Temporal constancy of faunal assemblages in 'mesohabitats'- Application to management? - *Arch. Hydrobiol.*, **133** (3): 367-387.
- Bell, J.D. & Westboby, M. (1986) Abundance of macrofaune in dense seagrass is due to habitat preference, not predation. - *Oecologia*, **68** (205-209).
- Berg, K. (1961) On the oxygen consumption of some freshwater snails. - *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **14** : 1019-1022.
- Boycott, A.E. (1936) The habitats of freshwater Mollusca in Britain. - *J. Anim. Ecol.*, **5** : 116-186.
- Breen, C.M. & Twich, A.J. (1978) Enrichment studies using isolation columns II. The effects of phosphorus enrichment. - *Aquat. Bot.*, **4** : 161-168.
- Brönmark, C. (1985) Interactions between macrophytes, epiphytes and herbivores: an experimental approach. - *Oikos*, **45** : 26-30.
- Brönmark, C. (1989) Interaction between epiphytes macrophytes and freshwater snails: a review. - *J. of Moll. Stud.*, **55** : 299-311.
- Brown, K.M. & Devries, D. (1985) Predation and the distribution and abundance of a pond snail. - *Oecologia*, **66** : 93-99.
- Brown, K.M. & Lodge, D.M. (1993) Gastropod abundance in vegetated habitats: the importance of specifying null models. - *Limnol. and Oceanograph.*, **38** : 217-225.
- Costil, K. & Clement, B. (1996) Relationship between freshwater gastropods and plants communities reflecting various trophic levels. - *Hydrobiologia*, **321** : 7-16.
- Crowders, L.B. & Cooper, W.E. (1982) Habitat structural complexity and the interaction between bluegills and their prey. - *Ecology*, **63** : 1802-1813.
- Cucherat, X. (2003) Les mollusques continentaux de la région Nord-Pas-de-Calais. Université des Sciences et Technologie de Lille. 191 pp. Villeneuve d'Ascq.
- Cyr, H. & Downing, J.A. (1988) Empirical relationships of phytomacrofaunal abundance to plant biomass and macrophyte bed characteristics. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **45** : 976-984.
- Decocq, O. (2000) Les nouvelles de la Mare. - *L'Erable*, **1er trimestre 2000** : 7-12.
- Dorgelo, J. (1988) Growth in a freshwater snail under laboratory conditions in relation to eutrophication. - *Hydrobiologia*, **157** : 125-127.
- Drumez, J.M. (1991) Etang du Vignoble: étude préalable aux travaux de curage. Agence de l'Eau, Mission Ecologie du Milieu. 31 pp. Douai.

- Dussart, G.B.J. (1976) The ecology of freshwater molluscs in North West England in relation to water chemistry. - *J. of Moll. Stud.*, **42** : 181-198.
- Eisenberg, R.M. (1966) The regulation density in a natural population of the pond snail, *Lymnaea elodes*. - *Ecology*, **47** (889-906): 181-.
- Eleutheriadis, N. & Lazaridou-Dimitriadou, M. (1995) Density and growth of freshwater prosobranch snails (*Bithynia graeca* and *Viviparus contectus*) in relation to water chemistry in Serres, Northern Greece. - *J. of Moll. Stud.*, **61** : 347-352.
- Elliott, J.M. (1983) Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrate. - 159 pp. Ambleside. (Freshwater Biological Association).
- Falkner, G. (1990) Binnenmollusken. - In : Fechter, R. & Falkner, G., *Weichtiere. Europäische Meeres- und Binnenmollusken*. Steinbachs Naturführer, **10**: 112-280. München. (Mosaik).
- Falkner, G., Bank, R.A. & Von Proschwitz, T. (2001a) Check-list of the non-marine Molluscan Species-group taxa of the State of Northern, Atlantic and Central Europe (CLECOM I). - *Heldia*, **4** (1/2): 1-76.
- Falkner, G., Obrdlik, P., Castella, E. & Speight, M.D.C. (2001b) Shelled Gastropoda of Western Europe. - 267 pp. München. (Friedrich Held Gesellschaft).
- Falkner, G., Ripken, T.E.J. & Falkner, M. (2002) Mollusques continentaux de France. Liste de référence annotée et Bibliographie. Patrimoines naturels - 350 pp. Paris. (Publications Scientifiques du M.N.H.N.).
- Fenchel, T. (1975) Character displacement and coexistence in mud snail (Hydrobiidae). - *Oecologia*, **20** : 19-32.
- Foeckler, F. (1991) Classifying and evaluating alluvial floodplain waters of the Danube by water mollusc association. - *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **24** : 1881-1887.
- Foeckler, F., Diepolder, U. & Deichner, O. (1991) Water mollusc communities and bioindication of lower Salzach floodplain waters. - *Regul. Riv.: Res. & Manag.*, **6** : 301-312.
- Germain, L. (1931) Mollusques terrestres et aquatiques (2de partie). Faune de France - 479-893 pp. Paris. (Paul Lechevalier).
- Glöer, P. & Meier-Brook, C. (1998) Süßwassermollusken. Ein Bestimmungsschlüssel für die Bundesrepublik Deutschland. - 136 pp. Hamburg. (Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung).
- Goodrich, C. (1921) Three new species of Pleuroceridae. - *Occas. Pap. Mus. Zool. Univ. Mich.*, **91** : 1-5.
- Grimmer-Logiciels (1995-1999) StatBox Pro pour Microsoft Excel pour . (Grimmer Logiciels). Paris.
- Harman, W.N. (1972) Benthic substrates: their effects on freshwater mollusca. - *Ecology*, **53** : 271-277.
- Hunter, W.R. (1964) Physiological aspects of ecology in non-marine molluscs. - *Physiol. Mollusca*, **1** : 83-116.
- Jourdan, S. & Petit, E. (2003) Biologie de l'étang du Vignoble et état des lieux. Fédération du Nord pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 16 pp. Lille.
- Killeen, I.J. (1998) An assessment of the mollusc faunas of grazing marsh ditches using numerical indices, and their application for monitoring and conservation. - *Journal of Conchology, Special publication*, **2** : 101-112.
- Korniushin, A.V. (1994) Review of the European species of the genus *Sphaerium* (Mollusca, Bivalvia, Pisidioidea). - *Ruthenica*, **4** (1): 43-60.

- Korniushin, A.V. & Hackenberg, E. (2000) Verwendung konkologischer und anatomischer Merkmale für die bestimmung mitteleuropäischer Arten der Familie Sphaeriidae (Bivalvia), mit neuem Bestimmungsschlüssel und Diagnosen. - *Malak. Abh. staatl. Mus. Tierk.*, **20** (6): 45-72.
- Lamarche, A.P., Legendre, P. & Chodorowski, A. (1982) Facteurs responsables de la distribution des Gastéropodes dulcicoles dans le fleuve Saint-Laurent. - *Hydrobiologia*, **89** : 61-76.
- Legendre, P., Planas, D. & Auclair, M.J. (1984) Succession des communautés de Gastéropodes dans deux milieux différant par leur degré d'eutrophisation. - *J. of Canad. Zool.*, **62** (11): 2317-2327.
- Lodge, D.M. (1985) Macrophyte-gastropods associations: observations and experiments on macrophytes choice by gastropods. - *Fresh. Biol.*, **15** : 695-708.
- Lodge, D.M. (1986) Selective grazing on periphyton: a determinant of freshwater gastropod microdistributions. - *Fresh. Biol.*, **16** : 831-841.
- Lodge, D.M., Brown, K.M., Klosiewski, S.T., Stein, R.A., Covich, A.P., Leathers, B.K. & Brönmark, C. (1987) Distribution of freshwater snails: spatial scale and the relative importance of physicochemical and biotic factor. - *Am. Malac. Bull.*, **5** (1): 73-84.
- Lodge, D.M. & Kelly, P. (1985) Habitat disturbance and the stability of freshwater gastropod populations. - *Oecologia*, **68** : 11-117.
- Macan, T.T. (1950) Ecology of freshwater Mollusca in the English Lakes District. - *J. Anim. Ecol.*, **19** : 124-146.
- Mason, C.F. & Bryant, R.J. (1975) Changes in the ecology of the Norfolk broads. - *Fresh. Ecol.*, **5** : 257-270.
- McKillop, W.B. (1984) Distribution of aquatic gastropods across the Ordovician dolomite - Precambrian granite contact in southeastern Manitoba, Canada. - *J. of Canad. Zool.*, **50** : 1433-1445.
- McMahon, R.F. (1983) Physiological ecology of freshwater pulmonates. - In : Russell-Hunter, W.D., *The Mollusca*, **6**: 359-430. New York. (Academic Press).
- Meier-Brook, C. (1975) Der ökologische indikatorwert mitteleuropäischer *Pisidium*-Arten (Mollusca, Eulamellibranchiata). - *Eiszeitalter und Gegenwart.*, **25** : 190-195.
- Morgan, N.C. (1970) Changes in the fauna and flora of a nutrient enriched lake. - *Hydrobiologia*, **35** : 545-553.
- Mouthon, J. (1982) Les mollusques dulcicoles - Données biologiques et écologiques - Clés de détermination des principaux genres de Bivalves et de Gastéropodes de France. - *Bull. Franç. Pêche Pisc.*, **54** (Numéro spécial): 1-27.
- Mouthon, J. (1986) Contribution à la connaissance des Mollusques du lac Léman. Intérêt de l'étude des malacocénoses pour apprécier la qualité biologique des sédiments de ce plan d'eau. - *Rev. Suis. Zool.*, **94** (4): 729-740.
- Mouthon, J. (1987) Principes généraux pour une méthode d'appréciation de la qualité globale des sédiments lacustres à l'aide d'une analyse simplifiée des malacocénoses. - *Ann. Limnol.*, **22** : 209-217.
- Mouthon, J. (1989) Analyse de la distribution des malacocénoses de 23 lacs français. - *Ann. Limnol.*, **25** : 205-213.
- Mouthon, J. (1990) Importance des conditions climatiques dans la différenciations des peuplements malacologiques des lacs européens. - *Arch. Hydrobiol.*, **118** : 353-370.
- Mouthon, J. (1992a) Peuplements malacologiques lacustres en relation avec la physico-chimie de l'eau et des sédiments.II. Les espèces. - *Ann. Limnol.*, **28** (2): 109-119.

