

UNIVERSITE DES ANTILLES ET DE LA GUYANE
FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET NATURELLES



MASTER
PROFESSIONNEL EN SCIENCES ET TECHNOLOGIES
BIODIVERSITÉ TROPICALE

Spécialité : Écosystèmes naturels et exploités

Détermination des relations de préférence d'habitat dans des cours d'eau de la Martinique

Louise SIMONNET



Directrice de stage : Jeanne Defoi
Co-encadrants : *Marion Labeille, Jean-Guillaume Lacas, Dominique Monti*

Office de l'eau Martinique, 7 avenue CONDORCET, 97 200 Fort de France
Soutenu le : 27 juin 2008

Remerciements

Je tiens en premier lieu à remercier chaleureusement Madame Defoi, pour m'avoir accueillie au sein de l'Office de l'eau.

Je tiens à remercier tout particulièrement Alban pour m'avoir apporté une très grande aide sur le terrain, aussi bien sur le plan technique que scientifique, ainsi que son grand soutien et son enthousiasme quotidien.

Je remercie amplement Marion et Jean-Guillaume pour s'être autant investis dans ce stage, et m'avoir apporté une aide cruciale pour la rédaction de ce rapport.

Je souhaite également exprimer un grand merci à Dominique Monti pour avoir toujours répondu jovialement à mes questions.

Un grand merci à Pascal Marras pour son dynamisme et la gentillesse de m'avoir consacré autant de temps à m'expliquer des notions hydrologiques.

Enfin, merci à toute l'équipe ODE, avec qui travailler est un réel plaisir.

SOMMAIRE

RESUME	p 1
LISTE DES FIGURES	p 2
LISTE DES TABLEAUX	p 2
LISTE DES ANNEXES	p 2
INTRODUCTION	p 3
I- CONTEXTE DE L'ETUDE	p 4
1) L'eau et sa législation	p 4
2) Les missions de l'ODE et de la DIREN	p 5
3) Eléments sur l'hydrologie des cours d'eau de la Martinique	p 6
4) L'utilisation de l'eau à la Martinique et ses enjeux	p 7
5) Présentation de la faune aquatique de la Martinique	p 9
6) Impact des prises d'eau	p 10
II- MATERIEL ET METHODE	p 12
1) Présentation de la méthode	p 12
2) Choix des stations	p 14
3) Matériel utilisé et application de la méthode	p 15
4) Les courbes de préférences d'habitats	p 17
III- RESULTATS ET DISCUSSION	p 19
1) Caractéristiques hydrologiques, morphologiques et biologiques des sites de l'étude	p 19
2) Les préférences générales des espèces ; <i>comparaison des courbes de préférences d'habitats d'une même espèce</i>	p 23
3) Les préférences caractéristiques des espèces d'un même site : <i>comparaison des courbes de préférences d'habitats des espèces pour un même site</i>	p 31
4) Etude de l'impact des prises d'eau sur la faune aquatique	p 37
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	p 38
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	p 40

UNIVERSITE DES ANTILLES ET DE LA GUYANE
FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET NATURELLES

Résumé :

Les seuils tels que les prises d'eau amplifieraient la fragilité des crustacés et des poissons d'eau douce en constituant une barrière physique au moment de la migration, et en diminuant les niches écologiques disponibles.

Cette étude consistait à ainsi déterminer l'habitat préférentiel de ces espèces en terme de profondeur et de vitesse, dans les cours d'eau de la Martinique, soumis aux principaux prélèvements d'alimentation en eau potable, étape préalable à la détermination des débits minima biologiques. Les espèces exigeants les plus grandes valeurs de vitesse sont *M. heterochirus* (> à 60 cm/s), *Atya innocous* et *Atya scabra* (> à 40 cm/s), et le *Sicydium sp.* (> 50 cm/s). Celle qui sollicite le plus de profondeur est *Xiphocaris elongata* (30 à 80 cm). Les classes de profondeur et de vitesse commune à la majorité des espèces sont respectivement 10 à 40 cm et 30 à 90 cm/s. *Xiphocaris elongata* constitue une exception en présentant comme classes électives l'opposé de ces dernières. Le futur DMB idéal devrait être en mesure d'apporter les classes des variables physiques en commun et une solution devrait être réfléchiée pour garder en vie *Xiphocaris elongata*. Néanmoins, la probabilité d'obtenir ces classes simultanément sur le terrain est de moins de un quart, ce qui demande encore plus de réflexion.

Mots clés : Crustacés, poissons, rivière, courbes de préférences d'habitats, débit minimum biologique

Abstract :

Weakness shellfish and freshwater fish by creating physical barrier during their migration and their decadence diversity on habitat would disappear if we understand the preferences of habitat in terms of speed and depth of these species.

This study consisted in doing determinate habitats preferences of these species. Initiative responding to the legal requirement values on the water/treatment resources management. The most demanding species require the most speed are *M. heterochirus* (> à 60 cm/s), *Atya innocous* et *Atya scabra* (> à 40 cm/s), et le *Sicydium sp.* (> 50 cm/s). The one requirering the most depth is *Xiphocaris elongata* (30 à 80 cm). Commune depth and speed level of majority of the species are repectively 10 to 40 cm and 30 to 90 cm/s . *Xiphocaris elongata* is an exception whose criterias are completely this opposite. The feathure average flew dam should be regulating according to the commun criterias of the species should we then find a solution for the *Xiphocaris elongata* specy. Nevertheless probabilities to have these classes in the same time are less 25%. We have to think about others solutions.

N° 2008 - 22

Keywords : Shellfish, fish, river, habitat preference, minimum biological debit

Liste des figures

Figure 1 : Cycle vital des espèces de crustacés et poissons amphidromes

Figure 2 : Représentation schématique d'un échantillonnage systématique et aléatoire

Figure 3 : Représentation schématique de trois échelles d'observation en hydrologie

Figure 4 : Représentation schématique de la numérotation des quadrats au sein de chaque station

Figure 5 : Courbe de préférences d'habitats en termes de profondeur

Figure 6 : Courbe de préférence d'une espèce à travers les sites de l'étude

Figure 7 : Courbes de préférences d'habitats de l'ensemble des espèces d'un même site

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les missions de l'Office de l'eau Martinique

Tableau 2 : Les missions de la Direction régionale de l'environnement Martinique

Tableau 3 : Origine et quantité de l'eau prélevée pour l'AEP

Tableau 4 : Impacts sur la biodiversité aquatique générés par les prises d'eau

Tableau 5 : Liste des faciès et substrats trouvés pendant l'étude

Tableau 6 : Exploitation des données de pêches permettant la création de préférences d'habitat

Tableau 7 : Dominance de faciès et substrats dans chaque site

Tableau 8 : Liste des espèces recensées pendant l'étude

Tableau 9 : Synthèse des classes électives communes entre espèces, sauf exception, et probabilités de leur obtention

Liste des annexes

N° 1 : Présentation des crustacés de la Martinique et de leurs caractéristiques

N°2 : Présentation des poissons d'eau douce de la Martinique et de leurs caractéristiques

N°3 : Fiche de terrain

N° 4 : Mesures de débits et notes de météo France

N°5 : Proportion de faciès et de substrats dans chaque site

N°6 : Comparaison des densités avec l'état des lieux de l'environnement piscicole de la Martinique

N°7 : Comparaison des courbes de préférences d'habitats pour une même espèce au sein des quatre sites

N°8 : Couples profondeur-vitesse

N°9 : Proportion des quadrats en aval et en amont pour chaque variable physique

N°10 : Proportion des densités spécifiques en aval et en amont

INTRODUCTION

Suite à de nombreux rapports scientifiques alarmistes sur la pollution de l'air, des cours d'eau, et sur l'appauvrissement des richesses naturelles de la planète, les gouvernements ont décidé de prendre des mesures afin de réglementer la gestion des ressources et de limiter les conséquences néfastes de leur exploitation.

C'est dans ce contexte que l'Union européenne a mis en place la Directive Cadre sur l'Eau de 2000 (DCE). Cette directive œuvre pour la protection à long terme de l'environnement aquatique et des ressources en eau en ayant comme principal objectif l'atteinte du bon état écologique, hydro morphologique, et chimique de tous les cours d'eau européens d'ici la fin de l'année 2015.

A la Martinique, les organismes principaux en charge d'appliquer cette directive sont notamment l'Office de l'eau (ODE) et la Direction régionale de l'environnement (DIREN).

L'un des objectifs de ces deux organismes est de parvenir à déterminer le débit minimum en aval de ces captages essentiel au maintien de la biodiversité dans les rivières martiniquaises, que l'on appelle scientifiquement, le débit minimum biologique (DMB).

Toutefois, les exigences des espèces aquatiques tropicales sont encore trop peu connues pour clarifier un DMB représentatif de la réalité écologique.

Le but de cette étude est ainsi de mettre en évidence les préférences d'habitats de la caracino faune¹ et de l'ichtyo faune².

Cette étude se déroulera en trois parties. Tout d'abord, le contexte de l'eau à la Martinique sera exposé, au niveau de la législation, des missions de l'ODE et de la DIREN, et des spécificités locales de l'environnement aquatique.

Ensuite, les méthodes de terrain et analytiques employées pour cette étude seront expliquées. Puis, les préférences générales des espèces seront synthétisées, ainsi qu'un diagnostic des espèces les plus impactées au sein de chaque site, dans le but de prévoir les orientations futures à entreprendre pour les DMB. Enfin, une étude de l'impact des prises d'eau se réalisera sur plusieurs critères biologiques.

¹ Peuplement de crustacés

² Peuplement de poissons

I- CONTEXTE DE L'ETUDE

1) L'eau et sa législation

La première loi sur l'eau fut définie en 1964. Elle introduit une gestion des problèmes de l'eau en définissant le cadre géographique du bassin versant¹. Le décret de cette loi en 1966 met en place les premières agences de l'eau dont le but principal est le financement des ressources.

C'est par le biais de la loi pêche de 1984 qu'a paru la première notion de « débits réservés ». Cette loi s'inscrit dans un cadre réglementaire, défini par l'article L.214-18 du code de l'environnement. Cet article stipule que « tout ouvrage à construire dans le lit d'un cours d'eau doit comporter des dispositifs maintenant dans ce lit un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage ainsi que, le cas échéant, des dispositifs empêchant la pénétration du poisson dans les canaux d'amenée et de fuite ».

La loi du 3 janvier 1992 a institué la mise en place le Schéma Directeur d'Aménagement et de la Gestion de l'Eau (SDAGE) dans l'optique de fixer les orientations fondamentales de la gestion de l'eau, à l'échelle des grands bassins français. Le SDAGE est l'outil qui permet de mettre en place les activités pour atteindre les objectifs de la DCE.

La DCE de 2000 établit un plan d'action afin d'atteindre l'objectif précédemment cité, qui est l'atteinte du bon état des eaux superficielles et souterraines, à échéance 2015. Elle permettra d'autant plus de fixer cet objectif à tous les Etats membres et de capitaliser sur leurs expériences (Brochure du ministère de l'écologie et du développement durable). Les SDAGE sont actuellement révisés pour répondre aux demandes de la DCE.

Enfin, la loi sur l'eau et milieu aquatique du **30 décembre 2006** (LEMA) a pour principal objectif d'aider les administrations, les collectivités territoriales et les acteurs de l'eau, à bénéficier d'outils nécessaires à l'atteinte de l'objectif de la DCE, dans une optique de développement durable. C'est le cas de l'Office de l'eau à la Martinique (ODE).

¹ Territoire sur lequel toutes les gouttes de pluies vont s'écouler puis se rejoindre pour former une rivière qui débouche sur un fleuve ou dans la mer » (Ministère d'écologie et du développement durable, Agences de l'Eau, 2005)

2) Les missions de l'ODE et de la DIREN de la Martinique

Créé en 2002, l'Office De l'Eau de la Martinique est un établissement public local à caractère administratif rattaché au Département. Equivalent pour les Départements d'Outre Mer des Agences de l'Eau du territoire hexagonal, c'est un outil technique et financier qui a vocation à mettre en application selon le principe pollueur payeur une panoplie de redevances bassin. Ces dernières doivent permettre le financement d'actions et de travaux ayant pour objectif l'amélioration et la préservation de l'environnement, des milieux aquatiques et de la ressource en eau. Ainsi, des subventions sont attribuées à l'ensemble des maîtres d'ouvrage publics et privés oeuvrant dans un souci de gestion durable.

Il joue un rôle fondamental en tant qu'organe fédérateur des actions menées dans le cadre de la politique globale de l'eau à la Martinique, définie par le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE), dont il assure le suivi de la mise en œuvre (Site ODE)

En partenariat avec les différents acteurs de l'environnement, le conseil général, le conservatoire du littoral, la DAF, la DIREN, la DRIRE, la DSDF, la DSV, la MISEE et l'ONF, les principales missions de l'ODE sont explicitées dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 1: [Les missions de l'Office de l'eau \(Site ODE\)](#)

1) Programmation et financements d'actions et de travaux
2) L'étude et le suivi des ressources en eau, des milieux aquatiques et des littoraux et de leurs usages
3) Le conseil et l'assistance technique aux maîtres d'ouvrages, la formation et l'information dans le domaine de la gestion de l'eau et des milieux aquatiques

La **Direction Régionale de l'Environnement** (DIREN) de la Martinique est un service déconcentré du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable.

Sous l'autorité du préfet de région, son rôle est de promouvoir le **Développement Durable** de la Martinique en mettant en application les politiques en faveur de l'Environnement, et en favorisant sa prise en compte dans les autres politiques.

Tableau 2: [Les missions de la DIREN Martinique \(Site DIREN\)](#)

1) Collecte et diffusion des connaissances relatives à l'environnement
2) Protection et pérennisation des ressources nécessaires au développement (eau, sol, air, énergie, biodiversité, paysage)
3) Réduction des pollutions et des nuisances au cadre de vie; aquatique, terrigène, atmosphérique, sonore, visuelle
4) Prévention des risques naturels majeurs

Le caractère général des missions de l'ODE a été présenté. Il s'agit maintenant de présenter la Martinique et son contexte hydrologique.

3) Eléments sur l'hydrologie des cours d'eau de la Martinique

La Martinique est une île montagneuse tropicale de l'archipel des Petites Antilles, de 1100 km². Ce département français est situé à 7000 km de la métropole, et 120 km de la Guadeloupe.



