

## Livrable tronçon MINISTROT (Février – Août 2021)

Réalisation d'un état des lieux faunistique et floristique des chantiers pilotes sur la rivière Lézarde dans le cadre du projet PROTEGER - phase 2

### REDACTRICE :

**Eléa MOGLIACCI**

Etudiante de l'Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg et Master spécialisé « Eau et Agriculture » à AgroParisTech, Montpellier Sup Agro et l'Université de Montpellier.

Promotion Liège (2018-2021)

### ENTREPRISE :

**Parc National de la Guadeloupe (PNG)**

MONTERAN

97120 SAINT CLAUDE

## TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX .....	3
LISTE DES FIGURES .....	3
PROJET PROTEGER .....	5
INTRODUCTION.....	5
Présentation du site d'étude .....	8
MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	10
Détermination des cortèges floristiques de la ripisylve .....	10
Détermination des variables environnementales.....	11
Protocole pêche électrique.....	13
Biométrie des espèces pêchées :.....	17
Détermination des données statistiques.....	18
RÉSULTATS .....	20
Les cortèges floristiques .....	20
Les ambiances .....	21
Les espèces de la macrofaune .....	23
Traitement statistique .....	24
Diversité spécifique.....	30
Analyse de corrélation .....	34
Analyse en composantes principales (ACP) .....	36
Analyse de redondance (RDA) .....	41
DISCUSSION.....	45
Composition de la station d'étude et de la macrofaune aquatique.....	45
Répartition des espèces entre elles.....	46
Les cortèges floristiques en fonction des communautés aquatiques associées : .....	47
Répartition des communautés aquatiques au sein des cortèges floristiques associées à leurs variables environnementales .....	48
CONCLUSION.....	50
BIBLIOGRAPHIE .....	51
ANNEXE 1 .....	55
ANNEXE 2 .....	56
ANNEXE 3 .....	57
ANNEXE 4 .....	58

ANNEXE 5 .....	66
ANNEXE 6 .....	72

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classes de recouvrement selon De Foucault	10
Tableau 2 : Classification de substrat de Wentworth	12
Tableau 3 : Réglage de l'appareil de pêche	16
Tableau 4 : Biométrie des espèces pêchées	18
Tableau 5 : Espèces floristiques présentes sur le tronçon d'étude	21
Tableau 6 : Ambiances et espèces dominantes associées	21
Tableau 7 : Composition de la classe des Malacostracés sur le tronçon d'étude	23
Tableau 8 : Composition de la classe des Actinoptérygiens sur le tronçon d'étude	23
Tableau 9 : Détails des variables significatives et non significatives	43

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte QGIS des pressions environnementales sur le bassin versant de la Lézarde, source :QGIS8	
Figure 2 : Lieu d'étude sur la rivière Lézarde .....	9
Figure 3 : Mesure avec le courantomètre, Crédit : Marie Robert .....	13
Figure 4 : Représentation graphique des zones de pêche sur le tronçon d'étude .....	14
Figure 5 : Réalisation d'une pêche électrique sur la rivière Lézarde, Crédit: Thibault Daubas .....	17
Figure 6 : Schéma des ambiances du tronçon d'étude .....	22
Figure 7 : Représentation graphique en boîte à moustaches de la richesse spécifique .....	24
Figure 8 : Représentation graphique de la richesse spécifique .....	25
Figure 9 : Représentation graphique de l'abondance.....	26
Figure 10 : Représentation graphique du pourcentage d'occurrence .....	27
Figure 11 : Représentation graphique de la proportion numérique .....	28
Figure 12 : Représentation graphique de la répartition des différentes classes de macrofaune .....	29
Figure 13 : Représentation graphique de la répartition des familles au sein de la classe des Malacostracés .....	29
Figure 14 : Représentation graphique de la répartition des familles au sein de la classe des Actinoptérygiens .....	29
Figure 15 : Représentation graphique des indices de Shannon et Simpson.....	32
Figure 16 : Représentation graphique des indices de diversité .....	33

Figure 17 : Analyse de corrélation espèce-ambiance .....	34
Figure 18 : Pourcentage d'inertie des différents axes .....	37
Figure 19 : Représentation graphique de l'axe_12 de l'ACP .....	38
Figure 20 : Représentation graphique de l'analyse de redondance .....	43
Figure 22 : Incertitudes des appareils utilisés .....	55
Figure 23 : Exemple de tableau de données par ambiance par pêche .....	56
Figure 24 : Source R .....	57
Figure 25 : Analyse en composantes principales - Axes 1 et 2 .....	72
Figure 26 : Analyse en composantes principales - Axes 2 et 3 .....	73
Figure 27 : Analyses en composantes principales - Axes 1 et 3.....	73

# PROJET PROTEGER

Cf. Rapport de stage

## INTRODUCTION

La ripisylve, du latin *ripa* « rive » et *sylva* « forêt » représente l'ensemble des formations boisées situées le long des rives d'un cours d'eau. Elles constituent des écosystèmes spécifiques à l'interface des milieux terrestres et aquatiques. On peut ainsi la qualifier d'écotone, car elle représente une zone d'échange entre deux écosystèmes : l'écosystème forestier et l'écosystème aquatique.

Les ripisylves sont des milieux bien spécifiques et présentent de nombreux intérêts pour l'écologie des cours d'eau :

Premièrement, elles ont un rôle biologique et écologique (Collette et al. (2018)), car elles recensent des cortèges floristiques et faunistiques qui leur sont propres. De plus, les végétaux présents aux abords du cours d'eau sont une source de nourriture pour la faune terrestre et aquatique comme par exemple les branches, les feuilles ou encore les fruits. Les racines des ripisylves sont des niches écologiques pour la faune aquatique. Finalement, les ripisylves sont des corridors écologiques essentiels à plusieurs espèces, car elles sont un lieu propice au développement et à la pérennité de la chaîne alimentaire locale tout en constituant des habitats adéquats pour la reproduction notamment.

De plus, les ripisylves ont un rôle hydraulique non négligeable : la présence d'herbacée, d'arbustes et d'arbres permettent de créer une berge stable à haute valeur écologique et permettent de limiter l'érosion des berges. La présence de végétation sur les berges permet la retenue des sols et l'absorption des forces hydromécaniques et par conséquent diminue la vitesse du courant lors de périodes de fortes eaux ou de crues. Les ripisylves ont donc un effet tampon sur les crues.

Enfin, les ripisylves suivant leur structure et leur composition permettent à l'écosystème de rester en équilibre par élimination des substances qui y sont introduites . (Collette et al. (2018)). C'est l'autoépuration du cours d'eau en partie assurée par les espèces vivant dans le milieu aquatique (bactéries, champignons, algues macroscopiques,

bryophytes, macrophytes, invertébrés, crustacés, reptiles, amphibiens, poissons ...) mais aussi par la ripisylve. De la même manière que les stations d'épurations biologiques de type filtres plantés de roseaux, la végétation peut stocker les métaux lourds et absorbe certains intrants comme les phosphates, les nitrates, les pesticides par l'action de bactéries racinaires des plantes qui dégradent les éléments selon les conditions anoxiques du milieu. C'est l'objectif du projet ATTENTIVE DOM<sup>1</sup> qui propose une solution d'assainissement de type extensive.

Par conséquent, en raison de ses fonctions, les forêts riveraines constituent des habitats c'est-à-dire une partie d'un environnement définie par un ensemble de facteurs physiques dans laquelle vit un individu, une population, une espèce ou un groupe d'espèces.

Plusieurs études soulignent l'importance de la connexion entre le cours d'eau et les plaines alluviales : que ce soit pour la migration des poissons à des fins reproductives et nutritionnelles (Décamps, H., & Naiman, R., 1989) ou bien l'importance d'habitats latéraux pour les juvéniles (Copp et al, 1991). Cependant, ces dernières années, beaucoup de cours d'eau ont subi des artificialisations diverses : canalisation des cours d'eau, génie civil et ouvrage de protection de berges pour lutter contre l'érosion et par conséquent les inondations. Ces artificialisations ont amené à une perte de la biodiversité via l'élimination de certains corridors écologiques et une distanciation entre ceux restants. S'en suit donc une diminution des refuges ou encore de nourriture disponible pour les organismes. Finalement la segmentation des paysages et l'isolement des corridors entraînent une altération de l'état de l'écosystème et une érosion de la biodiversité (Tockner et Stanford, 2002).

De plus, l'état de l'art montre qu'il existe quelques études sur la répartition de la faune aquatique en fonction des faciès de rivière par exemple Girard et al. (2014)) en Guadeloupe et ailleurs (N'zi et al. (2008)). Peu d'études portent sur l'influence de la ripisylve mise à part (Menella(2003)) qui met en avant l'apport constant de matière organique. Par conséquent, il est légitime de comprendre les affinités entre la macrofaune aquatique et la ripisylve dans le but de mieux les protéger par la suite.

---

<sup>1</sup> Assainissement des eaux usées adapté au contexte Tropical par Traitement Extensifs utilisant des Végétaux

Enfin, cela amène à la problématique suivante :

## **Quelle est l'influence des différents cortèges floristiques de la ripisylve sur la composition des communautés aquatiques ? Quel est l'état de la qualité de l'eau sur la station MINISTROT?**

L'étude porte sur la détermination de l'influence des différents cortèges floristiques de la ripisylve sur la composition des communautés aquatiques. L'inventaire faunistique et floristique sur ce site (futur chantier pilote) sur la rivière Lézarde dans le cadre du projet PROTÉGER sera considéré comme référence. À terme, le but sera d'évaluer le bénéfice procuré par l'amélioration de la végétation ripicole et la faune associée grâce au génie végétal.

Cette synthèse présente la station d'étude MINISTROT, la segmentation de la ripisylve en ambiances, le protocole faune aquatique, le protocole flore et enfin les différentes analyses statistiques effectuées. À terme on discutera du lien direct entre la macrofaune aquatique et des différents types de cortèges floristiques, puis on observera les prévalences entre les espèces de la macrofaune et les variables environnementales associées à ces cortèges floristiques.

## Présentation du site d'étude

Le site d'étude se situe en aval de la rivière la Lézarde dans la commune de Petit-Bourg (97170). Cette rivière est un des plus long cours d'eau de l'archipel, longue de 26 km. Elle prend sa source le long du sentier Merwart, à 832 mètres d'altitude et se jette dans la baie du Petit Cul-de Sac Marin dans l'océan Atlantique (Géoportail, 2021). Son nom s'explique par le fait qu'elle dessine de très nombreux méandres sur toute sa longueur.

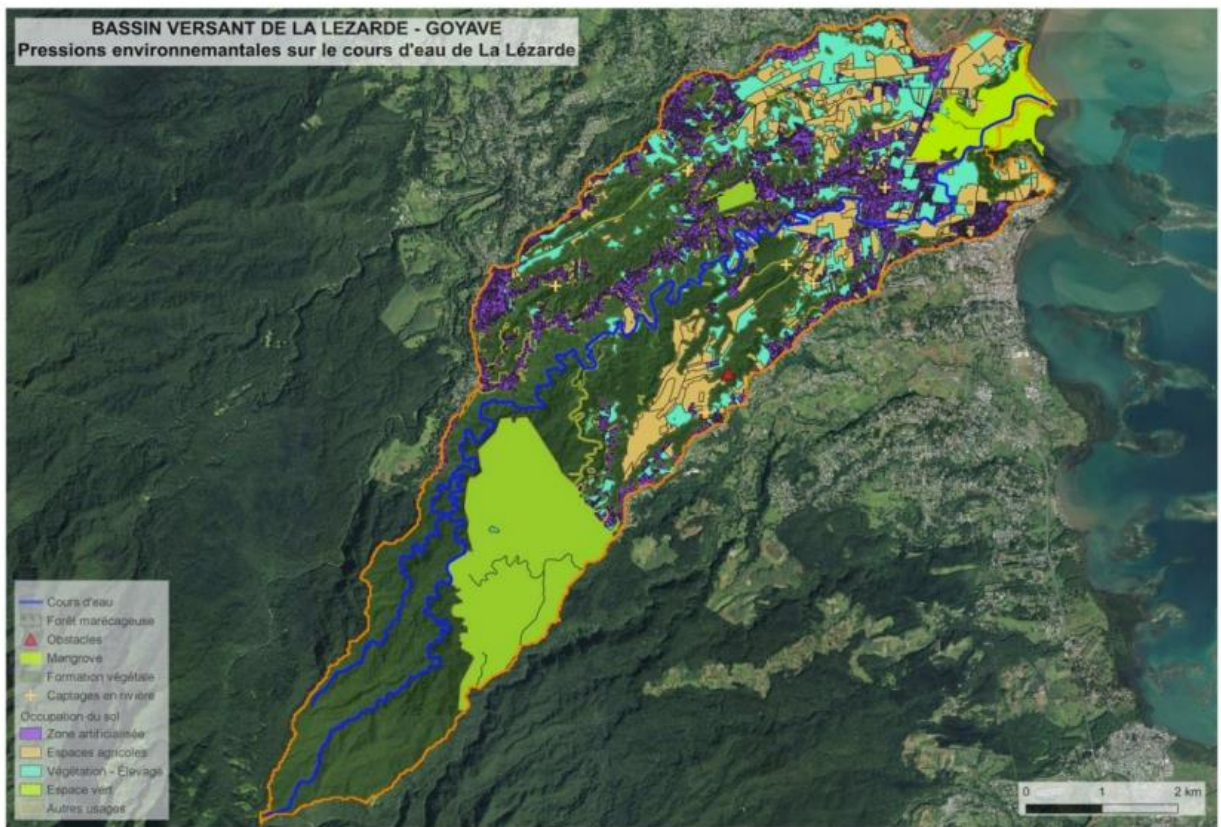


Figure 1 : Carte QGIS des pressions environnementales sur le bassin versant de la Lézarde, source : QGIS

La rivière sur le tronçon étudié a une pente de 1% pour une distance de 100m. La superficie de ce dernier, quant à elle, est approximativement de 700 m<sup>2</sup> et plus précisément 200m<sup>2</sup> en zone de pêche sur le même tronçon.



De la source à l'embouchure, la pente du cours d'eau est de 22,20 %. Plus en amont se trouve le saut de Lézarde, une cascade haute de 10m et en aval de ce saut se trouve un seuil<sup>2</sup>. L'outil GEOBS de l'OFB m'a permis de trouver des informations sur ce dernier, c'est un seuil en béton armé d'une hauteur de 4m avec présence d'un déversoir. Ce dernier est obsolète et n'a pas de passe pour la macrofaune.

La station d'étude présentée dans ce rapport se situe à 5.5 km de l'embouchure.. L'altitude de la station est de 5m et se situe aux coordonnées suivantes (16° 7' 38" N et 61° 40' 58" O). Cette station d'étude mesure une centaine de mètres. Comme il est possible de le voir sur l'image suivante, la rive droite est associée à une zone agricole et la rive gauche correspond à une zone d'habitations.



*Figure 2 : Lieu d'étude sur la rivière Lézarde*

---

<sup>2</sup> Seuil Référentiel des Obstacles à l'Écoulement (ROE) 111293

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

### Détermination des cortèges floristiques de la ripisylve

Il semble important de rappeler ici quelques définitions :

- Ambiance : Combinaison de conditions hydrologiques de rivière (vitesse de surface, conductivité, etc..) composée d'une variation végétale ou d'un cortège floristique.
- Ripisylve : Ensemble des formations végétales présentes sur les rives d'un cours d'eau.
- Cortège floristique : Ensemble des espèces végétales ayant des caractéristiques écologiques ou biologiques communes.
- Tronçon : zone de rivière choisie par la région Guadeloupe pour effectuer les chantiers pilotes. Ici le tronçon se nomme BIDOT et fait 100m de distance.

Dans un premier temps, il a fallu sectionner le tronçon à étudier suivant la composition floristique de la ripisylve et la typologie du cours d'eau en parcourant le cours d'eau de l'aval vers l'amont et du bas de berge au haut de berge. La ripisylve sur l'ensemble du tronçon est de type 2 ou 3 (PROTEGER) et est composée de 3 strates : Herbacée (<1m) / Arbustive (1-5m) / Arborée (>5m).

Un des choix a été de relever uniquement les espèces dominantes par recouvrement selon l'échelle De Foucault (1980). Celle-ci est divisée en 5 classes de recouvrement comme présentée ci-dessous :

Classe 1	1-5%
Classe 2	5-25%
Classe 3	25-50%
Classe 4	50-75%
Classe 5	>75%

*Tableau 1 : Classes de recouvrement selon De Foucault*

Seulement les classes 2 à 5 ont été exhaustivement inventoriées. En revanche, si une espèce présentait un intérêt particulier et était de classe 1 alors elle était notée ou bien si plusieurs espèces étaient présentes mais aucune n'est réellement dominante. Ainsi chaque cortège floristique est caractérisé par l'identification des espèces qui la contiennent, le recouvrement et la localisation sur la station d'étude. L'identification des espèces floristiques s'est faite à dire d'expert et lorsqu'un doute persistait, un échantillon a été relevé puis déterminé grâce à la clé de détermination de Fournet (Fournet, 2002). On utilisera par la suite les espèces majoritaires des cortèges floristiques qui constitueront nos ambiances.

Les différentes sections prennent aussi en compte la typologie du cours d'eau c'est-à-dire si le faciès est de type rapide ou plat lentique. (Robert et al., 2015)

Suite à cette segmentation du tronçon d'étude, des relevés de plusieurs variables environnementales ont été mesurés pour chaque cortège floristique.

### **Détermination des variables environnementales**

Chaque ambiance est caractérisée par plusieurs variables environnementales comme la température, la profondeur, la vitesse du courant, la conductimétrie, le pourcentage d'oxygène dissous, l'ensoleillement, la présence de racines, la granulométrie, le pH et la concentration en nitrates.