- Mouthon, J. (1992b) Snails and bivalves populations analysed in relation to physical-chemical quality of lakes in Eastern France I. General criteria for population analyses. - *Hydrobiologia*, **245** : 147-156.
- Mouthon, J. (1993) Un indice biologique lacustre basé sur l'examen des peuplements de mollusques. - *Bull. Franç. Pêche Pisc.*, **331** : 397-406.
- Mouthon, J. (2001) Mollusques dulcicoles et pollution biodégradable des cours d'eau: échelle de sensibilité des espèces, genres et familles. - *Ingénieries*, **26** : 3-15.
- Mouthon, J. & Kuiper, J.G.J. (1987) Inventaire des Sphaeriidae de France. Inventaire de Faune et de Flore - 60 pp. Paris. (Secrétariat de la Faune et de la Flore).
- Obrdlik, P., Falkner, G. & Castella, E. (1995) Biodiversity of Gastropoda in European floodplains. - *Arch. Hydrobiol., suppl.*, **101** : 339-356.
- Ökland, J. (1979) Distribution of environmental factors and freshwater snails (Gastropoda) in Norway: use of european invertebrate survey principles. - *Malacologia*, **18** : 211-222.
- Ökland, J. (1983) Factors regulating the distribution of freshwater snails (Gastropoda) in Norway. - *Malacologia*, **24** (277-288).
- Ökland, J. (1990) Lakes and Snails. Environment and Gastropoda in 1500 Norwegian lakes, ponds and rivers. - 516 pp. Oegstgeest. (Backhuys edition).
- Piechocki, A. (1989) The Sphaeriidae of Poland (Bivalvia, Eulamellibranchia). - *Ann. Zool.*, **42** (12): 249-320.
- Pip, E. (1986) A study of pond colonization by freshwater molluscs. - *J. of Moll. Stud.*, **52** : 214-224.
- Pip, E. & Paulishyn, W.F. (1971) The ecology and distribution of *Promenetus exacurus* Say (Gastropoda: Planorbidae) in southern Manitoba. - *J. of Canad. Zool.*, **49** : 367-372.
- Preece, R.C. & Wilmot, R.D. (1979) *Marstoniopsis scholtzi* (A. Schmidt) and *Ferrissia wautieri* (Mirolli) from Hilgay, Norfolk. - *J. of Conch.*, **30** (2): 135-139.
- Rooke, J.B. (1984) The invertebrate faune of four macrophytes in a lotic system. - *Fresh. Biol.*, **14** : 507-513.
- Savage, A.A. & Gazey, G.M. (1987) Relationships of physical and chemical conditions to species diversity and density of gastropods in English lakes. - *Biol. Cons.*, **42** : 95-113.
- Southwood, T.R.E. & Henderson, P.A. (2000) Ecological methods. - 575 pp. Oxford. (Balckwell Science).
- Tashiro, J.S. & Colman, S.D. (1982) Filter feeding in the freshwater prosobranch snail *Bithynia tentaculata*: bioenergetic partitioning of ingested carbon and nitrogen. - *Am. Midl. Nat.*, **197** : 114-132.
- Thomas, J.D. (1982) Chemical ecology of the snail host of schistosomiasis: snail-snail and snail-plant interaction. - *Malacologia*, **22** : 81-91.
- Tsikhon-Lakunina, E.A. (1961) On the problem of the filtration feeding method of *Bithynia tentaculata* L. and *Valvata piscinalis* Müller. - *Bull. Inst. Biol. Vodokhr.*, **10** : 28-30.
- Van der Schalties, H. & Berry, E.G. (1973) The effects of temperature on growth and reproduction of aquatic snails. - *Sterkenia*, **50** : 833-843.
- Vermeij, G.J. & Covich, A.P. (1978) Coevolution of freshwater gastropods and their predators. - *Am. Nat.*, **112** : 833-843.

VIII. ANNEXES

Annexe 1 :
Liste systématique des espèces de mollusques dulcicoles du Bassin Artois-
Picardie

Le signe [?] indique que l'espèce est potentielle dans le bassin ou n'y a pas été retrouvée.

Phylum Mollusca CUVIER 1795

Classis Gastropoda CUVIER 1795

Subclassis Orthogastropoda PONDER & LINDBERG 1905

Superordo Neritaemorphi KOKEN 1896

Ordo Neritopsina COX & KNIGHT 1960

Superfamilia Neritoidea LAMARCK 1809

Familia Neritidae LAMARCK 1809

Subfamilia Neritidinae LAMARCK 1809

Genus *Theodoxus* MONTFORT 1810

- *Theodoxus fluviatilis fluviatilis* (LINNAEUS 1758)

Superordo Caenogastropoda COX 1960

Ordo Architaenioglossa GALLER 1890

Superfamilia Ampullarioidea J. E. GRAY 1824

Familia Vivparidae J. E. GRAY 1847 (1833)

Subfamilia Viviparinae J. E. GRAY 1847 (1833)

Genus *Viviparus* MONTFORT 1810

- *Viviparus contectus* (MILLET 1813)
- *Viviparus viviparus viviparus* (LINNAEUS 1758)

Ordo Neotaenioglossa HALLER 1892

Superfamilia Cerithihoidea A. FÉRUSAC 1822

Familia Thiaridae TROSCHER 1857 (1823)

Subfamilia Thiarinae TROSCHER 1857 (1823)

Genus *Melanoides* OLIVIER 1804

- *Melanoides tuberculatus* (O. F. MÜLLER 1774) [?]

Superfamillia Rissoidea J. E. GRAY 1847

Familia Bithyniidae TROSCHER 1857

Genus *Bithynia* LEACH 1818

- *Bithynia tentaculata* (LINNAEUS 1758)
- *Bithynia leachii* (SHEPPARD 1823)

Familia Hydrobiidae TROSCHER 1857

Subfamilia Tateinae THIELE 1925

Genus *Potamopyrgus* STIMPSON 1865

- *Potamopyrgus antipodarum* (J. E GRAY 1843)

Genus *Mercuria* BOETERS 1971

- *Mercuria anatina* (POIRET 1801) [?]

Subfamilia Lithoglyphinae TROSCHER 1857

Genus *Lithoglyphus* C. PFEIFFER 1828

- *Lithoglyphus naticoides* (C. PFEIFFER 1828) [?]

Subfamilia Amnicolinae TRYON 1862

Genus *Marstoniopsis* VAN REGTEREN ALTENA 1936

- *Marstoniopsis scholtzi* (A. SCHMIDT 1856)

Familia Valvatidae J. E. GRAY 1840

Genus *Valvata* O. F. MÜLLER 1773

- *Valvata cristata* O. F. MÜLLER 1774
- *Valvata macrostoma* MÖRCH 1864
- *Valvata piscinalis* (O. F. MÜLLER 1774)

Ordo Pulmonata CUVIER IN BLAINVILLE 1814

Superordo Basommatophora KEFERSTEIN 1864

Superfamilia Acroloxoidea THIELE 1931

Familia Acroloxidae THIELE 1931

Genus *Acroloxus* H. BECK 1838

- *Acroloxus lacustris* (LINNAEUS 1758)

Superfamilia Lymnaeoidea RAFINESQUE 1815

Familia Lymnaeidae RAFINESQUE 1815

Subfamilia Lymnaeinae RAFINESQUE 1815

Genus *Galba* SCHRANK 1803

- *Galba truncatula* (O. F. MÜLLER 1774)

Genus *Stagnicola* JEFFREYS 1830

- *Stagnicola palustris* (O. F. MÜLLER 1774)
- *Stagnicola fuscus* (C. PFEIFFER 1821)
- *Stagnicola corvus* (GMELIN 1791) [?]

Genus *Omphiscola* RAFINESQUE 1819

- *Omphiscola glabra* (O. F. MÜLLER 1774)

Genus *Radix* MONTFORT 1810

- *Radix auricularia auricularia* (LINNAEUS 1758)
- *Radix labiata* (ROSSMÄSSLER 1835)
- *Radix balthica* (LINNAEUS 1758)
- *Radix ampla* (W. HARTMANN 1821) [?]

Genus *Myxas* G. B. SOWERBYI 1822

- *Myxas glutinosa* (O. F. MÜLLER 1774)

Genus *Lymnaea* LAMARCK 1799

- *Lymnaea stagnalis* (LINNAEUS 1758)

Superfamilia Planorboidea RAFINESQUE 1815

Familia Physidae FITZINGER 1833

Subfamilia Physinae FITZINGER 1833

Genus *Physa* DRAPARNAUD 1801

- *Physa fontinalis* (LINNAEUS 1758)

Genus *Physella* HALDEMEN 1842

- *Physella acuta* (DRAPARNAUD 1801)
- *Physella heterostropha* (SAY 1817) [?]

Subfamilia Aplexinae STAROBOGATOV 1967

Genus *Aplexa* FLEMING 1820

- *Aplexa hypnorum* (LINNAEUS 1758)

Familia Planorbidae RAFINESQUE 1815

Subfamilia Bulininae P. FISCHER & CROSSE 1880

Genus *Planorbarius* DUMERIL 1806

- *Planorbarius corneus corneus* (LINNAEUS 1758)

Genus *Menetus* H. & A. ADAMS 1855

- *Menetus dilatatus* (GOULD 1841) [?]

Genus *Ferrissia* WALKER, 1903

- *Ferrissia clessiniana* (JICKELI 1882)

Subfamilia Planorbinae RAFINESQUE 1815

Genus *Planorbis* O. F. Müller 1773

- *Planorbis planorbis* (LINNAEUS 1758)
- *Planorbis carinatus* O. F. MÜLLER 1774

Genus *Anisus* S. STUDER 1820

- *Anisus spirorbis* (LINNAEUS 1758)
- *Anisus vortex* (LINNAEUS 1758)
- *Anisus vorticulus* (TROSCHER 1834)

Genus *Bathyomphalus* CHARPENTIER 1837

- *Bathyomphalus contortus* (LINNAEUS 1758)

Genus *Gyraulus* CHARPENTIER 1837

- *Gyraulus albus* (O. F. MÜLLER 1774)
- *Gyraulus laevis* (ALDER 1838) [?]
- *Gyraulus crista* (LINNAEUS 1758)

Genus *Hippeutis* CHARPENTIER 1837

- *Hippeutis complanatus* (LINNAEUS 1758)

Genus *Segmentina* FLEMING, 1818

- *Segmentina nitida* (O. F. MÜLLER 1774)

Genus *Ancylus* O. F. MÜLLER 1773

- *Ancylus fluviatilis* O. F. MÜLLER 1774

Classis Bivalvia LINNAEUS 1758**Subclassis Eulamellibranchia PELSENEER 1889**

Superordo Palaeoheterodonta NEWEELL 1985

Ordo Unionoida STOLICZKA 1871

Superfamilia Uniodoidea RAFINESQUE 1820

Familia Margaritiferidae HENDERSON 1929 (1910)**Genus *Pseudunio* F. HAAS 1910**

- *Pseudunio auricularius auricularius* (SPENGLER 1793) [?]