Source : RIOB 2007

Image 1 : L'archipel des Petites Antilles

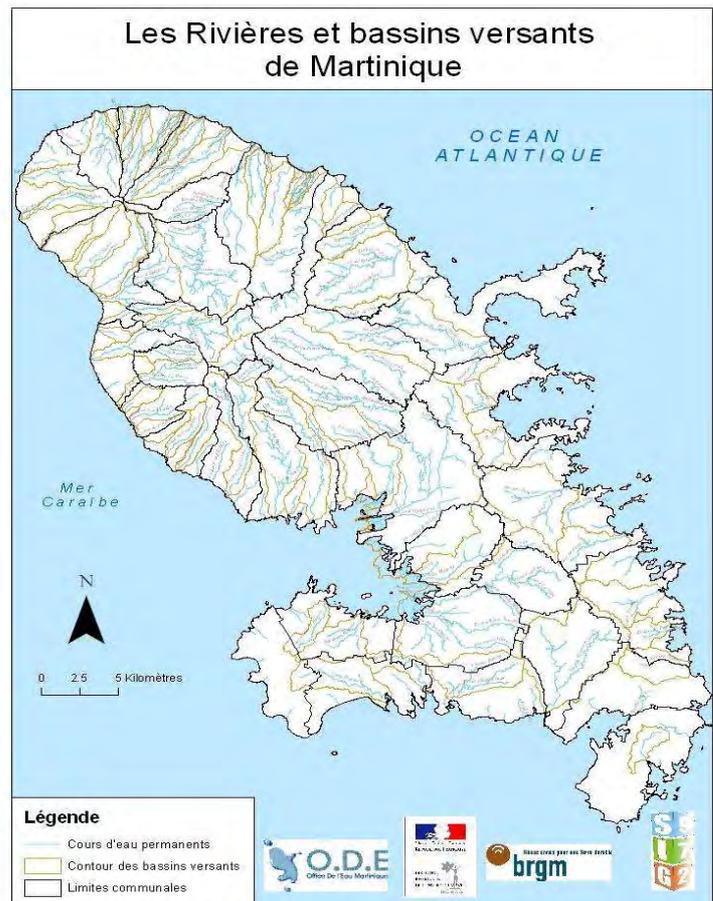


Image 2 : Les cours d'eau et bassins versants de la Martinique

La Martinique comporte 70 cours d'eau principaux. La ressource de ces derniers se concentre à 90% dans les 7 bassins versants suivants : la Lézarde (116 km²), le Capot (57 km²), le Lorrain (35 km²), le Galion (37 km²), la rivière Salée (36 km²), la rivière Pilote (35 km²) et la Roxelane (20 km²).

Malgré la faible superficie de l'île, le régime hydrologique de la Martinique est relativement hétérogène, tant sur le plan temporel que spatial.

Tout d'abord, le climat tropical humide de la Martinique soumet cette île à deux saisons pluviométriques. La saison dite « humide », juillet à novembre, est marquée par des précipitations fréquentes et abondantes, 80 à 85% des volumes annuels écoulés. La saison dite « sèche » appelée également « carême », décembre à juin, est caractérisée par une quasi absence de précipitations, 15 à 20% des volumes écoulés. (SDAGE Martinique).

La conséquence est un régime hydrologique contrasté entre la saison humide et la saison sèche.

Ensuite, la présence de plus hauts reliefs dans le nord que dans le sud, tels que la Montagne Pelée (1397 m), le Piton du Carbet (1196 m) et le Morne Jacob (884 m) inflige à la Martinique des précipitations inégales entre ces deux parties de l'île. Les bassins versants du nord reçoivent en effet des précipitations de l'ordre de 2500 à 4500 mm/an, favorisant le régime torrentiel des rivières en amont. Le sud, plus sec et plat, ne bénéficie en revanche que de précipitations de l'ordre de 1500 à 2000 mm/an, contraignant un assèchement fréquent des rivières. Le centre de l'île, est caractérisé par la présence de la plaine du Lamentin. Sa pluviométrie est intermédiaire entre le nord et le sud (MEUNIER et al 2002).

La conséquence est un régime hydrologique fortement contrasté entre le nord et le sud.

Enfin, la localisation de la Martinique dans la zone inter tropicale de convergence soumet ce département à des vents de nord est ; les alizés. En raison de la barrière montagneuse de l'île, ces masses d'air, à l'est, s'élèvent nécessairement, se condensent, et engendrent des précipitations. Lorsque l'air parvient à l'ouest, il est ainsi plus sec. Ce phénomène est l'effet de Foehn. La conséquence est un régime hydrologique contrasté entre la côte au vent (est)-côte sous le vent (ouest).

Le caractère inégal de la répartition de l'eau à la Martinique permet de prendre en considération l'importance de son usage, et les enjeux qui en découlent.

4) L'utilisation de l'eau à la Martinique et ses enjeux

L'eau prélevée dans les rivières de la Martinique est principalement destinée à l'alimentation en eau potable (AEP) (40 millions de m³/an), et l'irrigation (12 à 15 millions de m³/an).

Des prélèvements sont également voués au monde industriel (8 millions de m³/an), puis en quantité moindre, à l'aquaculture (RIOB 2007).

Tout d'abord, le **tableau 3** ci-dessous mettant en évidence l'origine et la quantité d'eau prélevée pour l'AEP, montre que la consommation humaine est évaluée à environ 123000 m³/jour, dont 94% provient des eaux superficielles.

Tableau 3 : Origine et quantité de l'eau prélevée pour l'AEP (CG, 2005 et 2003 dans la phase 2 de l'état des lieux de l'environnement piscicole de la Martinique)

	Captages		Débits	
	Nombre	Pourcentage	m ³ /jour	Pourcentage
Eaux superficielles	22	58 %	115 170	94 %
Eaux souterraines	15	42 %	7 778	6 %
TOTAL	37	100 %	122 948	100 %

La plus grande abondance de rivières torrentielles étant dans le nord, les captages d'eau pour l'AEP se localisent principalement dans cette partie de l'île. En 2007, les principaux prélèvements AEP étaient dans les rivières Blanche (10 000 000 m³), Capot (9 000 000 m³), Lézarde (6 400 000 m³) et Lorrain (1 200 000 m³)

La production de l'eau majoritairement concentrée dans le nord engendre son transport dans le reste de l'île.

Ensuite, la consommation courante de l'eau à la Martinique est linéaire sur toute l'année. La période de carême est donc une problématique en raison de stockage d'eau encore inexistant pour l'AEP. A titre d'exemple, la consommation courante moyenne d'un martiniquais est de l'ordre de 175 litres/jour (SDAGE Martinique).

Concernant les cultures célèbres de la Martinique, la *banane* (11000 Ha), les *cultures maraîchères* (4800 Ha), la *canne à sucre* (3700 Ha) et l'*ananas* (800 Ha) (RIOB 2003), la consommation est encore plus intense en période de carême, en raison d'une irrigation ne se faisant non plus par l'eau de pluie, mais essentiellement par le drainage en provenance des rivières.

Certains cours d'eau martiniquais subissent localement et ponctuellement des prélèvements importants pouvant remettre en cause les équilibres écologiques de la faune aquatique.

La production annuelle d'eau de 500 millions de mètres cube est suffisante pour la consommation des particuliers, des agriculteurs, des industriels, et pour l'équilibre écologique de la faune aquatique.

Toutefois, comme nous avons pu le voir, nous sommes en sous production en période de carême. La ressource en eau ne permet pas l'approvisionnement en AEP pour l'ensemble de la population. Des coupures tournantes sont nécessaires pour alimenter l'ensemble de l'île.

Une étude est actuellement menée pour tenter de diversifier la provenance de l'eau afin de délester le nord de cette charge d'approvisionnement, et ainsi de linéariser la production d'eau, de réduire les coûts de sa distribution, et de limiter l'impact négatif sur l'écosystème¹ d'eau douce.

3) Présentation de la faune aquatique de la Martinique

En 2002, des scientifiques ont recensé les familles de poissons et de crustacés d'eau douce de la Martinique. Quatre familles de crustacés décapodes², regroupant treize espèces, et 13 familles de poissons dont 19 espèces ont ainsi été répertoriés dans l'atlas de poissons et de crustacés d'eau douce de la Martinique. Les **annexes 1** et **2** mettent en évidence différentes caractéristiques de la carino faune et de l'ichtyo faune telles que la répartition altitudinale, leur type de locomotion aquatique, les faciès et substrats les plus appréciés, l'alimentation, la zone de ponte, et la migration.

Un état des lieux de l'environnement piscicole de la Martinique a été réalisé en 2006 dans l'optique de la mise en place d'un schéma départemental à vocation piscicole (SDVP).

Il mentionne que la richesse spécifique augmenterait à mesure que l'on se rapproche de l'aval de la rivière. L'aval est une zone étroitement liée avec l'eau marine. C'est pourquoi on y retrouverait plus de poissons, car un grand nombre d'entre eux à la Martinique dépendent grandement de l'eau de mer. Il s'agit de poissons euryhalins³.

Une caractéristique essentielle à prendre en compte pour la compréhension de l'importance de la présence d'ouvrage ou d'obstacle sur un cours d'eau est la migration des espèces dont la forme dominante dans les rivières tropicales est la migration amphidrome (FIEVET 1998), (COVICH et al 1996), (FIEVET 2000).

Comme l'indique la **figure 1** ci-dessous, une espèce amphidrome se déplace entre l'eau douce et l'eau salée en fonction des différents stades de son développement. La reproduction de ces espèces s'effectue en eau douce. Les larves qui en résultent rejoignent la mer pour y subir différentes métamorphoses. Leur déplacement est passif ; c'est la dévalaison. A l'état de post larves ou juvéniles, elles reviennent ensuite en douce pour y poursuivre leur vie adulte.

¹ Association ou communauté d'êtres vivants

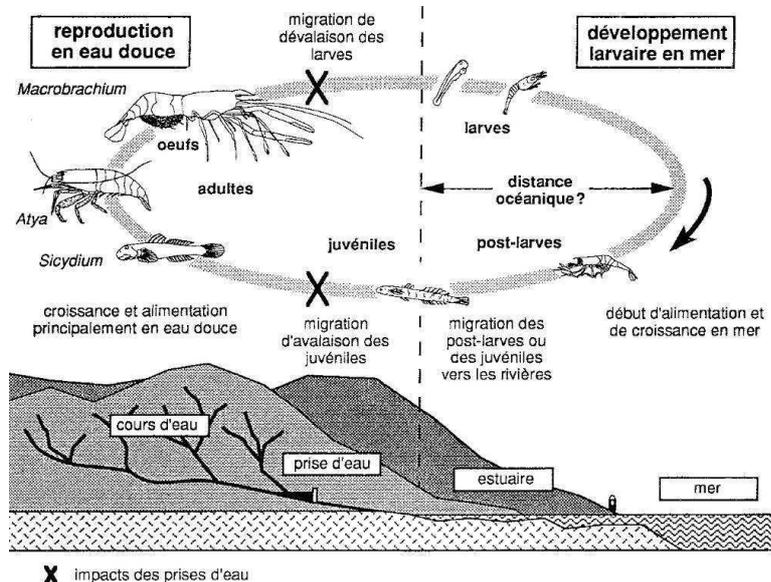
² « Animaux à dix pieds »

³ Organismes qui vivent dans la mer et peuvent s'adapter à des variations de salinité très importantes

Pour cela, elles remontent activement le courant selon un rhéotactisme¹ positif ; c'est la montaison.

Figure 1 : Cycle vital des espèces de crustacés et de poissons amphidromes (FIEVET et al 2001)

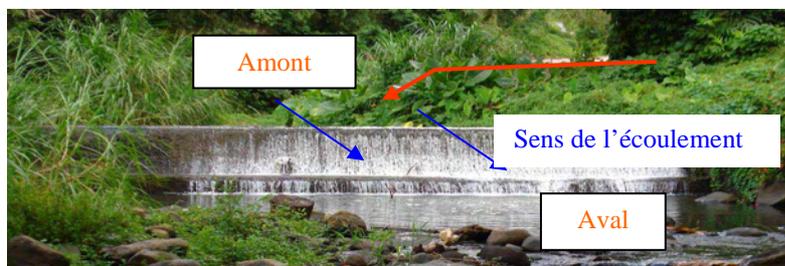
La migration de ces espèces tropicales, ne concerne donc pas les individus adultes. Ces espèces passent ainsi la majorité de leur vie en eau douce, d'où l'existence d'une étroite relation entre la présence de l'espèce et le milieu dans lequel elles vivent (COVICH AND MC DOWELL 1996 et MONTI 2006).



4) Impacts des prises d'eau

Une prise d'eau se présente sous la forme d'un seuil en béton sur lequel est déposée une grille transversale (photo 1 et 2).

Photo 1 et 2 : Prise d'eau Odyssi de la rivière Monsieur



La grille permet de prélever un volume d'eau à un débit² donné, mais aussi de retenir les détritux volumineux transportés par la rivière, chablis, feuilles, pierres, qui s'opposeraient à l'efficacité des traitements de l'eau postérieurs.

La présence des prises d'eau peut avoir des conséquences écologiques significatives au niveau de la continuité écologique, de la disponibilité d'habitats potentiels, et de la qualité physico chimique de l'eau (cf **tableau 4**).

¹ Contrairement au modèle de direction aléatoire de la nage

² Quantité d'eau qui passe dans la rivière par unité de temps (m³/s, l/s ...)

Tableau 4 : Impacts sur la biodiversité aquatique générés par les prises d'eau

Type d'impact	Rupture de la continuité écologique	Perte d'habitat	Concentration de la pollution
EFFETS	Aspiration des larves pendant la dévalaison	La diminution du débit est responsable d'une réduction d'habitats potentiels en aval en y limitant à de plus petites valeurs qu'en amont la profondeur et la vitesse	La diminution du débit entraîne nécessairement la concentration de la pollution en aval. Ce phénomène est d'autant plus prononcé en période d'étiage.
	Barrière physique aux juvéniles en cours de montaison entraînant la diminution de la richesse spécifique et de la densité en amont		

(DEBROT 2003, CONCEPCION et al 1999, MC DOWELL et al 2005, FIEVET 1998, MONTI 2004) (FIEVET 1999b) (MONTI 2006) (FIEVET et al 1998).

Pour aller à l'encontre de ces menaces, des solutions techniques existent, qui demandent cependant à être adaptées aux caractéristiques de la faune tropicale ; les DMB et les passes à poissons/ouassous (article L.214-18, cf Partie I-1) L'eau et sa législation).