Plus précisément :

- L'oxygène dissous est relevé grâce à un oxymètre de terrain HANNA® HI9146. Celui-ci permet aussi de relever la température.
- La granulométrie a été évaluée en pourcentage au visuel à dire d'expert selon la clé de détermination de Malavoi en fonction du diamètre. Cette détermination s'est basée suivant la classification de substrat modifié de Wentworth (Malavoi et Souchon, 2002) :

Limon	0,0039 à 0,0625 mm
Sable	0,0625 à 2 mm
Gravier	2 à 16 mm
Cailloux	16 à 64 mm
Pierre	64 à 256 mm
Bloc	256 à 1024 mm
Roche mère	>1024 mm

*Tableau 2 : Classification de substrat de Wentworth*

- La vitesse est déterminée avec un courantomètre à induction magnétique OTT MF pro ®. Les vitesses sont relevées à environ 1 mètre des berges de chaque cortège floristique à 1/4, à la moitié et enfin à 3/4 de la profondeur à l'endroit le plus représentatif du cortège floristique. Une moyenne est ensuite effectuée.  
Le courantomètre est aussi utilisé pour relever les profondeurs avec comme précédemment 3 mesures sur la largeur afin d'avoir assez d'informations sur la typologie du cours d'eau.
- L'ensoleillement de la berge est relevé en présence/partiel/absence respectivement 1, 0.5 et 0
- La présence de racines et de plantes dans l'eau au niveau du bas de la rive selon le recouvrement en présence/absence respectivement 100% et 0%
- La hauteur du bas de rive au sommet de la canopée de la ripisylve est estimée directement sur le terrain approximativement
- Le pH, les ions NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et la conductimétrie ont été relevés avec des testeurs de poche mono-paramètre Laqua-Twin ®

Enfin le débit du cours d'eau sur l'ensemble de la station d'étude est déterminé avec un débitmètre SalinoMADD® par la méthode de dilution du traceur. Le principe est de placer un capteur à l'aval de la station d'étude dans une zone où il y a un minimum de courant, de régler l'appareil avec les informations demandées (quantité de sel utilisé, météo, longueur du cours d'eau ...). Puis une fois l'appareil calibré, un opérateur se place à l'amont de la zone d'étude et déverse la quantité de NaCl précisé (1kg notamment) avec de l'eau de rivière.

Finally once the salt solution has passed, the flowmeter displays the flow rate of the water in question.

The uncertainties of all the devices used are available in [ANNEXE 1](#).



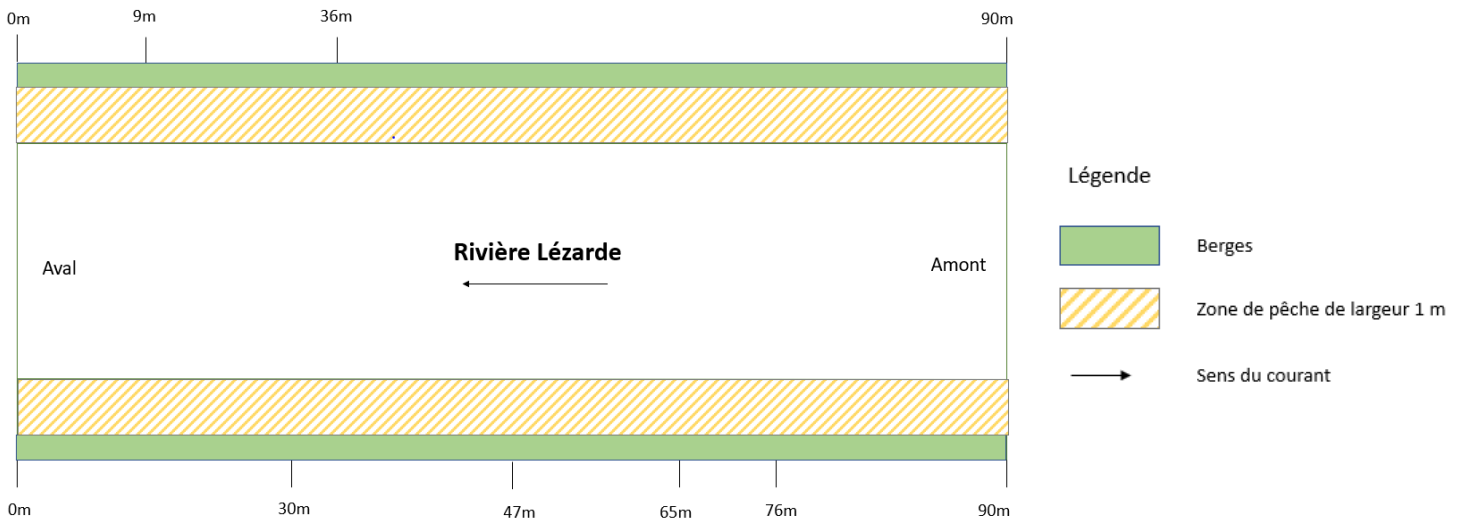
*Figure 3 : Mesure avec le courantomètre, Crédit : Marie Robert*

### **Protocole pêche électrique**

#### ➤ Généralités protocole

The choice of the electric fishing method was selected in the objective of knowing the link between the aquatic macrofauna and the different floristic cortices associated with environmental variables called ambiances. Thus, naturally, the electric fishing protocol used is the protocol by ambiance. Six catches will be made in order to have a quantity of replicates sufficient for the statistical analysis that will follow. It is important to specify here that 4 catches were made in 2020 due to the health crisis and the 2 other catches were made in 2021.

Le protocole choisi pour ce projet est donc le suivant : une pêche en sens inverse du courant avec un passage sur une rive puis l'autre. La pêche commence au début de chaque ambiance et se termine à environ 1,50 mètre avant la fin de celle-ci (correspondant au champ d'action de l'anode). Les pêches sont réalisées sur une largeur d'un mètre des berges (zone hachurée en rouge) afin de répondre à notre problématique comme le montre le schéma suivant :



*Figure 4 : Représentation graphique des zones de pêche sur le tronçon d'étude*

Les pêches seront aussi réalisées à une semaine d'intervalle minimum afin d'éviter tout biais sur la macrofaune.

De plus, les espèces observées mais non capturées sont également ajoutées à la liste des données. Étant donné que le même standard de pêche doit être appliqué à toutes les ambiances et à tous les réplicats, il a été convenu de faire pêcher les mêmes binômes sur la même rive pour que le protocole se déroule avec le moins de différence possible. Cela concerne notamment l'effort de pêche qui dépend essentiellement de l'opérateur principal, de la durée de pêche et du nombre d'épuisettes non électrifiées en l'occurrence une seule ici.

Il semble important de rappeler les consignes de ce genre de protocole,<sup>3</sup> car la pêche à l'électricité et le travail dans le lit du cours d'eau présentent des risques majeurs :

- Les personnes porteuses du matériel de pêche électrique doivent avoir reçu une formation spécifique et chaque équipe doit comporter au minimum deux personnes formées pour procurer les premiers soins en cas d'incidents électriques.
- Compte tenu des dangers induits par l'utilisation de courants continus de basse tension, toutes les personnes présentes sur le chantier doivent porter des équipements isolants c'est-à-dire des pantalons étanches (« waders »), des cuissardes ou des bottes. De plus, les opérateurs dans l'eau qui manipulent l'appareil électrique ou participent à la capture des poissons doivent être munis de gants de protection électriques en bon état qui vont protéger de la tension mise en jeu lors de la pêche
- Concernant le voltage utilisé celui-ci dépend de la conductivité et des conditions hydrauliques comme la vitesse et la profondeur de façon à assurer une attractivité efficace sur le poisson sans le blesser.
- Les épuisettes doivent présenter un filet dont le vide de maille est inférieur ou égal à 4 millimètres. La taille des épuisettes doit aussi être adaptée en fonction des conditions de pêche pour ici aussi assurer une efficacité certaine.
- Des récipients adaptés et facilement transportables (bassines, seaux) sont à disposition pour transférer les poissons du lieu de capture au chantier de biométrie afin d'assurer le maintien des poissons dans des bonnes conditions de survie. Des bulleurs sont également utilisés pour oxygéner les bacs d'eau. Une tente est aussi installée pour ombrage et l'eau est fréquemment changée dans les bacs afin de minimaliser les risques de mortalité.
- L'approche du chantier doit être interdite à toute personne ne portant pas d'équipements de protection.

Enfin, même si chaque pêche est organisée en situation de débit stable et d'eaux claires, il est important de rappeler avant toute pêche les signes avant-coureurs d'une crue (eau qui se trouble, feuilles à la surface, pression sur les waders, bruit sourd) afin que toute l'équipe soit

---

<sup>3</sup> Arrêté du 2 février 1989 portant sur dérogation aux prescriptions des articles 11 et 16 du décret du 14 novembre 1988 pour l'utilisation des installations de pêches à l'électricité

vigilante. L'équipe veillera à prendre deux repères dès qu'elle arrive sur la station : un repère proche et un repère lointain pour observer une quelconque montée des eaux.

➤ Protocole établi :

Les captures de poissons et de crevettes sont réalisées à l'aide d'un matériel de pêche à électricité de type portatif (Hans GRASSL modèle IG200-2) c'est-à-dire que l'anode est équipée d'un filet et d'une épuisette vide de maille 4 millimètres.

L'appareil en question est capable d'émettre 2 types de courant à savoir le courant continu et le courant pulsé selon 3 niveaux d'ampérage et 4 niveaux de voltage. Les pêches s'effectuent de l'aval vers l'amont.

Les ordres de grandeur du réglage de l'appareil électrique sur les différentes pêches sont les suivants :

Tension	2 V
Fréquence	16 Hz
Type de courant	Courant n°2
Ampérage	15-25 A (danger à partir de 5mA)

*Tableau 3 : Réglage de l'appareil de pêche*

Plus concrètement, le manipulateur d'anode (celui portant l'appareil électrique) remonte le cours d'eau en longeant la berge et effectue de façon régulière un mouvement consistant à poser le cercle de l'anode devant lui puis à le ramener vers la seconde personne. Cette dernière avec une épuisette non électrifiée « ramasse » les espèces puis vide son épuisette à une troisième personne qui suit avec un bac. Voir la photo ci-après, à droite la manipulatrice d'anode, à gauche la seconde opératrice.





*Figure 5 : Réalisation d'une pêche électrique sur la rivière Lézarde, Crédit: Thibault Daubas*

### **Biométrie des espèces pêchées :**

Dans cette partie, il sera détaillé les différentes données biométriques relevées sur les espèces afin de pouvoir par la suite effectuer les analyses statistiques.

Premièrement, tous les individus sont triés par espèces dans des bassines de différentes couleurs. Les individus de petite taille (considérés comme juvéniles<sup>4</sup>) ont été séparés des adultes, plus précisément comme il est possible de le voir ci-dessous :

---

<sup>4</sup> Seul exception pour les individus « grainés » c'est-à-dire qu'ils portent des œufs alors nous le considérons comme « adulte »

Taille considérée comme juvénile <i>Atya scabra</i> – <i>Potimirim potimirim</i> – <i>Micratya poeyi</i>	10 mm
Taille considérée comme juvénile <i>Eleotris perniger</i>	30 mm

*Tableau 4 : Biométrie des espèces pêchées*

Les différentes espèces ont été ensuite comptées et pesées puis les individus ont été relâchés dans l'eau au milieu de leur ambiance et cela une fois que les pêches des deux rives ont été réalisées.

### Détermination des données statistiques

La capture de la macrofaune aquatique en fonction des ambiances permet un diagnostic sur le peuplement de rivière. Toutes les données ont dans un premier temps été ordonnées avec Excel ([ANNEXE 2](#)) ce fichier renseigne l'effectif et la masse totale des individus de chaque espèce pêchée et par la suite des extractions de ce fichier ont été faites sur deux logiciels scientifiques à savoir le logiciel PAST et le logiciel R-Studio.

- Excel a notamment permis de calculer la richesse spécifique, l'abondance, le pourcentage d'occurrence, la proportion numérique, l'indice de Shannon et de Simpson et enfin l'équitabilité de Piélu.
- PAST (paleontological Statistics) est un logiciel d'analyse de données scientifiques comportant des fonctions pour la manipulation de données, de traçage, de statistiques univariées et multivariées, pour l'analyse écologique. Ce logiciel nous a principalement servi à réaliser les analyses de corrélation.
- Enfin, R est un logiciel de statistiques à partir duquel on peut coder en langage informatique. Ici, on utilisera le logiciel RStudio qui est un environnement de développement intégré pour R et qui facilite l'interface de R. ([ANNEXE 3](#))

L'interface Rstudio présente 3 fenêtres :

- La console où l'on peut saisir les commandes et voir les résultats
- L'onglet « environnement » qui permet de visualiser les objets actifs comme une base de données par exemple et qui permet de voir l'historique des commandes utilisées
- L'onglet « File » qui affiche les fichiers disponibles, l'onglet « Plots » qui affiche les graphiques générés, l'onglet « Package » qui permet de charger des modules supplémentaires pour les analyses et enfin l'onglet « Help » qui permet d'avoir de l'aide en recherchant à l'aide d'une barre de recherche.

Ainsi, ce logiciel a permis de réaliser les analyses en composantes principales (ACP) et les analyses de redondance (RDA).

## RÉSULTATS

### Les cortèges floristiques

L'analyse visuelle des berges a été réalisée afin de dissocier le tronçon d'étude en différents cortèges floristiques. Au total, il a été identifié cinq cortèges floristiques différents sur la totalité du tronçon. On nommera désormais les cortèges floristiques « Ambiance » et leurs variables associées. (NB : Ces ambiances sont les mêmes que celles que Paul avait initialement déterminées) (ANNEXE 4):

➤ Sur la rive droite

**Ambiance 1 :** De 0 à 9 m, est majoritairement une strate arborée avec comme espèces dominantes *Inga ingoides* (classe 5) et *Syzygium jambos* (classe 2). De plus nous avons observé un regroupement d'herbacées (classe 2) composé de *Adiantum latifolium*, *Thelypteris hispidula*, *Thelypteris reticulata*, *Tectoria incisa* et *Selaginella flabellata*.

**Ambiance 2 et 3 :** De 0 à 90m est complètement dominée par *Pennisetum purpureum* (classe 5)

➤ Sur la rive gauche

**Ambiance 4 et 5 :** De 0 à 47 m, ce tronçon est largement dominée par *Bracharia adpersa* (classe 5) Au début de ce cortège floristique, nous observons *Sphagneticola trilobata* et *Alternanthera tenella* (classe 2). De plus, à certains endroits, nous avons identifié des lianes (*Ipomea sp*) et une espèce arbustive, *Mimosa pigra*.

**Ambiance 6 :** De 47 à 65 m, deux espèces dominant à savoir *Bracharia adpersa* et *Pennisetum purpureum* (classe 3). De plus, nous retrouvons quelques, *Mimosa Pigra* et *Ipomea sp*

**Ambiance 7 :** De 65 à 76 m, , sur le bord de la berge, nous retrouvons beaucoup de *Mimosa pigra* (classe 4) et sur le reste de la berge, plus en retrait, il y a *Pennisetum purpureum* (classe 3)

**Ambiance 8 :** De 76 à 90 m, on retrouve une complète domination de *Pennistum purpureum*,

L'identification des berges a donc permis d'identifier 12 espèces différentes récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Type de strate	Clade	Famille	Genre	Espèces
Arborée	Spermatophyte	Fabacée	<i>Inga</i>	<i>Inga ingoides</i>
		Myrtacée	<i>Syzygium</i>	<i>Syzygium jambos</i>
Arbustive	Spermatophyte	Fabacée	<i>Mimosa</i>	<i>Mimosa pigra</i>
Herbacée	Spermatophyte	Amaranthacée	<i>Alternanthera</i>	<i>Alternanthera tenella</i>
		Asteracée	<i>Sphagneticola</i>	<i>Sphagneticola trilobata</i>
	Ptéridophyte	Poacée	<i>Pennisetum</i>	<i>Pennisetum purpureum</i>
		Ptérydacée	<i>Adiantum</i>	<i>Adiantum latifolium</i>
		Selaginellale	<i>Selaginella</i>	<i>Selaginella flabellata</i>
		Tectariacée	<i>Tectoria</i>	<i>Tectoria incisa</i>
		Thélypteridacée	<i>Thelypteris</i>	<i>Thelypteris hispidula</i>
<i>Thelypteris reticulata</i>				
Autre	Spermatophyte	Convolvucée	<i>Ipomea</i>	<i>Ipomea sp</i>

Tableau 5 : Espèces floristiques présentes sur le tronçon d'étude

## Les ambiances

Ci-dessous le tableau présentant les ambiances avec leurs codes respectifs et les espèces dominantes qui composent ces dernières.