Familia Unionidae RAFINESQUE 1820

Subfamilia Ambleminae RAFINESQUE 1820

Tribus Gonidini ORTMANN 1916

Genus *Potomida* SWAINSON 1840

- *Potomida littoralis littoralis* (CUVIER 1798)

Subfamilia Unioninae RAFINESQUE 1820

Genus *Unio* PHILIPSSON 1788

- *Unio pictorum pictorum* (LINNAEUS 1758)
- *Unio tumidus depressus* (DONOVAN 1802)
- *Unio crassus riparius* C. PFEIFFER 1821

Subfamilia Anodontinae RAFINESQUE 1820

Genus *Anodonta* LAMARCK 1799

- *Anodonta anatina anatina* (LINNAEUS 1758)
- *Anodonta cygnea cygnea* (LINNAEUS 1758)

Genus *Pseudanodonta* BOURGUIGNAT 1877

- *Pseudanodonta complanata elongata* (HOLANDRE 1836)

Superordo Heterodonta NEUNAYR 1884

Ordo Veneroida H. & A. ADAMS 1856

Superfamilia Corbiculoidea J. E. GRAY 1847

Familia Corbiculidae J. E. GRAY 1847**Genus *Corbicula* MERGELE VON MÜHLFELD 1811**

- *Corbicula fluminea* (O. F. MÜLLER 1774)

Superfamilia Sphaerioidea DESHAYE 1855 (1820)

Familia Sphaeriidae DESHAYE 1855 (1820)

Subfamilia Sphaeriinae DESHAYE 1855 (1820)

Genus *Sphaerium* SCOPOLI 1777

- *Sphaerium corneum* (LINNAEUS 1758)
- *Sphaerium nucleus* (S. STUDER 1820)
- *Sphaerium rivicola* (LAMARCK 1818)
- *Sphaerium solidum* NORMAND 1844

Subfamilia Pisidiinae J. E. GRAY 1857

Genus *Musculum* LINK 1807

- *Musculum lacustre* (O. F. MÜLLER 1774)
- *Musculum transversum* (SAY 1829) [?]

Genus *Pisidium* C. Pfeiffer 1821

- *Pisidium amnicum* (O. F. MÜLLER 1774)
- *Pisidium casertanum* (POLI 1791)
- *Pisidium personatum* MALM 1855
- *Pisidium obtusale* (LAMARCK 1818)
- *Pisidium henslowanum* (SHEPPARD 1823)
- *Pisidium supinum* A. SCHMIDT 1851

- *Pisidium hibernicum* WESTERLUND 1864
- *Pisidium nitidum* JENYNS 1832
- *Pisidium pseudosphaerium* J. FAVRE 1927 [?]
- *Pisidium milium* HELD 1836
- *Pisidium subtruncatum* MALM 1855
- *Pisidium pulchellum* JENYNS 1832
- *Pisidium tenuilineatum* STELFOX 1918

Superfamilia Dreissenoidea J. E. GRAY 1840

Familia Dreissenidae J. E. GRAY 1840

Genus *Dreissena* VAN BENEDEN 1835

- *Dresseina polymorpha polymorpha* (PALLAS 1771)

Genus *Mytilopsis* CONRAD 1858

- *Mytilopsis leucopheata* (CONRAD 1831)

Annexe 2a :
**Données habitats recueillies lors du recensement des mollusques aquatiques
du Lac du Val-Joly**

Prélèvements	Substrat	Paysage
VAL 01	Fond caillouteux+ débris de branches	
VAL 02	Fond rocheux	<i>Quercus robur, Crataegus monogina, Rubus sp.</i>
VAL 03	Fond caillouteux +vase	<i>Betula pendula, Quercus robur, Carpinus betulus</i>
VAL 04	Fond caillouteux	<i>Carpinus betulus</i>
VAL 05	Petits cailloux +limon	<i>Carpinus betulus + Betula pendula</i>
VAL 06	Gros cailloux + limon	<i>Carpinus betulus</i>
VAL 07	Cailloux + limon	<i>Carpinus betulus +Juncus sp.+ Populus tremula</i>
VAL 08	Cailloux +limon	<i>Carpinus betulus</i>
VAL 09	Cailloux	<i>Betula pendula + Carpinus betulus</i>
VAL 10	Gros cailloux	<i>Carpinus betulus</i>
VAL 11	Cailloux + vase	<i>Carpinus betulus</i>
VAL 12	Cailloux + limon +feuilles mortes	<i>Betula pendula +Prunus avium</i> à 50 m du ruisseau
VAL 13	Cailloux + limon +feuilles	<i>Carpinus betulus</i> à 20m du ruisseau
VAL 14	Vase +limon +beaucoup de feuilles	<i>Carpinus betulus</i> près du ruisseau
VAL 15	Vase	Sortie du ruisseau
VAL 16	Limon +beaucoup de feuilles	ruisseau
VAL 17	Limon +feuilles	
VAL 18	Limon	<i>Salix cinerea+Carex sp.</i>
VAL 19	Vase +limon +matière organique	<i>Phalaris arundinacea</i>
VAL 20	Limon	<i>Juncus sp.+Betula pendula +Salix sp.</i>
VAL 21	Limon +beaucoup de feuilles	<i>Betula pendula +Salix sp. +Acer pseudoplatanus+Populus tremula</i>
VAL 22	Végétaux en décomposition	<i>Crataegus monogina +Alnus glutinosa+Salix cinerea</i>
VAL 23	Limon + feuilles	<i>Alnus glutinosa, Evonymus europaeus, Betula pendula</i>
VAL 24	Feuilles	<i>Alnus glutinosa</i> à proximité
VAL 25	Limon	Secteur sur le point d'être exondé
VAL 26	Limon +feuilles	<i>Evonymus europaeus, Betula pendula, Carpinus betulus</i>
VAL 27	Limon +végétaux	<i>Populus tremula</i>
VAL 28	Limon	<i>Quercus robur</i>
VAL 29	Limon +beaucoup de feuilles	<i>Betula pendula, Carpinus betulus, Evonymus europaeus, Betula pendula</i>
VAL 30	Limon	<i>Betula pendula +Quercus robur +Juncus sp.</i>
VAL 31	Limon avec matière organique en dessous	<i>Betula pendula</i>
VAL 32	Limon	Sortie de petit ruisseau
VAL 33	Limon +débris végétaux	<i>Betula pendula, Quercus robur, Evonymus europaeus, Carpinus betulus, Crataegus monogina</i>
VAL 34	Limon	<i>Betula pendula</i>
VAL 35	Limon +feuilles +dépos +cailloux sous la vase	<i>Alnus glutinosa, Sambucus nigra, Prunus.</i> Sortie de l'Helpe
VAL 36	Vase +matière organique +branches et débris	<i>Prunus avium, Carpinus betulus</i> sortie de l'Helpe, à l'ombre. fermentation (odeur H ₂ S)
VAL 37	Vase	<i>Alnus glutinosa, prunus sp., Urtica dioica.</i> Sous un reposoir à Grand Cormoran
VAL 38	Cailloux +fin dépôts de vase	<i>Alnus glutinosa</i> un peu sous le reposoir à cormorans
VAL 39	Débris végétaux +bois	<i>Crataegus monogina, Fraxinus excelsior, Filipendula ulmaria, Urtica dioica, Rumex obtusifolius</i>
VAL 40	Cailloux, débris végétaux, schiste	<i>Carpinus betulus, festuca sp.</i>
VAL 41	Cailloux	<i>Carpinus betulus</i>

VAL 42	Cailloux +algues +vase	<i>Carpinus betulus</i> , <i>Polytrichum</i> sp., luzule, <i>Carex</i> sp.
VAL 43	Cailloux +débris végétaux	<i>Carpinus betulus</i> , <i>Polytrichum</i> sp. berge à pente douce
VAL 44	Cailloux +vase + débris végétaux	<i>Carpinus betulus</i> , <i>Salix</i> sp. ensoleillé, milieu très ouvert
VAL 45	Cailloux +vase	<i>Carpinus betulus</i>
VAL 46	Cailloux + un peu de vase	<i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Carex</i> sp., <i>Juncus</i> . Milieu ouvert
VAL 47	Cailloux très fins	<i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Carex</i> sp., <i>Juncus</i> . Sortie de petit ruisseau
VAL 48	Vase +limon	<i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Salix cinerea</i> . Ensoleillé
VAL 49	Vase +petits cailloux	<i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Carex</i> sp., <i>Juncus</i> . Sortie de petit ruisseau
VAL 50	Vase	<i>Carex</i> sp., <i>Phalaris arundinacea</i>
VAL 51	Vase avec cailloux	<i>Prunus</i> sp. À l'ombre
VAL 52	Vase avec fond caillouteux	<i>Carex</i> sp., <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Juncus</i> sp. Plage nue
VAL 53	Terre +limon + débris végétaux	<i>Prunus</i> sp., <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Lycopus europeus</i> . Ombre, après ruisseau Orbaye
VAL 54	Limon +petits cailloux	<i>Prunus</i> sp., <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Lycopus europeus</i> .
VAL 55	Limon +cailloux	<i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Juncus</i> sp., <i>Prunus</i>
VAL 56	Limon +cailloux	<i>Phalaris arundinacea</i> . Milieu ouvert
VAL 57	Limon +cailloux	<i>Juncus</i> sp., <i>Phalaris arundinacea</i> . Milieu ouvert
VAL 58	Limon	<i>Juncus</i> , <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Alnus glutinosa</i> . Milieu ouvert
VAL 59	Cailloux couverts de limon	<i>Juncus</i> , <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Alnus glutinosa</i> à proximité
VAL 60	Limon +cailloux	<i>Carex riparia</i> , <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Prunus</i> sp.
VAL 61	Limon +feuilles	Débris végétaux à proximité. Milieu très ouvert
VAL 62	Cailloux	Pelouse, <i>Juncus</i> sp. de l'autre côté du pont
VAL 63	Petits cailloux +limon avec beaucoup de coquilles de bivalves	<i>Phalaris arundinacea</i>
VAL 64	Débris végétaux zone de dépôts	À proximité <i>Phalaris arundinacea</i> , rumex, <i>Carex</i> sp.
VAL 65	Cailloux de tailles variables	<i>Salix</i> sp. Zone plus ou moins ombrogène

Annexe 2b :
Données habitats recueillies lors du recensement des mollusques aquatiques
de l'étang du Val-Joly