Une étude réalisée en 2003 en Guadeloupe par Nicolas Toitot avait pour but de proposer une conception d'un ouvrage dispositif de franchissement des aménagements en rivière ; passe à poisson, et passe à ouassou adapté au contexte tropical.

L'objectif de ce stage, est d'établir les courbes de préférences d'habitats des espèces aquatiques dans chacun des sites soumis à l'étude.

Les autres étapes de la démarche des DMB concernant la méthode utilisée, consistent tout d'abord à cartographier les vitesses et profondeurs du tronçon aval à 10%, 20% et 30% du module¹.

Cependant, la méthode des DMB actuellement utilisée en métropole est basée sur de la modélisation (POUILLY et al 1995). Or, le contexte hydrologique des milieux insulaires tropicaux rend la modélisation inapplicable dans les DOM-TOM, en raison de cours d'eau hyper turbulents (MONTI 2006). La DAF et la DIREN de Guadeloupe ont ainsi organisé des concertations multi organismes durant l'année 2005, auxquelles étaient présents l'Université des Antilles et de la Guyane et les bureaux d'étude concernés. A la fin, la DAF a proposé un cahier des charges techniques.

Cette méthode, basée sur des mesures réelles de profondeurs et de vitesses, est une méthode transitoire en attendant un outil généralisé validé dans nos milieux (MONTI Communication personnelle).

¹ Pondération de l'écoulement total annuel (DIREN de la Réunion 1999)

Il s'agit ensuite de créer les cartes d'habitats disponibles, et enfin de définir les DMB (MONTI 2006).

II- MATERIEL ET METHODE

1) Présentation de la méthode

a) Généralités

Tout d'abord, une technique de pêche courante en hydrobiologie est effectuée. Il s'agit de la pêche électrique, dont le but est de générer un courant électrique dans l'eau. Il influence alors le comportement des espèces aquatiques en les immobilisant momentanément ; c'est l'électronarcose. On peut ainsi attraper les crevettes et les poissons plus aisément et les identifier. La reconnaissance des crevettes a été réalisée à partir de la clé de CARVACHO et CARVACHO. L'atlas des poissons et crustacés de la Martinique a de plus constitué une source importante pour la détermination des crevettes et des poissons.

Ensuite, des couples de mesures de profondeur et vitesse, la reconnaissance des faciès et des substrats sont réalisés. Toutes les mesures se baseront selon un échantillonnage systématique. Il consiste à étudier l'ensemble de la station, ou du tronçon choisi. Pour cela, des quadrats de 4 m² sont disposés sur toute sa surface. Il s'oppose à l'échantillonnage aléatoire pour lequel les quadrats sont disposés aléatoirement sur des zones régulièrement espacées, telle que le présente la **figure 2** ci-dessous.



Figure 2 : [Représentation schématique d'un échantillonnage systématique et aléatoire](#)

Enfin, afin de situer le contexte hydrologique de l'étude, des mesures de débits sont effectuées, soit par jaugeage, soit par lecture de la hauteur d'eau sur une échelle limnigraphique¹. Le débit pourra en effet être exploité sous la forme de pourcentage du module², et le régime de basses eaux, moyennes eaux, et hautes eaux sera défini.

b) Particularités

En théorie, une mesure de profondeur et vitesses est proposée dans cette méthode, qui s'effectue au milieu du quadrat.

¹ Echelle graduée verticale placée dans un cours d'eau, sur laquelle on peut lire la hauteur d'eau

²

En revanche, l'écoulement des rivières de l'étude est hétérogène. On a ainsi décidé, dans un souci de représentativité de la réalité, de mesurer trois couples de profondeur et de vitesse dans chaque quadrat pour estimer au mieux la moyenne de ces deux variables physiques. Ces mesures seront ensuite mises en relation avec les espèces pêchées dans le quadrat pour contribuer à la mise en œuvre des courbes de préférences d'habitats.

On comptera le nombre de fois où une espèce a été retrouvée dans un quadrat. C'est ce que l'on appelle « l'occurrence d'une espèce ». Le nombre total d'individus constituera une information supplémentaire mais ne sera pas pris en compte dans l'élaboration des courbes de préférences d'habitats. On cherche en effet à définir quel habitat une espèce pourrait potentiellement occuper. La prise en compte des effectifs pourrait induire en erreur sur la détermination des préférences d'habitats. Par exemple, dans les systèmes ouverts telles que les rivières, les effectifs dépendent pour l'essentiel d'un facteur extérieur comme une pollution voisine. Si la pollution progresse en aval, elle anéantirait la recolonisation des juvéniles.

Une diminution des effectifs serait certaine en amont, sans pour autant que les habitats y soient dégradés. Un dernier exemple est l'effet des prises d'eau, qui remanient profondément les effectifs en aval. Les habitats de l'amont qui sont identiques à ceux de l'aval de la prise d'eau, se composeraient ainsi d'un plus grand nombre d'individus, mais cela ne signifierait pas en revanche qu'ils soient plus accueillants pour l'espèce (MONTI communication personnelle).

L'échantillonnage systématique a l'avantage de pouvoir renseigner au maximum toutes ces situations de contraintes pour les espèces, et permet de plus, d'établir grâce aux mesures de profondeurs et de vitesse, une cartographie de la station étudiée qui constitue une étape nécessaire dans la démarche des DMB.

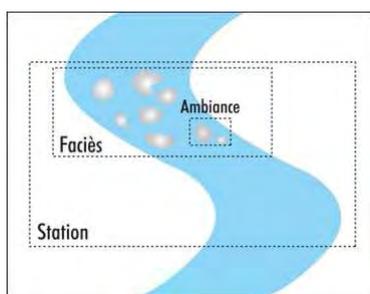
c) L'échantillonnage ponctuel d'abondance

Une autre méthode pour la détermination des courbes de préférences existe. Il s'agit de la méthode d'échantillonnage ponctuel d'abondance (EPA), référence pour le suivi pêche et poisson. Cette méthode se caractérise par des pêches ponctuelles, basées sur un échantillonnage aléatoire.

En EPA, les espèces sont comptabilisées en nombre d'individus, et non plus de présence. Une station représentative d'un cours d'eau est choisie. L'opérateur avance de l'aval vers l'amont.

Tous les trois pas, il se déplace aléatoirement sur une ligne horizontale entre les deux rives de la rivière. Il effectue un point de pêche d'une durée de 10 à 15 secondes. Le point d'impact est marqué d'une pierre colorée, pour indiquer l'endroit de la mesure de la vitesse et de la hauteur d'eau (BARGIER communication personnelle).

2) Choix des stations



Au point de vue spatial, une station en hydrologie, est une surface d'un cours d'eau composée d'un ensemble de faciès, constitués eux-mêmes de variations très locales de la profondeur et de la vitesse, que l'on appelle « ambiance ». La **figure 2** schématise ces trois échelles d'observations.

Figure 3: [Représentation schématique de trois échelles d'observation en hydrologie \(Arda, Réunion\)](#)

Le choix des rivières et des stations a été réalisé en concertation avec le personnel de l'ODE et de la DIREN. Les motivations dans le choix des captages d'eau ont été les suivantes. Tout d'abord, les rivières possédant une prise AEP ont été privilégiées. Les prélèvements agricoles auraient pu être étudiés, mais l'impact et les mesures à mettre en œuvre sont plus difficiles à déterminer. Ensuite, les captages n'ayant jamais fait l'objet de telles études, et subissant le plus d'assecs en période d'étiage ont été choisis. L'étiage est le moment de l'année où les pluies sont normalement le moins abondantes. L'intérêt est de parvenir à cerner au mieux les exigences des espèces, en ne leur laissant qu'une faible ressource en eau afin de ne pas surestimer le DMB.

Les stations et rivières sélectionnées ont ainsi été la rivière Monsieur (SICSM), la rivière Blanche (SICSM et ODYSSI) et la rivière Galion (SCNA). Le SICSM, SCNA et la CACEM sont trois structures intercommunales acheminant l'eau potable à la Martinique. La CACEM a une compétence en eau qu'elle a transférée à la régie Odysse.

De plus, il était nécessaire d'effectuer au moins deux stations ; l'une en aval, l'autre en amont de la prise d'eau. En effet, les stations avales sont en théorie plus impactées que les stations amont.

L'intérêt de pêcher en aval est ainsi de donner une estimation des vitesses et profondeurs minimales jusqu'auxquelles les espèces les moins exigeantes survivent.

La station en amont permettrait en revanche d'avoir un nombre de pêches suffisant des espèces fragilisées par la faible ressource en eau, dont les espèces patrimoniales¹.

Enfin, la diversité des faciès au sein de chaque tronçon est également importante pour bénéficier d'un plus grand nombre de situations.

3) Matériel utilisé et application de la méthode

a) Pêche électrique

Le matériel utilisé est un boîtier de contrôle du type DEKA 3000 « Lord » (**photo 3**). Il comporte une batterie reliée à deux bornes : la cathode et l'anode.

L'anode est une époussette électrique, tandis que la cathode est une tige métallique.

Au sein du quadrat, le pêcheur génère un courant d'une trentaine de secondes, tout en se déplaçant avec son époussette de l'aval vers l'amont selon un mouvement « en zig zag ». Les individus pêchés, sont identifiés puis remis à l'eau (cf **figure 5**)

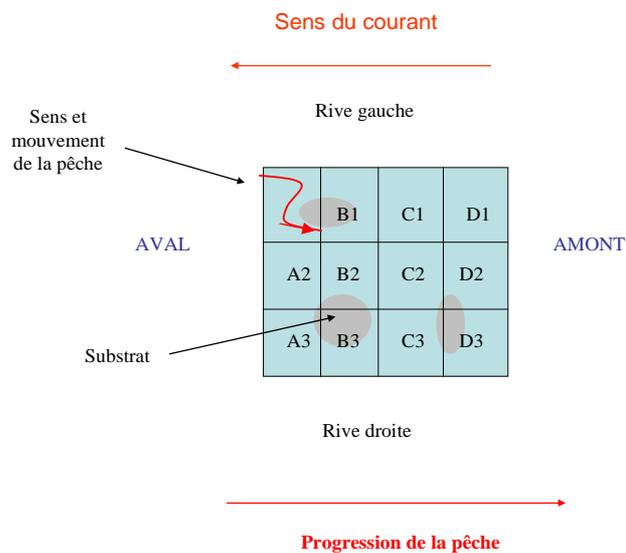


Photo 3: Matériel de pêche électrique

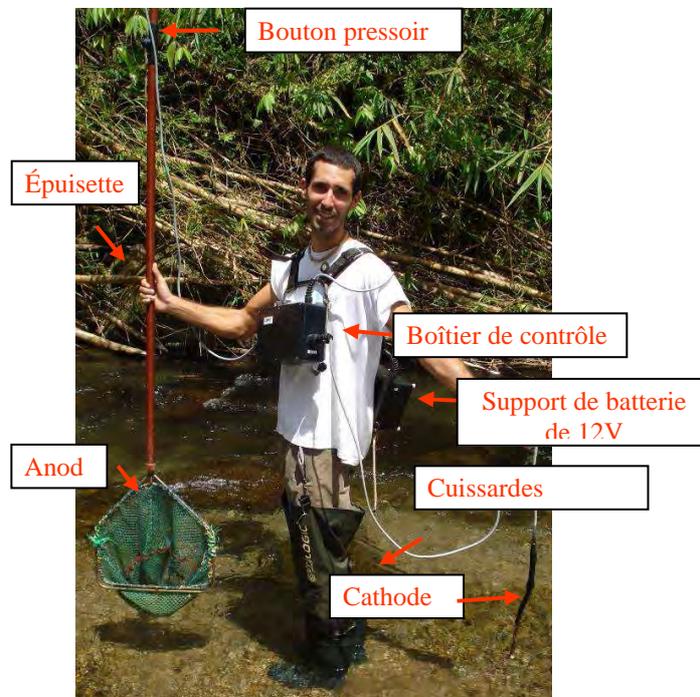


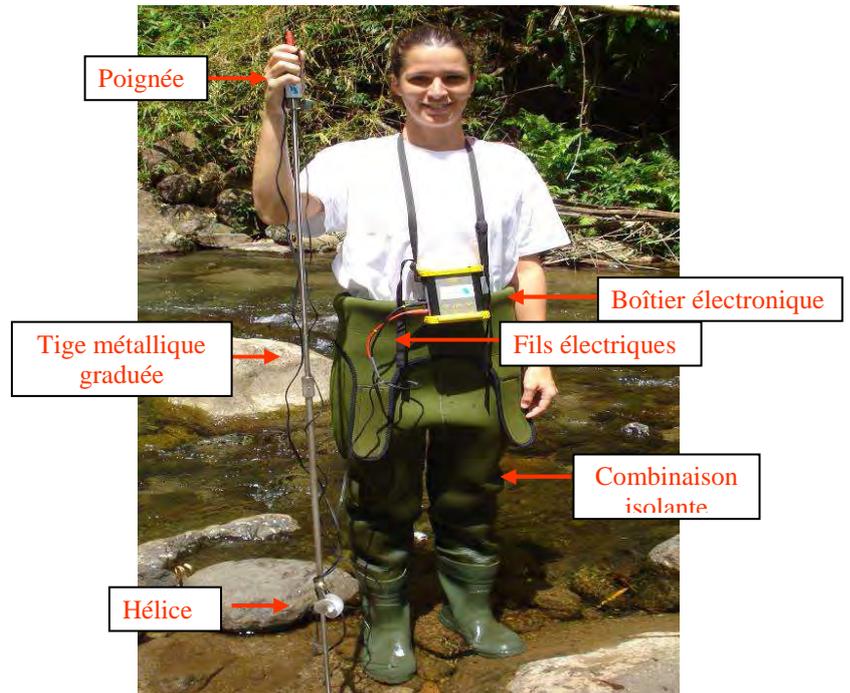
Figure 5 : Représentation schématique de la numérotation des quadrats au sein de la station et du sens et mouvement de la pêche

¹ Espèces appartenant au patrimoine écologique local

b) Mesure de la vitesse et de la profondeur

Photo 4 : Matériel de jaugeage

Le matériel utilisé est un micro moulinet OTT (**photo 4**). Il est doté d'une tige métallique graduée sur laquelle est fixée une hélice. Cela permet d'une part la mesure de la hauteur d'eau et d'autre part le comptage du nombre de tour de l'hélice sur un pas de 30 secondes, convertie ensuite en vitesse sous la forme d'une équation du type $v = k \cdot n + a$. L'hélice est positionnée à approximativement $0,60 \times$ la hauteur. Les hydrobiologistes considèrent que la vitesse moyenne de l'écoulement sur une verticale se rapprocherait le plus de cette valeur.