Ambiance	Code	Espèce dominante
1	RD1 et/ou I.ingoides	<i>Inga ingoides</i>
2	RD2 et/ou P.purpureum(2)	<i>Pennisetum purpureum</i>
3	RD3 et/ou P.purpureum(3)	<i>Pennisetum purpureum</i>
4	RG1 et/ou Para(1)	<i>Bracharia sp.</i>
5	RG2 et/ou Para(2)	<i>Bracharia sp.</i>
6	RG3 et/ou Mixte	<i>Bracharia sp.</i> et <i>Pennisetum purpureum</i>
7	RG4 et/ou M.pigra	<i>Mimosa pigra</i>
8	RG5 et/ou P.purpureum(5)	<i>Pennisetum purpureum</i>

Tableau 6 : Ambiances et espèces dominantes associées

Plus visuellement, le schéma suivant présente les différentes ambiances et leur géolocalisation sur le tronçon d'étude :

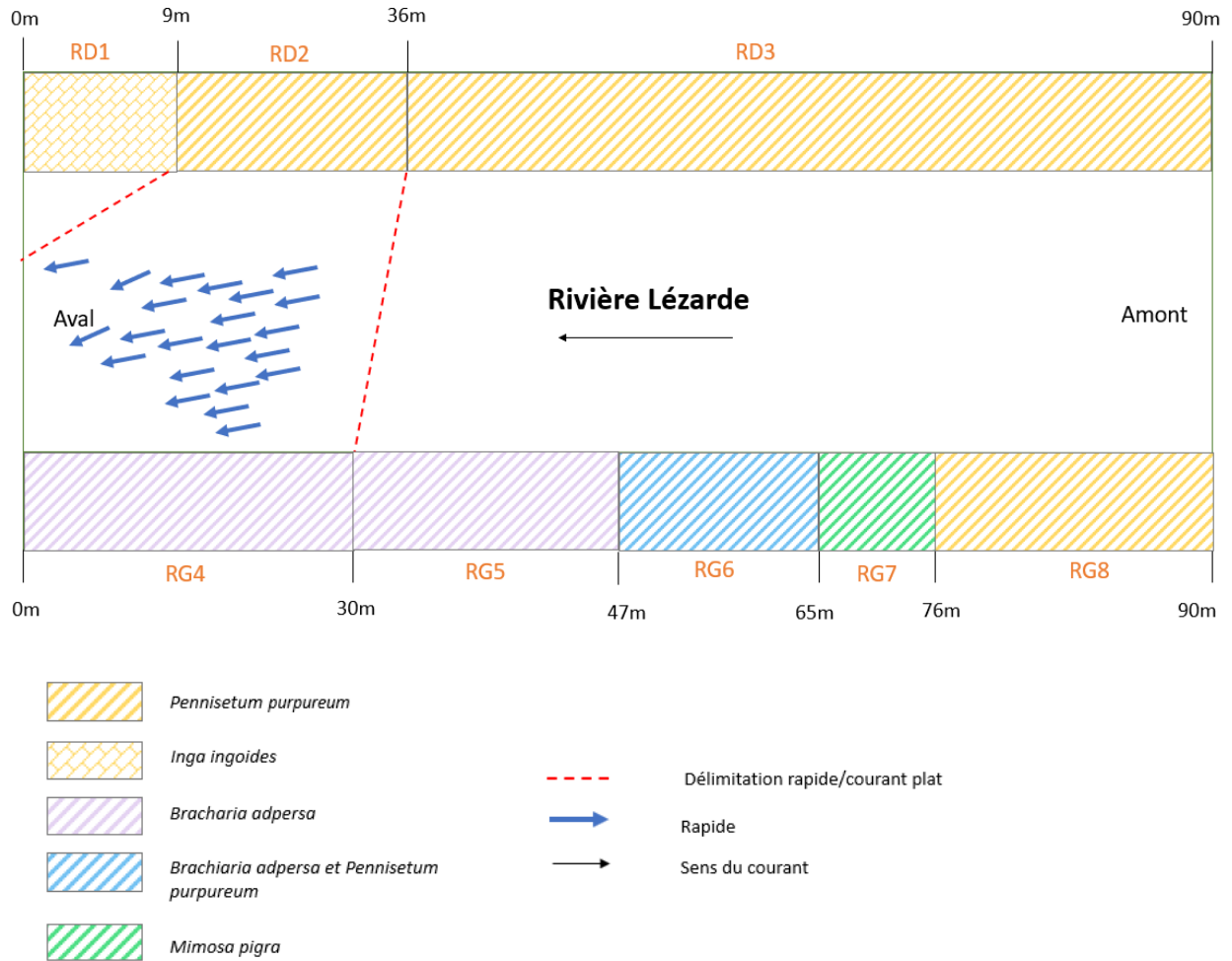


Figure 6 : Schéma des ambiances du tronçon d'étude

## Les espèces de la macrofaune

Les espèces de la macrofaune sur le tronçon d'étude sont principalement divisées en deux classes, les Malacostracés et les Actinoptérygiens, détaillés ci-après :

### ➤ Classe des Malacostracés :

Famille	Genre	Espèce	Stade	Code
Palaemonidés	Macrobrachium	<i>Macrobrachium acanthurus</i>	Adulte	Maca
		<i>Macrobrachium faustinum</i>	Adulte	Mfau
		<i>Macrobrachium heterochirus</i>	Adulte	Mhet
		<i>Macrobrachium sp</i>	Juvénile	MaJUV
Atyidés	Atya	<i>Atya scabra</i>	Adulte	Asca
		<i>Atya juvénile</i>	Juvénile	AtJuv
	Potimirim	<i>Potimirim potimirim</i>	Adulte	Ppot
	Micrataya	<i>Micrataya poeyi</i>	Adulte	Mpoe
Xiphocaridés	Xiphocaris	<i>Xiphocaris Elongata</i>	Adulte	Xelo
Sésarmidés	Armases	<i>Armases Roberti</i>	Adulte	Arob
Portunidés	Callinectes	<i>Callinectes Sapidus</i>	Adulte	Crab

Tableau 7 : Composition de la classe des Malacostracés sur le tronçon d'étude

On définit ici les juvéniles de la famille des Atyidés c'est-à-dire les juvéniles de *Atya scabra*, *Potimirim potimirim* et *Micrataya poeyi* avec le code **AtJuv**.

### ➤ Classe des Actinoptérygiens :

Famille	Genre	Espèce	Stade	Code
Gobiidés	Sicydium	<i>Sicydium punctatum</i>	Adulte	Spun
Poeciliidés	Poecilia	<i>Poecilia reticulata</i>	Adulte	Pret
Mugilidés	Agonostomus	<i>Agonostomus monticola</i>	Adulte	Amon
Eleotridés	Eleotris	<i>Eleotris perniger</i>	Adulte	Eper
Eleotridés	Eleotris	<i>Eleotris perniger</i>	Juvénile	EperJUV
Syngnathidés	Microphis	<i>Microphis brachyurus</i>	Adulte	Mbra
Anguilladés	Anguilla	<i>Anguilla rostrata</i>	Adulte	Aros

Tableau 8 : Composition de la classe des Actinoptérygiens sur le tronçon d'étude

Finalement on note ici l'absence d'espèce exotique envahissante (EEE) dans la macrofaune aquatique. Voir l'ANNEXE 5

## Traitement statistique

### ➤ Richesse spécifique

La richesse spécifique est un indicateur représentant le nombre d'espèces présentes dans un milieu donné. Dans cette étude, on exprimera la richesse spécifique totale c'est-à-dire l'ensemble des espèces présentes sur l'ensemble des six pêches électriques réalisées sur la station. Toutes les espèces de poissons et de macro-crustacés observées sont prises en compte.

On observe sur la figure ci-dessous une représentation de la richesse spécifique en boîte à moustaches, et ci-après une représentation graphique de la moyenne des richesses spécifiques par ambiance (en prenant en compte les 6 réplicats) :

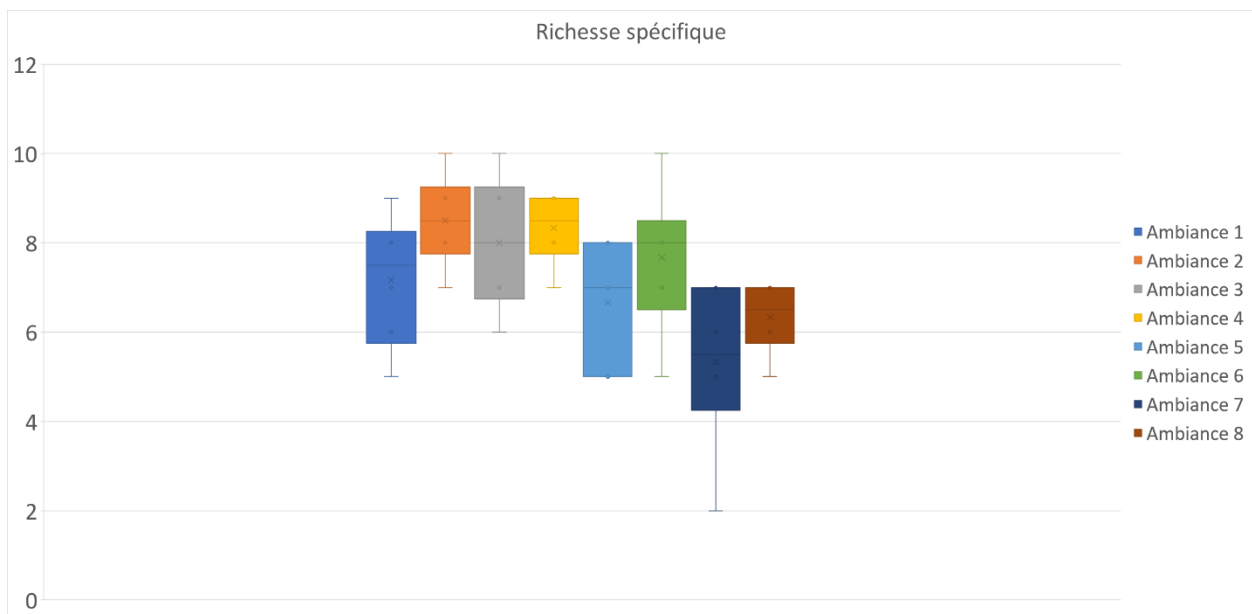
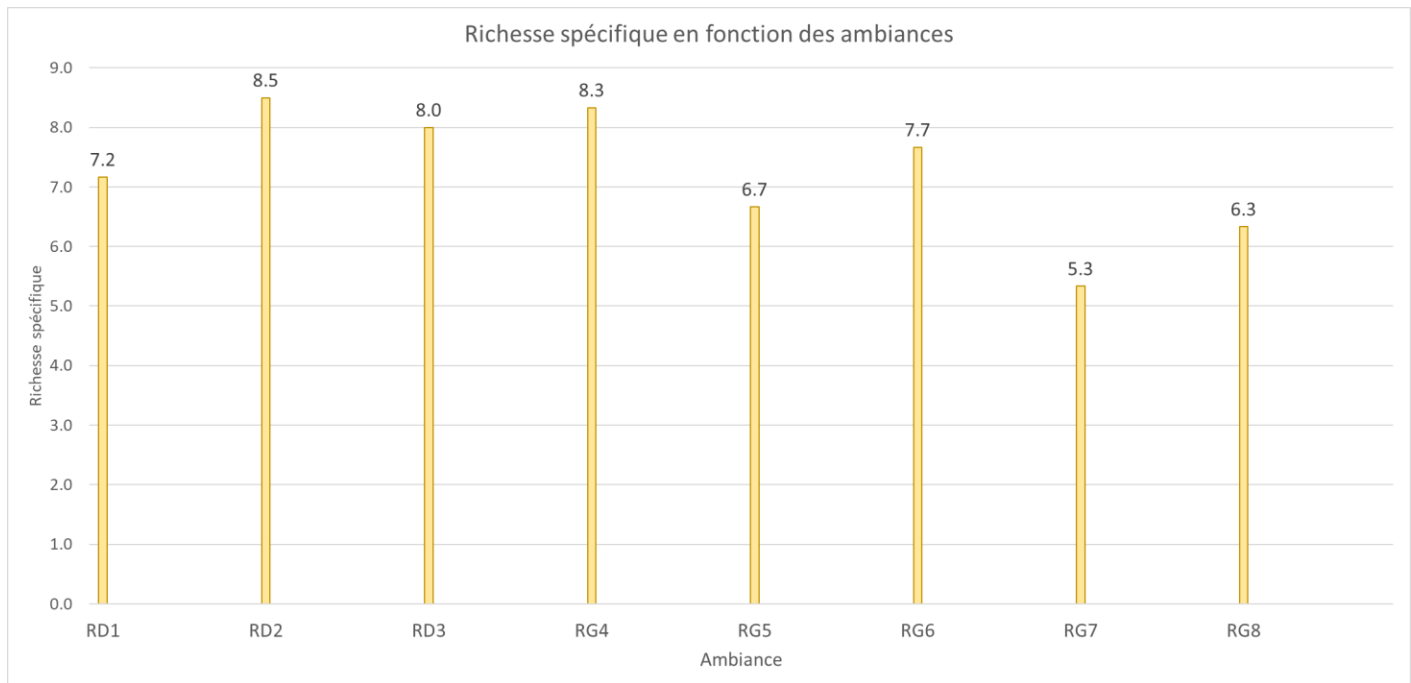


Figure 7 : Représentation graphique en boîte à moustaches de la richesse spécifique





*Figure 8 : Représentation graphique de la richesse spécifique*

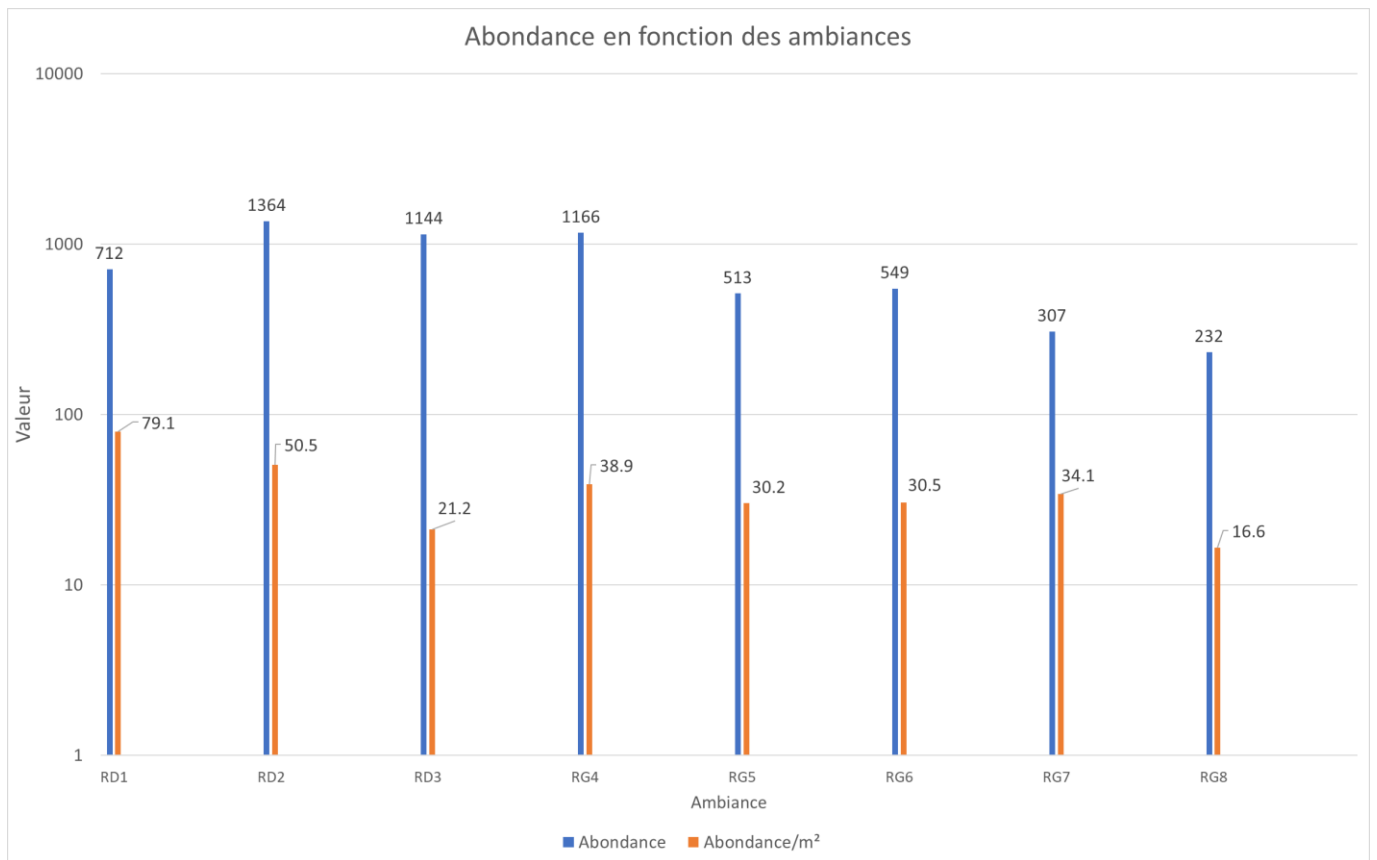
La richesse maximale sur de la zone d'étude est de 15 c'est-à-dire qu'il y avait 15 espèces au maximum à observer. On remarque qu'aucune des ambiances ne regroupe la totalité des espèces, en revanche plusieurs ambiances ont une richesse maximale de 10 comme il est possible de voir sur la boîte à moustaches : RD2, RD3, RG6. La richesse spécifique minimale est de 2 et est atteinte pour un des réplicats de l'ambiance 7 (RG7). En moyenne, la richesse spécifique minimale est de 5.3 regroupant l'ambiance 7. Les ambiances 5 et 8 (RG5 et RG8) n'obtiennent pas non plus une richesse spécifique moyenne élevée (respectivement 6,7 et 6,3).

En détaillant, la richesse spécifique totale moyenne sur les 8 ambiances est de 7,19 avec un maximum de 10 espèces. Concernant les poissons, elle est de 1,06 espèces avec un maximum de 3 et pour les crustacés de 6,16 avec un maximum de 7.

➤ **Abondance**

L'abondance correspond au nombre total d'espèces pêchées sur l'ensemble des pêches. Au total c'est 5987 espèces qui ont été pêchées et triées sur la zone d'étude.

L'abondance moyenne est de 748,4 avec un maximum de 1364 individus pour l'ambiance 2 (RD2) et un minimum de 232 individus pour l'ambiance 8 (RG8).



*Figure 9 : Représentation graphique de l'abondance*

### ➤ Pourcentage d'occurrence

Le pourcentage d'occurrence est un indice représentant le pourcentage d'ambiances où une espèce est échantillonnée par rapport au nombre total d'ambiances analysées.

On observe sur le graphique ci-après que plusieurs espèces sont présentes sur toutes les ambiances comme le groupement d'espèces *AtyaJuv* ou encore *Macrobrachium faustinum* contrairement à d'autres espèces qui apparaissent une seule fois. C'est le cas par exemple de *Sicydium punctatum* ou *Anguilla rostrata*.

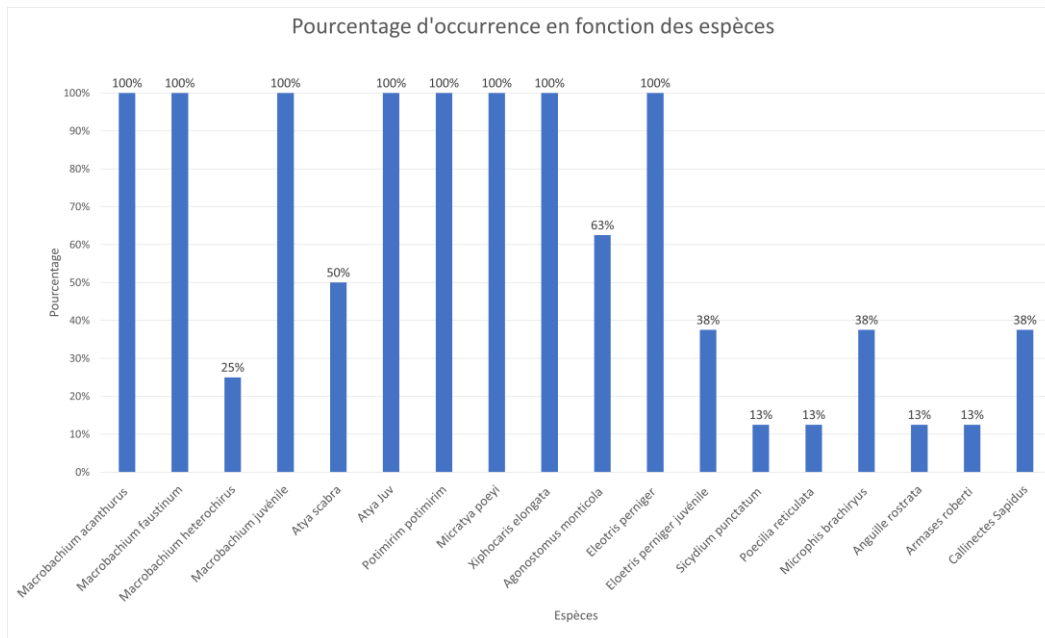


Figure 10 : Représentation graphique du pourcentage d'occurrence

➤ **Proportion numérique**

La proportion numérique ( $p_i$ ) est définie comme le rapport du nombre d'individus ( $n_i$ ) d'un groupe taxonomique, ici une espèce sur le nombre total d'individus (N) et sera exprimée en pourcentage.

$$p_i = \frac{n_i}{N} * 100$$

La figure 14 suivante montre que plusieurs espèces de Malacostracés (*Macrobrachium acanthurus*, *Macrobrachium faustinum*, *Macrobrachium juveniles*, *AtyaJuv*<sup>5</sup>, *Potimirim potimirim*, *Micratya poeyi*, *Xiphocaris Elongata*) et une espèce d'Actinoptérygien (*Eleotris Perniger*) sont retrouvées dans toutes les ambiances.