Prélèvements	Substrat	Paysage
VIG 01	Sable +alluvions	Typhaie à <i>Typha latifolia</i> , Arrhénateraiie. Berges abruptes
VIG 02	Sable +alluvions	Typhaie à <i>Typha latifolia</i> .Berges abruptes
VIG 03	Sable +alluvions	Typhaie à <i>Typha latifolia</i> + <i>Rumex hygrolapatum</i>
VIG 04	Sable	Typhaie à <i>Typha latifolia</i>
VIG 05	Sable +débris végétaux. Zone de dépôts	<i>Salix</i> sp., <i>Prunus avium</i> , <i>Crataegus monogina</i> , <i>Carex panicularia</i> , <i>Hedera helix</i>
VIG 06	Débris végétaux. Odeur nauséabonde	<i>Crataegus monogina</i> , <i>Salix</i> sp., <i>Carex paniculata</i>
VIG 07	Vase	<i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Rumex hygrolapatum</i> , <i>Sparganium</i> sp.
VIG 08	Vase	Thyphaie à <i>Typha latifolia</i> , <i>Carex</i> sp., <i>Verbascum</i> sp
VIG 09	Vase	<i>Carex pseudocyperus</i> , <i>Rosa</i> sp., <i>Urtica dioica</i>
VIG 10	Cailloux	<i>Phragmites australis</i> , <i>Juncus</i> cf. <i>glaucus</i> , <i>Rumex hygrolapatum</i> , <i>Carex pseudocyperus</i> et <i>Carex paniculata</i>
VIG 11	Vase +débris végétaux	<i>Carex riparia</i>
VIG 12	Vase +matière organique	<i>Carex riparia</i> , <i>Phragmites australis</i>
VIG 13	Vase +matière organique	<i>Carex pseudocyperus</i> , <i>C.paniculata</i> , <i>C.riparia</i>
VIG 14	Vase +matière organique	<i>Carex riparia</i> , <i>C.panicularia</i> , <i>Typha latifolia</i> , <i>Salix cinerea</i> , <i>Rumex hygrolapatum</i>
VIG 15	Tourbe, matière organique	<i>Typha latifolia</i> , <i>Carex pseudocyperus</i> , <i>C.paniculata</i> , <i>C.riparia</i> , <i>Rumex hygrolapatum</i> , <i>Rorippa amphibia</i>
VIG 16	Blocs	<i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Mentha aquatica</i>
VIG 17	Débris végétaux	<i>Juncus glaucus</i> , <i>Phragmites australis</i>
VIG 18	Cailloux	Pas de végétation ped de ponton
VIG 19	Cailloux fins	<i>Scirpus</i> sp., <i>Rumex hygrolapatum</i> , <i>Urtica dioica</i> , <i>Fallopia japonica</i>
VIG 20	Cailloux +débris végétaux	<i>Phragmites australis</i> , <i>Urtica dioica</i>
VIG 21	Cailloux +débris végétaux	<i>Rubus</i> sp., <i>Rosa</i> sp., <i>Urtica dioica</i> , <i>Phragmites australis</i>
VIG 22	Cailloux +débris végétaux	<i>Phragmites</i> , <i>Carex pseudocyperus</i>
VIG 23	Terre	<i>Phalaris arundinacea</i> . Berges abruptes
VIG 24	Cailloux	<i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Urtica dioica</i> , <i>Taraxacum</i> sp.
VIG 25	Graviers fins	<i>Crataegus monogina</i> , <i>Salix</i> sp., <i>Rumex obtusifolius</i> , <i>Urtica dioica</i> . Sortie de petit ruisseau
VIG 26	Débris végétaux	Eau claire, petit ruisseau
VIG 27	Cailloux.	<i>Typha latifolia</i> , <i>Rumex hygrolapatum</i> ,. Berges abruptes
VIG 28	Vase	<i>Azolla folliculoïdes</i> , <i>Calitriche</i> sp. Ruisseau

Annexe 2c :
Données habitats recueillies lors du recensement des mollusques aquatiques
de l'étang du Val-Joly

Prélèvements	Substrat	Paysage
MAG 01	Schiste houiller pur, particules <2 cm	
MAG 02	Schiste houiller pur	<i>Phalaris arundinacea</i>
MAG 03	Blocs schistes houillers <2 cm +gros blocs	<i>Phalaris arundinacea</i>
MAG 04	Schiste houiller +gros blocs	<i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Carex</i> sp.
MAG 05	Schiste gros <2 cm	<i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Salix</i> sp.
MAG 06	Dépôts sable dur +cailloux	<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Quercus robur</i> , <i>Betula pendula</i> . À l'ombre
MAG 07	Sable fin	<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Betula pubescens</i> . À l'ombre
MAG 08	Sable	<i>Phragmites australis</i>
MAG 09	Sable +matière organique	<i>Phragmites australis</i> , <i>Lycopus europeus</i>
MAG 10	Sable	Roselière à <i>Carex riparia</i> , <i>Rumex hygrolapatum</i> , <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Betula pubescens</i>
MAG 11	Schiste fin	<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>rumex</i> sp.
MAG 12	Gros schiste	<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Phalaris arundinacea</i>
MAG 13	Schiste <2 cm	<i>Carex riparia</i> , <i>Alnus glutinosa</i>
MAG 14	Vase organique +schiste	<i>Carex riparia</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Alnus glutinosas</i> , <i>Betula pubescens</i>
MAG 15	Matière organique	<i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Salix cinerea</i> . À l'ombre
MAG 16	Matière organique	<i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Alnus glutinosa</i> . À l'ombre.
MAG 17	Matière organique	Roselière pure à <i>Phragmites australis</i>
MAG 18	Matière organique	Roselière à <i>Phragmites australis</i> , <i>Carex riparia</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Salix cinerea</i> . Dans un petit bassin connecté+ ruisseau
MAG 19	Matière organique	Phragmitaie avec <i>Rumex hygrolapatum</i> et <i>Carex pseudocyperus</i>
MAG 20	Matière organique	Roselière mixte à <i>Phragmites australis</i> et <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Rumex hygrolapatum</i> , <i>C.pseudocyperus</i> , <i>Salix cinerea</i>
MAG 21	Schiste fin avec matière organique	Roselière à <i>Phragmites australis</i>
MAG 22	Matière organique +schlamm	<i>Phalaris riparia</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Carex pseudocyperus</i> , <i>Alnus glutinosa</i> .
MAG 23	Schlamm	<i>Callitriche</i> sp.
MAG 24	Matière organique +schlamm	<i>Juncus</i> sp., <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Carex pseudocyperus</i>
MAG 25	Matière organique	<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Phalaris arundinacea</i> . Secteur ombragé
MAG 26	Sable +matière organique	<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Phalaris arundinacea</i>
MAG 27	Sable +matière organique	<i>Quercus robur</i> , <i>Salix cinerea</i> , <i>Phalaris arundinacea</i>
MAG 28	Matière organique	Roselière à <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Rumex hygrolapatum</i> , <i>Carex riparia</i>
MAG 29	Matière organique	Roselière à <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Salix</i>

		sp., <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Betula pubescens</i>
MAG 30	Schiste grossier +autres éléments allochtones (pavés)	<i>Carex pseudocyperus</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Rumex hygrolapatum</i>
MAG 31	Sable +matière organique	<i>Alnus glutinosa</i>
MAG 32	Sable +matière organique	<i>Alnus glutinosa</i>
MAG 33	Matière organique	<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Salix cinerea</i> , <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Phramites australis</i> , <i>Rumex hygrolapatum</i>
MAG 34	Matière organique	<i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Phramites australis</i> , <i>Salix cinerea</i>
MAG 35	Matière organique	<i>Phramites australis</i> , <i>Molinia coerulea</i> , <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Alnus glutinosas</i>
MAG 36	Matière organique	<i>Carex riparia</i> , <i>Salix cinerea</i> , <i>Betula pubescens</i> , <i>Rumex hygrolapatum</i> , <i>Quercus robur</i>
MAG 37	Matière organique	<i>Rumex hygrolapatum</i> , <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Phramites australis</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Salix cinerea</i>
MAG 38	Matière organique	<i>Phramites australis</i> , <i>Quercus robur</i> , <i>Salix cinerea</i>
MAG 39	Sable +matière organique	<i>Phramites australis</i> , <i>Salix sp.</i> , <i>Alnus glutinosa</i>
MAG 40	Sable +matière organique	<i>Phramites australis</i> , <i>Salix sp.</i>
MAG 41	Sable +matière organique	Phragmitaie pure
MAG 42	Sable +matière organique	<i>Phramites australis</i> , <i>Carex riparia</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Salix sp.</i>
MAG 43	Sable +matière organique	<i>Carex riparia</i> , <i>Phramites australis</i> , <i>Betula pubescens</i> , <i>Quercus robur</i> , <i>Salix cinerea</i>
MAG 44	Sable +matière organique	<i>Quercus robur</i> , <i>Betula pubescens</i> , <i>Alnus glutinosa</i>
MAG 45	Sable +matière organique	<i>Phramites australis</i> , <i>Carex riparia</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Betula pubescens</i>
MAG 46	Sable +matière organique	<i>Carex riparia</i> , <i>Rumex hygrolapatum</i> , <i>Phramites australis</i> , <i>Salix cinerea</i> , <i>Betula pubescens</i>
MAG 47	Sable +matière organique	Phragmitaie pure, <i>Salix cinerea</i> , <i>Rumex hygrolapatum</i>
MAG 48	Schiste	<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Betula pubescens</i> , <i>Salix cinerea</i>
MAG 49	Matière organique	<i>Carex riparia</i> , phragmitaie, flaque avec <i>Callitriche sp.</i> Eau odorante
MAG 50	Matière organique	Phragmitaie pure, <i>Rorippa amphibia</i>
MAG 51	Matière organique	<i>Phramites australis</i> , <i>Rumex hygrolapatum</i> , <i>Phalaris arundinacea</i>
MAG 52	Matière organique	<i>Rumex hygrolapatum</i> , Phragmitaie pure, <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Salix cinerea</i>
MAG 53	Matière organique	<i>Carex acutiformis</i> , <i>Phramites australis</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Salix sp.</i>
MAG 54	Matière organique	<i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Carex riparia</i> , <i>C. pseudocyperus</i> , <i>Rumex hygrolapatum</i> , <i>Salix cinerea</i> , <i>Alnus glutinosa</i>
MAG 55	Matière organique	<i>Carex riparia</i> , <i>Betula pubescens</i> , <i>Salix cinerea</i>
MAG 56	Matière organique	<i>Carex riparia</i> , <i>Phramites australis</i> , <i>Rorippa amphibia</i>