Avec v = vitesse en m/s

k = pas hydraulique de l'hélice en m

n = nombre de tours de l'hélice en 1/s

a = constante en m/s

c) Appréciation du faciès et de la nature du substrat

Les variables les plus importantes sont la profondeur et la vitesse. Mais pour avoir plus de précisions sur les préférences des espèces on évalue aussi le faciès et le substrat.

Le type de faciès est évalué à l'œil nu à partir de la classification de MALAVOI. Les critères de détermination sont la hauteur d'eau et la vitesse. Le substrat dominant et le deuxième substrat sont évalués selon la granulométrie exprimée en cm (cf fiche terrain en **annexe 3**). La liste des faciès et substrats trouvés pendant l'étude apparaît dans le **tableau 5** ci-dessous.

Tableau 5: Liste des faciès et substrats trouvés lors de l'étude

Faciès lentique ($v < 30 \text{cm/s}$)	Faciès lotique ($v > 30 \text{cm/s}$)
Mouille de concavité	Plat courant
Fosse de dissipation	Radier
Chenal lentique	Rapide
Plat lentique	Cascade

Substrat meuble	Substrat grossier			Substrat plat	Substrat organique
	Gravier	Bloc	Rocher		
				Dalle	Végétation
Limon	Petit gravier	Petit bloc	Petit rocher	Dalle plate	
Sable	Gravier moyen	Gros bloc	Gros rocher	Dalle inclinée	
	Gros gravier				16

4) Les courbes de préférences d'habitats

a) Construction d'une courbe de préférences d'habitats

Une courbe de préférences d'habitats représente la variation d'un indice d'électivité en fonction de l'une des quatre variables physiques présentées ci-dessus ; profondeur, vitesse, faciès et substrat. Elle est définie par la formule suivante : $E^* = [Wi - (1/n)] / [Wi + (1/n)]$

Avec $Wi = (ri/pi) / \sum (ri/pi)$

E^* est l'indice d'électivité de Vanderploeg et Scavia (1978). Il permet de savoir si une espèce a un choix de préférence, ou au contraire si elle exclue certaines classes pour une variable physique considérée.

Les valeurs de chaque variable ont été regroupées par classe dont le nombre est noté « n ».

Wi est un intermédiaire de calcul qui met en relation le nombre de pêche (p) avec la ressource exploitée (r) dans chacune des classes.

Le nombre de pêche représente le nombre de quadrats de la station, ayant chacun fait l'objet d'un coup de pêche électrique.

La ressource exploitée, ou encore l'occurrence, est le nombre de fois où l'espèce a été visualisée dans chacune des classes.

b) Lecture d'une courbe de préférences d'habitats

L'indice d'électivité défini dans la formule ci-dessus, exprimé en fonction des quatre variables physiques, est borné entre -1 et 1. Les classes de la variable considérée pour lesquelles l'indice est positif, seraient les **classes préférentielles** de l'espèce étudiée.

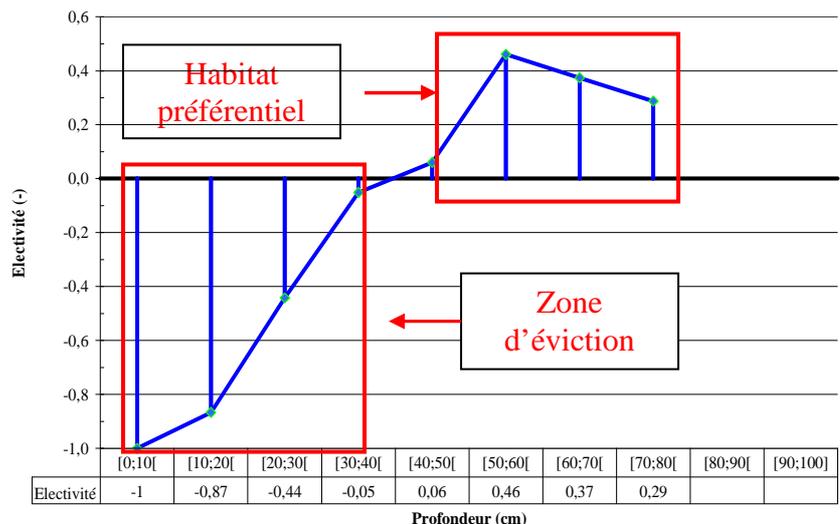


Figure 5 : Courbe de préférence en termes de profondeur (ex : *Xiphocaris elongata* de la rivière Monsieur (Odyssi)

En revanche, les classes pour lesquelles l'indice est négatif seraient les classes marquées par « **l'éviction** » de l'espèce. L'éviction signifie que l'espèce est hors de sa gamme préférentielle d'habitat. Par conséquent, si une espèce est contrainte à vivre dans sa classe d'éviction, elle serait affaiblie.

L'habitat préférentiel de *Xiphocaris elongata* serait compris entre 40 et 80 cm de profondeur. La classe d'éviction de *Xiphocaris elongata* serait comprise entre 0 et 40 cm, (**cf figure 5**). Enfin, la préférence ou l'éviction est d'autant plus forte que la courbe ne concerne qu'un nombre minime de classes, et que l'indice est proche de 1 pour la préférence, et proche de -1 pour l'éviction.

c) Cas particuliers

La moyenne des écarts-types des quadrats oscillait autour de 10 cm/(s). Afin de ne pas biaiser les résultats, des intervalles de classes de profondeurs et de vitesses de 10 cm/(s) ont été choisis, bien qu'ils ne soient pas idéales. Mais des classes de faible amplitude manifestent tout de même plus d'intérêt pour évaluer au mieux les préférences écologiques.

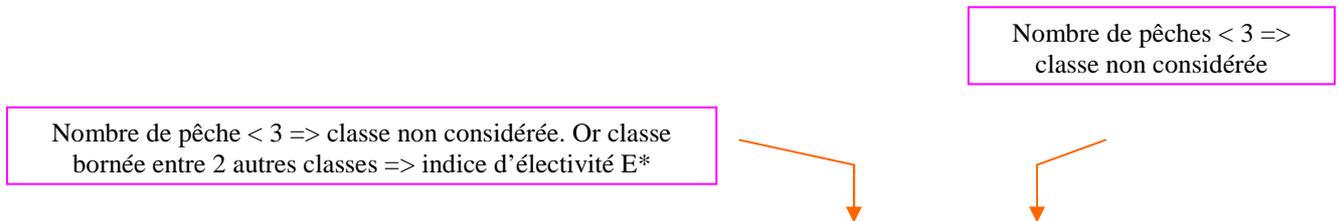
Néanmoins, il est parfois arrivé que les trois mesures de profondeurs ou de vitesses soient très éloignées. Pour éviter que les moyennes soient peu représentatives de la réalité terrain, nous avons décidé d'écarter tous les quadrats trop hétérogènes. Pour cela, nous avons éliminé les quadrats dont les écart-types faisaient partis des 5% extrêmes.

Cependant, pour un souci de statistiques et de représentation de la réalité écologique, les classes extrêmes¹ présentant un nombre de pêche inférieur à trois n'ont pas été prises en compte pour la réalisation des courbes. En revanche, s'il arrive que certaines classes centrales contiennent moins de trois pêches, l'indice d'électivité de la classe est calculé par interpolation linéaire de l'indice des deux classes encadrant cette dernière. La classe interpolée n'est cependant pas considérée dans le nombre de classe. Un exemple est illustré dans le **tableau 6** ci-dessous.

¹ Première ou dernière classe de la série

Tableau 6 : Exploitation des données de pêche permettant la création de la courbe de préférence d'habitat (exemple de *Xiphocaris elongata* de la rivière Monsieur (Odysse))

Dans cet exemple, le nombre de classe (n) est de 7.



Profondeur (cm)	[0;10[[10;20[[20;30[[30;40[[40;50[[50;60[[60;70[[70;80[[80;90[[90;100]
Ressource exploitée (r)	0	1	8	16	10	4	1	2	1	
Nb pêches (p)	3	38	56	48	24	4	2	3	1	
Wi	0,00	0,01	0,06	0,13	0,16	0,39		0,26		
E*	-1,00	-0,87	-0,44	-0,05	0,06	0,46	0,37	0,29		

III- RESULTAT ET DISCUSSION

Tout d'abord, le contexte hydrologique pendant l'étude, ainsi qu'une description hydrologique, morphologique et biologique des cours d'eau observés seront présentés. Ensuite, l'analyse des courbes de préférences d'habitats se fera en deux phases. La première consistera à établir une description détaillée des préférences de chaque espèce et la seconde aura pour but d'évaluer la priorité des études futures à entreprendre, dans l'optique des DMB, pour chacun des sites. Pour un souci de clarté, les courbes auront une apparence simple. Enfin, l'attention portera sur le décèlement d'éventuel impact biologique de la prise d'eau.

1) Caractéristiques hydrologiques, morphologiques et biologiques des sites étudiés

a) Caractéristique hydrologique

Des mesures de débits ou des relevés sur les échelles limnigraphiques ont permis d'étudier le contexte hydrologique. Le débit est exprimé en pourcentage du module. Une acquisition de données chroniques au fil des années a permis de dire que 10 à 12% du module correspond à un étiage marqué, 20%, lorsqu'il n'y a pas trop d'eau, mais que ce n'est pas complètement sec, et à 30%, quand il y a plus d'eau.

L'**annexe 4** montre que la majorité des débits mesurés lors de l'étude sont supérieurs à 30% des modules.

L'étude s'est pourtant déroulée aux mois de février et mars 2008, période normalement sèche. Ce pourcentage montre que le carême de cette année est humide et que nous ne sommes ainsi pas en situation d'étiage sévère. Une note de météo France confirme cette particularité dans la même annexe.

b) Caractéristique morphologique

La composition des tronçons échantillonnés au niveau des faciès et substrats apparaît en **annexe 5**. Le **tableau 7** ci-dessous reprend les données de cette annexe pour établir une comparaison entre les rivières de la dominance de chacune de ces trois variables.

Tableau 7 : Dominance des faciès et substrats dans chaque site

	Rivière Blanche (Odysse)		Rivière Blanche (SICSM)		Rivière GALION (SCNA)		Rivière MONSIEUR (Odysse)	
Faciès dominants	Rapide	31%	Plat courant	36%	Plat courant	25%	Plat courant	35%
	Plat courant	30%	Radier	32%	Plat lentique	24%	Rapide	26%
	Radier	28%	Rapide	20%	Radier	17%	Radier	19%
Substrats dominants	Gros bloc	26%	Gros bloc	26%	Gros rocher	30%	Petit rocher	30%
	Petit rocher	22%	Petit rocher	26%	Petit rocher	25%	Gros bloc	18%
	Sable	20%					Gros rocher	17%

D'après le **tableau 7**, les principaux faciès étaient des plats courant, radier, rapide. Un quart cependant des faciès échantillonnés dans la rivière Galion était des plats lenticulaires. Cela pourrait s'expliquer par le fait d'avoir commencé la station amont au niveau d'une zone calme très étendue.

La part supérieure dans les quatre sites de substrats grossiers que sont les blocs et les rochers seraient une part de l'explication de trouver une majorité de faciès à grandes vitesses (>30cm/s). La lame d'eau dans les milieux pentus et hyper turbulents comme celui du nord de la Martinique est très souvent inférieure à la hauteur du substrat. Par conséquent, l'eau n'a d'autres choix que de passer entre les substrats. Cette caractéristique se traduit par une augmentation de la vitesse d'écoulement. La haute altitude des ouvrages AEP favoriserait aussi le transport d'éléments solides tels que les blocs et rochers au moment d'une crue. Mais une notion importante à prendre en compte est le débit de la rivière, important, comme l'a souligné les caractéristiques hydrologiques de cette partie.

Plus le débit est important, plus la vitesse et la hauteur d'eau augmentent, ce qui se traduit par une plus forte présence de faciès lotiques.

c) Caractéristiques biologiques

- Richesse spécifique

Tableau 8 : Liste des espèces recensées lors de l'étude

13 espèces de crevettes et 19 espèces de poissons sont répertoriées dans l'atlas de la Martinique

(en considérant *Sicydium plumieri* et *Sicydium punctatum* appartenant à l'espèce *Sicydium sp.* et *Poecilia reticulata* et *Poecilia vivipara* appartenant à l'espèce *Poecilia sp.*).

Familles	Taxons
CRUSTACES	
Atyidae	<i>Atya innocous</i>
	<i>Atya scabra</i>
	<i>Micratya poeyi</i>
	<i>Atyidae juvéniles</i>
Xiphocaridae	<i>Xiphocaris elongata</i>

Au cours de cette étude, seules 9 espèces de crustacés et 4 espèces de poissons ont été trouvées (cf **tableau 8** ci-contre).

Il met en évidence chez les crustacés trois Atyidae, une Xiphocaridae, quatre Palaemonidae et un Pseudothelphusidae.

Palaemonidae	<i>M. carcinus</i>
	<i>M. crenulatum</i>
	<i>M. faustinum</i>
	<i>M. heterochirus</i>
	<i>Palaemonidae juvéniles</i>

Pseudothelphusidae	<i>Guinotia dentata</i>
--------------------	-------------------------

Les Atyidae et Palaemonidae juvéniles sont trop petits pour être déterminés. Ils pourraient appartenir à d'autres espèces que celles recensées. Seuls les Mugilidae, Gobiidae et Poeciliidae ont été pêchés. La richesse spécifique des crustacés est le

POISSONS	
Mugilidae	<i>Agonostomus monticola</i>

Gobiidae	<i>Sicydium sp</i>
----------	--------------------

Poeciliidae	<i>Poecilia sp</i>
	<i>Xiphophorus hellerii</i>

double de celle des poissons. Cette caractéristique avait déjà été remarquée dans l'état des lieux de l'environnement piscicole de la Martinique, réalisé par le bureau d'étude Asconit.

- Densité

Au-delà de la richesse spécifique, il est intéressant de connaître la densité des espèces. Les espèces dominantes seront tout d'abord mises en évidence. Une comparaison avec la phase concernant le diagnostic et les potentialités piscicoles de l'état des lieux de l'environnement piscicole de la Martinique sera ensuite présentée. Les densités sont synthétisées en **annexe 6**.