On remarque aussi que 4 espèces sont présentes dans une unique ambiance à savoir *Sicydium punctatum* dans l'ambiance 4 rive gauche (RG4), *Poecilia reticulata* et *Anguilla rostrata* dans l'ambiance 5 rive gauche (RG5), et enfin *Armases Roberti* dans l'ambiance 2 rive droite (RD2).

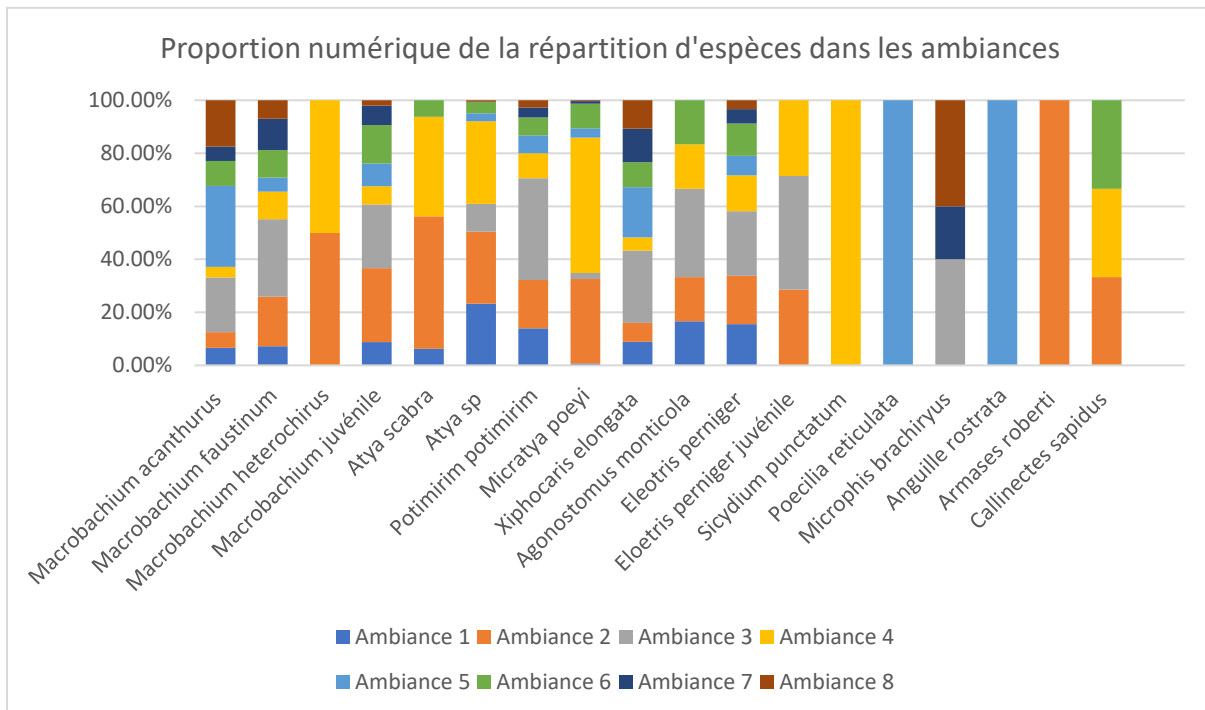


Figure 11 : Représentation graphique de la proportion numérique

<sup>5</sup> Plus justement *AtyaJuv* est un groupement d'espèces

Ci-dessous la répartition des différentes familles de macrofaune sur la zone d'étude :

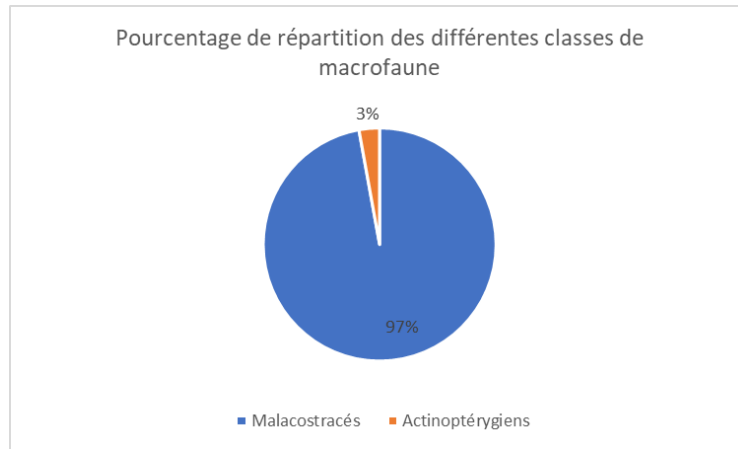


Figure 12 : Représentation graphique de la répartition des différentes classes de macrofaune

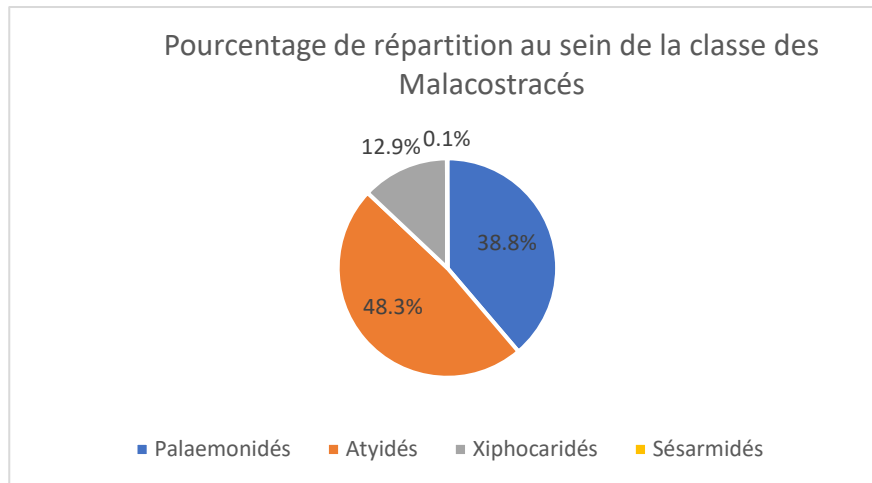


Figure 13 : Représentation graphique de la répartition des familles au sein de la classe des Malacostracés

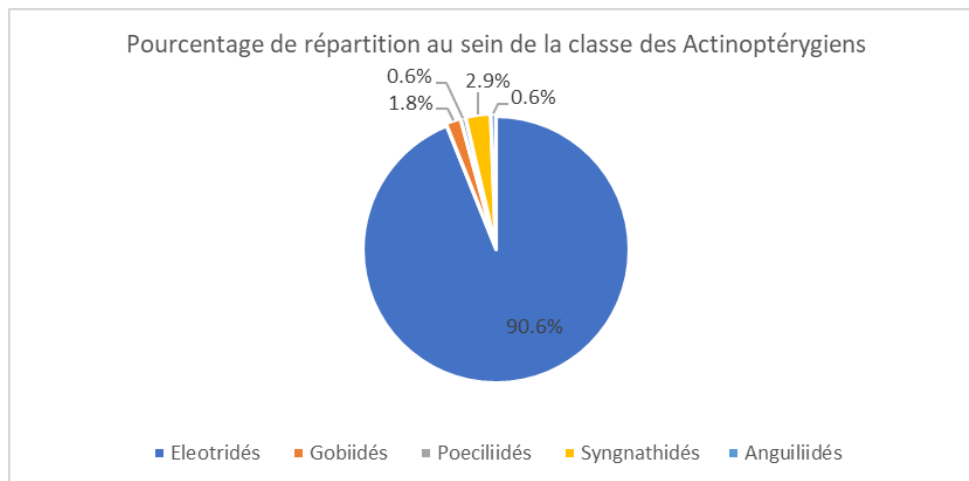


Figure 14 : Représentation graphique de la répartition des familles au sein de la classe des Actinoptérygiens

Finalement la classe la plus largement représentée est la classe des Malacostracés et notamment la famille des Atyidés. Du côté de la classe des Actinoptérygiens, la famille présente en majorité est celle des Eleotridés.

### **Diversité spécifique**

C'est un indice synthétique représentatif de la composition d'un écosystème. Elle prend en compte à la fois le nombre d'espèces et la distribution des individus au sein de ces espèces.

Dans l'idéal c'est-à-dire dans un environnement peu perturbé, les peuplements sont caractérisés par une diversité élevée avec un grand nombre d'espèces et une répartition équitable des individus au sein de leur espèce respective.

Afin d'étudier la diversité dans la zone d'étude, deux indices de diversité vont être calculés : l'indice de diversité de Shannon  $H'$  et l'indice de Simpson  $D$  :

#### ➤ **Indice de Shannon $H'$**

Cet indice, noté  $H'$ , permet de mesurer la diversité des peuplements en prenant en compte les abondances et la répartition de ces abondances entre espèces. On peut l'exprimer ainsi :

$$H' = \sum(p_i * \ln(pi))$$

$p_i$  : proportion spécifique d'une espèce

Il est important de préciser que cet indice a été initialement créé pour calculer la diversité des peuplements sur des milieux fermés et tempérés. Or, aux Antilles, une particularité existe. En effet, les espèces sont diadromes, c'est-à-dire qu'elles effectuent des migrations entre les eaux salées et les eaux douces au cours de leur vie. Les cours d'eau guadeloupéens sont donc des milieux ouverts où les populations sont fréquemment renouvelées. L'analyse doit donc être faite avec précaution.

De plus, on peut ainsi considérer la population comme susceptible d'être infinie en raison de la particularité des espèces à migrer d'un milieu à un autre, ce qui justifie que l'on puisse utiliser cette formule.

Quant à l'interprétation, si l'indice  $H'$  tend vers 0 alors tous les individus du peuplement appartiennent à une unique espèce ou chaque espèce est représentée par un unique individu du peuplement. A contrario, l'indice est maximal quand l'abondance est égale entre toutes les espèces (Frontier S.,1983). Généralement l'indice est compris entre 0 et 4.

### ➤ **Indice de Simpson**

Cet indice, noté  $D$ , mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à deux espèces différentes et s'exprime comme :

$$D = 1 - \sum (p_i)^2$$

$D$  varie entre 0 et 1. Si par exemple on obtient une valeur de 0.9 cela signifiera que deux individus tirés au hasard ont une probabilité de 90% d'être différents et qu'ainsi le peuplement est équilibré. On obtiendra 1 si le nombre d'espèces est infini (Schlaepfer R., Büttler R., 2002). Cet indice valorise donc les espèces abondantes contrairement aux espèces rares. Cependant ces indices ont été calculés dans notre étude pour des pêches réalisées entre février et avril, or cette période correspond à la période de reproduction des espèces encore appelée période de recrutement. Face à la surabondance des juvéniles notamment les *Atya Juv* (qui, comme on l'a dit précédemment représentent un groupement de plusieurs espèces), il est préférable de calculer ces indices en enlevant ces individus afin d'éviter un disproportionnement des indices. On obtient le graphique ci-dessous :

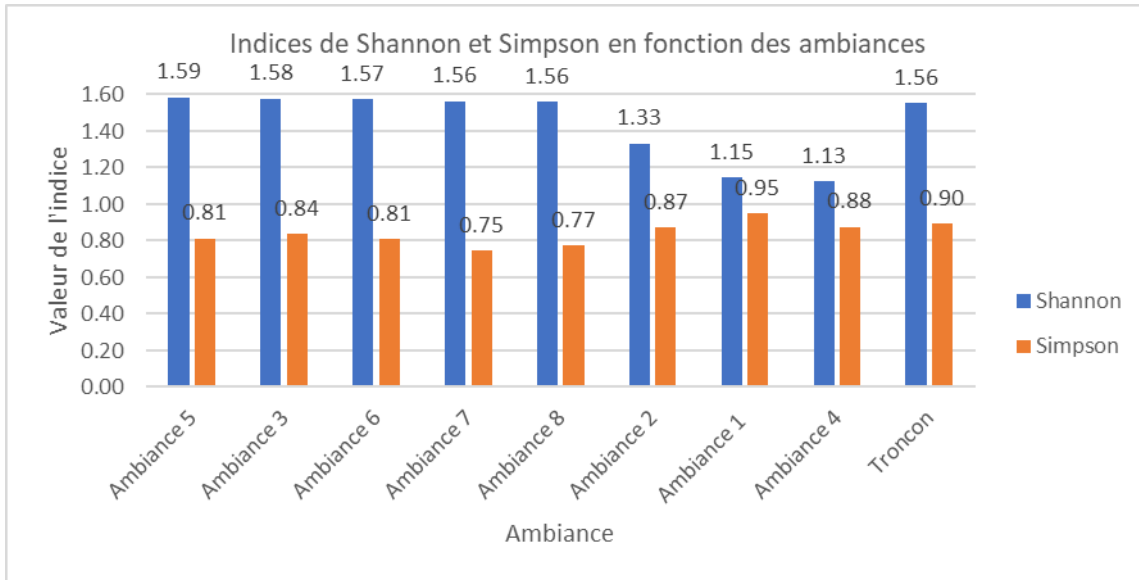


Figure 15 : Représentation graphique des indices de Shannon et Simpson

On observe alors que dans l'ensemble, l'indice de Shannon rend compte d'une diversité moyenne (inférieure ou égale à 1,6 pour toutes les ambiances) voire très faible pour certaines ambiances notamment la 1 ou la 4 (RD1 et RG4). L'ambiance 5 (RG5) possède la diversité maximale d'une valeur de 1.59.

On se rend compte que l'écologie du groupement de juvéniles de plusieurs espèces d'Atyidés *Atya Juv* impacte l'indice de Shannon.

Dans l'ensemble, l'indice de diversité de Simpson est supérieur à 0,7, c'est-à-dire que deux individus tirés aléatoirement ont plus de 70% de chance d'être différents. Finalement le peuplement est dans l'ensemble équilibré. L'équilibre maximal est atteint pour l'ambiance 1 (RD1). A contrario il est peu équilibré pour l'ambiance 7 (RG7).



### ➤ Équitabilité de Piélou

L'indice d'équitabilité de Piélou représente la distribution du nombre d'individus par espèce et se calcule avec la formule ci-dessous :

$$J = \frac{H'}{\ln(S)}$$

$H'$  correspond à l'indice de Shannon et  $S$  le nombre d'espèces formant le peuplement. L'indice est compris entre 0 et 1, respectivement cela signifie que les individus sont dominés par une espèce ou que la répartition est équilibrée entre les espèces.

Le graphique suivant nous montre que les indices de Simpson et l'équitabilité de Piélou ont une évolution commune. Dans l'ensemble l'indice d'équitabilité de Piélou est proche de 0 donc cela signifierait que les individus sont dominés par une espèce.

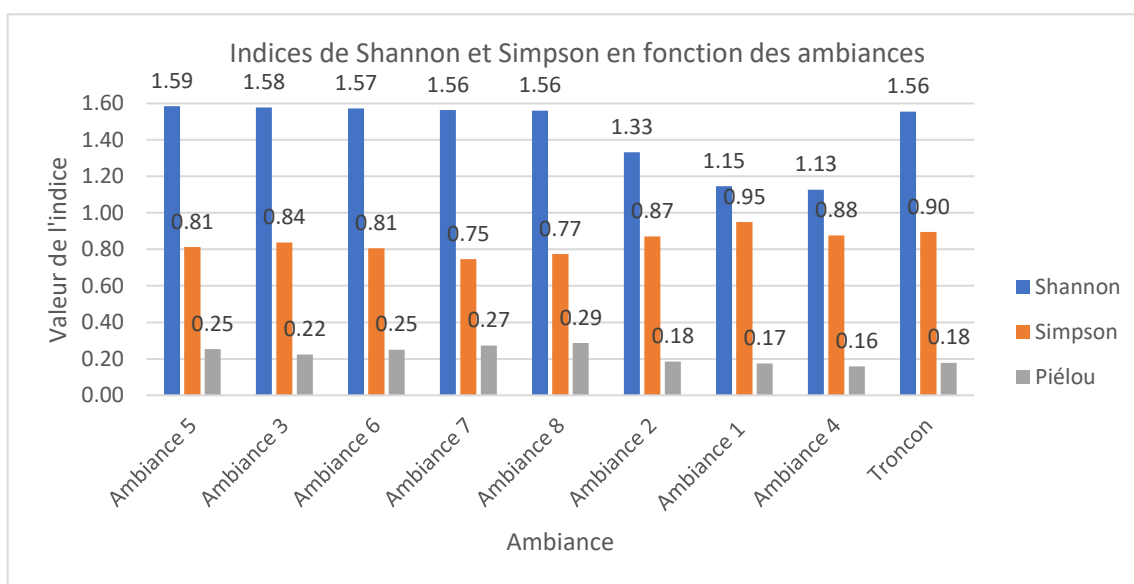


Figure 16 : Représentation graphique des indices de diversité

## Analyse de corrélation

L'analyse de corrélation permet de mesurer la qualité de la relation linéaire entre deux variables. Elle permet donc de savoir si ces deux variables suivant une loi normale, sont corrélées . Dans cette étude, cela permettra de savoir si les espèces sont liées entre elles.