Annexe 4 :
**Contributions absolues et relatives de l'AFC effectuées sur la matrice
présence/absence**

	F1	F2	F3	F4
Pourcentage d'information	11,460584	8,917428	7,637321	6,632115
Contribution absolue				
sp01	0,687642	5,204357	0,327547	3,058791
sp02	0,080537	3,586633	0,048208	11,827752
sp03	4,150807	5,603886	0,121358	3,111943
sp04	0,983568	4,579839	0,526683	0,498818
sp05	0,493164	1,507178	0,056521	4,684073
sp06	6,296376	0,422371	13,411612	0,027332
sp10	10,498358	0,098853	1,12086	8,478061
sp11	0,114395	4,947474	1,649362	1,900075
sp12	0,683083	4,371035	2,790529	0,161009
sp14	11,614525	0,044631	0,825644	2,77432
sp15	0,004651	1,797889	0,592521	1,623702
sp16	3,129742	1,041099	1,55258	1,256197
sp17	5,9595	4,654974	5,667008	6,961823
sp19	0,162106	1,70937	0,358878	0,872437
sp20	5,332907	0,007493	2,067139	0,068973
sp21	0,537638	1,63381	38,31998	0,453523
sp22	6,474581	1,90805	1,611379	7,365101
sp23	1,077869	0,032833	5,708816	0,01597
sp26	4,317544	4,374108	0,398273	4,534715
sp27	0,000488	0,959272	0,037053	7,480247
sp28	13,625	2,289311	5,270275	10,609534
sp29	0,077434	1,945735	5,890765	13,993651
sp30	0,455859	1,974548	0,249773	0,078355
sp31	0,009505	1,214954	10,07385	2,235978
sp32	0,832399	9,372592	0,673941	0,173203
sp35	22,400373	34,717796	0,649597	5,754447
VAL 01	0,404133	0,98053	3,812766	10,741047
VAL 04	0,604011	0,565249	0,574006	0,331744
VAL 05	0,256429	0,022107	0,81964	0,001923
VAL 06	0,669226	0,008098	0,107218	0,933905
VAL 08	0,062012	2,17208	3,484645	4,049726
VAL 09	0,256429	0,022107	0,81964	0,001923
VAL 10	0,256429	0,022107	0,81964	0,001923
VAL 11	1,543162	0,501121	0,374694	0,070264
VAL 13	0,728128	0,730941	1,039005	1,469859
VAL 14	0,684216	1,362879	0,029774	0,303736
VAL 15	0,684216	1,362879	0,029774	0,303736
VAL 16	0,000341	2,045001	0,710276	0,218629
VAL 17	0,684216	1,362879	0,029774	0,303736
VAL 18	0,684216	1,362879	0,029774	0,303736
VAL 20	0,684216	1,362879	0,029774	0,303736
VAL 23	0,436632	0,002156	0,046577	0,180229
VAL 24	0,684216	1,362879	0,029774	0,303736
VAL 25	0,295024	1,85079	3,191515	1,515868
VAL 26	0,669226	0,008098	0,107218	0,933905
VAL 31	0,157652	0,615712	16,86166	0,229807
VAL 32	0,684216	1,362879	0,029774	0,303736
VAL 35	2,069432	0,555669	6,522596	0,771838
VAL 36	0,097875	0,124966	9,321456	1,01493
VAL 37	0,372325	1,590175	1,362564	0,110881
VAL 38	1,936877	0,235048	1,171113	1,310205
VAL 39	0,156728	0,012114	12,012022	1,519119
VAL 41	0,889194	0,866072	0,268488	0,128658
VAL 42	0,684216	1,362879	0,029774	0,303736
VAL 44	0,684216	1,362879	0,029774	0,303736
VAL 45	0,150877	0,618844	0,299949	0,289416
VAL 46	0,684216	1,362879	0,029774	0,303736
VAL 48	0,008207	0,647201	0,065014	0,099732
VAL 49	0,889194	0,866072	0,268488	0,128658

VAL 50	0,684216	1,362879	0,029774	0,303736
VAL 51	0,059695	2,626508	9,356849	0,011025
VAL 52	0,684216	1,362879	0,029774	0,303736
VAL 53	1,3534	0,580429	0,011995	0,086222
VAL 54	0,889194	0,866072	0,268488	0,128658
VAL 55	0,606616	0,097161	0,268581	3,041503
VAL 56	1,543162	0,501121	0,374694	0,070264
VAL 57	0,684216	1,362879	0,029774	0,303736
VAL 58	0,604011	0,565249	0,574006	0,331744
VAL 59	0,684216	1,362879	0,029774	0,303736
VAL 60	0,684216	1,362879	0,029774	0,303736
VAL 61	0,366084	0,611986	0,124002	0,409285
VAL 62	0,684216	1,362879	0,029774	0,303736
VAL 64	1,543162	0,501121	0,374694	0,070264
VAL 65	0,684216	1,362879	0,029774	0,303736
VIG 01	0,604011	0,565249	0,574006	0,331744
VIG 02	1,499556	0,749503	0,004683	0,720154
VIG 03	2,41387	1,512946	0,134949	0,038312
VIG 04	2,148767	0,009853	0,201074	0,453644
VIG 05	2,78425	2,504772	0,023976	0,186162
VIG 06	1,401863	0,197666	0,308839	1,318342
VIG 07	1,06746	1,732843	0,036968	2,101107
VIG 08	0,956887	0,02277	0,03705	0,004578
VIG 09	0,684216	1,362879	0,029774	0,303736
VIG 10	1,561392	0,02073	0,19499	1,518418
VIG 11	1,206643	0,057347	0,098025	0,091316
VIG 12	0,608571	1,055931	0,0267	0,788434
VIG 13	0,381756	1,075951	0,555734	0,233196
VIG 14	2,011858	5,160119	1,185777	0,850775
VIG 15	1,135104	8,65935	1,55911	0,558842
VIG 16	0,152553	2,207579	0,185343	0,054852
VIG 17	1,28785	3,025758	0,003882	0,151019
VIG 19	0,120444	0,19683	0,106864	0,041638
VIG 20	0,969888	1,753213	1,543727	0,077233
VIG 21	0,817124	0,647731	0,018815	2,031258
VIG 22	0,27947	0,850199	0,159626	1,128256
VIG 23	0,256429	0,022107	0,81964	0,001923
VIG 24	0,35672	0,07703	0,207057	0,480001
VIG 27	0,669226	0,008098	0,107218	0,933905
MAG 01	0,840218	0,030711	0,488252	0,317866
MAG 02	0,449968	0,87257	0,32789	0,104721
MAG 03	0,256429	0,022107	0,81964	0,001923
MAG 04	0,436632	0,002156	0,046577	0,180229
MAG 05	1,276744	0,028865	0,483205	0,046325
MAG 06	2,010151	0,011151	0,358045	0,897978
MAG 07	1,485929	0,463293	0,040475	0,730789
MAG 08	0,46832	0,877394	0,00679	1,059907
MAG 09	1,286916	0,004108	0,405399	0,174111
MAG 10	1,485929	0,463293	0,040475	0,730789
MAG 11	1,54029	0,405381	0,000323	1,346307
MAG 12	0,35672	0,07703	0,207057	0,480001
MAG 13	0,35672	0,07703	0,207057	0,480001
MAG 14	1,33754	0,011676	0,672269	0,012504
MAG 15	0,35672	0,07703	0,207057	0,480001
MAG 16	0,915304	0,686057	0,042709	0,683028
MAG 17	0,988265	0,107976	0,465717	0,392946
MAG 18	3,214586	0,275642	0,003168	0,29149
MAG 19	0,35672	0,07703	0,207057	0,480001
MAG 20	0,35672	0,07703	0,207057	0,480001
MAG 21	1,582119	0,057226	0,005849	0,061669
MAG 22	0,944353	0,085924	0,163221	0,009903
MAG 23	0,791335	0,052481	0,225021	0,035988
MAG 24	0,178988	0,669981	0,000741	0,077776
MAG 25	0,084015	0,817207	0,060053	0,645807
MAG 26	1,083065	0,360692	0,044847	1,009816
MAG 27	0,35672	0,07703	0,207057	0,480001
MAG 28	0,031838	6,305069	0,108778	14,062257
MAG 29	1,985538	0,138357	0,001742	0,059939
MAG 30	0,188327	0,074471	0,828128	0,032478
MAG 31	0,004128	0,090835	0,92531	0,271348
MAG 32	0,791335	0,052481	0,225021	0,035988
MAG 33	0,35672	0,07703	0,207057	0,480001
MAG 34	0,35672	0,07703	0,207057	0,480001
MAG 35	0,004128	0,090835	0,92531	0,271348
MAG 36	1,276744	0,028865	0,483205	0,046325
MAG 37	0,35672	0,07703	0,207057	0,480001

MAG 38	0,791335	0,052481	0,225021	0,035988
MAG 39	0,35672	0,07703	0,207057	0,480001
MAG 40	0,35672	0,07703	0,207057	0,480001
MAG 41	0,791335	0,052481	0,225021	0,035988
MAG 42	0,188327	0,074471	0,828128	0,032478
MAG 43	0,35672	0,07703	0,207057	0,480001
MAG 44	1,052069	0,641272	0,159206	1,814891
MAG 45	1,560518	0,324227	0,013659	0,058784
MAG 46	0,068793	0,367703	0,000427	0,754183
MAG 47	1,286916	0,004108	0,405399	0,174111
MAG 48	1,182789	0,064602	0,162657	0,269196
MAG 49	0,935189	0,075491	0,209808	1,001888
MAG 50	1,423713	0,058317	0,464862	0,572942
MAG 51	0,242791	0,00912	0,912241	0,025422
MAG 52	0,002664	0,47228	0,397664	1,021739
MAG 53	0,247238	0,01918	0,804059	0,627177
MAG 54	0,379988	4,115266	0,022946	11,402919
MAG 55	0,675948	0,66444	0,362531	0,622821
MAG 56	1,068163	0,936124	0,080115	2,432357