D'après l'**annexe 6**, les crustacés les plus abondants sont *Atya innocous*, *Micratya poeyi*, *Xiphocaris elongata*, *M. faustinum*, et les Palaemonidae juvéniles. Parmi les poissons, seuls les *Sicydium sp.* ont une forte densité.

Micratya poeyi est particulièrement abondante dans la rivière Blanche (Odyssi) et Galion, avec des densités respectives de 237 ind/100m² et 357 ind/100m². La rivière Monsieur a constitué la première rivière de l'étude. Soit les *Micratya poeyi* ont été confondues avec les Atyidae juvéniles, eux-mêmes considérés comme *Atya innocous*, soit les *Micratya poeyi* étaient très rares dans cette rivière. Les *Atya innocous* sont faiblement présents dans la rivière Blanche. En revanche, leur densité est importante dans les rivières Galion et Monsieur, avec une densité de 259 ind/100m² et 63 ind/100m² respectivement. Cependant, il faut prendre en compte la surestimation des *Atya innocous* dans la rivière Monsieur comme nous venons de le voir. *Xiphocaris elongata* est souvent présente, et particulièrement dans la rivière Blanche (SICSM) avec une densité de 88 ind/100m². *M. faustinum* est le Palaemonidae le plus représenté. Il abonde particulièrement dans la rivière Blanche, avec une densité respective de 50 ind/100m² à Odyssi et 74 ind/100m² au SICSM. Beaucoup de Palaemonidae juvéniles sont présents dans la rivière Blanche (Odyssi). Le *Sicydium sp.* est très présent dans la rivière Monsieur, avec une densité de 136 ind/100m².

- Afin d'obtenir une comparaison pertinente avec l'état des lieux de l'environnement piscicole de la Martinique, seules les stations approximativement à la même altitude que celles réalisées pour cette étude ont été retenues. La rivière Blanche (Odyssi) n'a pas de station équivalente, donc ne pourra être comparée. D'après la partie concernant les potentialités piscicoles de l'Etat des lieux, l'effet saisonnier est relativement peu marqué sur la densité des peuplements piscicoles et de la caracino faune des rivières de la Martinique. La tendance varierait principalement en fonction du bassin versant considéré. Pour augmenter le jeu de données à comparer, les différentes campagnes de pêche, lorsque l'altitude était satisfaisante, ont donc été prises en compte.

L'**annexe 6** indique que cinq espèces prélevées dans l'Etat des lieux n'ont pas été trouvées lors de l'étude. Parmi les crustacés, il s'agit de *Potimirim sp.* dans la rivière Galion. Chez les poissons, il s'agit de *Rivulus cryprocallus* dans la rivière Galion, *Anguilla rostrata* dans la rivière Monsieur, et *Oreochromis mossambicus* et *Awaous banana* dans la rivière Blanche.

Leur présence n'est cependant que dans une seule station, et leur densité comprise entre 0,3 et 8,5 individus pour 100m², ce qui est faible, excepté *Anguilla rostrata* retrouvée étonnement à 406 ind/100m².

Les autres espèces de l'Etat des lieux sont communes à celles de cette étude, et il est intéressant de constater que les densités sont du même ordre de grandeur, excepté pour *Atya scabra* dans la rivière Blanche, faiblement représentée lors de notre étude par rapport à l'Etat des lieux.

2) Les préférences générales des espèces : comparaison des courbes de préférences d'habitats d'une même espèce

Les courbes de préférences d'habitats ont été établies pour chaque espèce, à condition que celle-ci ait révélé un nombre de présence statistiquement exploitable, c'est-à-dire, une trentaine de fois où l'espèce a été repérée. Elles ont été exprimées selon les quatre variables physiques : la profondeur, la vitesse, le substrat et le faciès.

Pour évaluer les préférences générales des espèces, les courbes d'une variable physique pour une même espèce, dans chacun des quatre sites, ont été superposées. Les graphiques qui en résultent se trouvent en **annexe.7** Ceux qui révèlent de nettes préférences seront exposés dans ce rapport.

Tout d'abord, les caractéristiques communes de préférences et d'éviction de l'espèce entre les sites seront énoncées. Ensuite, les différences manifestes entre les sites seront présentées.

Toutefois, certaines ruptures de pentes dans les courbes seraient la conséquence d'un nombre trop insuffisant de pêches, ne s'élevant qu'à trois. **Cela concerne la classe des profondeurs [0 ;10[cm des rivières Monsieur et Blanche (Odysse), et la classe des vitesses [60 ;70[cm/s de la rivière Galion.**

De plus, les substrats ont été appréciés à l'œil nu, de manière relativement subjective. Cela engendre une certaine imprécision. Ainsi, les nombreuses ruptures de pentes au sein des courbes de cette variable en seraient la conséquence.

En somme, les artefacts mentionnés ci-dessus ne feront ainsi pas partis de la deuxième partie de l'analyse qui consiste à comparer les rivières.

Il est important de prendre conscience que les courbes de préférences d'habitats sont exprimées en fonction des vitesses, profondeurs, et substrats, parce que ces variables sont physiquement mesurables. Cependant, à travers celles-ci se manifestent les réelles préférences qui ne sont pas détectables à l'œil nu, à savoir, le taux d'oxygénation, les caches, les particules, les sédiments, et les ressources trophiques (MONTI communication personnelle).

a) Etude espèce par espèce

1- *Atya innocous* et *Atya scabra*

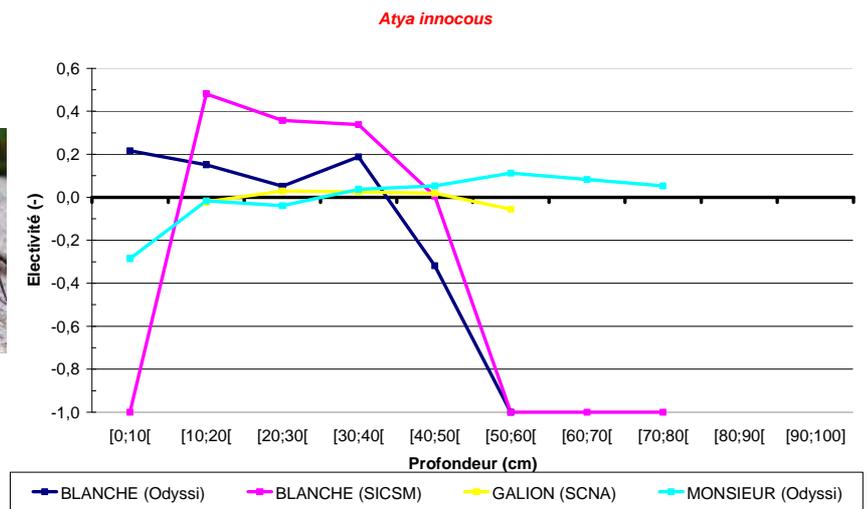


Figure 6.1 : Courbe de préférence d'*Atya innocous* à travers les sites de l'étude

Atya innocous préférerait les profondeurs comprises entre 10 et 40 cm, ainsi que les vitesses comprises entre 40 et 60 cm/s (**cf figure 6-1**) Ces choix de vitesse seraient confirmés par l'intérêt plus prononcé des radiers. Enfin, les préférences communes de substrats entre les sites seraient les blocs et petits rochers.

L'éviction de profondeurs supérieures à 40 cm est très forte dans la rivière Blanche (Odyssi et SICSM) alors que l'espèce semble n'avoir aucune préférence de profondeur dans les rivières Galion et Monsieur. L'électivité de la vitesse est plus forte dans la classe [60-70[cm/s dans les rivières Blanche (SICSM) et Monsieur. Enfin, la préférence de substrat est très forte dans la rivière Blanche (SICSM). L'éviction des graviers est très nette dans cette rivière.

Atya innocous semble ainsi ne pas être élective dans la rivière Galion. Au contraire, ses préférences sont très fortes dans la rivière Blanche (SICSM).

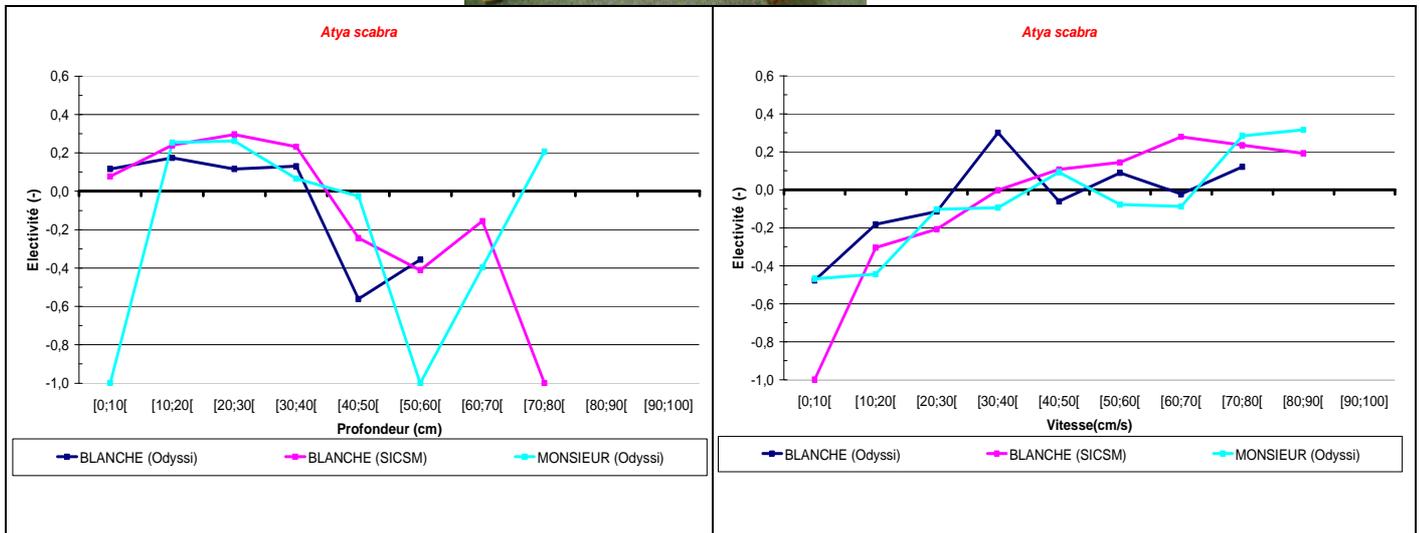


Figure 6.1' : Courbes de préférence d'*Atya scabra* à travers les sites de l'étude

Atya scabra semble présenter globalement les mêmes préférences qu'*Atya innocous*. La fidélité des gammes de préférences d'*Atya scabra* entre les différentes rivières lui vaudrait cependant une électivité plus certaine. *Atya scabra* vivrait à des profondeurs comprises entre 10 et 40 cm, et semble éviter très nettement les profondeurs supérieures à 50 cm. Son éviction est très forte pour les vitesses inférieures à 30 cm/s (cf **figure 7'-1**) Cette caractéristique pourrait être confirmée par une forte électivité de radier. Enfin, cette espèce apprécierait tout comme *Atya innocous*, les blocs et les rochers.

L'état des lieux de l'environnement piscicole est en accord avec les préférences d'*Atya innocous* et *scabra* envers les faciès, à savoir les rapides et cascades.

Atya innocous et *Atya scabra* sont des atyidae dont le régime alimentaire est suspensivore. Les préférences pour les vitesses lotiques enregistrées chez ces deux espèces pourraient être justifiées par le mode filtreur de leur alimentation. Cette alimentation se réalise passivement dans la colonne d'eau via leurs chélipèdes¹ ouverts en éventail et filtrant les particules en suspension. Des vitesses lotiques sont alors nécessaires pour que les particules alimentaires puissent se déplacer.

¹ Extrémité distale de la quatrième paire de pince chez les Atyidae

La préférence de substrat grossier semblerait quant à elle corrélée avec le mode racleur de leur alimentation. Il s'agit d'un mode actif à travers lequel les atyidae raclent les biofilms déposés sur le substrat.

Le mode alimentaire commun de ces deux espèces pourrait expliquer la quasi-totale absence d'*Atya scabra* dans la rivière Galion. *Atya innocous* y a en effet une densité 10 fois supérieure à celle des autres espèces, exceptée *Micratya poeyi*, ne laissant guère de ressources à leurs concurrentes.

2- *Micratya poeyi*

Bien que de la même famille qu'*Atya innocous* et *Atya scabra*, cette espèce ne semble pas être élective, quelque soit la variable physique.

La rivière Blanche (SICSM) laisserait cependant apparaître une très légère préférence de profondeurs inférieures à 40 cm et de vitesses lotiques, supérieures à 50 cm/s, marquée par un choix de plats courants, radiers et rapides plus prononcé, ce qui correspond aux observations de l'état des lieux de l'environnement piscicole de la Martinique.

3- *Xiphocaris elongata*

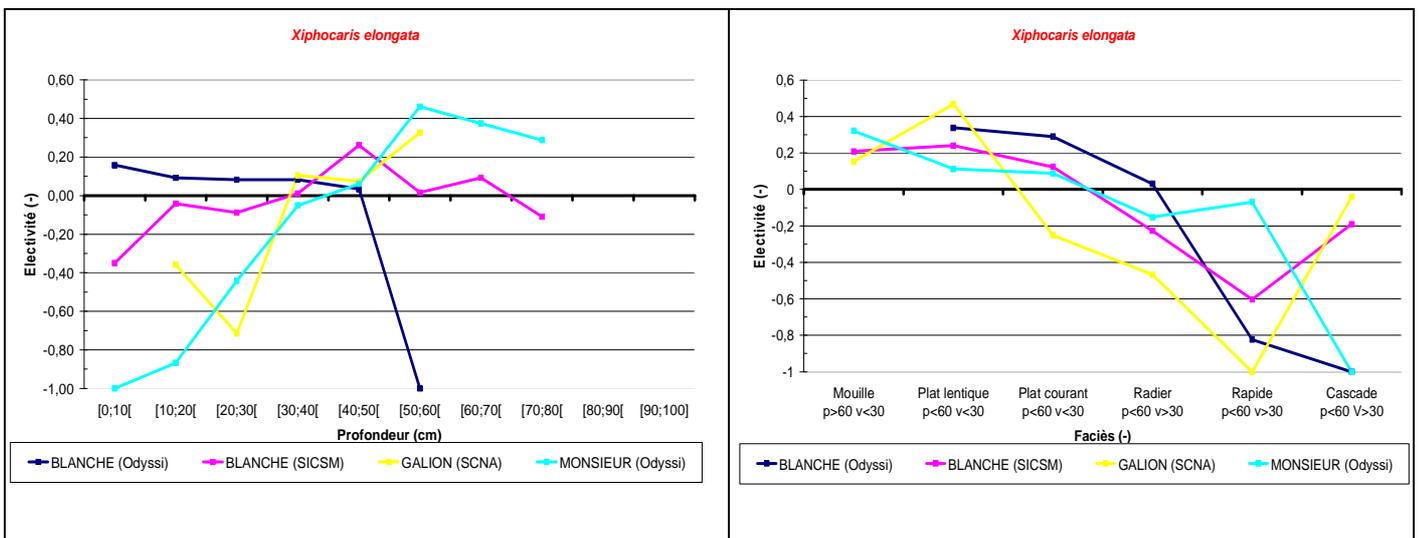


Figure 6.3 : Courbe de préférence de *Xiphocaris elongata* à travers les sites de l'étude

Cette espèce aurait une préférence pour les profondeurs comprises entre 40 et 50 cm. La vitesse 30 cm/s semble être la vitesse de transition entre une très forte électivité pour les vitesses lentes, et une très forte éviction pour les vitesses rapides. Au niveau des faciès, il semblerait que ce soit le plat courant qui marque cette transition (cf **figure 7-3**). Une légère préférence commune pour les blocs est observée.