Ainsi, il est nécessaire de calculer le coefficient de corrélation de Pearson comme ci-dessous :

$$r = \frac{Cov(X, Y)}{\sigma X * \sigma Y}$$

Avec  $X, Y$  les deux variables,  $Cov(X, Y)$  la covariance de ces variables et  $\sigma X, \sigma Y$  les écarts types respectifs de  $X$  et  $Y$ .

Ce coefficient varie entre -1 et 1 mais on prend souvent la valeur absolue de  $r$ , soit le coefficient de corrélation compris entre 0 et 1. Plus deux variables ont un coefficient de corrélation proche de 0, moins les variables sont corrélées linéairement et vice-versa s'il est proche de 1.

L'analyse de corrélation se fera avec les 15 espèces pêchées et les 3 mélanges d'espèces à savoir *Macrobrachium juvénile*, *AtyaJuv*<sup>6</sup> et *Eleotris perniger juvénile* soit 18 catégories d'individus.

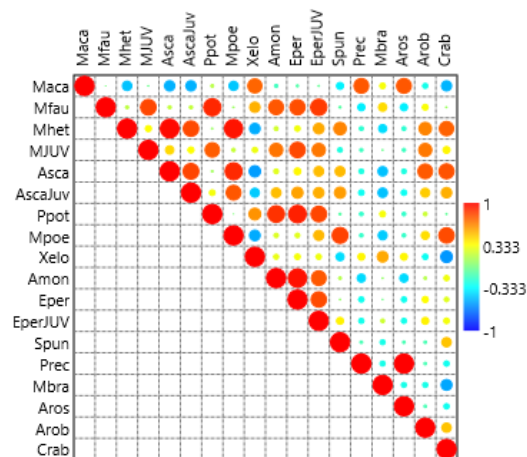


Figure 17 : Analyse de corrélation espèce-ambiance

<sup>6</sup> Appelé AscaJuv dans le graphique ci-après

Il est ainsi possible d'observer plusieurs corrélations significatives :

Premièrement, au sein d'une même espèce entre les adultes et les juvéniles. C'est le cas notamment entre les adultes *Macrobrachium faustinum* et les *Macrobrachium* juvéniles (composé de *Macrobrachium faustinum*, *Macrobrachium acanthurus*, *Macrobrachium hétérochirus*) ou encore entre *Eleotris perniger* et ses juvéniles et enfin pour *Atya scabra* et *Atya sp.*

En revanche on ne note pas de corrélation particulière entre *Macrobrachium acanthurus* ou *Macrobrachium heterochirus* et les juvéniles de *Macrobrachium* alors qu'ils appartiennent à la même famille.

Toujours par rapport à la famille des *Macrobrachium*, on remarque que *Macrobrachium acanthurus* est corrélé positivement avec *Xiphocaris elongata* et *Poecilia Reticulata*, puis *Macrobrachium faustinum* avec *Eleotris perniger*, *Potimitim potimirim*. Enfin on pourra aussi ajouter que *Macrobrachium heterochirus* est lié significativement avec *Atya scabra*, de même que *Micratya poeyi*.

On remarque aussi d'autres corrélations significatives entre *AtyaJuv* avec *Potimitim potimirim* et *Micratya poeyi* ce qui semble logique, car ce sont ces mêmes espèces qui constituent le groupement.

Enfin, on remarque une corrélation significative au sein de la classe des Actinoptérygiens entre *Poecilia Reticulata* et *Anguilla Rostrata*.

Finalement cette analyse rend compte des associations des différentes espèces sur le tronçon d'étude.

## Analyse en composantes principales (ACP)

### PACKAGES ADDITIONNELS UTILISES POUR CETTE ANALYSE

**Ade4** – Analysis of Ecological Data : Exploratory and Euclidean Methods in Environmental Sciences

**Factoextra** – Extract and visualize the results of Multivariate Data Analyses

**RColorBrewer** – ColorBrewer Palettes

**Explor** – Interactive interfaces for Results Exploration

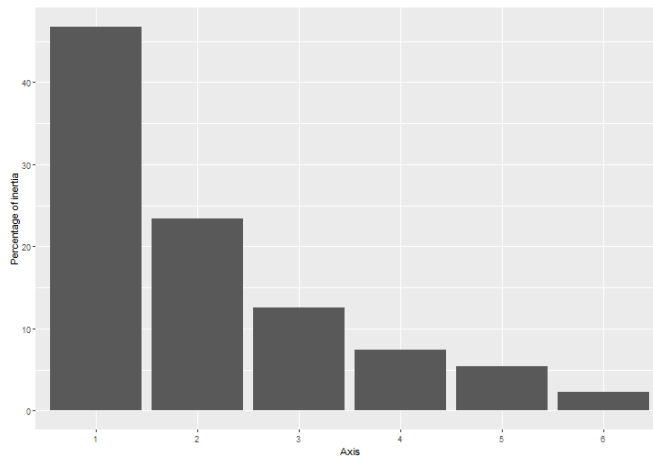
Cette analyse, qui relève du domaine des statistiques multivariées, permet de visualiser l'information dans un ensemble de données contenant des observations décrites par de multiples variables quantitatives intercorrélées (Hervé, 2016)

L'ACP est utilisée pour extraire les informations importantes d'un tableau de données multivariées; il va ainsi générer des nouvelles variables appelées composantes principales. En réalité, ces variables sont des combinaisons linéaires de la matrice d'entrée. Les principales directions correspondront aux axes parmi lesquels la variation des données est maximale.

Pour obtenir une analyse de qualité, on regarde le pourcentage de variance déterminé pour chaque axe. Plus la variance est importante, plus l'axe est représentatif. Puis, on choisit de retenir le nombre d'axes pour la représentation en fonction de la somme des variances de chaque axe.

Dimensions to plot  
6

Eigenvalues histogram



Eigenvalues table

Axis	%	Cum. %
1	46.8	46.8
2	23.4	70.2
3	12.6	82.7
4	7.5	90.2
5	5.4	95.6
6	2.3	97.8

Figure 18 : Pourcentage d'inertie des différents axes

On peut voir avec ce graphique que les 3 premiers axes cumulent plus de 80% de l'inertie, ce sont donc ces 3 axes qui représentent le maximum de l'information.

Ainsi le but va être de représenter les différents graphiques Axe\_12, Axe\_23 et Axe\_13 (respectivement l'Axe 1 et 2, l'Axe 2 et 3 et enfin l'axe 1 et 3) afin de déterminer si la macrofaune est associée à un ou plusieurs cortèges floristiques. Suivant l'axe choisi sur le graphique, on pourra confirmer ou non la préférence de certaines espèces à vivre dans des ambiances qui lui sont propres.

Par exemple, il est possible de voir si dessous la représentation de l'Axe\_12, ou encore le graphe des individus. Rappelons qu'ici le jeu de données comporte les valeurs de « p » variables pour « n » milieux à savoir les ambiances.

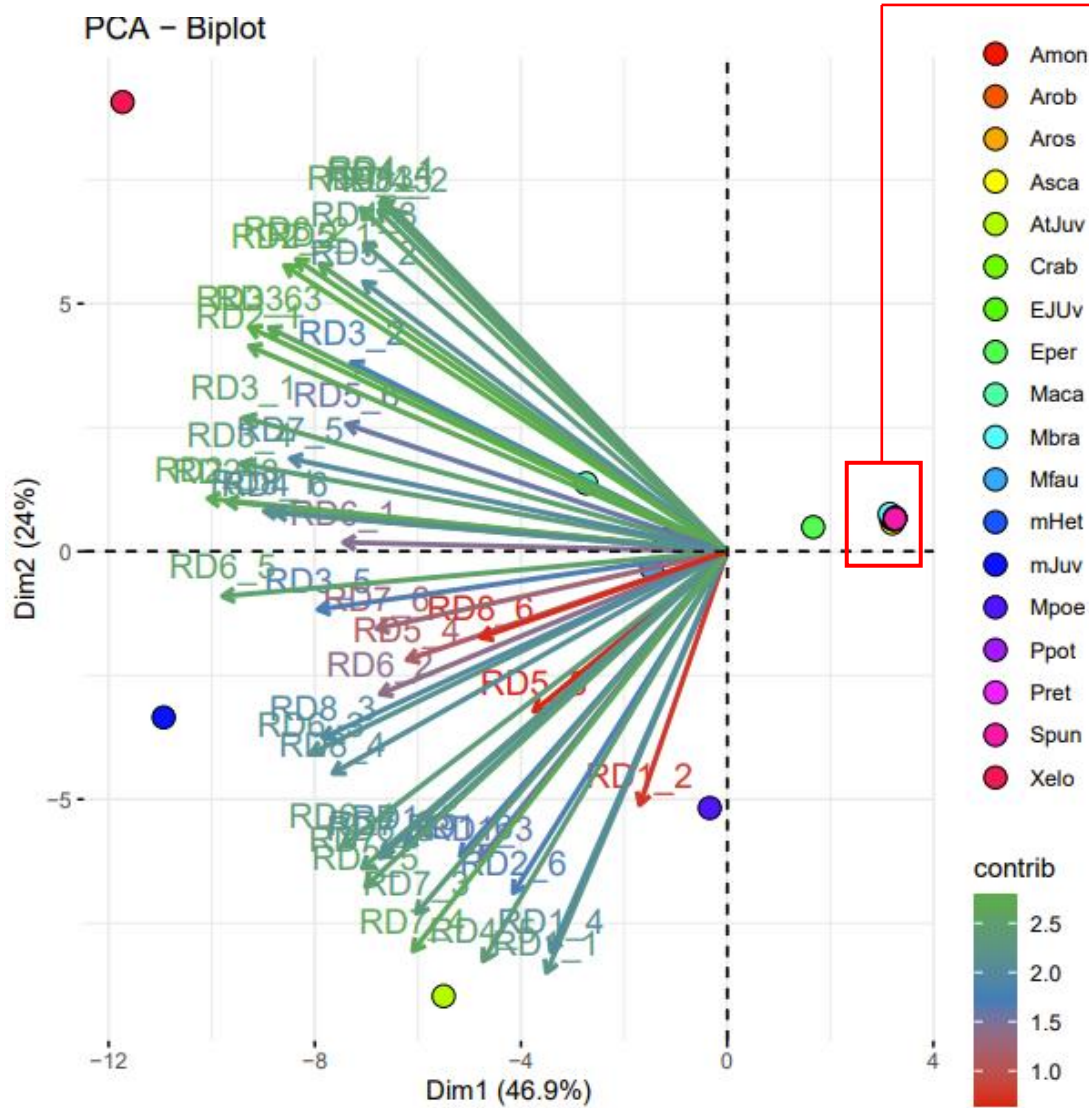


Figure 19 : Représentation graphique de l'axe\_12 de l'ACP

Une interface d'exploration graphique a été téléchargée grâce au package **Explor** afin de permettre de mieux visualiser l'information. Les autres axes sont disponibles en (ANNEXE 6)

La contribution légendée sur le graphique (« contrib ») est un indicateur qui permet de savoir si la représentation de la variable sur la composante principale est bonne, et s'appelle aussi le  $\cos^2$ . Ainsi, si cette dernière est élevée cela signifie que la variable contribue fortement à la composante principale. En revanche, si la contribution est faible, la variable sera proche du centre du cercle et ne sera pas parfaitement représentée, on peut ainsi choisir de ne pas la représenter.

Enfin, on précisera ici que finalement le poids des individus par espèce sur chaque ambiance n'a pas été pris en compte, car lors de la standardisation des données, le poids ne donne pas d'informations supplémentaires sur notre analyse.

Le graphique obtenu est intéressant et fournit les informations suivantes :

Une catégorie de plusieurs espèces n'est associée à aucune ambiance. C'est le groupe encadré en rouge visible à droite de l'axe central. Cela signifie que ces espèces n'ont pas d'appétence pour des ambiances en particulier.

En revanche toutes les espèces à gauche de l'axe central sont associées à des ambiances représentées par les flèches. Comme nous l'avons expliqué ci-dessus l'aspect de ces flèches est important, car suivant la couleur et la longueur si la contribution est plus ou moins forte.

Grâce à l'interface **Explor** qui permet d'affiner l'analyse, on peut déduire que certaines espèces présentes ont des appétences pour des ambiances en particulier :

- Le groupement d'espèces *AtyaJuv* est relié à l'ambiance 4 (RG4) et 5 (RG5) quels que soient les axes choisis. Ces deux ambiances sont toutes deux composées de *Bracharia adpersa*. *AtyaJuv* est un groupement de petites espèces qui peuvent trouver refuge dans ces herbacées pour se protéger des prédateurs par exemple (présence importante de racines dans l'eau)
- *Micratya poeyi* est trop proche de l'axe central sur les représentations Axe\_12 et Axe\_13. En revanche sur l'Axe\_23 qui regroupe seulement 36% de l'information, cette

espèce est reliée à l'ambiance 2 (RD2) composée majoritairement de *Pennisetum purpureum*.

- Le groupement d'espèces *Macrobrachium juvénile* présente aussi un intérêt particulier pour les différents cortèges floristiques : Sur l'Axe\_12 pour *Bracharia adpersa* et *Pennisetum purpureum*, sur l'Axe\_13 pour *Pennisetum purpureum*, dans l'Axe\_23 pour *Mimosa pigra* et *Inga ingoïdes*. Il est pertinent de retenir l'Axe\_12 et l'Axe\_13 qui contiennent un pourcentage plus important d'information. Pour les mêmes raisons que le groupement d'espèces précédemment *Atya Juv*, ces petites espèces peuvent facilement se réfugier dans ces habitats qui possèdent des racines afin d'éviter les prédateurs.
- L'espèce *Xiphocaris Elongata* présente un intérêt pour le cortège floristique *Mimosa pigra* et *Pennisetum purpureum*. Cela est cohérent avec ce qu'avait trouvé précédemment Paul.

Plus généralement, on remarque que les corrélations fortes entre faune et flore sont visibles sur les petits individus (*AtyaJuv*, *Macrobrachium juvéniles*, *Micratya poeyi*). De plus, il est important de stipuler ici que les observations de Paul et les observations faites sur le tronçon BIDOT sont cohérentes.



## Analyse de redondance (RDA)

### PACKAGES ADDITIONNELS UTILISES POUR CETTE ANALYSE

**Vegan** – Community Ecology Package

**RVAideMemoire** – Testing and Plotting Procedures for Biostatistics

**RColorBrewer** – ColorBrewer Palettes

Rappelons ici que le but de notre étude est dans un premier temps de relier la macrofaune aux différentes ambiances et observer le lien entre ces deux variables. C'est l'analyse précédente qui permet de réaliser ceci. La seconde étape est d'analyser le lien indirect entre la macrofaune et les différents paramètres physico-chimiques spécifiques aux ambiances.

L'objectif de la RDA est d'étudier la relation entre ces deux tableaux de variables par une représentation graphique en plusieurs dimensions. Soit A et B deux tableaux de variables, Y un tableau de variables expliquées avec n observations et p variables et A un tableau de variables explicatives ayant les mêmes n observations et q variables qualitatives ou quantitatives (Hervé, 2016)

Ici A est un tableau comprenant la macrofaune associée à chaque ambiance pour les 6 réplicats et B est un tableau comprenant les différentes ambiances et les paramètres pour les 6 réplicats. On a ainsi deux tableaux de données avec n observations communes.

Mathématiquement, la RDA sépare la variance due aux variables explicatives de la variance non expliquée. Respectivement c'est la variation contrainte et la variation non contrainte ou résiduelle. Le but sera ensuite de réaliser deux ACP différentes dont une sera contrainte par des variables explicatives et l'autre sera contrainte par des variables à expliquer.

Dans notre cas les variables explicatives sont les paramètres et les variables à expliquer sont les individus de la macrofaune.

Préalablement, il est nécessaire de standardiser nos tableaux de données afin de donner le même poids à toutes les variables, en effet les ambiances ont des superficies

différentes mais une largeur égale. Ainsi standardiser les données permet de ne pas surreprésenter une ambiance par rapport à une autre. La standardisation revient à créer un tableau centré-réduit. Si on décompose, le centrage consiste à « soustraire à chaque valeur du tableau la moyenne de la colonne dans laquelle cette valeur se trouve » (Hervé, 2016) ainsi par conséquent toutes les colonnes ont une moyenne nulle. La division, quant à elle, consiste à « diviser chaque valeur du tableau par une constante propre à chaque colonne en général c'est avec l'écart type de la colonne.

Puis, une deuxième étape préliminaire capitale est de réaliser un test de permutation afin de tester la qualité de l'analyse. Cela consiste en un test de significativité c'est-à-dire que « si au moins une variable explicative a un effet significatif, on peut se baser sur les résultats de l'ACP contrainte pour l'interprétation ». Ce test est réalisé grâce à la fonction `ordiR2step()` incluant un nombre de permutations poussées dans ce cas à 999. Cela crée un modèle vide qui se remplit des variables ajoutées les unes après les autres en commençant par la variable la plus significative (si la variable n'est pas significative alors la sélection s'arrête). Ainsi, une liste de variables significatives avec leurs significativités respectives est établie.

Enfin, si une des variables explicatives a un effet significatif, il est pertinent de s'intéresser à l'ACP contrainte. Comme précédemment, le pourcentage de variance (ici variance contrainte et non totale comme dans l'analyse précédente) sera déterminé et le graphique pourra être tracé.

LA RDA, elle aussi, permet deux représentations possibles :

- Le graphe des individus : L'ACP contrainte sera représentée avec l'argument `space=1` choisi par défaut, ainsi `space=2` tracera l'ACP non contrainte. Il permet d'identifier la structuration des données du tableau à expliquer qui est due aux variables explicatives.
- Le cercle des corrélations qui permet d'observer les éventuels groupes. C'est ce qu'on représentera ici.

Le pourcentage d'inertie de la RDA 1 est de 28,36%, celui de la RDA2 est de 8,62% et enfin celui de la RD3 5,48%. Les deux premiers axes représentent plus de 40% de

l'information donc ce sont eux que l'on va représenter principalement et on prendra aussi l'axe 4 si jamais un doute se pose. Bien que l'inertie ne soit pas aussi élevée que précédemment, la significativité est très bonne.

On obtient 0.001% ce qui est satisfaisant, car cette valeur est inférieure à 0.5%.

Sur 11 variables étudiées, seulement 6 sont significatives c'est-à-dire qu'elles sont significatives sur la répartition graphique des espèces et sur les cortèges floristiques.