Contribution Relative

sp01	0,017815	0,104915	0,005655	0,04586
sp02	0,003087	0,106969	0,001231	0,262354
sp03	0,134034	0,140801	0,002611	0,058151
sp04	0,042948	0,155605	0,015325	0,012604
sp05	0,021589	0,051338	0,001648	0,118662
sp06	0,144209	0,007527	0,2047	0,000362
sp10	0,257812	0,001888	0,018342	0,120482
sp11	0,005971	0,200939	0,057371	0,057393
sp12	0,046706	0,23255	0,127151	0,00637
sp14	0,353313	0,001056	0,016737	0,048838
sp15	0,000199	0,059874	0,0169	0,040216
sp16	0,090676	0,023469	0,029976	0,021061
sp17	0,127086	0,077239	0,080534	0,085913
sp19	0,007521	0,061712	0,011096	0,023425
sp20	0,145998	0,000159	0,037712	0,001092
sp21	0,010782	0,025495	0,51213	0,005263
sp22	0,200418	0,045956	0,033239	0,131931
sp23	0,059515	0,00141	0,210059	0,00051
sp26	0,154632	0,121895	0,009505	0,093985
sp27	0,000015	0,024086	0,000796	0,139689
sp28	0,302376	0,039532	0,077943	0,136255
sp29	0,001428	0,027937	0,07244	0,149435
sp30	0,018796	0,063351	0,006863	0,001869
sp31	0,000273	0,02719	0,193087	0,037216
sp32	0,023215	0,203391	0,012525	0,002795
sp35	0,35027	0,422408	0,006769	0,052071
VAL 01	0,010707	0,020214	0,067318	0,164684
VAL 04	0,246615	0,179576	0,15618	0,078383
VAL 05	0,06973	0,004677	0,148528	0,000302
VAL 06	0,111922	0,001053	0,011949	0,090383
VAL 08	0,003232	0,088105	0,121056	0,12217
VAL 09	0,06973	0,004677	0,148528	0,000302
VAL 10	0,06973	0,004677	0,148528	0,000302
VAL 11	0,465508	0,117623	0,075323	0,012265
VAL 13	0,061587	0,048105	0,058564	0,071945
VAL 14	0,257292	0,39877	0,007461	0,066095
VAL 15	0,257292	0,39877	0,007461	0,066095
VAL 16	0,000049	0,232434	0,06914	0,018481
VAL 17	0,257292	0,39877	0,007461	0,066095
VAL 18	0,257292	0,39877	0,007461	0,066095
VAL 20	0,257292	0,39877	0,007461	0,066095
VAL 23	0,129788	0,000498	0,009226	0,031002
VAL 24	0,257292	0,39877	0,007461	0,066095
VAL 25	0,015475	0,07554	0,111563	0,046014
VAL 26	0,111922	0,001053	0,011949	0,090383
VAL 31	0,005449	0,016561	0,388434	0,004597
VAL 32	0,257292	0,39877	0,007461	0,066095
VAL 35	0,178638	0,037322	0,375213	0,038556
VAL 36	0,007822	0,007771	0,496452	0,046939
VAL 37	0,030698	0,102017	0,074866	0,00529
VAL 38	0,204219	0,019283	0,082286	0,079942
VAL 39	0,009462	0,000569	0,483269	0,053073
VAL 41	0,320639	0,243	0,064517	0,026847
VAL 42	0,257292	0,39877	0,007461	0,066095

VAL 44	0,257292	0,39877	0,007461	0,066095
VAL 45	0,061752	0,19708	0,081811	0,068548
VAL 46	0,257292	0,39877	0,007461	0,066095
VAL 48	0,001543	0,094683	0,008146	0,010851
VAL 49	0,320639	0,243	0,064517	0,026847
VAL 50	0,257292	0,39877	0,007461	0,066095
VAL 51	0,004363	0,149395	0,455817	0,000466
VAL 52	0,257292	0,39877	0,007461	0,066095
VAL 53	0,344889	0,115089	0,002037	0,012715
VAL 54	0,320639	0,243	0,064517	0,026847
VAL 55	0,034701	0,004324	0,010238	0,100687
VAL 56	0,465508	0,117623	0,075323	0,012265
VAL 57	0,257292	0,39877	0,007461	0,066095
VAL 58	0,246615	0,179576	0,15618	0,078383
VAL 59	0,257292	0,39877	0,007461	0,066095
VAL 60	0,257292	0,39877	0,007461	0,066095
VAL 61	0,12935	0,168253	0,029197	0,083687
VAL 62	0,257292	0,39877	0,007461	0,066095
VAL 64	0,465508	0,117623	0,075323	0,012265
VAL 65	0,257292	0,39877	0,007461	0,066095
VIG 01	0,246615	0,179576	0,15618	0,078383
VIG 02	0,291427	0,113337	0,000606	0,080991
VIG 03	0,327512	0,159723	0,012201	0,003008
VIG 04	0,393543	0,001404	0,024541	0,048079
VIG 05	0,307209	0,215043	0,001763	0,011886
VIG 06	0,22009	0,024146	0,032311	0,119775
VIG 07	0,127308	0,160804	0,002938	0,14501
VIG 08	0,152502	0,002823	0,003935	0,000422
VIG 09	0,257292	0,39877	0,007461	0,066095
VIG 10	0,3256	0,003363	0,027096	0,183235
VIG 11	0,176259	0,006518	0,009542	0,007719
VIG 12	0,042657	0,057591	0,001247	0,031981
VIG 13	0,033265	0,07295	0,03227	0,011758
VIG 14	0,149312	0,297983	0,058645	0,036539
VIG 15	0,058556	0,347584	0,053598	0,016683
VIG 16	0,008507	0,095791	0,006887	0,00177
VIG 17	0,070086	0,128125	0,00014	0,004756
VIG 19	0,033601	0,042726	0,019867	0,006722
VIG 20	0,104234	0,146608	0,110559	0,004803
VIG 21	0,098805	0,060942	0,001516	0,142135
VIG 22	0,027383	0,064819	0,010422	0,063974
VIG 23	0,06973	0,004677	0,148528	0,000302
VIG 24	0,160472	0,026962	0,062072	0,124956
VIG 27	0,111922	0,001053	0,011949	0,090383
MAG 01	0,164735	0,004685	0,063793	0,036064
MAG 02	0,032097	0,04843	0,015586	0,004322
MAG 03	0,06973	0,004677	0,148528	0,000302
MAG 04	0,129788	0,000498	0,009226	0,031002
MAG 05	0,319605	0,005622	0,080607	0,00671
MAG 06	0,197131	0,00085	0,023399	0,050961
MAG 07	0,29642	0,071911	0,00538	0,084362
MAG 08	0,067366	0,098203	0,00065	0,088229
MAG 09	0,366385	0,00091	0,076914	0,028685
MAG 10	0,29642	0,071911	0,00538	0,084362
MAG 11	0,226038	0,046288	0,000031	0,114332
MAG 12	0,160472	0,026962	0,062072	0,124956
MAG 13	0,160472	0,026962	0,062072	0,124956
MAG 14	0,251709	0,001709	0,084308	0,001361
MAG 15	0,160472	0,026962	0,062072	0,124956
MAG 16	0,070231	0,040959	0,002183	0,030328
MAG 17	0,12919	0,010983	0,04057	0,029726
MAG 18	0,422188	0,028168	0,000277	0,022153
MAG 19	0,160472	0,026962	0,062072	0,124956
MAG 20	0,160472	0,026962	0,062072	0,124956
MAG 21	0,152059	0,004279	0,000374	0,003429
MAG 22	0,215293	0,015242	0,024797	0,001306
MAG 23	0,329947	0,017026	0,062523	0,008683
MAG 24	0,025428	0,07406	0,00007	0,006394
MAG 25	0,007106	0,053783	0,003384	0,03161
MAG 26	0,085035	0,022035	0,002346	0,045881
MAG 27	0,160472	0,026962	0,062072	0,124956
MAG 28	0,001016	0,156569	0,002313	0,259707
MAG 29	0,397326	0,021542	0,000232	0,006941
MAG 30	0,081959	0,025217	0,240169	0,008179
MAG 31	0,001615	0,027662	0,241339	0,061458
MAG 32	0,329947	0,017026	0,062523	0,008683

MAG 33	0,160472	0,026962	0,062072	0,124956
MAG 34	0,160472	0,026962	0,062072	0,124956
MAG 35	0,001615	0,027662	0,241339	0,061458
MAG 36	0,319605	0,005622	0,080607	0,00671
MAG 37	0,160472	0,026962	0,062072	0,124956
MAG 38	0,329947	0,017026	0,062523	0,008683
MAG 39	0,160472	0,026962	0,062072	0,124956
MAG 40	0,160472	0,026962	0,062072	0,124956
MAG 41	0,329947	0,017026	0,062523	0,008683
MAG 42	0,081959	0,025217	0,240169	0,008179
MAG 43	0,160472	0,026962	0,062072	0,124956
MAG 44	0,158739	0,075286	0,016007	0,158465
MAG 45	0,178148	0,0288	0,001039	0,003883
MAG 46	0,009556	0,039746	0,000039	0,06063
MAG 47	0,366385	0,00091	0,076914	0,028685
MAG 48	0,122756	0,005216	0,011249	0,016167
MAG 49	0,189018	0,011872	0,028259	0,117184
MAG 50	0,250026	0,007968	0,054403	0,058226
MAG 51	0,054199	0,001584	0,135708	0,003284
MAG 52	0,00039	0,053907	0,038874	0,086736
MAG 53	0,061851	0,003733	0,134046	0,090796
MAG 54	0,015726	0,132522	0,000632	0,273098
MAG 55	0,073062	0,055881	0,026113	0,038957
MAG 56	0,074787	0,050998	0,003738	0,098551

Annexe 5 :
Groupes des stations ayant une composition spécifique identique

Groupes	Stations	Composition faunistique
1	VAL : 52, 57, 59, 60, 62, 65, 18, 15, 14, 17, 20, 24, 32, 42, 46, 44, 50. VIG : 09	<i>Valvata piscinalis</i>
2	VAL : 49, 41, 54.	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Valvata piscinalis</i>
3	VAL 64, 11, 56	<i>Valvata piscinalis</i> <i>Bithynia tentaculata</i> <i>Gyraulus albus</i>
4	VAL : 06, 26 VIG : 27	<i>Gyraulus albus</i>
5	VAL : 05, 09, 10 MAG : 03 VIG : 23	<i>Bithynia tentaculata</i>
6	VAL : 58, 04 VIG : 01	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Gyraulus albus</i> <i>Potamopyrgus antipodarum</i> <i>Valvata piscinalis</i>
7	MAG : 43, 39, 34, 27, 27, 19, 13, 40, 37, 33, 20, 12, 15 VIG : 24	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>
8	VAL : 23 MAG : 04	<i>Musculum lacustre</i>
9	MAG : 09, 47	<i>Musculum lacustre</i> <i>Pisidium obstusale</i> <i>Potamopyrgus antipodarum</i>
10	MAG : 32, 23, 38, 41	<i>Musculum lacustre</i> <i>Potamopyrgus antipodarum</i>
11	MAG : 32, 42	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Potamopyrgus antipodarum</i>
12	MAG : 10, 07	<i>Musculum lacustre</i> <i>Pisidium henslowanum</i> <i>Potamopyrgus antipodarum</i>