Les électivités des profondeurs dans les rivières Monsieur et Galion semblent plus fortes pour les profondeurs comprises entre 40 et 80 cm. En revanche, l'allure de la courbe de profondeur dans la rivière Blanche (Odysse) est difficilement explicable. L'électivité et l'éviction respectivement inférieure et supérieure à 30 cm/s dans la rivière Galion sont très fortes.

Les préférences de grandes profondeurs et petites vitesses de cette espèce pourraient être expliquées par son régime alimentaire. *Xiphocaris elongata* est une découpeuse de feuilles. On les retrouve le plus souvent près des berges herbeuses, là où des particules foliaires tombent dans l'eau. La faible vitesse permet de maintenir les particules au fond de la rivière (MONTI communication personnelle).

4- *Macrobrachium faustinum*

Bien que cette espèce se retrouve dans de larges gammes de profondeurs et de vitesses, on remarque cependant une tendance de préférences pour les profondeurs comprises entre 10 et 50 cm et vitesses comprises entre 10 et 70 cm/s. Les faciès sont nombreux à être occupés par cette espèce. Elle semble apprécier indifféremment les mouilles jusqu'aux radiers. Aucun substrat ne semble prisé plus qu'un autre.



L'état des lieux trouve en revanche des préférences plus marquées pour les radiers, rapides et cascade.

Cette espèce présente une plus grande électivité des profondeurs dans la rivière Monsieur, comprises entre 50 et 60 cm. Dans la rivière Galion, l'électivité des vitesses inférieures à 20 cm/s est plus forte que dans les autres rivières. *M. faustinum* aurait la capacité d'occuper les espaces laissés vacants par les autres espèces, car relativement contraignants, tels que les petites profondeurs et vitesses (MONTI communication personnelle).

4-*Macrobrachium heterochirus*

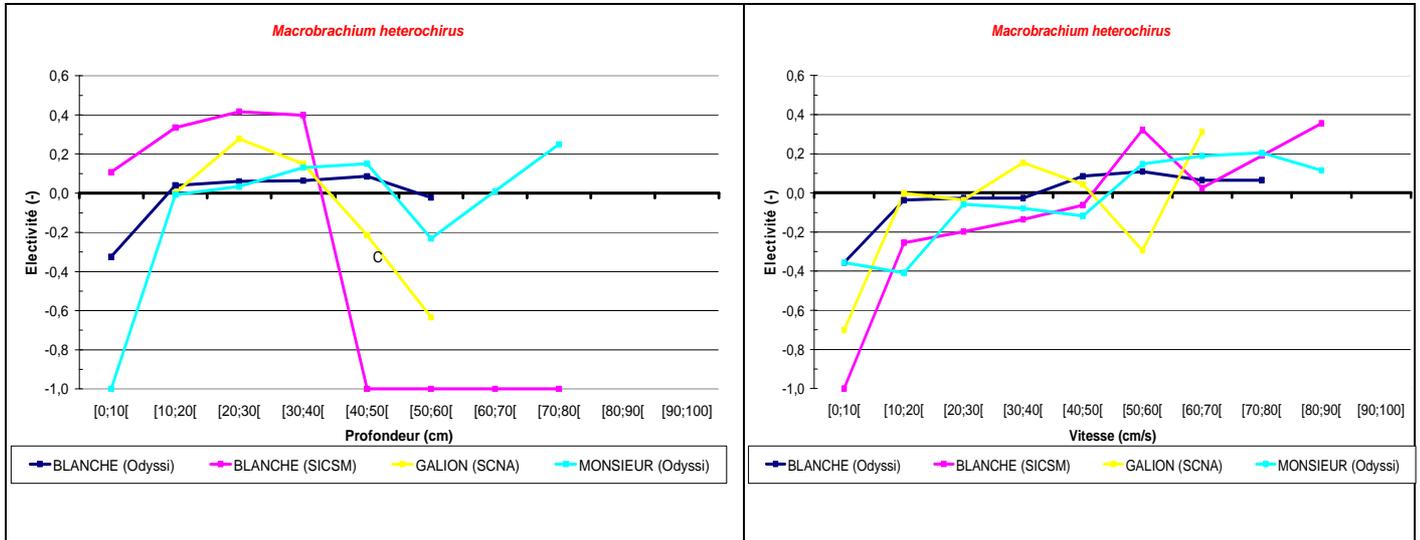


Figure 6.4 : Courbe de préférence de *M. heterochirus* à travers les sites de l'étude

Cette espèce semblerait avoir des choix de vie précis. Les profondeurs communes entre les rivières seraient comprises entre 10 et 40 cm. *M. heterochirus* montrerait une forte éviction des vitesses inférieures à 30 cm/s (cf **figure 7-4**) Les électivités pour cette variable concernent les vitesses supérieures à 60 cm/s. Les radiers, rapides et cascades, semblent correspondre à une électivité commune entre les rivières. De même, les mouilles et plats lenticues semblent fortement évitées. Enfin, seuls les gros rochers correspondraient au substrat commun entre chacun des sites.

Les préférences de profondeurs et de vitesses sont les plus fortes dans les rivières Blanche (SICSM) et Galion, tout comme l'éviction des vitesses inférieures à 10 cm.

6- Palaemonidae juvéniles

Quelque soit la variable étudiée, il semble qu'aucune électivité ne s'avère présente. Les courbes sont très découpées, et leur allure diffère d'un site à l'autre. L'explication serait peut-être sur le critère de reconnaissance d'un *Palaemonidae* juvéniles. Leur taille ne dépasserait pas 2 cm (FIEVET et al 1999) mais peut-être aurait-elle été surestimée pendant l'étude en raison d'une mauvaise évaluation de la taille ?

7- *Sicydium sp.*

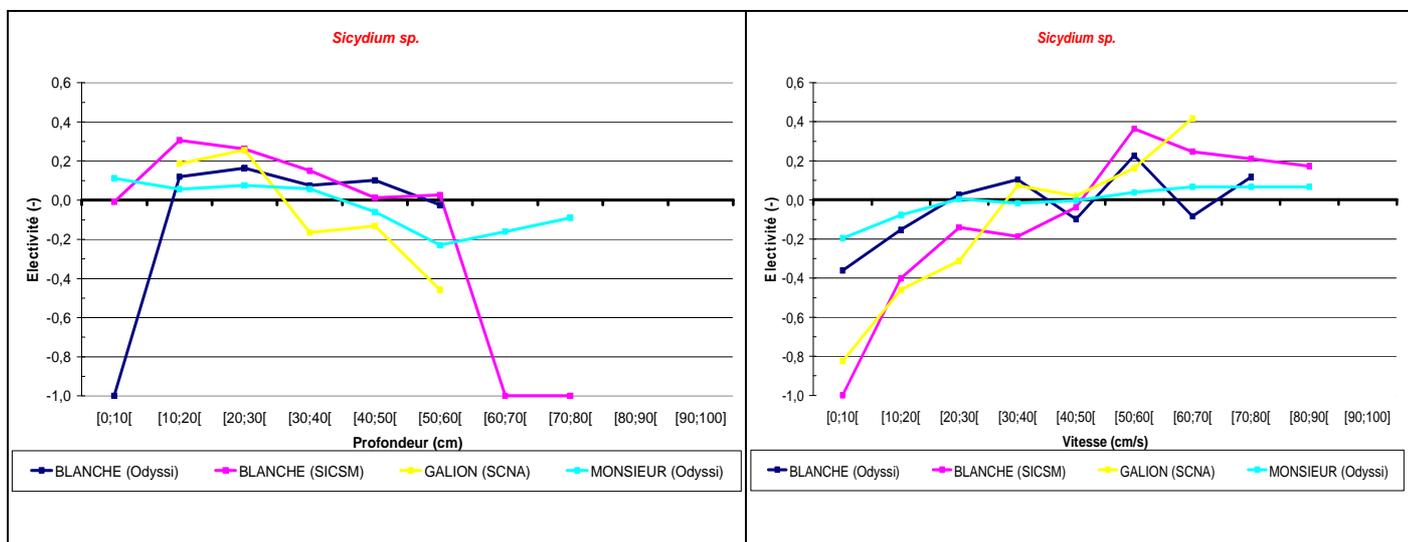


Figure 6.7 : [Courbe de préférence de *Sicydium sp.* à travers les sites de l'étude](#)

Sicydium sp. vivrait préférentiellement à des profondeurs comprises entre 10 et 30 cm et des vitesses supérieures à 50 cm/s. En effet, cette espèce est le plus souvent retrouvée dans les radiers. Enfin, elle occuperait à la fois les gros graviers, blocs et rochers.

Contrairement à la bibliographie exposant une préférence pour les faciès lenticles, les *Sicydium sp.* marquent des préférences nettes pour les grandes vitesses, correspondant aux faciès lotiques ; les radiers, rapides, et cascades. L'état des lieux énonce les mêmes remarques.

La rivière Blanche (SICSM) et Galion présenteraient des évictions plus fortes des profondeurs respectivement supérieures à 50 et 30 cm. De plus, les évictions des mouilles et plats lenticles, et préférences des radiers et rapides y sont plus fortes, tout comme les évictions des substrats fins pour une préférence des substrats grossiers.

Les blocs et rochers semblent être les substrats les plus recherchés par cette espèce. Cela pourrait venir du fait que *Sicydium sp.* soit un racleur de bio film, élément localisé sur les substrats grossiers. De plus, sa ventouse pelvienne lui permet de se fixer au substrat grossier.

8- *Poecilia sp.*

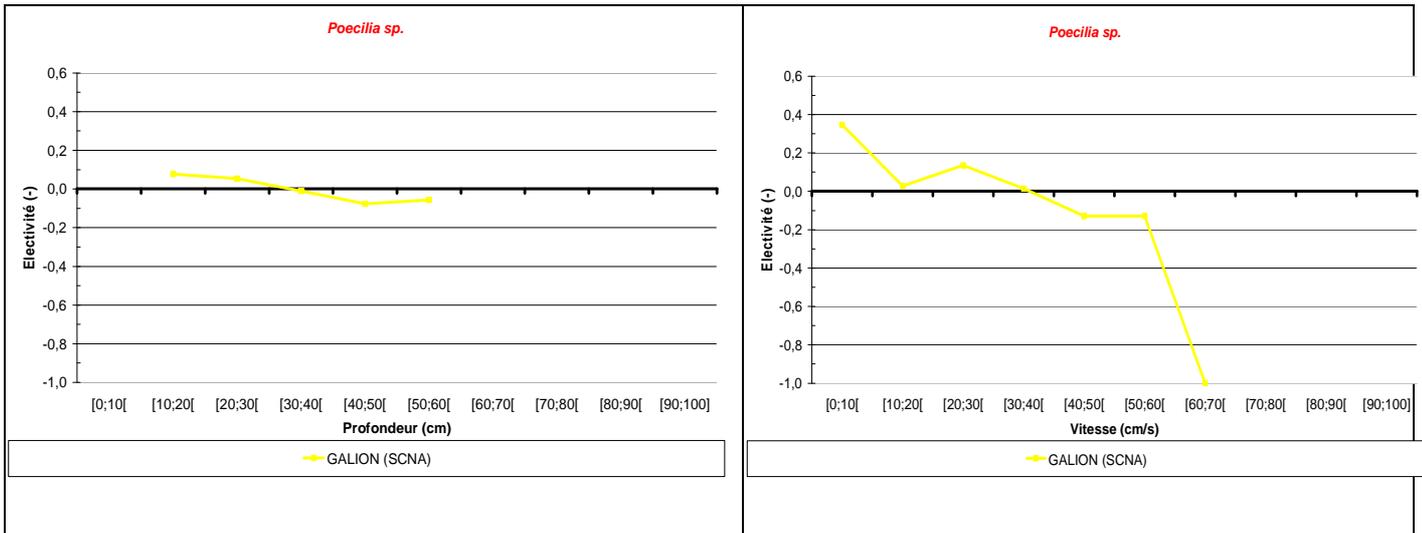


Figure 6.8 : Courbe de préférence de *Poecilia sp.* à travers les sites de l'étude

Seule la rivière Galion présentait un nombre suffisant de *Poecilia sp.* pour en faire une étude. Cette espèce semblerait apprécier les profondeurs inférieures à 40 cm. Les vitesses inférieures à 40cm/s paraissent les plus choisies. Le choix de mouille et plat lentique confirmerait cette caractéristique. Les substrats paraissant les mieux appréciés par *Poecilia sp.* seraient les graviers.

b) Comparaison avec la Guadeloupe et synthèse des préférences

Les préférences d'habitats de la faune aquatique ont été évaluées en Guadeloupe selon la même méthode que celle employée dans le cadre de cette étude. Il s'avère que les *Atya innocous* et *scabra* de Guadeloupe révéleraient des exigences similaires de profondeurs que celles de la Martinique, mais exigeraient cependant des vitesses plus faibles.

Micratya poeyi ne présenterait pas non plus de préférences marquées dans les rivières de Guadeloupe.