Variabes significatives (6)	Variabes non significatives (5)
- Caillou	- Limon
- Bloc	- Rocher
- Oxygène dissous	- Sable
- Vitesse	- Hauteur
- Profondeur	- Racine
- Pierre	

Tableau 9 : Détails des variables significatives et non significatives

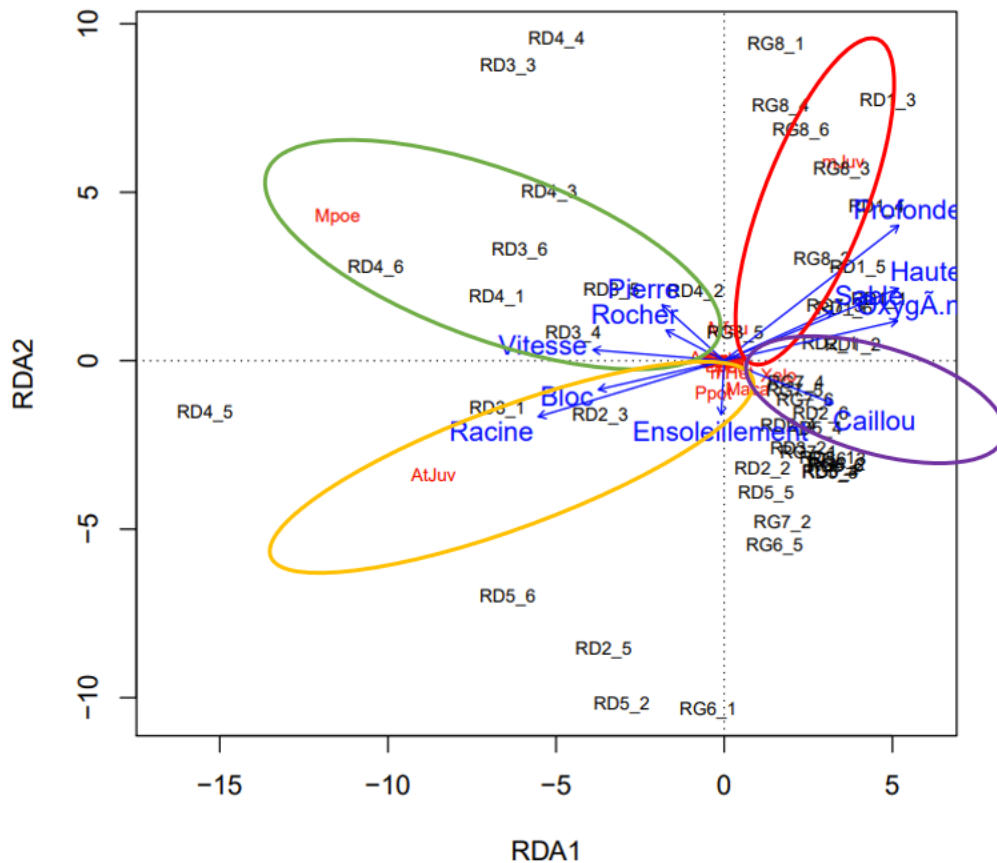


Figure 20 : Représentation graphique de l'analyse de redondance

On peut distinguer 4 groupes distincts sur le graphique ci-dessus :

- Le groupement orange est caractérisé par le cortège floristique *Pennisetum purpurem* associé positivement à la variable environnementale racine, ensoleillement et bloc (granulométrie épaisse) et négativement à la profondeur. Ce groupement présente une communauté aquatique composée principalement du groupement *Atya juveniles*.
- Le groupement vert est composé du cortège floristique *Pennisetum purpurem* et *Bracharia adpersa* et est associé avec le groupement *Micratya poeyi*. Les vecteurs associés sont vitesse, pierre et rocher. A contrario, le groupement est négativement corrélé par la variable environnementale caillou et ensoleillement.
- Le groupement rouge est aussi caractérisé par le cortège floristique *Pennisetum purpurem* composé de la communauté aquatique *Macrobrachium juvenile*. Il est associé aux vecteurs profondeur et pierre et opposé à l'ensoleillement. Enfin le dernier groupe, le violet est associé aux vecteurs Caillou et oxygène dissous et concerne la communauté aquatique des *Xiphocaris Elongata*. On retrouve cette communauté principalement dans l'ambiance 7 qui est composée majoritairement de *Mimosa pigra*

Nous remarquons que le cortège floristique *Pennisetum purpurem* semble différent en fonction des pêches. Ci-dessus il est associé à plusieurs groupements.

## DISCUSSION

Dans cette partie, nous discuterons dans un premier temps de l'influence directe de la ripisylve sur la composition des communautés aquatiques puis, dans un second temps nous étudierons les liens indirects de ce type de ripisylve sur la répartition de la macrofaune aquatique dans les micro-habitats.

### **Composition de la station d'étude et de la macrofaune aquatique.**

Nous avons observé 15 espèces au total sur le tronçon d'étude dont 9 espèces de crustacés sur 14 et 6 espèces de poissons sur les 16 existantes en Guadeloupe. En effet, d'après (Monti et al. (2010)) 30 espèces de crustacés et de poissons ont été recensées jusqu'à présent dans les rivières de l'archipel.

Les données disponibles de 2014 et 2016 sur le tronçon d'étude en cœur de Parc montre l'identification de 5 à 7 espèces de crustacés et 2 à 3 de poissons. Cependant on sait que la richesse spécifique a tendance à décroître plus on se place en amont de la rivière (Gillet 1983). Cela explique que, sur le tronçon étudié, la richesse spécifique est plus importante. Les données sont cohérentes.

En tout, c'est 8 ambiances qui ont été dissociées en raison de leur composition floristique et du faciès de la rivière. On remarque que 3 ambiances (RD2, RD3, RG4) regroupent plus de la moitié de l'abondance totale. Cependant quand on observe cette abondance au m<sup>2</sup>, il s'avère que seulement 2 de ces 3 ambiances (RD2, RG4) ont des abondances supérieures à la moyenne par m<sup>2</sup>. C'est aussi le cas d'une autre ambiance, la RD1 qui n'avaient pourtant pas une abondance forte.

Cela montre qu'il y a une sélection des organismes dans le choix de leur micro-habitat. Pour autant, plusieurs espèces adultes (*Macrobrachium faustinum*, *Macrobrachium acanthurus*, *Potimirim potimirim*, *Xiphocaris elongata* et *Eleotris perniger*) et les deux groupements d'individus juvéniles (*Atya juvénile* et *Macrobrachium juvénile*) sont présents dans tous les cortèges floristiques. Peut-être que cela peut s'expliquer par le transfert de certaines espèces entre les différents habitats.

Concernant les classes représentées, il est possible de voir une large dominance des crustacés sur l'ensemble du tronçon d'étude (97%). La famille des Atyidés domine à 62% la RD1, à 56% le RD2. La famille des Xiphocaridés qui contient une seule espèce est largement représentée dans les ambiances 5, 7 et 8 (respectivement RG5, RG7 et RG8) avec un pourcentage d'environ 30%. La famille des Palémonidés est majoritaire dans toutes les ambiances de la rive gauche avec minimum 50%. Cette famille semble s'adapter aux différents micro-habitats existants. Enfin la famille des Eleotridés est elle aussi équirépartie sur l'ensemble des cortèges floristiques et particulièrement présente dans la RD3. La domination d'une famille dépend donc du cortège floristique.

Les indices de diversité calculés montrent que la diversité est moyenne pour les ambiances RD3, RG5, RG6 voire faible, dans les autres ambiances. Le peuplement est d'ailleurs équilibré pour ces 3 ambiances. La RG7 et la RG8 ont un indice de Shannon peu équilibré et un indice de Piélu plus important que les autres ambiances. Une des raisons de ces observations est la domination de *Macrobrachium faustinum* dans ces deux ambiances.

En revanche on remarque que l'indice de Piélu est très faible pour les ambiances RD1, RG4 l'indice de Shannon est fort ce qui signifie que si l'on tire deux individus aléatoirement, ils seront différents. Cependant, c'est cohérent de trouver ces résultats, car précédemment on a dit que ces mêmes ambiances étaient dominées par la famille des Atyidés.

### Répartition des espèces entre elles

Le tableau de corrélation des espèces permet d'observer qu'il y a des corrélations entre genre comme *Eleotris perniger* et ses juvéniles, *Atya scabra* et le groupement *Atya Juv.* ou encore *Macrobrachium faustinum* et le groupement *Macrobrachium juvéniles*. Cette dernière corrélation est pertinente au vue des résultats des pêches électriques (la quantité de *Macrobrachium faustinum* pêchée est nettement supérieure aux autres espèces de ce genre).

On remarque une corrélation significativement positive entre le groupement *Atya juvéniles* les *Potimitim potimirim* et les *Micratya poeyi*. D'après Monti et al. (2010) les Atyidés sont retrouvées dans des faciès de type radier c'est-à-dire à des flux de hautes énergies.

On observe aussi une corrélation de *Macrobrachium acanthurus* avec *Xiphocaris elongata* et *Poecilia Reticulata*. D'après Monti et al. (2010), les préférences d'habitats *Macrobrachium acanthurus* sont variées : on peut les trouver à proximité des berges où le courant est faible comme c'est le cas des *Macrobrachium acanthurus* et aussi dans des zones de courants près de rochers comme *Macrobrachium hétéochirus*.

Concernant les poissons, l'espèce *Eleotris perniger* est corrélée avec *Macrobrachium faustinum*, *Potimirim potimirim* et *Agonostomus monticola*.

### **Les cortèges floristiques en fonction des communautés aquatiques associées :**

Même si deux cortèges floristiques ont une même composition floristique (par exemple RD2, RD3 et RG8 sont composés majoritairement de *Pennisetum purpureum*) ils n'ont pas forcément la même population. Dans l'exemple précédent, RD2 est composé de *Macrobrachium heterochirus* alors que RD3 et RG8 ne le sont pas et RG8 ne recense pas de *Agonostomus monticola* alors que les deux autres ambiances oui.

#### ➤ Analyse en composantes principales :

Pour rappel, cette analyse permet d'avoir une représentation graphique des liens entre les cortèges floristiques et la répartition de la macrofaune aquatique associée.

Globalement, on observe une association entre la ripisylve et les juvéniles d'un côté et entre la ripisylve et les adultes de l'autre notamment pour la classe des Malacostracés. En effet, on remarque une nette association entre *Bracharia adpersa* et le groupement de juvéniles *AtyaJuv*. Ce groupement d'individus a tendance à s'associer à une strate herbacée (accompagnée ou pas d'une strate arbustive ou arborée qui va permettre de produire de l'ombre sur l'ambiance en question). Cela est cohérent, car ces petites espèces peuvent se cacher dans ces micro-habitats afin d'éviter les prédateurs.

C'est aussi le cas de *Micratya poeyi* qui a une prévalence pour la strate herbacée, notamment *Pennisetum purpureum* comme il est possible de le voir sur l'axe\_12 et sur l'axe\_13. Comme on l'a dit précédemment, le groupement *AtyaJuv* est composé d'*Atya scabra*, de *Micratya*

*poeyi* et de *Potimirim potimirim*, ce qui signifierait que l'espèce *Micratya poeyi* a le même habitat, quel que soit son stade (juvénile ou adulte).

Puis, il a été mis en évidence une prévalence entre le groupement *Macrobrachium juvénile* avec *Pennisetum purpureum* et *Bracharia adpersa*. De la même manière que le groupement d'individus *AtyaJuv*, celui-ci a tendance à s'associer à une strate herbacée ayant des racines héliophytes qui lui confère un micro-habitat où ils peuvent trouver refuge.

Enfin, comme Paul avait pu l'observer précédemment, on retrouve une association entre l'espèce *Xiphocaris Elongata* et le cortège floristique *Mimosa pigra*.

### **Répartition des communautés aquatiques au sein des cortèges floristiques associées à leurs variables environnementales**

Premièrement, d'une manière globale, si l'on observe les six pêches électriques réalisées pour chaque cortège floristique, on remarque que ces dernières sont corrélées entre elle. On peut alors en déduire que les individus associés aux cortèges floristiques y sont aussi corrélés à un instant donné.

Initialement, un des choix préliminaires a été de ne pas utiliser la concentration en nitrates et la conductivité, car leurs variations sur l'ensemble des ambiances avaient été prélevées que sur les deux derniers répliqués réalisés en 2021 par moi-même, le débit général du cours d'eau aussi et le pH. Les autres variables choisies étaient soit directement liées au cours d'eau comme la profondeur, la température, l'oxygène dissous, la vitesse, la granulométrie du lit de la rivière (limon, sable, caillou, pierre, bloc, rocher), ou soit descriptives du milieu à savoir l'ensoleillement, la hauteur (berge et canopée), la présence ou non de racines.

Quatre groupements distincts apparaissent :

Le groupement orange représenté est caractérisé par le cortège floristique *Pennisetum purpureum* en grande majorité. Ce groupement présente une communauté aquatique composée principalement d'*Atya juvéniles*. La RDA est en adéquation avec les interprétations



faites sur l'ACP précédemment. Il est associé positivement à 2 variables environnementales à savoir les racines et la présence de blocs (granulométrie épaisse). On en conclut donc une prévalence des petites espèces au micro-habitat *Pennisetum purpurem* qui va leur conférer un milieu peu profond où il y a des racines et où ces petites espèces peuvent se protéger des prédateurs.

Le groupement vert, composé du cortège floristique *Bracharia adpersa* et *Pennisetum purpurem* est associé avec *Micratya poeyi*. On peut noter que les vecteurs associés sont la vitesse, les pierres et rochers. On en déduit que ces espèces ont tendance à habiter dans des zones peu ensoleillées avec du courant ce qui est en adéquation avec ce qui a été observé sur le terrain.

Le groupement rouge est aussi caractérisé par le cortège floristique *Pennisetum purpurem* composé de la communauté aquatique *Macrobrachium juvénile*. Ce groupement d'espèces est fortement influencé par la profondeur et un substrat plutôt fin et est anti-corrélé avec l'ensoleillement. On remarque d'ailleurs que la position de l'espèce *Macrobrachium faustinum* est très proche de l'origine des axes sur la RDA mais dirigés dans la même zone que ses juvéniles du groupement *Macrobrachium juvénile*. De plus, ses prévalences sur l'ACP étaient peu marquées, car trop proches des axes principaux. Étant donné l'abondance des juvéniles et de cette espèce, on peut supposer qu'une bonne partie des juvéniles sont de cette espèce. Or d'après l'Atlas des poissons et des crustacés d'eau douce de Guadeloupe (Monti, 2010), c'est l'espèce du genre *Macrobrachium* la plus tolérante et la moins territoriale. Elles occupent généralement les milieux non peuplés par les autres espèces comme les habitats profonds par exemple.

Le groupe violet est associé aux vecteur caillou et oxygène dissous et concerne la communauté aquatique des *Xiphocaris Elongata*. On retrouve cette communauté principalement dans l'ambiance 7 qui est composée majoritairement de *Mimosa pigra*. Cette ambiance est une zone de flux à basse énergie (opposé au vecteur vitesse sur le graphique de la RDA), où la communauté aquatique y est propre. En effet, ces crevettes vivent majoritairement sur les fonds sableux des eaux calmes et ensoleillées.

## CONCLUSION

Initialement il a été possible de voir que l'artificialisation des berges et les aléas climatiques fragilisaient fortement la ripisylve alors que celle-ci a des fonctions primordiales et est en interaction constante avec le cours d'eau.

Actuellement, plusieurs rapports ont permis de mettre en évidence la répartition des espèces avec les variables environnementales. Notamment, Charles et al. (1982) ont souligné que la distribution et l'abondance de la macrofaune dépendent principalement des exigences spécifiques de chaque taxon et donc des variables environnementales des micro-habitats de la nature du substrat (comme c'est le cas dans cette étude) mais aussi de la disponibilité en nourriture. Notre étude montre une dissociation marquée entre les juvéniles et les adultes d'un même genre. Certaines associations comme le groupement *AtyaJuv*, *Macrobrachium juvénile* et l'espèce *Xiphocaris elongata* avec les espèces floristiques *Pennisetum purpurem*, *Bracharia adpersa* et *Mimosa pigra* sont possibles.

En comparant à la station BIDOT étudiée en parallèle on peut noter que les résultats sont semblables dans l'ensemble. Les résultats sont pertinents aussi pour les petites espèces malgré que dans cette étude, on peut observer la corrélation de *Xiphocaris elongata* en addition.

Cependant comme il a été possible de l'observer, certaines espèces semblent davantage être liées à des variables environnementales influencées par la présence de la ripisylve et non pas au cortège floristique. Finalement les cortèges floristiques influent sur les variables environnementales créant des micro-habitats. Ces habitats attirent des espèces en particulier suivant le besoin de chacune et de cela résulte une communauté aquatique.