Annexe 6 :
**Contributions absolues et relatives issues de l'AFC sur la matrice
présence/absence après les regroupements**

	F1	F2	F3	F4
Pourcentage d'information	11,881662	8,661078	7,936415	7,173208
Contribution absolue				
sp01	2,203704	1,027652	0,981095	6,897035
sp02	0,002338	6,049893	4,119612	6,188795
sp03	8,946396	0,02961	0,174576	0,912145
sp04	2,687806	0,433536	1,721407	0,047411
sp05	0,353483	3,735878	0,951448	2,571424
sp06	4,659	0,102087	12,078836	0,003483
sp10	11,535099	0,922214	1,735637	3,958834
sp11	0,730603	1,308415	5,324971	1,791839
sp12	2,098809	0,012938	3,62472	1,145655
sp14	10,073252	1,326535	0,788018	2,281927
sp15	0,230072	0,000289	0,442742	1,555544
sp16	4,734057	2,011418	0,11416	1,111358
sp17	9,070661	10,76176	0,204926	8,861512
sp19	0,022667	0,45006	1,153755	1,495584
sp20	6,937565	3,608012	0,780649	5,93468
sp21	1,212537	27,507947	12,419133	10,398896
sp22	6,441048	12,0763	0,39598	0,640198
sp23	1,251442	1,647054	2,894442	0,075061
sp26	8,90684	0,077959	0,180907	2,580868
sp27	0,015178	2,731797	0,725759	1,963112
sp28	8,370143	0,00247	2,158181	3,864763
sp29	0,242311	0,147117	35,317966	28,750074
sp30	1,287475	0,752357	0,029353	0,110246
sp31	0,116128	8,732875	1,836352	6,796224
sp32	2,890789	3,275907	5,500929	0,000171
sp35	4,980619	11,267992	4,344568	0,063307
groupe_01	0,313338	0,972482	0,409194	0,006597
groupe_02	0,606274	0,398082	1,45571	0,005027
groupe_03	1,51828	0,507915	1,608341	0,153506
groupe_04	1,067191	0,117046	0,240399	0,606669
groupe_05	0,293104	0,00881	1,137648	0,000362
groupe_06	0,584837	0,373463	1,654188	0,364489
groupe_07	0,365679	0,000148	0,141158	0,279675
groupe_08	0,495096	0,089442	0,057984	0,185774
groupe_09	1,412536	0,764452	0,050418	0,014223
groupe_10	0,855883	0,048434	0,190042	0,004785
groupe_11	0,196072	0,054702	0,944293	0,002068
groupe_12	1,996218	0,434457	0,055234	0,797235
VAL 01	0,649975	0,004931	22,371925	21,455129
VAL 08	0,000897	0,408639	18,19144	8,096889
VAL 13	1,296929	2,110891	0,043866	2,098693
VAL 16	0,167656	2,974448	0,092553	0,934979
VAL 25	0,059886	4,981834	0,080008	2,387333
VAL 31	0,381412	11,87035	5,848495	5,41815
VAL 35	2,917897	5,311384	1,66075	0,010952
VAL 36	0,165045	4,981281	3,455343	4,2867
VAL 37	0,862155	2,731741	0,000004	0,387877
VAL 38	2,537402	1,172341	0,163751	1,130638
VAL 39	0,149053	5,047012	4,968372	7,624094
VAL 45	0,052675	0,117299	1,263716	0,094089
VAL 48	0,035388	0,041649	0,478856	0,406605
VAL 51	0,477322	11,541951	1,317547	0,307345
VAL 53	1,268531	0,882145	0,638436	0,24337
VAL 55	0,47232	0,086498	0,301815	0,658879

VAL 61	0,325448	0,577371	0,75571	0,501443
VIG 02	2,818706	0,066567	0,039722	0,165018
VIG 03	4,29991	0,00493	0,073361	0,044074
VIG 04	2,756281	0,3332	0,993856	0,33994
VIG 05	5,253807	0,057138	0,049733	0,017979
VIG 06	2,349489	0,04481	0,624266	0,758391
VIG 07	2,617347	0,015493	0,033096	0,95442
VIG 08	1,305949	0,1989	0,04571	0,000009
VIG 10	2,401792	0,264892	0,792902	0,995083
VIG 11	1,34516	0,610004	0,101824	0,222649
VIG 12	1,407078	0,006388	0,041106	0,237628
VIG 13	0,914971	0,767552	0,109815	0,780149
VIG 14	4,621392	0,149617	2,332377	0,504824
VIG 15	3,643139	0,925288	4,63464	0,151383
VIG 16	0,568324	0,883521	1,619082	0,000056
VIG 17	2,979224	0,337585	0,13589	0,076265
VIG 19	0,076409	0,086072	0,708509	0,000033
VIG 20	2,013263	0,034103	1,665531	0,033457
VIG 21	1,71585	0,068725	0,000488	1,396973
VIG 22	0,763566	0,006266	0,102168	0,804272
MAG 01	1,023195	0,251834	0,255366	1,142842
MAG 02	0,980642	0,398586	0,185216	0,335357
MAG 05	1,518201	0,339202	0,304298	0,389399
MAG 06	2,474829	0,074799	0,13926	1,766841
MAG 08	0,260889	1,288569	0,338915	0,962807
MAG 11	2,200518	0,184112	0,08508	2,921588
MAG 14	1,585182	1,219655	0,079076	0,48598
MAG 16	0,780913	1,551742	0,150132	0,000681
MAG 17	1,241899	1,806281	0,006199	0,230255
MAG 18	4,398397	0,001394	0,015683	1,42085
MAG 21	2,031807	0,044368	0,001346	0,281582
MAG 22	0,905568	0,578232	0,003924	0,024521
MAG 24	0,03983	0,395417	0,211392	0,093055
MAG 25	0,288829	0,184773	0,192509	1,497321
MAG 26	1,476949	0,351381	0,013455	0,748472
MAG 28	0,036806	8,960776	6,518473	5,451073
MAG 29	2,555798	0,000945	0,008052	0,385715
MAG 31	0,002004	0,005621	1,040139	0,129943
MAG 35	0,002004	0,005621	1,040139	0,129943
MAG 36	1,518201	0,339202	0,304298	0,389399
MAG 44	1,51997	1,03784	0,013822	1,955312
MAG 45	1,564675	0,567185	0,204301	0,584414
MAG 46	0,013811	0,265664	0,019594	1,36896
MAG 48	1,230539	0,525234	0,011918	0,963913
MAG 49	1,056812	1,128325	0,000087	0,270414
MAG 50	1,732249	1,612957	0,041336	0,020434
MAG 51	0,325411	0,396369	0,903489	0,094674
MAG 52	0,035997	0,99402	0,0534	0,797837
MAG 53	0,277515	0,849157	0,388663	0,189737
MAG 54	0,118151	6,357886	3,186976	7,737366
MAG 55	0,53578	2,001769	0,005733	0,068093
MAG 56	0,890452	2,808887	0,596615	1,215007

Contribution Relative

sp01	0,05476	0,018614	0,016284	0,10347
sp02	0,000084	0,158675	0,099008	0,134434
sp03	0,277391	0,000669	0,003615	0,017074
sp04	0,110717	0,013017	0,047364	0,001179
sp05	0,014598	0,112466	0,026246	0,064112
sp06	0,131204	0,002095	0,22721	0,000059
sp10	0,337864	0,01969	0,033956	0,070004
sp11	0,036942	0,048226	0,179851	0,054699
sp12	0,143524	0,000644	0,165567	0,047298
sp14	0,344263	0,033047	0,017988	0,047082
sp15	0,009744	0,000008	0,012525	0,039772
sp16	0,129897	0,040231	0,002092	0,01841
sp17	0,181661	0,157109	0,002741	0,107144
sp19	0,001001	0,014493	0,034046	0,039889
sp20	0,184343	0,069884	0,013855	0,095203
sp21	0,022875	0,378297	0,156501	0,118441

sp22	0,196399	0,268418	0,008065	0,011785
sp23	0,06709	0,064365	0,103647	0,002429
sp26	0,309375	0,001973	0,004197	0,05412
sp27	0,00046	0,060432	0,014711	0,035967
sp28	0,300664	0,000064	0,051782	0,083812
sp29	0,004182	0,00185	0,407173	0,299579
sp30	0,050427	0,02148	0,000767	0,002606
sp31	0,003146	0,172473	0,033233	0,111166
sp32	0,076701	0,063359	0,097492	0,000002
sp35	0,133934	0,220876	0,078037	0,001027
groupe_01	0,054301	0,122849	0,047366	0,00069
groupe_02	0,11549	0,055276	0,185224	0,000578
groupe_03	0,265636	0,064777	0,187958	0,016214
groupe_04	0,122231	0,009772	0,018391	0,041949
groupe_05	0,050794	0,001113	0,131689	0,000037
groupe_06	0,130907	0,060935	0,247322	0,049255
groupe_07	0,095029	0,000028	0,024502	0,043878
groupe_08	0,112671	0,014837	0,008814	0,025523
groupe_09	0,317795	0,125369	0,007576	0,001931
groupe_10	0,237723	0,009806	0,035257	0,000802
groupe_11	0,054025	0,010987	0,173793	0,000344
groupe_12	0,316947	0,050283	0,005857	0,076419
VAL 01	0,015955	0,000088	0,366839	0,317975
VAL 08	0,000041	0,013654	0,557018	0,224083
VAL 13	0,094135	0,111685	0,002126	0,091964
VAL 16	0,018119	0,234324	0,006681	0,061003
VAL 25	0,002751	0,166858	0,002455	0,066223
VAL 31	0,012329	0,27971	0,126282	0,105739
VAL 35	0,237843	0,315589	0,090421	0,000538
VAL 36	0,012381	0,272405	0,173148	0,19415
VAL 37	0,063311	0,146229	0	0,017196
VAL 38	0,248798	0,083793	0,010724	0,066929
VAL 39	0,008598	0,212236	0,191448	0,265531
VAL 45	0,012336	0,020024	0,19768	0,013302
VAL 48	0,005041	0,004325	0,04557	0,034973
VAL 51	0,030237	0,53297	0,055749	0,011754
VAL 53	0,188493	0,095549	0,063366	0,021832
VAL 55	0,02349	0,003135	0,010026	0,019782
VAL 61	0,064129	0,082932	0,099466	0,059653
VIG 02	0,499936	0,008606	0,004705	0,017669
VIG 03	0,534131	0,000446	0,006086	0,003305
VIG 04	0,377195	0,033238	0,090847	0,028085
VIG 05	0,543468	0,004308	0,003436	0,001122
VIG 06	0,294148	0,004089	0,052204	0,057322
VIG 07	0,292218	0,00126	0,002468	0,064331
VIG 08	0,169592	0,018828	0,003965	0
VIG 10	0,397112	0,031925	0,087567	0,099328
VIG 11	0,155379	0,051362	0,007856	0,015526
VIG 12	0,092527	0,000306	0,001805	0,009433
VIG 13	0,07208	0,044077	0,005778	0,037104
VIG 14	0,329432	0,007774	0,111055	0,021725
VIG 15	0,181102	0,033528	0,15389	0,004543
VIG 16	0,029694	0,03365	0,056506	0,000001
VIG 17	0,150429	0,012425	0,004583	0,002324
VIG 19	0,015554	0,012772	0,096337	0,000004
VIG 20	0,203664	0,002514	0,112541	0,002043
VIG 21	0,18282	0,005337	0,000034	0,08986
VIG 22	0,071	0,000424	0,006345	0,045149
MAG 01	0,168905	0,030303	0,028157	0,113895
MAG 02	0,063724	0,01888	0,008039	0,013156
MAG 05	0,315708	0,051417	0,042267	0,048886
MAG 06	0,22574	0,004973	0,008484	0,097296
MAG 08	0,034538	0,12435	0,029969	0,076951
MAG 11	0,277262	0,01691	0,00716	0,222239
MAG 14	0,260586	0,146152	0,008682	0,048231
MAG 16	0,057553	0,083364	0,00739	0,00003
MAG 17	0,150675	0,159747	0,000502	0,016865
MAG 18	0,531912	0,000122	0,001266	0,103736
MAG 21	0,176002	0,002801	0,000077	0,014725
MAG 22	0,17955	0,083572	0,000519	0,002935