Les *Xiphocaris elongata* de Guadeloupe présenteraient les mêmes exigences qu'à la Martinique, avec cependant des préférences de plus petites profondeurs et vitesses.

Les courbes de préférences d'habitats des *M. faustinum* de la Guadeloupe révéleraient les mêmes tendances.

Les électivités les plus fortes ont été retrouvées dans toutes les rivières, dépendamment de l'espèce.

Les préférences d'habitats générales ci-dessus rendent possible l'identification des espèces sensibles à la réduction de la ressource. Les espèces nécessitant des plus grandes vitesses (entre 40 et 90 cm/s) seraient *M. heterochirus*, *Atya scabra*, *Atya innocous* et *Sicydium sp.* Il semblerait cependant que ces deux dernières présentent une plus large gamme de vitesses, leur permettant ainsi de vivre à des vitesses plus lentes.

Les plus grandes profondeurs (> à 50 cm/s) seraient exclusivement sollicitées par *Xiphocaris elongata*.

En revanche, *Micratya poeyi* et *M. faustinum* seraient très peu électives quelque soit la variable ; profondeur et vitesse. Leur grande densité, environ 200 *Micratya poeyi* pour 100 m² et 40 *M. faustinum* pour 100 m² en moyenne dans les rivières, cf annexe) confirmerait qu'il s'agit d'espèces peu exigeantes.

2) Les préférences caractéristiques des espèces dans un site ; Comparaison des préférences des espèces au sein d'un même site

Bien que les préférences d'habitats de chacune des espèces identifiées comme prioritaires pour le choix des DMB, soient globalement similaires d'un site à l'autre, il est cependant important de les distinguer. Cela aura pour but une orientation de DMB plus précise au sein des quatre sites de l'étude.

Afin de mettre en évidence la tendance des préférences pour chacun des lieux de l'étude, les courbes de l'ensemble des espèces pour un même site ont été superposées.

Les résultats seront exposés par rivière. Les graphiques de profondeur et de vitesse de l'espèce seront exposés à travers lesquelles un tableau récapitulatif sera présenté. Ce dernier mettra en évidence les informations suivantes :

Tout d'abord, les préférences communes de la majorité des espèces seront présentées. Cela aura pour but, d'évaluer les classes de profondeurs et de vitesses optimales pour la survie des espèces, que le futur DMB devrait idéalement être en mesure d'apporter.

Mais il s'agira ensuite de savoir si les classes de profondeur et de vitesse peuvent être naturellement présentes de façon simultanée. Pour cela, une représentation graphique de l'ensemble des couples profondeur-vitesse pour les quatre sites de l'étude a été effectuée en **annexe 8**. Ceci donnera une première approche, quant à la faisabilité des suggestions.

Enfin, les espèces exclues des classes de profondeur et vitesses proposées pour le maintien de la majorité des espèces seront présentées.

a) Etude rivière par rivière
 1- Rivière Blanche (Odysse)

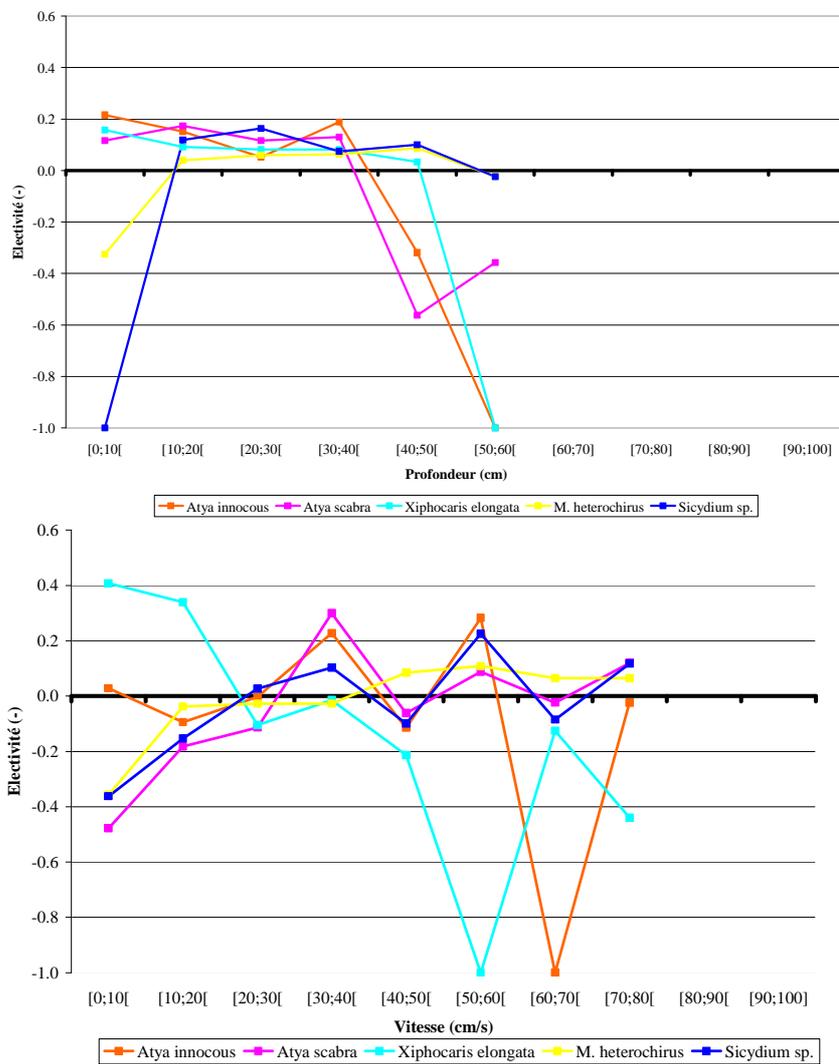


Figure 7.1 : Courbes de préférences d'habitats pour l'ensemble des espèces de la rivière Blanche (Odysse)

Tableau 9.1 : Synthèse des classes électives communes, sauf exception, et probabilités de leur obtention

Classes présentant les électivités communes entre espèces, envisagées pour la démarche DMB	Proportion de quadrat répondant aux profondeurs et vitesses de la démarche DMB	Exception
10 à 40 cm 30 à 60 cm/s	26%	<i>Xiphocaris elongata</i> 0 à 20 cm/s

2- Rivière Blanche (SICSM)

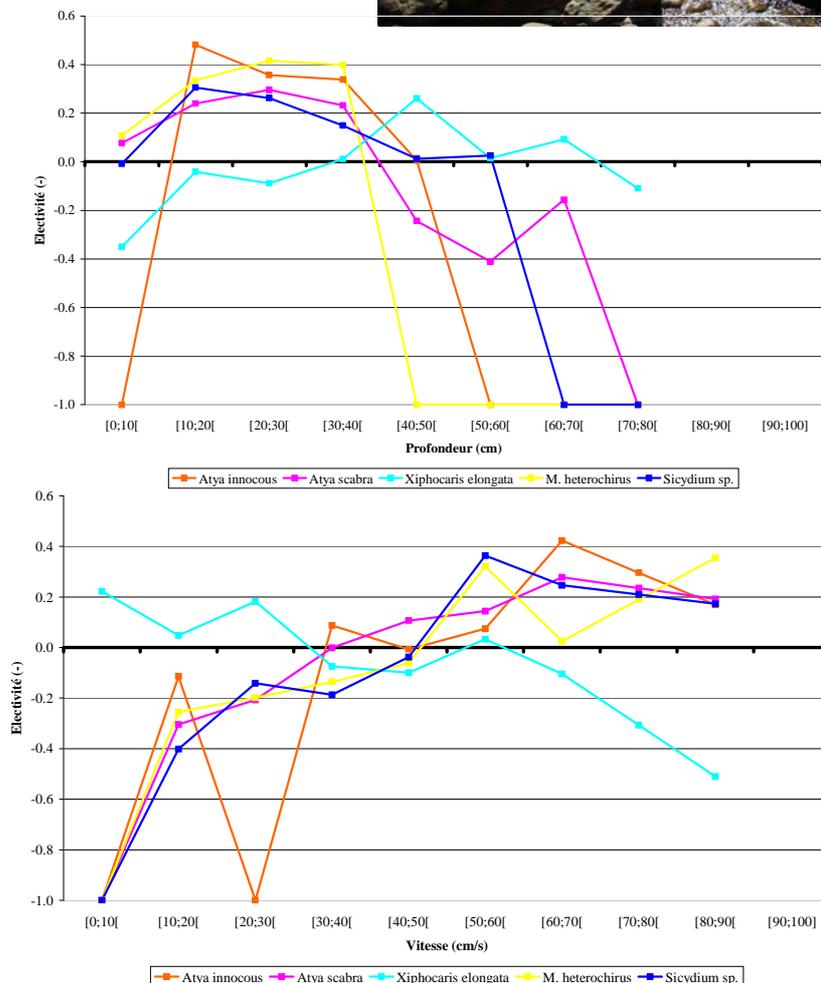


Figure 7.2 : Courbes de préférences d'habitats pour l'ensemble des espèces de la rivière Blanche (SICSM)

Tableau 9.2 : Synthèse des classes électives communes, sauf exception, et probabilités de leur obtention

Classes présentant les électivités communes entre espèces, envisagées pour la démarche DMB	Proportion de quadrat répondant aux profondeurs et vitesses de la démarche DMB	Exception
10 à 40 cm 50 à 90 cm/s	21%	<i>Xiphocaris elongata</i> 50 à 70 cm 0 à 20 cm/s

3- Rivière Galion (SCNA)

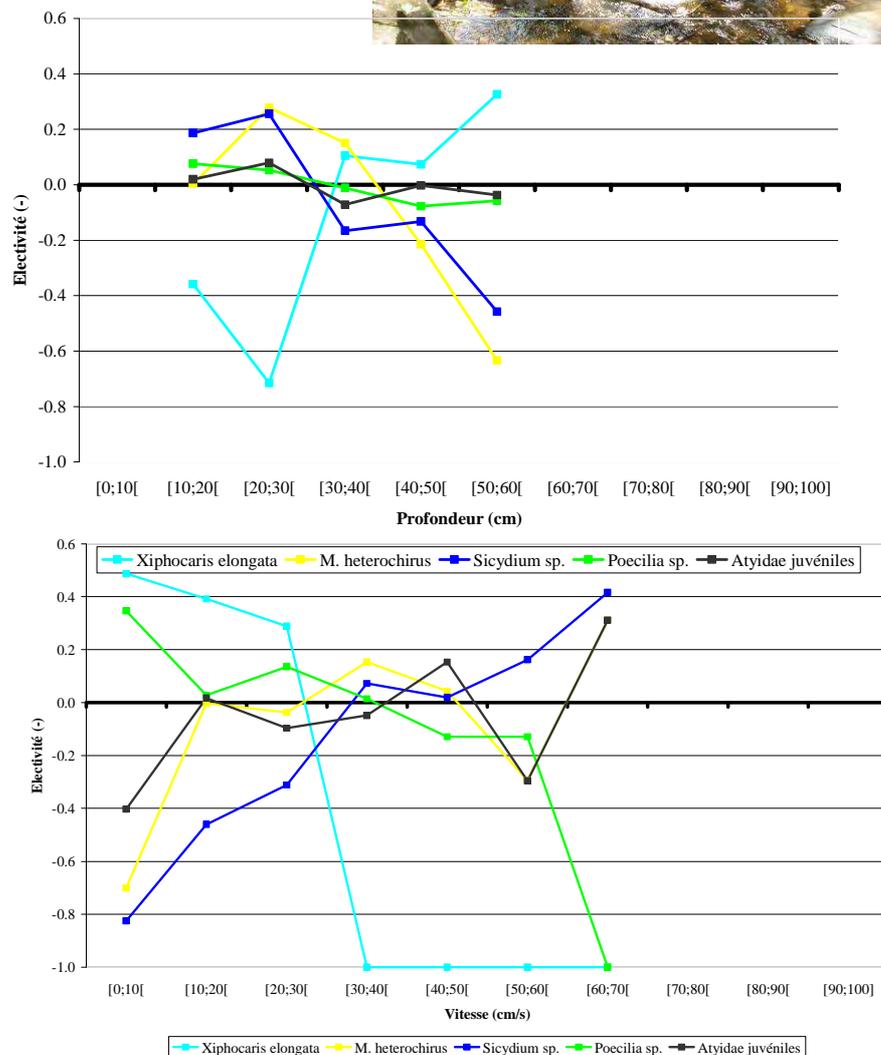


Figure 7.3 : Courbes de préférences d'habitats pour l'ensemble des espèces de la rivière Galion (SCNA)

Tableau 9.3 : Synthèse des classes électives communes, sauf exception, et probabilités de leur obtention

Classes présentant les électivités communes entre espèces, envisagées pour la démarche DMB	Proportion de quadrat répondant aux profondeurs et vitesses de la démarche DMB	Exception	
10 à 40 cm 30 à 50 cm/s	14%	Xiphocaris elongata 30 à 60 cm 0 à 30 cm/s	Poecilia sp. 0 à 30 cm/s

Atya innocous ne présenterait aucune faiblesse quant aux diminutions de profondeurs et de vitesses. Il est difficile d'évaluer la vulnérabilité d'*Atya scabra* étant donné sa rareté incontestable dans ce site.

L'absence d'électivité d'*Atya scabra*, caractérisée par une très large gamme d'habitats pourrait trouver son explication au niveau de la force hydrologique du cours d'eau.

Le niveau d'énergie des écoulements aurait en effet un réel impact sur l'organisation de l'écosystème. La rivière Galion Bras Gommier est un petit système d'eau douce, peu perturbé. Les systèmes à faible énergie présenteraient des forces d'organisation principalement biologiques ; présence d'espèces concurrentes, au lieu d'une organisation purement physique rencontrée dans les grands systèmes soumis à de fortes variations de leurs écoulements, telles que les rivières à larges lits (MONTI et GOUEZEC 2006).

L'organisation spatiale dans la rivière Galion serait un compromis entre une organisation physique ; profondeur et vitesse d'une part pour la majorité des espèces, et une organisation biologique d'autre part, pour *Atya innocous* et *Atya scabra*.

Ces deux espèces sont en effet des espèces voisines, certainement en concurrence spatiale et trophique. Cette caractéristique pourrait être une part de l'explication de la prolifération d'*Atya innocous* au profit d'*Atya scabra*.