## BIBLIOGRAPHIE

- Andrieux et al. **Dynamique de contamination des eaux de rivières par la chlordécone sur l'Observatoire OPALE en Guadeloupe** (2018)
- Belliard, J., Ditché, J. M., & Roset, N. (2008). **Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité**. Rapport ONEMA, France
- Collette, O., Davreux, T., Bauffe, C., Dancart, D., & Dumont, S. P. (2018). **La ripisylve**. *Silva Belgica*, Janvier–Février 2018, 8-25
- Copp, G. H., Oliver, J. M., Peñáz, M., & Roux, A. L. (1991). **Juvenile fishes as functional descriptors of fluvial ecosystem dynamics: Applications on the river Rhône, France**. *Regulated rivers : research & management*, 6(2), 135-145.
- De Foucault, B. (1980). **Éléments pour une théorie statistique du tableau phytosociologie homogène**. *Végétation* 40(3), 163-174.
- Décamps, H., & Naiman, R. (1989). **L'écologie des fleuves**. Recherche (Paris, 1970), 20, 310- 319.
- Evette A. (2015). **Projet de promotion et de développement du génie-végétal en Guadeloupe. Rapport de mission d'expertise**. Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture. 64p.
- Fournet (2002). **Flore illustrée des phanérogames de Guadeloupe et Martinique**. CIRAD Gondwana Editions.
- France, Préfecture de la Région Guadeloupe. **Arrêté du 2 Février 1989 portant dérogation aux prescriptions des articles 11 et 16 du décret du 14 Novembre 1988 pour l'utilisation des installations de pêches à l'électricité** [en ligne] [consulté le 3/03/2021]
- Frontier S, **L'échantillonnage de la diversité spécifique**. In **stratégie d'échantillonnage en écologie**. Paris (Coll.Ecologie), Frontier et Masson Edit, XVIII + 494p.
- Malavoi, J. R., & Souchon, Y. (2002). **Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et**

**mesures physiques.** Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, (365-366), 357-372.)

- Marc Voltz, **Cours Biogéochimie 2021**, Master Eau et Agriculture, [consulté le 04/06/2021]
- Monti et al (2010). **Atlas des poissons et des crustacés d'eau douce de la Guadeloupe.** Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 1-128.
- Monti, D., & Legendre, P. (2009). **Shifts between biotic and physical driving forces of species organization under natural disturbance regimes.** Canadian journal of fisheries and aquatic sciences, 66(8), 1282-1293.
- N'zi, K. G et al (2008). **Influence des facteurs environnementaux sur la répartition spatiale des crevettes dans un petit bassin ouest africain-rivière Boubo-Côte d'Ivoire.** Tropicultura, 26(1), 17-23.
- Parc National de la Guadeloupe, **Charte de territoire du parc national de la Guadeloupe (Diagnostic, caractère et enjeux du territoire)**, 2014. 56 pages (Collection ), ISBN
- Parc National de la Guadeloupe, **Charte de territoire du parc national de la Guadeloupe (Le projet du territoire)**, 2014. 56 pages (Collection ), ISBN
- Pielou, E. C. (1966). **Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and misuse.** The American Naturalist, 100(914), 463-465.
- Robert, M., Di-Mauro, S., Leblond, A., Pointier, JP. (2015). **A la découverte de la faune d'eau douce des Antilles.**
- Schlaefer R, Bütler R. **Analyse de la dynamique du paysage.** (2002) Fiche d'Enseignement 4.2 Ecole Polytechnique de Lausanne, 1p
- Tockner, K., Stanford, J.A., (2002). **Riverine flood plains: present state and future trends.** Environ. Conserv. 29 (3), 308-330.

#### **Sitographie :**

- **Centre canadien de prévision d'ouragan**, 2003 (version du 2 février 2007 sur l'[InternetArchive](#)), Environnement Canada

[https://web.archive.org/web/20070202003433/http://www.atl.ec.gc.ca/weather/hurricane/hurricanes9\\_f.html](https://web.archive.org/web/20070202003433/http://www.atl.ec.gc.ca/weather/hurricane/hurricanes9_f.html)

- **Climate Data**, 2021, [consulté le 07/07/2021] <https://fr.climate-data.org/europe/france/guadeloupe/petit-bourg-30906/>
- Direction générale de la Santé. **Plan d'action contre la pollution par la chlordécone en Guadeloupe et en Martinique**, 2011-2013, 21 pages, [consulté le 23/07/2021] [https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/Plan\\_d\\_action\\_contre\\_la\\_pollution\\_par\\_la\\_chlordecone\\_en\\_Guadeloupe\\_et\\_en\\_Martinique\\_2011-2013.pdf](https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/Plan_d_action_contre_la_pollution_par_la_chlordecone_en_Guadeloupe_et_en_Martinique_2011-2013.pdf)
- **Géoportail** [en ligne]. Gouvernement, 2019 [consulté le 25 février 2021] <https://www.geoportail.gouv.fr/>
- Hervé, Aide-mémoire de statistique appliquée à la biologie, 2016, [consulté le 15 Avril 2021] <https://cran.r-project.org/doc/contrib/Herve-Aide-memoire-statistique.pdf>
- Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN) <https://inpn.mnhn.fr/accueil/index>
- **IUCN Green List Areas** [en ligne]. IUCN, [consulté le 12 mars 2021] <https://www.iucn.org/theme/protected-areas/our-work/iucn-green-list-protected-and-conserved-areas/iucn-green-list-areas>
- Laura Aguirre de Carcer, Swanny Thiébaud et Adrien Bellay. **Guadeloupe : l'eau au compte-gouttes** [en ligne], Envoyé spécial, 2021, [consulté le 01/04/2022] [https://www.francetvinfo.fr/france/guadeloupe/video-guadeloupe-l-eau-au-compte-gouttes\\_4300389.html](https://www.francetvinfo.fr/france/guadeloupe/video-guadeloupe-l-eau-au-compte-gouttes_4300389.html)
- Ludovic Grondin. **La Guadeloupe fait face à des précipitations intenses qui ont provoqué une montée des eaux soudaine** [en ligne] , Zinfos974, 2020, [consulté le 14/05/2021] <[https://www.zinfos974.com/Video-La-Guadeloupe-surprise-par-de-fortes-precipitations-entraignant-de-nombreuses-inondations\\_a162610.html](https://www.zinfos974.com/Video-La-Guadeloupe-surprise-par-de-fortes-precipitations-entraignant-de-nombreuses-inondations_a162610.html) >
- **Past** [en ligne], juin 2021, [consulté le 20 mai 2021] <http://folk.uio.no/ohammer/past>
- **Projet PROTEGER**, janvier 2021, [consulté le 22/02/2021] <http://www.guadeloupe-parcnational.fr/fr/des-actions/les-projets/projet-proteger>

- **R** [en ligne], Février 2020 [consulté le 20 mai 2021] <https://www.r-project.org>
- **Réserves de la biosphère** [en ligne]. UNESCO, [consulté le 10 mars 2021] <http://www.unesco.org/new/fr/natural-sciences/environment/ecological-sciences/biosphere-reserves/>
- **SIAEAG. Rapport sur le prix et la qualité du service de l'assainissement collectif** [en ligne], 2019, 30 pages, [consulté le 10/06/2021] <https://www.guadeloupe.gouv.fr/content/download/16139/104881/file/RPQS%202017%20SPAC%20REGIE%20SIAEAG.pdf>

## ANNEXE 1

Température	$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$
Oxygène dissous	$\pm 1.5\%$ ou $\pm 1$ chiffre selon le plus grand
pH	$\pm 0.1\text{pH}$ à $\pm 0.01\text{pH}$
Conductivité	$\pm 1$ digit
Ion Nitrate	$\pm 10\%$ de la valeur lue
Courantomètre	$\pm 2\%$ de la valeur mesurée $\pm 0.15$ m/s (0 à 3 m/s) et $\pm 4\%$ de la valeur mesurée $\pm 0.015$ m/s (3 à 5 m/s)

*Figure 21 : Incertitudes des appareils utilisés*

## ANNEXE 2

Espèces / Ambiances Pêche n°		RD1					
		1	2	3	4	5	6
Catégorie	Espèces	Effectif					
Crustacés	<i>Macrobachium acanthurus</i>	2	0	3	4	8	6
	<i>Macrobachium faustinum</i>	6	1	4	4	0	18
	<i>Macrobachium heterochirus</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Macrobachium juvénile</i>	8	13	22	16	9	58
	<i>Atya scabra</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>Atya sp</i>	0	0	9	25	23	320
	<i>Potimirim potimirim</i>	1	0	3	8	7	37
	<i>Micratya poeyi</i>	0	5	0	0	0	0
	<i>Xiphocaris elongata</i>	3	2	3	5	3	51
	Richesse spécifique	5	5	7	7	6	7

Figure 22 : Exemple de tableau de données par ambiance par pêche



## ANNEXE 3

### To cite R in publications use:

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical

Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

A BibTeX entry for LaTeX users is

```
@Manual{, title = {R: A Language and Environment for Statistical Computing},
```

```
author = {{R Core Team}},
```

```
organization = {R Foundation for Statistical Computing},
```

```
address = {Vienna, Austria},
```

```
year = {2021},
```


```
url = {https://www.R-project.org/},}
```

*Figure 23 : Source R*


## ANNEXE 4

Rive Droite (Aval → Amont)


Ambiance 1

Code : RD1	
Description : Ripisylve de type arborées avec bas de berge nu. Orientation Nord	
Localisation : 0 à 9 m	
Espèces observées (présence majoritaire, présence minoritaire) : - Arborées : <i>Inga ingoides</i> , <i>Syzygium jambos</i> Herbacées : <i>Adiantum latifolium</i> , <i>Thelypteris hispidula</i> , <i>Thelypteris reticulata</i> , <i>Tectoria incisa</i> , <i>Selaginella flabellata</i>	
Faciès : Plat courant	
Variables environnementales moyennes : <ul style="list-style-type: none"><li>- Profondeur : 47,7 cm</li><li>- Vitesse : 0,038 m.s<sup>-1</sup></li><li>- Oxygène dissous : 114,4%</li><li>- Granulométrie : bloc (16,66%), pierre (28,67%), cailloux (6,67%), sable (50%)</li><li>- Hauteur (du bas de berge à la canopée) : 8 m</li><li>- Racine (recouvrement aquatique en plante aquatique et/ou racine) : 5%</li><li>- Ensoleillement : absence</li></ul>	Photo de l'ambiance 1 : 

## Ambiance 2


Code : RD2	
Description : Ripisylve de type herbacée, bas de berge recouverte. Orientation Nord	
Localisation : 9 à 36 m	
Espèces observées (présence majoritaire, présence minoritaire) : Herbacées : <i>Pennisetum purpureum</i>	
Faciès : Radier	
Variables environnementales moyennes : <ul style="list-style-type: none"><li>- Profondeur : 24 cm</li><li>- Vitesse : 0,081 m.s<sup>-1</sup></li><li>- Oxygène dissous : 110,3%</li><li>- Granulométrie : bloc (26,67%), pierre (60%), cailloux (8,33%), sable (5%)</li><li>- Hauteur (du bas de berge à la canopée) : 3 m</li><li>- Racine (recouvrement aquatique en plante aquatique et/ou racine) : 80%</li><li>- Ensoleillement : absence</li></ul>	Photo de l'ambiance 2 : 

### Ambiance 3


Code : RD3	
Description : Ripisylve de type herbacée, bas de berge recouverte. Orientation Nord	
Localisation : 36 à 90 m	
Espèces observées (présence majoritaire, présence minoritaire) : Herbacées : <i>Pennisetum purpureum</i>	
Faciès : Plat courant	
Variables environnementales moyennes : <ul style="list-style-type: none"><li>- Profondeur : 33 cm</li><li>- Vitesse : 0,108 m.s<sup>-1</sup></li><li>- Oxygène dissous : 113,6%</li><li>- Granulométrie : bloc (16,67%), pierre (13,33%), cailloux (30%), sable (40%)</li><li>- Hauteur (du bas de berge à la canopée) : 3 m</li><li>- Racine (recouvrement aquatique en plante aquatique et/ou racine) : 70%</li><li>- Ensoleillement : absence</li></ul>	Photo de l'ambiance 3 : 

Rive Gauche (Aval → Amont)


Ambiance 4

Code : RG4	
Description : Ripisylve de type herbacée, bas de berge recouverte. Orientation Sud	
Localisation : 0 à 30 m	
Espèces observées (présence majoritaire, présence minoritaire) : <ul style="list-style-type: none"><li>- Arbustives : <i>Mimosa pigra</i></li><li>- Herbacées : « <i>Para</i> », <i>Alternanthera tenella</i>, <i>Sphagneticola Trilobata</i>, <i>Ipomoea sp.</i></li></ul>	
Faciès : Radier	
Variables environnementales moyennes : <ul style="list-style-type: none"><li>- Profondeur : 34,3 cm</li><li>- Vitesse : 0,467 m.s<sup>-1</sup></li><li>- Oxygène dissous : 104,4%</li><li>- Granulométrie : bloc (3,33%), pierre (63,33%), cailloux (21,67%), sable (11,67%)</li><li>- Hauteur (du bas de berge à la canopée) : 0,3 m</li><li>- Racine (recouvrement aquatique en plante aquatique et/ou racine) : 90%</li><li>- Ensoleillement : Présence</li></ul>	Photo de l'ambiance 4 : 


## Ambiance 5

Code : RG5	
Description : Ripisylve de type herbacée, bas de berge recouverte. Orientation Sud	
Localisation : 30 à 47 m	
Espèces observées (présence majoritaire, présence minoritaire) : <ul style="list-style-type: none"><li>- Arbustives : <i>Mimosa pigra</i></li><li>- Herbacées : « Para », <i>Ipomoea sp.</i></li></ul>	
Faciès : Plat courant	
Variables environnementales moyennes : <ul style="list-style-type: none"><li>- Profondeur : 24,7 cm</li><li>- Vitesse : 0,2 m.s<sup>-1</sup></li><li>- Oxygène dissous : 109,5%</li><li>- Granulométrie : bloc (0%), pierre (35%), cailloux (31,67%), sable (33,33%)</li><li>- Hauteur (du bas de berge à la canopée) : 1 m</li><li>- Racine (recouvrement aquatique en plante aquatique et/ou racine) : 55%</li><li>- Ensoleillement : Présence</li></ul>	Photo de l'ambiance 5 : 

## Ambiance 6


Code : RG6	
Description : Ripisylve de type herbacée, bas de berge recouverte. Orientation Sud	
Localisation : 47 à 65 m	
Espèces observées (présence majoritaire, présence minoritaire) : - Arbustives : <i>Mimosa pigra</i> Herbacées : « Para », <i>Ipomoea sp.</i>	
Faciès : Plat courant	
Variables environnementales moyennes : <ul style="list-style-type: none"><li>- Profondeur : 45 cm</li><li>- Vitesse : 0,117 m.s<sup>-1</sup></li><li>- Oxygène dissous : 109,5%</li><li>- Granulométrie : bloc (0%), pierre (10%), cailloux (50%), sable (40%)</li><li>- Hauteur (du bas de berge à la canopée) : 1,5 m</li><li>- Racine (recouvrement aquatique en plante aquatique et/ou racine) : 70%</li><li>- Ensoleillement : Présence</li></ul>	Photo de l'ambiance 6 : 

## Ambiance 7

Code : RG7	
Description : Ripisylve de type arbustive-herbacée, bas de berge recouverte sans herbacées. Orientation Sud	
Localisation : 65 à 76 m	
Espèces observées (présence majoritaire, présence minoritaire) : <ul style="list-style-type: none"><li>- Arbustives : <i>Mimosa pigra</i></li><li>- Herbacées : <i>Pennisetum purpureum</i></li></ul>	Photo de l'ambiance 7 :
Faciès : Plat courant	
Variables environnementales moyennes : <ul style="list-style-type: none"><li>- Profondeur : 48,3 cm</li><li>- Vitesse : 0,049 m.s<sup>-1</sup></li><li>- Oxygène dissous : 109,6%</li><li>- Granulométrie : bloc (15%), pierre (0%), cailloux (25%), sable (60%)</li><li>- Hauteur (du bas de berge à la canopée) : 2,5 m</li><li>- Racine (recouvrement aquatique en plante aquatique et/ou racine) : 40%</li><li>- Ensoleillement : Présence</li></ul>	









## Ambiance 8


Code : RG8	
Description : Ripisylve de type herbacée, bas de berge recouverte. Orientation Sud	
Localisation : 76 à 90 m	
Espèces observées (présence majoritaire, présence minoritaire) : <ul style="list-style-type: none"><li>- Herbacées : <i>Pennisetum purpureum</i></li></ul>	Photo de l'ambiance 8 : 
Faciès : Plat courant	
Variables environnementales moyennes : <ul style="list-style-type: none"><li>- Profondeur : 63,7 cm</li><li>- Vitesse : 0,327 m.s<sup>-1</sup></li><li>- Oxygène dissous : 112,3%</li><li>- Granulométrie : bloc (0%), pierre (20%), cailloux (20%), sable (60%)</li><li>- Hauteur (du bas de berge à la canopée) : 2 m</li><li>- Racine (recouvrement aquatique en plante aquatique et/ou racine) : 70%</li><li>- Ensoleillement : Présence</li></ul>	


## ANNEXE 5



### Description des différentes familles de crustacés et de poissons


Famille : Palaemonidés		
<b>Caractéristiques</b>	Espèces de ce genre munies de péréiopodes 1 et 2 terminées en pinces préhensiles. La deuxième paire de péréiopodes est très développée. Les individus adultes peuvent mesurer jusqu'à 30 cm. Cycle diadrome amphidrome Omnivores à tendance détritivore	
<i>Macrobrachium acanthurus</i> , (Wiegmann,1836) – Grande chevrette		
Caractéristiques  Espèce locale	Pincés élancées et composées de deux doigts d'épaisseurs égales. Rostre plus long que l'écaille antennaire, peut-être droit ou dirigé vers le haut et muni de dents. 3 rayures sombres verticales sont visibles sur les côtés du céphalothorax.	 <p>Source : <a href="https://myaquarium.com.br/invertebrates/cinnamon-river-shrimp-macrobrachium-acanthurus/">https://myaquarium.com.br/invertebrates/cinnamon-river-shrimp-macrobrachium-acanthurus/</a></p>
<i>Macrobrachium fastinum</i> , (de Saussure,1857) – Alexis gros mordant		
Caractéristiques  Espèce locale	Pincés inégales, l'une paraît atrophiée et l'autre très développée. Les doigts de ses pincés sont rayés verticalement de bandes noires. Rostre droit et dentelé plus court que l'écaille antennaire	 <p>Source : <a href="http://www.crevettes.ch/macro/fiches_fastinum.html">http://www.crevettes.ch/macro/fiches_fastinum.html</a></p>
<i>Macrobrachium heterochirus</i> , (Wiegmann,1836) – Grand bras		
Caractéristiques  Espèce locale	Le rostre sinueux composé de dents est dirigé vers le haut. Les 3 premières dents sont situées sur le céphalothorax et sont bien distinctes des autres. L'abdomen est rayé de 4-5 bandes de couleur noire dont la première se situe à la jonction céphalothorax-abdomen	 <p>Source : <a href="https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/534503">https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/534503</a></p>
<i>Macrobrachium</i> juvénile		
ESPECE LOCALE  Caractéristiques	Individus juvéniles des espèces <i>Macrobrachium heterochirus</i> , <i>Macrobrachium fastinum</i> , <i>Macrobrachium acanthurus</i> , <i>Macrobrachium carcinus</i> , <i>Macrobrachium crenulatum</i> . Longueur, du rostre au telson, est inférieure à 30 mm. Corps translucide. Absence d'œufs.	
Famille : Atyidés		