MAG 24	0,005123	0,037076	0,018163	0,007226
MAG 25	0,022948	0,010701	0,010216	0,071824
MAG 26	0,103649	0,017975	0,00063	0,031711
MAG 28	0,001107	0,196622	0,131064	0,099062
MAG 29	0,426198	0,000114	0,000896	0,038831
MAG 31	0,000467	0,000955	0,162009	0,018293
MAG 35	0,000467	0,000955	0,162009	0,018293
MAG 36	0,315708	0,051417	0,042267	0,048886
MAG 44	0,183308	0,091237	0,001113	0,142363
MAG 45	0,171314	0,045267	0,014941	0,03863
MAG 46	0,001733	0,0243	0,001642	0,103708
MAG 48	0,116537	0,036259	0,000753	0,055111
MAG 49	0,182689	0,142181	0,00001	0,028221
MAG 50	0,276489	0,187665	0,004407	0,001969
MAG 51	0,059712	0,053018	0,110739	0,010488
MAG 52	0,004605	0,092704	0,004563	0,061625
MAG 53	0,054569	0,121714	0,051048	0,022524
MAG 54	0,004622	0,181303	0,083276	0,182737
MAG 55	0,054936	0,149618	0,000392	0,004215
MAG 56	0,057755	0,132804	0,025847	0,047577

Annexe 7 :
Nombre d'individus récoltés par prélèvements et par type de substrat
(espèces classées par ordre alphabétique).

Substrats	Espèces	Prélèvements														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Schiste	<i>Bithymia tentaculata</i>	9		17	19	8	4	13	6	2	17	31	8	1	1	35
	<i>Musculum lacustre</i>															2
	<i>Physella acuta</i>								1							
	<i>Pisidium sp.</i>		1			1			2				5	1		1
	<i>Potamopyrgus</i>	2	1	3	1	1	1	1	1	3	4	2	1	2	3	4
	<i>Radix balthica</i>					1	1		1							
	<i>Valvata piscinalis</i>	2	2	1				1				1				
Sable	<i>Pisidium sp.</i>	1	3	4	1	3	1	1	11			2		2	4	6
	<i>Potamopyrgus</i>	47	43	9	7	55	41	13	23	85	225	19	117	271	175	235
	<i>Radix balthica</i>								1							
	<i>Unio pictorum pictorum</i>					1							1	2	1	1
	<i>Valvata piscinalis</i>		1												1	
Vase	<i>Acroloxus lacustris</i>	1			2	1					1	1	1	2	2	
	<i>Bithymia leachii</i>	7		1	1				1		1	2	2	15		
	<i>Bithymia tentaculata</i>	12			5	1			1	1	4	28	1	2	2	3
	<i>Ferrissia clessiniana</i>	3											2		11	
	<i>Gyraulus albus</i>	14	1		3						1				4	1
	<i>Gyraulus crista</i>	2													1	
	<i>Hippeutis complanatus</i>		1											1	2	
	<i>Musculum lacustre</i>									1						1
	<i>Physella acuta</i>	3						1			3		2		8	1
	<i>Pisidium sp.</i>	4	1	18	3	13	6		13	15	18	5	22	25	1	5
	<i>Planorbis planorbis</i>			1										1		
	<i>Potamopyrgus</i>									4	1		1			
	<i>Radix balthica</i>	4								1			1	1	2	
	<i>Valvata piscinalis</i>								1	1				2	1	

Annexe 8 :
Variables descriptives pour chaque espèce et pour chaque type de substrat.

Substrats	Espèces	Moyenne-estimée	Variance estimée	Moyenne globale (n = 15)	Variance globale (n = 15)
Schiste	<i>Bithynia tentaculata</i>	11,40	115,11	15,00	126,29
	<i>Valvata piscinalis</i>	0,47	0,55		
	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	2,00	1,29		
	<i>Pisidium sp.</i>	0,73	1,78		
	<i>Radix balthica</i>	0,20	0,17		
	<i>Physella acuta</i>	0,07	0,07		
	<i>Musculum lacustre</i>	0,13	0,27		
Sable	<i>Valvata piscinalis</i>	0,13	0,12	116,40	7640,26
	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	113,20	7544,31		
	<i>Radix balthica</i>	0,07	0,07		
	<i>Pisidium sp.</i>	2,60	8,40		
	<i>Unio pictorum pictorum</i>	0,40	0,40		
Vase	<i>Gyraulus albus</i>	1,60	13,26	23,20	278,46
	<i>Gyraulus crista</i>	0,20	0,31		
	<i>Acroloxus lacustris</i>	1,33	6,38		
	<i>Ferrissia clessiniana</i>	1,07	8,35		
	<i>Bithynia tentaculata</i>	2,13	9,84		
	<i>Pisidium sp.</i>	11,47	87,12		
	<i>Physella acuta</i>	1,53	5,55		
	<i>Radix balthica</i>	0,60	1,26		
	<i>Bithynia leachii</i>	2,00	16,14		
	<i>Hippeutis complanatus</i>	0,27	0,35		
	<i>Valvata piscinalis</i>	0,33	0,38		
	<i>Musculum lacustre</i>	0,13	0,12		
	<i>Planorbis planorbis</i>	0,13	0,12		
	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	0,40	1,11		

IX. GLOSSAIRE

Bio-indicateur :	espèce dont la présence ou les caractéristiques permettent d'établir des conclusions relatives à d'autres caractéristiques de l'écosystème.
Byssus :	appareil de fixation, sur substrat dur, de certains mollusques lamelibranches, constitué d'une touffe de filaments cornés que sécrète une glande située à la base du pied.
Cryptogène :	se dit d'une espèce dont il n'est pas possible d'établir la patrie d'origine.
Cyanophycées :	vaste groupe d'algues procaryotes occupant tous les milieux (marin, eaux douces, terrestre) et comprenant notamment les nostocs et les oscillaires.
Drèves :	chemin forestier empierré.
Dulcicole/dulçaquicole :	d'eau douce.
Eutrophe :	se dit d'un lac où, par la suite d'un apport excessif de matières organiques, la pullulation des êtres vivants crée une carence en oxygène, une production de vase et une opacification de l'eau.
Eutrophisation :	phénomène conduisant à devenir eutrophe.
Exhaure :	action d'épuiser les eaux d'infiltration.
Faménien :	période du Dévonien supérieur, il comprend les schistes rouges d'Hydréquent (pélites schisteuses micacées) <i>pro parte</i> à la base et les grès et psammites de Fiennes ou de Sainte Godeleine au sommet.
Hélophytes :	nom générique des plantes des marécages dont les bourgeons restent enfouis dans la vase pendant la mauvaise saison.
Hypoxique :	se dit d'une eau ayant un taux en oxygène dissous très bas.
Isobathe :	ensemble de points de même profondeur.
Lentique :	désigne les biotopes et les êtres vivants propres aux écosystèmes d'eaux calmes à renouvellement lent (lacs, marécages, étangs, etc.) par opposition aux milieux d'eau courantes qui correspondent aux écosystèmes lotiques.
Mésotrophe :	désigne un milieu aquatique dont la teneur en éléments minéraux nutritifs et en conséquence la productivité sont de valeur moyenne.
Oligotrophe :	désigne un milieu aquatique d'eau douce pauvre en minéraux nutritifs.
Schlamm :	poudre fine, produit de concassage d'un minerai.
Taxon/taxa :	unité systématique (famille, genre, espèce, sous-espèces, variété).
Typhaie :	formation végétale composée exclusivement de Massettes à feuilles larges ou à feuilles étroites.

X. PERSONNES CONTACTEES

JEAN PRYGIEL

Mission Ecologie du Milieu
Agence de l'Eau Artois-Picardie
200, rue Marceline
Centre Tertiaire de l'Arsenal
BP 818
59508 Douai Cedex
France
Tél : 03 27 99 90 21
Fax : 03 27 99 90 15
@ : j.prygiel@eau-artois-picardie.fr

CHRISTOPHE LESNIAK

Mission Ecologie du Milieu
Agence de l'Eau Artois-Picardie
200, rue Marceline
Centre Tertiaire de l'Arsenal
BP 818
59508 Douai Cedex
France
Tél : 03 27 99 90 00
Fax : 03 27 99 90 15
@ : c.lesniak@eau-artois-picardie.fr

STEPHANE JOURDAN et EMMANUEL PETIT

Fédération du Nord pour la Pêche et la Protection
du Milieu Aquatique
BP 1231
59031 Lille Cedex
France
Tél : 03 20 54 52 51
Mobile : 06 19 49 13 58
@ : peche59.lq@wanadoo.fr

OLIVIER LEMOINE

Office National des Forêts
24, rue Henri Loyer
BP 46
59004 Lille Cedex
Tél/Fax : 03 27 48 59 52
Mobile : 06 15 56 04 93
@ : olivier.lemoine@onf.fr