4- Rivière Monsieur (Odyssey)



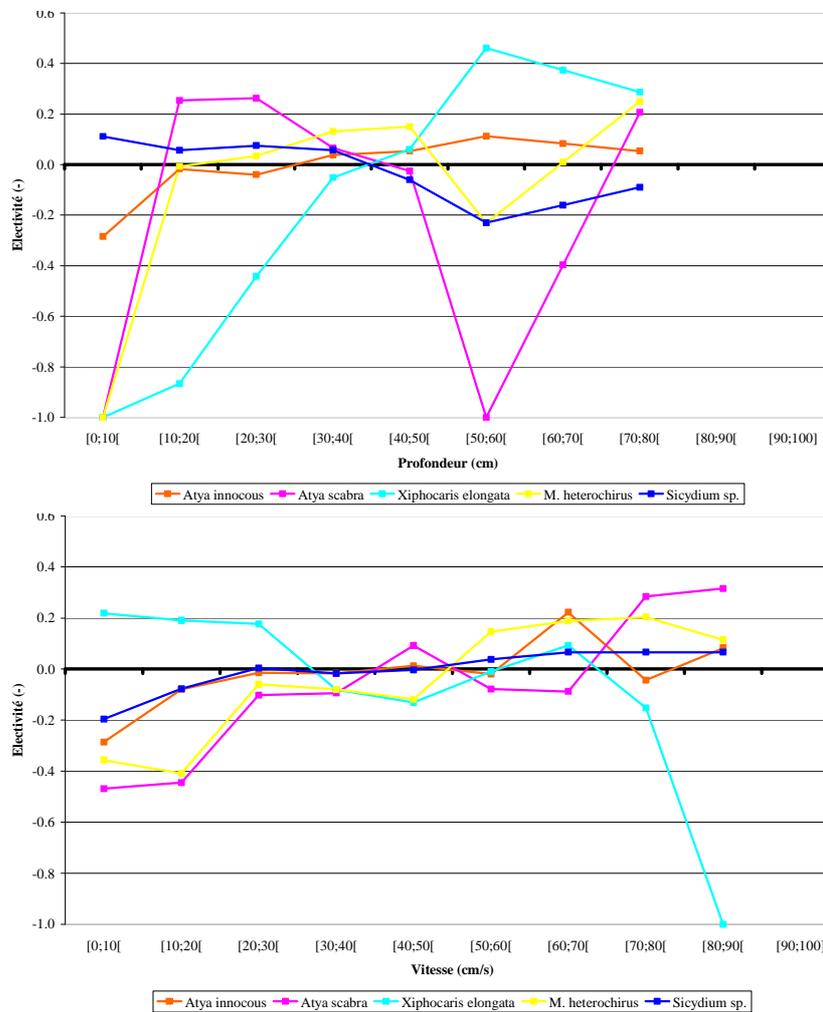


Figure 7.d : Curves de préférences d’habitats pour l’ensemble des espèces de la rivière Monsieur (Odyssi)

Tableau 9.d : Synthèse des classes électives communes, sauf exception, et probabilités de leur obtention

Classes présentant les électivités communes entre espèces, envisagées pour la démarche DMB	Proportion de quadrat répondant aux profondeurs et vitesses de la démarche DMB	Exception
10 à 40 cm 50 à 70 cm/s	17%	Xiphocaris elongata 40 à 80 cm 0 à 30 cm/s

b) Synthèse des préférences « intra rivière »

Il ressort de cette analyse que les préférences de profondeurs et de vitesses sont globalement communes entre les espèces. Les classes de profondeurs le plus souvent retrouvées sont comprises entre **10 et 40 cm**. Celles des vitesses sont comprises entre **30 et 90 cm/s**.

Les DMB répondant le plus au maintien de la biodiversité pourraient être déterminés en fonction de ces préférences communes. En revanche, l'obtention simultanée de ces profondeurs et vitesses, est comprise entre 14 et 26%, ce qui correspondant à moins d'un quart des situations rencontrées sur le terrain.

Néanmoins, *Xiphocaris elongata* est une exception relevée dans les quatre sites. Ses préférences d'habitats sont le contraire des autres espèces, en étant des profondeurs comprises entre 30 et 80 cm, et des vitesses comprises entre 0 et 20 cm/s..

3) Etude de l'impact des prises d'eau

La distinction entre l'aval et l'amont pourrait témoigner d'éventuels impacts générés par les prises d'eau, notamment sur la morphologie de la rivière en réduisant les gammes d'habitats, sur la composition taxonomique et sur la densité des espèces. Attention, les termes « aval » et « amont » ne représentent pas l'aval et l'amont de la rivière, mais **l'aval et l'amont direct de la prise d'eau étudiée**.

L'**annexe 9** montre que seule la rivière Monsieur serait impactée par la prise d'eau.

L'aval présenterait deux fois plus de faciès lenticules, 12% de plus de vitesses lentes, et 18% de plus de petites profondeurs. La densité des espèces en aval serait 4 à 22 fois plus petite qu'en amont. (**annexe 10**). En revanche, quelque soit la rivière, la richesse spécifique entre l'aval et l'amont des prises d'eau étudiées, ne diffère qu'en fonction des espèces rares, pêchées en faible effectif. Une étude de l'impact de la prise d'eau sur ces espèces ne serait alors pas statistiquement fiable.

L'étude de l'impact des prises d'eau aurait peut-être été plus fine si le débit lors des pêches n'avait pas été si important. En effet, l'**annexe 4** sur les débits montre une différence moyenne entre le débit aval et amont, de 20% du module.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'objectif de cette étude était de déterminer les courbes de préférences d'habitats de la faune aquatique de la Martinique, au niveau de quatre prises d'eau : Odyssi et SICSM de la rivière Blanche, SCNA de la rivière Galion, et Odyssi de la rivière Monsieur.

L'objectif final étant de favoriser le maintien de la biodiversité dans les rivières martiniquaises, en mettant en place les débits minima biologiques, c'est-à-dire, basés sur les besoins effectifs des espèces présentes, ceux-ci permettront d'atteindre l'objectif du bon état écologique des milieux fixés par la DCE.

Cette étude a par ailleurs permis d'évaluer l'impact des prises d'eau sur la faune aquatique.

Les habitats préférentiels des espèces trouvées lors de l'étude sont globalement similaires avec ce que l'état des lieux de l'environnement piscicole de la Martinique et l'étude de préférences d'habitats de la faune aquatique guadeloupéenne avaient discerné.

La méthode employée pour la détermination des courbes de préférences d'habitats s'avère être fiable si l'intégralité du protocole est respecté, à savoir, trois couples de profondeur-vitesse dans chaque quadrat, écart des quadrats les plus hétérogènes lors du traitement de donnée et trois quadrats minimum dans chacune des classes de profondeurs, vitesse, faciès et substrat pour le calcul d'un indice d'électivité lors de la construction de la courbe de préférence d'habitat.

Les forces d'organisation de l'écosystème seraient d'ordre physique ; profondeur et vitesse dans les grands cours d'eau, soumis à de fortes variations de leur écoulement. Les espèces diminueraient l'exclusion compétitive au profit d'un glissement de niche. Il a ainsi été trouvé que les espèces les plus exigeantes en grandes vitesses sont *M. heterochirus*, *Atya scabra*, *Atya innocous*, et *Sicydium sp.* Celles qui exigeraient le plus de profondeur sont *Xiphocaris elongata*. Les *M. faustinum* et *Micratya poeyi* ne devraient pas influencer le choix des DMB car constituent des espèces très peu électives.

En outre, les *Atya innocous* et *Atya scabra* seraient soumises à des forces d'organisation d'origine biologique dans la rivière Galion bras gommier, en raison d'une densité écrasante d'*Atya innocous* et d'une quasi absence d'*Atya scabra*.

Les espèces présentant des préférences d'habitats en commun dans chaque rivière sont *M. heterochirus*, *M. faustinum*, *Atya scabra*, *Atya innocous*, *Micratya poeyi* et *Sicydium sp.*

Une proposition serait ainsi d'évaluer les DMB en fonction de ces espèces. Les profondeurs et vitesses qu'elles choisissent globalement le plus souvent sont comprises entre 10 et 40 cm, et 30 et 90 cm/s. En revanche, *Xiphocaris elongata* semble avoir des préférences contraires aux autres espèces, en sollicitant les petites vitesses et grandes profondeurs, généralement inférieures à 20 cm/s et supérieures à 40 cm. Afin d'éviter une trop grande contrainte de débit pour les maîtres d'ouvrage pour générer une grande profondeur, une idée d'aménagement devrait être imaginée, nécessitant cependant beaucoup de réflexion.

La première étape de l'étude dans la détermination des DMB est achevée. Sur le terrain, il reste à effectuer la cartographie des profondeurs et vitesses du tronçon en aval de la prise d'eau à 10%, 20% et 30% du module. Le pourcentage du module se rapprochait en moyenne à 30% du module, confirmant le carême humide de cette année 2008. Il s'agira ensuite d'effectuer le couplage des données pour établir les cartes d'habitats potentiels, et enfin le choix du DMB.

Enfin, les résultats ne montrent pas d'impact des prises d'eau sur la richesse spécifique. Concernant la densité des individus, des résultats contradictoires ont été obtenus, avec des densités parfois supérieures en aval de la prise d'eau, sur certaines stations et pour certaines espèces. Un impact a toutefois pu être établi assez clairement concernant la prise d'eau de la rivière Monsieur, avec des densités de 4 à 20 fois inférieures à l'aval.

Néanmoins, il pourrait être possible que le carême pluvieux, ait contribué à l'atténuation de l'impact.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANGERMEIER, P.L. et J.R. KARR 1982. Fish communities along environmental gradients in a stream of tropical streams, *Environmental Biology of Fishes*, Volume 9, Number 2, 117-135

ASCONIT, 2007-2008. Etat des lieux de l'environnement piscicole de la Martinique, « Caractérisation du réseau hydrographique, 140 p » et « Diagnostic et potentialités piscicoles, 111 p ».

BENSTEAD, J.P., J.G. MARCH et C.M. PRINGLE Estuarine larval development and upstream post-larval migration of freshwater shrimp in two tropical rivers of Puerto-Rico. *Biotropica* 32(3) : 545-548.

CARVACHO, A. et C. CARVACHO 1976. Une clé illustrée pour la détermination des crevettes d'eau douce de la Guadeloupe. *Nouv. Agron. Antilles-Guyane* 2 : 211-219.

Cifre Diffusion d'un projet de thèse pour information et avis. Projet de Thèse en convention Cifre 2008-2010 « Modèles d'habitat statistiques pour la gestion des débits des cours d'eau en milieux insulaires tropicaux »

CONCEPCION, G.B. et S.G. NELSON 1999. Effect of a dam and reservoir on the distribution and densities of macrofauna in tropical streams of Guam (Mariana island). *Journal of Freshwater Ecology* 14(4): 447-454.

COVICH et al 1996 Distribution and abundance of tropical shrimp along a stream corridor : response to disturbance. *Biotropica* 28 (4a): 484-492

COVICH, A.P. et W.H. MC DOWELL 1996. The stream community. In *The food web of a tropical rain forest*. Edited by D.P. Reagan & R.P. Waide. University of Chicago Press, Chicago, Illinois pp. 433-459.

DEBROT, A.O. 2003. The freshwater shrimp of Curacao, West Indies (decapoda, caridea), *Crustaceana*, volume 76, Number 1, p 65-76(12)

DIREN 1999. Application et conséquences de la réglementation relative aux débits réservés à la Réunion, 66p

FIEVET, E. et al 1998. Etude de la migration amont des crevettes d'eau douce au niveau des obstacles artificiels, implications pour les dispositifs de franchissement.

FIEVET, E. 1999b. An experimental survey of freshwater shrimp migration in an impounded stream of Guadeloupe Island, Lesser Antilles. *Archiv für Hydrobiologie* 144: 339-355.

FIEVET, E. 2000. Passage facilities for diadromous freshwater shrimps (Crustacea, Caridea) in Bananier river, Guadeloupe island, West Indies. *Regulated Rivers* 44 : 149-166.

FIEVET, E. et R. EPPE 2002. Genetic differentiation among populations of the amphidromous shrimp *Atya innocous* (Herbst) and obstacles to their upstream migration. *Archiv für Hydrobiologie* 153(2): 287-300.

FRYER, G. Studies on the functional morphology and ecology of the atyid prawns of Dominica

LIM P., MEUNIER FJ., KEITH P., Noël PY., 2002, Atlas des poissons et des crustacés d'eau douce de la Martinique, Collection Patrimoines naturels 51, ISSN: 1281-6213, Paris, In French

MALAVOI, J.R. et Y. SOUCHON 2002. Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques. Bull. Fr. Pêche Piscic. (2002) 365/366 : 357-372

MEUNIER et al 2002. Atlas des poissons et crustacés d'eau douce de la Martinique (page !!!)
MC DOWELL, W.H. et al 2005. Indirect upstream effects of dams: consequence of migratory consumer extirpation in Puerto Rico

Ministère de l'écologie et du développement durable et DIREN. Brochure sur la Directive cadre européenne sur l'eau.

MONTI D., 2004. Eléments d'écologie fonctionnelle destinés au diagnostic et à la gestion de milieux naturels. Etude de flux biologiques à l'échelle d'une rivière. Phase 1. Application à une rivière de Guadeloupe : rivière Bras David. Parc national de la Guadeloupe. BIOS. 47pp.

MONTI, D. 2006. Dans un contexte de pénurie de la ressource : Les débits minima biologiques. Ménager une ressource suffisante pour que soient réalisées les fonctions vitales des organismes aquatiques

MONTI, D. 2006. Proposition d'un DMB, rivière du galion, Basse terre, Guadeloupe

MONTI, D. et E. GOUEZEC 2006. Evaluation de préférence d'habitats d'espèces de poissons et crustacés d'eau douce en Guadeloupe, version 2 UAG

SDAGE de la Martinique

SERVICE DE POLICE DE L'EAU 2007, Prélèvement en rivière, Guide technique d'élaboration des dossiers, 32p.

TOITOT, N. 2003. Contribution à la conception d'un ouvrage de génie écologique adapté au franchissement des aménagements dans les rivières de Guadeloupe : la passe à poisson/ouassous, rapport de stage, 78p.

Power point : ODE 2006

Power point : RIOB 2007. La Martinique, une île, un bassin

Sites internet :

Site de l'Office de l'eau Martinique : <http://www.eaumartinique.eu/index2.php>

Site de la DIREN Martinique : <http://www.martinique.ecologie.gouv.fr/>