<b>Caractéristiques</b>	Les différents genres qui composent cette famille sont munis de péréiopodes 1 et 2 se terminant par des pinceaux de soie. Peut mesurer jusqu'à 12 cm. Cycle diadrome amphidrome Détritivores	
<i>Atya scabra</i> , (Leach,1816) – Cacador		
Caractéristiques Espèce locale	La période 2 est composée d'une endopodite plus large que longue. Le rostre est lisse et aigu, avec un aspect de 3 pointes.	 <p>Source : <a href="https://www.fishfish.fr/crustace/atya-scabra">https://www.fishfish.fr/crustace/atya-scabra</a></p>
<i>Atya</i> juvénile, (Leach,1816) – Cacador		
Caractéristiques Espèce locale	Individus juvéniles des espèces <i>Atya scabra</i> , <i>Potimirim potimirim</i> , <i>Micratya poeyi</i> , <i>Atya innocous</i> , <i>Potimirim glabra</i> Longueur inférieure à 30 mm. Rostre lisse plutôt long avec bords latéraux lisses.	
<i>Potimirim potimirim</i> , (Müller,1881) – Petit Bouc à rostre droit et lisse		
Caractéristiques Espèce locale	Carapace transparente sur laquelle se dessinent deux lignes horizontales de points noirs. Rostre court et légèrement pointé vers le bas. Ligne claire sur toute la longueur du corps.	 <p>Source : <a href="https://invasions.si.edu/nemesis/index.jsp">https://invasions.si.edu/nemesis/index.jsp</a></p>
<i>Micratya poeyi</i> , (Guérin-Méneville,1855) - Petit Bouc		
Caractéristiques Espèce locale	Longueur mesurant moins de 40 mm à l'âge adulte. Le rostre s'abaisse et est couvert de dents. Diversité intraspécifique dépendant des caractéristiques chimiques de l'eau.	 <p>Source : <a href="https://www.aquaportail.com/fiche-invertebre-2608-micratya-poeyi.html">https://www.aquaportail.com/fiche-invertebre-2608-micratya-poeyi.html</a></p>


Famille : Xiphocaridés		
<b>Caractéristiques</b>	Espèce pélagique qui nage en pleine eau et saute en cas de danger. Peut sortir de l'eau pour franchir des obstacles. Mesure jusqu'à 7 cm à l'âge adulte Détritivore Cycle diadrome amphidrome	
<i>Xiphocaris elongata</i> , (Guérin-Méneville,1855) – Petite chevrette		
Caractéristiques  Espèce locale	Les péréiopodes 1 et 2 sont terminées par des petites pinces. Corps translucide. Il existe 2 types de rostrés : long et courts	 <p>© J. Poupin</p> <p>Source : <a href="https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/534404">https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/534404</a></p>

Famille : Poéциllidés		
<b>Caractéristiques</b>	Espèce ovovivipare Omnivore Mesure jusqu'à 5 cm à l'âge adulte	
<i>Poecilia reticulata</i> , (Peters,1859) – Guppy		
Caractéristiques  Espèce introduite	Nageoire dorsale opposée à la nageoire anale. Fort dimorphisme sexuel. Mâle plus petit environ 3,5 cm, coloré avec 1 à 3 taches noires et une nageoire caudale très développée. Femelle plus grosse environ 6 cm, de couleur terne avec de légères taches noires sur la caudale.	 <p>© F. Melki, Fondation Biotope</p> <p>Source : <a href="https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/68823">https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/68823</a></p>

<b>Famille : Gobiidés</b>		
<b>Caractéristiques</b>	Possède deux nageoires pelviennes qui se situent sous le ventre soudées afin de former une ventouse ventrale circulaire. Ils se déplacent à l'aide de leur ventouse sur les roches humide au fond de la rivière (benthique) Cycle diadrome amphidrome Se nourrit du biofilm (algues,bactéries,champignons)	
<i>Sicydium punctatum</i> , (Perugia,1896) – Colle-Roche		
Caractéristiques  Espèce locale	Les deux nageoires pelviennes sont soudées pour former une ventouse ventrale. Bouche inférée semblant détachée du corps. Corps recouvert d'écailles tachetées visibles et des marques en formes de V, Y ou encore X. Ces poissons sont très diversement colorés (gris, bleus, oranges) en fonction de leur âge, de leur sexe et de leur environnement.	 <p style="font-size: small;">© F. Melki, Fondation Biotopie</p> Source : <a href="https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/439258">https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/439258</a>
<i>Sicydium plumeri</i> , (Bloc, 1786)– Colle-Roche		
Caractéristiques  Espèce locale	Ecailles peu visibles Marques latérales en forme de I ou U	 <p style="font-size: small;">© F. Melki, Fondation Biotopie</p> Source : <a href="https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/425527">https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/425527</a>

Famille : Mugilidés		
<b>Caractéristiques</b>	Omnivore à tendance carnivore Reproduction diadrome catadrome Mesure jusqu'à 30 cm à l'âge adulte	
<i>Agonostomus monticola</i> , (Brancroft, 1834) – Mulet de montagne		
Caractéristiques  Espèce locale	<p>Taille 8 à 30 cm, corps allongé et fusiforme. Deux nageoires dorsales séparées et nageoires pectorales insérées en position haute.</p> <p>Grande bouche avec lèvre supérieure retroussé. Couleur brune verdâtre avec écailles bordées de noir. Nageoires marquées de jaune-orangé. 2 à 4 lignes noires et dorées alternées sur les flancs.</p>	 <p>Source : <a href="https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/534562">https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/534562</a></p>

Famille : Eleotridés		
<b>Caractéristiques</b>	Poisson benthique. Il fréquente l'aval des cours d'eau. Mesure jusqu'à 15 cm à l'âge adulte Reproduction diadrome amphidrome Se nourrit du biofilm (algues, bactéries, champignons)	
<i>Eolotris perniger</i> , (Cope, 1871) – Petit dormeur, Flèche		
Caractéristiques  Espèce Caraïbe	<p>Taille 4 à 15 cm. Dessus de la tête aplati, avec grande bouche dirigée vers le haut.</p> <p>Poisson allongé et cylindrique au museau allongé. Dessus du corps plus clair que les flancs.</p> <p>Corps brun-noir généralement sombre avec des tâches claires près de la pectorale.</p> <p>Proche des Gobiidae, il se caractérise par des nageoires ventrales en arc de cercle mais non soudées.</p>	 <p>Source : <a href="https://www.fishbase.se/summary/55038">https://www.fishbase.se/summary/55038</a></p>

Famille : Syngnathidés		
Caractéristiques	Carnivore Reproduction en eau saumâtre Cousin de l'hippocampe	
<i>Microphis brachyurus</i> , (Bleeker,1854) – Syngnathe à queue courte, Poisson brindille		
Caractéristiques  Espèce locale	Taille de 10 à 22 cm corps très allongé et filiforme. Petite bouche au bout d'un long museau en forme de tube. Absence de nageoire pelvienne. Corps recouvert d'une plaque osseuse formant une succession d'anneaux. Corps de couleur brun sombre et d'une ligne en pointillée rougeâtre.	 <p>Source : <a href="https://allfishes.net">https://allfishes.net</a></p>

# ANNEXE 6

## Axe\_12

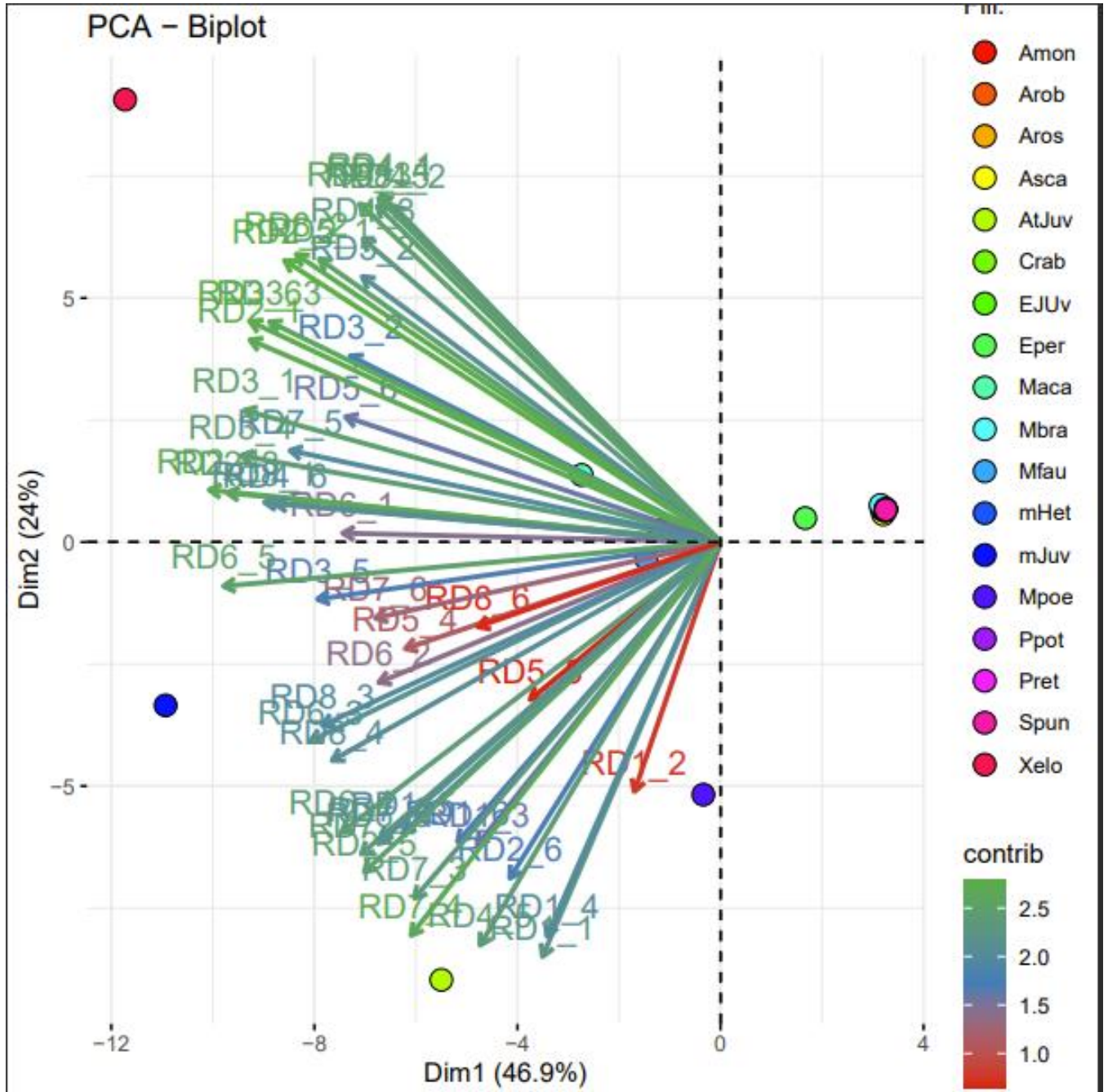


Figure 24 : Analyse en composantes principales - Axes 1 et 2



Axe\_23

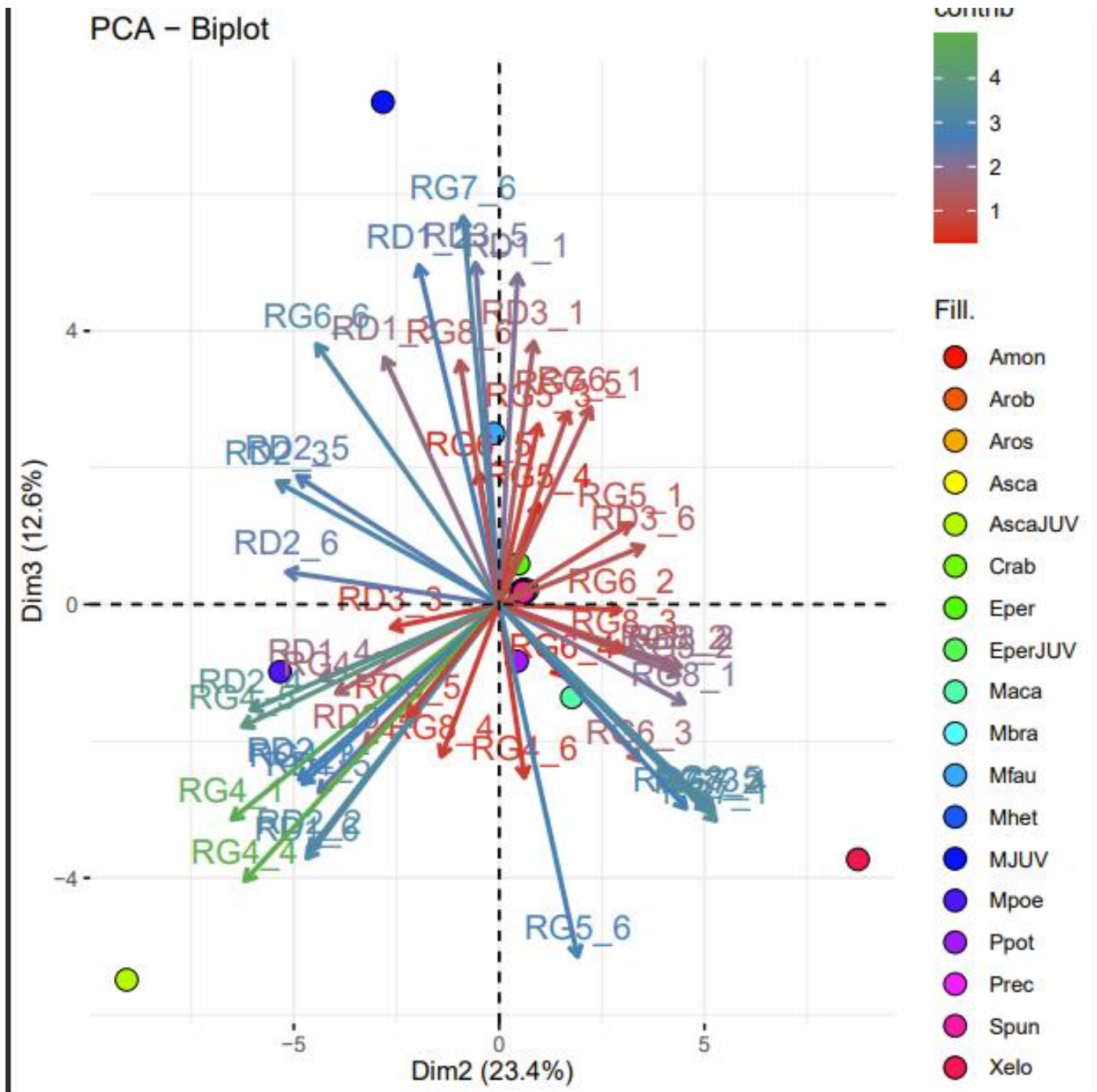


Figure 25 : Analyse en composantes principales - Axes 2 et 3

Axe\_13

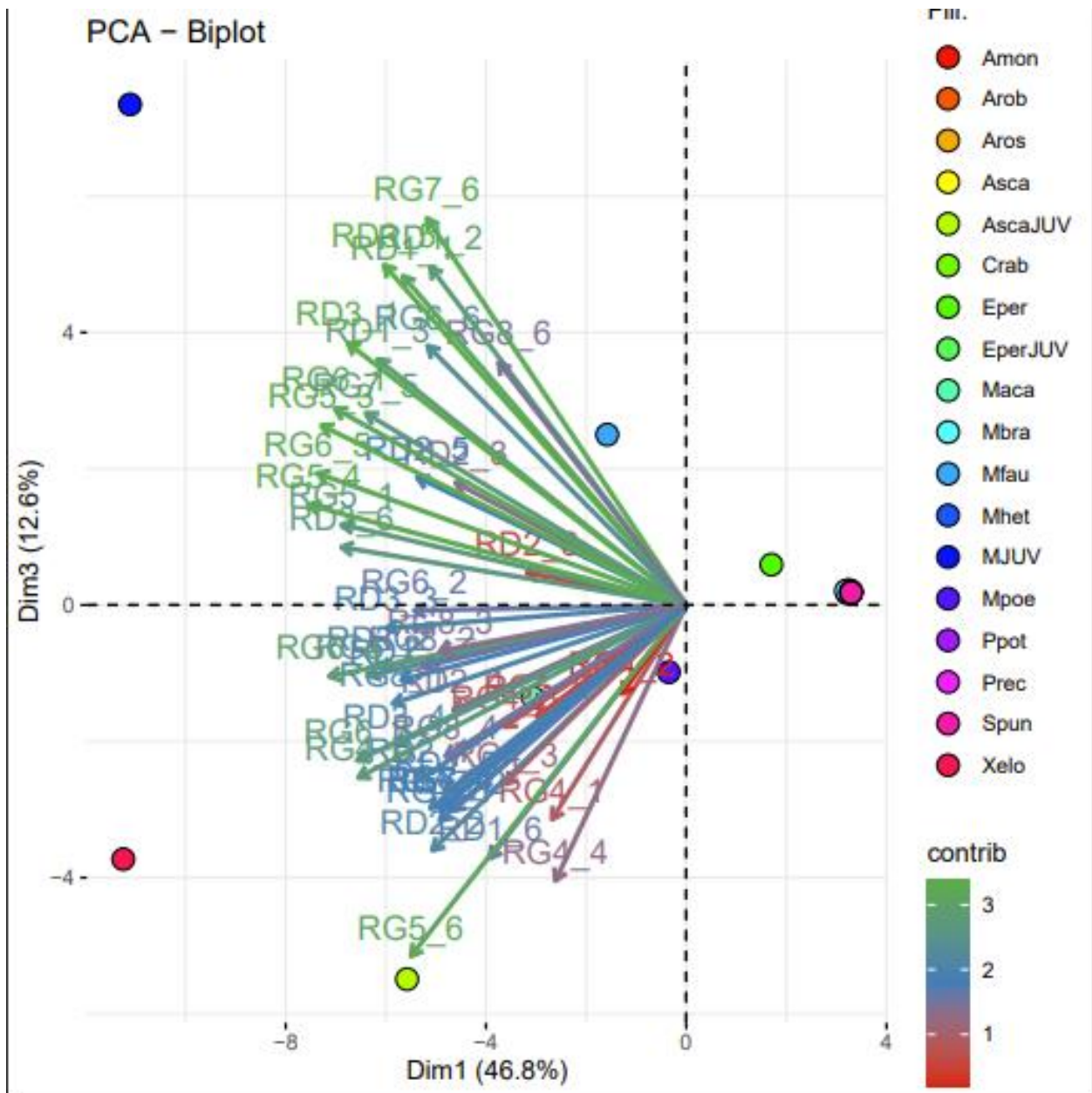


Figure 26 : Analyses en composantes principales - Axes 1 et 3